令和 3 年度
高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発
（沿岸部処分システム評価確証技術開発）

成果報告書

国立研究開発法人　産業技術総合研究所
公益財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター
一般財団法人　電力中央研究所

令和３年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発
（沿岸部処分システム評価確証技術開発）成果報告書　目次

本編

第１章　はじめに 3
１－１　研究の背景と目的 4
１－２　研究の概要と実施計画 4
第２章　海陸連続三次元地質環境モデルの 構築手法の高度化 9
２－１　沿岸部地質環境データベースの構築と解析 10
２－２　地質環境モデルの構築と地下水流動解析の高度化 31
第３章　海陸連続３次元地質環境モデルの妥当性の 検証に向けたデータ取得方法の高度化 133
３－１　陸域から海域にかけての地質環境特性の把握技術の高度化 134
３－２　地下水の流出場及び海底地形把握技術の高度化 213
３－３　物理探査の高度化 232
３－４　沿岸部の深部地下水流動評価を対象とした概要調査への反映 279
第４章　沿岸海底下特有の地質環境に着目した 工学技術の高度化 292
４－１　セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充 293
４－２　緩衝材の機能変化に係るデータの拡充 385
４－３　緩衝材-オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充 426
第５章　おわりに 651
５－１　本研究の成果（まとめ） 652
５－２　図目次 658
５－３　表目次 669
５－４　写真目次 672
二次利用未承諾リスト 672

Appendix 編

Appendix　Ⅰ　沿岸部地質環境データベースに基づく地質環境概念モデルの構築 1
Appendix　Ⅱ　水理定数の決定について 835
Appendix　Ⅲ　流向流速の決定について 842
Appendix Ⅳ 沿岸部の軟弱層を対象とした傾斜孔井掘削と 孔内調査にかかる技術情報の収集 855

Appendix Ⅴ 海底湧出地下水に関する文献調査リスト 859
Appendix Ⅵ セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充 885
Appendix Ⅶ 緩衝材の機能変化に係るデータの拡充 927
Appendix Ⅷ 緩衝材-オーバーパックの相互作用の数値解析における材料物性パラメータの設定 964
Appendix Ⅸ 分野間連携 970
Appendix Ⅹ 評価委員会の記録 1010

第１章　はじめに

１－１ 研究の背景と目的

地層処分に対する国民理解を深めるために、国は 2017 年 7 月に科学的特性マップを公表し（資源エネルギー庁, 2017）、原子力発電環境整備機構（以下、NUMO という）は 2021 年に包括的技術報告書を公開している。これにより、地層処分事業は飛躍的に前進した。我が国において、これまでの原子力発電の利用に伴って既に放射性廃棄物が発生しており、その処理処分対策を着実に進める必要がある。放射性廃棄物の対策については、2000 年に成立した「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（最終処分法）に基づき、地下 300 m 以深の安定した地層に高レベル放射性廃棄物等を処分（地層処分）する方針である。高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、天然の岩盤（天然バリア）と人工的な構築物（人工バリア）から構成される多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされ、この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくためには、天然バリアと人工バリアの特性把握と将来変化に係る調査評価技術の信頼性向上が重要である。高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けて公表した科学的特性マップでは、沿岸の陸域 20 km の範囲を廃棄物の輸送面でも好ましい範囲としている。しかし、沿岸陸域から海底下においては、塩水の影響や海陸接合部などの沿岸部固有の環境を考慮した、地質環境の調査技術・工学技術のさらなる高度化が不可欠である。

これらの状況を踏まえ、本事業では、我が国における沿岸部固有の環境を踏まえ、概要調査段階から精密調査段階で必要となる地質環境の調査・工学に関する技術開発に取り組むことにより、地層処分技術の信頼性及び安全性の更なる向上を図る。

１－２ 研究の概要と実施計画

（１） 海陸連続３次元地質環境モデルの構築手法の高度化

① 海陸連続３次元地質環境モデル構築

概要調査段階から精密調査段階前半では、先ず既存情報に基づく対象地域の評価が必要となるが、陸域と海底下で取得されている既存情報は、品質が違うことも多く、陸域から海域にかけての連続的で齟齬のないデータの解釈を行い、その結果に基づき３次元地質環境モデルを構築する必要がある。そこで、既存情報を用いた海陸連続３次元地質環境モデルの構築手法の検討を行う。

具体的には、各地域の既存情報に加えて、JOGMEC や海上保安庁など公的機関の取得したデータを活用して、緻密かつ効率的な海陸連続３次元地質環境モデルの構築手法を高度化し、海陸連続３次元地質環境モデルを用いた地下水の流動や滞留等に関する地下水特性を把握する。

令和３年度において、これまでに作成した地質モデルについて、全国大で得られるデータから地質・地下水モデルを構築し、特に山陰と九州・南海・東南海地域を中心にこれまで不足していたデータを集積することで、総合的な地下水解析を実施する。地下水解析で

は、種々のパラメータに対する感度解析を行う。この結果に基づいて、調査すべき地点、地質構造、パラメータなどを検討する。このような検討を、調査の進捗に対応して実施することにより、文献調査から概要調査時の地質環境モデル構築の高度化を図る。

② 地質環境モデルの構築に関わる検討

（２）の①におけるボーリング調査地点を対象に、沿岸部での文献調査から概要調査時における地質環境モデルの構築方法について事例研究を行い、モデル構築の手順を高度化する。これまでに、ボーリング掘削地点が含まれる地下水流動場（涵養域から流出域まで）を対象に、地質・地下水に関する文献調査を行った。この結果と複数の作業仮説に基き、地質モデルを複数構築し、これらから作成した複数の地下水流動モデルについて地下水解析を実施した。モデルを構築する上で生じる不確実性やその低減方法について検討し、これらの一連の手順について整理した。

令和３年度においては、昨年度に引き続き、複数の作業仮説に基づいて提示された地質モデルから地下水モデルを新たに作成する。それらのモデルのパラメータを対象に逆解析と感度解析を行い、モデルの改善に有用な実測値、パラメータの推定値と信頼性などを検討する。あわせて、ボーリング調査結果を考慮して、地質・地下水モデルを更新し、上記と同様の検討を行う。これらの検討結果（昨年度と今年度）を比較することで、不確実性の低減程度を調査する。複数の作業仮説を考慮して、地質環境モデル構築の調査・評価フローを見直し、地質環境モデルの構築・修正方法の手順を取り纏めることとする。

（２） 海陸連続３次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得手法の高度化

地層処分事業では、構築したモデルやそのモデルを用いた解析結果の妥当性を示す必要がある。そこで、以下の①～③を実施し、沿岸部に特化した調査技術の高度化並びに構築したモデルとモデルを用いた地下水流動解析結果の妥当性の検証を行う。

① 陸域から海域にかけての地質環境特性の把握技術の高度化

概要調査段階では、ボーリング孔の本数は限定されると想定されることから、効率的にモデルの妥当性を検証し、必要な地質環境データを取得する必要がある。そこで、陸域から海域にかけて、精度良く効率的に地質環境特性を把握する技術の高度化を行う。

令和３年度においては、昨年度に掘削した試験孔の増掘ならびに各種試験を実施し、沿岸域深部の地質環境データを取得する。得られたデータから塩淡境界の形状や深度に関する決定要因を明らかにするとともに、陸域地下水と海底湧出地下水の連続性の確認を含めた塩淡境界付近の地下水の挙動を把握する。また得られたデータを地質環境モデルに反映させるとともに、分野間連携を通じて性能評価に必要なデータや試料を共有する。

さらに概要調査を想定して、沿岸部、とくに軟弱地盤地域における傾斜孔井掘削・調査技術の探索等の準備作業を実施する。

② 地下水の流出場及び海底地形把握技術の高度化

地質環境モデルの妥当性を検証する上では、海底下における陸域からの地下水の流出場を特定し、その水質の分析結果から陸域の化学的特徴を把握することが有効であり、地下水の流出場を特定するためには海底地形を詳細に把握することが必要である。そこで、海底地形の詳細把握に係る技術、陸域地下水の流出場の特定手法や流出している海底湧出地下水から陸域地下水の化学的特徴の推定手法の高度化を行う。

令和３年度においては、令和2年度に続きROV等を用いた現場試験と先端的な音響画像解析を組み合わせた調査手法の検証を進め、実海域に適用することで海底湧出地下水の面的分布の把握を試みるとともに、現場試験における成果と課題を整理する。また、海底湧出地下水を採取して水質や同位体の特性、地下水年代（滞留時間）を明らかにし、陸域の地下水情報と比較することで沿岸部における陸ー海の連続性を検証する。さらに、概要調査に資する海域調査手法の体系化を念頭に置き、これまでに行われた沿岸部事業の成果を中心として、国内外の沿岸部における地下水の流出場や海底地形把握に係る調査事例も含めてとりまとめを進める。

③ 物理探査技術の高度化

海底下に処分場が建設される場合、海底面下の地層や断層などの地質構造を把握する必要がある。主な手法としては物理探査が挙げられるので、海底面下の地層や地質構造を高精度に把握可能な物理探査手法の確立・高度化を行う。

具体的には、海底面下の地層や断層などの地質構造を探査する有力な手法である反射法探査における従来手法では、複数の受信器を曳航できる大掛かりな設備と大型作業船が必要であったため、浅海域へのアクセスが制限され、結果として海陸をつないだ場合、浅海域が調査の空白域となっていた。本事業では、浅海域でも探査可能なマルチ振源３Ｄ海上反射法を空白域である浅海域に適用することで、高レベル放射性廃棄物の地層処分の対象深度を探査可能な手法に高度化するとともに、海陸をつなぐ探査手法の体系化を図る。

令和３年度においては、マルチ振源３Ｄ海上反射法を概要調査に適用させ高度化するために、音源の高出力化と共に、分解能の高精度化を目指して現地での予備試験を実施する。

（３） 沿岸海底下特有の地質環境に着目した工学技術の高度化

沿岸海底下に処分場が建設される場合、処分場建設に伴う地下水の流入や我が国の多様な海底地下水の水質の幅を対象とした、坑道建設に必要な支保工等のセメント系材料の変質機構や緩衝材への影響を評価する必要がある。そこで、既存情報等から我が国の海底下の地下水水質の幅を整理し、その幅の中での坑道建設から再冠水に至るまでの、処分場の構成材料の変質機構や緩衝材への影響の定量化とその対策技術に関する検討を行う。

具体的には、沿岸部に特有な地下水化学環境を念頭に置き、処分場の建設・操業～閉鎖後の再冠水に至る期間における、セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充（①）、及び緩衝材の機能変化に係るデータの拡充（②）を行う。また緩衝材については、沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア性能評価に資する、緩衝材－オーバーパックの力学的相互作用と緩衝材仕様に関するデータの拡充を行う。取得したデータ等を通じて、沿岸部の多様な地下水環境条件に柔軟に対応できる緩衝材の材料仕様に関する定量的な評価方法を整備する（③）。さらに、工学設計技術が必要とするデータの品質や範囲などについては、年度ごとに地質環境分野への情報提供（フィードバック）を行う機会を設ける（共同研究会議を想定）。

令和３年度においては、セメント系材料の短期的な変質挙動に関して、沿岸部の地下水の組成等の地下環境や材料配合を考慮した試験による化学的変質と機械的強度の関係に関する試験データの拡充（①）、緩衝材の機能変化に係る沿岸部の地下水のイオン強度や陽イオン濃度を考慮した膨潤挙動試験、圧縮状態下や高イオン強度下での陽イオン交換等の化学的な挙動に関する試験によるデータの拡充（②）をそれぞれ地質環境分野と連携し現実的な地下水組成を考慮して実施し、処分場の構成材料の評価に資する情報として整備する。加えて、沿岸部の地下水環境との平衡状態を考慮した緩衝材に対するイオン濃度の影響を要素試験、およびオーバーパックの発熱によって緩衝材との間に生じる力学相互作用の影響を模型試験により把握する。これにより塩水に起因する性能変化と緩衝材仕様に資する基礎的データを拡充する（③）。また、工学設計技術が必要とするデータの品質や範囲などについて、構成材料のデータ取得及び評価手法などの検討を通して整理し情報提供を行う。

（４） 情報収集及び委員会の設置・運営

本事業の実施に当たり、国内外の関係機関や大学等との間で情報交換等を実施し、関連技術等についての最新情報を入手するとともに、成果の普及に努める。また、外部の専門家・有識者等で構成される委員会を設置し、研究計画、実施方法、結果の評価等に関する審議・検討を年２回以上行い、成果報告書を取りまとめる。

具体的には、JAEA や NUMO 等の関連機関との連携を図りつつ、海外の関連機関の研究成果を収集し、最先端の研究を実施している大学等の有識者のアドバイスを受けて研究の成果を効率的に発信する。さらに、研究を実施する３者では共同研究会議を組織し、分野間ならびに組織間の連絡を密にして、研究プロジェクトの効率化、適正化を図る。また、次世代技術者の育成についての手法や要件についても議論・検討を行う。

参考文献

経済産業省資源エネルギー庁、科学的特性マップ, 2017.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/（2021.03.25）
原子力発電環境整備機構、包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－, 2021
特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律、平成十二年法律第百十七号, 2000, https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=412AC0000000117（2021.03.25）

第２章　海陸連続三次元地質環境モデルの構築手法の高度化

２－１ 沿岸部地質環境データベースの構築と解析

（１） はじめに

当該課題では、SDM を作るための初期段階として、地質環境モデル（地質や地下水など地球科学要素を中心として、生物多様性も考慮できるモデル）に係る概念を整理するための、地質環境概念モデルを作成している。当該課題が開始され、２年間は国の公的機関が発行した、国民であればだれでも手に入れることができる信頼性の高いデータを利用して沿岸域の地質環境概念モデルを作成してきたが、地質図などには専門家の判断（断層や褶曲などの専門的な判断（エキスパートジャッジ））が含まれていると考えられるため、当該年度には（多様な議論を前提に）専門家の判断を全く排除した数理統計学的なモデル（スタティスティカルモデル）を作り、これまでのデータ集積やモデリングと統合して、地質環境概念モデルにおけるエキスパートモデルとスタティスティカルモデルの差異を検討した。

本文で述べたように、地球統計学的な手法を用いて、先に整理したデータセットから地質モデルを作成した。概念モデル作成の準備として、日本列島沿岸部（海岸線よりも 20 ㎞程度までの内陸）の地質図、ならびに同地域の地形図、海底地形図、海底地質図を整理した。これらのデータを読み込み、GIS を構築し、解析に用いる諸条件を把握できるよう三次元地質環境概念モデル（以下コンセプチュアルモデル（CM）と呼称）として地域ごとに出力できるようにした。

GIS のシステム構成及び動作フローを図 2-1- 1 に示す。GIS は、一般的なブラウザソフトで利用する事を想定し作成している。GIS は、デジタルデータを保管する仮想サーバーとデータ通信を行うデータ通信プログラム、ユーザーが操作する PC にデータを可視化するデータマッピングプログラム及びユーザーインターフェース（GUI：Graphical User Interface）で構成される。また、当該研究では表 2-1- 2 に示す 55 の地域で、二つの概念モデルを作成している。これは、義務教育で学習する 64 の海岸平野のうち本事業から対象外となるものをいくつか除いて構成した。構成したモデルのうち、一つは断層や褶曲に代表される専門家の判断を伴うエキスパートモデルであり、他方はこれにとらわれないスタティスティカルモデル（統計モデル）である。この違いを表 2-1- 1 に示す。エキスパートモデルについては、表 2-1- 2、表 2-1- 3 に示す資料と比較し良好な結果が得られている事を確認した。

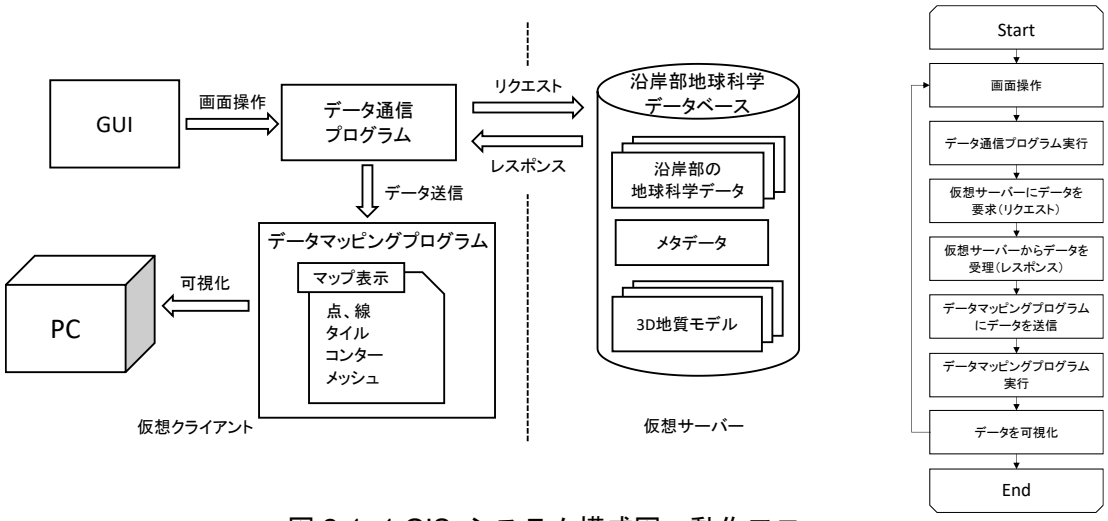


図 2-1- 1 GIS システム構成図、動作フロー

表 2-1- 1 統計モデルとエキスパートモデルの比較

種類	項	詳細項目	Statistical Model （統計モデル）	Expert Model （専門家モデル）
データ	画像データ	全国大データ１（産総研　海洋・海底地質図）	○	○
		全国大データ２（産総研　海域地質構造データベース）	データ無し	データ無し
		全国大データ３（国交省　土地分類基本調査）	○	○
		全国大データ１（海保庁　海底地質構造図）	○	○
		全国大データ５（海保庁　海底火山データベース）	データ無し	データ無し
		全国大データ６（国土地理院　地勢図、地形図）	△(※)	△(※)
		地域、学会データ	×	×
	標高データ	全国大データ７（産総研　堆積層標高データ）	○	○
	境界データ	断層、背斜、向斜データ（全国大データ１，３，１）	-	○
	データの抽出（データセット構築、データの数値化）		ジオモデラー	
物性	材料定数(透水係数)	全国統一データ	○	○
		地域（計測値）データ	×	×
	材料定数(間隙率)	全国統一データ	○	○
		地域（計測値）データ	×	×
	材料定数(不飽和特性)	全国統一データ（地質に依存）	○	○
		地域（計測値）データ	×	×
	材料定数(分散長)	全国統一データ（地質に依存）	○	○
		地域（計測値）データ	×	×
	材料定数(熱伝導係数)	全国統一データ（地質に依存）	○	○

		地域（計測値）データ	×	×
モデル化	データ新旧		新規データ優先	
	データ範囲（水平）		断面位置 5km 範囲	モデル全域対象
	データ範囲（鉛直）		データ密度考慮	全データ使用
	AI によるモデル化（確率・統計の考慮）		○	○
	地質の統合（全国大データ 1，3，1 ）		地層順序考慮	

※全国大データ 7 で間接的に利用

表 2-1-2 地質モデル検証用データ 1

ID	モデル	対応データ
1	稚内	平成 8 年度国内石油・天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「天北浅海域」
2	幌延	平成 8 年度国内石油・天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「天北浅海域」 平成 22 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「天北西方 3D」
3	勇払	昭和 17 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「日高-渡島」 昭和 61 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「道南～下北沖」
6	釧路	昭和 17 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「十勝-釧路」
7	十勝	昭和 17 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「十勝-釧路」
8	石狩	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」
9	津軽	昭和 17 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「日高-渡島」 昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」
10	下北	昭和 18 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「下北-北上」
11	三本木	昭和 18 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「下北-北上」
12	能代	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」
13	秋田	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」
11	庄内	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」
15	石巻	昭和 15 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北上-阿武隈」 昭和 61 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「南三陸～鹿島沖」
16	仙台	昭和 15 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北上-阿武隈」 昭和 61 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「南三陸～鹿島沖」
17	磐城	平成 21 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「阿武隈リッジ南部 3D」
19	越後	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」 平成 2 年度国内石油・天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「新潟～富山浅海域」
20	高田	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」 平成 3 年度国内石油・天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「新潟～富山浅海域」 平成 1 年度国内石油・天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「新潟～富山浅海域」 平成 13 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「佐渡沖南西」
21	富山	昭和 51 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北海道西部-新潟海域」 昭和 56 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「富山沖・北陸～隠岐沖・山陰沖」 昭和 62 年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「西津軽～新潟沖」
22	金沢	昭和 18 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北陸」
23	福井	昭和 18 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「北陸」

表 2-1-3 地質モデル検証用データ 2

ID	モデル	対応データ
27	豊橋	昭和１９年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「東海～九州」
31	和歌山	昭和１９年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「東海～九州」
31	鳥取	昭和 56 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査 「富山沖・北陸～隠岐沖・山陰沖」
35	倉吉	平成元年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「山陰～北九州沖」
36	出雲・松江	平成元年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「山陰～北九州沖」
１３	高知	昭和１９年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「東海～九州」
１７	福岡	平成元年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「山陰～北九州沖」
１８	筑紫	平成元年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「山陰～北九州沖」
53	宮崎	平成 21 年度国内石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「宮崎沖西部 3D」 和１９年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「東海～九州」
51	笠之原	昭和１９年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査　基礎物理探査「東海～九州」
55	対馬	平成元年度国内石油天然ガス基礎調査　海上基礎物理探査「山陰～北九州沖」

（2） 地質環境に関わるデータの集積とデータベースの構築

対象とする 55 地域の沿岸部において、国土地理院・海上保安庁・産総研が発行した関連データを取りまとめた。各データは沿岸部地質環境データセットとして取りまとめることを考慮し PDF 形式に変換すると共に、各地域でどの図面を使用しているか、またその全部か一部かを一覧表に整理した。各図面の凡例はのちに引用できるように文字データとして整理し、一覧表を Appendix I の表 2-1 に示した。

各機関の発行するデータは、基本的に図面として発表されている。この図面に関しては、発行機関が定めたファイル形式に加え、PDF に変換し、地域ごとのデータセットとして取りまとめ NUMO へのデータ移植に備えた。更に、各データの発行元や発行年次、図名など必要な情報を地域ごとに取りまとめている。データセットとデータシートは、リンク機能によりデータシートから元データを閲覧できるようにしてデータのトレーサビリティを確保した。データシートについては、地域ごとに収納する他、全地域を取りまとめた全体シートを作成した。全体シート及び各地域のデータシートでは、エクセルのリンク機能を利用し、図 2-1- 2 に示すように全体データシートから地域別のデータシートを参照できるようにした。また地域別データシートからは元データにリンクを設定した。

また、産総研では、過年度事業で日本列島に関わる地質データの文献整理を実施している。この結果、日本列島において、電子化できる可能性のある地質・地下水に関わる文献が 80 万件以上あることが判明している。これらの文献において、本業務で対象となる 55 地域ごとに関与する文献を整理した。ここで、地域性のある項目を第一要素としてまとめ、その後、地形・地質・調査手法・地下水の流動や滞留時間、塩分濃度ごとに可能な限り必要な要素を抽出し、まとめた一覧表を別途 Appendix I の表 2-2 に示すとともに、文献整理において、検索キーワードをまとめた。

概要調査段階から精密調査段階前半では、先ず既存情報に基づく対象地域の評価が必要となる。陸域と海底下で取得されている既存情報は、品質が違うことも多く、陸域から海域にかけての連続的で齟齬のないデータの解釈を行い、その結果に基づき三次元地質環境モデルを構築する必要がある。そこで、産業技術総合研究所をはじめとする公的機関が全国大で公表している既存情報をとりまとめ、海陸連続三次元地質環境モデルを構築する手法を開発した。

具体的には、まず公的機関が公表したデータのみを使った地質環境のモデル化を実施する。次にこれに加えて、各地域の既存情報を活用した緻密かつ効率的な海陸連続三次元地質環境モデルの構築手法を高度化し、海陸連続三次元地質環境モデルを用いた地下水の流動や滞留等に関する地下水環境（特性）を把握する。特に、沿岸部での文献調査から概要調査時における地質環境モデルの構築手法（最適化）について、幌延地区と駿河湾地区を対象として、事例研究を行いつつモデル構築の高度化を計る。

令和２年度は、初年度に実施した文献調査も含め、全国大の公開データを用いて、地質環境モデルの構築や深部地下水のシステマティックな分析に資する沿岸部データセットの

蓄積を重ね、データベースを試作する。また、このデータベースを用いて、各地の三次元地質環境モデルを構築し、地下水流動解析を実施する。最終的には、地下水流動解析において種々のパラメータに対する感度解析を行い、この結果に基づいて、調査すべき地点、地質構造、要素項目などを検証する。調査の進捗に対応した実験的な研究を実施することにより、文献調査から概要調査時の地質環境モデル構築手法の高度化を計る。

さらに当該研究課題では、日本列島沿岸部の地形・地質に関わる公的機関の発行したデータ（具体的には各種図面や断面図、物理探査データなど）を集積して、データベース化している。しかしながら、各機関が発行した各種データを集積する中で、データの精度や表記の方法がまちまちであり、一括して表示することに齟齬があった。そこで、当該データベースにおいては、日本列島の沿岸部の位置を指定すると、まず、そこに付随するデータを表示できるようにした（検索機能：図 2-1- 3)。その概要と構築したデータベースの機能を示す。

その次に、沿岸部全域の海洋地質情報を図 2-1- 4 ならびに図 2-1- 5 に示す。

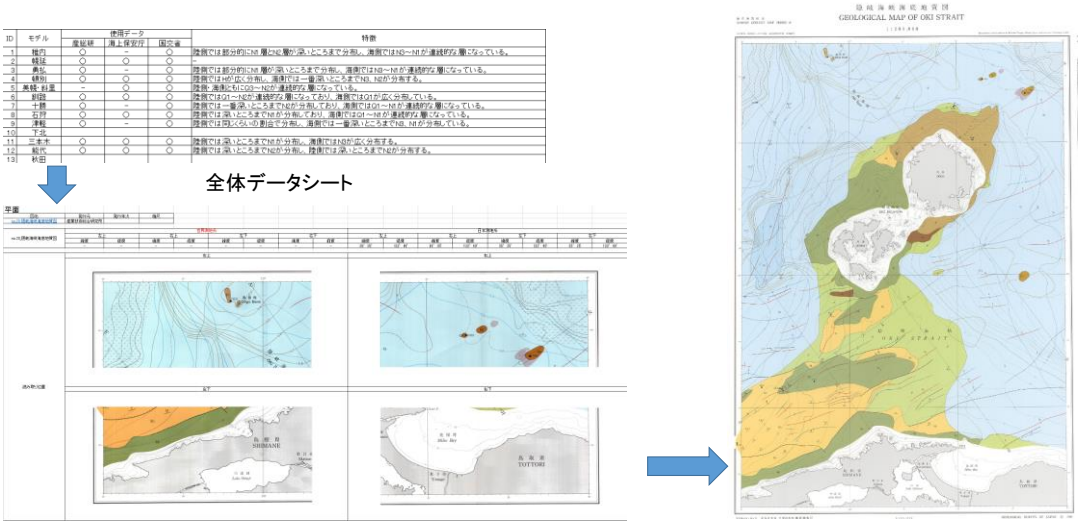


図 2-1- 2 データシートのリンク機能概念図

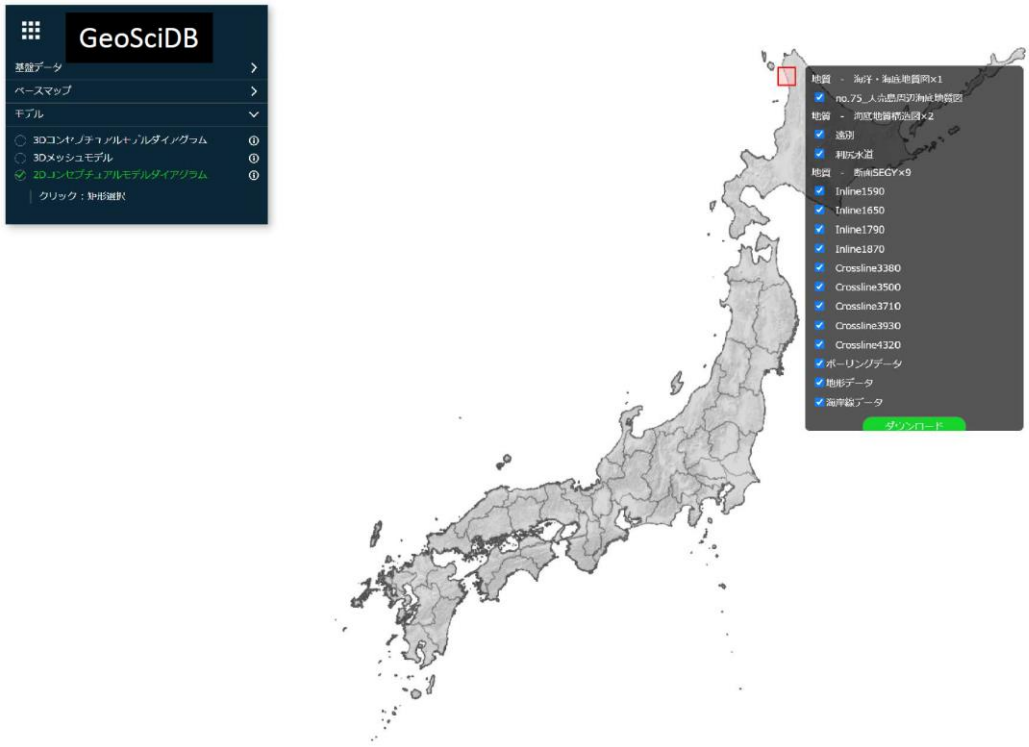


図 2-1- 3 データベースの初期画面、沿岸部の位置を指定すると
その場に付随するデータが表示される。

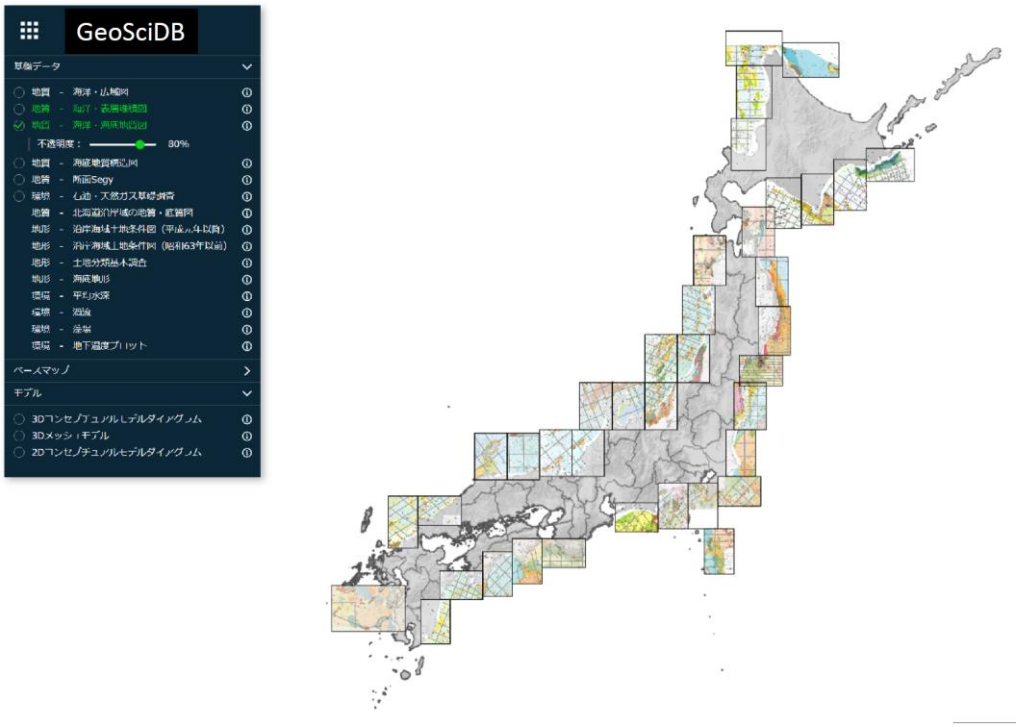


図 2-1- 4 海洋の表層地質図の表示例

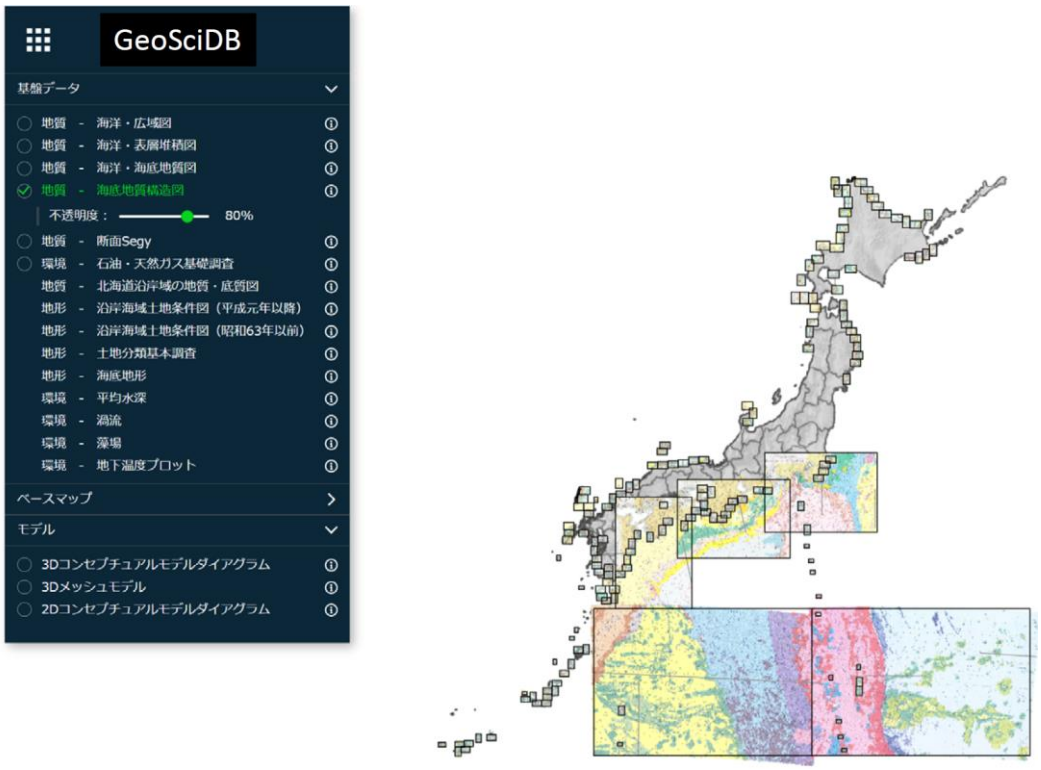


図 2-1- 5 海洋の地質構造図の表示例

また、海域の地形情報を図 2-1- 6 に示した。これによって、平面的な海域を含む沿岸部の地形・地質情報と地質断面や地質構造、物理探査結果、試錐による地質情報を三次元的に組み合わせた地質環境モデルが作成できる。

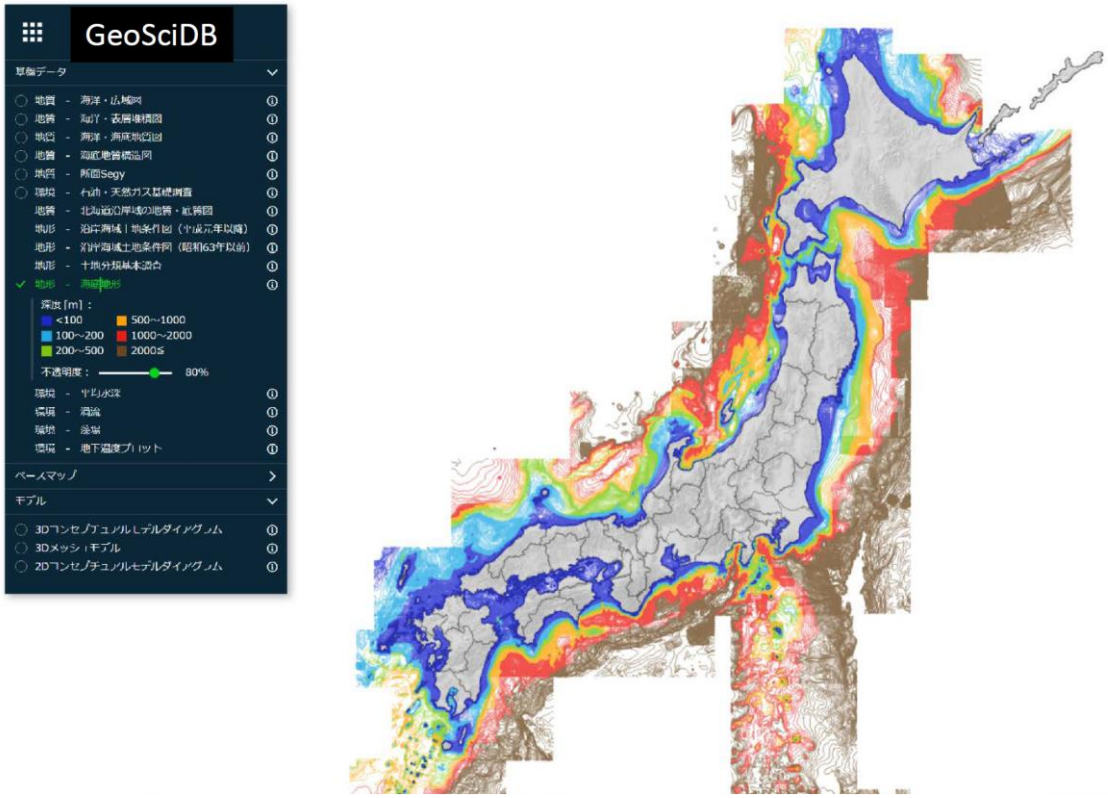


図 2-1- 6 海域の地形情報の表示例

（3） 構築したデータベースを用いた沿岸部地質環境モデルの作成

当該課題で構築したデータベースには、各機関の専門家による地球科学的な判断（エキスパートジャッジ）が既に含まれているため、このデータベースを単純に利用した概念モデルは、エキスパートモデルとなる。これに対し、専門的な判断を含まないデータ（地形や物理探査結果、試錐結果など）だけで構築したものが統計モデルとなる。当該課題では、稚内、幌延、勇払、頓別、美幌・斜里、釧路、十勝、石狩、津軽、下北、三本木、能代、秋田、庄内、石巻、仙台、磐城、常磐、越後、高田、富山、金沢、福井、駿河、静岡、遠州、豊橋、岡崎、濃尾、伊勢、和歌山、大阪、播磨、鳥取、倉吉、出雲・松江、岡山、福山・尾道、小郡、徳島、讃岐、松山、高知、伊予、行橋、直方、福岡、筑紫、中津、別府、大分、八代、宮崎、笠之原、対馬の 55 地域について、エキスパートモデルと統計モデルを作成し、この差異を比較した。これを Appendix I に示す。

幌延地域における、エキスパートモデルと統計モデルを図 2-1- 7 に示した。参照できるデータが疎な分海域の地質において差異が認められた。データが疎であるとどうしても実在するデータに引きずられるための結果と言える。これと同様に、対象としたすべての地域の両モデルの比較を Appendix I に掲載した。その結果、一般的にデータが疎であるところほどエキスパートモデルと統計モデルに差異が認められなかった。また、慎重派を含めた市民との対話のポイントや、実際の調査における調査のキーポイントやそれを解明するための手法なども議論できる状態になってきた。

作成したモデルに対し、気候変動や海水準変動など外的要因の変化、文献値による透水係数や間隙率を想定したうえでのグリッドサイズ、計算時間分割、工学的な設計を考慮に入れての温度密度流と塩分密度流の三次元連成解析を実施するうえでの計算領域の取り方や種々の制限項目を整理した。また、下記に示す解析時の要素（パラメータ、境界条件、外的要素、計算時間）についても整理を実施した。

① パラメータ

データ発行期間のレジェンドを整理し、直接読み取れるパラメータと解釈されるパラメータに分けて、それぞれ地域ごとに整理する。また THMC を考慮したうえで、欠けているパラメータも地域ごとに整理する。

② 境界条件

後の解析に必要な水理境界の条件を設定する指針を取りまとめる。取りまとめは必ずしも地域ごとでないため、一体的な指針を整理する。

③ 外的要素

後の解析時に考慮しなければならない THMC に寄与する外的な要素を挙げる。またこの要素について、時間ステップの幅や変異の幅を考察する。

④ 計算時間

上記①から③を考慮し、同時にペクレ基準やクーラン基準も踏まえた理想的な時間ステップを考察する。特にこの計算ステップが何に起因するか明示する。

文献値を基にした材料定数の設定例を表 2-1- 4 に示す。表 2-1- 4 の材料定数に対し、観測値などを使った最適化手法を行う事で、各地域の定数の最適化が可能となった。代表例として幌延地域の最適化定数を表 2-1- 5 に示す。

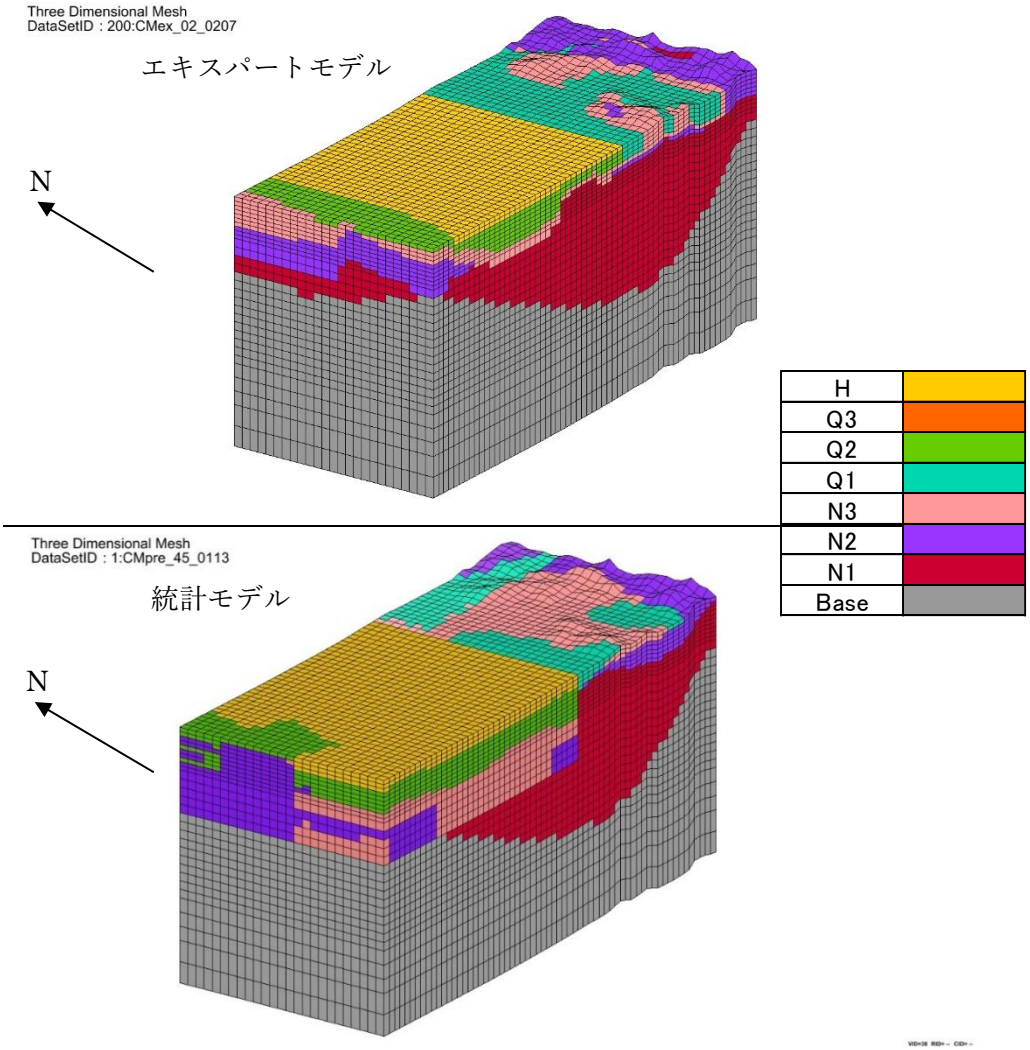


図 2-1- 7 幌延におけるエキスパートモデルと統計モデルの比較

表 2-1- 4 材料定数設定例

地質	透水係数[m/y]		有効間隙率[-]	比貯留係数[m^{-1}]	分散長[m]		熱伝導係数
	水平方向	鉛直方向			縦	横	[J/(m･Kyear)]
H	1.072E+03	1.072E+01	0.40	6.970E-03	4.000E+03	4.000E+02	4.730E+06
Q3	5.676E+02	5.676E+00	0.25	6.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
Q2	1.230E+02	1.230E+00	0.25	3.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
Q1	3.027E+01	3.027E-01	0.25	1.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
N3	2.050E+01	2.050E-01	0.20	7.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
N2	1.577E+01	1.577E-01	0.20	3.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
N1	9.776E+00	9.776E-02	0.20	1.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
B	3.150E-03	3.150E-03	0.15	7.060E-06	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08

表 2-1- 5 幌延地域の材料定数最適値

地域	地質	透水係数[m/y]		有効間	比貯留	分散長[m]		熱伝導係数
		水平方向	鉛直方向	隙率[-]	係数[m^{-1}]	縦	横	[J/(m･Kyear)]
幌延	H	1.072E+03	1.072E+02	0.40	6.970E-03	4.000E+03	4.000E+02	4.730E+06
	Q3	5.676E+02	5.676E+01	0.25	6.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
	Q2	1.230E+02	1.230E+01	0.25	3.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
	Q1	4.798E+01	4.798E+00	0.25	1.970E-04	5.000E+03	5.000E+02	4.730E+07
	N3	2.050E+01	2.050E+00	0.20	7.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
	N2	2.050E+01	2.050E+00	0.20	3.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
	N1	9.776E-01	9.776E-02	0.20	1.060E-05	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08
	B	1.254E-01	1.254E-01	0.15	7.060E-06	6.000E+03	6.000E+02	4.730E+08

塩分濃度密度流解析、温度密度流解析を行う場合、クーラン基準、ペクレ基準という安定解を得るための基準があり、その基準を満たすよう解析に用いるパラメータやモデルサイズを適切に設定する必要がある。式 3-1 にクーラン基準を満たすための条件式を、式 3-2 にペクレ基準を満たすための条件式を示す。クーラン基準は、浸透流解析により要素流速を求める必要がある。一方ペクレ基準に関しては、代表要素長と分散長を用いて定めることができる為、浸透流解析により要素流速を計算する前に決定できる。

$$Co = \left|\frac{\Delta t \times V}{L}\right| < 1 \tag{3-1}$$

$$Pe = \frac{V \times L}{D} = \frac{L}{\alpha_L} < 1 \tag{3-2}$$

$$D = \alpha_L \times V \tag{3-3}$$

ここで、Co：クーラン数、Δt：(T)時間増分、V：(L/T)最大要素流速、L：(L)代表要素長、

Pe：ペクレ数、D：(L^2/T)分散係数（温度密度流解析は熱拡散係数）、α_L：(L)分散長

本業務で作成した地質モデル（水平幅：50 km×20 km、鉛直幅：3 km、鉛直方向層数：30 層）において、上記式を基にクーラン基準、ペクレ基準を満たすように時間ステップを設定した際の計算時間の目安を表 2-1- 6 に示す。目安計算時間は 8 万年の解析を実施した際の時間とした。

幌延モデルの位置を図 2-1- 8 に、三次元メッシュ図を図 2-1- 9 に示す。この図は、前章で作成したモデルである。本モデルに必要となる解析条件を表 2-1- 7 に示した。　初期条件は、全領域を全水頭値=0 m、塩分濃度=1.0 とした。温度は、底面 100 ℃から地表面(海底面）を約 20 ℃として線形に分布させた。

深部地下水の超長期的安定領域を推測するため、エキスパートモデルを用いて有限要素法による温度密度流と塩分密度流の三次元連成解析を行い、水質の分布やその特性を考察した。次に、海水準変動を考慮した現在より 24 万年の温度密度流と塩分密度流に係る非定常連成解析を実施した。この解析においては、透水係数など解に影響する感度の高い材料定数を設計変数とし、滞留時間（地下水年代）と塩分濃度を目的変数とする最適化解析を実施し、各地域における材料定数の最適値を求めた。最後に、最適化解析により得られた材料定数の最適値を用いて三次元連成解析を実施し、最適設計変数の適用前後で解を比較、評価した。この解析は、地形・地質・海水準を固定条件として与え、初期の状態として地質が海水で満たされたところからの降水による洗い出し解析とした。降水量には、現

在の各地の平均降水量を与えた。時間ステップは 100 年とし、各ステップ内で地下水位・地下温度分布・塩分濃度分布が大きく変化せず、安定するまでの解析を実施した（図 2-1-10）。これに基づき、過去の物理探査結果と今回の解析結果の比較を図 2-1- 11 で行った。地層処分技術においては、地下水環境の把握は極めて重要であり、天然バリアとしての特性を評価する技術開発が求められている。沿岸域における指定地域の有限要素法解析モデルを適切な水理解析条件により構築し、計算が長時間かかる温度密度流と塩分密度流の三次元非定常連成解析を実施し最適（同定）値を得る必要がある。本解析では、24 万前から現代までの気候変動（海水準、気温、降雨量の変化）を考慮した解析を実施するため、伊勢・米田(1997)を基に各年代の海水準を元に海岸線の変動を考慮した。その結果；

・地下水年代については、計測値に近い良好な結果が得られた。

・塩分濃度について、既往の研究（平成 30 年度ほか）に用いられた電磁法探査結果より計測値を設定した。電磁法探査結果と比べ今回の最適化解析結果は、塩淡境界が深度約 2.5 km まで広がっている。これは、塩淡境界を電磁法探査結果と同定する為材料分布を変更している点、今回の解析では地下水年代を同定する為各材質の透水係数を変更している点が影響していると考えられる。

・温度分布についても、文献値が得られなかった為、調査地点近郊のボーリングデータより計測値を設定した。ボーリングデータは水平位置、深度が文献中の調査地点と異なるので参考値として扱った。

表 2-1- 6 要素長別の計算時間目安

水平要素長(m)	モデル総要素数	目安計算時間(日)
200	750000	16.0～80.0
400	187500	4.0～20.0
500	120000	2.6～12.8
600	82170	1.8～8.9
700	62640	1.3～6.5
800	47250	1.0～5.0

表 2-1- 7 幌延モデル境界条件

	海側	陸側	底面	側面
浸透条件	海底面を水位=0m で一定条件	地表面を 降雨量＝1.139(mm/year) で一定条件	不透水境界	不透水境界
塩分条件	海底面を濃度=1.0 で一定条件	地表面を濃度=0.0 で一定条件	不通過境界	不通過境界
温度条件	海底面を海水温＝12.95℃ で一定条件	地表面を気温＝7.23℃ で一定条件	100℃で一定条件	断熱境界

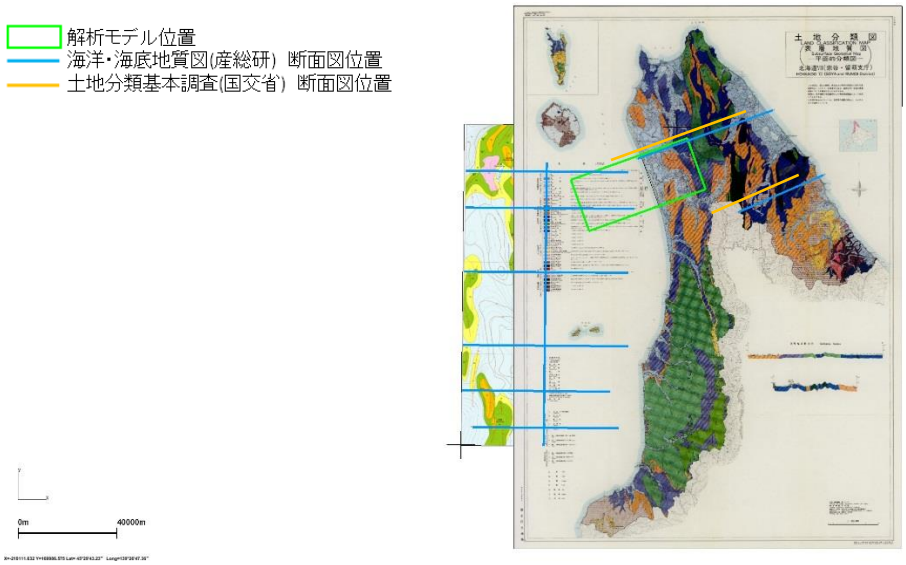


図 2-1- 8 幌延モデル引用データ位置

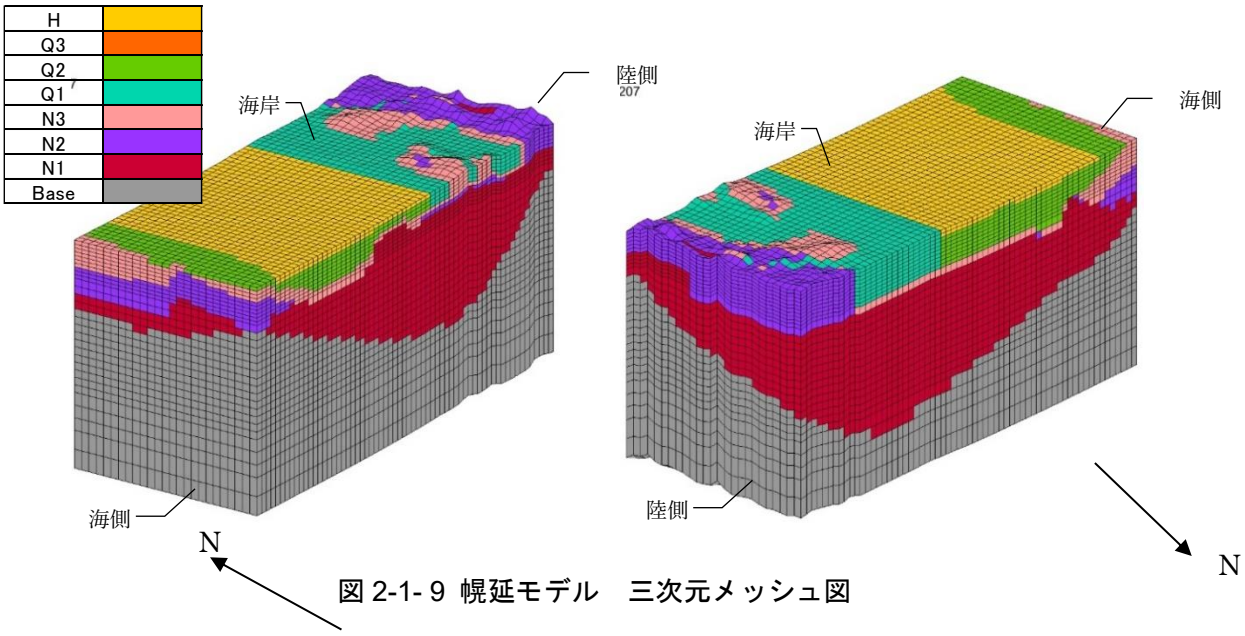


図 2-1- 9 幌延モデル　三次元メッシュ図

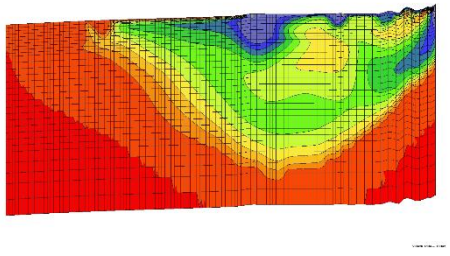
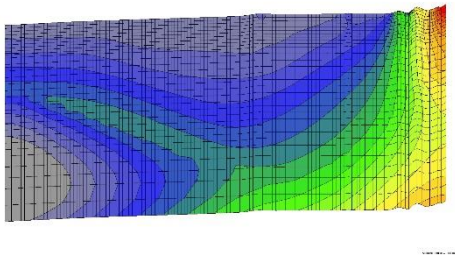
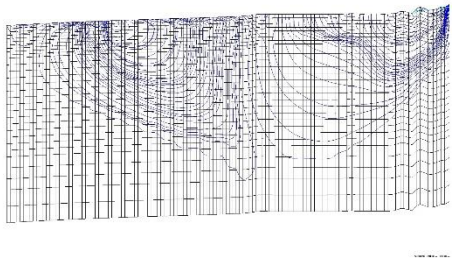
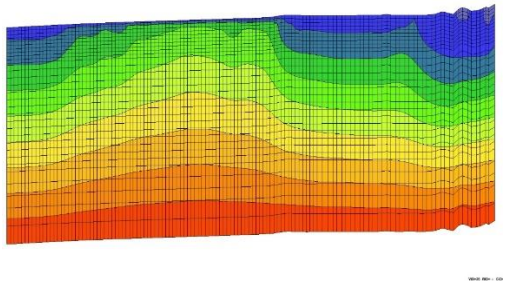
	濃度分布（鉛直２次元）	全水頭（鉛直２次元）	流跡線図	温度分布図
幌延モデル				

図 2-1- 10 ２地域の最適化解析結果　モデル図、流跡線図、メッシュ図

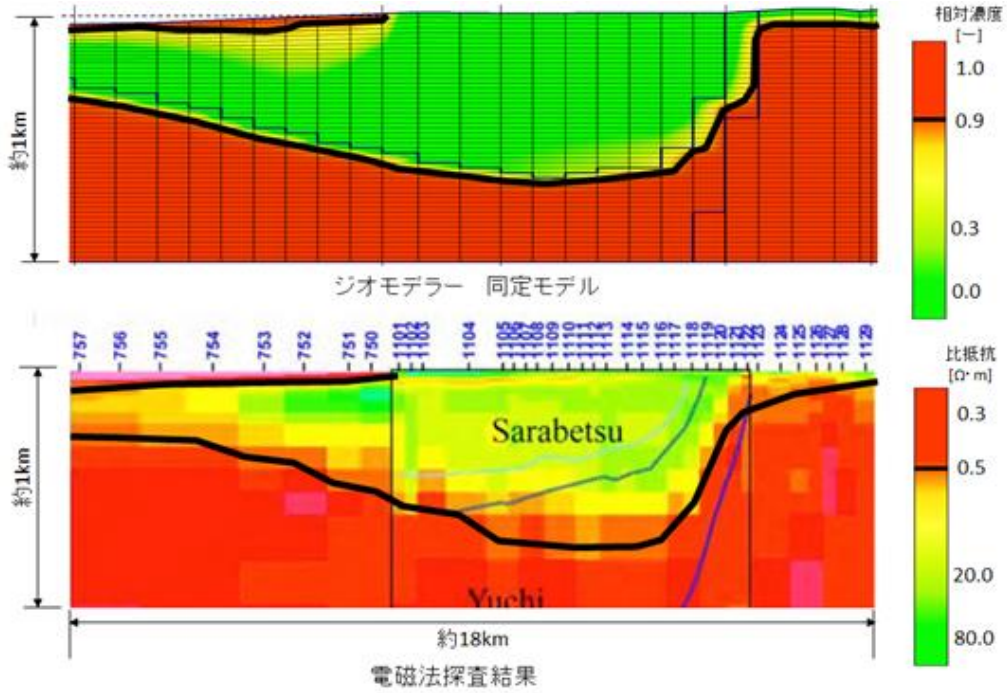


図 2-1- 11 幌延地域　塩分濃度の比較（上：解析結果、下：物理探査結果）

（4） まとめ

地質環境モデルを作成するには、地質や地下水のモデル化に加えて、生物多様性までも考慮に入れた要素・項目をモデル化する必要がある。このため、各要素の遷移する時間を考慮する必要があり、地域や気候変動帯、地質年代ごとの差異をとらえる必要がある。当該課題においては、先ず Appendix I に示すように、我が国の公的機関が発行している沿岸部に係るデータ（図幅）をリスト化し、さらに既往文献を地域ごとに整理した。

その上で、地質（地質構造）と地下水（特にジェネラルフロー）に着目して、我が国の公的機関が発行しているデータ（図幅）をもとに、地質環境モデル構築の第１歩として、その概念モデルを作成した。このとき、公的機関が発行している既存データには、一定の信頼性が担保されていることは言うまでもないが、公的機関の専門家によるエキスパートジャッジ（断層や褶曲など）が含まれており、将来的な慎重派との議論も考慮して、このエキスパートジャッジを排除した統計モデルも作成した。データが疎な地域においては、これら２つのモデルに大きな隔たりは見られなかったが、地質調査などが盛んにおこなわれている地域での隔たりは大きかった。また、この２つのモデルを比較することで、地層処分事業の段階を進めるために重要な調査のポイントが浮き彫りになったと考える。

さらに当該研究では、我が国の沿岸地域における、海陸連続の三次元温度密度流・塩分密度流に係る非定常連成解析を実施したことで、滞留時間（地下水年代）と塩分濃度、地下水流跡線、水頭圧分布を見える化できた。換言すれば、公的機関が発行するデータを用いて、沿岸部のジェネラルな地下水環境を把握できたと考える。

参考文献

伊勢明広、米田茂夫, 第四紀気候・海水準変動に関するデータ収集、動力炉・核燃料開発事業団報告書, PNS-TJ7308 96-001 Vol.1, 1997

資源エネルギー庁, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発（沿岸部処分システム高度化開発）平成 30 年度成果報告書, 2019

資源エネルギー庁, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発（沿岸部処分システム評価確証技術開発）平成 31 年度成果報告書, 2020

資源エネルギー庁, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発（沿岸部処分システム評価確証技術開発）令和２年度成果報告書, 2021

２－２ 地質環境モデルの構築と地下水流動解析の高度化

（１） 背景と目的

沿岸部は、科学的特性マップにおいても示されたように、高レベル放射性廃棄物処分の候補地として、輸送の観点から適性が高いとされている。しかし、沿岸部では、内陸に比べて、調査データが少なく、地質環境モデル（Site Descriptive Model, SDM）の構築に関する不確実性が多く存在すると考えられる。このため、不確実性の取り扱いを明にした地質環境モデルの構築方法を検討する必要がある。

そこで、本項目では、地質情報の不確実性を考慮した３次元地質環境モデルの構築方法・モデル化の手順について検討する。ここでは、現在沿岸部のボーリング調査が進められている駿河湾の富士川河口を事例研究の対象として、地質モデル・地下水流動モデルを構築し、地下水流動解析を試行する。すなわち、文献を調査で地質・地下水モデルを構築し、その不確実性とそれを低減する方法を検討する。さらに、ボーリング調査を受けて、モデルを更新し、不確実性の低減を評価する。

富士川河口を研究対象とした理由は、本地点が、①わが国でも有数の地殻変動が激しい地域であり、地質分布・地質構造の作業仮説を複数議論しやすい、②地質や地下水に関して既存データが多い、③地下水の流れが非常に速い地域の一つであり、地下水流動に関わる現象を把握しやすい、ことが期待されるためである。

この地点を対象として、具体的に、文献調査、地質モデル作成、地下水モデル作成、地下水流動解析、原位置調査、調査結果の地質モデルへの反映という、図 2-2- 1 に示すような一連の作業を行うことは、調査の各段階での調査内容の確認や将来的な課題を抽出するうえで有益である。また、地質モデルや地下水モデルが内包する不確実性や、それによってもたらされる影響に関する検討評価は重要である。

このため、本研究では、①地質のモデル化と地下水流動の解析を繰り返すことにより、沿岸部の地質評価～地下水流動評価の一連の地質環境モデル（ここでは地質モデル＋地下水モデル）構築フローの高度化を図る、②地質の不確実性を想定しうる地質分布・地質構造などの複数の作業仮説で表現し、各地質の地質モデル／作業仮説に基づいて構築される地下水流動解析モデルを比較することにより、地質の不確実性が地下水流動の評価に与える影響を検討する、③地質モデル・地下水モデルを修正するために必要な調査・評価方法を明らかにする、について実施する。地質環境モデルは、人工バリア、安全評価との分野間をつなぐ、インターフェースになると考えられる。

（２） 実施方法

本研究は、図2-2- 2のフローチャートにしたがってモデル構築・修正作業とそれに関連する検討を進めていく。③～⑧のステップを繰り返しながらモデルの確度・精度を高めていくことが、前述の繰り返しアプローチに対応している。

これまでに、ボーリング掘削地点が含まれる地下水流動場（涵養域から流出域まで）を対象に、地質・地下水に関する文献調査を行った。この結果と複数の作業仮説に基づき、地質モデルを複数構築し、これらから作成した複数の地下水流動モデルについて地下水解析を実施した。モデルを構築する上で生じる不確実性やその低減方法について検討し、これらの一連の手順について整理した。

令和３年度においては、昨年度に引き続き、複数の作業仮説に基づいて提示された地質モデルから地下水モデルを新たに作成する。それらのモデルのパラメータを対象に逆解析と感度解析を行い、モデルの改善に有用な観測値、パラメータの推定値と信頼性などを検討する。あわせて、ボーリング調査結果を考慮して、地質・地下水モデルを更新し、上記と同様の検討を行う。これらの検討結果（昨年度と今年度）を比較することで、不確実性の低減程度を調査する。複数の作業仮説を考慮して、地質環境モデル構築の調査・評価フローを見直し、地質環境モデルの構築・修正方法の手順を取り纏める。

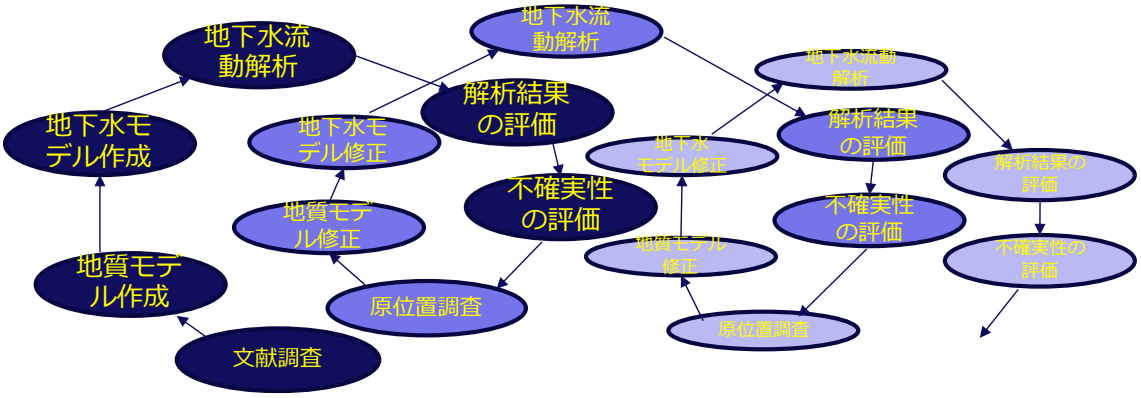


図 2-2- 1 繰り返しアプローチの概念図
（核燃料サイクル開発機構(2005)を一部改変）

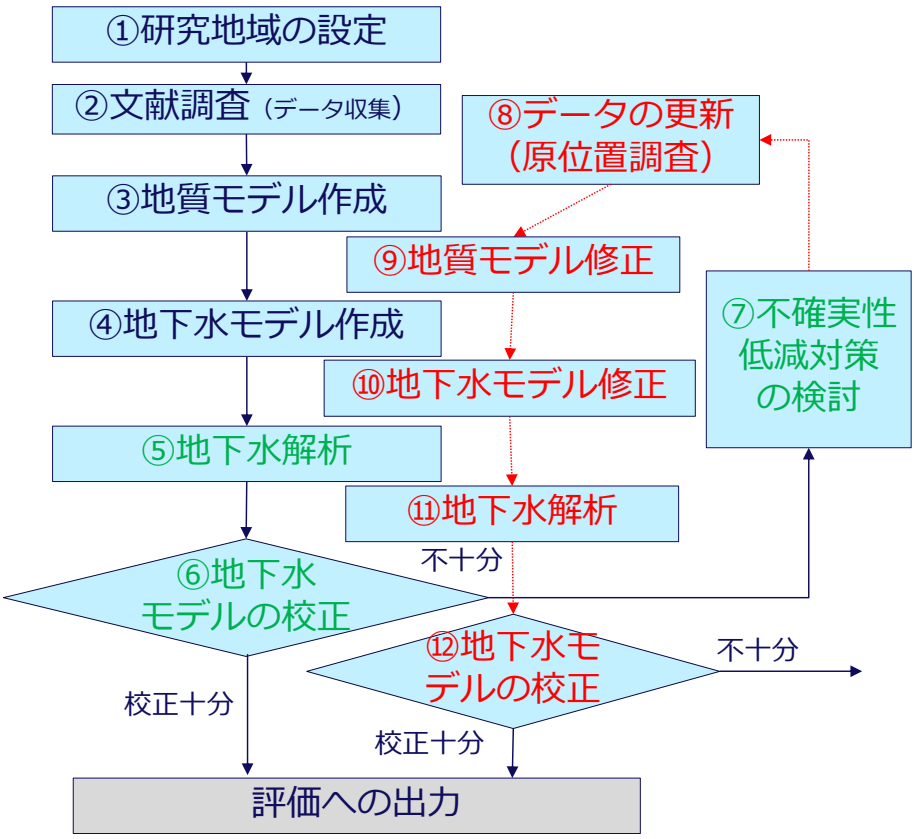


図 2-2- 2 本研究のフローチャート

（3） 地質モデルの作成

① はじめに

地層処分事業でしばしば使われる「地質環境モデル」（Site Descriptive Model：以下「SDM」という）という用語については、様々な捉え方があると思われるが、基本的には、地質図と、地質図をベースにした熱・地下水・力学特性・化学といった地質環境特性の主題図を束ねたものである（例えば、原子力発電環境整備機構, 2018）。

地質図の重要な役割の一つは、各特性と地層（区分）との対応関係を手掛かりに、地質分布に基づき各特性の空間的広がりを説明する／推定することである。つまり、地質図は、熱・地下水・力学特性・化学といった分野の技術者・研究者との議論の場を提供するものである。このような検討は、先行する土木事業などでは伝統的に実施されてきた。例えば、ダム建設では、ダムサイトおよび周辺の地質分布（地質層序・地質構造）を明らかにすることが必須である。この情報の上に、岩盤等級区分図（経験的な岩盤の強度／耐荷性の分布図）やルジオンマップ（透水性の分布図）などが作成される（図 2-2- 3）。つまり、本来、SDM という輸入語に頼る必要はない。

さて、地質図は、大雑把に言えば地質層序・地質構造の解釈・仮説に沿って地質分布を表現したものである。「地質屋の思想図」と言っていいものである。その観点から、この研究では、地質図即ち地質分布図を地質モデルと呼ぶことにする。モデルには何らかの不確実性が含まれ、その不確実性は地質環境特性の空間的広がりの推定に影響するため、ここでは敢えてモデルと呼ぶのである。

さて、大層な言い方をしたが、本来、モデル構築（＝地質図の書き方）は地質技術者にとって基本的なことである。しかし、近年、地質技術者自体が著しく減少していること、地質図の取り扱いを理解した技術者が少ないこと、地層処分の分野ではそれが顕著といった現状があると思われ、将来的な技術継承・人材育成が危ぶまれる。一方で、2020 年 11 月に NUMO の地層処分サイトの選定に関わる文献調査が 2 つの町・村で始まり、待ったなしの状況にある。

そこで、本研究では、地層処分のサイト選定に関わる NUMO の法定調査、特に、地表踏査が広く実施されるであろう概要調査（精密調査地区選定）を意識し、地質情報の不確実性を考慮した地質モデルの構築方法・モデル化の手順について、個々にはできるだけ当たり前と思われることをやや教科書的に整理する。空間スケールとしては、概ね NUMO(2018)が定義するところの広域スケール（数十 km 四方）～施設スケール（数 km 四方）を対象としている。そして、それに沿って、不確実性の表現と、不確実性低減のための地質調査の基本的な考え方について整理・提言をしたい。

なお、地質モデルを構築する方法として、「コンパイル（編集）」という方法がある。コンパイルマップ（編集地質図）は、やや広範囲の地域について、種々の研究者による調査結果をまとめて図示した地質図（地学団体研究会編、新版地学辞典）である。一般には、

複数の地質図を「繋いで」作成するものであり、凡例の統一、図副接合部での地層境界の食い違いの解消などに際し、一つ一つオリジナルデータに立ち戻る、繋ぐべき図幅全体の地質概念を考慮するなど、本研究で整理する手順とさほど変わらないものもあろう。一方で、地質区分を丸めて、単純に内挿・外挿を繰り返していると想像できるものもある。我が国における前者の代表的な例としては、産業技術総合研究所の「20 万分の 1 日本シームレス地質図」が挙げられ、扱う範囲が日本全土であるが故に、手順にもバリエーションがあると想像されるが、それでも信頼性がある公的機関の責任編集ということで、細かな作業手順が公開されているわけではない。したがって、本論では、「コンパイル」という用語は以後使わない。

本論では、文献データに基づき議論を進めるが、細かな差異はあるが、文献調査に基づく地質モデルの構築も、現地調査の結論としても地質モデルの構築も、本質的には同じ手順と考えてよい。つまり、本研究の文献調査を現地調査と読み替えて頂きたい。また、本研究は陸域のデータを中心に例示しているが、調査方法ならびに取得されるデータの違いはあるものの、内陸域・沿岸域・海域を問わず必要とされる共通の考え方を整理している。なお、地質調査の方法自体については、基本的には他書に譲ることとし、ここでは割愛する。

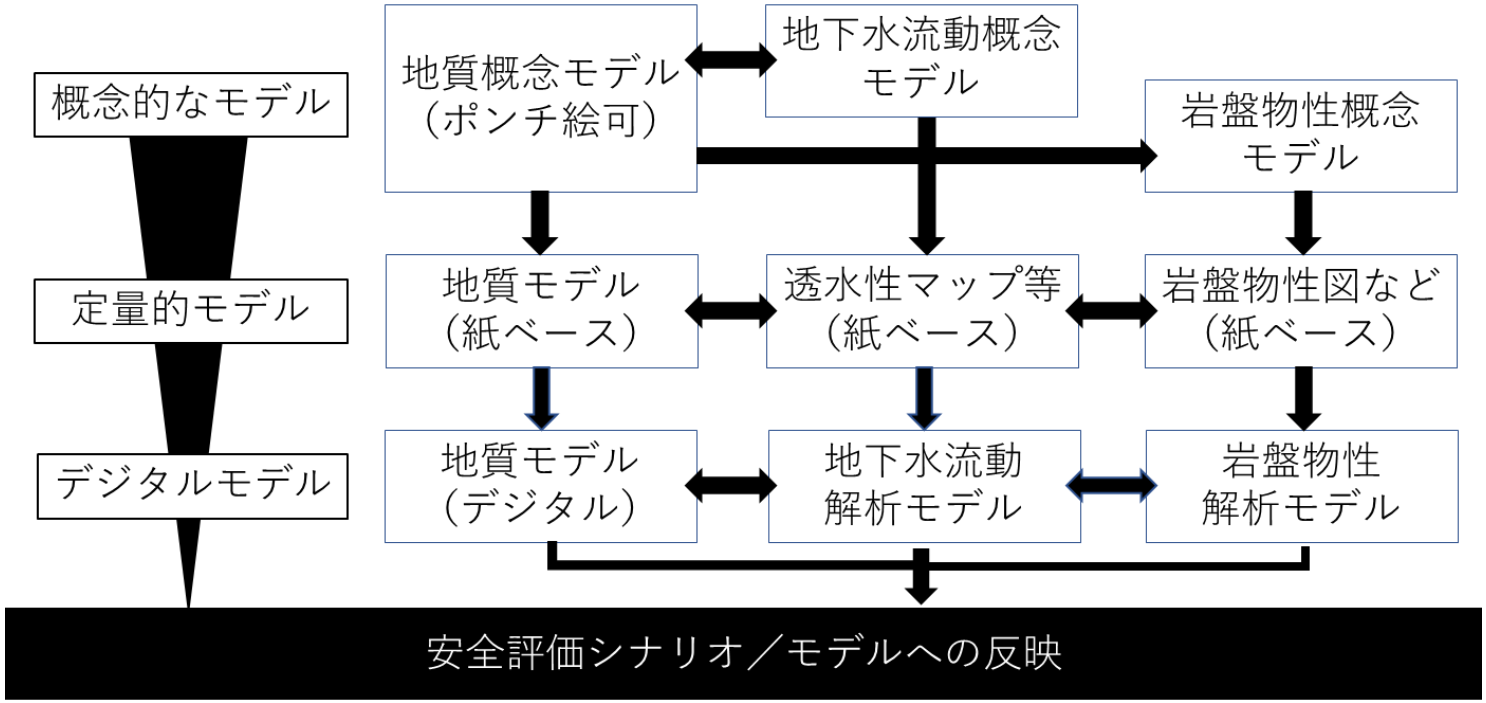


図 2-2- 3 地質概念モデルと地質モデル／地質図ならびに他の代表的な地質環境特性主題図との関係の例

② 地質モデルの不確実性

地質モデルに含まれる不確実性は、誤差や測定対象の誤りなどのデータそのものに含まれるものと、ベースとなる仮説の採用即ちモデル化そのものに伴うものに大別される。この点は、NUMO(2011)などでも意識されている。これらを理解し、評価するためには、モデル構築の手順の理解が不可欠である。以下に、事例を挙げて概説する。

(a) データそのものに含まれる不確実性

単純な計測誤差は理解しやすい。一方、計測対象の妥当性の検証は難しい。

地表調査における計測値の代表例の一つとして走向傾斜を考える。多くの地質技術者が持つアナログなクリノメーターを使って目視で読み取った層理面の走向傾斜は、少なくとも数度の誤差を含む。コンパスの針が十分静止しないままで読み取ってしまったことや層理面自体が多少なりと凹凸を持っていることなどに起因する。一方、計測した面構造自体が、着目する地質体の走向傾斜であるかどうか、疑わしいこともある。例えば、地すべり地塊やスランプ構造などの中の走向傾斜は、ごく局所的なもので、大局的な地質分布を表していないことが少なくない。層理と片理を見間違うこともある。これらの不確実性は、一般に、周辺の走向傾斜データを含む大局的な地質分布・地質構造から是非を判断されることが多い。

岩相層序データについても、同じようなことが言える。例えば、ある河川沿いに見出された岩石があるとしよう。その岩石は、その場所を代表する岩相であると考えたいが、もしかすると、地滑りや崩壊に伴う大きな転石の一部かもしれない。あるいは、地質時代に取り込まれた異地性岩体の一つなのかもしれない。これらの判断は、一般には、当該箇所の地形（地すべり跡など)、地層の連続性、周囲と地層の走向傾斜の類似性などからなされる。

地質年代データも同様である。例えば、代表的な放射年代の一つである K-Ar 年代では、後天的な被熱によって年代が若返ることがあるため（例えば、長谷川ほか, 2006 など)、熱変質を受けた火山岩では噴出した正しい年代は望めない。つまり、測定しようとする岩石を手に取った時点で、年代測定の成否が半分決まると言っても過言ではない。相対年代を決める化石層序では、付加コンプレックスのような、異地性岩体が沢山入っている可能性がある地層では、特に注意が必要である。

このようなデータの不確実性は、モデル化に際してしばしば影響を与える。周囲とは異なるたった一つの走向傾斜データであっても、地質のモデル化に際して大きな影響を及ぼすことがあるので注意が必要である。例えば、ある走向傾斜データを採用することによって褶曲構造を描いていたしても、そのたった一つのデータが棄却されれば同斜構造と解釈しうるかもしれない（図 2-2- 4)。

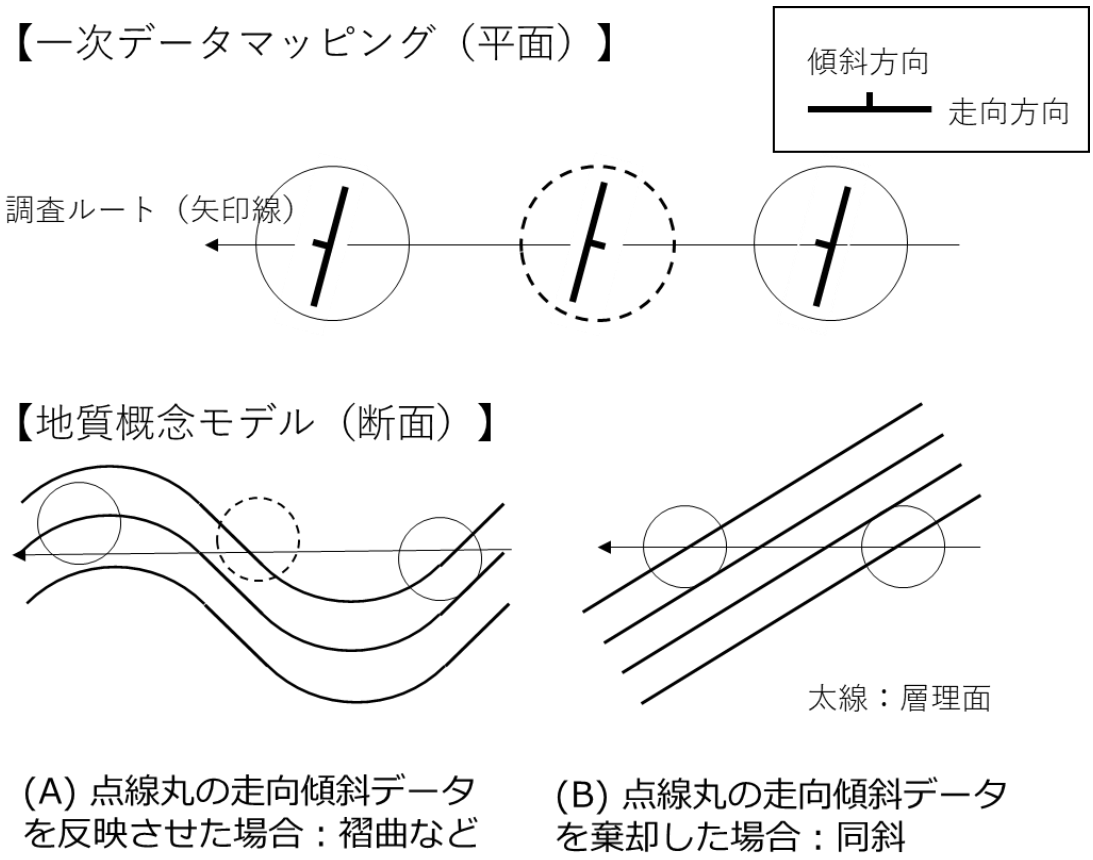


図 2-2- 4 一次データの採否とそれが地質構造解釈（地質概念モデル）に与える影響の例／走向・傾斜

一次データ、地質概念モデルの定義については、本節 2-2(3)④を参照されたい。

究極的には、走向傾斜以外にも、岩相、構造的な断層と地すべり面の誤認、データの記載位置のずれ（GPS が発達する前はしばしば）など、少なくとも現地に行かなければ是非はわからない。岩相の確認や地質年代測定の対象資料の妥当性も同様である。現地調査において、様々な不確実性の要因となる現象を念頭に調査を行い、データの品質を確保することで不確実性を低減するしかない。つまり、地質技術者のスキルアップ、品質保証が絡む問題である。

(b) モデル化の不確実性

同じデータから、複数の作業仮説を考えうる。1/5 万～1/20 万分の一のよく使われる地質図でも作成者によって地質層序・地質構造が異なることはしばしばある。地質図の縮尺、地質図の目的によって、表現される／強調される地質が異なることもしばしばある。また、新しいデータによって、新しい作業仮説が生まれうる。これら多様な作業仮説の存在こそが、地質図／地質モデルの不確実性の本質である。

一般に、地質図を作成するにあたり、同斜構造等の単純かつ連続的な地質構造では説明できず、地層の変形や不連続性が存在する必然性を導くことにより、地質技術者は褶曲や断層といった地質構造の存在を考え解釈する。また、火成岩の分布をみて、溶岩か貫入岩かといった解釈が議論になることもある。限られたデータに基づくこれらの議論は、まさに地質モデルの不確実性を問うている。

一方、パラダイムシフトと呼ばれるような、新しいデータによって地質構造そのものが大きく変わることもある。新しいデータが出てくるかもしれないという不確実性が地質構造に与える影響と言える。その代表的なものとして、いわゆる「放散虫革命」（平・中村編, 1986 など）が挙げられよう。石灰岩中のフズリナ化石の存在により古生界と考えられていた美濃-丹波-秩父帯から、石灰岩を取り巻く泥質岩類中にジュラ紀の放散虫が発見され、地質体の年代観が中生界に書き換えられ、また、地質体中に地層の繰り返しが多数存在することが明らかとなり、地向斜が終焉し、付加コンプレックスの実証に繋がった。工学的には、年代が修正される影響は小さい場合もあるが、地質分布が大きく変わる、地層が繰り返すための断層が発達するとなれば、放射性廃棄物処分場はもとより、構造物の位置選定への影響は小さくないことは容易に想像できよう。

③ 事例研究地域

本研究では、数㎞～数十 km オーダーの広域的な地質モデルを対象とし、静岡県の富士川下流周辺を事例研究地域とした。先行の調査・研究（産業技術総合研究所の「20 万分の 1 日本シームレス地質図」など）によれば、事例研究地域は、いわゆる南部フォッサマグナ地域の南西端付近にあたり、事例調査地域の西側には、糸魚川-静岡構造線が走り、新第三系と第四系の物質境界となっている。糸魚川-静岡構造線の南端とされる富士川河口に

は、富士川河口断層帯と呼ばれる複数の活断層の分布が知られている。また、東部には富士山が位置し、第四系火山岩類が広く分布する。

当該地域を研究対象とした理由は、本事業の中で富士川河口部においてボーリング技術の体系化研究を目的としたボーリング調査を実施しており、それを含む地域だからである。ただし、ボーリング調査は1孔のみの限定的なものであり、本研究で研究の対象とした広域の空間スケールの地質モデルへの影響は小さいと予想される。そこで、本研究ではモデル化の手順の整理に重点を置き、このボーリング調査を考慮せず、ボーリング調査データを加味したモデルの更新は別稿に譲ることとする。

事例研究地域の地理的範囲の設定については、一般には、地質を理解したい地域を含む広範囲なもので、先行研究を参考に、特に研究対象となる地質分布・地質構造を考慮して（含まれるように）決めることが多い。しかし、ここでは並行して地下水流動の検討も行っており、検討範囲の設定に際し地形を重視している（産業総合技術研究所ほか, 2019）。これらの点は、これら地下水流動の観点からの調査範囲設定のプロセスは、地質モデルの構築の手順をまとめるにあたって直接関係ないので、別稿に譲ることとし、本研究では調査範囲を与条件（図 2-2- 5）として扱う。

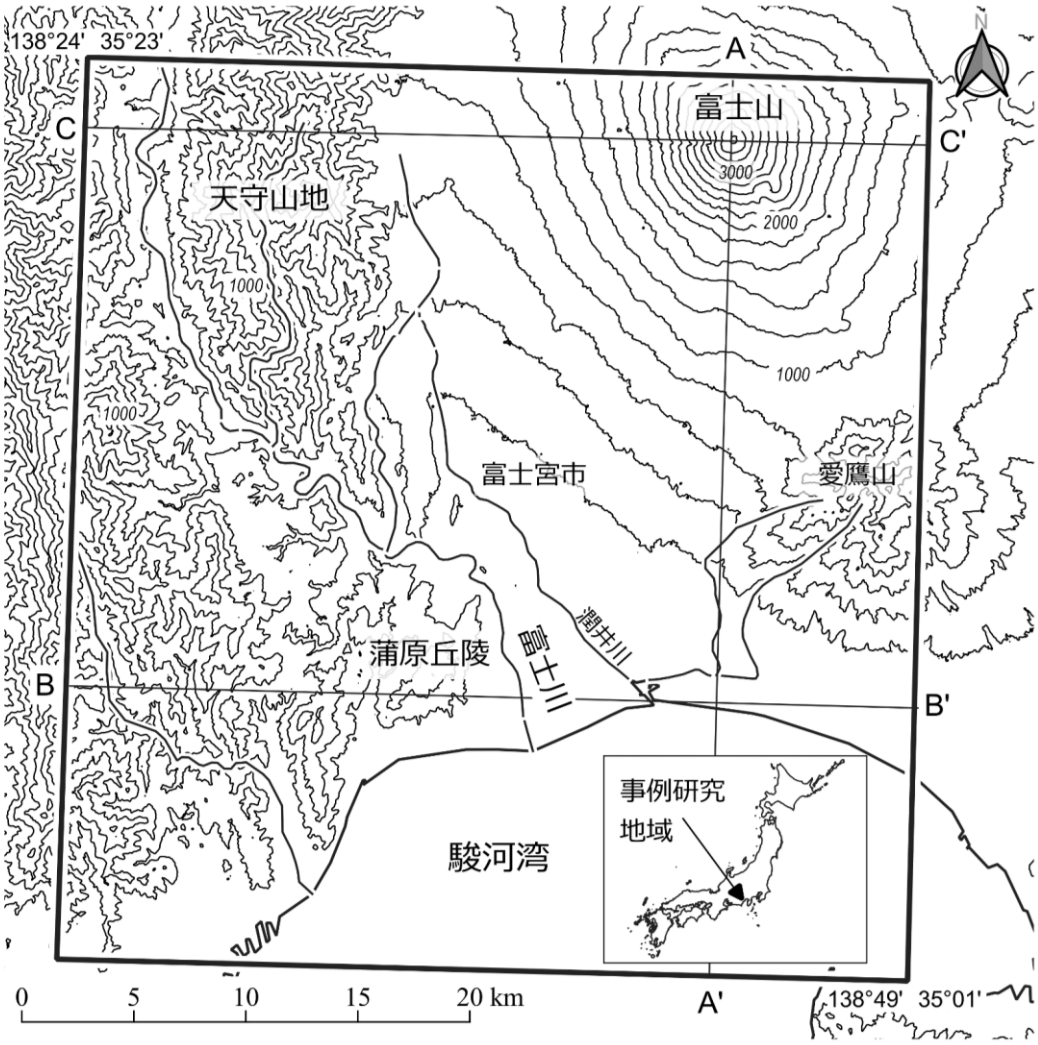


図 2-2- 5 事例研究の対象とした範囲

④ 地質モデルの構築

地質モデルの構築を、データの収集と精査、地質概念モデルの作成、地質モデルの構築の 3 つの段階に大別する。以下では、その過程に含まれる不確実性と絡めて、また、例示をしながら手順を整理する。

(a) データの収集と精査

(i) 考え方・留意点・手順など

1) 文献調査／データの収集

一般的な文献調査・現地調査の進め方、個別の調査手法については、本研究の主題ではないのでここでは説明を割愛、地質モデルの構築に関わる情報に絞って記載する。ただし、これは地質学一般に通ずるものであり、内陸域・沿岸域・海域を問うものではない。また、NUMO が実施する法定調査として実施する「文献調査」についても、NUMO のウェブサイトのコンテンツ（「イチから知りたい！地層処分と文献調査」（2021）など）で説明がなされているのでそちらを参照されたい。

2) データの精査

文献情報には、さまざまな確度のものが含まれている。そのようなデータ群の中から、モデル化の議論の共通基盤を得ることを目的として、一次データと二次データの仕分けを行う（表 2-2- 1）。

一次データは、（原則として）著者の解釈に依らない客観的データや計測データ等と定義する。地質調査で言えば、現地でデータを取得することに他ならない。ただし、先に示したデータそのものに含まれる不確実性があるので（②参照）、厳密に言えば、データの採否判断に解釈が含まれることがありうるが、本研究の例示では、その点は考慮しないこととする。一方で、②で少し触れたが、一次データの不確実性を低減させることは、品質マネジメントの領域に入る課題であり、地質のモデル化の不確実性を低減させることにも繋がる。

二次データは解釈を含む情報である。解釈の度合いによって、さらに三次、四次と細分することも可能ではある。これらは、次に続く地質概念モデル（作業仮説の提示）における参考情報と位置付けられる。

なお、文献調査においては、文献の品質のチェックという観点で、査読付きか否かという視点も重要である。しかし、ここでは、査読付きの論文や公的機関の報告書であっても、見解をそのまま受け入れるのではなく、その見解の論拠となった一次データのチェックを必須のものと考えている。逆に査読が無い論文・資料であっても、一次データと見做せるものについては、考慮する必要があると考える。

表 2-2- 1 一次データ（解釈無し）と二次データ（解釈を含む）の例

一次データ	● 走向および傾斜 ● 露頭他による地質の分布位置（ルートマップなど） ● ボーリング他による地質の分布位置 ● 地形図 ● 物理探査記録 ● 年代分析結果 ● 物性データ（化学分析データを含む） ● 微化石分析結果　など
二次データ	● 地形区分図 ● 地質図 ● 柱状図の対比図 ● 地質境界面の等高線 ● 等層厚線図 ● 地質構造に関する情報（活断層分布を含む） ● 重力図 ● 地殻変動に関する情報　など

3) 地質図の読図

地質図の中には、様々なデータが詰まっており、後述する地質概念モデルを構築する上でのヒントも沢山詰まっているので、ここで少し読図について触れたい。

地層の走向傾斜は代表的な一次データであるが、走向傾斜が落とされた箇所には露頭があったことになるので、その個所の岩相も一次データと見做せる。ある岩相の塗色範囲において、地形図上で道路沿いに崖マークがあった場合には、崖のところは岩相の一次データがあると期待される。山の頂で、周囲からの地質の延長では説明できないような箇所に示されている岩相は地表踏査等により確認されている可能性が高い。本研究の例示では、ここまで細かいことは実施していないが、このように、地質図を丁寧に読み解くことにより、一次データ、あるいは、その可能性が高いデータを集められる可能性がある。

また、良く露頭データが集められた地質図には、地質概念がわかりやすく表れている。これらは、基本的には二次データとして参考になるものであるが、露頭での岩相確認箇所が多いと見なせる場合には、地質概念モデルとしては確からしいと見なせる場合がありうる。例えば、層位的に下位の地層の分布個所を中心に、そこから離れるに従って、より上位の地層が分布するような場合には、大局的には背斜構造があると見なすことができる。褶曲が図示されていなくても、地質研究者・技術者であればすぐに見抜けることである。あるいは、②(b)でも述べたが、同斜構造等の単純かつ連続的な地質構造では説明できず、地層の変形や不連続性が存在する必然性を導くことにより、地質技術者は褶曲や断層といった地質構造の存在を考えることができる。要は、地質図から論理を読み取ることにより、地質概念モデルのヒントがもらえるのである。

4) 一次データのマッピング

地質概念モデル、地質モデル（地質図）の議論に際し議論の共通基盤を作る行為である。地表地質踏査で言えば、野外で取得した地層・岩石・断層・褶曲などの分布や走向・傾斜などのデータを地図に落とすルートマップを作ることに相当する（参考文献：天野・秋山（2004）、長谷川ほか（2006）など）。現在は、コンピューター上で、3 次元で表現することが可能であり、地下の岩相や走向傾斜などを含むボーリングデータや、地層の面的な広がりなどを含めたマップを作成することができる（図 2-2- 6）。

作成したマップは、解釈によらない拘束条件である。この後、言及する地質概念モデル、地質モデルはこれら一次データの空間分布を定性的あるいは定量的に説明しなければならない。

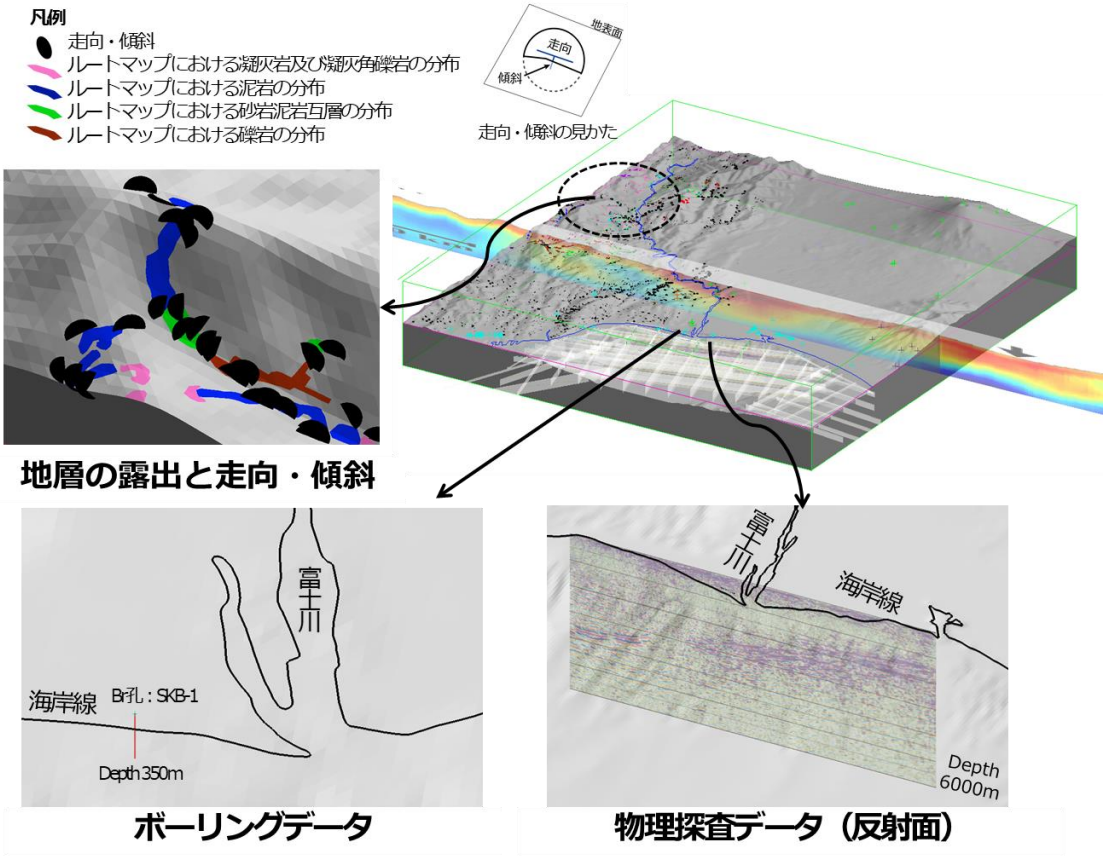


図 2-2- 6 一次データのマッピングの例（静岡県、富士川河口付近）

(ii) 事例研究地域を題材とした例示

1) データの収集

調査範囲（図 2-2- 5）とその周辺領域の地質（構造）に関して、既存の文献・資料の収集を実施した。収集にあたってはインターネット上の文献検索サイト（Google Scholar、J-Stage 等）や機関レポジトリ等を用い、文献の種類（学術論文／書籍／調査報告書／学会発表要旨等）や査読の有無を問わず収集した。

周辺領域も調査対象としているのは、調査範囲の（特に地下）地質構造を議論する際に、周辺領域からの外挿が必要になることが多いためである。周辺領域のどこまでを調査対象に含めるかは予め一意に定まるわけではなく、議論を進めていく中でより外側のデータが必要となる。

今回は最終的に 138 件の文献・資料を収集した。後日改めてアプローチできるよう、収集した文献・資料の書誌情報や URL 等をリストの形で整理した。

2) データの精査および一次データのマッピング

収集した文献・資料を一つ一つ確認し、それらに含まれる一次データ・二次データをピックアップした。さらに、本研究では、各文献にどの種別の一次／二次データが含まれているかを、星取表の形で簡便に整理した（表 2-2- 2）。

一次データのうち、地質概念モデル・地質モデルを議論する上で重要なデータ（地層の走向傾斜、地表地質分布、ボーリング孔、物理探査結果）について、GIS ソフトを用いて文献中の図面から位置情報を取得し、一次データをマッピングした（図 2-2- 6）。この図がこれに続く地質概念モデル・地質モデルを議論する上での共通基盤となる。

なお、物理探査結果について、視認性の観点から断面図として表示しているが（図 2-2- 6）、断面図そのものは二次データであり、一次データとして扱っているのはその中の明瞭な境界面等であることを付記しておく。反射法地震探査、海上音波探査の記録における反射面などがこれにあたる。反射面の明瞭な連続性は、地層の連続性あるいは反射断面に現れるような規模の断層がないことを解釈なしに示していると考える。一方、反射面に挟まれた地層の層序自体は、直接的なボーリング等のデータまたは層序が明らかな地域からの連続性の確認（対比だけでは解釈となる）がない限り、二次データと考える。

表 2-2- 2 収集文献に含まれる一次・二次データの整理例

文献No.	一次データ								二次データ												
	走向・傾斜	露頭他	ボーリング他	地形図(読取)	物理探査	年代分析	物性・化学分析	微化石分析	地質図	地質断面図	地質境界等高線	重力図	空中磁気図	地下水等高線など	柱状対比図	地殻変動	地形区分図	等層厚線図	汀線分布図	地質構造	その他
1	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
2	−	−	○	−	−	−	−	−	○	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
3	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−
4	○	−	○	−	−	○	○	−	○	−	−	−	−	−	○	○	−	−	−	−	−
5	−	−	○	−	○	○	○	−	○	○	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	○
6	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
7	−	−	−	−	−	−	−	−	○	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−

（注）例示のため、ここでは便宜的に文献を番号で示している。

(b) 地質概念モデル／作業仮説の提示

(i) 考え方・留意点・手順など

1) 地質概念モデル

地質モデル／地質図を描く前段階として、作業仮説を定性的に表現するものという位置づけで、地質概念モデルがしばしば作られる（図 2-2- 3)。単なる頭の中の議論に留まる場合もあるが、できるだけ、作業仮説を大雑把でもポンチ絵にするのが良い。学術論文等で、地質概念図とされるものは、これにあたると考えられ、これら二次データを参考にしても良い。

新しい地質概念モデルの提案は、それ自体価値がある。ただし、ここで重要な点は、地質概念モデルは一つとは限らないということである。ここでできるだけ多くの作業仮説を議論することが、評価の対象とする地域の地質の理解に大切である。複数のモデルの存在こそが不確実性であり、モデルはそれを表現する術（すべ）である。

一般に地質といった場合、層序区分、貫入／併入岩体、断層、褶曲など、様々な構成物質・地質を扱っている。ここでは、これら個々の構成要素を、便宜的に地質要素と呼ぶことにする。地質概念モデルは、これら個々単独の地質要素に関わる作業仮説、または、その組合せを表現したものある。ただし、最初から地質要素の組合せを考えることはしばしば難しいので、本論では個々の地質要素の概念モデルを検討し、その後、組合せを考えることとする。単に、地質要素の分布の有無、分布位置、空間的広がりなどの定性的な議論、規模や具体的な構造の姿勢などの定量性の議論など、取り上げる地質要素／作業仮説が多いほど、その機械的な組合せは膨大となり、全ての地質概念モデルを示すことは困難で、後述するように絞り込みが必要ある。一方で、複数の地質要素間の関連が深いことが明らかな場合には、その限りではない（例えば、最初からセットで考える)。

このため、モデルの絞り込みに向けて、２つの工夫をする。第一に、目的に対して重要な地質要素を絞り込むことである。本研究の例示では、地下水流動を目的としているため、これに与える影響が大きいと予想される地質要素に絞って検討することも可能である。このような地質要素としては、地質層序（高透水性層)、断層、貫入岩といった地質要素を取り上げることができる。第二に、地質要素の存在の確からしさが高いものを優先的に検討する。そこで、当該地質要素／作業仮説について、それらのモデル設定上での確実度を、根拠となる一次・二次データの有無や量に基づき、確度が高い順にⅠ（一次データから導かれる） ＞II（論理的に必然性が説明しうる ＞III（状況証拠から可能性がある）の 3 つに区分する。

2) 地質層序区分

地層層序は、地質概念モデル・地質モデルの構築において、最も基本的な情報である。地層層序区分は、地層の実体（物質）として定義された層序区分単位で地層を分類したり、上下関係（層位）を整理したりする行為である。岩相層序（層、層群など)、年代層序（地質系統／階、統、系、界など)、生層序（バイオゾーン)、構造層序（ユニット、コ

ンプレックスなど)、シーケンス層序（堆積相）など、目的に応じて様々な区分方法と区分単位がある（天野・秋山, 2004：長谷川ほか, 2006; 保柳ほか, 2006; 小川・久田, 2005など)。これらの区分の境界（物質境界）は一致するとは限らない。また、これとは別に、時間の概念である地質年代区分（期、世、紀、代など）がある。

地質図の多くは、基本的には岩相層序で地層の分布が表現される。岩相層序では、露頭で見る地層・岩石の観察から一連と見做せる地層を基本単位である「層（累層)」として認識する。層中で特徴的な鍵層などがあれば、下位の単元である「部層」を設定する。また、複数の「層」に共通性を見出し、「層群」を設定しても良い。しかし、小縮尺の地質図において、広範囲に共通の区分で地層を表現する場合には、「新第三系堆積岩類」など、地質系統と岩相区分の組合せで、岩相が纏められる（丸められる）ことも多い（例えば、産業総合研究所の 1/20 万シームレス地質図)。一方、岩石の分布を忠実に図示する岩相区分図という技法もあり、ダムサイトの地質図など大縮尺で細かな地質分布が求められる場合には岩相分布図がしばしば作成される。

さらに、表層に最も近い風成被覆層や段丘堆積物などの最も新しい地層の分布を無視して、その下位の地層を表示することも少なくない。一方で、表層地質図と呼ばれる、表層の地質分布に特化した表現方法もある。

このように、地質図作成では、基本的には岩相層序区分で表現されることが多いが、目的に応じて、層序区分を選択したり、大きく括るか細分するかを選択したり、必要に応じて重視する地層にフォーカスしたりする。ユーザーには、地質表現に用いた層序区分方法と、複数の層序区分方法の相互関係の理解が求められる。

3) モデル化の留意点、取り上げるべき地質要素

基本は岩相分布と地質構造であるが、地質図作成の目的／検討項目によって、取り上げるべき地質要素が異なることもある。ここでは、例題として、処分場建設で重要な地下水流動モデル構築への展開を考慮し、地下水流動に影響を与えるような、周囲よりも透水性が高い地質・地質構造の分布を考えてみたい。

一般に、周囲よりも透水性が高い地質要素として、高透水性層（地層区分)、断層、不整合、貫入岩体といったキーワードが挙げられる（図 2-2- 7)。

例えば、透水性が低い泥岩層のシークエンス（地層の重なり）の中に透水性が高い砂岩が挟まれていることがある。また、透水性が高い地層の厚さ（あるいは深度方向の分布）もまた、地下水流動に影響を与えることが考えられる。

断層が分布することにより、分布する地層が断層を介して地質が急変する、断層周辺で割れ目が多く透水性が高い、逆に、粘土を多く挟む断層破砕帯／断層岩は遮水壁となるといったことが考えられる。構造物の建設を考えている場所に大規模な断層が分布する場合には、周辺に連続性がある高透水性箇所を伴うことで致命的となりかねない。また、断層の活動履歴（将来の活動の可能性）が問題になる場合もある。

凹凸がある不整合面が想定される場合には、凹部に透水性が高い地層が埋没しているといったことが考えられる。一般に、このような埋没した地層を見つけることは難しく、不整合の有無の見立てが重要となる。また、単に、不整合面の下位に、想定以上に深いところまで高透水性かつ／または軟質な地層が分布するといったことも考えられる。

貫入岩体は、しばしば開口した割れ目を多く含み、著しい高透水性を呈し、水みちとなる。規模が小さい場合は、グラウトなどで対応できる場合もあるが、規模が大きく連続性が高い場合、あるいは、構造物との位置関係によっては、構造物にとって致命的な高透水性箇所となりうる。

また、これらの事象が重なることも想定する必要があろう。例えば、相対的に新しい地層に不整合で覆われた断層あるいは貫入岩などである。

他にも、考慮すべき事象はあると思われる。要は、既存の地質データに基づいて、そこで起こっているかもしれない地質事象について、どれだけ想像力が発揮できるかが地質技術者に問われるのである。

A) 地質層序（地質区分）

- 透水性が高い挟み層がる場合。
- 凸凹な不整合面の凹部に透水性が高い埋没堆積物がある場合　など

B) 地質構造・地質境界

- 断層の分布、地質境界の解釈などにより、地下深部の地層の想定が変わる。
- 断層や不整合境界の透水性が異なる。

C) 伏在する地層・岩体

- 地史的に見て、貫入岩など致命的となりうる地質が分布しうるかを検討する。

これらの事象が重なることを考える必要がある場合もある（例：不整合に切られる古い断層、貫入岩より新しい低透水性層など）。

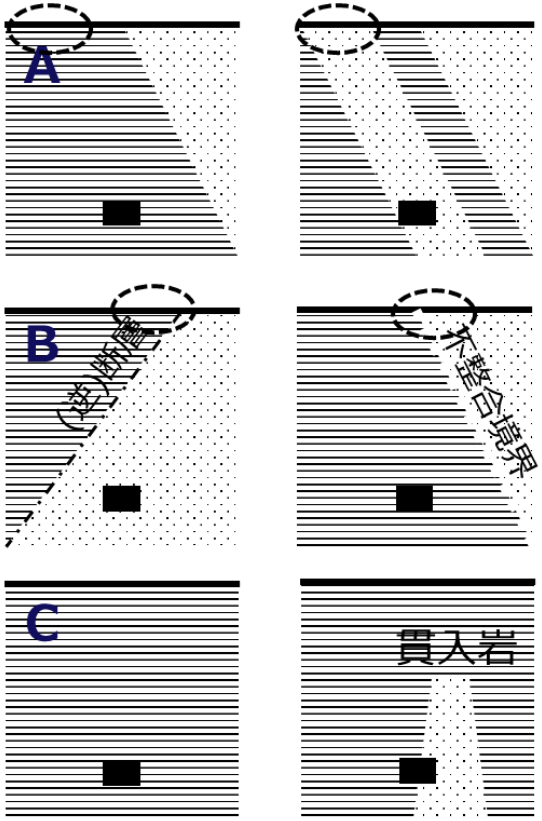


図 2-2- 7 地下水流動解析に向けた地質概念モデル（作業仮説）の検討のポイントの例

(ii) 事例研究地域を題材とした例示

今回は、調査範囲内の地下水流動に影響を与え得る地質要素を採り上げ、それらに関する定性的な不確実性を表現することとした。

また、検討の前提として、地質層序区分は最も基本的なデータである。これ自体に議論がありうる。しかし、ここでは、広域の地下水流動解析への地質データの引き渡しを意識し、かつ、議論を単純化するため、本研究においては、先行研究の知見を踏襲し、地質系統と岩相層序を組み合わせた下記 6 つの地質層序区分をもって、地質概念モデルを作成する。また、断層については、下記地層区分の境界に相当する大規模なもののみを取り扱う。

第四系完新統堆積層
第四系更新統堆積岩類（富士川沖層群、賀茂沖層群下部層および足柄層群）
第四系火山岩類（新富士・古富士・小御岳・愛鷹・達磨山・井田火山噴出物）
新第三系堆積岩類（後期中新世～鮮新世の富士川層群）
新第三系火成岩類（後期中新世～鮮新世の富士川層群、石英閃緑岩ほか貫入岩）
新第三系付加コンプレックス（中期中新世の西八代層群または丹沢層群相当）

以下に、概念モデルの構築で検討した地質要素について、その内容と確実度について述べる（表 2-2- 3)。

（A）地質層序

A-1 地質区分中の相対的な高透水層

一つの区分として丸められている地層中に相対的に高透水性を示す層が挟まれている可能性が考えられる。

例えば、第四系火山岩類より下位の地層中に、透水性が高い地層が分布する可能性は否定できない（図 2-2- 8(A)）。ただし、今回収集した文献中には、それを示唆する具体的なデータは見当たらない。

また、駒澤(2003)では重力探査結果に基づいて、富士山の基盤面（第四系火山岩類の下方境界）が凹凸に富んだ形状であるという解釈（二次データ）を示している。このような埋没谷があれば、一般論として、それを埋める相対的に高透水性の地層が残ることがある（図 2-2- 8(B)）。ただし、調査範囲地下においてこのような高透水層の分布を示す一次データは、今回収集した文献中には見当たらない。

以上のことから、本研究では、このような高透水層の分布については確度 III とし、概念モデルとして採用せず、地質モデルには取り入れない。

表 2-2- 3 事例研究地域における地質概念モデルの絞り込み

地質要素／作業仮説		確度	地質モデルにおける設定
（A）地質層序	(A-1) 地層区分中の相対的な高透水層	III	分布なし
（B）地質構造・地質境界	(B-1) 神縄断層の西方延長	II	分布なし／分布ありの2パターン
	(B-2) 第四系と新第三系の境界断層	I	分布あり
（C）伏在する地層・岩体	(C-1) 丹沢深成岩類の西方延長	II	分布なし／分布ありの2パターン
	(C-2) 蒲原丘陵の貫入岩体	I	分布あり
	(C-3) 富士川河口沖合の推定貫入岩	III	分布なし
	(C-4) 佐野川深成岩類	I	分布あり

（注）確度：I（一次データから導かれる）＞II（論理的に必然性が説明しうる）＞III（状況証拠から可能性がある）

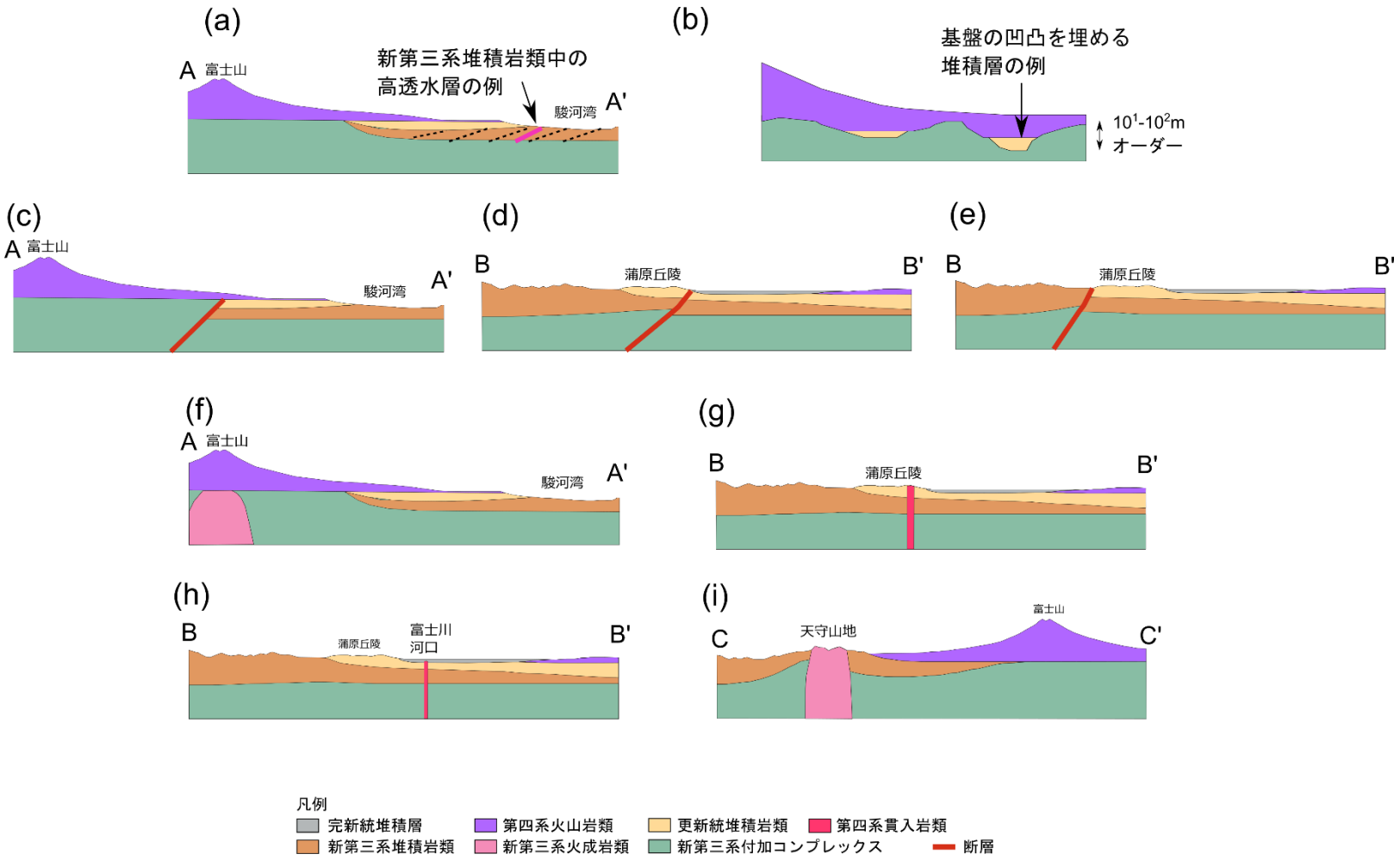


図 2-2- 8 **事例研究地域における地質概念モデルの検討**

（断面線の位置は図 2-2- 5 を参照。それぞれの断面図の詳細については本文を参照）

（B）地質構造・地質境界

B-1 神縄断層の西方延長

松田(2007)では、杉村(1972)、中村・島崎(1981)、Imanaga(1999)を引用し、丹沢山地南縁において丹沢層群と足柄層群を境している神縄断層（北傾斜の逆断層）が、大きく湾曲しながら西方に延長し、富士川河口断層帯～駿河トラフに連続していると解釈している（図 2-2- 8(C)(D)）。この解釈を直接的に支持／棄却する一次データは得られていないが、少なくとも丹沢山地においては神縄断層が確実に分布していることから、神縄断層の西方延長の分布については確度を II とした。ただし、西方延長部分では、複数条に分岐した断層である可能性もある。つまり、断層が通る位置についての不確実性は大きいと考える。

B-2 第四系と新第三系の境界断層

富士川河口には、複数の断層から構成される富士川河口断層帯が分布し（産業技術総合研究所の「20 万分の 1 日本シームレス地質図」など）、事例調査地域内では、第四系と新第三系堆積岩類の地表分布は、同断層帯を構成する芝川断層（富士川以北）と入山断層（同以南）で境されている。これら 2 つの断層は複数箇所で地表露頭が記載されており、南北走向・西傾斜の一連の逆断層とされている（杉山・下川, 1982）（図 2-2- 8(E)）。このように分布を示す一次データがあることから、本断層の分布については確度 I とした。ただし、地表では複雑な形態を示しており、地下深部で収斂するか、収斂するとすればその深度はどれぐらいかなど、分布形態の不確実性は残る。

（C）伏在する貫入・併入岩体

C-1 丹沢深成岩類の西方延長

調査範囲より東方の丹沢山地では、17-13 Ma に堆積した丹沢層群に 7 Ma の大規模な石英閃緑岩体が貫入している（青池, 1999; Saito et al., 1991）。松田(2007)は、この丹沢層群および石英閃緑岩体が露出の西端部において山地地形を維持したまま富士の噴出物に覆われていること等に基づいて、富士山体の直下にこの石英閃緑岩体の西方延長が分布していると解釈している（図 2-2- 8 (F)）。この解釈を直接的に支持／棄却する一次データは得られていないが、少なくとも丹沢山地においては貫入岩が確実に分布していることから、丹沢深成岩類の西方延長の分布は確度 II とした。

C-2 蒲原丘陵の貫入岩体

柴ほか(1990）は，富士川河口西方の蒲原丘陵において，下部～中部更新統の庵原層群に貫入する複数の複輝石-角閃石安山岩を記載している（図 2-2- 8(G)）。同丘陵中南部の岩

体について約 0.8 Ma の K-Ar 年代が得られている（海野・大木, 1989）。このように分布を示す一次データが得られていることから、本貫入岩体の分布は確度 I とした。

なお、B-1 神縄断層の西方延長が分布する場合、互いの位置関係を考慮すると、本岩体と地下で交差することが考えられる。松田(2007)によれば、神縄断層は下部更新統の足柄層群を切っているとされ、断層が貫入岩を切ると考えられるが、断層による変位量は不明である。

C-3 富士川河口沖合の推定貫入岩

大熊ほか(2016)は、富士川河口周辺域を対象とした磁気探査から、富士川河口から 1～2 km 南方の海域に中振幅の磁気異常が分布し、入山瀬断層（富士川河口断層帯の一部）の南方延長部に沿って磁性を持った地質体が分布する可能性を示している。同図中では蒲原丘陵が全体的に高磁気異常を示しており、蒲原丘陵には複数の安山岩質貫入岩体が分布していることから、富士川河口沖の磁気異常がそれらと同時代の貫入岩であるという可能性が考えうる（図 2-2- 8(H)）。ただし、本岩体の分布を直接示す一次データは得られていない。またこの解釈は、蒲原丘陵全体の高磁気異常が同丘陵の貫入岩体の分布を反映しており、なおかつ富士川河口沖の磁気異常がそれと同様の岩体の分布を反映していると、二重に仮定を置いている。従って、本岩体が分布している確度は III とした。

C-4 佐野川深成岩類

Yajima(1970)、矢島・加藤(1980)は、調査範囲北東部の新第三系に貫入している斑レイ岩・閃緑岩体から成る佐野川深成岩類を記載している（図 2-2- 8(I)）。閃緑岩中の角閃石からは約 6 Ma の K-Ar 年代が得られている（原田・高木, 2009）。このように本岩体の分布を示す一次データが得られていることから、本岩体の分布については確度 I とした。

なお、B-2 第四系と新第三系の境界断層が分布する場合、互いの位置関係を考慮すると、本岩体と断層が地下で交差し、芝川断層が更新統を切っていることから、断層が貫入岩を切ると考えられる。

(c) 地質モデルの構築／いわゆる地質図の作成

(i) 考え方・留意点・手順など

1) 地質概念モデルの絞り込み

前項の繰り返しになるが、地質概念モデルの議論の際に取り上げた地質要素が多いほど、機械的な組合せは多岐にわたる。全ての組合せを考慮した地質モデルを構築することは現実的ではない。しかし、目的に照らした重要な地質要素の優先的選択、論拠の確からしさに基づく地質要素の確実度の分類と選択するにより、地質要素の組合せを絞りうる。

また、実際には、並立しない／相反するものもあると考えられる。あるいは、議論の過程で、あるデータから浮かんだ地質概念モデルが、そこで考慮していない別のデータで否

定されることもあろう。例えば、断層を想定していたが、それを跨ぐ側線で実施されていた反射法探査の断面では明確な反射面が連続していた場合などである。また、少し進めて、一部だけでも半定量化することにより、作業仮説としての成立性を議論できることもある。また、ある地層の分布に落差（深度差）があった場合、不整合（侵食）や断層で解釈する議論が生じうるが、例えば、前者は陸化して侵食の場にあった期間が十分長く継続する必要があり、後者は活動履歴・変位速度などと密接に関連する。このような時間軸を考慮して、半定量的な議論により、作業仮説が肯定されたり否定されたりといったことが起こりうる。

このように、絞り込みに際しては、目的に対する重要度や確からしさに基づく取捨選択、一般論からの議論や思考実験がなされることになるが、これらの論証の手順をマニュアル化することは非常に難しい。言えることは、事前の情報量が多いほど取り上げるべき地質要素、あるいは、作業仮説を絞り込める、地質分布の説明性の合理性がモデル化の可否を判断しうるという当たり前のことである。言い換えれば、専門家のテクニカルジャッジが非常に重要であり、専門家の責任は重いということである。

2) 地質モデルの構築

地質図（地質モデル）は平面図と断面図で表現されてきたが、データのデジタル化技術が進んだ昨今、現在はデジタル化まで含めて地質モデルとした方が現実的である。このため、紙ベースでの検討は考える重要なプロセスと認識しつつ、本研究における三次元の地質モデルの構築作業は、地質概念モデルで議論し、採用に至った地質要素の定量的な検討を行った上で、三次元地質モデリングソフトウェアを使って、市販の仮想空間上に入力したデータセット（可視データ）をデジタルモデルとして作業する。具体的には、調査範囲に分布する個々の地質境界面および個々の断層面について、厚さをもたないグリッド／サーフェスモデルを作成する作業である。グリッド／サーフェスモデルとして作成する地質境界面と断層面は、これらの空間分布を定義する一次データおよび二次データを含むものであるが、データ間については、地質境界面と断層面の推定断面線を追加するとともに、三角網分割（triangulation）を用いた加重平均などにより空間補間を実施する。

なお、言うまでもないことかもしれないが、既存の地質図は地質モデルの一つである。また、説明は割愛するが、アナログ・デジタルを問わず、基礎となるのは、空間把握の想像力と地質図学（例えば、天野・秋山, 2004; 長谷川ほか, 2005）である。

これらの地質モデルに基づき、地下水流動モデル等の地質環境特性に関わるモデルが構築されることになる。そこでは、着目する地質環境パラメータ―の類似性に基いて、地質層序区分が丸められたりすることもあろう。また、地質概念モデルの絞り込みのところで触れたように、複雑な形態を示す可能性がある断層。貫入岩体を単純化することもある。これらの点については、解析からのフィードバックにも関わる議論であり、後章で触れたい。

また、検討の幅を広げるのであれば、確実度が低い地質要素／作業仮説をモデルに取り込むことにより、より稀な頻度と考えられるモデルを作ることも可能である。確実度 I だけを取り込んだモデルを基本的なモデルとし、確実度 II の地質要素で振ったモデル群を変動的なモデルと扱い、確実度 III も地質要素を取り込んだモデルを頻度が稀なモデルというような考え方もできよう。中深度処分事業で考えられているリスク論的評価の考え方にも通ずる。要は、モデリングに用いる情報の優先順位を予め決めておくことが重要である。これは地質の不確実性がモデルに与える影響、即ち、地質リスクのマネジメントの基本的な作業である。この点についても、後で触れたい。

(ii) 事例研究地域を題材とした例示

1) 地質概念モデルの絞り込み

前項では、まず、地下水流動にとって重要と思われる地質要素として、地層、断層及び貫入岩体を取り上げ、事例研究地域で考えうる具体的な作業仮説を抽出し、それらの論拠の整理・確実度の分類を実施した（表 2-2-3）。

それぞれについての複数の作業仮説のうち、確度 I の作業仮説については全ての地質概念モデルで採用し、確度 III の作業仮説は全てのモデルで採用しない。確度 II の地質要素／作業仮説については個別に有無を検討した。これらの検討結果を以下に示す。

（A）地質層序

A-1 地層区分中の相対的な高透水層

確度 III と判断し、地質概念モデルに取り入れる優先度は低いと判断した。

（B）地質構造・地質境界

B-1 神縄断層の西方延長

確度 II と判断し、分布なしと分布ありの 2 パターンの概念モデルを考えた。先にも述べた通り、分布する場合でも、分岐して複数条の断層が並走している可能性も考えられる。しかし、ここでは地下水流動解析上の影響を見るという目的を鑑み、分布モデルとしては断層を一条で描いた。将来的に、影響が大きいと判断した場合には、複数条のバリエーションを検討する必要があるかもしれない。

B-2 第四系と新第三系の境界断層（富士川河口断層帯）

確度 I のため、全ての地質概念モデルにおいて取り入れた。

地下深部における本断層の姿勢に関しては一次データが得られていないが、南北走向西傾斜の逆断層であり新第三系と第四系の境界をなしていること、ならびに事例研究地域の

テクトニクスを踏まえ、地下深部ではプレート境界に収斂するように低角傾斜になっていることが高い確度で想定しうる。従って、全ての地質概念モデルにおいて、地下深部では低角傾斜であると設定した。なお、神縄断層でも考えたように、地層処分を想定する深度では、複数条の断層帯を成している可能性は十分考えられる。これを一条で代表させるのは、神縄断層西方延長と同様、地下水流動解析上の影響を見るための第一段階と考えたためである。

（C）伏在する地層・岩体

C-1 丹沢深成岩類の西方延長

確度 II と判断し、分布なしと分布ありの 2 パターンの概念モデルを考えた。複雑に貫入・併入した複合的な岩体である可能性もあるが、ここでも地下水流動解析の第一段階の検討を想定して、塊状の岩体と見なした。

C-2 蒲原丘陵の貫入岩体

確度 I のため、全ての地質概念モデルにおいて取り入れた。

地下における本岩体の形状については一次データが得られていないが、比較的狭い範囲に集中的に分布しており、複数の岩体の岩相が互いに類似していることから、地下で一つの岩体に収斂していると考えた。従って、全ての地質概念モデルにおいて、地下で一つの岩体に収斂してモデルの最下面まで連続的に分布していると設定した。

また、B-1 神縄断層の西方延長が分布する設定の地質概念モデルにおいては、先述の通り本岩体を断層が地下で切断することになる。ただし変位量が不明であるため、今回の地質モデル上では、断層による貫入岩体の変位量は便宜的に 0（無し）と設定した。

C-3 富士川河口沖合の推定貫入岩

確度 III と判断し、地質概念モデルに取り入れる優先度は低いと判断した。

C-4 佐野川深成岩類

確度 I のため、全ての地質概念モデルに分布を取り入れた。

なお、地下における本岩体の形状については一次データが得られていないが、比較的狭い範囲に集中的に分布しており、岩体の伸びの方向が揃っていることから、地下で一つの岩体に収斂していると考えた。

また、先述の通り、B-2 第四系と新第三系の境界断層が本岩体を地下で切断することになる。尾崎ほか(2016)では、本境界断層の南部にあたる入山断層に沿って、前期更新世後半に堆積した蒲原層が鮮新統の浜石岳層を不整合で覆う露頭が認められることから、入山断層の活動開始時期を蒲原層堆積以降と推定している。同文献では、本境界断層の北部に

あたる芝川断層の近傍において、中期更新世前半に堆積した鷺ノ田層よりも下位の蒲原層の方が著しく変形していることから、芝川断層は鷺ノ田層の堆積前から活動していた可能性が高いとしている。これらの推定を踏まえると、本境界断層の活動開始時期は概ね 1 -2 Ma と推測される。また、芝川断層の平均上下変位速度は、断層による溶岩流の変位量に基づいて南部で 1-1.7 m/千年、北部で 3-4 m/千年と推定されている（山崎, 1979; Yamazaki, 1992）。平均変位速度をどこまで外挿できるかについては議論の余地があるが、活動開始以降は一定速度で変位していると仮定すれば、本境界断層による累積の上下変位量は最大 8,000 m に及ぶと推定される。また、前述したように本境界断層は地下深部で低角傾斜になっていることが想定され、この場合断層運動による水平方向の累積変位量は、上下変位量と同程度もしくはそれ以上であると考えうる。

これらの推定に基づき、本岩体は断層の下盤側には連続せず、断層によって切断された下側の岩体はモデルの空間範囲内には分布しないという概念モデルを採用した。

以上の検討結果を踏まえ、かつ作業仮説の組合せも考慮して、今回は、確実度 I の地質要素／作業仮説を全て取り入れ、確実度 II の地質要素／作業仮説を組合せた、具体的には、神縄断層と丹沢深成岩類の西方延長の作業仮説を組合せた下記 4 つの地質モデルを作成することとした。

【モデル 1】
- B-1 神縄断層の西方延長：なし
- C-1 丹沢深成岩類の西方延長：なし

【モデル 2】
- B-1 神縄断層の西方延長：あり
- C-1 丹沢深成岩類の西方延長：なし

【モデル 3】
- B-1 神縄断層の西方延長：なし
- C-1 丹沢深成岩類の西方延長：あり

【モデル 4】
- B-1 神縄断層の西方延長：あり
- C-1 丹沢深成岩類の西方延長：あり

2) 地質モデルの構築

三次元地質モデリングソフトウェア Vulcan（Maptek Pty Ltd.）を用いて、前項で絞り込んだ 4 つの地質モデルを作成した（図 2-2- 9）。繰り返しになるが、地質系統と岩相を組合せた 7 つの地質層序区分を基礎とし、確実度 I とした地質要素を全てに採用し、確実度 II の地質要素の有無で場合分けしたものである。これらに確実度 III の地質要素を加えたモデルの構築も可能であるが、ここでは割愛させて頂く。

まず地質層序について、各層の下限深度を、下記に示す文献に記載されている地層の層厚やボーリング調査・物理探査の結果に基づいて、全ての地質モデルに共通で設定しモデリングを実施した。

- 第四系完新統堆積層： 海岸線付近のボーリング調査で、標高−110 m 以深は沖積層より古い時代とされている（尾崎ほか, 2016）。この他、松原(1984)、石原・水野(2016)、佐藤・荒井(2016)のボーリング調査や物理探査等の結果に基づいて設定した。
- 第四系更新統堆積岩類： 岡村ほか(1999)、佐藤・荒井(2016)の音波探査結果から、富士川沖層群ならびに賀茂沖層群の層厚を推定し設定した。（層厚は地点によって異なる）
- 第四系火山岩類： 富士山南麓におけるボーリング調査で、おおむね標高 0 m が富士山や愛鷹山噴出物の基盤とされている（Tsuya, 1961; 高須賀, 2015）。
- 新第三系堆積岩類： 事例研究地域北西の内船背斜付近において、富士川層群の層厚は約 2000 m と見積もられている（杉山・松田, 2014）。この他、松田(2007)、Yokota et al.(2015)、尾崎ほか(2016)を参考にして設定した。
- 新第三系付加コンプレックス： 層厚が不明のため地質モデルの底面（−5000 m）まで本地質区分と設定した。

なお本検討では、モデリング範囲の空間スケールならびに地下水流動解析への展開を考慮して、100 m メッシュでモデリングを実施した。したがって、100 m よりも細かい空間スケールでの岩相分布はモデル中では無視もしくは均されており、断層や地層境界などの位置も 100 m 程度の誤差を含んでいることを付記しておく。

神縄断層の西方延長については、松田(2007)を参考にして通過位置および断層面の姿勢を設定し、また、新第三系付加コンプレックスから更新統までを切断するが完新統には変位を与えないと設定した上でモデリングを実施した。なお、このようにモデリングした場合、本断層は B-2 第四系と新第三系の境界断層と交差することになる。これらの断層間の地下における切断関係を示唆するデータは得られていない。どちらの断層も、新第三系と第四系の境界をなす大規模な活断層であり、地下深部においてはプレート境界に収束していく可能性が考えられる。そこで、本断層が分布するモデル 2 と 4 においては、両方の断層が西方に向かって徐々に傾斜角を減じ、一つの断層に収斂するようにモデリングした。

丹沢深成岩類の西方延長については、松田(2007)を参考にして分布位置と岩体の大きさを設定し、モデリングした。なお、B-1 神縄断層の西方延長を前述のようにモデリングした場合、本岩体はこの断層と交差することになる。本岩体の貫入時期は先述のように新第三紀であり、一方神縄断層は更新統を切っていることから、断層が本岩体を切断する関係となる。神縄断層の西方延長が分布すると仮定して、その変位量は未知数であるが、神縄断層が少なくともその一部について活断層であることを考えれば、累積変位量は相当大きい可能性が考えられる。そこで、神縄断層の西方延長と丹沢深成岩類の西方延長が両方分布するモデル 4 では、断層下盤側に貫入岩体は連続せず、断層によって切断された下側の岩体はモデルの空間範囲内には分布しないと設定してモデリングした。

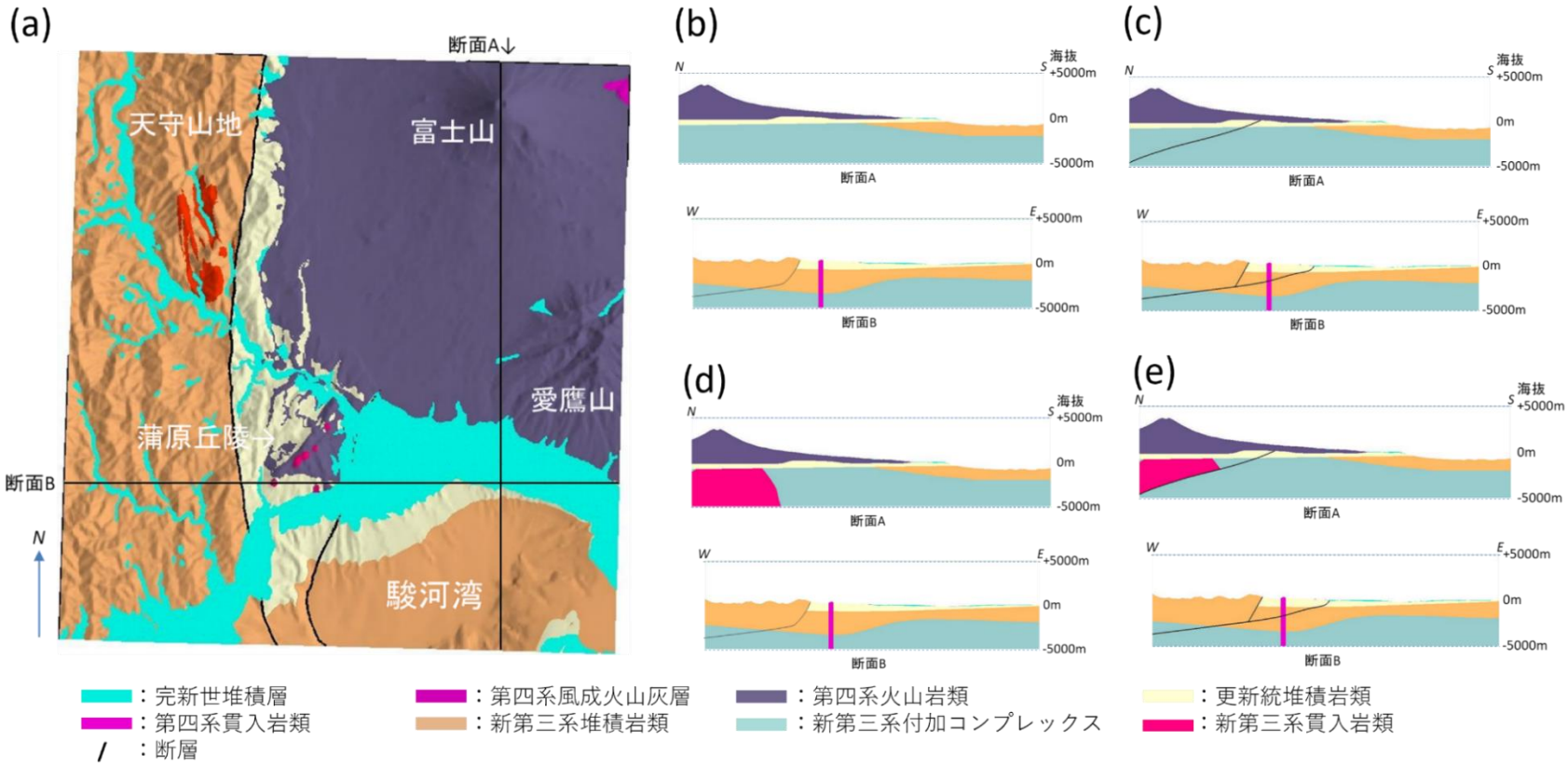


図 2-2- 9 作成した三次元地質モデルの平面図および断面図

(a) モデル 1-4 の平面図（全てのモデルで共通） (b) モデル 1 の断面図（神縄断層の西方延長なし、丹沢深成岩類の西方延長なし）
(c) モデル 2 の断面図（神縄断層の西方延長あり、丹沢深成岩類の西方延長なし） (d) モデル 3 の断面図（神縄断層の西方延長なし、丹沢深成岩類の西方延長あり） (e) モデル 4 の断面図（神縄断層の西方延長あり、丹沢深成岩類の西方延長あり）

⑤ 地質分布の不確実性低減に向けた地質調査（ボーリング調査）の留意点

(a) 総論

一般論として言えば、既存のデータから新たな解釈が生まれることもあるが、新たなデータが出ない限り、地質分布の修正は難しい。つまり、不確実性の低減には、先行研究で示されたデータの確認、新たなデータの取得が必要であり、言うまでもないことだが、不確実性低減のための第一の選択は現地調査でありたい。なお、調査によって明らかとなった新しい事実（一次データ、二次データいずれも）により、不確実性が小さくなることもあれば、新たな可能性を見出し、不確実性が大きくなることもありうる点にも留意したい。このため、調査は適当なフェーズを区切って繰り返し行うことが大切となる。

そこで、ここでは、④(b)で取り上げた地下水流動に影響を与えると考えられる主な地質要素の調査の留意点について、解説してみたい。本質的にはどこに何（地層・岩体、断層・褶曲など）があるかを明らかにするということに他ならず、地層処分以外の事業の地質調査と基本的には変わるところはない。

地層処分の法定調査における地表からの調査（概要調査）の進め方については、これまでも NUMO と地層処分関係研究機関で検討されてきた。そこで、ここでは基本的な調査・評価の進め方、概要調査の在り方については、電力中央研究所の検討事例である木方ほか(2010)に譲ることとする。また、モデル化に必要な各種調査手法の実証性の議論については、電力中央研究所の一連の研究（近藤ほか, 2011; 2012; 2014 など）があるので、参考にされたい。本論では、事例研究地域でボーリング調査を設計する際の留意点（掘削箇所、長さ及び方向など）にさらに絞って基本的なことを整理する。

(b) 各論

(i) 地層区分／地質分布

サイトの候補地に処分場計画深度よりもやや長尺のボーリング調査を実施することが基本であることは異論のないところであろう。掘削長の設計については、先行研究の情報を参考に、対象地域の地質層序・地質構造を考慮して決定する。具体的には、地表で算定した厚さの地層がボーリング掘削箇所にも分布すると考えることが多い。例えば、単調な同斜構造であれば、地表で算定された層厚をそのまま想定することになる（図 2-2- 10(A)）。そのほか、ある程度分布することが確からしい場合には、他地域での層厚の想定をボーリング掘削箇所で採用することもありうる。一方で、褶曲や断層、層厚変化など、複数の作業仮説／不確実性が含まれる情報であることを考えれば、掘削中の検討により、臨機応変な対応をする（特に掘削長が深くなる場合）想定も持っておきたい。

また、物理探査とボーリング調査との組合せも重要である。物理探査による層厚の把握が成功した事例として、近藤ほか(2014)がある。本研究では、神奈川県横須賀市の電力中央研究所敷地内で微動アレイ探査等の物理探査を実施した。その結果から、砂岩・シルト岩主体の三浦層群とその下位の泥岩主体の葉山層群の境界深度について、先行研究の地表

データから想定していた深度よりも浅所であると推定し、同地で実施したボーリング調査により、その推定が妥当であったことを示している。

(ii) 貫入岩

ボーリング調査の設計は非常に難しい。仮に、高角の貫入形態（岩脈）の場合には、一般には鉛直ボーリングで捕まえられることは稀である。必要に応じて斜孔を掘ることになるかもしれないが（図 2-2- 10(B)）、他に情報が無ければ、貫入岩を捉えられる可能性は低い。しかし、想定される貫入岩体を覆う地層の厚さに応じて、物理探査で当たりをつけた上で、ボーリング調査実施箇所を決めるといったことも考えられよう。

一方、貫入岩自体の存否の議論として、調査地域における既報の貫入岩体の層位を明らかにし、処分場を建設しようと考えている地層に貫入しうるかどうかを検討することが考えられる。また、断層等を境にして分布が途切れるなど、経験則、あるいは、地質構造による規制があるかもしれない。

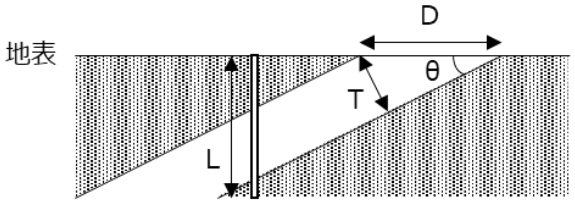
事例研究地域では、層位学的検討により、地域の中で報告されているものと同じ時代・同じ岩種の貫入岩があるかもしれないという作業仮説を持った。

(iii) 断層

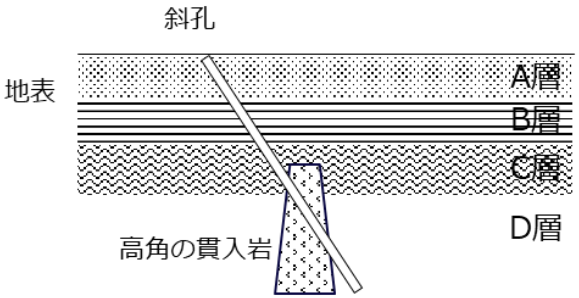
１孔のボーリングで断層を捉える場合、様々なトレードオフを考える必要がある（図 2-2- 10(C)）。断層を浅部で捉えようとするならば、相対的に、コストが抑えられる反面、調査範囲は限られ、断層の下盤から掘って断層を外す可能性が大きくなる。市街地であれば、掘削箇所を探す点でも難しかろう。一方、深部で捉えようとするならば、相対的に長尺となり、コストが大きくなるが、調査可能な範囲が広くなる。ただし、掘削が断層まで届かないという可能性を考える必要がある。なお、一方で、このような場合分けの情報を利用するのが群列ボーリング調査である。比較的狭い範囲の中で、断層の通過位置や姿勢を明らかにする。

また、断層の傾斜についても考慮する必要がある。ボーリング孔で遭遇した断層の走向・傾斜を知るための調査として、孔内孔壁の写真撮影（ボアホールスキャナー）があるが、孔壁の状態によってはこの調査ができないことがある。この場合には、断層が何と何の境界であるかの情報が一つの手がかりとなり、周辺地域の地質分布から、断層の姿勢を限定できることもある（図 2-2- 10(D)）。

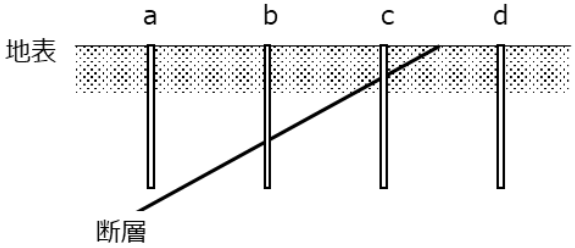
なお、これらを考える前段階として、断層の両側で想定される地質、断層の活動履歴などの情報があると参考になる。処分場を建設しようと考えている地層が断層を切っているか断層に切られているかは基本情報である。



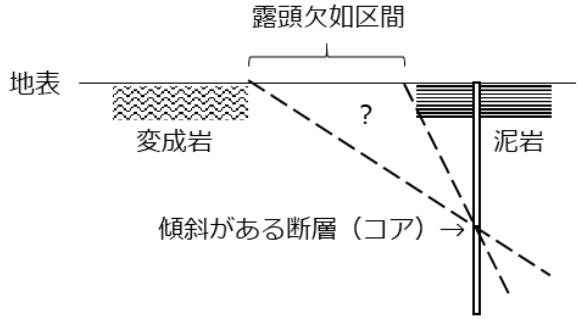
(A) 深部での地層の厚さの見積りとボーリング長（単調な同斜構造の場合）
地表で見積もられた層厚を想定。Tは地表データから想定される厚さ、見かけの水平厚さD x sin θ（地層の傾斜）などで算出。Lはボーリングの掘削長（設計例）。



(B) 斜孔ボーリングによる貫入岩の把握
他に情報が無ければ、このような設計は困難。物理探査との組合せはありうる。また、存否自体の議論として、層位学的にどの層準（時代）まで貫入しているか（図の場合にはB層以上には貫入岩がない）、地質構造による規制（経験則）があるかといった点も重要である。



(C) 鉛直ボーリングによる断層の把握（鉛直の横ずれ断層ではない場合）
a: 断層に届かない場合、b: 断層を深部で捉える場合、c: 断層を浅部で捉える場合、d: 断層を外す場合。



(D) ボーリングと地表踏査の組合せによる断層の姿勢（走向・傾斜）の推定
ボーリング調査で傾斜がある断層が見つかったとする。断層が露頭欠如区間を通過すると考えると、断層の分布が制約され（点線の間）、その姿勢を推定しうる。

図 2-2- 10 地下水流動に影響を与える地質要素の調査における留意点

(iv) 複合問題

前項までは、地質要素を個別に扱ってきたが、実際の調査では、時間、場所及びリソースの制限を受け、これらの事象の、あるいはその組合せ事象の影響評価／優先順位の検討が必要となる。情報が極めて乏しい中で、かつ、非常に限られた調査しかできないといった（調査者にとって厳しい）条件下であれば、科学的に想定しうる範囲で処分場にとって最も過酷な事象（条件）またはその複数の組合せが、確認されないことを示すための最低限のボーリング調査といった方向性を選択せざるを得ないかもしれない。これは、不確実性の低減というよりも、留意すべき不確実性・保有するリスクの「選択」というべきものである。この問題は、地質概念モデルの絞り込みと密接に関連する。

⑥ 地質環境に関わる主題図の作成に対する提言

(a) 地質分布の不確実性の表現と他の地質環境の検討へのアウトプット

これまで実施されてきた地下水流動解析のモデルは、誤解を恐れず地質の視点で大雑把に言えば、地質モデル上の地質要素を必要に応じて（計算機の能力等も考慮して）簡略化し、各地質要素に水理に関わるパラメータの代表値を与えるというものである。代表値は一意に決まることはなかなかないため、これを振って感度解析をすることが、不確実性の把握一つの手段となっている。

しかし、これはあくまで単一の地質モデルに立脚するものであるという点をここでは指摘したい。これは地質分布の不確実性を考慮していないことに等しい。つまり、１つのモデルで解析し、そこで掘削されたボーリングから得られたパラメータを使って（百歩譲って）検証できたとしても、それは解の一つである。リスク事象の一つと言っても良い。別の地質モデルが与えられれば、答えが変わる可能性があるからである。

ここで、先行研究として、柳澤ほか(2006)を紹介したい。同論文は「通常の地質環境特性のモデル化・解析対象である考慮すべき範囲の概念やパラメータなどに加え、可能性は低いが完全に否定できない範囲の概念やパラメータを取り込むことにより不確実性を定量化する方法論を構築した（中略）そして、東濃地域に存在する断層を対象にその方法論の適用性検討を行い、出力結果である地下水流動の不確実性を定量化することができたとともに、不確実性を低減するために実施すべき調査を提案することができた」（以上、要旨より）とし、研究対象地域の断層について、その存在の確からしさで３つに分類し、さらにそれらの組合せで地質モデルの不確実性を表現し、各モデルに基づいて実施した地下水流動解析結果の比較を行っている。本研究は取り上げるべき地質要素の抽出に力点を置いている点で検討の対象は異なるが、不確実性の表現の基本的考え方は通ずるものがあると思われ、同論文の主張に同意したい。

それ故、本研究では、共通基盤としての一次データのマッピングの上に成り立ちうる複数の地質概念モデル、地質モデルをアウトプットとして提示し、モデルの不確実性を表現した。さらに、複数のモデルに対し、その確実度（真の地質分布との乖離の程度）が定性

的でも議論できることが望ましい。これは、サイト選定におけるサイトの地質環境特性の評価はもとより、将来の安全評価シナリオの想定に繋がると期待する。

(b) 他の地質環境の検討からのフィードバック

④(b)の一般論・例示でも触れたが、地質モデルを基図に地下水流動モデルを作成する過程で、地質側からは、様々な地質要素（高透水性層・貫入岩・断層など）を考慮した地質概念モデル（作業仮説）をアウトプットとして提示する。しかし、繰り返しになるが、複数の作業仮説を全て地下水流動解析の担当者に渡すのは、極めて効率が悪く、解析の作業量が膨大となり、合理的ではない。したがって、モデルを絞り込む必要がある。

この絞り込みの際、地下水流動に対する重要度の具体化、どのような地質要素が地下水流動に与える影響が定性的にでもわかっていると、絞り込みで考慮するさらに有用な情報となる。つまり、アウトカムの一つとして、個々の地質要素が地下水流動等の諸解析へ与える影響を（たとえ定性的であっても）議論し、そのアウトプットをフィードバックしてくれることを期待したい。この積み重ねが、個別の件に対してのみならず、一般論としても、地質概念モデルの絞り込み、その効率化に役立つと期待される。あるいは、専門家によるテクニカルジャッジを支援する。

(c) 地質モデル構築の PDCA サイクル

本論で述べてきた内容を纏めることで、PDCA サイクルを組むことができる。その例（提案）を示す（図 2-2- 11）。これは、ここで新たに提案するというよりも、これまでのダムや発電所の基礎の地質調査における暗黙知を形式知化するものと捉えて欲しい。

(1) Plan／調査・モデル化計画の立案

調査・評価の全体方針の決定、地質環境調査計画の立案、データ取得やモデル化に関わる品質管理、現地調査・室内試験の安全管理など、他のマネジメント項目の管理計画との関連付けなどを行う。言うまでもなく、地層処分サイトの選定にあたっての考慮しなければならない重要事項（火山、断層、隆起侵食、鉱物資源など）を優先するというのも、一つの方針であり、目的に応じて優先すべき調査を選択する。

(2) Do／地質モデルの構築

④で述べてきた通り、データの収集（文献調査、現地調査、室内試験など)、地質概念モデルの構築、地質モデルの構築を行う。

(3) Check／地質モデルの評価

構築された地質モデルは、他の地質環境特性の検討に供される。例えば、本論では、主として地下水流動解析を取り上げてきた。地質モデルに基づいて、地下水流動の解析モデルが構築されるが、解析の結果、モデル化された各地質要素が地下水流動へ与える影響が評価され、その大小が明らかとなることを期待する（⑥(b)）。

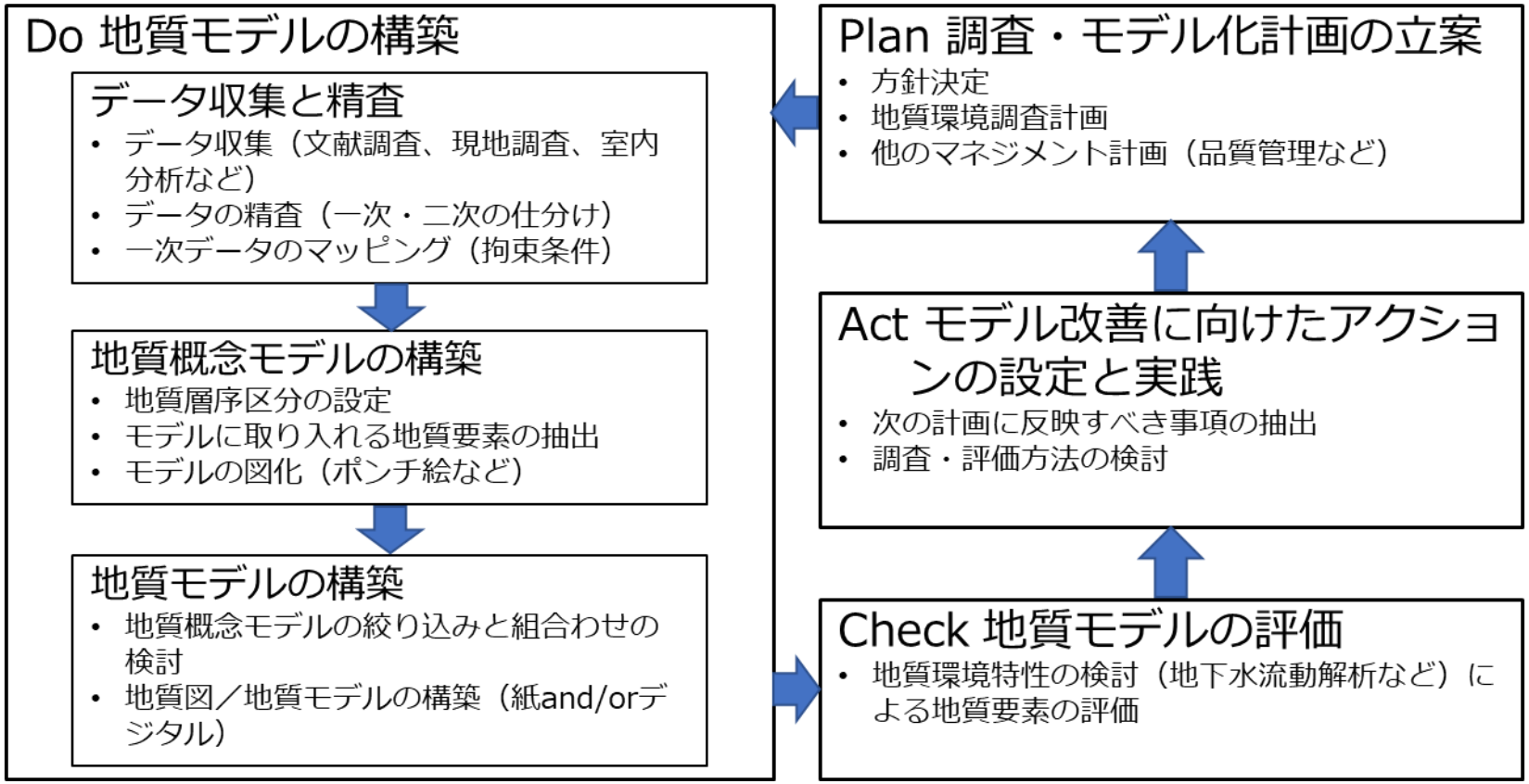


図 2-2- 11 地質モデル構築の PDCA サイクルの例

(4) Act／モデル改善に向けたアクションの設定と実践

モデルの評価の結果得られる地質環境特性へ与える影響は、次の調査に向けて調査の取捨選択や優先順位付けを行うための検討材料となる。検討の結果、次の調査計画に反映すべき事項、即ち優先的に明らかにしなければならない事項が導かれることとなる。そして、明らかにするための方法を考え抜いて、次の調査・モデル化計画（Plan）に取り入れる。

(d) リスクマネジメント

地層処分事業において、全ての自然事象の不確かさの「悪」影響（古典的リスク）を回避することはできない。リスク低減の努力はするとしても、地層処分事業の法定調査でも、一般の地質調査でしばしば遭遇するように、不確実性を前提に意思決定をしていく必要がある。つまり、利を得る（サイトを得る）ためには、何らかのリスクを取らねばならない。この考えを前提とするならば、地層処分等、重要構造物のサイト選定への公衆の理解を得るためには、リスクの存在を前提とした意思決定プロセスにおいて、リスクの所在と対応策を正しく伝えること（明確化・透明化）が重要と考える。このためには、可能な限り想定外を想定内に入れる努力が必要であり、本研究で論じた（地質学としては当たり前の行為である）複数のモデルの提示は、それに合致する行為である。

しかし、地質の不確実性を作業仮説の幅で表現するとしても、先にも述べているように、全ての作業仮説を機械的に組み合わせた膨大な数の可能性（作業仮説）を全て検討することは不可能である。公衆の理解を得るためには、重要なことから検討し、小さなリスクを保有するという議論が必要である。あるいは、地下水流動解析への情報提供に際し、検討の優先度を示すといった検討も必要となろう。そのためには、地質環境への影響の大きさとその頻度を組合せて、リスクの大きさを分析すること、リスクを比較して優先順位をつけること、即ちリスクアセスメントは避けられない。つまり、不確実性の管理という意味でもリスクマネジメントが必要ということである。

一方、上記がある時間断面でのマネジメントとすれば、その時間断面からさらに調査が進めば、新たなデータにより、作業仮説（不確実性）が絞り込まれることもあるし、逆に新たな作業仮説が生じることもある。次の調査は、新たな作業仮説群に相対することとなる。このような地質調査の繰り返しは、リスクマネジメントプロセスと捉えられる。このリスクマネジメントは、階層的に考えると、より明確になる。一つは、調査時の様々な不確実性が一次データに与える影響、つまり、データのリスクマネジメントである。ここでの一次データの不確実性の幅を小さくしうるという目的殿リスク低減策の一つが、品質マネジメントと考えられる。次に、一次データの不確からしさが地質モデル化に与える影響、つまり、モデル化のリスクマネジメントである。

では具体的にリスクマネジメントをどう実践するかという話になるが、実は、前節で例示した PCDA サイクル（図 2-2- 11）はリスクマネジメントに沿って作られている。地質

モデル構築（Do）、モデルの評価（Check）が不確実性を評価するためのリスクアセスメント、モデル改善に向けたアクションの設定と実践（Act）、調査・モデル化計画の立案（Plan）が不確実性を低減するためのリスクトリートメントプロセスという捉え方が可能である。

以上のように、地質調査全体を俯瞰し、計画・実行・評価するには、不確実性の影響への対処方法としてのリスクマネジメントの適用が有効であると考える。つまり、地質環境調査のプロジェクトリーダーは、リスクマネージャーでもある必要がある。地質リスク学会は、地質に起因する事業への影響を地質リスクと定義し、事業コストを指標とした「地質リスクマネジメント」の体系化を図っている（地質リスク学会・全国地質調査業協会連合会共編, 2010 など）。このアクションは、本研究とは必ずしも同じ目的ではないが、地質学における不確実性への対処にリスクマネジメントを適用する好事例として非常に参考になり、本研究の主張を裏付けてくれるものであると考える。

⑦ 終わりに

地層処分場のサイト選定や建設に関わる地質調査・評価の対象深度は、人間が構造物を作る深度としては、最も深い部類である。当然のことながら、深いほど調査の主体となるであろうボーリング調査のコストがかさむ。さらに、沿岸であっても海域が調査対象となれば、さらに調査コストがかさむことがある。仮に、潤沢な予算でボーリング調査を実施できたとしても、その分、ボーリング掘削が処分場を設置しようとする地層・岩体を痛めてしまうという相反関係にも留意しなければならない。

したがって、文献調査や概要調査では、大きな地質・地質構造の不確実性を前提とした意思決定は避けられない。それ故、地質の不確実性を把握するためには、地質のモデル化の手順を丁寧に追い、その過程で生まれる作業仮説、多くの想定を持つことが重要である。これが本研究のメインメッセージである。このため、現在考えうる地質モデル構築の考え方を示し、事例検討地域のモデル化のプロセスを例示した。

これに続く本研究で得られた成果、本研究からの主なサブメッセージを箇条書きすると、以下の通りである。

(a) モデルの構築手順を、データの収集と精査、地質概念モデルの作成、地質モデルの構築の３段階に分けて整理した。併せて、静岡県の富士川河口付近を事例研究地域として、モデル構築の例示を行った。さらに、このプロセスを PDCA サイクルで表現した。

(b) 地質の不確実性を低減する主な方策としてのボーリング調査について、ボーリング掘削箇所が限定されることを想定して、ボーリング掘削箇所の選定を中心に考え方を整理し、調査の留意点を示した。

(c) モデル構築のプロセスの中に作業仮説の確実度の分類を組み込み、不確実性の管理、モデルの絞り込みという意味合いでのリスクマネジメントを導入することを提案した。

このようにして構築した地質モデルに基づき、地下水流動や他の地質環境特性（最終的には安全評価）にどのような影響を与えうるか。これを予想できれば、地質調査計画の立案（調査の取捨選択、優先順位）や調査結果の評価に貢献しうる。このキャッチボールが、地質・地質構造のモデル化と、他の地質環境調査・評価との連携の本質であり、今後、地盤や地下水の地質環境特性の専門家との議論を重ねていきたい。

一方で、本研究で扱ったモデルは、現在の時間断面に限っている。地層処分事業では、長期的な場の変遷を議論する必要があるが、どのような地域であっても、地殻変動・地形変化は継続的・断続的に生じており、長期予測にはその予測が求められる。したがって、ある時間断面での地質モデルだけでなく、変動を取り入れたモデルの検討が必要である。狩野・村田(1998)の言葉をお借りすれば、「地質構造の幾何学から運動学へ」ということになる。この点については今後の課題とさせて頂きたい。

本節（2.2）の（3）①で述べたように、本研究は、文献調査に基づくモデル化でも現地調査に基づくモデル化でも、陸域・陸域を限定しない基本的なモデル化の考え方とそれに関わる提言を述べた。つまり、陸域と海域では選択すべき地質調査法は異なるが、モデル化の基本的な考え方は変わらない。沿岸部特有の海水準変動が地下水流動に与える影響といった検討をする上でも、本研究は、おそらくは考えうる複数の状態設定を与えることに貢献する。そして、PDCA プロセスの提案の中で述べたが、考えうる多様な地質モデルに対して地下水流動解析を繰り返し比較することで、地質モデルの絞込が進むことも期待したい。つまり、本研究は、沿岸部研究の基礎もなしうるものであり、今後の沿岸部の地質環境の解析的研究に貢献できれば幸いである。

（4） 地下水流動・物質移行解析

① 地下水流動の概念モデル

一昨年度、ボーリング調査が実施されている駿河湾周辺を対象とし、地質モデルを作成した（産業技術総合研究所ほか, 2019）。地形、地質、地球物理、地下水理、水文、気象、地下水水質及び地化学などの情報は、対象地域の地下水流動を理解する上で重要である。これらを取り扱っている文献・資料を参考に、地下水概念モデルを構築した。

構築した概念モデルを図 2-2- 12 に示す。富士山は中新統の基盤上に形成された火山で、透水性が良い新富士火山噴出物の下に、難透水性の古富士火山泥流が大規模な面的広がりをもって分布する。地下水は古富士火山の上を斜面下方へと流れ、山麓下部で一部が湧水として湧出する（安原ほか, 2007）。白糸の滝はこのような新富士火山噴出物と古富士泥流の境界部に形成された湧水の代表である。また、新富士火山噴出物では溶岩流（厚さ数 m - 60 m 程度）や火山灰層などが何重にも重なった中を地下水が流れており、南西麓の湧玉池や南東麓の柿田川湧水はその例とされる。

山麓の標高 800 m 以下は湧水に富んだ豊水域（山本, 1971）であるのに対し、高標高部は無水域（標高 2,000 m 以上）や乏水域（標高 800 m～2,000 m）と呼ばれる涵養域の役目を果たす。無水域や乏水域でも、粘土化した火山灰や溶岩緻密部が局所的な難透水層となって小規模な湧水が形成される。

この地域では、主に水圧、^{3}H、水同位体（δD と $\delta^{18}O$）の調査結果が多い。水文環境図 No.9「富士山」（小野ほか, 2016）では、富士山西麓から沿岸部にかけての地下水位分布が示されており、大局的には地形に調和的な分布であることから、地形勾配に従った地下水流動であると想定されている。^{3}H などの調査結果から、新富士火山噴出物では滞留時間は 30 年以内、古富士火山噴出物では 60 年以上と考えられている（戸崎・浅井, 2017）。また、広域的な地下水流動は水同位体によって特徴づけられており、高標高で涵養した同位体比の軽い地下水が低標高で流出していることが報告されている。

一昨年度の降水量の文献調査によると、富士山体は降水量が多く、3,000 mm/y を超えるところもあり、平均的には 2,500 mm/y であると推定された（産業技術総合研究所ほか, 2019）。これらの情報から、解析モデルで設定する降雨涵養量は、2,000 mm/y と仮定した。

研究対象地域は、地下水利用が活発であるため、地下水が豊富な浅層での調査結果は非常に多いが、深部での調査結果は極端に少なかった。

図 2-2- 13 に示すように、産業技術総合研究では、富士川の右岸と左岸でボーリング調査を実施している（産業技術総合研究所, 2015; 産業技術総合研究所, 2016）。右岸地区のボーリング（以下、SKB）の調査深度は 300 m、左岸地区のボーリング（以下、FGB）の調査深度は 160 m である。SKB 孔では、深度 352.1 m まで富士川扇状地砂礫層の分布が確認されている。深度 0～57 m を塩淡境界（浅層）、57～125 m を淡水ゾーン、120 m 以

深を塩淡境界（深部）と考えられている（図 2-2- 14）。143 m 付近、154 m 付近では、$\delta^{18}O$ が-11 ‰前後であり（産業技術総合研究所, 2016）、白糸の滝（-8.5‰）や湧玉池（-8.5 ‰）より軽い値となるため、これらよりも高標高で涵養した地下水と考えられている。これら調査結果より、ボーリング調査領域の沿岸部地下水流動として図 2-2- 15 に示す概念モデルが想定されている。より深い海底において塩水が陸域に向かって流動し、塩淡境界向かって上昇し、その後、塩淡境界に沿って海側に向かって流出していることが推察されている。

ボーリング調査領域の浅部の地下水は非常に流れが速く、^{3}H が検出される数十年オーダーの滞留時間である。一方、深部では、^{14}C 濃度の減衰が確認できる数千オーダーの滞留時間である。さらに、海水域での ^{14}C 濃度は、深度とともに増加する傾向にあり、深部で流入した地下水が塩淡境界付近で混合し、海に流出していると考えられている。

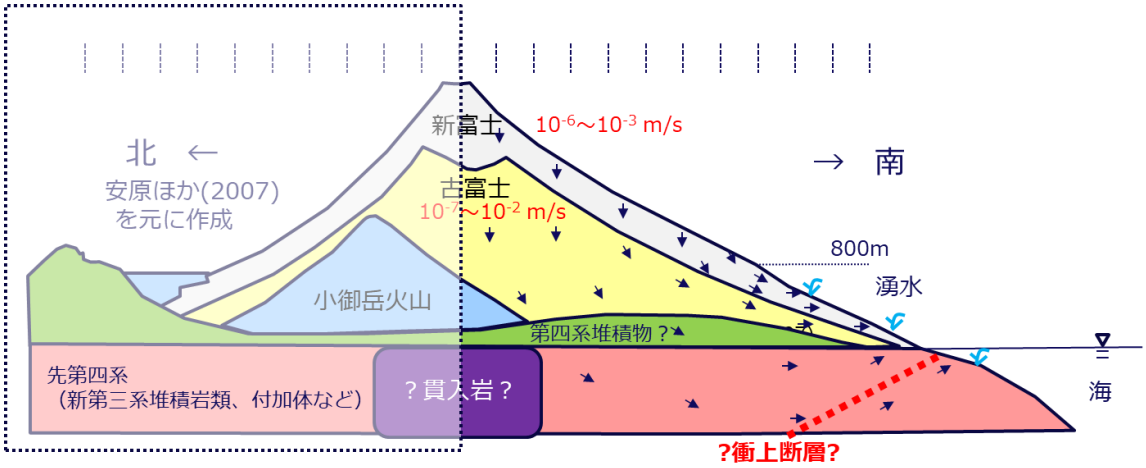


図 2-2- 12 研究対象地域の地下水流動の概念図

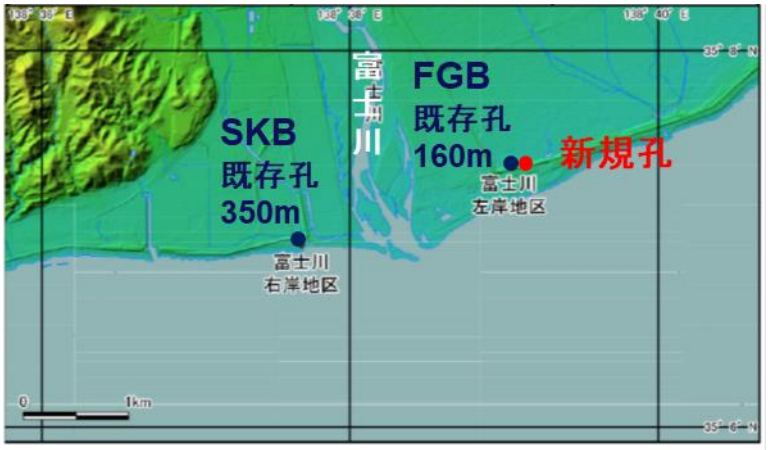


図 2-2- 13 ボーリング調査位置図　（産業総合研究所，2016）

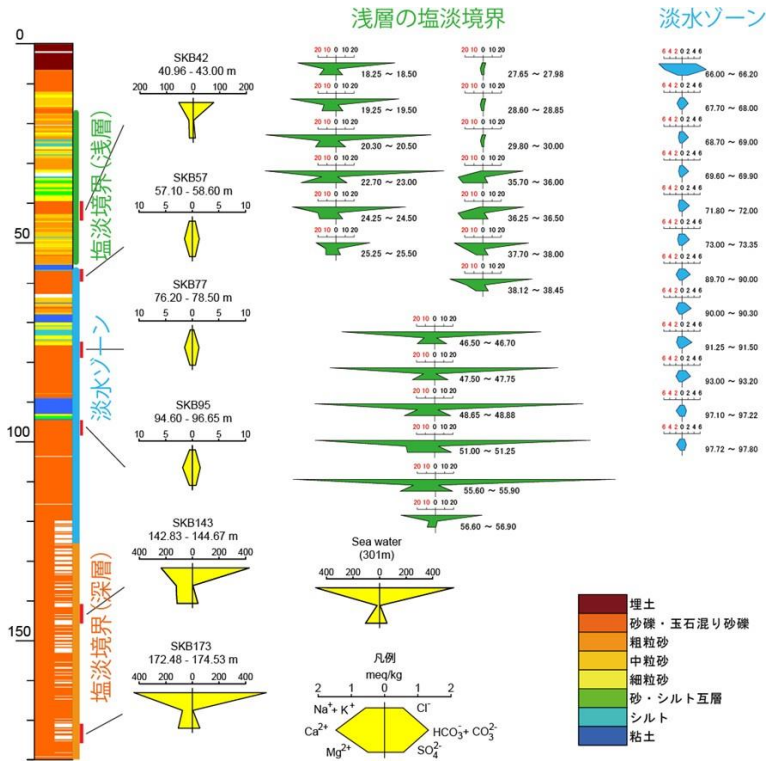


図 2-2- 14 SKB 孔の柱状図および揚水地下水（黄色）と間隙水（緑色・水色）の水質（産業総合研究所，2016）

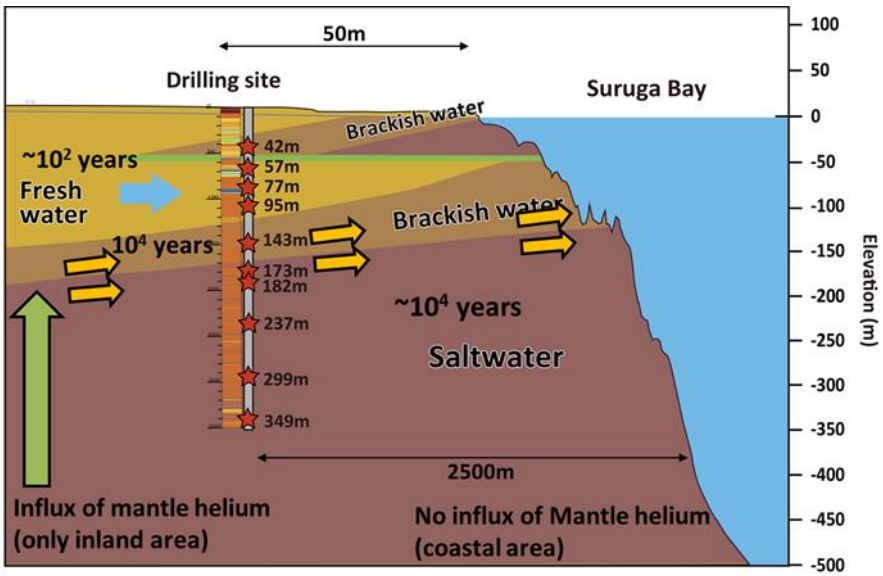


図 2-2- 15 沿岸部での地下水流動の概念図（Machida et al., 2016）

地層の水理特性については、一昨年度の結果に基づくと表 2-2- 4　地質の水理特性のように整理される。この表は、動力炉・核燃料開発事業団（1996）、富士川河口近傍での産業技術総合研究所のボーリング調査結果（産業技術総合研究所, 2015; 産業技術総合研究所, 2016）と、山本(1971)、村本・岸(1967)を合わせて整理したものである。第四紀の更新世火山噴出物（古富士火山噴出物）と新第三紀の富士川層群については、透水係数のバラつきが大きく、透水係数の平均値がどの程度であるか不明である。

酸素同位体比の調査結果は、水文環境図 No.9「富士山」（小野ほか, 2016）に整理されている（図 2-2- 16）。本件における研究対象領域である富士山の南麓～西麓において、低標高で取得された酸素同位体比の値は、高標高の酸素同位体比の値よりも低い。このことを踏まえると、高標高で涵養した地下水が地下深部を流動し、沿岸域で流出するような流動系であると想定される。

表 2-2- 4 地質の水理特性

地質区分			透水係数 [m/s]	間隙率	備考
第四紀	沖積層	砂礫	10^{-5}～10^{-4}	30%	
		シルト	10^{-6}	30%	
	完新世火山噴出物	新富士火山噴出物	10^{-6}～10^{-3}	溶岩緻密部：5% 溶岩多孔質部：20% その他：10～20%	溶岩部は特に大きい透水係数 間隙率は，関根ほか（1996）の溶結凝灰岩を参考
	更新世火山噴出物	古富士火山噴出物	10^{-7}～10^{-2}	溶岩緻密部：5% 溶岩多孔質部：20% その他：10～20%	溶岩部は特に大きい透水係数 間隙率は，関根ほか（1996）の溶結凝灰岩を参考
新第三紀	鮮新統～上部中新統	富士川層群（砂岩・シルト岩・礫岩互層）	10^{-10}～10^{-5}	30%	
	下～中部中新統	大井川層群（風化泥岩）	10^{-9}	30%	
古第三紀	古第三系	瀬戸層群（頁岩，一部砂岩）	10^{-9}～10^{-8}	1%	間隙率は，関根ほか（1996）の頁岩を参考
閃緑岩			10^{-8}～10^{-5}	1%	間隙率は，関根ほか（1996）の閃緑岩を参考
断層		断層平行方向	周辺岩盤の透水係数より 1～2 オーダー大と仮定	50%	仮定
		断層直交方向	周辺岩盤の透水係数より 1～2 オーダー小と仮定		

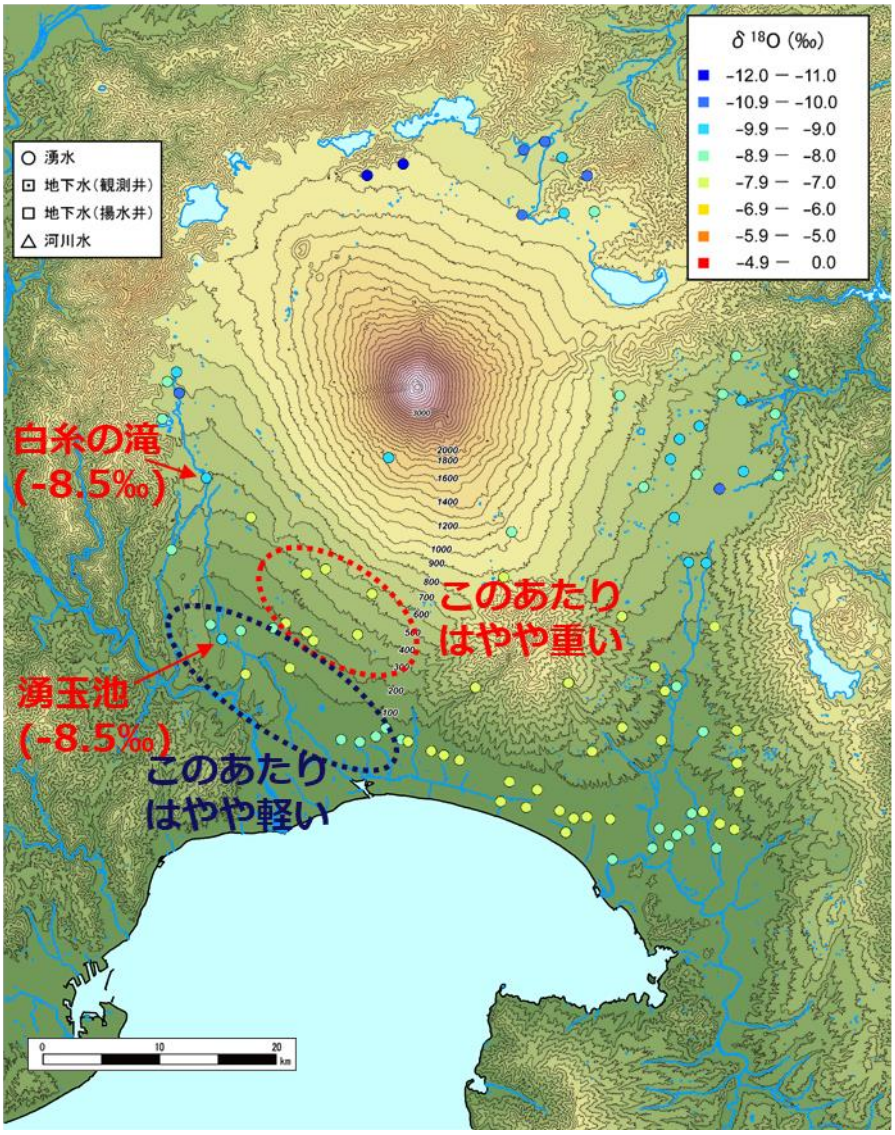


図 2-2- 16 富士山周辺での酸素同位体比の分布
水文環境図 No.9 「富士山」（小野ほか、2016）に加筆

② 最適化手法の概要

地下水モデルを予測および評価に使用するには、地下水モデル構築後、観測値と計算値が整合するように地下水モデル内のパラメータを校正する必要がある。ここでは、観測値に計算値がマッチングするように、モデル内のパラメータを定量的に推定する。パラメータの推定には、PEST（Doherty, 2015）と呼ばれる逆解析ソフトウェアを使用した。
PEST において、以下に示す重み付き残差二乗和を目的関数とし、この目的関数を最小化することで推定対象のパラメータ値を算出する。以下では、*n* 個の観測値を対象に *m* 個のパラメータを推定することとして説明する。

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \left\{ w_i \left(y_i - y'_i \right) \right\}^2 \tag{2-2-1}$$

ここに、w_i は *i* 番目の観測値の重み、y_i は *i* 番目の観測値、y'_i は *i* 番目の計算値を示す。目的関数を最小化する過程は、Gauss-Marquardt-Levenberg 法（以下、GML 法）と呼ばれる方法で実施される。GML 法では、修正反復が *r* 回目のパラメータの修正量は以下の式で計算される。

$$\Delta \mathbf{p}_r = \left(\mathbf{X}_r{}^t \mathbf{Q} \mathbf{X}_r + \lambda \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{X}_r{}^t \mathbf{Q} \left(y - y' \left(\mathbf{b}_r \right) \right) \tag{2-2-2}$$

ここに、**X** は感度マトリックス、は **Q** 重み行列、**I** は単位行列、*y* は観測値、$y'(\mathbf{b}_r)$はパラメータ $\mathbf{b}_r$ の時の計算値を示す。また、λ はマルカートラムダと呼ばれ、パラメータの修正方向の調整に用いられる。マルカートラムダが非常に大きい場合、目的関数が減少する勾配方向にパラメータを修正する。また、感度マトリックスは以下の式で表す。

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \frac{\partial y'_1}{\partial b_1} & \frac{\partial y'_1}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial y'_1}{\partial b_m} \\ \frac{\partial y'_2}{\partial b_1} & \frac{\partial y'_2}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial y'_2}{\partial b_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial y'_n}{\partial b_1} & \frac{\partial y'_n}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial y'_n}{\partial b_m} \end{bmatrix} \tag{2-2-3}$$

パラメータの推定値ベクトルが **b** の時、パラメータ誤差の共分散行列 $C(\mathbf{b})$は以下の式で示される。なお、共分散行列 $C(\mathbf{b})$の対角項はパラメータ誤差の分散を示す。

$$C\left(\mathbf{b}\right) = \sigma_r^2 \left(\mathbf{X}^t \mathbf{Q} \mathbf{X} \right)^{-1} \tag{2-2-4}$$

ここに、σ_r^2 は参照重み（reference variance）と呼ばれ、以下の式で表される。

$$\sigma_r^2 = \frac{\Phi\left(\mathbf{b}\right)}{n-m} \tag{2-2-5}$$

なお、$\Phi(\mathbf{b})$はパラメータの推定値ベクトル $\mathbf{b}$ を使用して、計算される目的関数を示す。式（2-2-6）の共分散行列の対角項はパラメータ推定値の分散を示す。パラメータ推定値の分散の平方根は、パラメータ推定値の標準偏差であり、パラメータ推定値と同じ単位を持つ。パラメータ推定値の標準偏差は、パラメータの不確実性の尺度として解釈できる（Hill and Tiedeman, 2007）。ここでは、パラメータ推定値の標準偏差を推定誤差と呼ぶこととする。

また、ヤコビアンを使用して合成観測値感度も計算することができる。合成観測値感度は、ある観測値に関するモデル出力（計算値）の感度を示す指標である。つまり、ある観測値がパラメータの推定に寄与できるかどうか判断する一つの材料として利用できる。合成観測値感度は、以下の式から計算することができる（Doherty, 2015）。

$$cso_i = \frac{\left[\mathbf{Q}^{1/2}\mathbf{X}\mathbf{X}^{t}\mathbf{Q}^{1/2}\right]_{ii}^{1/2}}{m} \qquad (2\text{-}2\text{-}7)$$

ある観測値の合成観測値感度が小さい場合、その観測値に対応する計算値は、どのパラメータにも感度がないことを示す。その結果、その観測値はどのパラメータの推定についても寄与が小さいと判断できる。

図 2-2- 17 にパラメータを推定する過程の概要を示す。まず、推定したいパラメータの初期値を設定し、そのパラメータ値を使用して解析モデルで計算値を得る。次に、計算値と観測値から目的関数を計算する。目的関数が収束条件を満たさない場合、GML 法でパラメータの修正を行う。修正されたパラメータを解析モデルの入力パラメータとし、上記の過程を収束条件が満たすまで反復する。収束条件を満たしたときのパラメータを推定結果として得る。

なお、PEST では、特異値分解や正則化、不確実性解析などを適用することができる。詳細は、マニュアル（Watermark Numerical Computing, 2021）や文献（Doherty, 2015）を参考にされたい。

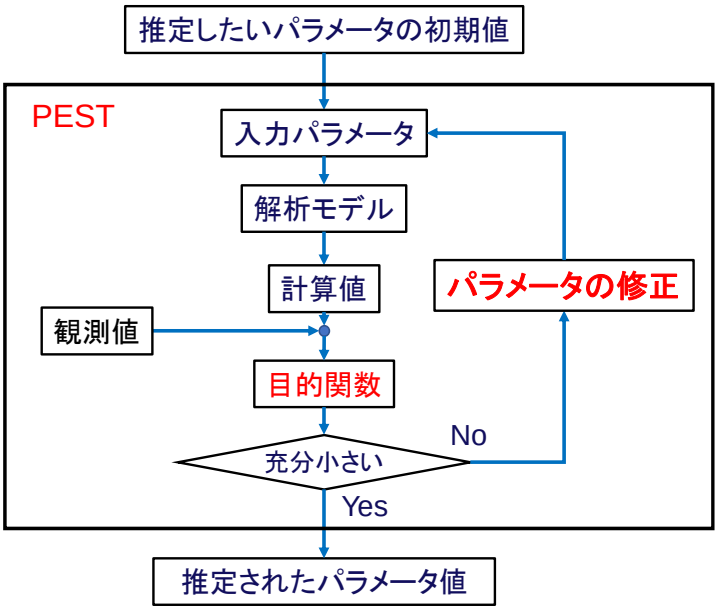


図 2-2- 17 パラメータの推定過程

③ 文献調査データの見直しとその結果を利用した解析

(a) 文献調査データの見直し

大深度ボーリング調査が計画されている駿河湾の富士川河口付近を対象に、地下水モデルを構築した。水位・水圧の観測値は、「全国地下水資料台帳」（国土交通省）、「水文地質図 No.9 富士山」（小野ほか, 2016）に基づいて収集した（産業技術研究所ほか, 2019）。昨年度までに、これらの観測値と解析による計算結果が合うように地層の透水係数を推定したが、現実的な推定結果は得られなかった。そこで、今年度は、地下水位の文献値を再収集することを目的に、ボーリング柱状図に記載の孔内水位を対象に文献調査を行った。

国土地盤情報検索サイト Kunijiban（国土交通省）および静岡県地質情報システム（静岡県）の 2 つの公開情報を用いて収集した。国土地盤情報検索サイト Kunijiban は国土交通省の道路・河川・港湾事業などの地質・土質調査成果が公開されている。本研究では、1968~2020 年のデータを収集した。静岡県地質情報システムは静岡県（一部、市町）が実施した地質調査成果が公開されている。本研究では、2008 - 2020 年のデータを収集した。

それぞれのサイトから富士山周辺の対象領域におけるボーリング柱状図を抽出し、緯度、経度、孔口標高、孔内水位、測定日を整理した。そのうえで、孔口標高と孔内水位を用いて水位標高を算出した。なお、孔口標高が未記載のものや孔口標高の基準が不明確であるものは、ここでのデータ収集からは除外した。ボーリング柱状図に複数日の水位情報の記載がある場合は、日付が最も古いものを採用した。日付が最も古いすなわち、ボーリング掘削において初めに確認した水位は、無水掘削により自然水位を確認していると考えられるためである。同日に複数の水位情報がある場合は、自然水位を判断できないことから、ここでのデータ収集からは除外した。その結果、189 点の水位情報を収集することが出来た。これらの水位情報に加えて、湧水地点の標高も地下水位とした。

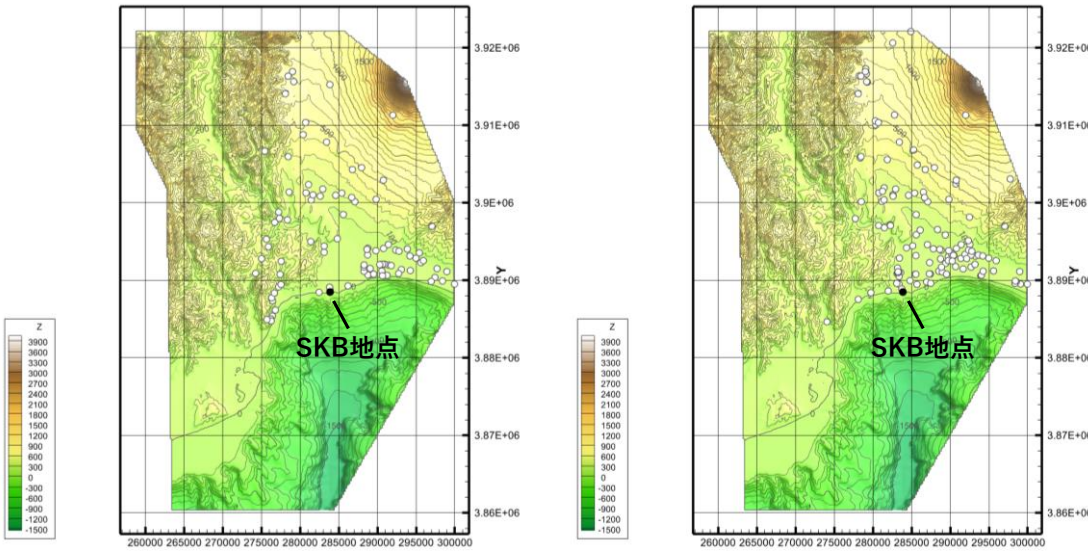
ボーリング柱状図の水位情報を使用する上では、多くの観測点における水位情報を収集することができる。一方で、無水掘削で地下水位が観測できたものに限られるため、浅層部の自由地下水の水位のみしか得られない。また、ボーリング掘削時に得られる情報であることから、地下水位の取得時期はまばらになることが多い。そのため、長期的な地下水位の変動を考慮できないことに留意する必要がある。

狭い領域内で密集して複数の観測値が存在するとき、解析モデルの空間分解能（メッシュの大きさ）によって、各々の観測値を計算値は表現できない。また、複数の観測値が密集している領域に、感度や目的関数へ影響する度合いが集中してしまうことがある。そのため、解析モデルの観測値として使用する上では、収集した観測値を間引いて使用することとした。ここでは、以下の方法に従って観測値を間引いた。

- 文献値が存在する範囲を 500 m 間隔の領域で区分する
- 一つの区分内に、一つの観測値がある場合は、その観測値を採用する

・　一つの区分内に、複数の観測値がある場合は、地下水位が地表標高に最も近いものを観測値として代表させる。（ボーリング柱状図から得られた地下水位は、内陸に比べ沿岸域で多く、沿岸域の観測値は密集して分布した。駿河湾の沿岸域は地下水の流出域であると考えられるため、地表標高に近い観測値で代表させた。）
・　観測値の地下水位が海水準以下であれば間引く
・　間引いた後の観測値同士の距離が、解析モデルのメッシュサイズ（200 m）以下の距離にならないように調整を行った。

上記の間引きをおこなった結果、解析モデルで使用する地下水位（以下、全水頭）の観測値数は 94 点となった。また、酸素同位体比（以下、$\delta^{18}O$）の観測値は、昨年度と同様で、「水文地質図 No.9 富士山」（小野ほか, 2016）から取得した 129 点を使用した。図 2-2- 18 に観測値の位置を示す。図 2-2- 18(a)は全水頭の観測値で、図 2-2- 18(b)は $\delta^{18}O$ の観測値を示す。白点が観測値を示す。参考として、ボーリング孔 SKB の地点を黒点で示す。



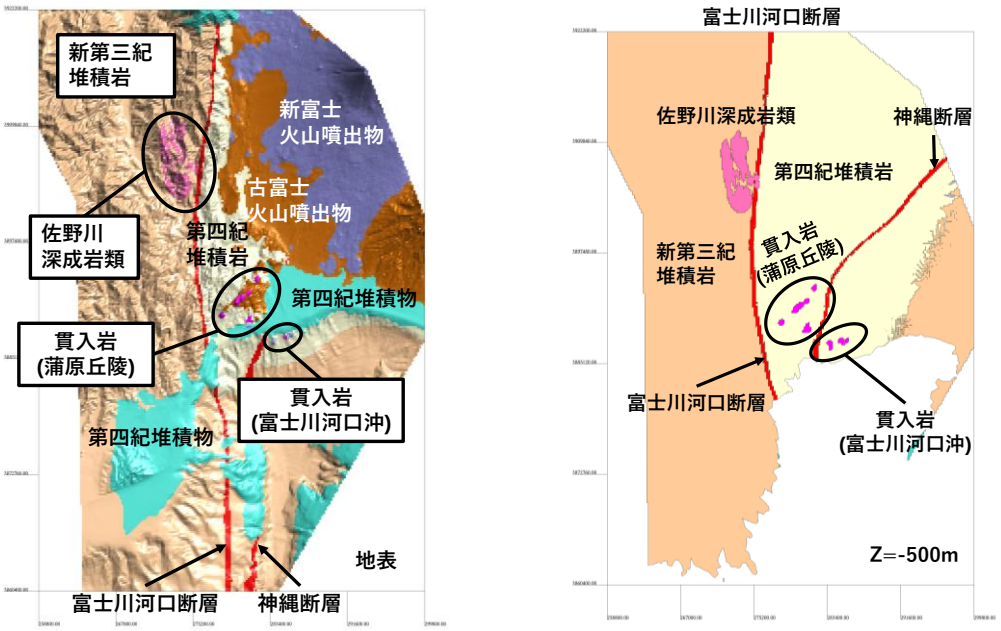
(a) 全水頭　　(b) $\delta^{18}O$

図 2-2- 18 観測値の位置

(b) 文献の再調査結果を反映した感度解析

昨年度は、地下水流動に対する影響の観点から、富士川河口付近、蒲原丘陵周辺の貫入岩、ならびに新第三系堆積岩の下限深度に着目して、地質モデルが新たに再構築された（産業技術総合研究所ほか, 2020）。これら異なる作業仮説（不確実性）に基づく、地質モデルが地下水流動・物質移行解析に及ぼす影響を検討する。ここでは、地質の構成要素が地下水流動解析に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、地質の透水係数について感度解析を実施した。

感度解析の対象とした地質区分を図 2-2- 19 に示す。また、解析モデルの断面図を図 2-2- 20 に示す。それぞれの地層の基本透水係数を表 2-2- 5 に示すように設定した。地層の透水係数は、表 2-2- 4 や ^{3}H の滞留時間などを基に仮定した。また、深部の地質区分の透水係数については、浅部の透水性より低いことを仮定して値を設定した。貫入岩は高透水性を仮定した。表 2-2- 5 中に示す基本透水係数を基準とし、各地質区分の透水係数を 1/100 倍、1/10 倍、10 倍、100 倍と順次変更して感度解析を実施した。なお、変更した地質区分以外の透水係数は基本透水係数のままである。感度を計算するための観測値は、再収集した全水頭と $\delta^{18}O$ である。観測値と計算値の残差二乗和を感度とした。



(a) 地表　　(b) 標高-500 m

図 2-2- 19 感度解析の対象とした地質区分

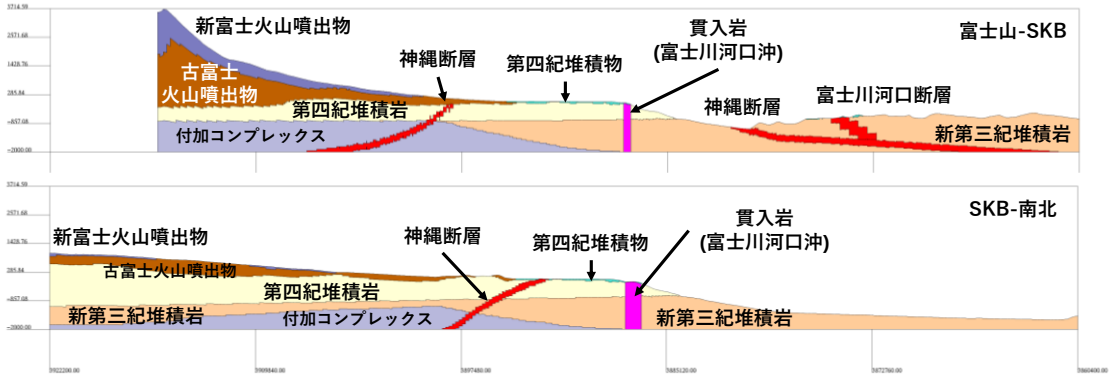


図 2-2- 20 解析モデルの断面図

表 2-2- 5 感度解析の対象地層と基本透水係数

	地質区分	記号	基本透水係数 [m/s]
①	第四紀堆積物	hs	4.0×10^{-6}
②	新富士火山噴出物	qvn	4.0×10^{-5}
③	古富士火山噴出物	qvo	1.0×10^{-5}
④	第四紀堆積岩	qs	1.0×10^{-6}
⑤	新第三紀堆積岩	ns	1.0×10^{-7}
⑥	付加コンプレックス	ncom	1.0×10^{-9}
⑦	富士川河口断層	flt	1.0×10^{-9}
⑧	神縄断層	klt	1.0×10^{-9}
⑨	貫入岩（蒲原丘陵）	q-int-kan	5.0×10^{-6}
⑩	貫入岩（富士川河口沖）	q-int-sea	5.0×10^{-6}
⑪	佐野川深成岩類	n-int-sano	5.0×10^{-6}

地下水流動および物質移行解析の解析条件を表 2-2- 6 に示す。ここでは、海水と淡水の密度流を考慮した地下水流動・物質移行解析を実施した。解析項目は、全水頭、塩分及び $\delta^{18}O$ とした。さらに、これらの項目に加えて、透水係数を変化させたときの滞留時間の変化を比較することを目的に、滞留時間の解析も実施した。解析には、HydroGeoSphere（Aquanty, 2015）を使用した。解析は準定常状態に達するまで実施した。間隙率は 20 % とし、縦分散長は 500 m、横分散長は 50 m として、物質移行解析を実施した。

地下水流動解析において、陸域の地表面は降雨境界条件とした。降雨量は前述の通り、2,000 mm/y を仮定した。圧力水頭が 0 以上なら、地表へ流出することで浸出面境界を表現した。

物質移行解析における塩分では、他の物質移行解析と同様で、流入出を考慮した流量可変型の境界条件とした。陸域の地表面でモデル内へ流入する場合、塩分は 0 に固定した。一方、海底面でモデル内へ流入する場合、塩分は 1 に固定した。これにより、実際のフィールドで発生する地下水・海水の質量収支を再現できると考えられる。

物質移行解析における $\delta^{18}O$ では、高度効果による影響で、標高に応じた $\delta^{18}O$ を持つ降水が涵養し、その $\delta^{18}O$ を持つ地下水が移流分散で輸送されることを仮定した。$\delta^{18}O$ の高度効果の関数は、富士山で取得された観測値から計算されたものを使用した（安原ほか、2007）。解析では、上記の高度効果を踏まえて、地表には流量依存型の境界条件とした。流量依存型の境界条件では、地表からモデル内へ流入する場合は濃度固定境界とし、地表からモデル外へ流出する場合は内部濃度に依存した境界とする。

滞留時間の計算では、単位発生速度で生成される物質を仮定して、水理的滞留時間を計算する方法（Goode, 1992）を適用した。この方法では、モデル内にて単位発生速度で生

成される物質について物質移行解析を行う。計算結果である濃度について、設定した単位発生速度で除すことで水理的滞留時間を求めることができる。

表 2-2- 6 地下水流動・物質移行の解析条件

項目	陸域地表面	海底面	側面・底面	特記事項
地下水	降雨境界条件	静水圧 （塩水密度考慮）	不透水境界	塩水密度 $\rho = 1 + 0.025C$ C は海水密度
塩分	$Q \geq 0 : C = 0$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$	$Q \geq 0 : C = 1$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$	濃度勾配 0	
$\delta^{18}O$	$Q \geq 0$: $C = 2.22 \times 10^{-3} \times \mathrm{Ele} + 5.18$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$ Ele：標高(m)	$Q \geq 0 : C = 0$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$	濃度勾配 0	$\delta^{18}O$ の高度効果は安原ほか(2007)を参照
滞留時間	$Q \geq 0 : C = 1$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$		濃度勾配 0	単位発生速度 $M = 1 \times 10^{-4}$ g/y $\mathrm{Age} = C / M$

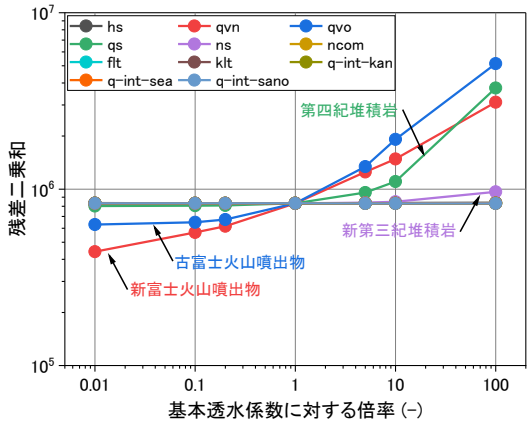
各地質区分を対象にした感度解析結果を図 2-2- 21 に示す。図 2-2- 21(a)は観測値に全水頭を使用した感度結果で、図 2-2- 21(b)は観測値に $\delta^{18}O$ を使用した感度解析結果を示す。横軸に基本透水係数に対する倍率、縦軸に観測値と計算値の残差二乗和を示す。残差二乗和が低下すれば、そこで透水係数に感度があることを示し、観測値に計算値が近づくことを意味する。さらに、残差二乗和が下に凸であるグラフが得られれば、その極値周辺の透水係数は観測値と計算値が最も小さくなる最適値となる可能性がある。ただし、ここでの感度解析は、地質区分の透水係数を順次変更して実施した。そのため、ここで得られた最適値は、逆解析のように、複数の地質区分の透水係数を同時に最適化するときに得られる最適値とは異なることもある。

図 2-2- 21(a)の全水頭の感度解析の結果では、残差二乗和は下に凸にならなかった。つまり、透水係数を変化させた範囲には明瞭な感度は得られなかったことを示す。一方で、新富士火山噴出物や古富士火山噴出物では、透水係数が小さくなると残差二乗和が低下した。これら地質区分について、基本透水係数よりも小さい透水係数のときに、計算値は観測値に近づくことを示す。この結果は、観測値と計算値を整合させるために、富士山体の透水係数を基本透水係数より小さくし、富士山体の全水頭（地下水面）を上昇させる必要があることを示唆する。

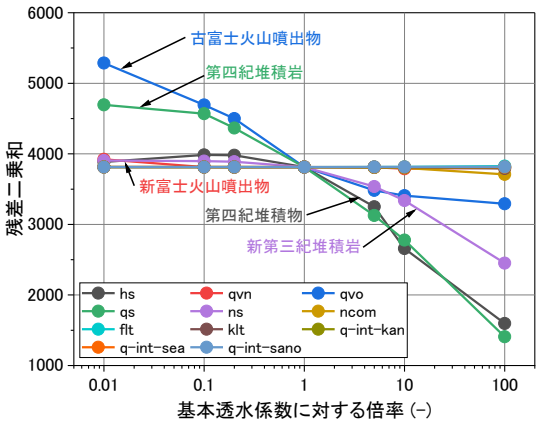
第四紀堆積物、断層、付加コンプレックス及び貫入岩においては、残差二乗和はほとんど変化せず、感度がなかった。第四紀堆積物は、低地部分に薄く分布している。そのため、第四紀堆積物が分布する範囲は流出域となっており、地下水位は地表面付近に存在する。さらに、高標高の富士山から地下水が供給される。このため、透水係数を変えても地下水位は変動しにくい状態にあり、感度がなかったと推測できる。断層、貫入岩については、局所的な構造であり、周辺に全水頭の観測値がないため、感度が出なかったものと考えられる。付加コンプレックスについては、深部に存在しており、基準となる透水係数も小さいため、透水係数が変化しても、浅部の観測点には影響がなかったと考えられる。そのため、これらの地質構造については、残差二乗和はほとんど変化がせず、感度がなかったと推測される。

図 2-2- 21(b)の $\delta^{18}O$ の感度解析の結果では、全水頭のときと同様に、残差二乗和は下に凸にならなかった。ただし、透水係数を変えたときの残差二乗和の変化の仕方は、全水頭とは異なる傾向を示した。第四紀堆積物、古富士火山噴出物、第四紀堆積岩、新第三紀堆積岩は透水係数が大きくなると残差二乗和が低下した。全水頭に比べ、比較的深い深度に分布する地層で感度が得られた。これは、高標高で涵養した $\delta^{18}O$ が深いところを経由して輸送されている可能性を示唆しており、これらの地層の透水係数が $\delta^{18}O$ の解析結果に影響を与えていると考えられる。

ただし、断層、貫入岩、付加コンプレックスについては、残差二乗和はほとんど変化せず、感度がなかった。これは、全水頭のときと同様の理由で、これらの周辺に $\delta^{18}O$ の観測値が存在しない、あるいは、深部で地表付近のデータに影響を与えないことが理由であると考えられる。



(a) 全水頭



(b) $\delta^{18}O$

図 2-2- 21 感度解析結果

残差二乗和が小さくなった感度解析結果について、SKB 地点の鉛直プロファイルを出力した。出力項目は、全水頭、塩分、$\delta^{18}O$、滞留時間である。その結果を図 2-2- 22 に示す。どの項目においても、浅部の結果（第四紀堆積物）は基本透水係数の結果と概ね同じ傾向である。一方、深部の結果（第四紀堆積岩以深）は、基本透水係数の結果とは傾向が異なるものが多い。特に、$\delta^{18}O$ や滞留時間における深部の結果は、基本透水係数の結果と違いが顕著である。これは、深部の地層の透水係数を推定する上で、掘削深度が深いボーリングによる調査が必要であることを示す。さらに、水圧や塩分だけでなく、$\delta^{18}O$ や滞留時間（地下水年代測定）などの調査も有効だと考えられる。

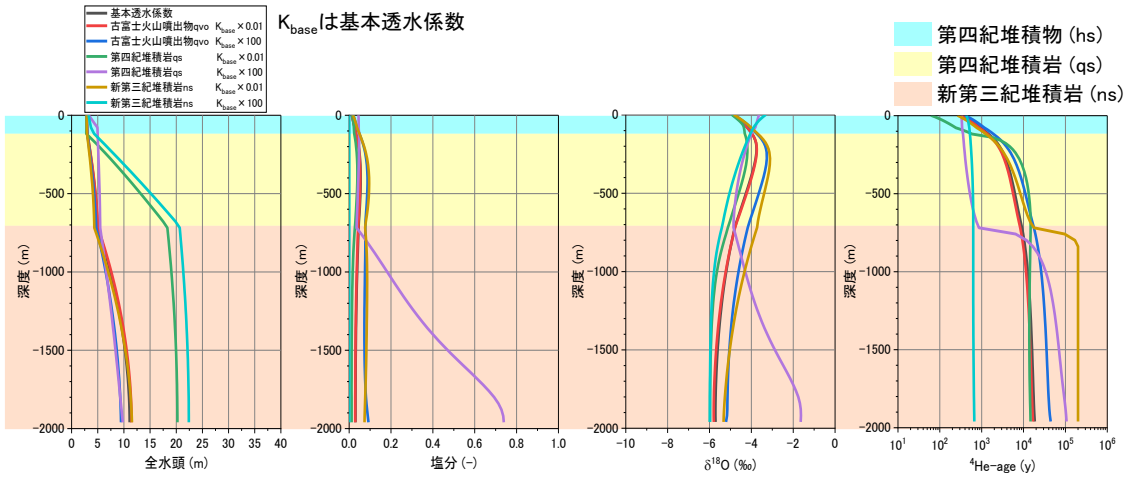
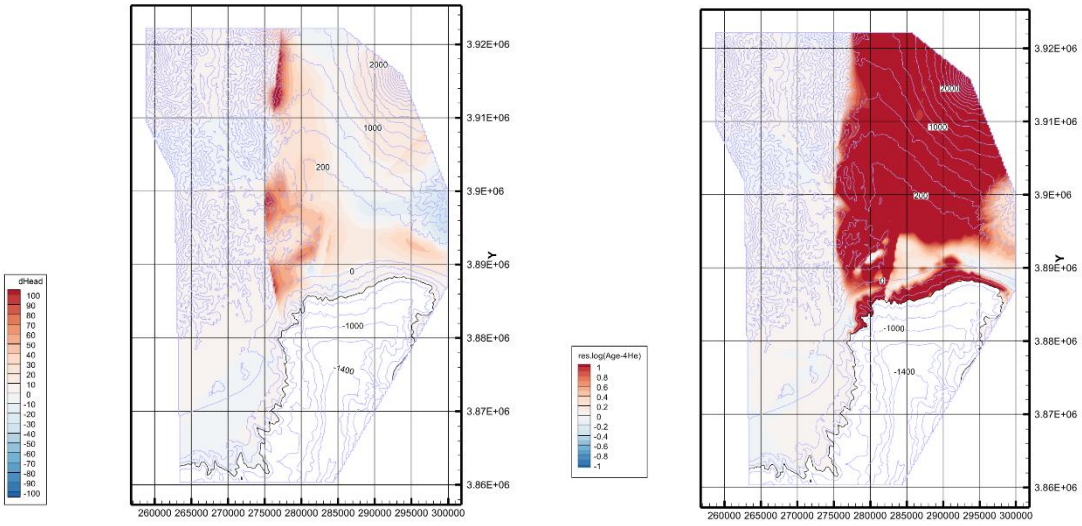


図 2-2- 22 SKB 地点における鉛直プロファイル

基本透水係数に対して、第四紀堆積岩の透水係数が 1/100 倍のときの変化量分布を図 2-2- 23 に示す。変化量は、第四紀堆積岩の透水係数が 1/100 倍のときの解析結果と基本透水係数での解析結果の差とした。変化量分布は深度 500 m の断面図で示す。図 2-2- 23(a)は深度 500 m における全水頭の変化量分布、図 2-2- 23(b)は深度 500 m における滞留時間の変化量分布を示す。図 2-2- 23(a)について、第四紀堆積岩の透水係数を小さくしたことに伴って、断層より東側で全水頭は大きくなった。図 2-2- 23(b)についても第四紀堆積岩の透水係数を小さくしたことに伴って、断層より東側で滞留時間が長くなった。

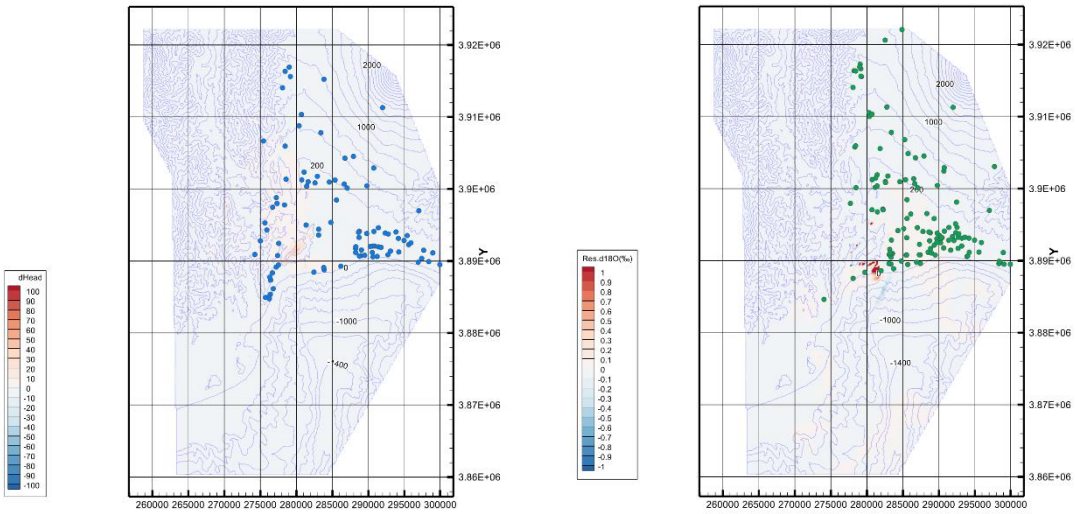
深部の地質区分の透水係数によって、深部の全水頭や滞留時間は変化した。これらの結果からも深部の地質区分の透水係数などのパラメータを校正する上でも、深部の全水頭や滞留時間の情報を取得することの必要性を示していると考えられる。



(a) 全水頭の変化量分布　　(b) 滞留時間の変化量分布

図 2-2- 23 深度 500 m おける変化量分布

基本透水係数に対して、蒲原丘陵の貫入岩が基本透水係数の 1/10 倍のときの変化量分布を図 2-2- 24 に示す。図 2-2- 24(a)には、地表面における全水頭の変化量分布、図 2-2- 24(b)には、地表面における $\delta^{18}O$ の変化量分布を示す。また、図 2-2- 24 には感度解析で使用した観測値の場所をマッピングしている。図 2-2- 24(a)と図 2-2- 24(b)がともに示すように、基本透水係数から蒲原丘陵の透水係数を 10 倍に変えたとき、全水頭と $\delta^{18}O$ の計算結果が変化した範囲は、蒲原丘陵付近のみであることが分かる。また、変化した範囲に存在する観測値の個数は、全水頭および $\delta^{18}O$ ともに少ない。これらのことから、ここで構築したモデルの領域に対して、局所的な構造である貫入岩が解析結果に与える影響は小さいと考えられる。ただし、貫入岩のような局所的な地質構造が解析結果に影響を与える範囲は、解析対象領域の広さ（解析モデルの大きさ）に応じて異なると考えられる。そのため、調査の進捗に応じて、解析領域が広域から狭域に変更される場合は、貫入岩の影響を再度検討することが望ましいと推測される。



(a) 全水頭の変化量分布　　(b) $\delta^{18}O$ の変化量分布

図 2-2- 24 基本透水係数に対する地表面の変化量

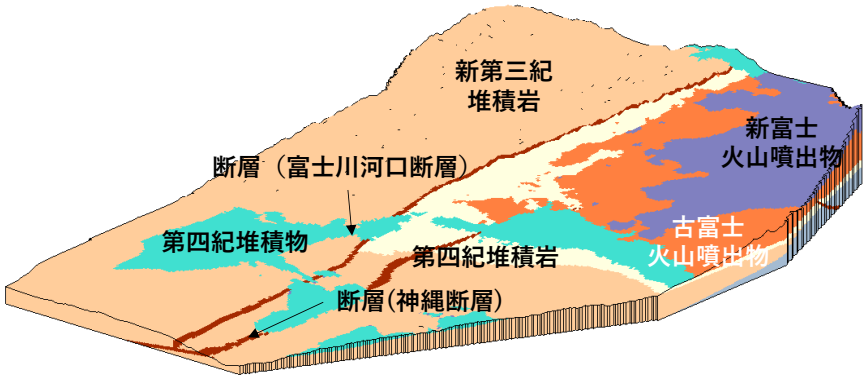
（蒲原丘陵の貫入岩が基本透水係数の 1/10 倍での解析結果 ― 基本透水係数での解析結果）

(c) 文献の再調査結果を反映した逆解析

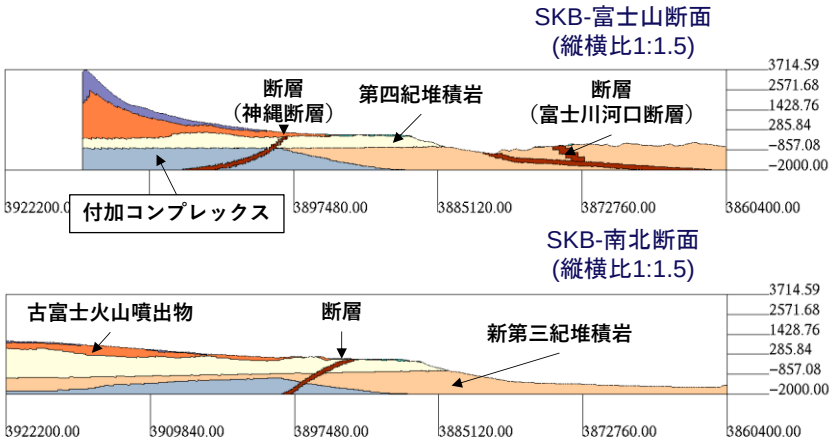
感度解析に続いて、文献から再収集した観測値を使用して、透水係数の逆解析を試みた。感度解析の結果から、局所的な構造である貫入岩は、ここで構築したモデルの地下水流動・物質移行解析に影響を及ぼさないことが分かった。そのため、貫入岩を除いたモデルで逆解析を実施した。図 2-2- 25 に逆解析に使用したモデルを示す。また、透水係数を推定する地質区分は、７つである。順に、第四紀堆積物、新富士火山噴出物、古富士火山噴出物、第四紀堆積岩、新第三紀堆積岩、付加コンプレックス、断層である。なお、富士川河口断層と神縄断層の透水係数は同じと仮定した。

地下水流動・物質移行解析における境界条件などの設定は、③b)の感度解析と同様である。透水係数を推定するときに使用する観測値は、感度解析で使用した観測値と同じである。また、表 2-2- 7 に示す 9 ケースでそれぞれ透水係数の推定を行い、推定結果を比較した。観測値としては、全水頭、$\delta^{18}O$、全水頭＋$\delta^{18}O$ という 3 種類を用いた。初期透水係数についても、1.0×10^{-6}, 1.0×10^{-7}, 1.0×10^{-8} m/s の 3 種類を設定した。このため、9 種類(3 データセット×3 つの初期値)で透水係数の推定を行った。

全水頭と$\delta^{18}O$ の観測値を同時に使用して透水係数を推定する場合、全水頭と$\delta^{18}O$ では、観測値が取りうる値のレンジが異なる。そのため、全水頭と$\delta^{18}O$ で目的関数を計算する際は、それぞれの指標の観測値の標準偏差の逆数を重みとした。



(a) 解析モデルの概要



(b) 解析モデルの断面図　（上：SKB-富士山断面、下：SKB-南北断面）

図 2-2- 25 逆解析に使用した解析モデル

表 2-2- 7 逆解析の項目

	観測値の指標	逆解析開始時の初期透水係数［m/s］
①	全水頭	1.0×10^{-6}
②	$\delta^{18}O$	1.0×10^{-6}
③	全水頭+$\delta^{18}O$	1.0×10^{-6}
④	全水頭	1.0×10^{-7}
⑤	$\delta^{18}O$	1.0×10^{-7}
⑥	全水頭+$\delta^{18}O$	1.0×10^{-7}
⑦	全水頭	1.0×10^{-8}
⑧	$\delta^{18}O$	1.0×10^{-8}
⑨	全水頭+$\delta^{18}O$	1.0×10^{-8}

図 2-2- 26 に透水係数の推定結果を示す。全水頭による透水係数の推定では、推定値の推定誤差が大きな地質区分もあった。また、逆解析開始時の初期透水係数によって、透水係数の推定値やその推定誤差は異なった。特に、初期透水係数が 1.0×10^{-8} m/s のとき、初期透水係数が 1.0×10^{-6} m/s や 1.0×10^{-7} m/s のときの推定結果と異なる。$\delta^{18}O$ による透水係数の推定では、初期透水係数の値によらず、概ね同等の推定結果が得られ、推定誤差も小さかった。

全水頭と $\delta^{18}O$ による透水係数の推定では、$\delta^{18}O$ による推定結果と概ね同じであった。この理由は後述する。浅部の第四紀堆積物から深部の新第三紀堆積岩にかけて小さくなる傾向が得られた。また、推定した透水係数の推定誤差は比較的小さくなった。また、逆解析開始時の初期値によらず、概ね同等の値を得ることができた。一方、局所的な構造である断層や深部にある付加コンプレックスの透水係数は、推定誤差が大きく推定できなかったと考えられる。これは、推定できなかった地質区分には、ここで用いている地表付近の全水頭や $\delta^{18}O$ の観測値に感度がないことが原因だと考えられる。

観測値と推定した透水係数での計算値の比較を図 2-2- 27 に示す。図 2-2- 27 において、y=x 直線上であれば、観測値と計算値が等しいことを示す。全水頭を用いて推定した透水係数での計算値と観測値はよく整合した。一方、$\delta^{18}O$ を用いて推定した透水係数での計算値での計算値と観測値は、y=x 直線上に近づいていないが、密集した分布を示した。観測値を正と見ると、観測値に比べ計算値は大きかった。全水頭と $\delta^{18}O$ を用いて推定した透水係数での計算値と観測値の比較において、全水頭の観測値と計算値の整合性は、全水頭のみで逆解析したときと比べて、悪くなった。一方、$\delta^{18}O$ の観測値と計算値の比較は、$\delta^{18}O$ のみを使用した逆解析のときと概ね同じ結果であった。これは、全水頭と $\delta^{18}O$ の両方を組み合わせて透水係数を推定したとき、全水頭に比べて $\delta^{18}O$ の観測値が計算値に合うように、透水係数が修正されたと考えられる。

逆解析によって観測値と計算値が整合するよう調整しても y=x 直線上に近づかなかった。この理由の一つとして、地質の不均質性など実際のフィールドで起きている現象を解析モデルで表現できておらず、計算値と観測値が整合しないことが考えられる。ここでは、広域領域を対象としており、地質区分は大きく 7 個に分類した。$\delta^{18}O$ の観測値と計算値をより整合させるには、解析対象領域を狭くし、地質区分を細分化するなどの解析モデルおよび解析条件の修正が必要であると推測される。

全水頭と $\delta^{18}O$ の観測値を使用して、透水係数の逆解析を実施したときの観測値と計算値の比較および、そのときの合成観測値感度を図 2-2- 28 に示す。逆解析開始時の初期透水係数は 1.0×10^{-7} m/s である。$\delta^{18}O$ の横軸、縦軸は、軸が大きくなる方向に、$\delta^{18}O$ が小さくなるように表示した。これは、全水頭と $\delta^{18}O$ で、流出域と涵養域の軸方向を合わすためである。つまり、$\delta^{18}O$ の値が小さい観測値は、高度効果の影響によって高標高で涵養した起源を仮定していること、全水頭の値が大きい観測値は、涵養域であることを示す。合成観測値感度は、円の面積で示す。全水頭と $\delta^{18}O$ の縮尺倍率は同じである。

図 2-2- 28 の結果によると、全水頭よりも $\delta^{18}O$ の合成観測値感度の方が明らかに大きい。また、全水頭は値が大きい観測値で、合成観測値感度が大きかった。これは、流出域にある観測値よりも涵養域にある観測値の方が、感度が大きいことを示す。一方、$\delta^{18}O$ については、合成観測値感度が大きくなる領域（涵養域・流出域）は確認できなかった。

これらの結果から、全水頭に比べ $\delta^{18}O$ の感度が大きいため、$\delta^{18}O$ のみで推定した透水係数と、全水頭と $\delta^{18}O$ を使用して推定した透水係数が概ね同じであったと考えられる。また、このことは、観測値と計算値の比較（図 2-2- 27）からも明らかである。

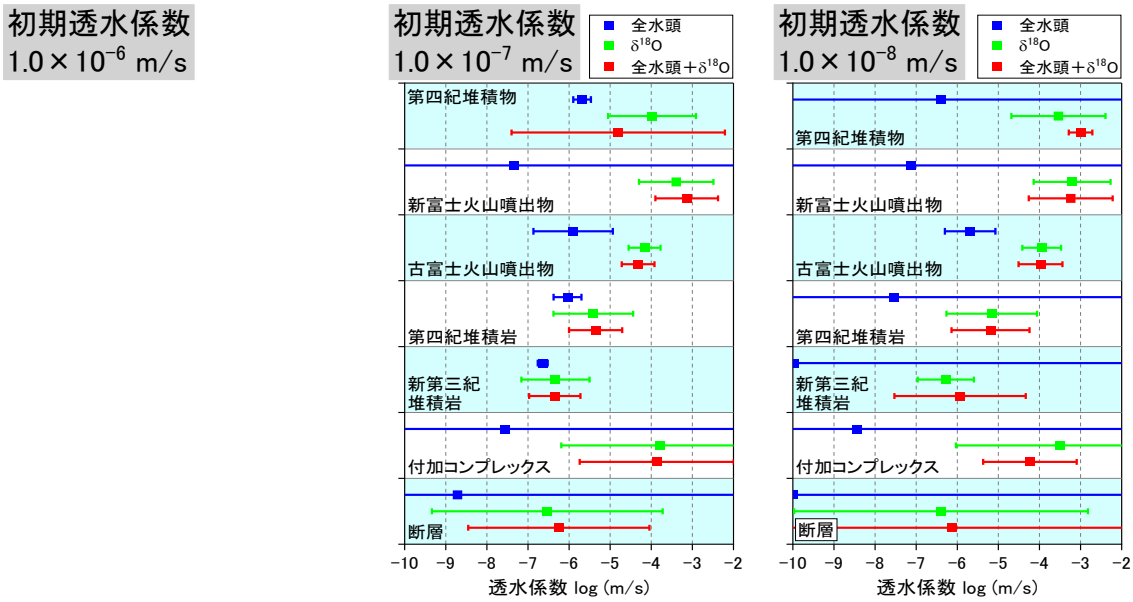


図 2-2- 26 透水係数の推定結果

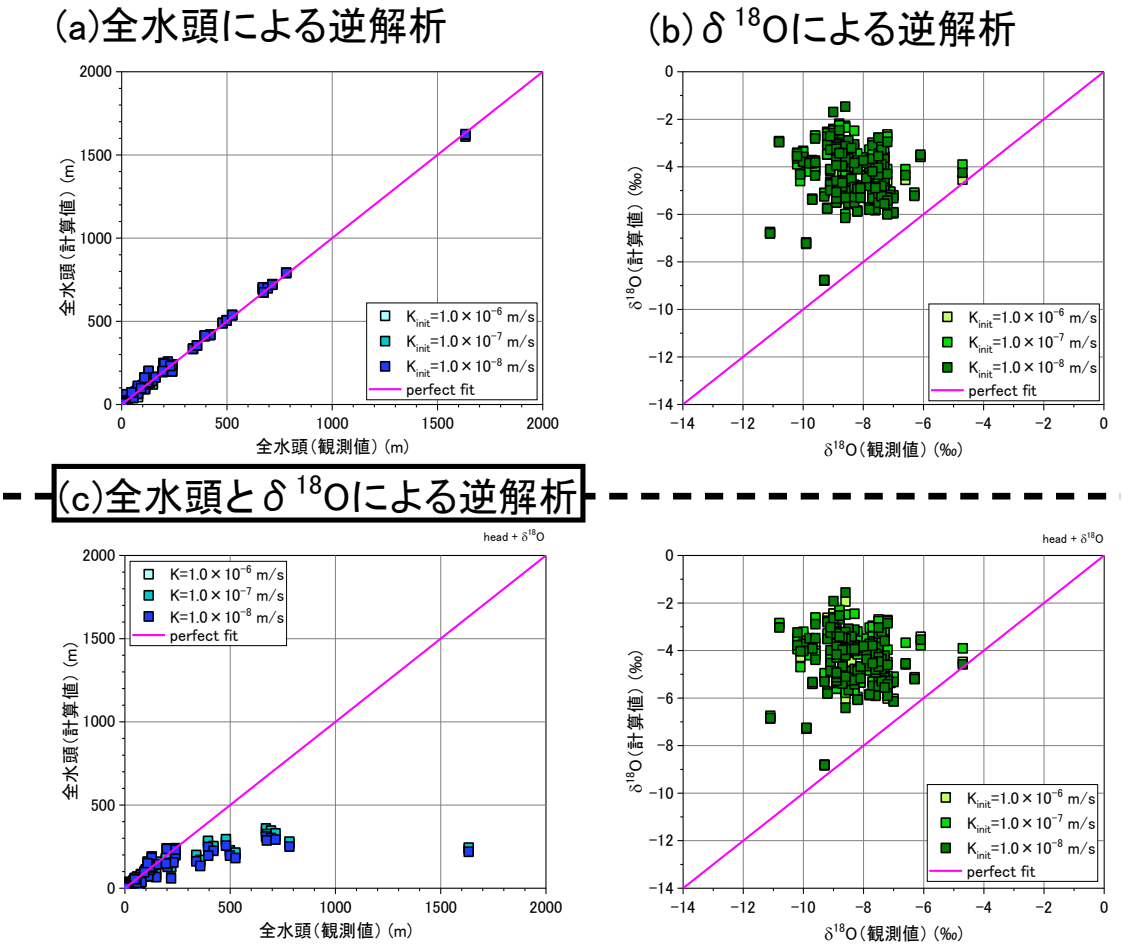


図 2-2- 27 観測値と推定した透水係数での計算値

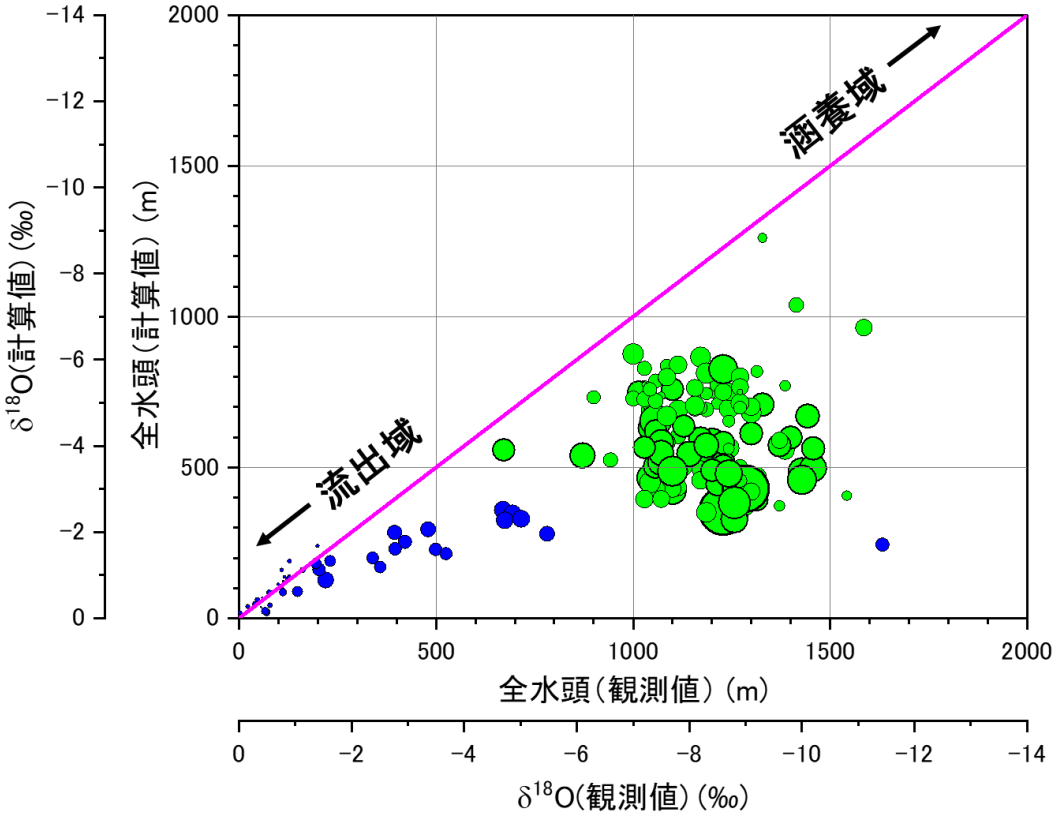


図 2-2- 28 合成観測値感度および観測値と計算値の比較

全水頭と$\delta^{18}O$を使用して透水係数を推定したときの目的関数を図 2-2- 29 に示す。逆解析中の目的関数は、逆解析開始時の初期透水係数によらず、概ね一定の目的関数の値に収束した。全水頭と$\delta^{18}O$を使用して透水係数を推定したときの目的関数の内訳を図 2-2- 30 に示す。目的関数の内訳は、初期透水係数によらず、目的関数全体に対して$\delta^{18}O$の目的関数が占める割合が明らかに多い。つまり、$\delta^{18}O$の観測値と計算値の整合性が優先されて、透水係数が推定されたことを示す。これは、上述のように、全水頭に比べて$\delta^{18}O$の合成観測値感度が大きいためと推測される。これらのことから、$\delta^{18}O$のみで推定した透水係数と、全水頭と$\delta^{18}O$を使用して推定した透水係数が概ね同じであったと考えられる。

図 2-2- 30 で確認したように、目的関数を構成する指標の割合を確認することは重要である。全水頭や$\delta^{18}O$のように、値のレンジや単位が異なる指標を用いて目的関数を計算するとき、各々の観測値の標準偏差の逆数をそれぞれの重みとして標準化することが多い。一方、仮に、パラメータ（たとえば、透水係数）が確からしく推定できていないとき、指標ごとの重みを調整することで、推定値やその推定誤差が改善する可能性がある。この手続きは、目的関数を構成する指標の割合を修正することである。つまり、どの指標の観測値に合わせてパラメータを最適化するか、を調整することである。ただし、現状では、確からしい推定結果が得られなかったとき、合理的に指標ごとの重みを調整する方法はなく、試行錯誤的に設定することが多い。今後の課題として、全水頭や同位体、地下水年代など異なる指標を用いて透水係数を推定する際、各々の重みの設定方法を検討する必要があると考えられる。

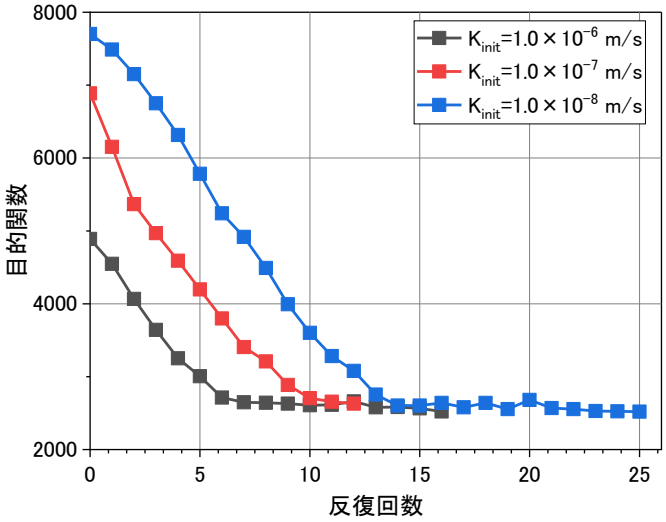
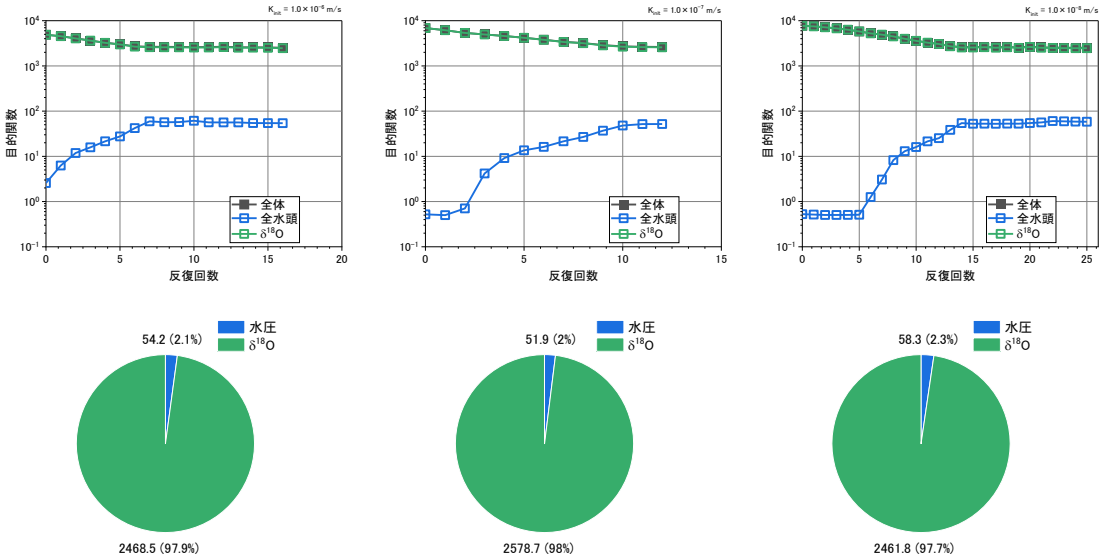


図 2-2- 29 目的関数（全水頭＋δ^{18}O）



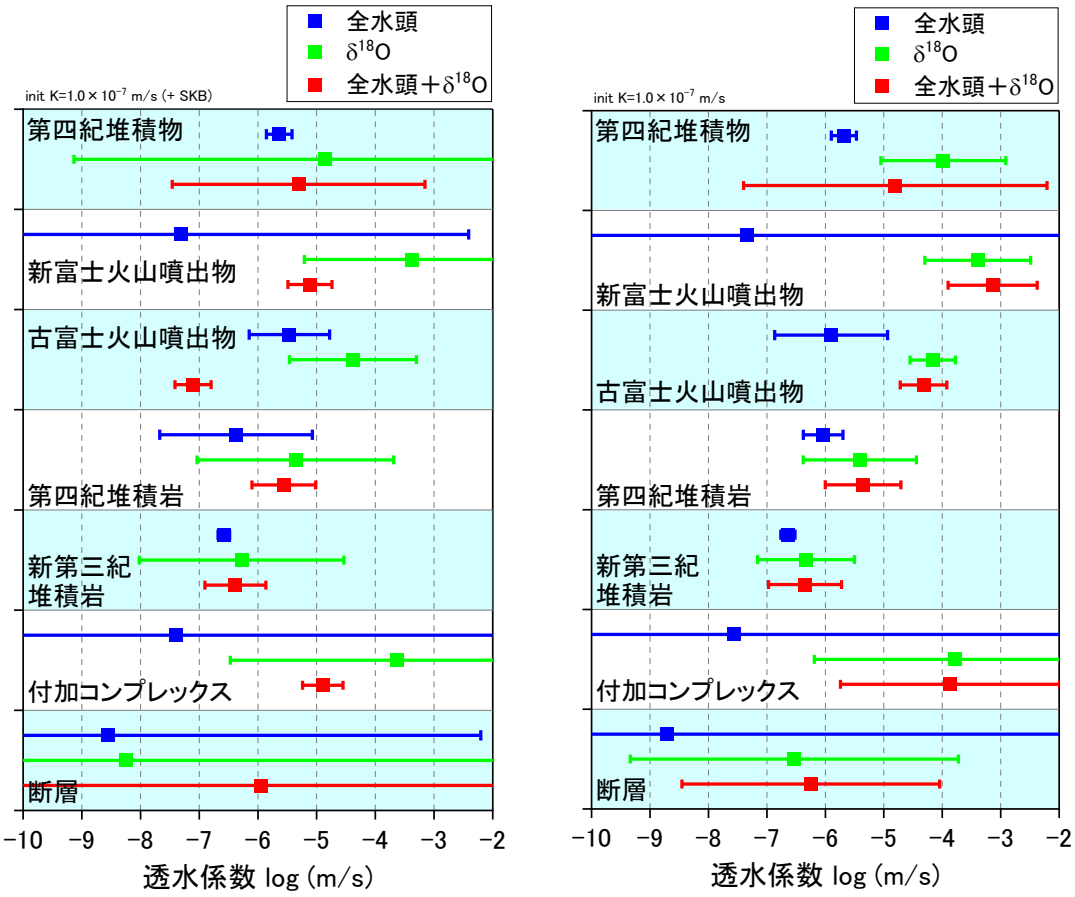
(a) 初期透水係数：K=1.0×10^{-6} m/s　(b) 初期透水係数：K=1.0×10^{-7} m/s　(c) 初期透水係数：K=1.0×10^{-8} m/s

図 2-2- 30 目的関数の内訳（全水頭＋δ^{18}O）

ここまで実施した透水係数の逆解析では、文献を再調査して得られた地表付近の観測値（全水頭、$\delta^{18}O$）を使用した。ここでは、上記で使用した地表付近の観測値に加えて、SKB で取得された全水頭と $\delta^{18}O$ の観測値を加えて、透水係数の逆解析を実施した。SKB で取得された観測値は深度方向に 8 点であり、全水頭と $\delta^{18}O$ は同じ深度で取得された。SKB で取得された観測値は、深部の地質区分の透水係数を推定に寄与できることが期待される。解析条件は、上述の透水係数の逆解析と同じである。また、逆解析開始時の初期透水係数は 1.0×10^{-7} m/s である。

地表付近の観測値に加えて、SKB で取得した観測値を使用した透水係数の逆解析結果を図 2-2- 31(a)に示す。参考として、図 2-2- 31(b)に、地表付近の観測値を使用した透水係数の逆解析結果（初期透水係数が 1.0×10^{-7} m/s）の結果を再掲する（図 2-2- 26)。図 2-2- 31(a)と図 2-2- 31(b)を比較すると、全水頭と $\delta^{18}O$ の観測値を使用した透水係数の推定結果について、新富士火山噴出物、古富士火山噴出物では、推定誤差は僅かに小さくなった。しかし、解析モデル上は、SKB 地点において、新富士・古富士火山噴出物の地質区分はない。これは、表層の第四紀堆積物や第四紀堆積岩に関連して、新富士・古富士火山噴出物の推定誤差が低減した可能性がある。付加コンプレックスの推定誤差も小さくなった。解析モデル上、SKB は付加コンプレックスに達していない。推定誤差が小さくなった理由は分からない。

SKB の観測値を使用して透水係数の逆解析を行ったとしても、推定結果は大きくは改善されなかった。むしろ、$\delta^{18}O$ による逆解析では、透水係数の推定誤差は大きくなった。このように、ボーリング調査が実施されたとしても、1 本のボーリング調査結果だけでは、透水係数の逆解析に貢献することができないこともある。ここで使用した解析モデルは、広域領域を対象としている。このため、深部の観測値がある箇所は SKB の 1 点であり（空間的に取得されておらず)、深部の地質区分の透水係数を推定するための情報が足りていないと推測される。広域領域かつ深部の透水係数を推定するためには、空間的な広がりも検討しながら観測値を取得する必要があると考えられる。



(a)　地表付近の観測値＋SKB の観測値　　(b)　地表付近の観測値

図 2-2- 31 SKB を追加した透水係数の逆解析

(d) 不確実性低減度合いの調査

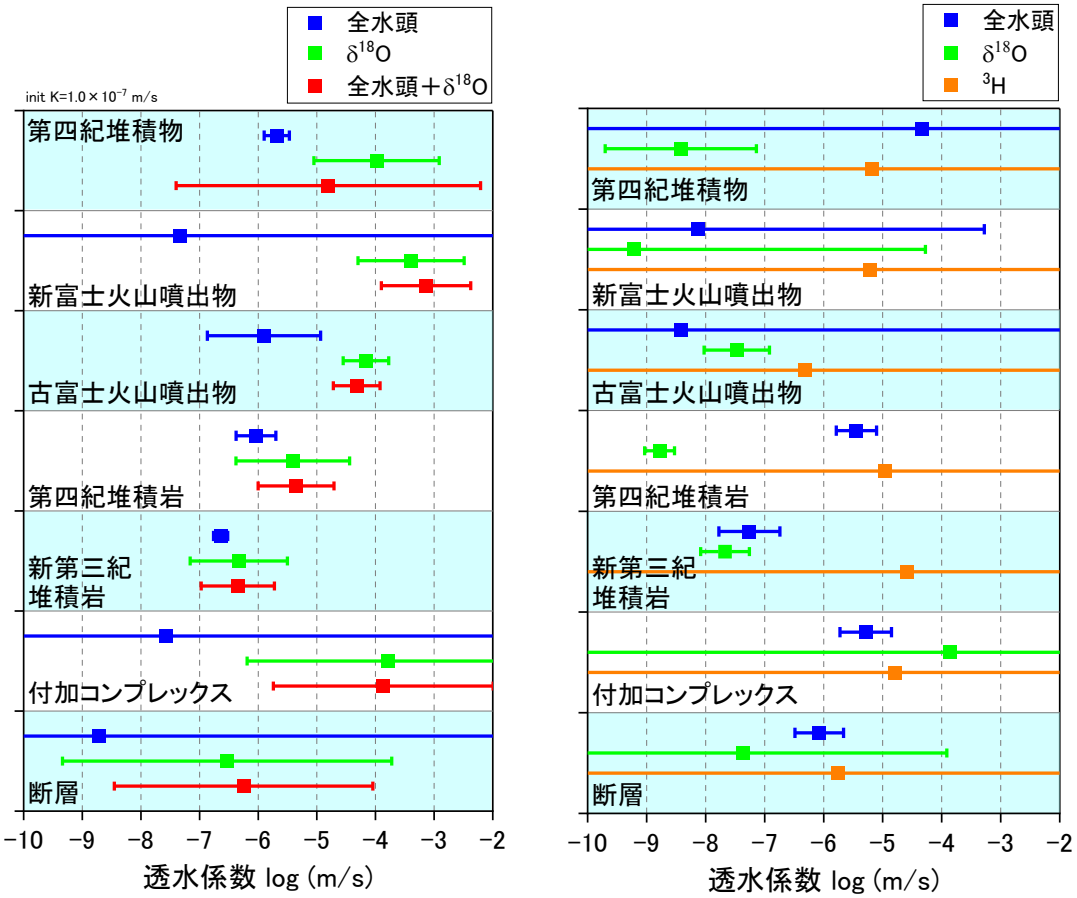
文献の再調査によって、不確実性が低減された度合いを検討するために、今年度実施した逆解析結果と、昨年度実施した逆解析結果を比較した。どちらの結果も、地表付近で得られた観測値を使用して透水係数の逆解析を実施した結果である。昨年度と今年度の主な違いは、文献を再調査して全水頭の観測値を変更した点と、全水頭と $\delta^{18}O$ を組み合わせて逆解析に用いた点である。

昨年度の透水係数の逆解析で使用した観測値は、水文環境図 No.9「富士山」の地下水位の分布から抽出したものである。また、抽出した全水頭の観測値の数は 111 点であった。昨年度は、全水頭と $\delta^{18}O$ を組み合わせて逆解析に使用していないが、^{3}H の観測値を使用した逆解析を実施した。今年度の逆解析結果では、逆解析開始時の初期透水係数は 1.0×10^{-7} m/s である。昨年度の逆解析結果では、逆解析開始時の初期透水係数は 1.0×10^{-5} m/s である。

図 2-2- 32 に、今年度と昨年度の逆解析結果の比較を示す。図 2-2- 32 の結果によると、今年度の透水係数の推定誤差は、昨年度のそれに比べて、明らかに小さくなった。また、今年度の推定結果は、浅部から深部の地質区分に従って、透水係数が小さくなる傾向が得られた。これは、一般的に、地層の深度が深くなるつれ、圧密によって透水係数が低下する傾向と同じである。この観点と、透水係数の推定誤差が小さくなったことを踏まえると、今年度の透水係数の推定結果は、昨年度に比べて、不確実性を低減できたと考えられる。また、相対的な評価ではあるものの、昨年度の推定結果に比べて、今年度の推定結果は確からしい結果であったと言える。

このように、透水係数の推定に使用する観測値によって、推定値とその推定誤差が改善されることがある。ただし、どういった観測値を使用すると、推定値とその推定誤差が改善されるかは、現状では試行錯誤的に実施するしかない。これは、文献から取得した観測値は、取得時期、取得目的、計測精度が異なるものを集計したためである。このことから、関連文献を見直し、改めて観測値を収集することは、現状の実フィールドの地下水流況を再調査するという意義だけでなく、解析モデルを校正するための観測値としても活用できるため、非常に有益だと考えられる。

解析モデルの推定対象の実際の値（ここでは、地質区分の透水係数値）は、複数のボーリング調査などで統計的に得ることが望ましい。ただし、このような結果が得られるのは、文献調査やボーリング調査により、対象地域の理解が進んだ状況である。そのため、定量的に解析モデルのパラメータ（ここでは、透水係数）を推定したとしても、実際のパラメータ値と比較ができないため、それが確からしいか判断することが難しい。これは、仮に、水圧などの観測値が正しく取得できても同じである。そのため、ここで実施したように推定誤差など、逆解析で得られる感度情報を用いて、解析モデルが校正できたかどうか評価することは重要であると考えられる。



(a) 今年度の透水係数の推定結果　　(b) 昨年度の透水係数の推定結果

図 2-2- 32 透水係数の逆解析結果の比較

④ 数値実験による透水係数の推定

文献から取得した観測値を使用して透水係数を推定したが、付加コンプレックスや断層の透水係数は感度がなく推定できなかった。これは、上述のように、これらの地質区分に観測値が存在せず、これらの地質区分が地表付近の観測点に対して感度がないためである。また、対象地域では、原位置水理試験結果（表 2-2- 4）はあるものの、バラツキが大きく、試験条件も明確でないため、透水係数の期待値や誤差を推定することが難しい。そのため、逆解析によって推定した透水係数が確からしいかを判定することができない。これらのことから、仮想的に観測値と真の透水係数を設定して数値実験を実施した。数値実験の目的は、二つある。一つ目は、地表付近の観測値から地質区分の透水係数を推定できるか検討することである。二つ目は、透水係数の逆解析において、観測値の指標は何が有効か検討することである。ここでは、全水頭と $\delta^{18}O$ を検討した。

数値実験に使用した解析モデルは、貫入岩などを考慮していないモデルを使用した。図 2-2- 33 に数値実験の概要を示す。まず、表 2-2- 8 に記載の基本透水係数を真の透水係数と仮定し、基本透水係数に設定したモデルで解析を行う。そこで得られた計算値を逆解析に使用する観測値として用いる。次に、解析モデル内の全ての地質区分について、透水係数を同じ値に設定する。最後に、この解析モデルと仮想的な観測値を用いて透水係数の逆解析を行い、地質区分ごとの真の透水係数（基本透水係数）が推定できるか検討する。

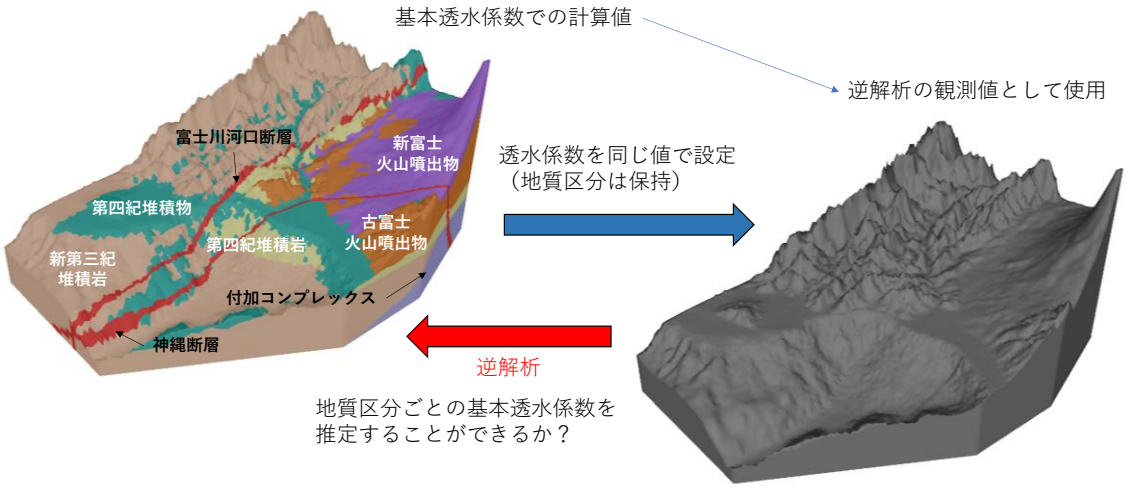


図 2-2- 33 数値実験の概要

表 2-2- 8 数値実験で検討した地質区分と透水係数

	地質区分	記号	基本透水係数 [m/s]
①	第四紀堆積物	hs	4.0×10^{-6}
②	新富士火山噴出物	qvn	4.0×10^{-5}
③	古富士火山噴出物	qvo	1.0×10^{-5}
④	第四紀堆積岩	qs	1.0×10^{-6}
⑤	新第三紀堆積岩	ns	1.0×10^{-7}
⑥	付加コンプレックス	ncom	1.0×10^{-9}
⑦	断層（富士川河口断層、神縄断層）	flt	1.0×10^{-9}

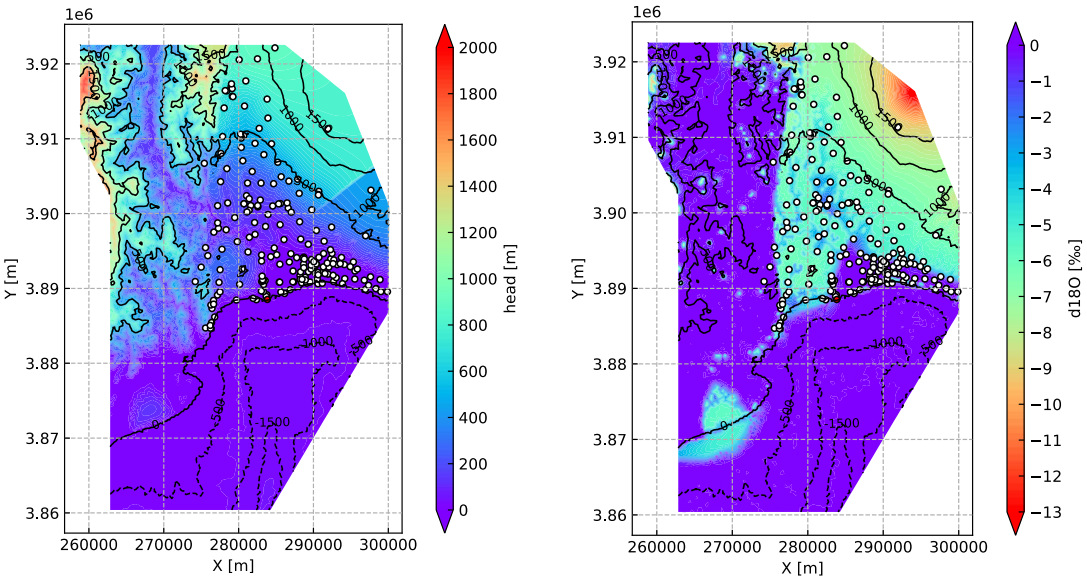
推定対象は表 2-2- 8 に記載の 7 つの地質区分の透水係数である。数値実験に使用する観測値は全 207 点である。地表面の観測値が 199 点であり、それに加えて、SKB 地点の鉛直方向に 8 点の観測地点を追加した。解析対象は、全水頭と $\delta^{18}O$ である。両者の観測値は、同じ観測地点から得られたと仮定した。そのため、観測値の数は両者とも 207 点である。地下水流動・物質移行解析は FEFLOW（Diersch, 2014）を使用した。地下水流動・物質移行解析に関わる境界条件などの設定は、③b)、③c)で実施した感度解析・逆解析と同じである。なお、数値実験において、計算負荷低減を目的に、解析モデルの空間解像度（メッシュ）を粗く設定し直した。また、これと同じ目的で塩水による密度流は考慮していない。

数値実験の項目を表 2-2- 9 に示す。逆解析開始時の透水係数は全ての地質区分で 1.0×10^{-7} m/s として設定した。1.0×10^{-7} m/s から開始して、真の透水係数（基本透水係数）が推定できるか検討する。さらに、全水頭と $\delta^{18}O$ の観測値を同時に使用して、透水係数を推定する数値実験も実施した。全水頭と $\delta^{18}O$ の観測値を同時に使用して透水係数を推定する場合、全水頭と $\delta^{18}O$ では、観測値の値自体のレンジが異なる。そのため、全水頭と $\delta^{18}O$ で目的関数を計算する際は、それぞれの指標の観測値の標準偏差の逆数を重みとした。

図 2-2- 34 に、地表面における基本透水係数での解析結果を示す。図 2-2- 34(a)は全水頭の解析結果で、図 2-2- 34(b)は $\delta^{18}O$ の解析結果を示す。図 2-2- 34(a)の全水頭の解析結果は、概ね標高に応じた水圧分布が計算された。ただし、富士山体は、新富士火山噴出物、古富士火山噴出物の透水係数が大きいため、全水頭は標高より低い結果となった。図 2-2- 34(b)の $\delta^{18}O$ の解析結果は、高度効果を加味した解析であるため、富士山体で負の値が大きくなった。また、断層から西側は地形の起伏が激しいため、解析上は流出設定となる箇所が多かった。そのため、$\delta^{18}O$ が 0 ‰である領域は広く分布した。

表 2-2- 9 数値実験の項目

	使用した観測値の指標	逆解析開始時の透水係数 [m/s]
①	全水頭	1.0×10^{-7}
②	$\delta^{18}O$	1.0×10^{-7}
③	全水頭+ $\delta^{18}O$	1.0×10^{-7}



(a) 全水頭　　(b) $\delta^{18}O$

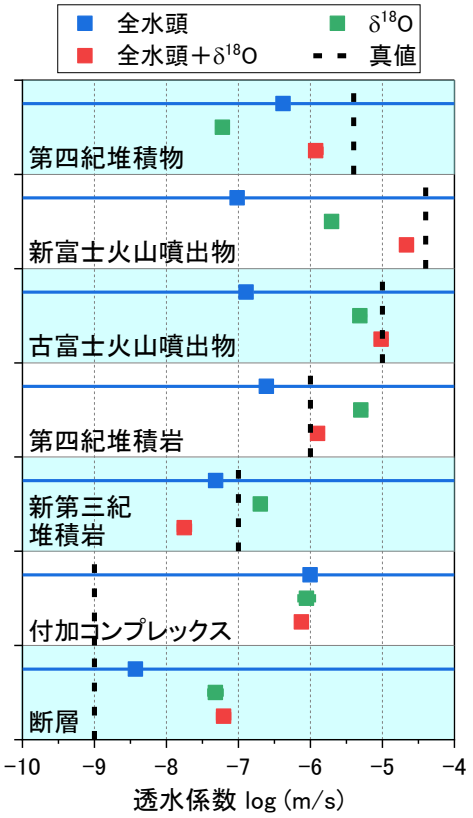
図 2-2- 34 基本透水係数での解析結果

図 2-2- 35 に、数値実験の結果を示す。図 2-2- 35(a)は、数値実験による透水係数の推定結果である。黒点線で示す値が真値である。図 2-2- 35(b)は、真値と推定値を比較したものであり、横軸は真値（真の透水係数）、縦軸は推定値（推定した透水係数）を示す。図 2-2- 35(b)において、y=x 直線上であれば、真値と推定値が等しいことを示す。

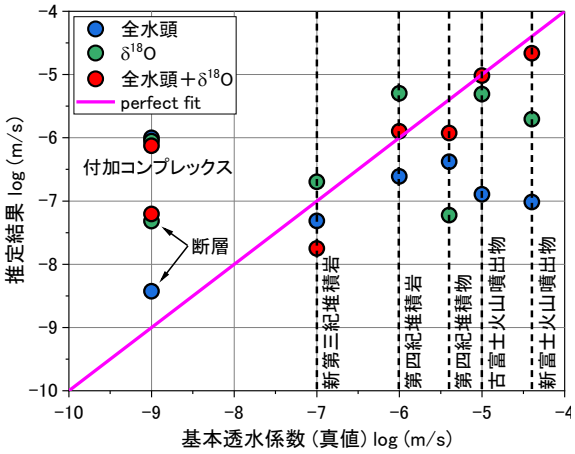
図 2-2- 35(a)において、全水頭による透水係数の推定結果は、初期の透水係数である 1.0 $\times 10^{-7}$ m/s から大きく変動がなく、推定誤差も大きいことが分かる。一方で、$\delta^{18}O$ は、古富士火山噴出物、第四紀堆積岩、新第三紀堆積岩で真値と近い推定結果が得られていることが分かる。また、推定値の推定誤差は小さい。全水頭と $\delta^{18}O$ による透水係数の推定では、付加コンプレックス、断層以外で、真値に近い推定値が得られており、推定値の推定誤差は小さい。図 2-2- 35(b)においても、全水頭と $\delta^{18}O$ による推定結果は、付加コンプレックス、断層以外の地質区分で y=x 直線上に近いことが明らかである。付加コンプレックスや断層には、観測値が存在しないため、推定することが出来なかったと考えられる。また、地表で多くの観測値を収集したとしても、深部の地質区分や局所的な地質構造で観測点に感度がない場合は、透水係数の推定は困難であると推測される。

図 2-2- 36 に観測値と計算値の比較を示す。図 2-2- 36(a)は全水頭の比較であり、図 2-2- 36(b)は $\delta^{18}O$ の比較である。図 2-2- 36(a)に示す全水頭の観測値と計算値の比較によると、$\delta^{18}O$ のみで透水係数を推定した場合でも、全水頭の観測値と計算値は整合的である。一方、図 2-2- 36(b)に示す $\delta^{18}O$ の観測値と計算値の比較によると、全水頭のみで透水係数を推定した場合、$\delta^{18}O$ の観測値と計算値は全く整合しない。さらに、全水頭のみ、$\delta^{18}O$ のみで推定したときに比べ、全水頭と $\delta^{18}O$ で透水係数を推定したときに、観測値と計算値はよく整合した。

$\delta^{18}O$ のような同位体比の情報は透水係数の推定に有効であることが分かった。さらに、$\delta^{18}O$ のみで逆解析するよりも全水頭と組み合わせて使用することで、透水係数の推定精度、観測値と計算値の整合性を向上できると考えられる。これは、先の感度解析でも見られたように、全水頭と $\delta^{18}O$ では感度解析時の応答が異なり、これらを総合的に考慮することでよりよい推定値に収斂するものと考えられる。言い換えれば、一つの観点からのみ評価するよりも、複数の観点で評価した方が、より真値に近づく可能性が高いと考えられる。

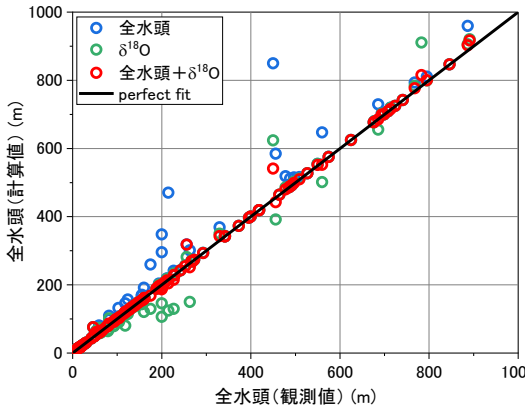


(a) 透水係数の推定結果

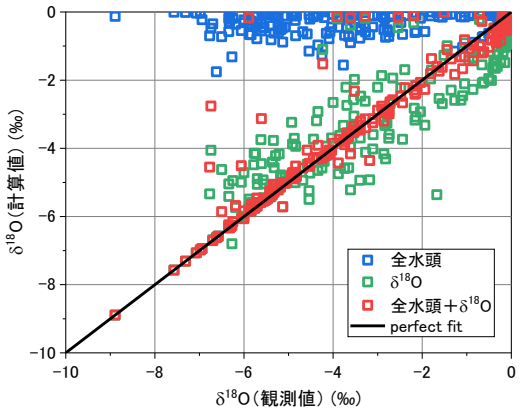


(b)真値と推定値の比較

図 2-2- 35 数値実験の推定結果



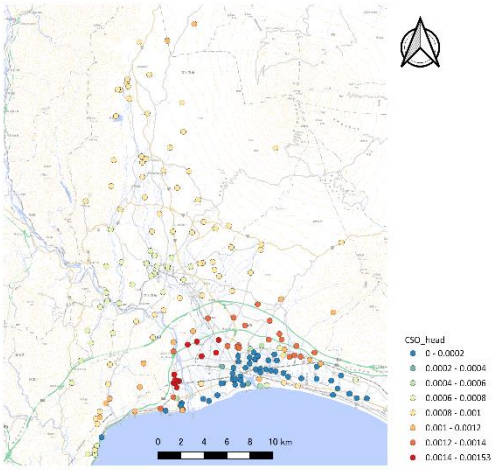
(a) 全水頭



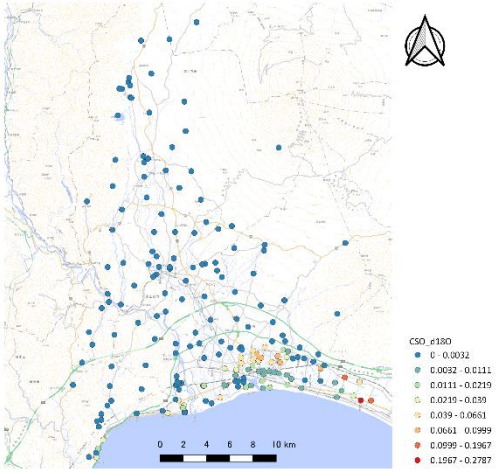
(b) δ 18O

図 2-2- 36 観測値と計算値の比較

全水頭と$\delta^{18}O$を使用して透水係数を推定したときの合成観測値感度を図 2-2- 37 に示す。図 2-2- 37(a)は全水頭の合成観測値感度であり、図 2-2- 37(b)は$\delta^{18}O$の合成観測値感度である。図 2-2- 37 では、暖色の観測値は感度があることを示し、寒色では感度がないことを示す。図 2-2- 37(a)において、全水頭は内陸域で感度があり、沿岸域で感度がない結果となった。これは、内陸の涵養域では、透水係数の値によって全水頭（地下水位）が変化しやすいため、感度があったと考えられる。沿岸域の流出域では、透水係数の値を変化させても、地下水位は地表面付近で変わらないため、感度が小さかったと推測できる。図 2-2- 37(b)において、$\delta^{18}O$は内陸域で感度がなく、沿岸域で感度がある結果となった。これは、流出域で取得された$\delta^{18}O$は、高度効果に応じた値で涵養し、移流分散で輸送されて沿岸域付近で流出する流動過程を反映しているためと考えられる。このように、観測値の指標によって、観測地点の感度が異なる。そのため、全水頭と$\delta^{18}O$を使って透水係数を推定した時、推定精度が向上したと考えられる。



(a) 全水頭



(b) $\delta^{18}O$

図 2-2- 37 合成観測値感度 （全水頭＋$\delta^{18}O$）

⑤ 海水準変動解析

沿岸域における地下水流動場の長期的な安定性を評価する上で、氷期―間氷期サイクルによる海水準変動を考慮する必要がある。ここでは、海水準変動による地表・海底の境界条件の変化が地下水流動場に与える影響を、塩分分布と滞留時間（地下水年代）の観点から整理することを目的とする。滞留時間を考慮することで、地下水流動場が長期的に安定かどうか判断することができる。なお、海水準変動を考慮した地下水流動解析の事例はいくつかあるが（Kooi and Groen, 2000; 長谷川ほか, 2001; 登坂, 2002; 長谷川・宮川, 2009)、滞留時間の観点から海水準変動が地下水流動場に与える影響を検討した事例はない。

氷河性の海水準変動では、約 12 万年周期で海水準が 100 m 以上変化することが知られている（たとえば、Chappell et al., 1996)。ここでは、海水準変動は+5 m～ -120 m とし、海退が 10 万年、海進が 2 万年の合計 12 万年周期と仮定した。図 2-2- 38 に、地下水流動・物質移行解析で考慮した海水準変動を示す。横軸に経過時間、縦軸に海水準を示す。

本検討では、単一地形勾配の 2 次元鉛直モデルを使用した。 2 次元鉛直モデルを使用した理由は二つある。一つ目は、海水準変動に伴う地下水流況の変化を理解し易くするためである。二つ目は、計算負荷を低減するためである。これは、海水準変動に伴って地表面と海底面の境界条件を動的に変更することと、地下に浸透した海水と淡水地下水の密度流を解くことで、計算時間が長くなることへの対策である。

解析に使用したモデルを図 2-2- 39 に示す。モデル長は 45 km であり、地形勾配は 2 % で設定した。最大海進と最大海退の範囲は 6.3 km となった。また、地質区分はなく、単一の均質媒体を仮定した。設定したパラメータや解析条件を表 2-2- 10 に示す。解析時間は 36 万年とした。海水準変動の 1 周期が 12 万年であることから、これは 3 周期分に相当する。滞留時間の計算は計算開始時を 0 時間とした。つまり、全く流動がない場所での滞留時間は 36 万年と計算される。境界条件は③b)や③c)で実施した解析と概ね同じであるが、海底における塩分の境界条件は、ここでは海水濃度の固定値とした。

海水準変動による地下水流動場の変化と透水係数の関係を調べるため、解析モデルの透水係数を 1.0×10^{-6} m/s、1.0×10^{-7} m/s、1.0×10^{-8} m/s に変えた解析を実施した。なお、解析結果は、海水準変動の 3 周期目である 24 万年～36 万年を示した。また、解析結果は、海水準が変動する領域を示した。

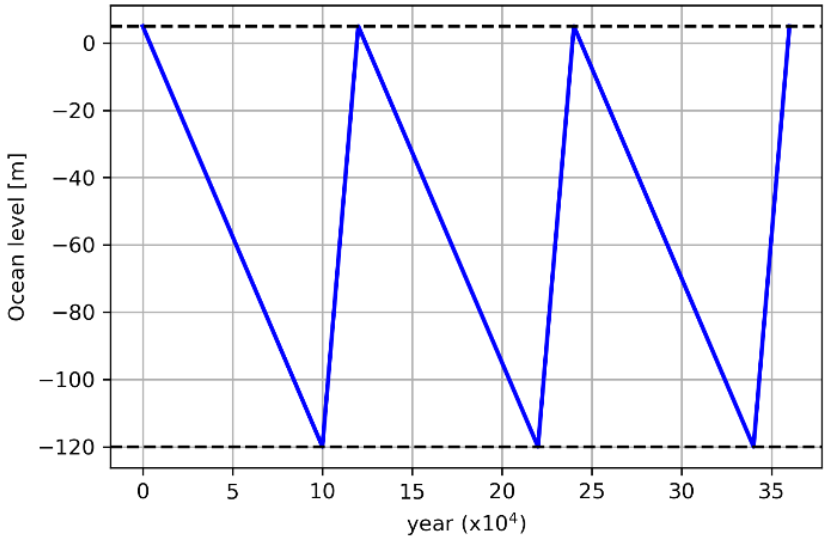


図 2-2- 38 解析で考慮した海水準変動

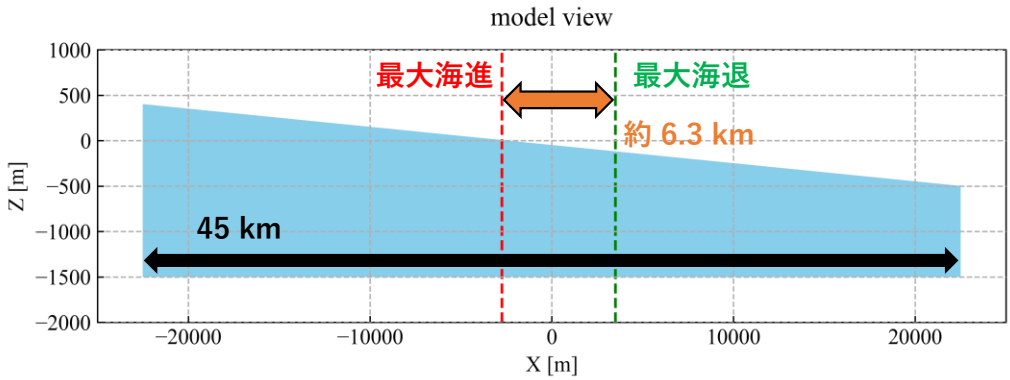


図 2-2- 39 解析モデル

表 2-2- 10 海水準変動解析の解析条件

パラメータ・境界条件など	設定値
間隙率	20%
分散長	縦分散長：50 m 横分散長：5 m
飽和・不飽和	飽和のみ
降雨浸透量	1000 mm/y
海水準の変動量	海進：+5 m, 2 万年 海退：－120 m, 10 万年
解析時間	36 万年 （1 周期 12 万年×3）
滞留時間の計算	水理的滞留時間 （Goode, 1992）
初期条件	塩分：1 （洗い出し計算）
陸側地表面の境界条件	全水頭：降雨境界条件 塩分：流量依存型 $Q \geq 0 : C = 0$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$ 滞留時間：流量依存型 $Q \geq 0 : C = 0$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$
海底面の境界条件	全水頭：海水換算の水頭値 塩分：海水濃度固定 滞留時間：流量依存型 $Q \geq 0 : C = 0$ $Q < 0 : \partial C / \partial x = 0$

図 2-2- 40 に、塩分の海水準変動解析結果を示す。上から下に向かって、24 万年～36 万年の解析結果を示す。透水係数が大きい（1.0×10^{-6} m/s）とき、海水準変動に追従して塩淡境界が移動した。一方、透水係数が小さくなるにつれ、海水準変動の遷移に対して塩淡境界は遅れて移動する。透水係数が 1.0×10^{-8} m/s のとき、海水準変動による濃度分布の

変化は表層のみであり、深部は常に海水と同じ塩分の地下水が存在した。さらに、低透水であることから、陸域の地下深部でも初期条件で設定した塩分は洗い流されず残留した。これらのことから、地層の透水性が小さければ、地下深部での海水準変動に伴う塩水環境と淡水環境の入れ替わりは少ないと考えられる。

図 2-2- 41 に、滞留時間の海水準変動解析結果を示す。図 2-2- 40 と同様に、上から下に向かって、24 万年～36 万年の解析結果を示す。また、黒点線は塩分が 0.5 の位置を示す。透水係数が 1.0×10^{-6} m/s とき、滞留時間は短くなった。29 万年、34 万年、35 万年の滞留時間分布の遷移によると、陸側からの若い淡水地下水と、海水由来の若い地下水によって、滞留時間は短くなったことが確認できる。このように、海水準変動によって海域が陸化することや、海水が地下に浸透する場所が海側へ遷移することに伴って、最大海進時に海域であったとしても若い地下水の浸透により滞留時間が短くなると考えられる。透水係数が 1.0×10^{-7} m/s のときの滞留時間は、1.0×10^{-6} m/s での滞留時間に比べると、古くなった。また、29 万年（海退の中間期）と 35 万年（海進の中間期）を比較すると、35 万年の方が滞留時間は短い。これは、海進が 2 万年であるのに対し、海退は 10 万年であることから、海水準変動によって塩淡境界が遷移する速度が異なることに起因すると考えられる。透水係数が 1.0×10^{-8} m/s のとき、海水準変動による塩分の変化は浅部のみであり、海水の浸透も小さいため、滞留時間が長くなった。

このように、透水係数が小さい場合の地下深部では、海水準変動に伴う塩水環境と淡水環境の変化はおこらず、滞留時間が長いため地下水の流動性が小さいと考えられる。また、ここで得られた解析結果は、実際のフィールドにて、沿岸海底下の地下水流動場が安定かどうか判断するために、氷期降水や化石海水の存在を調べることが有益であることを示している。

図 2-2- 42 に、駿河湾における海水準変動に伴う汀線の変化範囲を示す。図 2-2- 42 に示すように、駿河湾では、海底地形が急峻であることから、海水準変動に伴う汀線の移動範囲は狭い。そのため、海域での地質の不確実性が、海水準変動による地下水流動場の変遷に与える影響は小さいと考えられる。一方で、海底地形が急峻である場合、海退時に陸化した領域で地形勾配が大きくなり、動水勾配も大きくなる可能性がある。

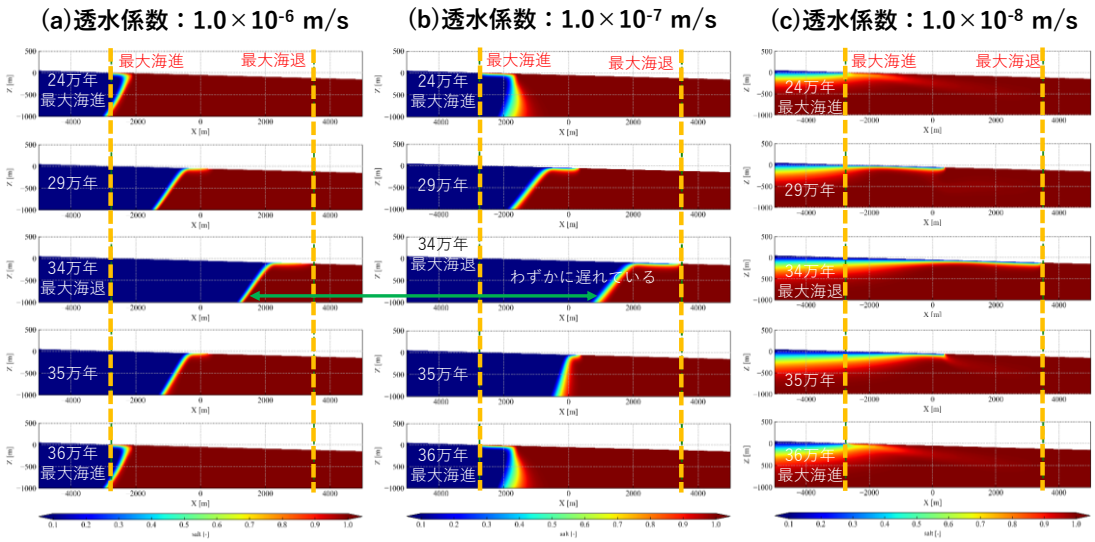


図 2-2- 40 海水準変動解析の結果（塩分）

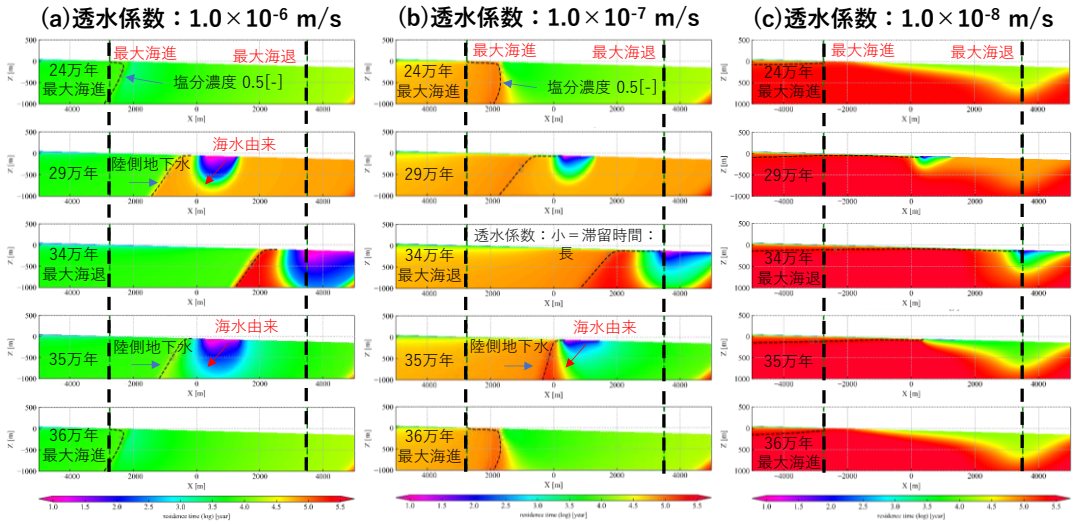
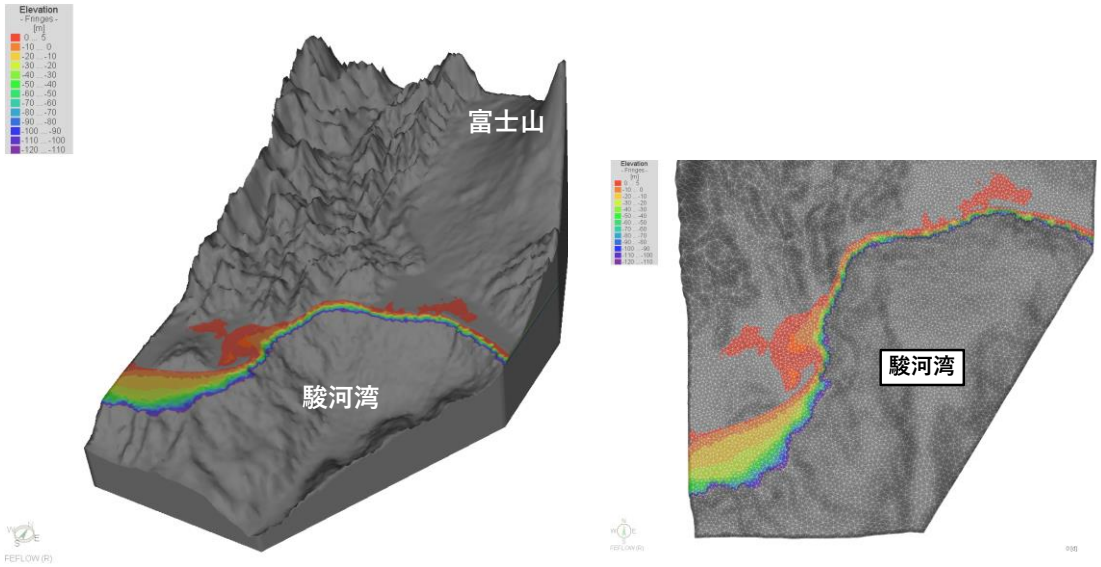


図 2-2- 41 海水準変動解析の結果（滞留時間）



(a) 3 次元図　　(b) 2 次元図（上面から）

図 2-2- 42 駿河湾における海水準変動範囲

（5） 地質環境モデル構築方法のまとめ

地質環境モデルの構築に関して、本研究では以下の手順で実施した。詳細は、昨年度および今年度の本文を参照していただきたいが、概略を以下にまとめる。これにより、基本的な地質環境モデルの構築方法を示す。

① 研究領域の設定

まず地質環境モデルを作成する研究領域の設定を行う。この設定には、研究地点を含む流域を考慮して、地形のみを考慮した均質媒体による地下水流動解析を実施し、この結果に基づいて、研究領域を設定した。研究領域は、涵養域から流出域までが含まれ、研究領域外からの影響を受けないように設定した。

具体的には、本地点では富士川流域を設定し、甲府盆地までをモデル化した。このため、甲府盆地から駿河湾までの領域を地形のみ考慮してモデル化した。この結果に基づいて、富士山以南の領域において、広域的な地下水流動に影響がでないことを確認して研究領域を設定した。モデル化領域は南北 160 km に及ぶが深度方向 2 km 程度を考慮すると、かなり薄いモデルになるため、遠方からの地下水流動がそれほど大きな影響を与えないことは明らかである。一方で、広域的な地下水流動に影響を与える明らかな地質構造が存在する場合は、考慮が必要である。

② 地質データの収集と精査

上記の設定した研究領域について、地質モデルを作成するために、関連する文献を収集する。収集した文献は、解釈に依らない客観的なデータである一次データと解釈を含む二次データに仕分けを行う。これ以降の議論を行う上での共通基盤として、一次データをマッピングする。言い換えると、一次データのマップはモデル化にあたっての拘束条件である。二次データはモデル化の参考情報となる。

具体的には、本地点では 138 件の文献・資料を収集した。収集したデータを一次データと二次データとに選別し、一次データについては、GIS ソフトを用いてマッピングした。

③ 地質概念モデルの構築

得られたデータから想定しうる作業仮説を、地質概念モデルとして定性的に表現する。できるだけ多くの作業仮説を議論することが、対象地域の地質を理解するために重要である。ただし、想定される全ての作業仮説を検討するのは現実的に困難な場合があるため、本検討では目的に沿った地質要素の選別と、各地質要素の存在の確からしさの区分という二つの工夫を例示した。

具体的には、主に一次データを用いて、貫入岩体の地下分布、高透水性の挟在層の分布、基盤面の形状などを考慮し、考えうる 864 通りの地質概念モデルをリストアップした。このうち、地下水流動に対する影響の観点から、富士山直下と蒲原丘陵周辺の貫入

岩、ならびに新第三系堆積岩類の下限深度に着目して、地質概念モデルを絞り込んだ。最終的に 7 つの地質モデル、7 通りの作業仮説（不確実性）を提示した。

④ 地下水概念モデルの構築

地質概念モデルが作成された領域を対象に地下水に関わる文献・資料を収集し地下水モデルを構築する地質モデルの領域内だけでなく、領域外の近傍地域の文献・資料も必要に応じて収集する。地下水流動を検討する上で、有益と考えられる情報は、地形、地質、地球物理、地下水理、水文、気象、地下水水質、地化学などである。これらを取り扱っている文献・資料を収集する。収集結果を基に、地下水概念モデルを作成する。地下水概念モデルの作成は、地下水流動の特徴をまとめる（概念化する）ことである。

具体的に、本地点では 55 件の文献を調査し、地下水流動の概念モデルを作成した。これらの結果に基づいて、降雨量（2500 mm/y）、涵養量（2000 mm/y）及び滞留時間（富士山体で数 10 年～100 年）と推定された。文献から得られた情報では、概ね地形に従った地下水流動で、浅部の地下水流動は ^{3}H、広域の地下水流動は、δD と $\delta^{18}O$ で特徴付けられている。このため、得られた水圧、水質など（^{3}H、δD と $\delta^{18}O$）は、座標とともに整理し、後述する地下水流動解析の比較データとして利用した。

⑤ 地質モデルの構築

作成した地下水概念モデルに基づいて、重要となる地質構造を抽出し、地質モデルを構築する。地質モデルは、三次元地質モデリングソフトウェアなどを用いて定量的に作成する。本検討では、地下概念モデルの構築において、各地質要素の存在の確からしさと地下水流動に与える影響を考慮して、取り扱う構造を絞り込んだ。

具体的には、本地点では、第四系完新統堆積層、第四系更新統堆積岩類、第四系火山岩類、新第三系堆積岩類、新第三系火成岩類及び新第三系付加コンプレックスをモデル化した。あわせて、富士山直下と蒲原丘陵周辺の貫入岩、神縄断層の西方延長などを考慮したモデルを作成した。

⑥ 地下水モデルの構築

構築した地質モデル、地下水概念モデルに基づいて、地下水モデルを構築する。地下水モデルは、解析メッシュを作成するとととともに、境界条件、解析条件等を設定する作業になる。

空間解像度（メッシュサイズ）は、解析領域の大きさ、解析精度及び計算負荷を踏まえて設定する。広域的・大局的な地下水流動を評価する場合には、それほど細かいメッシュ分割は必要ないと考えられる。ただし、局所的な構造あるいは流動を評価する場合、粗いメッシュ分割であると、これらを解析上で表現できない可能性があるため、細かく分割する必要がある。

境界条件については、地表面については降雨浸透境界、海底面については流入出境界のような自然現象を表現できる境界条件を設定することが望ましい。

境界条件や解析条件の設定においては、文献値からだけでは、十分に確からしい値の設定が難しい場合がある。地下水流動解析では、初期のモデル（境界条件、解析条件など）では、観測値を十分に再現できないことが多い。このため、後述するように観測値などを用いてモデルを校正してから評価・予測に使用するのが一般的である。これらのことから、この段階では、文献値があるものは、それに基づいて値を設定する。文献値がないものは、現実的に取りうる値を推測して仮の値を設定する。

具体的には、本地点では、水圧、塩分、水素・酸素同位体比及び ^{3}H を対象に解析を実施した。塩分については、海水による密度流を考慮するためである。ただし、塩分を考慮した解析は、非線形計算となり多大な計算量を必要とするため、密度流の影響を考慮すべき一部のケースのみとしている。水素・酸素同位体比の解析例は多くないが、ここでは富士山周辺の標高が高く、大きな高度効果（涵養標高によって水素・酸素同位体比が変化する効果）が期待できるため解析対象とした。^{3}H については、当初の解析では実施していたが、採水時期に対して核実験の影響などの考慮が難しく、短い滞留時間しか評価できないことから、解析対象から除外した。

⑦ 地下水モデルの校正

地下水モデルは、初期のモデルでは、予測・評価に用いることが困難なため、一部の観測値に基づいて校正することが一般的である。校正とは、文献などで取得した観測値（水圧、塩分、水素・酸素同位体比などの物質の濃度）と解析値が整合するように、解析モデルの境界条件や解析条件（入力パラメータ、例えば、透水係数、間隙率など）を修正する作業である。分析前に、既知の試料を分析し、パラメータを決めることを校正とよぶが、それと同様の作業である。

ここでは、非線形最小二乗法に基づく逆解析ソフト（PEST）によって、地質区分の透水係数を校正した。逆解析に用いる観測値は、地下水位、酸素同位体比を使用した。また、逆解析中で計算されるパラメータの感度情報から、推定値の推定誤差などを算出した。

具体的には、観測値を用いて各地質構造の透水係数を対象に逆解析を実施した。観測値は、関連文献や国、県などの資料から採取したものを用いた。逆解析を実施した結果、浅部の第四系火山岩類については、ややバラツキがおおきいものの、第四系完新統堆積層、第四系更新統堆積岩類、新第三系堆積岩類については、概ねパラメータを推定することができた。一方で、局所的な構造である断層や、深部に位置する新第三系付加コンプレックスについては、その周辺に観測値が少ないため、推定が困難であった。実施当初のデータセット（浅部の関連文献のみ）では、浅部の地層もあまり上手く推定ができなかった。後に、国土地盤情報検索サイト国土地盤情報検索サイト、静岡県地理情報システムなどの観

測値を加えたことで、観測値の範囲および領域が富士山帯以外にも広がり、逆解析による透水係数の推定が改善された。このように、校正に用いる観測値（データ）が十分でない場合には、校正が上手くいかない可能性が高いため、文献から得たデータだけでなく、その他のデータ調査の実施、もしくは地表調査などを並行して実施することが重要と考えられる。

⑧ 不確実性低減対策の検討

地質モデルに含まれる不確実性は、データそのものに内包される不確実性（計測誤差や計測対象の妥当性など）と、モデル化に伴う不確実性（同じデータから複数の作業仮説が想定しうる）がある。前者は基本的には現地調査によって不確実性を低減するものであり、本検討では主に後者の不確実性を考慮した。ここでは、モデルの不確実性は考えうる複数のモデル（作業仮説）を提示することで表現した。

地下水モデルの不確実性は、観測値や入力パラメータの不確実性だけでなく、概念化の相違も含まれる。これは、地質モデルに含まれる不確実性に起因する。このため、提示された複数のモデルに基づいて、地下水に影響が大きいと考えられる地質構造、例えば、断層、貫入岩などについて、どれを考慮すべきかを検討し、影響の大きいものを抽出し、モデルを絞る必要がある。ここでは、抽出した構造を考慮してモデル化を行い、その構造に対する感度解析を行った。影響が大きい場合には、それらについて調査を実施することが必要である。

これらの他に、モデルを校正する際に、逆解析を実施しており、この結果から、パラメータの推定誤差、観測値の感度なども明らかになる。

文献データではこれ以上の検討は困難なため、これらを考慮して、次は原位置調査を計画することになる。計画立案後は、地質データの収集と精査の部分に戻り、地表調査、原位置調査を実施していくという流れになる。

最初の地質のモデル化のプロセスは Do に相当し、それに続く地下水モデルの作成と解析などが Check、地下水モデルの校正や感度解析などでの課題抽出が Act、それを次の Plan に反映させる。上記のように検討を繰り返していくことで、徐々にモデルが良くなると想定される。

特にモデル化の初期段階では、未知のことも多く、モデルの絞り込みが困難なことが多い。特に文献データなどは玉石混合であると考えられる。このため、これらを考慮し、地表調査・原位置調査などやこれらの繰り返しで、不確実性を小さくしてくことが重要であると考えられる。

引用文献

青池 寛, 伊豆衝突帯の構造発達, 神奈川県立博物館調査研究報告（自然）, vol.9, 1999, pp.113-151.

天野一男, 秋山雅彦, フィールドジオロジー入門, 日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編・フィールドジオロジー１, 日本地質学会, 2004, 154p.

Aquanty Inc., HydroGeoSphere (HGS) Theory Manual, 2015.

Chappell, J., Omura, A., Esat, T., McCulloch, M., Pandolfi, J., Ota, Y. and Pillans, B., Reconciliation of late Quaternary sea levels derived from coral terraces at Huon Peninsula with deep sea oxygen isotope records, Earth and Planetary Science Letters, vol.141, Issues1-4, 1996, pp.227-236.

地学団体研究会編, 新版地学辞典（本編）, 平凡社, 1996, 1443p.

地質リスク学会・全国地質調査業協会連合会共編, 地質リスクマネジメント入門, オーム社, 2010, 204p.

Diersch, H.-J., G., FEFLOW Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media, Springer, 2014.

Doherty, J., Calibration and Uncertainty Analysis for Complex Environmental Models. Watermark Numerical Computing, Brisbane, Australia. 2015, ISBN: 978-0-9943786-0-6.

動力炉, 核燃料開発事業団,日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成, 動力炉・核燃料開発事業団, 1996, PNC TN7450 96-002.

Goode, D.J., Direct simulation of groundwater age, Water Resources Research, vol.32, No.2, 1996, pp.289-296.

長谷川四郎,中島 隆, 岡田 誠, 層序と年代, 日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編・フィールドジオロジー2, 日本地質学会, 2006, 175p.

長谷川琢磨, 五十嵐敏文, 田中靖治, 土 宏之, 小野文彦, 沿岸海底下の地下水流動状況に関する数値解析的検討, 地下水学会誌, 第 43 巻, 第 4 号, 2001, pp.289-300.

長谷川琢磨, 宮川公雄, 海水準変動を考慮した地下水流動解析モデルの検証―花崗岩が分布する沿岸域を対象として―, 電力中央研究所報告, 研究報告:N08013, 2001.

原田尚, 高木秀雄, 伊豆－小笠原弧衝突域に分布する新第三紀花崗岩類中のマイクロクラックを用いた古応力場の復元とその変遷, 日本地質学会第 116 年学術大会講演要旨, 2009

Hill, M., C. and Tiedeman C., R., Effective Groundwater Model Calibration with Analysis of Data, Sensitivities, Predictions, and Uncertainty, WILEY-INTERSCIENCE, 2007.

保柳康一, 松田博貴, 山岸宏光, シーケンス層序学と水中火山岩類, 日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編・フィールドジオロジー4, 日本地質学会, 2006, 180p.

Imanaga, I., Stratigraphy and tectonics of the Ashigara Group in the Izu collision zone, central Japan, Bull . Kanagawa Prefect. Museum, Natur. Sci. , vol.28, 1999, pp.73-106.

石原武志, 水野清秀, 海陸シームレス地質情報集, 駿河湾北部沿岸域, 海陸シームレス地質図 S-5, 駿河湾北部沿岸域における平野地下の浅部地質構造, (国研)産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016, 24p.

狩野謙一, 村田明弘, 構造地質学, 朝倉書店, 1998, 298p.

木方建造, 新 孝一, 近藤浩文, 田中靖治, 幡谷竜太, 上田圭一, 長谷川琢磨, 高レベル放射性廃棄物処分に係る概要調査の体系化研究－調査・評価フローの構築と要素技術開発, 電力中央研究所報告（総合報告）, N11, 2010, 120p.

国土交通省国土政策局：全国地下水資料台帳, https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/f9_exp.html（最終確認 2022.3.22）.

国土交通省, 国土地盤情報検索サイト Kunijiban, KuniJiban (pwri.go.jp)（最終確認 2021.5.25）.

駒澤正夫, 重力測定による富士山の重量と内部構造, 地質ニュース, vol.590, 2003, pp.44-48.

近藤浩文, 木方建造, 五嶋慶一郎, 長谷川琢磨, 浜田崇臣, 大山隆弘, 鈴木浩一, 後藤和幸, 末永 弘, 中田弘太郎, 田中姿郎, 長岡 亨, 窪田健二, 土 宏之, 三和公, 村元茂則, 河野一輝, 伊藤久敏, 高レベル放射性廃棄物等の処分地選定のための概要調査技術に係わる実証研究－地質環境条件に応じた掘削・孔内調査・試験手法の適用性と課題－, 電力中央研究所報告（総合報告）, N15, 2011, 117p.

近藤浩文, 鈴木浩一, 長谷川琢磨, 五嶋慶一郎, 吉村公孝, 村元茂則, 高レベル放射性廃棄物等の処分地選定のための概要調査技術に係わる実証研究（その 2）－沿岸域堆積軟岩地点における地質環境モデルの構築と地表物理探査手法の検証－, 電力中央研究所報告, N11038, 2012, 30p.

近藤浩文, 鈴木浩一, 長谷川琢磨, 濱田崇臣, 吉村公孝, 地層処分地選定のための地質環境調査技術の実証研究：調査段階に応じた地質環境モデルの構築と調査手法の適用性検討, 地質学雑誌, vol.120, 2014, pp.447-471.

Kooi, H. and Groen, J., Modes of seawater intrusion during transgressions, Water Resources Research, vol.36, No.12, 2000, pp.3581-3589.

Machida, I., Ono, M., Koshigai, M. and Marui, A., Comparison of the age of groundwater around a saltwater-freshwater mixing zone. Session 8.02, 43rd IAH congress, Montpellier, France, 2016.

松原彰子, 駿河湾奥部沖積平野の地形発達史, 地理学評論, vol.57, 1984, pp.37-56.
松田時彦, 富士山の基盤の地質と地史, 富士火山, 2007, pp.45-57.
村本敏夫, 岸 和男, 地下水の塩水化についての研究―第 1 報　溶岩帯水層の水理地質学的性質―, 地質調査所月報, 第 18 巻, 第 6 号, 1967, pp.379-392.
中村一明, 島崎邦彦, 相模・駿河トラフとプレートの沈み込み, 科学, vol.51, 1981, pp.490-498.
原子力発電環境整備機構/NUMO, 地層処分事業の安全確保（2010 年度版）－確かな技術による安全な地層処分の実現のために－, NUMO-TR-11-01, 2011.
原子力発電環境整備機構/NUMO, 包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－, 本編・付属書, NUMO-TR-20-03, 2018.
原子力発電環境整備機構/NUMO, イチから知りたい！地層処分と文献調査 https://www.numo.or.jp/chisoushobun/ichikarashiritai/bunken.html#（最終確認 2021.12.9）
岡村行信, 湯浅真人, 倉本真一, 海洋地質図 52, 20 万分の 1 駿河湾海底地質図及び同説明書, 通商産業省 工業技術院 地質調査所, 1999, 44p.
小野昌彦, 井川怜欧, 町田 功, 丸井敦尚, 村中康秀, 神谷貴文, 大山康一, 伊藤 彰, 水文環境図 No.9「富士山」. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016, https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/contents/fujisan/fujisan/fujisan.htm（最終確認 2022.3.22）.
大熊茂雄, 中塚 正, 山谷祐介, 海陸シームレス地質情報集, 駿河湾北部沿岸域, 海陸シームレス地質図 S-5, 20 万分の 1 駿河湾北部沿岸域空中磁気図(全磁力異常)及び同説明書, (国研)産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2016, 15p.
小川勇二郎, 久田健一郎, 付加体地質学, 日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会編・フィールドジオロジー5, 日本地質学会, 2005, 160p.
尾崎正紀, 水野清秀, 佐藤智之, 海陸シームレス地質情報集, 駿河湾北部沿岸域, 海陸シームレス地質図 S-5, 5 万分の 1 富士川河口断層帯及び周辺地域地質編纂図(同説明書), (国研)産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2016.
リスクマネジメント規格活用検討会編, ISO31000:2009 リスクマネジメント 解説と適用ガイド, 日本規格協会, 2010, 147p.
Saito, K., Otomo, I., Takai, T., K-Ar Dating of the Tanzawa Tonalitic Body and Some Restrictions on the Collision Tectonics in the South Fossa Magna, Central Japan, Journal of geomagnetism and geoelectricity, vol.43, no.11, 1991, pp.921-935.
産業技術総合研究所, 平成 26 年度 海域地質環境調査確証技術開発成果報告書, 2015.
産業技術総合研究所, 海域地質環境調査確証技術開発成果報告書 3 箇年とりまとめ（総括報告書）, 2016.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム評価確証技術開発）成果報告書, 2019.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 令和 2 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム評価確証技術開発）成果報告書, 2020.

産業技術総合研究所 (編), 20 万分の 1 日本シームレス地質図, 産業技術総合研究所, 2020, https://gbank.gsj.jp/seamless/（最終確認　2022.3.11）

佐藤智之, 荒井晃作, 海陸シームレス地質情報集, 駿河湾北部沿岸域, 海陸シームレス地質図 S-5, 20 万分の 1 駿河湾北部沿岸域海底地質図及び同説明書, (国研)産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2016, 25p.

関根一郎, 西牧 均, 石垣和明, 原 敏明, 斎藤 章, 岩石の比抵抗値とその力学的性質とその関係, 土木学会論文集, No.541, III-3, 1996, pp.75-86.

柴 正博, 大久保正寿, 笠原 茂, 山本玄珠, 小林 滋, 駿河湾団体研究グループ, 静岡県富士川下流域の更新統, 庵原層群の層序と構造, 地球科学, vol.44, no.4, 1990, pp.205-223.

静岡県, 静岡県地質情報システム, 静岡県地理情報システム (pref.shizuoka.jp)（最終確認 2021.5.25）.

杉村 新, 日本付近におけるプレートの境界, 科学, vol.42, 1972, pp.192-202.

杉山雄一, 下川浩一, 静岡県庵原地域の地質構造と入山断層系, 地質調査所月報, vol.33, no.6, 1982, pp.293-320.

杉山雄一, 松田時彦, 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅)「南部地域の地質」及び同説明書, (国研)産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2014, 134p.

平 朝彦・中村一明編, 日本列島の形成, 岩波書店, 1986, 414p.

高須賀俊文, 藤本光一郎, 萬年一剛, 静岡県裾野市十里木の坑井試料に基づく富士山, 愛鷹山, 基盤の分布と岩石学的特徴（P-21）, 認定 NPO 法人 富士山測気候所を活用する会第 8 回成果報告会講演予稿集, 2015, 2p.

登坂博行, 地質時間にわたる塩淡遷移帯の形成過程と形態変化に関する数値解析的検討（その 2）―動的境界条件下における検討―, 応用地質, 第 43 巻, 第 5 号, 2002, pp.306-315.

戸崎裕貴, 浅井和由, 富士山の地下水年代, 地学雑誌, 第 126 巻 1 号, 2017, pp.89-104.

Tsuya, H., Geological and Petrological Studies of Volcano Fuji (VI): 6. Geology of the Volcano as Observed in Some Borings on its Flanks, Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, vol.40, no.4, 1962, pp.767-804.

海野 進, 大木光一, 南部フォッサマグナ岩渕火山群の岩石学, 日本地質学会第 96 年学術大会講演要旨, 1989.

Watermark Numerical Computing, PEST Model-Independent Parameter Estimation User Manual Part I: PEST, SENSAN and Global Optimisers, Latest additions: January 2021, 2021.

Yajima, T., The Sanogawa gabbro-diorite complex, Sci. Rep. Saitama Univ. Ser. B, vol.5, 1970, pp.199-230.

矢島敏彦, 加藤尚祐, 南部フォッサマグナ地域, 天子山地南西部の南北性岩脈について, 埼玉大学紀要 教育学部（数学・自然科学）, vol.29, 1980, pp.35-49

山崎晴雄, プレート境界部の活断層－駿河湾北岸内陸地域を例にして－, 月刊地球, vol.1, no.8, 1979, pp.570-576

Yamazaki H., Tectonics of a Plate Collision along the Northern Margin of Izu Peninsula, Central Japan, 地質調査所月報, vol.43, no.10, 1992, pp.603-657.

柳澤孝一, 武田精悦, 茂田直孝, 仙波 毅, 須山泰宏, 戸井田克, 高瀬博康, 西垣 誠, 地質環境特性を対象とした不確実性解析の方法論-東濃地域を対象とした適用性検討-, 地下水学会誌, vol.48, no.3, 2006, pp.149-167.

安原正也, 風早康平, 丸井敦尚, 富士山の地下水とその涵養プロセスについて, 富士火山, 山梨県環境科学研究所, 2007, pp.389-405.

山本荘毅, 富士山とその周辺の陸水, 「富士山」富士山総合学術調査報告書, 富士急, 1971, pp.151-209.

Yokota, T., Kawasaki, S., Tanaka, Y., Noda, K., A seismic survey at the region near the mouth of Fuji River, Shizuoka Pref., Japan, ASEG Extended Abstracts 25:1, 2015, 15p.

第３章　海陸連続３次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得方法の高度化

３－１ 陸域から海域にかけての地質環境特性の把握技術の高度化

（１） 調査孔を用いた沿岸部における水文地質特性の把握

① 駿河湾沿岸部における調査孔の掘削

(a) 背景と目的

平成 29 年 5 月に経済産業省が公開した科学的特性マップにおいて日本国内の沿岸域の大部分は「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」の内、「輸送面でも好ましい」地域とされている（経済産業省，2017）。一方で、平成 28 年 8 月に経済産業省が公表した“沿岸海底下における地層処分の技術的課題に関する研究会とりまとめ“では平成 27 年に総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループにおいて、沿岸部における一般性と課題についての指摘があったことが記載されており、これを受ける形で、研究会において沿岸部（海岸線から陸側に 20 km、海側に 15 km の範囲）の地質環境において検討すべき項目として、海水準変動、塩淡境界、水理場、化学場が抽出され、これらの特徴について説明がなされている（経済産業省，2016）。これらの項目は全て地下水に関連づけられており、沿岸部における地下水特性の把握が、沿岸海底下等における安全な地層処分事業の実施に必要不可欠であることがわかる。本とりまとめでは、海域を含めた沿岸部における地層処分を実現するために必要な基本的な技術は概ね整備されているものの、信頼性の更なる向上にむけて技術の高度化に引き続き取り組む必要性が示されており、また地質環境調査・評価と工学的対策や安全評価を組み合わせた包括的な調査・評価技術の体系的な整備の実施の必要性も示されている。また平成 30 年 3 月に公開された”地層処分における全体計画（平成 30 年度 - 令和 4 年度）“においても、沿岸海底下の地質環境特性の調査・評価技術の整備が項目として挙げられており、沿岸部陸域から沿岸海底下までを対象とした広域地下水流動の連続性や長期にわたり安定な水理場や化学環境の存在、断層の地下水流動への影響などが把握できるように調査・評価技術を体系的に整備することが求められている（地層処分研究開発調整会議，2019）

本研究では、経済産業省（2016）において検討項目とされている海水準変動、塩淡境界、水理場、化学場と地下水流動との関係について、一般性の抽出も視野に入れつつ検討を行い、さらに地層処分研究開発調整会議（2019）において述べられている沿岸部陸域から海域にかけての広域地下水流動系を含む地質環境特性の把握技術の高度化の一環として、海陸連続 3 次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得手法の高度化を目指した。また、研究を進めるにあたり概要調査段階を想定した調査孔を用いた地質環境と工学的対策（施設設計や性能評価）との分野間連携についても意識し、調査孔における物理検層や採水などの調査項目の検討をおこなった。

上記の理由から、本ボーリング調査における目的は、沿岸部地下水の特性把握の観点から①陸域と海域の地下水の連続性の把握、②塩淡境界付近における地下水の流向・流速の確認、③塩水領域の地下水質と年代の把握、分野間連携の観点から④物理検層による地質

情報や物理パラメータの取得とデータが持つ代表性の検証、⑤初期地圧測定のための新たな水平応力測定手法の検証とした。

(b) 調査地域の概要

本研究地域は駿河湾沿岸部である。上述したように沿岸部における地下水特性の一般性の把握は本研究における重要なテーマの一つである。これまでに地層処分において数多くの地下水研究が実施されているが、日本全国の沿岸部地下水の一般性に着目した研究は、産業技術総合研究所ほか（2018）において実施されたシステマティック区分のみである。この研究では、日本全国の沿岸域における 90 地点で深部地下水を採水し、地下水年代測定結果と水質から地下水を現降水、現海水、氷期降水、化石海水の 4 つに分類するとともに、井戸直下の地下地質ごとにその割合を示した（**エラー! 参照元が見つかりません。**）。その結果、地下深部に賦存されている地下水の種類と地質との間には、明瞭な関係性があることが示された。また地下水年代と地形・地質学的要素を対象とした多変量解析を実施し、海底地形勾配が地下水年代の決定に大きく関与していることを明らかにした。

駿河湾は、産業技術総合研究所が平成 19 年度～24 年度にかけて調査した北海道幌延町沿岸部とは異なり、急峻な地形を有し、上述したシステマティック区分による結果では 10 万年を超える古い地下水年代を持つ地下水が海底下に存在しづらい環境である。一方で、後背地に標高 3,000 m を超える富士山を持つことから地下水の動水勾配が大きく、既存の調査において、陸域の地下水流動が調査され、明確な海底湧出地下水の存在が確認されているなど、国内で最も陸域から海域の地下水流動特性を確認しやすい地域である。

(c) 既存調査に基づく調査地域の水理地質特性

図 3-1- 2 に示すように、本研究の調査地点 FGB-2 孔（後述）は、入山瀬断層の東側の富士川扇状地の上に位置し、海岸線からは約 300m内陸にある。富士川扇状地の地形・地質学的な特徴については、過去に同じ地域で調査を実施した受託事業である海域地質環境調査確証技術開発の成果報告書（産業技術総合研究所，2013; 2014; 2015）や、本事業における報告書（産業技術総合研究所ほか，2019）に詳細が記載されており、また水質や同位体を含む水文データについては、井川ほか（2016）や小野ほか（2016）などが報告されているため本稿では概略のみを記載する。図 3-1- 3 は産業技術総合研究所（2013）による 2014 年 1 月に実施された海岸線から約 1.2 km の海域を対象に実施した広域曳航調査における海水中（水深 1 m）の ^{222}Rn 濃度の測定結果を示したものである。^{222}Rn はウラン崩壊系列に属する放射性同位体であり、親核種は ^{226}Ra である。^{226}Ra は岩石の鉱物中に含まれており、α 崩壊により ^{222}Rn を大気や水などの接触している媒体中へ放出する。^{222}Rn は水への溶解性は高い一方で、大気と接触すると大気中へと散逸する性格をもつため、地下水中の濃度は高いものの、河川水や海水中の濃度は低くなる。したがって、沿岸部にお

ける海底湧出地下水を検出するためのよいトレーサーとなる（Burnett et al., 2001; 2010）。

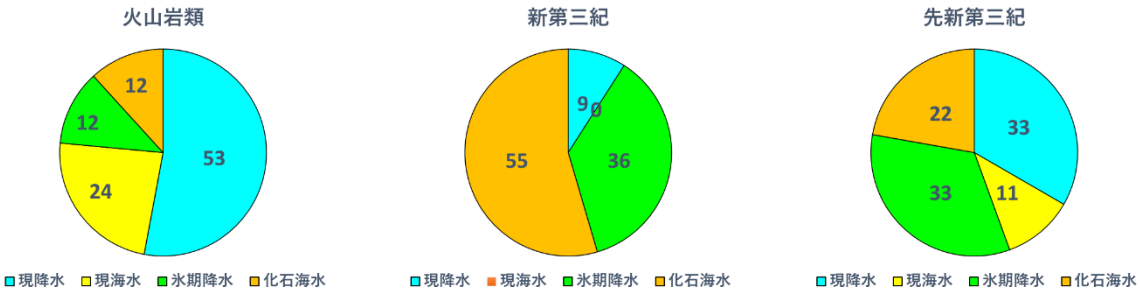


図 3-1- 1 地下地質ごとの地下水の区分
（火山岩類 17 地点、新第三紀堆積岩類 11 地点、先新第三紀堆積岩類 18 地点、
円グラフの単位は%）（産業技術総合研究所ほか，2019）

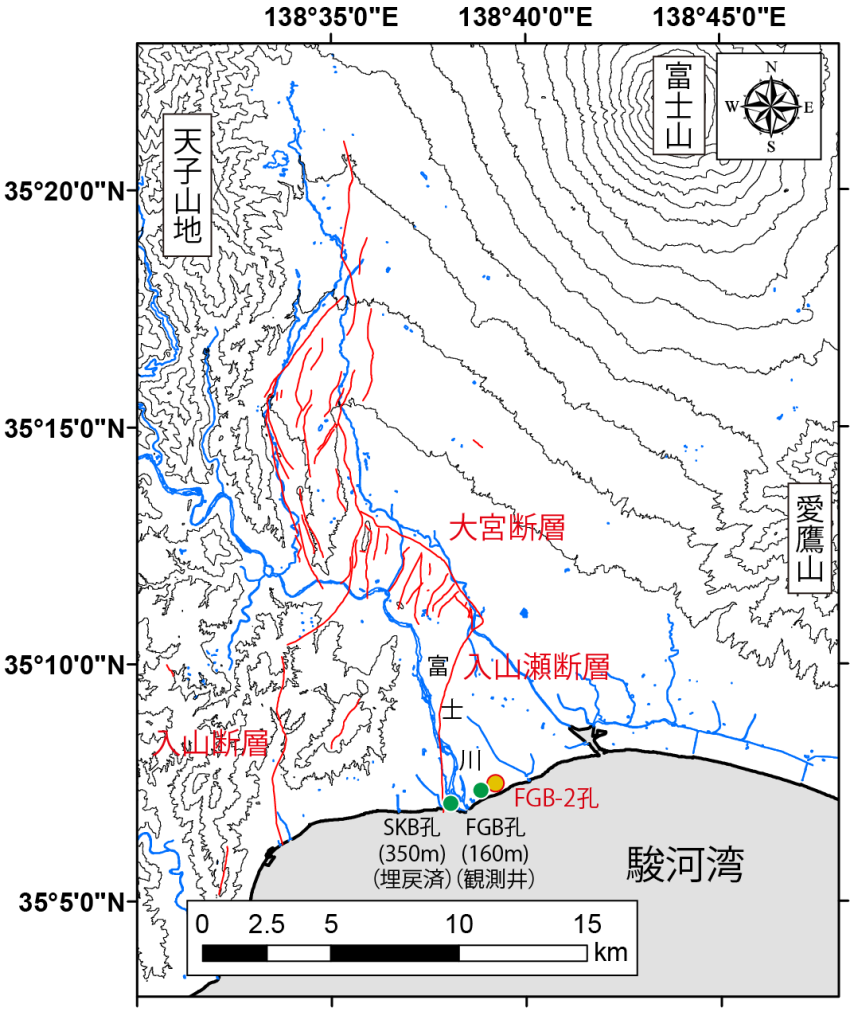


図 3-1- 2 調査地点 FGB-2 孔の位置図

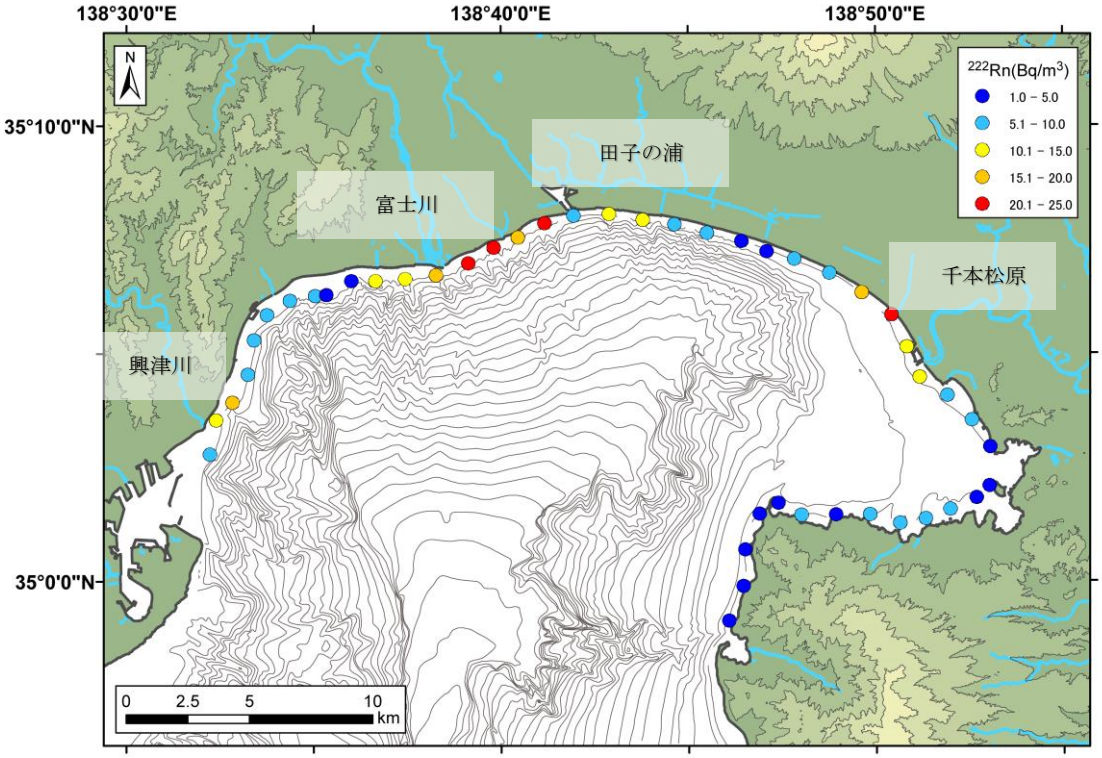


図 3-1- 3 駿河湾における海水中の ^{222}Rn 濃度分布

（産業技術総合研究所，2013）

本地域では、富士川から田子の浦にかけて相対的に高い ^{222}Rn 濃度が検出されており、^{222}Rn と電気伝導率の関係から、これらの Rn 濃度が地下水に起因していることが明らかとなっている。またサイドスキャンソナーを用いた海底地形探査により、音波の散乱域が水深 150 - 170 m の範囲に存在していることがわかっている（図 3-1- 4）。音波の散乱については複数の要因が考えられるため、必ずしも海底湧出地下水の存在を表しているわけではないが、広域曳航調査と同時期に実施された底層水の採水結果からは、部分的に高い ^{222}Rn 濃度が検出されており、音波の散乱域が海底湧出地下水との関連性が示唆されている。

陸域に関しては同事業において 2014 年と 2015 年にかけて富士川の西側と東側にそれぞれ SKB 孔と FGB 孔という 2 つの調査孔を掘削した（図 3-1- 2）。それぞれの調査孔の深度は 350 m と 160 m である。２つの調査孔ではオールコアリングによる地質試料の採取、孔内物理検層、ならびに採水を伴う連続揚水試験などの水理試験を実施した。SKB 孔については 10 深度で、地下水の水温、pH、電気伝導率、無機溶存イオン濃度、水素・酸素安定同位体比（δD やδ^{18}O）、放射性炭素同位体（δ^{13}C や ^{14}C）、溶存ヘリウム（^{3}He/^{4}He）の測定、分析し、FGB 孔ではスクリーンが設置された深度 150.83 - 157.33m–にかけて水理試験をおこなった。図 3-1- 5 は SKB 孔における Cl^-濃度、δD および ^{14}C 濃度の鉛直プロファイルを示したものである。本図より、SKB 孔（汀線より 50m 内陸）では、深度 170m 以深で Cl^-濃度とδD は、海水と値とほぼ一致する。一方で ^{14}C 濃度は深度 170 m 付近でもっとも小さい値、すなわち最も古い地下水年代を示す。図 3-1- 6 はこれらの調査結果から推定される Machida et al.(2016)による沿岸部における地下水の流動系を示した概念図である。本図から駿河湾では、より深い海底において塩水が陸域に向かって流動し、塩淡境界にて上昇し、その後、塩淡境界に沿って海側に向かって流出していることが推察される。これらの結果は、先述したサイドスキャンソナーによる音波の散乱深度と整合的であるように見える。しかしながら、SKB 孔のコア試料からは、深度 150～170 m 付近に水理的基盤となるような透水性の低い粘土層や溶岩層は見つかっておらず、地下水流動を規定する要因については不明である。一方で FGB 孔（汀線から 350 m 内陸にあり、FGB-2 孔の 150 m 西）に関しては深度 145.0 - 150.7 m に固結した富士火山噴出物の安山岩～玄武岩溶岩が確認されたため、その直下（150.83 - 157.33 m）において水理試験を実施した。その結果、SKB 孔とは異なり、採水深度における Cl^-濃度は 4,986 mg/L と海水の 1/4 程度であり、塩淡境界はさらに深部にあることが明らかとなった。また ^{14}C 濃度は 15　pMC と SKB 孔の深度 170 m 付近で見られた最も古い地下水と同程度の値を示した。FGB 孔が SKB 孔よりも約 300 m 内陸に位置していることから単純に両者を比較することはできないが、少なくとも両者において地質以外にも水理的基盤や塩淡境界の深度を規定する水理条件が存在していることは明らかである。

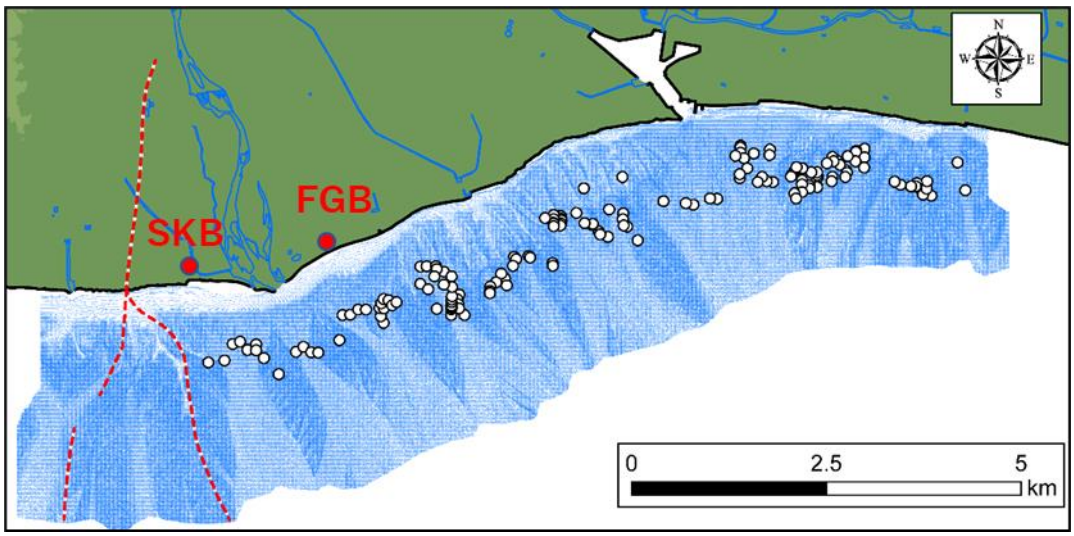


図 3-1- 4 駿河湾における音波の散乱域（産業技術総合研究所，2013 に加筆）

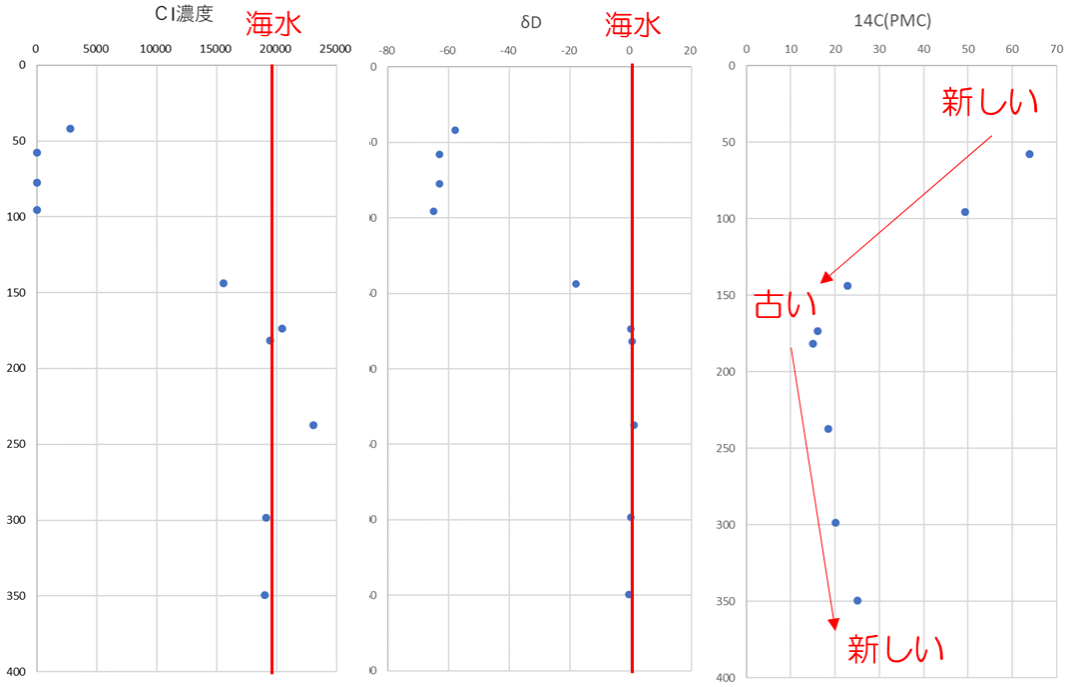


図 3-1- 5 SKB 孔における水質の深度プロファイル

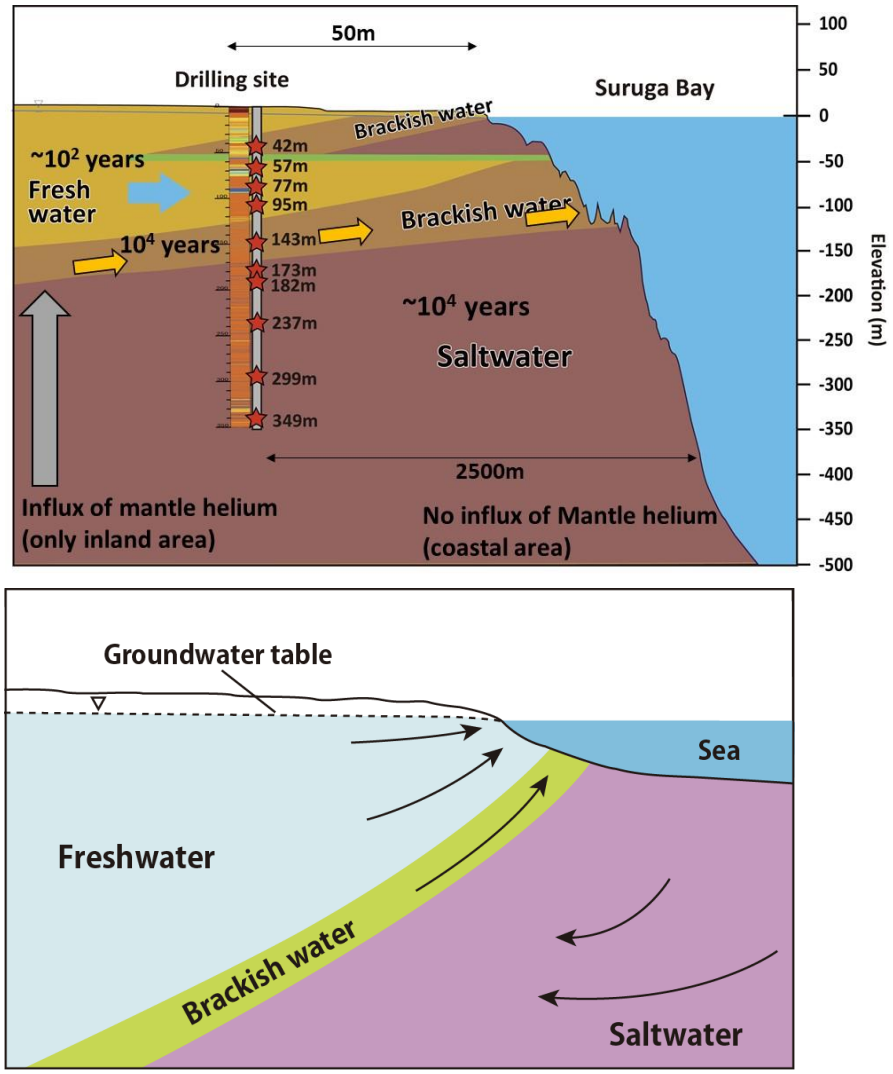


図 3-1- 6 水質や地下水年代から想定される駿河湾沿岸部における地下水流動システム
（Machida et al., 2016 を一部変更）

(d) 今年度の調査孔掘削の概要

本事業で掘削中の FGB-2 孔は、北緯 35.12348 度、東経 138.65254 度、地盤標高は 3.87mに位置する。(a) にて述べたように、本調査孔は 5 つの目的を有しており、この中には、富士川東側の塩淡境界深度や岩層の確認などのほか、分野間連携を意識した研究が含まれる。本調査孔は昨年度までに深度 160 m に到達しており、本年度はこれを増掘し、水理的基盤となりうる可能性がある更新世中期の愛鷹山火山噴出物（溶岩）や鷺ノ田層（シルトを含む堆積岩）が、深度 350 - 400 m 程度にて出現すると想定されたためである（尾崎ほか(2016)の富士川河口断層帯断面図）。なお、今年度の掘削区間ではオールコアボーリングを予定していたが、当初の予想とは異なり、深度 160 m 以深は未固結の砂礫層であった。そのため、一部の深度についてのみオールコアボーリングとし、その他の領域はノンコアボーリングとした。また、水理的基盤に到達しなかったことから、FGB-2 孔は次年度も延伸する予定である。

(e) 調査孔掘削の詳細

(i) 掘削計画と手法

令和 3 年度の FGB-2 孔の掘削に要した期間は準備や後片付けも含め、2021 年 6 月 21 日から 2022 年 3 月 9 日である。ケーシングプログラムは図 3-1- 7 の通りである。深度約 280 m にて段落としを実施しているが、これはこの深度において、揚水と流向流速測定を実施することからケーシングを挿入して強度を保つ必要があったためである。送水掘削に使用した泥水やトレーサー（蛍光染料）については前年度の通りであるため割愛する。前述したように本年度は当初オールコア掘削を予定していたため、深度 160 - 220 m まではオールコア掘削となっている。しかし、地質の状況は、未固結の山体崩壊堆積物と砂礫層が続いて変化せず（図 3-1- 8）、掘進速度の著しい低下が生じたことから、これ以深は深度 280 - 285 m と深度 340 - 346 m を除き、ノンコア掘削とした。ただし、掘削時には、掘削パラメータ（ビット荷重、回転数、送水圧、送水量、排水量）をモニタリングし、地質に変化が認められた場合はただちにオールコア掘削に切り替えることができる状態とした。なお、コアの採取区間は、未固結な地質条件でのコア採取率向上を目的に普通工法を採用した。普通工法は、1 掘進ごとにコアチューブを揚管してコアを回収する工法であり、ワイヤーライン工法と比較してコア回収作業に時間を要するため掘進能率が低いものの少ない送水量で掘削が可能である。そのため脆弱な地質条件においてもコア採取が可能であること、孔壁の緩み抑制が可能で水理試験などの裸孔確保に適していることが利点である。

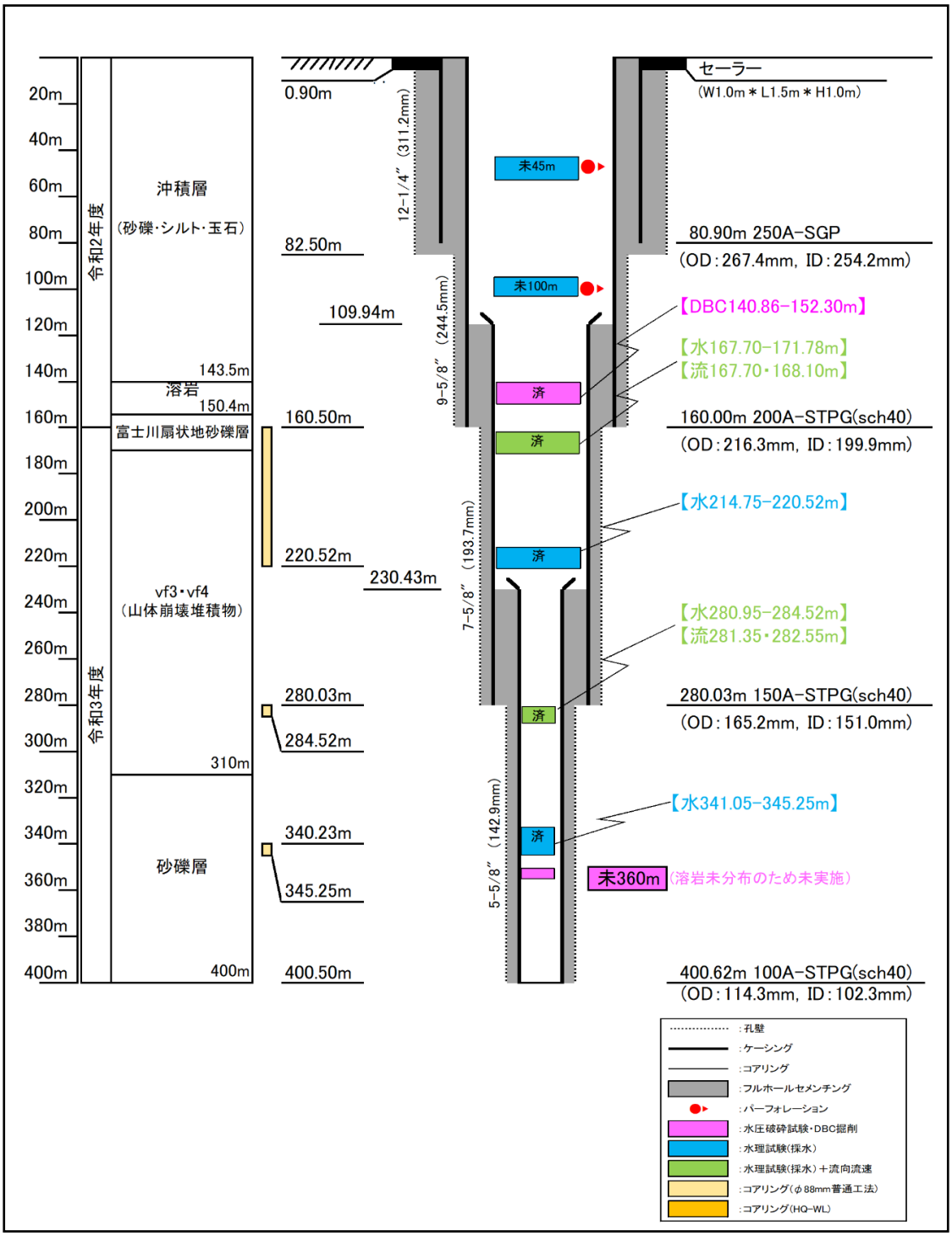
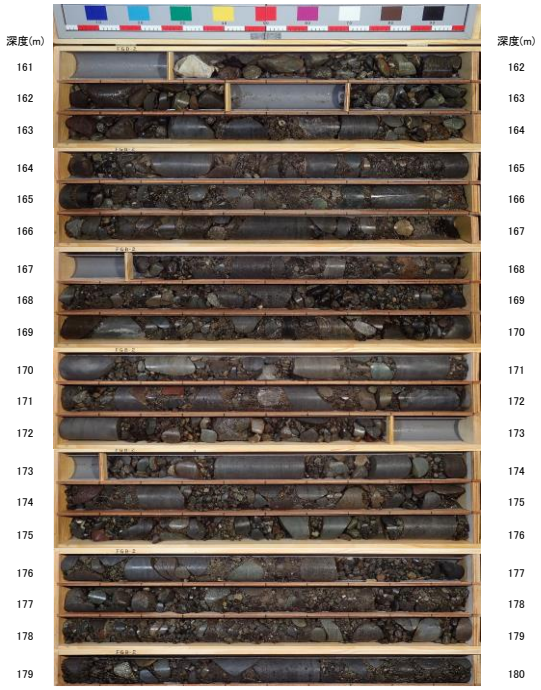
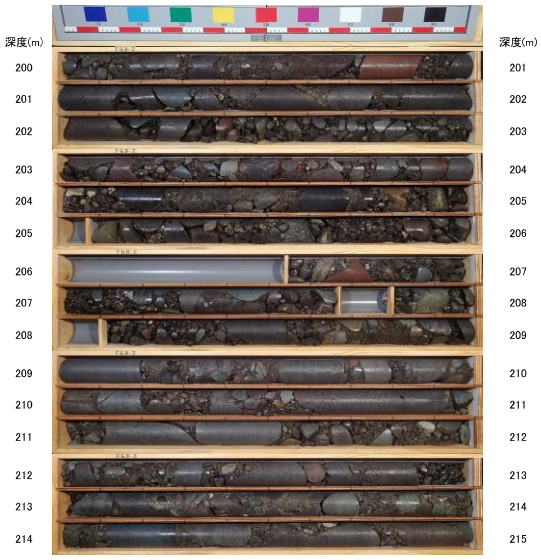


図 3-1- 7 FGB-2 孔におけるケーシングプログラム



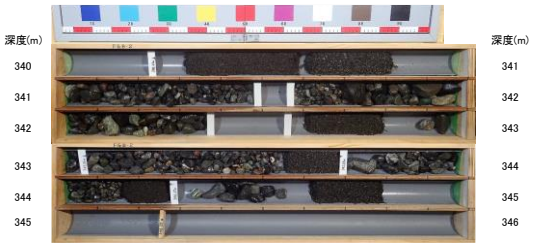
161～180m

180～200m



200～215m

280～285m



340～346m

図 3-1- 8 採取したボーリングコア

（ii）孔内物理検層実施概要

本調査では地盤の物理特性の連続的な把握ならびに孔井仕上げの状況の把握を目的とし、掘削段階に応じて 2 回の孔内物理検層を実施した（Log-1 と Log-2）。今回実施した物理検層の実施項目および実施工程を表 3-1- 1 および表 3-1- 2 に示す。検層結果は図 3-1- 9 ～**エラー! 参照元が見つかりません。**の通りである。全ての項目について測定時には自然ガンマ線を同時測定し、その結果を用いて深度を補正した。なお、孔径検層では、深度 160～170 m 間と深度 341～347 m 間に、顕著な孔径の拡大が認められた。そのため、これらの区間では、センサーを孔壁に密着させて測定する密度検層、中性子孔隙率検層、核磁気共鳴検層（BMR 検層）の測定値に大きな影響（孔隙率が過大に評価）が生じている。

表 3-1- 1 孔内物理検層の実施概要

No.	孔径	孔井深度（m）	検層項目	備考
Log-1	7-5/8″（193.68mm）	280.00	温度 孔径 中性子 密度 BHTV 比抵抗（インダクション） 音波（PS） XRMI 核磁気共鳴	
Log-2	5-5/8″（142.88mm）	400.50	温度 孔径 中性子 密度 比抵抗（インダクション） 音波（PS） XRMI BHTV	

＊自然ガンマ線は，坑内機器の測定部で同時測定した。

表 3-1- 2 孔内物理検層の実施工程

(a) 深度 280m 掘削時

測定種目	測定深度（m）※	測定年月日	測定時間	測定速度 (m/min)	測定方向	備考
温度 (S.T.= 9:19)	0.0 ～ 279.7	2021.11.28	9:54 ～ 10:24	9.3	降下	温度 0.2 ～279.4m 流体電気伝導度 7.1 ～279.4m
孔径	150.0 ～ 279.8		11:53 ～ 12:10	7.6	巻揚	孔径 150.0 ～278.7m
中性子孔隙率 密度	147.1 ～ 279.7		14:50 ～ 15:10	6.6	巻揚	中性子孔隙率 160.1 ～276.1m 密度 160.0 ～279.1m
B H T V	147.2 ～ 279.5		17:15 ～ 18:08	2.5	巻揚	孔壁画像 147.1 ～279.3m
比抵抗（ｲﾝﾀﾞｸｼｮﾝ）	140.0 ～ 279.9	2021.11.29	9:45 ～ 10:00	9.3	巻揚	比抵抗(DEEP) 150.0 ～274.1m 自然電位 150.1 ～276.8m
音波	140.0 ～ 279.9		11:55 ～ 12:11	8.7	巻揚	ﾓﾉﾎﾟｰﾙ 160.0 ～276.0m ﾀﾞｲﾎﾟｰﾙ 173.9 ～276.0m
X R M I	167.0 ～ 279.9		13:56 ～ 14:15	5.9	巻揚	孔壁画像 166.8 ～278.9m
核磁気共鳴	162.0 ～ 279.8	2021.11.30	9:58 ～ 12:04	0.9	巻揚	ｽﾍﾟｸﾄﾗﾙｶﾞﾝﾏ(K) 159.7 ～277.5m T2分布 161.8 ～279.3m

孔内状況 : ビット径 7-5/8" @ 280.00 m
ケーシング 200A @ 160.00 m

孔内水 : ベントナイト
泥水比抵抗 11.09Ω・m @ 12.3℃
比重 1.05 粘速 46.5sec

※ ツールボトム深度基準

(b) 深度 400.5m 掘削時

測定種目	測定深度（m）※	測定年月日	測定時間	測定速度 (m/min)	測定方向	備考
温度 (S.T.= 6:40)	0.0 ～ 400.3	2022.02.18	8:30 ～ 9:11	9.8	降下	温度 0.0 ～400.2m 流体電気伝導度 5.1 ～401.1m
孔径	275.0 ～ 400.3		10:47 ～ 11:00	9.6	巻揚	孔径 275.0 ～399.2m
中性子孔隙率 密度	265.0 ～ 393.2		13:30 ～ 13:53	5.6	巻揚	中性子孔隙率 280.0 ～397.8m 密度 275.0 ～399.7m
比抵抗（ｲﾝﾀﾞｸｼｮﾝ）	260.0 ～ 400.4		16:02 ～ 16:15	10.8	巻揚	比抵抗(DEEP) 275.0 ～394.5m 自然電位 275.0 ～397.2m
	260.0 ～ 400.4		16:24 ～ 16:32	17.5	巻揚	自然電位にノイズ混入のため、自然電位のみを再測定
音波	270.0 ～ 400.1	2021.02.19	10:09 ～ 10:25	8.1	巻揚	ﾓﾉﾎﾟｰﾙ 275.0 ～396.8m ﾀﾞｲﾎﾟｰﾙ 275.0 ～396.6m
X R M I	287.0 ～ 398.0		13:08 ～ 13:44	3.1	巻揚	孔壁画像 286.9 ～392.5m
B H T V	275.0 ～ 400.0		15:42 ～ 16:38	2.2	巻揚	孔壁画像 274.9 ～399.9m

孔内状況 : ビット径 5-5/8" @ 160.50 m
ケーシング 150A @ 280.03 m

孔内水 : ベントナイト、ＣＭＣ
泥水比抵抗 2.94Ω・m @ 11.9℃
比重 1.04 粘速 56sec

※ ツールボトム深度基準

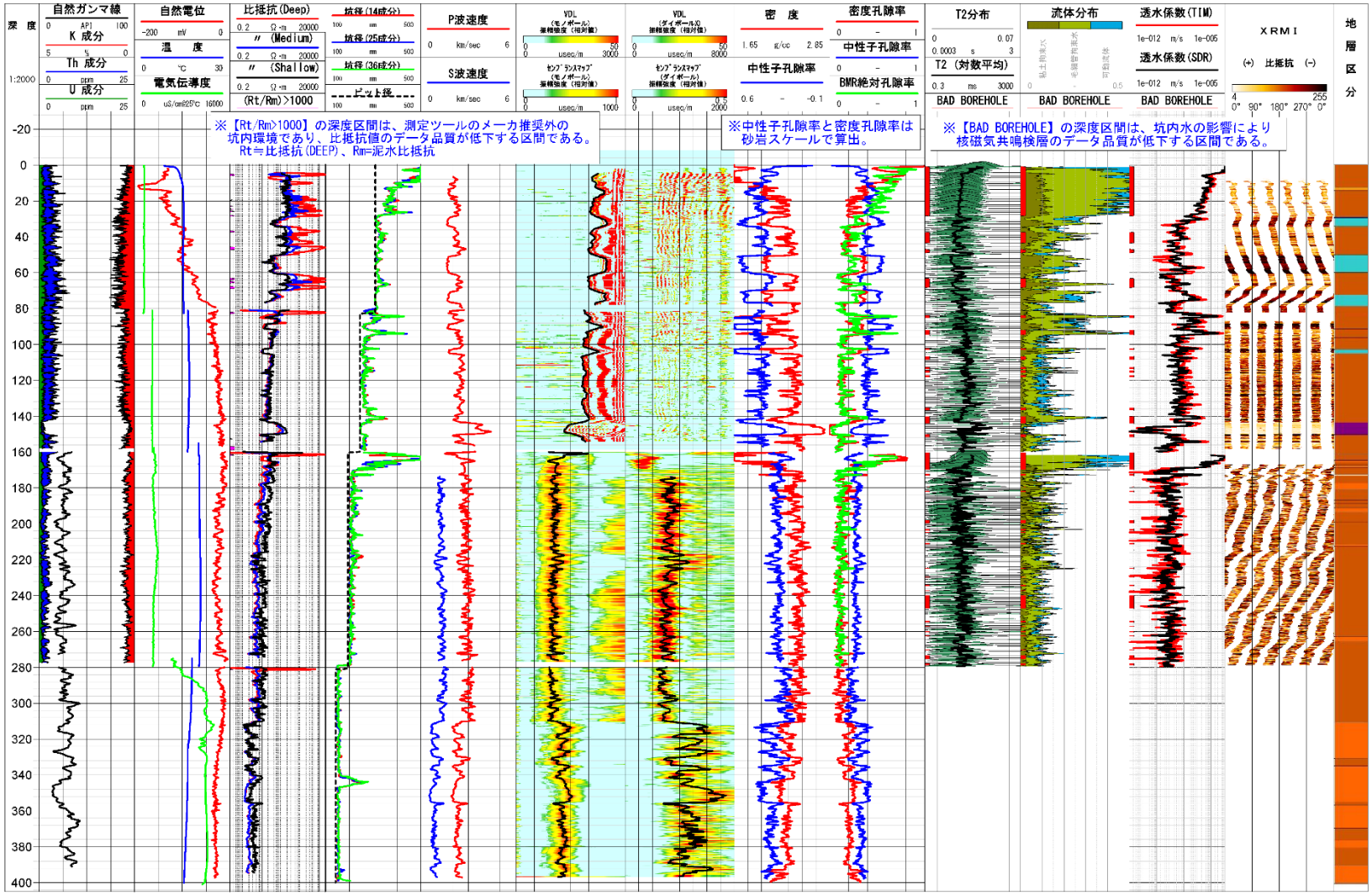


図 3-1- 9 孔内物理検層で得られた物性値の深度分布

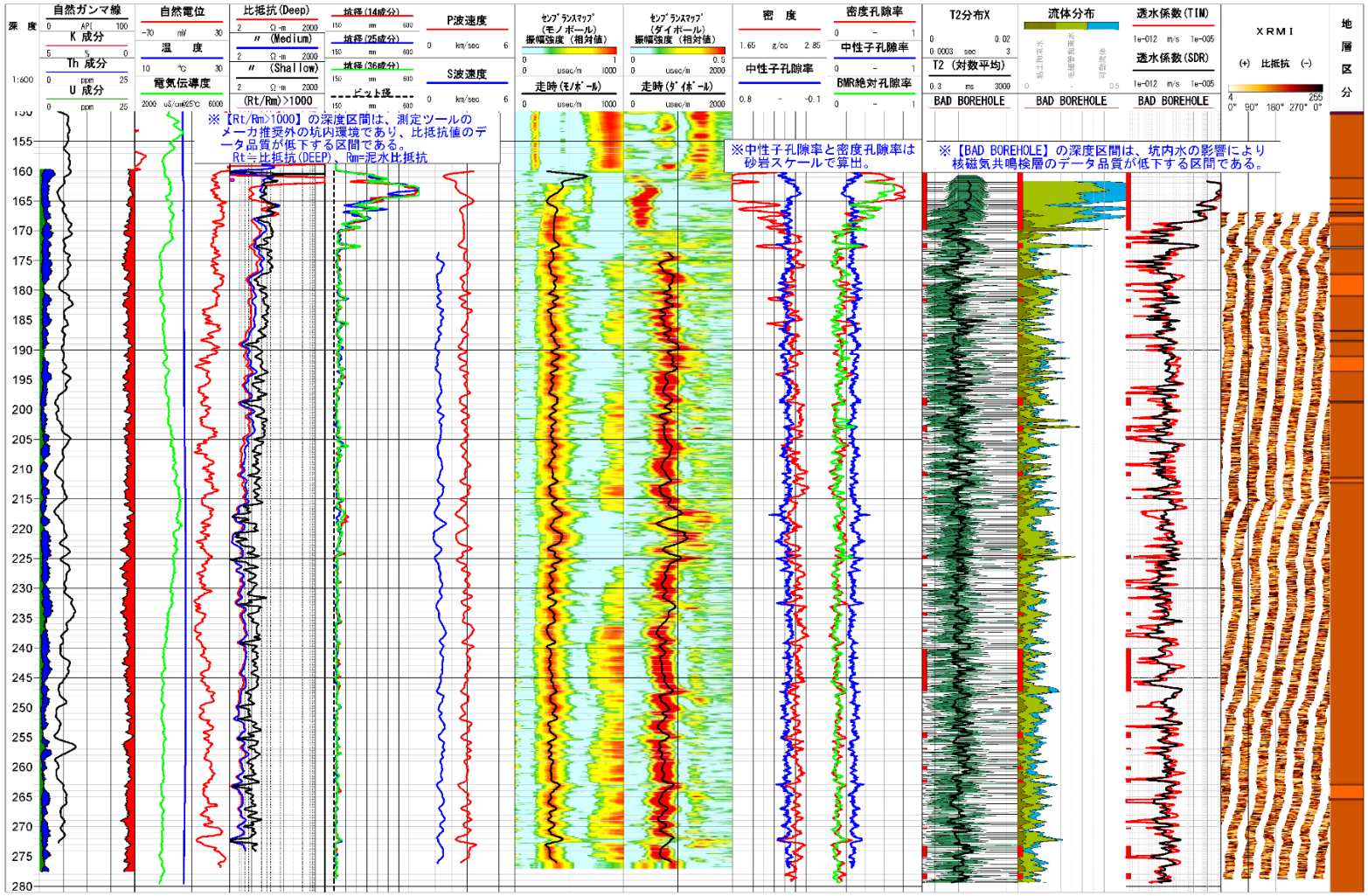


図 3-1- 10 （拡大：深度 280 m まで）

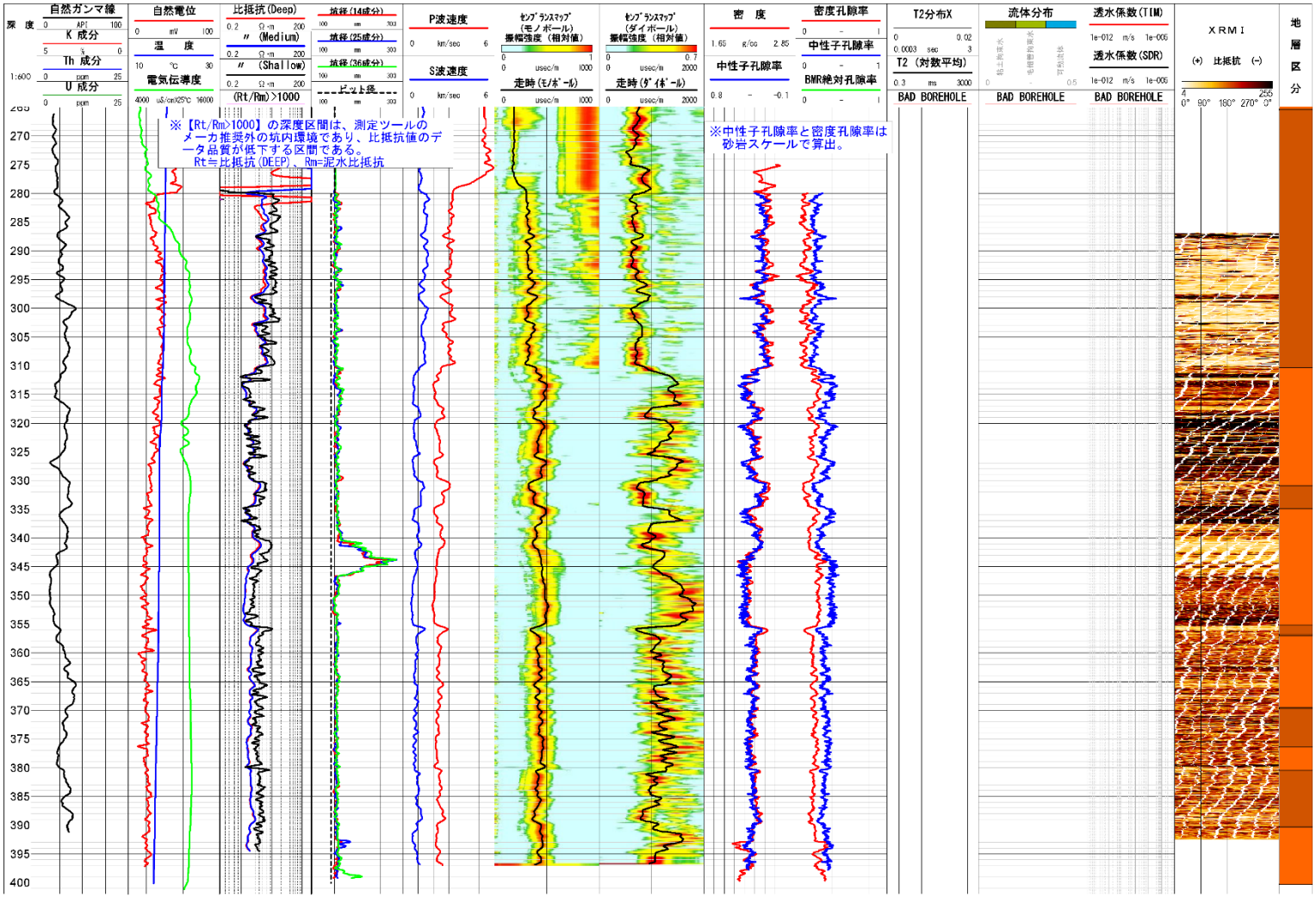


図 3-1- 11 （拡大：深度 280～400m）

（iii）核磁気共鳴検層（BMR 検層）により得られる孔隙率

孔隙率（間隙率と同義であるが、物理検層の分野では孔隙率という用語が使用されている）は、特に地層処分事業の物質移行解析において重要なパラメータとなりうる（核燃料サイクル開発機構，2005）。そこで本調査では、孔隙率を測定する密度検層、中性子検層、BMR 検層の適用を試みた。測定の結果、密度検層と BMR 検層の結果はほぼ同じであり、さらに 3 つの検層で調和的な変化傾向が得られたものの、中性子検層によって得られた孔隙率は密度検層や BMR 検層よりも約 20 %高い値を示した。この理由について測定原理を確認しつつ考察する。

密度検層は、地盤のコンプトン散乱を利用し、密度分布を深さ方向に連続して測定する方法である。コンプトン散乱とは、ガンマ線が物質中を通過するときに元素の軌道電子と衝突し、エネルギーの一部を失って異なった方向に散乱する現象である（全国地質調査業協会連合会編, 2013）。すなわち、密度検層により地層の容積密度がわかるため、土粒子比重を一定（普通は 2.65 前後にする）と仮定することにより、間接的に孔隙率を知ることができる（小鯛, 1973）。

中性子検層は、放射線源より照射された高速中性子が地層内を通過して検出器に到達するまでの減衰率から地層の孔隙率を求める検層種目である。中性子は同じ質量を持つ水素原子核に衝突すると、エネルギーの一部を失いながら拡散し熱中性子になり、やがて原子に捕獲される。そのため、中性子の減衰は地層内の水素原子核密度に強く依存する。水素原子核密度は主に地層の孔隙を満たす地下水（H_2O）の水素原子量に大きく依存するため、中性子の減衰量は帯水層の孔隙率に概ね比例する。

BMR 検層の測定原理は永久磁石で多孔質な地層中の間隙にある水分子の水素原子核を巨視的に磁化させたのち、コイルから 1 MHz 程度の高周波を照射して核スピンを励起し、同じコイルで核スピンが熱平衡状態に回帰する過程（緩和過程）を計測する。緩和波形の振幅の大小から水素の量（すなわち孔隙率）、緩和時間の長短から孔隙サイズを推定する（中島，2008）。緩和時間の積分値は絶対孔隙率（Total porosity：以下、単に孔隙率とする）に等しく、岩質に依存しない。BMR 検層では緩和時間分布から、いわゆる動きにくい水（粘土鉱物中の水分子など）および動きやすい水（揚水などで得られる地下水）を分離することができるとされている（**エラー! 参照元が見つかりません。**）。したがって、本検層では、間隙率だけでなく、有効孔隙率などを算出するためにも有用となる可能性がある。また、図 3-1- 9 と図 3-1- 10 には BMR 検層から推定された透水係数が記載されている。これらは孔隙率から推定されたものであり、Timur Coastes モデル（TIM：可動流体モデル）と Schlumberger-Doll Research モデル（SDR）と呼ばれるモデルが用いられている。高透水ゾーンでは Timur Coastes モデル、逆に低透水ゾーンでは Schlumberger-Doll Research モデルが良好となるとされている。

以上を勘案すると、密度検層や BMR 検層に対して中性子検層がやや高い孔隙率を示した理由は、地下水以外に中性子を吸収する鉱物が存在している可能性がある。また、中性

子検層の測定範囲が孔壁から 10cm 離れた位置であるのに対して、BMR 検層は孔芯から半径 18 cm 程度の探査領域を測定しているという違いにも起因する可能性がある。

核燃料サイクル開発機構（2005）では、地下水流動解析によって得られたダルシー流速を有効間隙率で除すことによって実流速を算出し、それを物質移行解析の入力パラメータとしている。ゆえに、BMR 検層（絶対間隙率が得られ、さらに動きやすい水と動きにくい水の分離を行うことができるという特性）は、将来的に地層処分事業における有用な調査手法になりうる。また、例えば、比抵抗探査を考えてみても、塩水領域では（比抵抗が著しく低下し）深度方向に明瞭な変化を示さないのに対し、BMR 検層では孔隙率の大小が連続的に測定できるため、地質の判読という利点があり、沿岸部での調査においても重要である。本来、得られたデータの孔隙率については、ボーリングコアを用いた室内試験などでより詳しく検証すべきであるが、本研究で得られたボーリングコアは極めて脆く孔隙率の実測などに適さなかった。本テーマについては次年度以降の課題としたい。

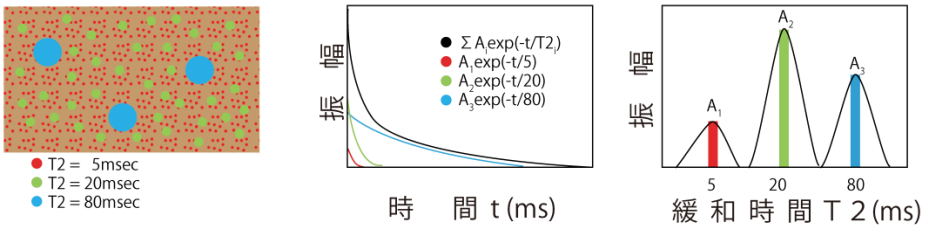


図 3-1- 12 孔隙サイズによる緩和時間分布（T2）の例

（iv）二重解放コア変形法による応力計測

本年度は、二重解放コア変形法に関しては実施していないが、昨年度の試験結果（産業技術総合研究所ほか，2021）について若干補足する。二重解放コア変形法は、孔内で応力解放をおこなったコアと、応力解放を行わなかったコアの形状を、高精度 LED 光学直径測定器により比較し、後者の変形度合いから応力方向を導く手法である（Tezuka et al., 2019）。

FGB-2 孔の深度 140.3 - 150.4 m に分布する溶岩層へこれを適用し、得られたボーリングコアを図 3-1- 13 に示す。結果として、応力解放をおこなった領域（146.18 ― 146.30 m）では、期待通りほぼ真円のコアを採取できたものの（図 3-1- 14）、応力解放をおこなわなかった領域ではコアが破壊されてしまったため（図 3-1-13：146.72 m 周辺）、信頼できる最大主応力と最小主応力を求めることができなかった。これは採取した溶岩層が脆かったことが大きな原因と終われる。

しかしながら、破壊していない溶岩層の HQ コア（応力解放されていない領域と考えることができる：146.80 m 周辺）は明らかに最大直径と最小直径に差が認められている（図 3-1- 14）。したがって、コアが正しく採取できていれば、本手法によって応力測定が可能であったと思われる。今後はコアの採取方法に関する技術の高度化が必要である。

図 3-1- 13 二重解放コア変形法により採取したボーリングコア

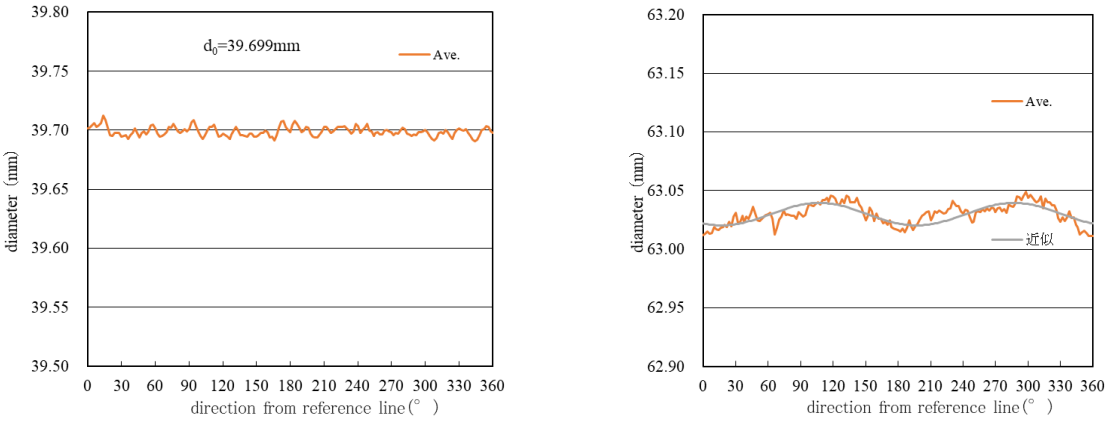


図 3-1- 14 応力解放部の測定値（右）と HQ コアの直径の測定値（左）

（v）水理試験

水理試験の実施概要を表 3-1- 3 に、水理試験装置の概要を図 3-1- 15 に示す。水理試験は、掘削と併行して、地盤工学会基準（単孔を利用した透水試験方法：JGS 1314-2003）に準じた段階揚水試験、定流量揚水試験、回復試験を連続的に実施した。なお、揚水終了前に揚水する地下水を採水した（後述）。水理試験で得られた水理定数を表 3-1- 4 に示す。

FGB-2 孔では深度 160 m 付近で平衡水位が TP+4.07 m であり、地盤標高が 3.87 m であるため自噴する。これは地下水が上向き成分を有することを示すものである。深度約 220m以深の平衡水位には差は認められるが、この平衡水位には潮汐の影響が考慮されていないため、この深度方向の変化傾向がわからない。透水係数は 10^{-5}～10^{-6} m/s 程度である。河野(1989)によれば、この数値は「非常に細かい砂、有機質および無機質シルト、砂・シルト・粘土の混合物、氷成チル、層をなした年度の堆積物など」とある。図 3-1- 8 にて示したボーリングコアの写真から想像される透水係数よりもかなり小さい印象を受ける。なお、水理定数に関する詳細は Appendix に記載する。

表 3-1- 3 水理試験の実施概要

孔番	掘削深度（GL-m)	試験区間（GL-m)	区間の設定	試験実施日時	実施項目
FGB-2孔	171.78	167.70 ～ 171.78	シングルパッカー	21/8/20 16:08 ～ 21/8/24 9:36	段階揚水試験，定流量揚水試験，回復試験，採水，平衡水位測定
	220.52	214.75 ～ 220.52		21/10/19 11:25 ～ 21/10/22 12:10	
	284.52	280.95 ～ 284.52		21/12/16 12:43 ～ 21/12/8 8:35	
	345.25	341.05 ～ 345.25		22/2/4 13:45 ～ 22/2/8 9:22	

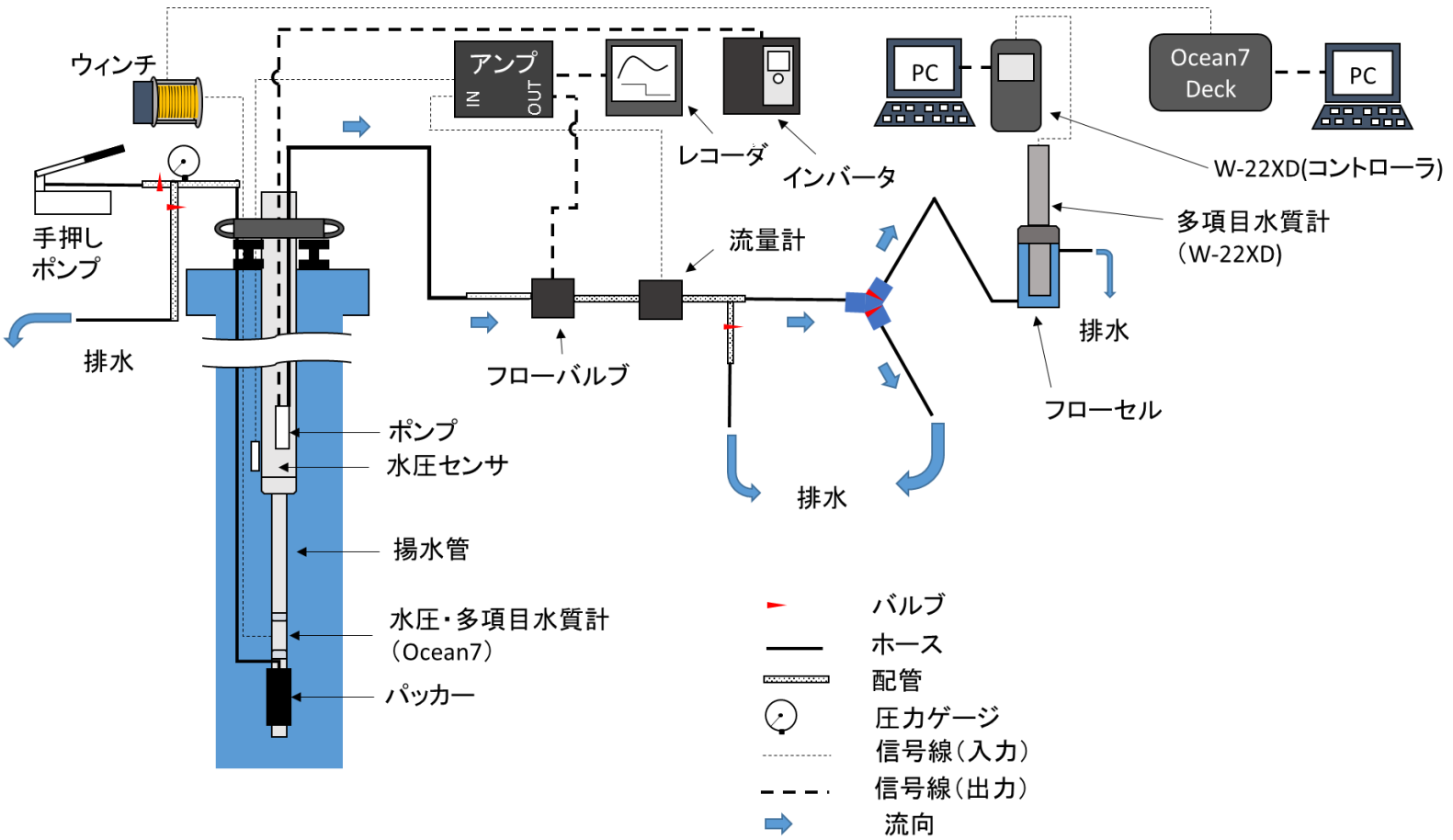


図 3-1- 15 水理試験の装置の概要

表 3-1-4 水理試験で得られた水理定数

孔番	実施深度（GL-m）	平衡水位		段階揚水試験	透水係数 (m/s)			比貯留係数 (1/m)	
		（GL+m）	（TP+m）		定流量揚水試験		回復試験	定流量揚水試験	回復試験
					Jacob	Hvorslev	Agarwal	Jacob	Agarwal
FGB-2	167.70 ～ 171.78	0.20	4.07	6.90E-06	1.39E-05	1.08E-05	－	1.38E-02	－
	214.75 ～ 220.52	-3.13	0.74	3.52E-06	3.38E-05	4.86E-06	－	1.09E-04	－
	280.95 ～ 284.52	-2.97	0.90	1.47E-06	1.29E-05	2.00E-06	4.94E-05	1.47E-02	2.19E-88
	341.05 ～ 345.25	-2.98	0.89	6.00E-06	5.61E-05	1.31E-05	1.77E-04	6.36E-02	1.48E-63

（vi）地下水の水質

地下水の採水は、連続揚水試験の終了時に実施した。これは採水前にできるだけ長く揚水をおこなうことにより、掘削泥水のコンタミネーションを最小限に抑えるためである。実際には 2 日間以上の揚水をおこなった後に採水を実施した。なお、揚水時には約 1 時間ごとに（掘削水に混合した）蛍光染料の濃度を測定し、採水時にはトレーサー濃度は 3 %以下となっている。また、蛍光染料濃度と同時に、水温や pH 等、現地測定項目も測定しており、採水時にはすべての項目値が安定していた。水質の測定結果を表 3-1- 5 および図 3-1- 16 に示す。深度約 160 m 周辺は塩淡境界となっており、深度 220 m 周辺より、塩水領域となっている。塩水領域の水温は 19 ℃前後、pH は 7.9 前後、電気伝導率は約 50,000 µS/cm，酸化還元電位（温度補正済）は 10 - -50 mV、DO はほぼ 0.0 mg/L である。

表 3-1- 5 地下水の水質

採水深度	採水日時	天候	水温 (℃)	pH	EC µS/cm	ORP mV	DO mg/L	アルカリ度 meq/L
167.70～171.78m	2021/8/23　14：00～17：00	晴	20.425	7.24	16780	-55	0.00	2.75
214.75～220.52m	2021/10/21　11：00～13：40	晴	20.475	7.81	50200	-32	0.00	4.25
280.95～284.52m	2021/12/20 9：00～11：00	晴	18.725	7.80	50000	6	0.00	4.12
341.05～345.25m	2022/2/7 10：30～12：45	晴	19.35	7.97	50100	-41	0.01	4.68

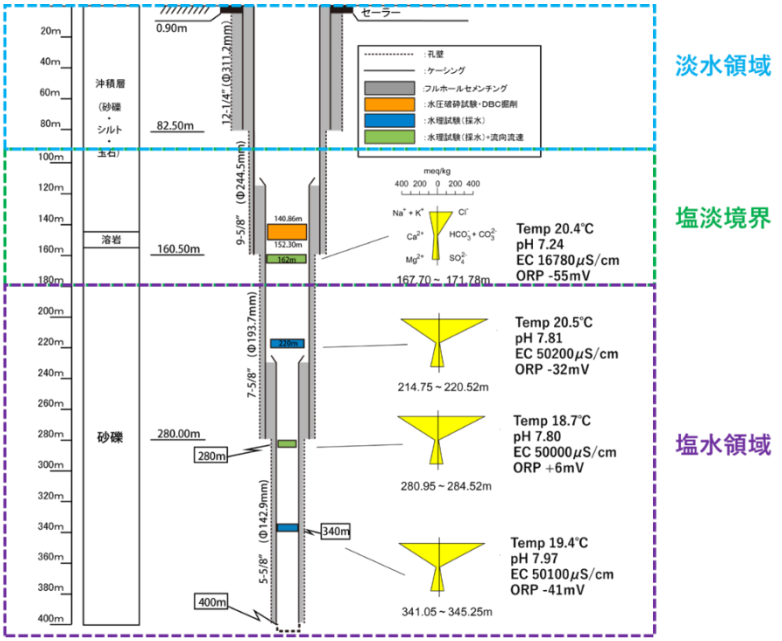


図 3-1- 16 地下水の水質

（vii）流向流速測定

昨年度は、地下水中の粒子やコロイドの動きから、地下水の流向流速を測定する、AquaVision Colloidal Borescope（Geotech 社）の FGB 孔での適用結果を報告した。その際、孔内で粒子が回転している様子が観測されたこと、さらに時間の経過とともに観測される孔内粒子数が低下し、さらなる検証が必要であることを報告した。そこで、本年度はアサノ大成基礎エンジニアリングの協力を得て、本装置を流向と流速を制御した模擬地盤に適用し、その動作を確認した。図 3-1- 17 はその実験風景であり、写真右側の大型のモニターで孔内粒子の動きを視認できる。その結果、野外で認められた現象と同様、粒子が孔内を回転しており、その回転はかなり長い時間続くこと、そして回転が収まる頃には孔内粒子が沈殿してしまい、短期間では微小な流速を測定することが難しいことが明らかになった。AquaVision のような、いわゆる画像型の流向流速計で極微小な地下水流速を測定しようとする場合は、高い濁度を有する地下水であれば適用は可能であるかもしれないが、FGB-2 孔で得られるような無色透明の地下水を胚胎する帯水層での適用は困難であると判断された。

そこで、本年度の流向流速測定では、電極間の比抵抗の変化によって地下水の流れを検出する「地下水流向流速計（Type-LD60）」を用い、深度 168 m 付近と深度 282 m 付近で裸孔区間に適用した。流向流速測定を実施した区間については以下の作業を実施した。

・可能な限り孔壁の乱れが生じないよう、普通工法によるオールコアリングで孔を仕上げた。

・泥壁によって地下水の流れが阻害されないように、流向流速測定の実施前に揚水を行って可能な限り排除した。

・測定区間では玉石状の礫が分布していることが確認されているが、これが流向流速に影響しないよう、ボーリングコアを確認して大きな礫が含まれない深度に決定した。

・ボーリング孔の近傍に大きな礫や玉石が位置する場合を想定し、同一区間において 2 深度で測定を実施した。

測定の結果、深度 168 m 付近で実施した第 1 回目の測定では、測定下限値を下回る流速であったものの、深度 167.70 m で S30°E 方向、深度 168.10 m で S60 °E 方向という流向が得られた。すなわち、陸から海へ向かう流れであり、富士川から涵養された地下水がこの深度領域まで影響を及ぼしている可能性が示唆される。深度 282 m 付近で実施した第 2 回目の測定では、流速の測定下限値を著しく下回り、流向と流速ともに検出することができなかった。詳細は Appendix にて述べる。

図 3-1- 17 模擬地盤での実験
地盤中の流速を制御した模擬地盤にて実測。実流速は 0.7m/day（8.0×10^{-7} m/s）とした場合の実験（協力：アサノ大成基礎エンジニアリング）

表 3-1- 6 流向流速測定で得られた流向流速

測定回	地層区分	測定深度 (GL-m)	流向 (磁北:N)	測定結果 流速 [ﾀﾞﾙｼｰ流速]	測定時間
第1回	玉石混り 砂礫	167.70	S30°E	測定不能※2	24時間
		168.10	S60°E	測定不能※2	26時間
第2回	玉石混り 砂礫	281.35	測定不能※1	測定不能※2	41時間
		282.55	測定不能※1	測定不能※2	24時間

※1: 流向を反映した電極の電位変化（卓越性）が認められないため
※2: 流向方向の電極の電位変化にピークが認められないため

（viii）幌延浜里試験地における地下水位観測

北海道天塩郡幌延町浜里試験地の、海岸線から概ね 300 m の位置にあるスクリーン深度が異なる 4 観測孔においてそれぞれ設置型自記水位計により地下水位を連続観測し、その変動状況を明らかにした。4 孔はそれぞれ水井戸（スクリーン区間深度：GL-5 m - GL-21 m）、DD-2 孔（同：GL-91 m - GL-100 m）、DD-3 孔（同：GL-133 m - GL-148 m）、DD-4 孔（同：GL-337 m - GL-348 m）である。なお DD-4 孔については、初期の観測データからみて孔のスクリーンの目詰まりなど何らかの原因によって孔内水位が地下水位変動を反映していないと推測されたため、途中段階で観測を終了した（次節参照）。

自記水位計は、あらかじめ観測開始予約の設定作業を行い、2021 年 7 月 20 日に設置した。翌日 7 月 21 日に、後に回収する自記観測データの検証に用いる参照水位を得るため携帯型ロープ式水位計を用いて 4 孔の地下水位を測定した。図 3-1- 18 に、4 孔の地下水位の時系列グラフを、最寄りのアメダス地点の日降水量とともに示す。地下水位は深度方向に明らかに高くなる。

最も観測対象深度が浅い水井戸では降水に応答して小さな水位上昇がみられ、海洋潮位の満潮・干潮と同様に概ね半日または日周期の周期的振動となるはずの潮汐応答は確認されなかった。DD-2 孔と DD-3 孔では、潮汐応答と考えられる幅数 cm 程度までの水位の振動がみられた。これら 2 孔ではまた、概ね日周期の潮汐応答とは別に一部の降雨の際に 1～2 日間一時的に平均的な水位が 10 cm 程度高くなる現象も認められた（例えば 9 月 12 日前後、9 月 23 日前後）。この要因としては次の 3 つが考えられる：①降雨による地下水かん養の影響、②低気圧の接近・通過による一時的気圧低下の影響（いわゆる「気圧効果」）、③低気圧の接近・通過による一時的気圧低下により近傍の海洋潮位が一時的に上昇した影響（半日周期・日周期のものとは別の潮汐応答）。DD-2 孔と DD-3 孔の一時的水位上昇のタイミングや波形は互いに類似している一方、水井戸の降雨応答とはそれらが異なることから考えて、①よりは②または③の可能性が高いと考えられる。近傍の海洋潮位で同じタイミングの一時的上昇が認められなければ③は否定されるが、一時的潮位上昇が認められた場合には②と③を区別することが難しい可能性もある。いずれにしても近傍で潮位観測が行われていないため、このような 1 - 2 日間の一時的水位上昇の要因を明らかにすることは難しい。また DD-2 孔では、前年の水位データには無かった数 cm 程度の鋸歯状の一時的水位低下も散発的に認められた。変動波形だけを見ればこの孔の観測対象帯水層からの一時的揚水が散発的にあったとすれば説明可能である。また水位低下がほぼその日の 7:00 に始まり遅くとも 18:00 には上昇に転じることからも、何らかの人為的な要因による可能性が高い。しかし周辺の揚水状況について情報がないため、現時点で原因は不明である。

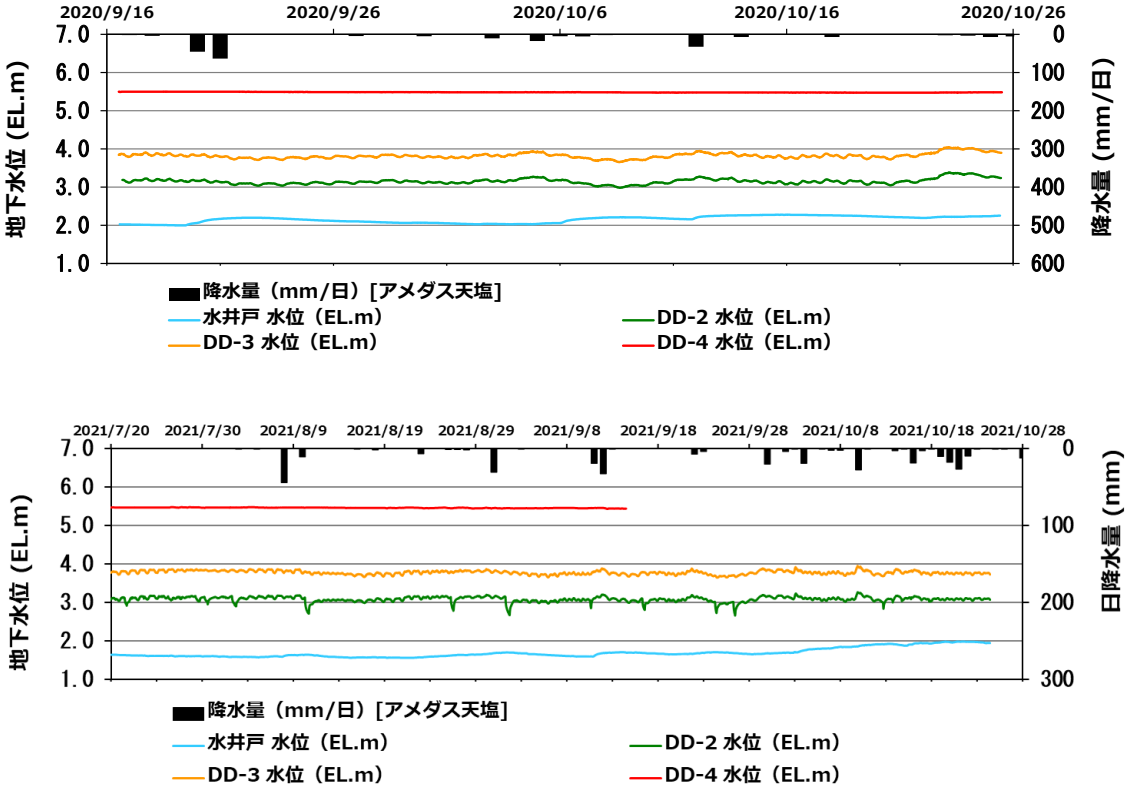


図 3-1- 18 浜里試験地における地下水位観測結果（昨年度と本年度の調査結果）

（ix）DD-4 孔の洗浄および DD-2 孔の補修

前節および前年度の報告書（産業技術総合研究所ほか，2021）の通り、浜里 DD-4 孔では正しい水位データが得られていなかった。そのため、井戸の洗浄作業を実施した。作業フローと洗浄の結果を図 3-1- 19 に示す。揚水流量と水位降下量は直線関係となり、降下量も掘削当時の値と大差はない。この結果から、DD-4 孔は正しく洗浄されたと判断される。また、DD-2 孔の孔口部の補修作業を実施した。

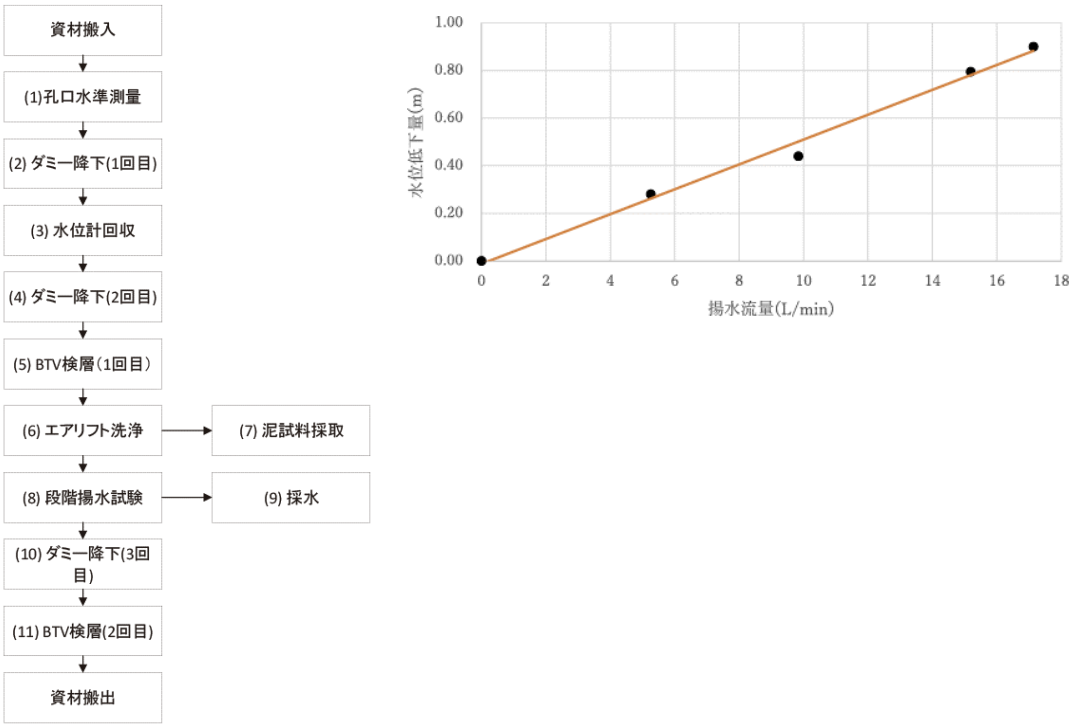


図 3-1- 19 DD-4 井戸洗浄手順と井戸洗浄後の段階式揚水試験の結果

参考文献

Burnett W.C., Kim G. and Lane-Smith D., A continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 249(1), 2001, 167-172.

Burnett W. C., Peterson R. N., Santos I. R. and Hicks R. W., Use of automated radon measurements for rapid assessment of groundwater flow into Florida streams. Journal of Hydrology, 380, 2010, 298-304.

井川怜欧，小野昌彦，神谷貴文，渡邊雅之，村中康秀，平野智章，丸井敦尚，富士山周辺の水文地質，海陸シームレス地質情報集，駿河湾北部沿岸域，海陸シームレス地質図集, S-5 (8), 2016, 1-25.

https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_SGMCZ_S5_2016_08.pdf（2021.3.3）

核燃料サイクル開発機構，地質環境の調査から物質移行解析にいたる一連の調査・解析技術．JNC TN1400 2005-021, 2005, 152p.

経済産業省，沿岸海底下における地層処分の技術的課題に関する研究会とりまとめ，2016

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/engan_kaiteika/pdf/report01_01.pdf (2022.3.18)

経済産業省，科学的特性マップ公表サイト,2017

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/ (2022.3.18)

小鯛桂一，密度検層による帯水層の判別法について，日本地下水学会誌，15(2), 1973, 29-33.

Machida I., Ono M., Koshigai M., and Marui A. Comparison of the ages of groundwater around a saltwater – freshwater mixing zone, IAH 2016, 2016.

中島善人，核磁気共鳴物理探査技術の最近の動向，地質ニュース, 664, 2008, 7-13.

小野昌彦，井川怜欧，町田　功，丸井敦尚，村中康秀，神谷貴文，大山康一，伊藤　彰，水文環境図「富士山」，産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016.

https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/contents/fujisan/fujisan/fujisan.htm(2022.3.18)

尾崎正紀，水野清秀，佐藤智之, 5 万分の 1 富士川河口断層帯および周辺地域地質編纂図および説明書，海陸シームレス地質情報集，駿河湾北部沿岸域，海陸シームレス地質図集 S-5 (9), 2016, 1-57.

https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_SGMCZ_S5_2016_09_c.pdf(2022.3.18)

産業技術総合研究所，平成 25 年度　海域地質環境調査確証技術開発　成果報告書, 2013.

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2013/25-5-1.pdf(2022.3.18)

産業技術総合研究所, 平成 25 年度　海域地質環境調査確証技術開発　成果報告書, 2014.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2014/26fy_kaiiki.pdf(2022.3.18)
産業技術総合研究所, 平成 25 年度　海域地質環境調査確証技術開発　成果報告書（その１）, 2015.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy_kaiiki-1.pdf(2022.3.18)
産業技術総合研究所, 平成 25 年度　海域地質環境調査確証技術開発　成果報告書（その２）, 2015.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy_kaiiki-2.pdf(2022.3.18)
産業技術総合研究所・日本原子力研究開発機構・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所, 平成 30 年度　高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業　沿岸部処分システム高度化開発　報告書, 2018
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2018/30fy_coast.pdf(2022.3018)
産業技術総合研究所・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所, 令和 2 年度　高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業　沿岸部処分システム評価確証技術開発　報告書, 2021
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2020/2fy_coast.pdf(20223.18)
産業技術総合研究所・日本原子力研究開発機構・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所, 平成 31 年度　高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業　沿岸部処分システム評価確証技術開発　報告書, 2019.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2019/31fy_coast.pdf(2022.3.18)
Tezuka K., Yamamoto, T., Ito T., Yokoyama T. and Funato A. First field test of the Dual core-bitt tool for drilling stress record cores at Kamioka Mine, JAPAN. Proceedings of The 25th Formation Evaluation Symposium of Japan, 2019, 1-3.
地層処分研究開発調整会議, 地層処分における全体計画（平成 30 年度～令和 4 年度）, 2019
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/chiso_shobun/pdf/20200331_001.pdf(2022.3.18)
全国地質調査業協会連合会編, ボーリングポケットブック, オーム社, 2013, 538p

② 沿岸部の軟弱層を対象とした傾斜孔井掘削と孔内調査にかかる技術情報の収集

(a) 本調査の背景と目的

沿岸部は，輸送時の安全性確保に加えて，比較的に隆起速度が小さい地域が多く，また動水勾配が小さい場所や長期にわたって地下水の流動性が低い場所を見つけられる可能性ができることから地層処分における有効性が期待されている（経済産業省, 2017）。一方で，そのような環境では，第四紀の軟らかい海成堆積物が厚く堆積している可能性が高い。また，動水勾配が小さい，言い換えれば海底地形の傾斜が緩やかな遠浅の環境下では，海進・海退時の海水準変動の影響を受けて，海底下に氷期の降水によって涵養された淡水性～汽水性の地下水（古淡水）が存在することが世界中に確認されている（Post et al., 2013）。北海道の幌延町沿岸部では 1,000 m を超えて厚く堆積した第四紀堆積物の中に，このような古淡水や化石海水が存在していることが Ikawa et al.(2014)などによって明らかとなっている。

一般的に，未固結である第四紀層は地下水の流動場と考えられており，固結した第三紀層が地下水流動における水理的基盤として取り扱われることが多い。そのため，第四紀層内には化石海水は残りにくいと考えられているが，前述した幌延沿岸部のケースのとおり，動水勾配が小さな場所では，第四紀層内であっても化石海水が存在する。このように，地層処分で期待されているような沿岸部における地質環境特性（隆起速度が小さく，動水勾配の小さな遠浅環境）では，古淡水や化石海水は地下深度数百メートル程度の位置に存在することが予想される。原子力発電環境整備機構（NUMO）が実施する概要調査においては、地層処分サイトの適格性を判断するために、サイトを包含する数十 km×数十 km 程度の広域の領域（広域スケール）から処分場とその近傍の岩盤を含む数 km×数 km 程度の領域（処分場スケール）を対象とした調査を実施し，火山・火成活動，火山性熱水・深部流体の移動・流入，地震・断層活動，隆起・侵食の影響に加えて，第四紀の未固結堆積物の分布あるいは鉱物資源の存在といった処分場に求められる隔離・閉じ込めあるいは地下施設の建設や維持・管理に著しい影響を及ぼす可能性のある要因に係る情報を取得することが求められている（原子力発電環境整備機構，2021）。また概要調査では、深層ボーリング調査において合理的かつ効率的に概要調査地区における地質環境特性を把握することが求められるため、一本のボーリング調査孔から、より多くの情報を得る必要がある。そのためには、自立性の高い固結層だけでなく、未固結堆積物からなる軟弱地盤における地質環境特性を正確に把握するための掘削ならびに孔内調査技術を整理しておく必要がある。また、沿岸部海域に当たる海底下における地質環境特性の把握するための掘削技術については、事例は少ないが、海上掘削が一般的であり、産業技術総合研究所（2011）において海岸線からの桟橋を用いたケースや自己昇降式作業台船（SEP）を用いたケースが検討されている。一方で、これらの手法に関しては、通常の陸域におけるボーリング調査と比較して、非常に高額であり、また日本国内の沿岸部海域に広く設定されている漁業権の問題や、地点ごとに異なる天候や波浪などの自然環境の変化を全く考慮して

いないため、現実に実行することは極めて難しいと考えられる。したがって、もっとも現実的な掘削手法としては、陸域からの傾斜掘削が挙げられる。傾斜孔井の掘削については、資源エネルギー庁からの地層処分技術に関する委託事業であるボーリング技術高度化開発（平成 19～24 年度）や岩盤中地下水移行評価確証技術開発（平成 25～29 年度）においてコントロール掘削技術の高度化開発が実施されており、地層処分事業に必要な技術開発がなされている、しかしながら、本事業は比較的地盤が安定した北海道幌延町の上幌延地区で行われており、沿岸部の軟弱地盤への適応性については、検討が十分ではない。また、過年度事業の終了から数年が経過しており、当時の情報を再整理するとともに、近年の新しい掘削や孔内調査にかかる技術の情報収集を実施することが必要と考えられる。

そのため、本研究では、軟弱地盤を対象とした傾斜孔井掘削と孔内調査にかかる技術情報の文献調査を実施するとともに、過去に沿岸部での傾斜孔井掘削を行ったことがある関係者に対しヒアリング調査を実施し、現在における傾斜孔井掘削に関する技術的課題や問題点の抽出を行った。

(b) 文献調査

(i) 文献収集作業

国内既存技術を中心に、軟弱層における傾斜孔掘削に関連する技術情報、並びに必要に応じ海外の事例を含めて情報・文献を収集した。尚、文献収集の際、以下の項目を含む文献を収集した。収集した資料のリストは AppendixⅣに記載する。

- 掘削の目的
- 孔井の角度
- 掘削工法
- 掘削構成機器
- 保孔方法（掘削泥水や地盤改良などの方法）
- 孔内試験の項目
- 調査機器の傾斜孔井内への挿入方法
- 孔内試験の精度
- その他

なお、収集した文献は、以下のとおりである。

1) 掘削技術関係（17 件）
2) 軟弱層における掘削例（13 件）
3) 幌延町試錐関係（4 件）
4) 保孔技術関係（18 件）
5) 孔内試験技術関係（1 件）
6) 産総研沿岸部（8 件）
7) 電中研地層処分（3 件）

（ii）軟弱地盤と軟岩の定義

本調査では、便宜上「軟弱地盤（あるいは軟弱層）」および「軟岩」という用語を使用する。これらの用語は工学的あるいは学術的に統一された分類基準により用いられる用語ではない。例えば、今村（1984）では、「軟弱地盤」は陸域でN値10以下の未固結の泥炭・有機質粘土などの堆積物と分類している。また、地盤工学会基準「岩盤の工学的分類法」（JGS 3811-2011）では、岩石の強さ（一軸圧縮強度）25MN/m² 未満の岩盤を「軟岩系岩盤」と分類し、「軟岩系岩盤」を岩石の強さ（一軸圧縮強度）から4段階（D:25～10 MN/m²、E:10～5 MN/m²、F:5～1 MN/m²、G:1 MN/m² 以下）に細分しているが、岩石の強さが弱い岩盤を「軟弱地盤」とは定義していない。

本調査では、特に岩石の強さが弱い岩盤の一軸圧縮強度データを収集した既存資料を見つけることが難しい調査対象があるため、便宜上、未固結の第四紀層（沖積層を含む）から構成される軟らかい岩盤を「軟弱地盤あるいは軟弱層」と呼び、半固結から固結の第四紀層下部および第三紀層から構成される岩盤を「軟岩」と呼ぶこととする。

（iii）掘削手法・工法・孔内試験方法の整理

上記（i）で収集した情報を基に、軟弱層における傾斜孔掘削を想定した掘削手法・工法・孔内試験方法を整理する。

1）掘削手法・工法の整理

①ボーリングマシンの分類

ボーリングマシンは、掘削方式とせん孔装置（スイベルヘッド）の型式により大別される。表3-1-7にボーリングマシンの分類を示す。

表3-1-7 ボーリングマシンの分類（全地連, 2013）

掘削方式	せん孔装置（スイベルヘッド）の型式
衝撃式（パーカッション式、綱掘り式）	—
回転式（ロータリー式）	スピンドル型 パワースイベル（トップドライブ）型 ドライブヘッド型 ユニバーサル（ドライブヘッド、テーブル併用）型 ロータリーテーブル型
回転・打撃式（ロータリーパーカッション式、ダウンザホールハンマ式）	パワースイベル（トップドライブ）型
回転・振動式（ロータリーバイブロ式）	パワースイベル（トップドライブ）型

軟弱層における傾斜孔掘削を想定した場合、パーカッション式ではビットを自由落下させるため傾斜孔掘削は不可能であり、ダウンザホールハンマ式およびロータリーバイブロ式は、固い岩盤には適しているが、軟弱層には不向きであるため、ロータリー式を選択することが最善であると考えられる。

②スピンドル型掘削とロータリーテーブル型掘削

広義のロータリー式掘削法は、掘削機の型式からロータリーテーブル型掘削とスピンドル型掘削に分類できる。

図 3-1- 20 にスピンドル型掘削とロータリーテーブル型掘削の概要を示す。

ロータリーテーブル型掘削は、ドローワークスやロータリーテーブルなどを用いて掘削する工法で、主に石油・天然ガス井や地熱井の掘削に使用される。したがって、比較的大口径、大深度（掘進長＜5,000m）の孔井掘削に使用される。ドリルストリングスの強度は高く、深部掘削、高傾斜コントロール掘削、高温度部の掘削も可能であるが、コアの採取は通常スポットコアとなり、掘削機は比較的大型で広い敷地と、作業には多くの技術者が必要である。

スピンドル型掘削は、ボーリングマシン（試錐機）と呼ばれる掘削機を用いて掘削する工法で、主に地質調査や鉱床探査を目的とした調査孔の掘削に使用される。したがって、比較的小口径、中深度（掘進長＜2,000m）の孔井掘削に使用される。地質調査や鉱床探査の掘削は、試錐機のスイベルヘッド内にドリルロッドを通して、ドリルヘッドに付属したロッドチャックでロッドを固定し、スピンドルを回転・昇降させることにより掘削を行う。ドリルロッドには、コアバレルとコアビッドが接続され、掘削区間のほぼ全区間でコアを採取するコアボーリングが可能である。採取したコアはワイヤーラインで回収する。スピンドル型掘削は、小口径のコア掘削に適しており、掘削機は比較的小型で機動性に富み、少人数の技術者で掘削作業を施工できる。

③コントロールボーリング技術

傾斜孔を掘削する上で重要な技術として、コントロールボーリング技術を挙げることができる。コントロールボーリング技術は石油・ガス井、地熱井などのサイドトラックや傾斜井掘削などの需要により発展してきた技術である。

表 3-1-8 にコントロールボーリングの種類を示す。

コントロール技術は、掘削時の孔曲がり制御や矯正などのニーズにより技術開発が始まり、時代の変遷とともに効率的なボーリング技術の一つとして発展してきた。

表 3-1- 8 コントロールボーリングの種類（全地連,2013）

方　法	ウエッジ法	スタビライザ法	ダウンホールモータ工法	ワイヤライン制御工法	電中研式工法
特　徴	ウエッジ（楔）をロッド先端に接続セットし，そのままウエッジに沿って孔曲げを行う.	一般的にはダウンホールモータで方位，傾斜を修正した後，スタビライザを利用して傾斜角度を修正する方法.	ベントサブまたはベントハウジングの先端部に接続したダウンホールモータを回転させ，孔曲げを行う.	ワイヤライン掘削工法およびスピンドル式掘削機械を使用し，連続的にコアリング掘削を行いながら孔曲げ掘削が可能なシステム.	ダウンホールモータによるワイヤライン，ケーシング追従掘削. 連続的にコアリングを行いながら孔曲げ掘削とケーシング追従を同時に行うシステム.
適用孔径	BQ (60 mm)～HQ (98 mm).	4-3/4 インチ程度～26 インチ.	通常掘削：6-1/4 インチ～26 インチ. スリムホール掘削：4-3/4 インチ程度～6-1/4 インチ	BQ～NQ（構造的にはすべての孔径のワイヤラインに適用可能）.	ビット径：89 mm. 拡径： 152mm
曲　率	NQ 掘削にて 1.5°/1 ステップ.	一般的に方位修正は不能. 傾斜は 1.5～2°/30 m 程度.	通常掘削：2～3°/30 m 程度. スリムホール掘削：2.5°/30 m 程度.	NQ：2°/10 m. BQ：3°/10 m.	1°/10 m.
コア採取	コア採取を行う場合は，径が 1 段小さくなる.	ノンコア（孔曲げ後，専用の機器を装着することでスポットコアの採取可能）.	ノンコア（孔曲げ後，専用の機器を装着することでスポットコアの採取可能）.	孔曲げ中，孔曲げ後も連続的にコア採取が可能.	孔曲げ中，孔曲げ後も連続的にコア採取が可能.
使用機器	通常のスピンドル式掘削機械を使用.	主としてロータリー式掘削機械を使用.	主としてロータリー式掘削機機を使用. 機械，設備が大規模となり，必要人員も多い. 水平掘削を行う場合は専用機器を必要とし，コスト高い.	通常のスピンドル式掘削機械を使用.	改良型スピンドル式試錐機（マスト付）.
主な用途	資源探査，岩盤調査.	石油・ガス生産井，地熱井.	石油・ガス生産井，地熱井.	資源探査，岩盤調査. 管路などのパイロット孔.	岩盤調査，地質構造調査.
適　用	修正精度が低く，1 回の方位正により得られる偏向効果が少ない. また，作業効率が悪い.		方位，傾斜の修正時のみに使用する機器から，連続的に測定しながら方位，傾斜を制御して掘削するシステムまで各種機器が開発されている. 孔口は一般的に鉛直に掘削する必要がある.	従来のワイヤライン掘削工法が使用でき，孔口での入射角度が自由である. 連続的に方位と傾斜を測定，制御しながらコアリング掘削が可能である.	各種計測機器を取付けることにより先端の位置，掘削情報や地質情報をリアルタイムで得ることができる. 長尺，水平でのコントロール掘削が可能.

コントロール手法は当初、ホイップストックやウェッジなどの偏距具を用いて先端ビットの方位や傾斜角度の調整を行ってきたが、近年はダウンホールモーターによる制御が中心となっている。

一般にホイップストックは大口径ボーリング、ウェッジは小口径のコア掘削で使用されている。

ダウンホールモーター工法は、コントロール掘削の主流であり、ボーリングロッドを回転させず、ロッド先端部に取り付けたダウンホールモーターによりビットを回転させ掘削するシステムである。図 3-1- 21 に傾斜掘りの概念図を示す。

コントロール手法を用いた傾斜掘りは、地表のロケーションから予め定められた計画軌跡に沿って方位と傾斜角をコントロールしながら、指示された偏距とサイズをもった地下のターゲット（目的位置）内に掘削する技術である。既存の孔井の途中から別のターゲットに向かって掘削を行うサイドトラック（枝堀）も同じ技術を用いる。

傾斜掘りは、孔井を曲げ始めるキックオフポイント（KOP）まで垂直に掘削し、KOP よりダウンホールモーター（DHM）のベントハウジングを指向する方向に設置して開始する。このベントハウジングの方向をツールフェイスといい、一定の角度と方向を得た後は、ダウンホールモーターでコントロール掘削する方法と、掘削編成のスタビライザーの位置とビット荷重を替え、増角・沿角・減角をコントロールしながら掘削する方法がある。傾斜の方位と角度、ツールフェイスは、シングルショット測定器または MWD を用いて計測する。図 3-1- 22 に電中研式コントロールボーリング概念図を示す。

近年、電力中央研究所がダウンホールモーターによる先端駆動掘削を利用したワイヤーライン、ケーシング追従、連続コアリングが可能なコントロール掘削システムを開発した。このシステムは、打ち出しから傾斜掘削が可能なスラントリグであり、前述の石油・ガス井や地熱井掘削における傾斜掘りよりも浅所をターゲットとした掘削軌跡を計画可能である。

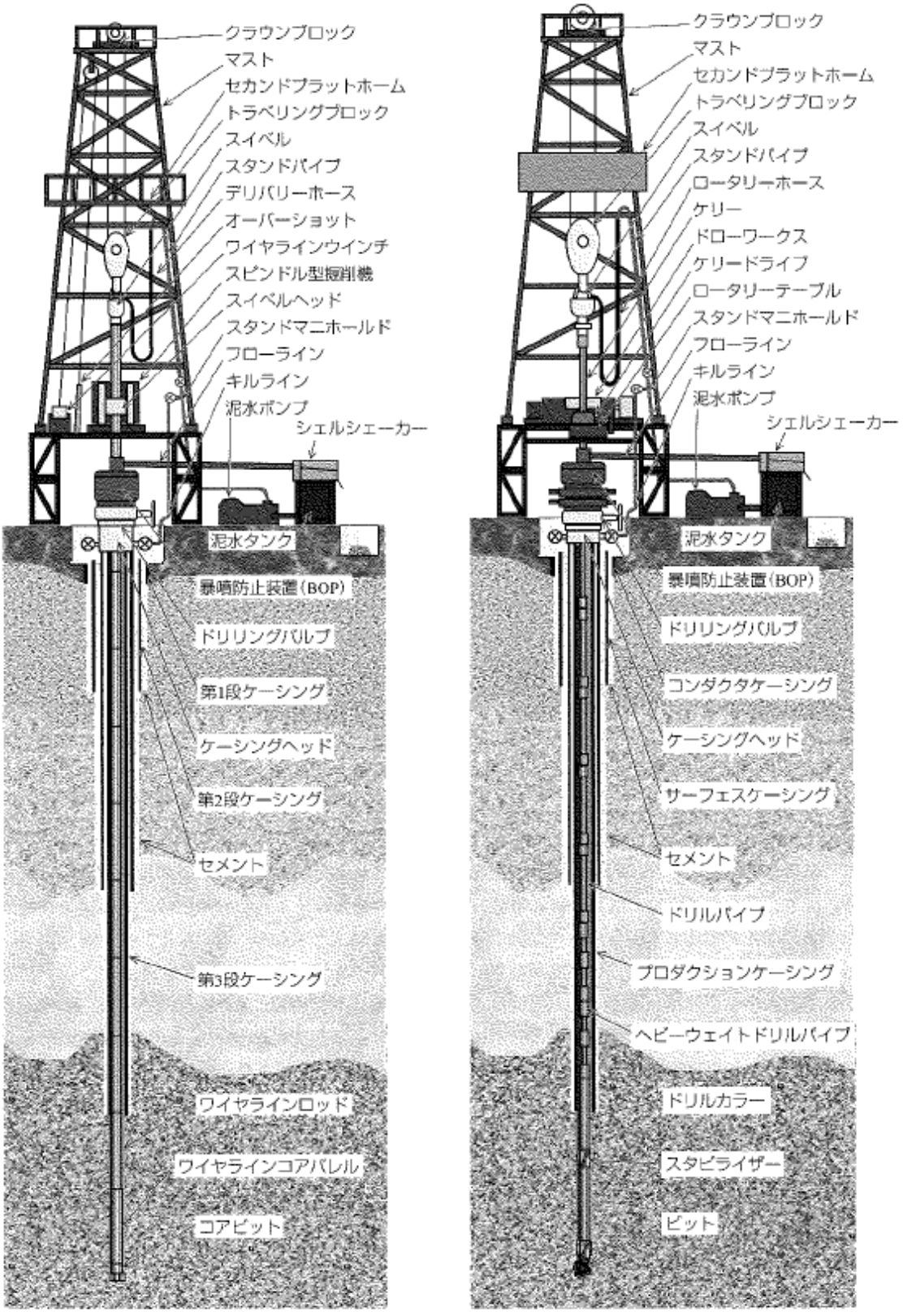


図 1.1.3　スピンドル式掘削法の概要　　図 1.1.4　ロータリー式掘削法の概要

図 3-1- 20 スピンドル型掘削（左）とロータリーテーブル型掘削（右）の概要
（ジオパワー学園,2021）

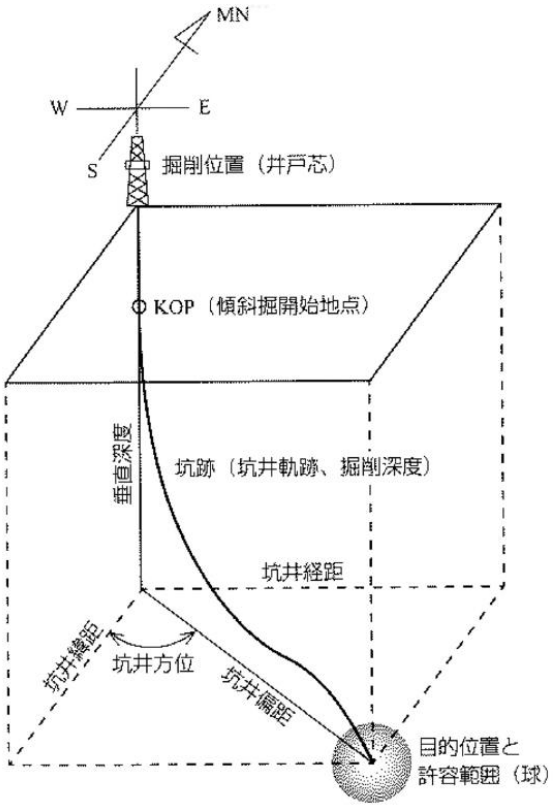


図 3-1- 21 傾斜掘りの概念図（ジオパワー学園,2021）

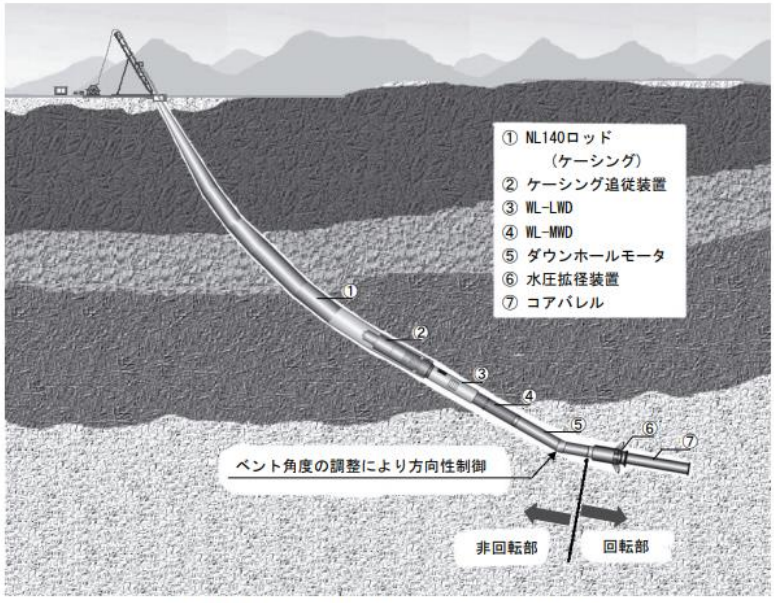


図 4.1.2-1　コントロールボーリングによる掘削概念

図 3-1- 22 電中研式コントロールボーリング概念図（木方ほか,2009）

④弧状推進掘削技術

弧状推進掘削技術は、海外で広く普及している HDD（Horizontal Directional Drilling）工法の一種である。ガス管と鞘（さや）管、電気・通信ケーブルの鞘（さや）管、排水管などいわゆる地下パイプラインを敷設するための掘削技術であり、地下浅所（地下数十m）の第四紀沖積層や洪積層を対象とした工事実績が多い掘削技術である。

図 3-1- 31 に弧状推進ボーリング概念図（JFE-Rapid 工法の例）を示す。

HDD 工法は、パンチアウトといって到達側に出口があることが前提で、パイロット孔を到達側にパンチアウトさせ、発進側（あるいは到達側）からリーミングによる拡孔し、到達側からパイプを引き込む工法である。この方法をとることにより、孔内に常にロッドがある状態を保ち、孔が崩壊するリスクを下げることができる。

掘削は、地層の種類に応じて掘削編成を変える必要があり、軟弱地盤を掘進する場合、ベントナイト泥水のジェット噴射によって掘削する。また、軟岩を掘進する場合は、マッドモーター（ダウンホールモーター）によって掘削する。掘削編成のビット手前に 2m 程のセンサーが組み込んでおり、位置や方向を確認し制御している。

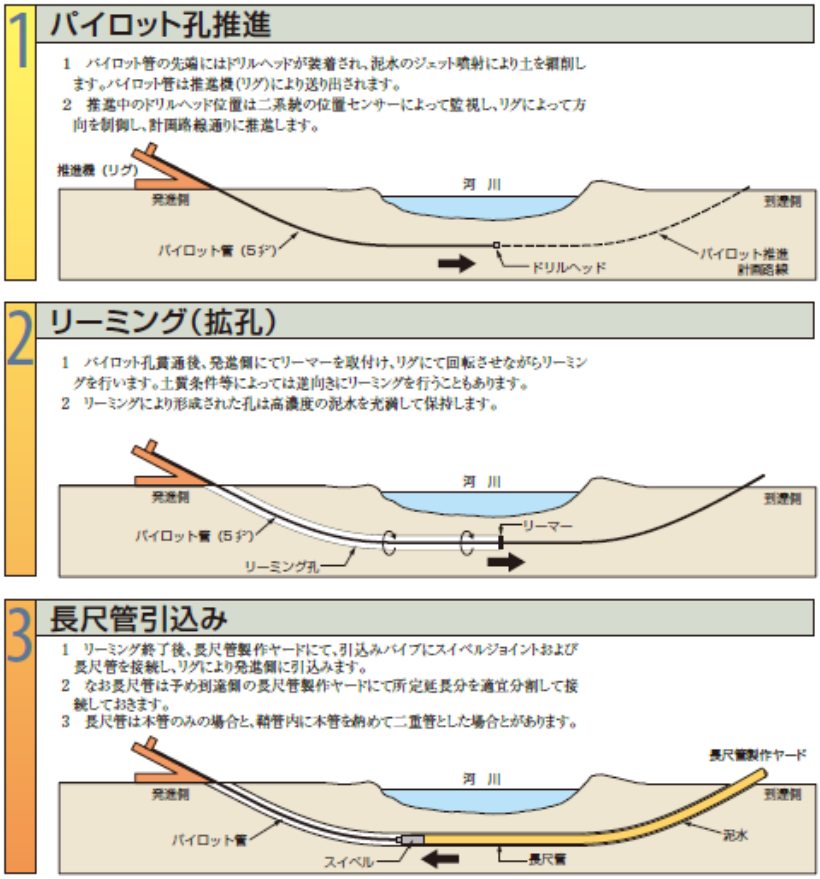


図 3-1- 23 弧状推進ボーリング概念図（JFE-Rapid 工法の例）
（※JFE エンジニアリングカタログより引用）

（iv）保孔方法の整理

保孔とは、掘進中のボーリング孔の状況を最善に保つ作業であり、大別すると、①泥水による保孔、②ケーシングによる保孔および③セメンチングによる保孔となる。軟弱層における傾斜孔掘削では、垂直孔掘削よりも孔壁が崩壊するリスクが非常に高いため、掘削中に如何に保孔を成功させるかが非常に重要である。以下にそれぞれの保孔方法について整理する。

①泥水による保孔

泥水は大きく 2 種類に分類される。すなわち a.水系泥水（水をベースにしたもの）、b.油系泥水（油をベースにしたもの）である。

一般に調査ボーリングで使用される泥水は水系泥水である。水系泥水は、水・ベントナイト懸濁液を主体とし、必要に応じて分散剤、ポリマー類、潤滑剤、界面活性剤、加重剤その他の各種泥水調整剤を加え、掘削状況に適するように調整した非ニュートン流体（流体のせん断力とせん断速度が比例しない粘性の性質をもつ流体）である。

水系泥水は分散系泥水と非分散系泥水とに大別される。分散系泥水はベントナイト濃度の高い泥水に分散剤を添加した泥水であり、非分散系泥水はベントナイト濃度を低くくし、ポリマー類を主体にして泥水機能を持たせた泥水である。

表 3-1- 9 に代表的な水系泥水と機能、表 3-1- 10 に各種泥水タイプの基本組成と性質、表 3-1- 11 に泥水調整剤の種類と機能および表 3-1- 12 に非常用の調整剤をそれぞれ示す。

表 3-1- 9 代表的な水系泥水と機能（全地連,2013）

泥水の名称	ベントナイト	リボナイト	ローソリッドポリマー	テルコート	フレックス	イージードリル	パワー泥水	クイックマッド（海水用泥水）
分　類	分散系	分散系	非分散系	非分散系	非分散系	非分散系	非分散系	非分散系
粘土鉱物の抑制力	×	○	△	◎	◎	◎	○	○
地質と適合性								
砂礫･礫岩	○	△	△	△	○	○	◎	○
砂･砂岩	○	◎	○	○	◎	○	○	○
粘土･凝灰岩･泥岩	△	◎	△	◎	◎	◎	○	○
火山岩	○	○	○	◎	◎	◎	○	◎
化学・物理的性質の適合性								
塩分，セメント	×	◎	×	○	○	○	◎	◎
高温度（120 ℃ ±）	×	○	△	○	◎	○	○	○
高ソリッド汚染	×	◎	×	△	◎	△	○	○
ろ水の色	無色	黒褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色

表 3-1- 10 各種泥水タイプの基本組成と性質（全地連,2013）

泥水の名称	ベントナイト	リボナイト	ローソリッドポリマー	テルコート	フレックス	イージードリル	パワー泥水	クイックマッド（海水用泥水）
使用する調泥剤の濃度（清水 100 *l* に対する質量 kg）								
ベントナイト	3～5	3～5	2～5	0～3	0～3	0～3	2～3	
テルセローズMS	0.2	0.2						
テルポリマーLG	0～0.2		0.2	0.2～0.5	0～0.3			
テルポリマーHG	0～0.2		0.2		0～0.3			
リボナイト		0.5～2						
テルコート				0.1～0.3				
テルフレックス					2			
イージードリル						0.1～0.3		
パワービス							0.2～0.3	
クイックマッド								3
ソーダ灰					0.2	0～0.1		0～0.1
苛性ソーダ		0.1					0.1	
泥水の性質								
比重	1.03～1.06	1.03～1.06	1.02～1.06	1.01～1.03	1.01～1.03	1.01～1.03	1.02	1.01～1.03
粘性〔s500/500〕	25～35	25～35	25～35	25～35	25～35	25～35	測定不能	30～35
脱水量〔m*l*〕	10～15	10	10	10	10	10	—	10
泥壁〔mm〕	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1.0	—	0.5～1.0
pH	9～9.5	9.5～10.5	9～9.5	9～9.5	9.5～10.0	9.5～10.0	10.5～11.0	9.0～10.0

表 3-1- 11 泥水調整剤の種類と機能（全地連,2013）

種　類	調整剤名	用　途
ベントナイト	（泥壁形成剤，増粘剤）	
	クニゲル V1	壁剤，増粘剤
	スーパークレイ	壁剤，増粘剤
ポリマー類	（増粘剤，脱水減少剤，泥化抑制剤）	
	テルセローズ MS	増粘剤（中粘度），脱水減少剤
	テルポリマー L	脱水減少剤
	テルポリマー H	増粘剤（高粘度），脱水減少剤
	テルコート	泥化抑制剤，増粘剤（中粘度），潤滑剤
	テルフレックス	泥化抑制剤，潤滑剤
	イージードリル	泥化抑制剤，増粘剤（高粘度），潤滑剤
	パワービス	特殊増粘剤
	クイックマッド	増粘剤（中粘度）海水用泥水
分散剤	（粘性およびゲル降下剤，脱水減少剤，泥化抑制剤）	
	テルナイト BX	泥化抑制剤，粘性・ゲル降下剤（高温度用）
	テルフロー	粘性・ゲル降下剤
	リボナイト	泥化抑制剤，粘性・ゲル降下剤
その他の化学薬品	（アルカリ調整剤，セメント処理剤）	
	苛性ソーダ	アルカリ剤
	ソーダ灰	アルカリ剤
	重曹	セメント汚染処理剤（Ca^{2+}処理剤）

表 3-1- 12 非常用の調整剤（全地連,2013）

種　類	調泥剤名	機　能
界面活性剤(潤滑剤)	テル-DD スピーダ P スピーダ X	張付き防止剤，洗浄剤 潤滑剤，抑留回復剤 抑留回復剤
消泡剤	デフォーマ No 15 デフォーマ No 50	油性消泡剤 シリコン系消泡剤
アスファルト誘導体	アステックス S	坑壁強化剤
加重剤	バライト	加重剤
逸泥防止剤	テルストップ P テルストップ G テルシール テルプラグ F テルプラグ M テルプラグ C テルマイカ F テルマイカ M テルマイカ C マッドシール TM ファイバ アクリシール ニュープラグ	繊維状逸泥防止剤（細繊維） 繊維状逸泥防止剤（太繊維） 板状逸泥防止剤 板状逸泥防止剤（細粒） 板状逸泥防止剤（中粒） 板状逸泥防止剤（大粒） 板状逸泥防止剤（細粒） 板状逸泥防止剤（中粒） 板状逸泥防止剤（大粒） 繊維状逸泥防止剤 酸可溶鉱物系逸泥防止剤 膨張型逸泥防止剤 粒状逸泥防止剤

②ケーシングによる保孔

ケーシングの挿入は、崩壊、逸水、湧水など、孔内条件改善のため行われ、効果は保孔上最良の方法である。しかし、次のような欠点がある。

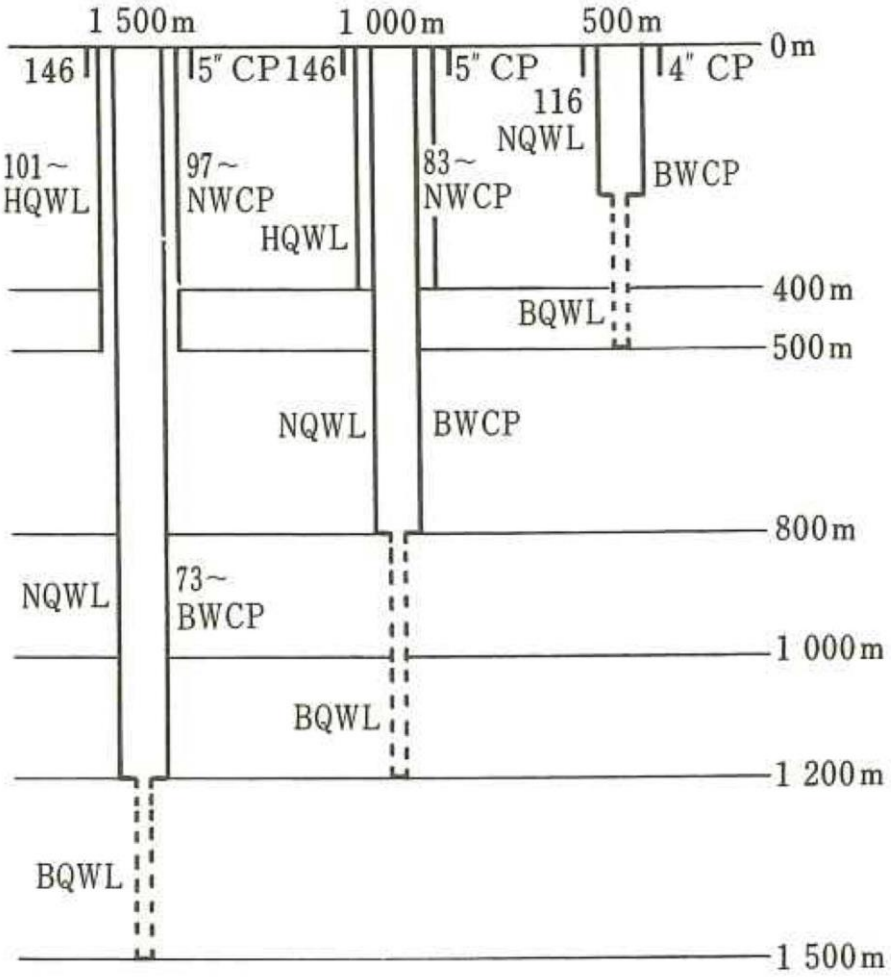
a.ケーシング挿入毎に孔径を小さく（段落とし）する必要があり、掘削器具をその度に変更する必要がある。

b.ケーシング挿入および回収の手間を必要とする。特に、ケーシングを回収不能のため孔内放棄を余儀なくされる可能性がある。

c.ケーシング挿入および回収のための機材を必要とし、初期投資が大きくなる。

d.ケーシングが挿入されていると測定不可能な検層が多い。

図 3-1- 24 に標準孔径挿入ケーシング概念図を示す。本図に示すように、ターゲット深度に合わせ適切にケーシングプログラムを作成する必要がある



（c）ワイヤライン工法・資源調査

図 3-1- 24 標準孔径挿入ケーシング概念図

③セメンチングによる保孔

セメンチングは、崩壊防止、逸水および湧水の防止などのために実施する。一般にはセメントスラリーの注入が行われるが、薬液を用いる場合もある。

しかし、傾斜孔においては、セメントスラリーを圧入しない限り、セメントスラリーが孔内の片側に寄り、孔全周に均一にセメントを浸入させることが難しいため、傾斜孔におけるセメンチングによる保孔は適用例も少ない。

一方で、セメンチングは清水掘りの亀裂の多い硬質岩の崩壊防止、砂礫層の崩壊防止には有効な方法である。しかし、泥水掘りの場合は、泥壁を通してのセメント注入は不可能に近く、その上泥水とセメントスラリーが混じってセメントスラリーの汚染やセメントスラリーによる泥水の汚染などの問題があり、成功率は低い。これらの汚染が起こらないように適切なタイミングでの孔内洗浄を十分に行う必要がある。

セメンチング注入方法は、次の様に分類される。

a.孔口注入法

b.ロッド注入法

c.ポンプ注入法

d.インジェクタ法

e.中段セメンチング法

f.加圧セメンチング法

表 3-1- 13 にセメント添加剤の種類と目的を示す。

表 3-1- 13 セメント添加剤の種類と目的（全地連,2013）

分　類	添加剤名	目　的
セメント速硬剤	塩化カルシウム 塩化ナトリウム（食塩） 珪酸ソーダ（水ガラス） 石こう	セメントスラリー硬化時間の短縮 早期強度の増加（硬化待機時間の短縮）
セメント遅硬剤	TR-11 TR-14	セメント硬化時間の遅延（シックニングタイムを長くする） セメントスラリーの流動性改善
セメント分散剤	TD-55 マイテイ-100	セメントスラリーの粘性降下 （スラリーの流動を乱流状態にして泥水との置換効率を高める）
脱水減少剤	TF-80 TF-1	水に鋭敏な地層保護（セメンティング中の崩壊防止） 早期の脱水防止（遊離水の減少） セメントスキーズの成功率を高める
低比重スラリー用添加剤	ベントナイト パーライト フライアッシュ 珪藻土	セメントスラリーの比重を軽くする セメントスラリーのでき上り量を多くする
高比重スラリー用添加剤	バライト 砂（40～60 メッシュ）	セメントスラリーの比重を上げる（異常高圧層のセメンティングおよび丈夫なセメントブリッジの作製に使用）
強度安定剤	珪石粉 フライアッシュ	強度劣化の防止（高温度下における強度低下と浸透率増加を防止するために使用）
逸水防止剤	パーライト テルプラグ（くるみの殻） テルマイカ（マイカ） テルシール	セメントスラリーの流出を防止（ブリッジ材として使用）

（v）孔内試験方法の整理

幌延沿岸域の地下水モデルを検証する目的で掘削される傾斜孔井における最も重要な孔内試験は孔内での原位置地下水の採取と採取された水試料（溶存希ガスを含む）の各種分析である。ここでは、原位置地下水の採取と分析について、それぞれ手法を整理する。

①　原位置地下水の採取

原位置の地下水採水法について、産総研(2012)には、a.原位置採水法および b.コア採水法として、以下のように整理されている。

a.原位置採水法

掘削調査においてボーリング掘削と組み合わせて行なうことのできる原位置採水法は、基本的にパッカー採水法のみである。一般的にはダブルパッカー法による採水が行なわれるが、孔底に近い区間を採水対象とする場合はシングルパッカー法による採水が行なわれる場合もある。

パッカー採水においては、パッカー区間内に存在する孔内水を予備採水により排水し、原位置水試料に対する孔内流体の混入を低減させる必要がある。原位置水試料に対する孔

内流体の混入は 1% 程度以下であることが望ましい。また、孔内流体の混入率が 5%以上の場合、原位置水試料の水質・同位体組成などを適切に評価できない可能性が高い。予備採水はパッカー区間の容積の 20 倍程度以上を目安に行なうことが望ましい。

地層・岩体の地下水流速が一定以上の速度を持つ場合は、掘削終了後に多段のパッカーを埋設し、掘削流体の影響がなくなるまで一定期間放置した後に採水を行なうマルチパッカー法による採水も可能である。

なお、採水区間の対象岩体が軟弱で孔壁の自立が困難な場合は、対象岩体の裸後部にパッカーを施すことはスタックなどのリスクを伴う。このため、ケーシングのアニュラス部にセメンチングを施し、ケーシング内にパッカーを設置し、これによりケーシング尻以深の裸後部を閉塞して当該区間から採水することで対応する。その際にはそれ以深は段落としでの延伸掘削が必要になること、セメントによる地下水組成の乱れに留意する必要がある。

b.コア採水法

コア採水が行なわれる対象は、透水性が低く原位置採水が困難な多孔質媒体である。掘削コアに含まれる間隙水を、遠心法もしくは圧密抽出法により抽出する。

遠心法および圧密抽出法で間隙水を抽出する場合、抽出圧は自由水の抽出限界以下に設定しなければならない。圧密抽出法により間隙水を抽出した報告例の多くでは、自由水の抽出圧よりも高い結合水レベルの抽出圧で間隙水を抽出しており、それらの抽出水の水質・同位体組成をもとに地下水流動を論じることには注意が必要である。また、原位置採水と同様にトレーサーにより掘削流体の混合量を評価する必要がある。

② 水試料（溶存希ガスを含む）の各種分析

採取された水試料を用いた地下水化学組成分析、地下水年代測定のための希ガスや酸素、炭素同位体分析が行われる。地下水年代測定は、処分場に適した地下水流速が 1m/年以下と非常に微流速であり、通常の物理的な水理試験では評価ができない場合、それに代わる評価手法として位置づけられており、そのため本手法が処分場の地下水流動を評価する際に重要な手法となる。なお、地下水年代測定法は移流によってのみ物質が輸送される、異なる地下水質が混合しないなどの仮定のもとに算出されており、原位置の水理地質状況によっては適切に評価できるとは限らないため（長谷川ほか,2013）、複数の年代測定方法を組み合わせて評価する必要があると考えられている（風早ほか, 2007）。

ボーリング孔掘削には必ず掘削水（掘削泥水：表流水・水道水と必要な泥水材料の混合したもの）を使用することから、「原位置地下水の採水」には、掘削水影響の排除（泥水材料やセメンチング材料の影響を含む）・排除の判断基準設定が前準備として必要である。また、上述のようにボーリング孔掘削により複数の帯水層の地下水の連結・混合も懸念事項であり、これらの想定事象と対応も併せて整理しておく必要がある。

長谷川ほか（2013）には地下水年代測定法と評価期間の適用範囲がまとめられており（図 3-1- 25)、上記の評価期間に適合する地下水年代測定法は炭素同位体・クリプトン同位体・塩素同位体・ヘリウム同位体に限られている。

馬原（1996）には地下水年代（滞留時間）の測定方法についてまとめており、図 3-1-25 に示された核種・希ガスの試料量についても整理している。10^4～10^6 年の地下水滞留時間を計測するのに必要な試料量はそれぞれ以下とされている。上述のように複数の年代測定手法の併用が求められるので、理想的には 1 点当たり 10L 以上の品質管理された原位置地下水試料の採水が必要になる。これは後述する採水方法（孔内採水・コアからの抽水：圧縮抽水・遠心分離による抽水）にも示されるが、地下水年代測定用試料の採取には孔内採水によるしか現状では方法がないことになる（コアからの抽水は数 10mL 程度の試料量が通常のため、長谷川ほか, 2013)。

- ^{14}C：200L（長谷川ほか,2013 では 1L 程度との記載）
- ^{81}Kr：10L(RIS による分析)、あるいは 100m^3～1,000m^3（通常の放射能測定）
- ^{36}Cl：1~5L(タンデム加速器分析)、あるいは 100m^3～1,000m^3（通常の放射能測定）
- ^{129}I：言及なし
- ^{4}He：15mL 以上（崩壊性希ガスの採取・分析のため）

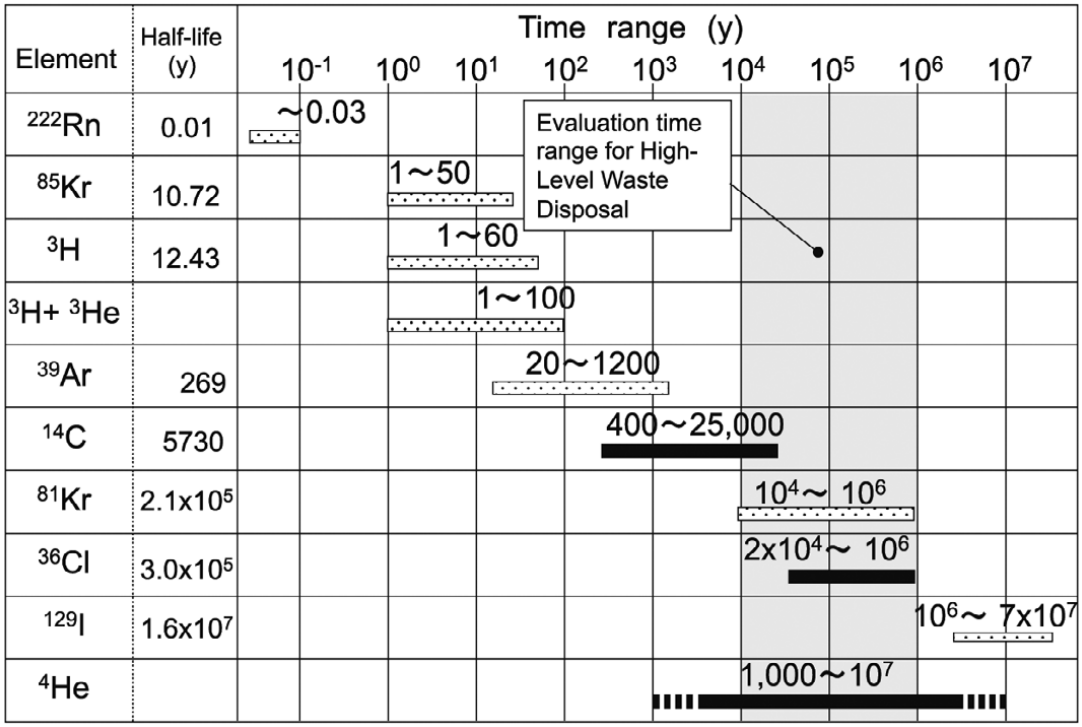


図 3-1- 25 地下水年代測定法と評価期間の適用範囲（長谷川ほか，2013）
（おもに放射壊変による濃度変化から地下水年代を評価している）

（c）ヒアリング調査

過去に軟岩および軟弱地盤を対象とした傾斜孔を掘削し、孔内試験を実施した経験のある複数の事業者に対してヒアリングを実施した。傾斜孔あるいはコントロール掘削に特有の掘削や孔内調査に関しての注意点や失敗例など、文献調査では得られない情報を聞き取り整理した。ヒアリングを実施した 5 社の業種は以下のとおりである。

・A 社：地質調査業者
・B 社：さく井業者
・C 社：燃料資源開発業者
・D 社：鉱物資源開発業者
・E 社：建設業者

ヒアリングの実施にあたっては、事前に、各事業者の掘削実績を踏まえ、ヒアリング調査の目的および質問事項を整理した質問票（クエスチョネア）を事前に送付した上で、ヒアリング日程調整を行った。なお、各事業者のヒアリング調査結果および文献調査の結果を比較しやすいように、質問項目を①掘削の目的、②孔井の角度、③掘削工法、④掘削構成機器、⑤保孔方法（掘削泥水や地盤改良などの方法)、⑥孔内試験の項目、⑦調査機器の傾斜孔井内への挿入方法、⑧孔内試験の精度、⑨その他を基本とした。

各社へのヒアリングの結果について一覧表を表 3-1- 14 に示した。また，今回のヒアリングから見えてきた軟弱地盤における傾斜孔井掘削の問題点と課題を a.第四紀層の軟弱地盤を掘削対象とすることの困難さ、および b.傾斜孔で掘削することの困難さ、に分類し、表 3-1- 15 に示した。

表 3-1- 14 ヒアリング結果のとりまとめ

会社	A社	B社	C社	D社	E社
掘削対象の地質	第四紀完新統（未固結海岸砂礫層） 新第三紀鮮新統（半固結シルト岩、凝灰岩、泥岩） 新第三紀中新統（火山礫凝灰岩）	第四紀完新統（沖積層：未固結砂泥層） 第四紀更新統（未固結砂質シルト層、砂礫層）	石油・天然ガス貯留層	新第三紀上部中新統（珪藻質泥岩） 新第三紀中部中新統（硬質頁岩）	地表下30m程度 第四紀層（沖積層、洪積層）での実績が多い
傾斜孔/軟岩or軟弱地盤	傾斜孔-60°（掘進長500m）／軟岩	孔口から90m垂直、90m以深コントロール孔（掘進長1000m）／軟弱地盤	-	孔口から200mまで傾斜孔-55°、200m以深コントロール孔／軟岩	発進角度10°～18°弧状推進（掘進長1000-1500m）／軟弱地盤（・軟岩）
①掘削の目的	沿岸部堆積岩中の地下水の水質及び水理特性の把握	水溶性ガス田還元井のコントロール孔掘削	石油・天然ガスの坑井掘削	コントロール孔掘削技術の開発	ガス管、電気・通信ケーブルの鞘（さや）管、排水管の敷設
②孔井の角度の決定方法	検層機器が自重で降下できる角度	発注者の仕様。表層から90mまで鉛直に掘進し、200mから孔曲げ1°／10m以内、最大傾斜30°まで	坑井のターゲット次第。傾斜掘削開始地点は、ケーシング計画や傾斜角による掘進中の掘削編成への負荷などを考慮し決定する。 第四紀層は通常ベントナイト泥水を使用しながら垂直に掘削する。傾斜掘削することはできないこともないが、難しい。孔曲げは3°/30mがスタンダードとされている	垂直深度500m。水平掘削区間200m～300mの目標仕様が示されたため、地表からの打ち出し水平から-60°～55°（垂直から30°～35°）から掘削深度200mまで直線、その後3°／30mで孔を曲げて垂直深度500mで水平（垂直から-90°）の軌跡を描くように孔井の角度を決定。	河川や港湾の深さ、既設鋼矢板などの障害物、事前に地質調査を行い礫層を把握し、これらを避ける掘削軌跡、掘削深度を決定する。発進角度は10°～18°が標準、孔曲げ角度は管径100mmならば400mR～500mR（1°／10mと同等）。（発進側からの片押しならば孔曲げ角度は管径の4000～5000倍）
③掘削工法	第四紀層はノンコア掘削。第三紀層はコア掘削。コア径は46mm、最終掘削孔径は76mm 以上。掘削延長は500m（鉛直深度約433m） ・ノンコアφ170mm 掘削。φ165mmCP 保孔。 ・ワイヤーライン工法（NQWL）、コアパック式、ベントナイトベースの掘削泥水使用。泥水や孔内洗浄水等、孔内に使用する流体には、一定濃度でトレーサーを添加。 一連の掘削～調査・試験終了後、MP システムの挿入のために、孔径を122mm に拡孔。 （拡孔は2 段で実施。HQ 相当(96mm)→PQ 相当(122mm)	0m→55mまでコンダクタパイプを鉛直に挿入。 55m→90mまで鉛直に掘進。 90m→200mまで目的方位に向けダウンホールモータ（ベント1.5°）で200m　3 °程度まで掘削。荷重は4-5tを維持。 200m→1000m、増角編成しスタビライザーの位置を変えて掘削し、目的傾斜に到達後、沿角編成でターゲットまで掘削する。 30m毎に傾斜を計りながら(Single shot)ターゲットに向けて掘進する。	ロータリー式掘削 第四紀層を自立させながら掘削した経験はある。 高濃度のベントナイトを調泥し、厚い泥壁を形成しながら掘削した。基本的に泥壁は薄い方が望ましいが、未固結箇所は厚くした方が良い（坑壁の崩れを抑制する目的）。	・地表から200mまでケーシング掘り（ノンコア） ・ワイヤライン式コアリングが可能なコントロールボーリング（独自方式） 泥水掘り（ポリマー主体＋ベントナイト）	・HDD（Horizontal Directional Drilling）工法の一種 ・HDD工法は、パンチアウトといって到達側に出口があることが前提 ・パイロット孔を到達側にパンチアウトさせ、発進側からリーミングによる拡孔、到達側からパイプを引き込む ⇒この方法をとることにより、孔内に常にロッドがある状態を保ち、孔が崩壊するリスクを下げる ・掘削は、地層の種類に応じて掘削編成を変える必要がある ・軟弱地盤を掘進する場合、ベントナイト泥水のジェット噴射によって掘削する ・軟岩を掘進する場合、マッドモーター（ダウンホールモーター）によって掘削する ・掘削編成のビット手前に2m程のセンサーが組み込んでおり、位置や方向を確認し制御している。通信方式は有線
④掘削構成機器	傾斜櫓（鉄骨製傾斜）、試錐機(鉱研工業；SDR-25A）、ポンプ(鉱研工業；MG-15h、MG-30) ワイヤーラインホイスト（NLC；WLH-L)、ミキサー、コアチューブ、タンク、発電機(ヤンマーYDH-2600)他	ロータリーテーブルを使用したロータリー式掘削（ドローワークス） ダウンホールモーターを使用（GERDからリース）	ビット・マッドモーター・MWD・LWD・ドリルカラー・ヘビーウェイト・ドリルパイプで構成されている。 マッドパルス方式で、リアルタイムでデータを計測し地上へ伝送している。	・ワイヤライン/ケーブルヘッド/ダウンホールモーター/アンダーリーマー（φ154mm）/コアバレル（φ86mm） ・コア径は50mm	・推進機本体、パワーユニット、泥水プラント(マッドポンプ、貯泥槽、作泥槽、泥水槽、清水槽、泥水移送ポンプ、シェールシェーカー、デシルター)、発電機、ドリルパイプ、ケーシングパイプ、ラフタークレーン、バックホウ、ダンプトラック、ベントナイト他

表 3-1-14 ヒアリング結果のとりまとめ（つづき）

会社	A社	B社	C社	D社	E社
⑤保孔方法（掘削泥水や地盤改良方法など）	ベントナイト泥水＋増粘剤のみ使用。ベントナイト濃度は、3%（3%の根拠は不明）。NQWL である程度（9m？）掘進毎に全揚管し、φ98mm拡孔、 98CP 追管し、NQWL 頭出しで掘削。	泥岩の膨潤に対応するためリボナイト添加した泥水を使用している（比重1.15以下）。ベントナイト＋リボナイト、増粘剤のCMCやポリマーを使用する。掘削泥水の管理で、薄く強い泥壁形成・維持が重要。掘り屑をうまく除去するよう工夫する必要がある。掘り屑を除去するためにシェールシェイカー(shale-shaker)、マッドスクリーンおよびデカンタで除去する	地表部はベントナイト＋ポリマー泥水を使用。計画深度まで到達した裸孔部は、物理検層のデータ取得後、速やかにケーシングを降下し外側をセメンチングする。 粘土鉱物が膨潤するような地層では、KCLリグネイトやKCLポリマーを使用する。基本的には、深度1000mくらいまでは、粘化と使い勝手に優れたベントナイト＋ポリマー泥水を使用する。	・地表からケーシング3段で保孔。 ・セメンチングは行わなかった。地質が良く（声問層の珪藻質頁岩）、膨潤することも無く、孔をあけても塞がることはなかったため。 ・孔内泥水の圧力をモニタリングして、圧力が一定値を超えたら、掘削を止めて、孔内洗浄を行った。	・ベントナイト泥水（ポリマープレミックス）による地山の保持 ・表層部は口元管(コンダクターパイプ)の設置 ・地盤改良(薬液注入、セメント改良、土砂置換) ・パイロット掘削後にケーシングに入れ替えることも可能。ただしケーシングを挿入する際は、センサー無しなので、パイロット掘削の孔に戻る確証はない。 ・推進機の据え付けは厚さ300mmのコンクリート打設で地耐力は十分。
⑥孔内試験の項目	＊間隙水圧測定 ＊水理試験（シングル／ダブルパッカー方式、段階揚水法） ＊電気伝導度測定(区間デッドボリューム3 倍以上揚水。上限60 時間) ＊封圧採水(孔内駆動バルブ、銅管ピンチング方式、60ml) ・キャリパー検層 ・インダクション検層 ・速度検層 ・温度検層 ・密度検層 ・ナチュラルガンマ検層 ・ボアホールテレビュアー ・その他(自主研究や機器開発目的で数種類実施)	孔内検層は、比抵抗、自然電位などを実施。	事業内容により異なるため、一般論としては答えにくい	・水理試験（レアックス）、検層（応用地質、GERD、イギリスのロバートソン社）、応力測定、MWD（物理計測、エクセタアンテック社）などを実施。 ・掘進中複数回掘削を止めて孔底付近で採水を実施	・孔内試験の実績はない ・掘削編成のビット手前に位置や方向を検出するためのセンサーがあり、センサーを引き上げることができないため、コアリングは原理上難しい。泥水に含まれるカッティングスしか回収できない。 ・マッドモーターはスクリューの形状なので、バッカーの設置に支障が出る
⑦調査機器の調査井への挿入方法	通常の自重ワイヤーライン方式、（電気探査多電極ケーブルはφ5mm グラスファイバーロッドに固定して挿入）	傾斜角45°ならば検層業者が対応可能。 ウェイトを増やして機器が降りていくようにしている。	掘削編成に傾斜データを伝送するMWDや地層の物性値を伝送するLWDを組み込むケース、計画深度到達後、裸孔部にワイヤラインによる物理検層ツールを降下して詳細を計測する場合もある。 坑内から地下水をサンプリングするためのツール(ハリバートン製：RDT Reservoir Description Tool、シュルンベルジェ製：MDT Modular Formation Dynamics Tester)もある。裸孔にパッドを押し付ける機構であるために抑留される可能性がある。 ハリバートンのツールに関しては、国内の関連会社を通してサービス提供が可能である。 深度が深い井戸では、物理検層ツールを降下できるのは50～60度である。それ以上の傾斜で自重により下がらない場合は、ドリルパイプを使用してロギングツールを降下する。物理化学特性が要らない場合は、掘削中に比抵抗などを測定できるLWDを掘削編成に組み込むが、サンプリングをすることはできない。	ケーブル付ポンプインシステム（調査機器を孔底まで水圧で下ろす） ・水平区間の検層は、調査機器が自重で降りないので、不可能。傾斜角30°（垂直-60°）までならば挿入・検層可能。	・調査機器を孔井に挿入した実績はない。

表 3-1-14 ヒアリング結果のとりまとめ（つづき）

会社	A社	B社	C社	D社	E社
⑧孔内試験の精度	透水係数は、Hvoslev の解析式で算定した。 解析式を構成する各物理量（Q，L，r，P）の観測精度がそれぞれ± 1 %とすれば、透水係数の計算精度は± 4 %くらいとなる	地下水の分析については、自社では実施しないため不明。 3日程度揚水したあと採水。ケーシングを入れ終わった段階で洗浄し、水を入れ替えるため（孔内容積＝デッドボリューム分）、比重が1になるまでポンプで揚水し、比重が1になった後に採水を行う。	物理検層、圧入テスト、油ガスの場合は地層流体の産出テストなど受領したデータを解釈し地層の能力を評価する。深部になれば精度は低くなるが、これら物性値以外に確認する術がないため、これらのデータをもって評価せざるを得ない。 裸孔で揚水試験を行う方法としてダブルパッカー方式がある。対象層をパッカーで挟んでオーバーバーデン圧を抜いて揚水試験を行う。 採水箇所が浅部且つ軟弱層では、孔壁の強度が弱いためパッカーによるシールは難しい。	採水ならびに、採水した地下水については化学成分や年代など多種の項目についての分析を実施。	・孔内試験の実績はない
⑨必要な試錐用地面積	・30m×40m（1200m^2）	・300坪程度（1000m^{2}程度）	・5000m^{2}以上	・2000m^{2}以上	・3000m^{2}以上
⑩その他（①～⑨に該当せず、掘削計画を立てる上で事前に検討が必要であると判断したものや現場での苦労した点など）	・当初清水掘りを予定していたが口径が著しく拡大したため、泥水掘りに変更 ・泥水濃度上限を3%に設定した ・軟弱地盤では孔形が真円にならず楕円になりパッカーがかからない ・孔形が楕円になりすぎないようガイド管の増し締めが必要 ・パッカーを軟質ゴムパッカー開発し、孔形が楕円でもパッカーがかかる様工夫した	・キックオフポイントの設定で、キックオフポイントの上に軟弱な層（湿地層・礫層）があると難しい。 ・施主が偏距を長くとりたい場合、キックオフポイントを浅く設定しがちだが、地域によっては100m以上鉛直に掘進してコンダクタパイプを配置し、キックオフポイントを100m以深に設定する必要がある場合がある。施主とよく打ち合わせてキックオフポイントを設定する必要がある。 ・ベンディングレートが1°／10m以上だとキーシートができてしまい。ビットなどを上げ下げする際に引っかかる場合が多い。補正のための孔浚いが必要となる。	・大偏距掘削を行う際には、掘削リグの能力、掘削編成への負荷、掘削泥水選定、ケーシング降下などで安全にトラブルなく作業を遂行するために掘削計画の立案と各種サービス会社との契約締結、法規上は、安衛法、油ガス井掘削に則して鉱山保安法の適用も留意事項である。	・軟弱地盤で掘削する場合、ツールハンドリング上、ケーシングを長く設定した方が、孔内トラブル回避に役立つ。 ・キックオフポイントが軟弱地盤だとキックさせるための反力を得られないので、孔曲げが難しいと予想される。 ・軟弱地盤で地表から傾斜で打ち出すとロッドの自重でどうしても意図しない鉛直方向に孔が曲がる（垂れ下がる）。この孔跡修正が容易ではない。 ・泥水の管理が非常に重要で、管理値を設けて掘り屑を適切に除去する必要がある。 ・幌延地区の冬期は、風が非常に強く（台風並み）、気温も低い（-20℃より下がる場合がある）ので、これらの対策（凍結対策・暖房設備・風防設備）も非常に重要。 ・櫓が30mを超えると建築許可が必要となる。 ・ロータリー式掘削機で打ち出しから傾斜孔にできる機器構成はこの世に存在しない。あまり心当たりがないが、湖底や海底の軟弱層に海底ケーブルを通すパイプを設置するための掘削機器がある。アメリカンオウガーズ社のDD－440T。水平面から-10°～-18°(垂直-72°～-60°)で掘削可能。日本で所有する会社はNECネッツSI?社などごく限られる。掘削機が非常に大きく、付帯のポンプなども非常に大がかり。	・対象が沖積層(非固結層)の場合は、トリコンビットを使用せず、先端からのベントナイト泥水の噴射により掘削する。掘削中は、ベントナイト泥水の還流により孔壁を保孔している。 ・可能掘進長1000～1500mの根拠は、ドリルパイプの強度が主の理由である。推進機は100ton以上の力を出せるが、実際にドリルパイプにその荷重を加えると座屈する可能性がある。 ・礫層は、事前の地質調査で避けるようにしている。扇状地など礫が多く存在する場所でのHDD工法の実績は無し。下流域で礫層が少ない、または礫層下に粘性層や砂層がある場所に適した工法と言える。 ・100mmの長尺管を1000m敷設する工事のコストは概算で数億円規模である。

表 3-1- 15 軟弱地盤と傾斜孔掘削における問題と課題の整理表

軟弱地盤／傾斜孔	問題点	解決すべき課題
a.第四紀層の軟弱地盤を掘削対象とすることの困難さ	①岩相が未固結砂泥岩および未固結砂礫岩である場合、孔の崩壊を避けるため孔口からある程度深くまで垂直に掘削する必要がある。	・地質に対応した掘削計画 -掘削軌跡を適切な深度まで垂直とする -適切なケーシングプログラムを作成する -適切な深度までセメンチングで保孔する -適切なキックオフポイントの設定 ・掘削目的に対応した掘削計画 -適切な試錐軌跡を設定する ・打ち出しから傾斜孔を掘削する技術 -軟弱地盤を掘削可能なスラントリグを選定あるいは開発する
	②軟弱地盤で掘削する場合、ツールハンドリング上、ケーシングおよびセメンチングを長く設定する必要がある。	
	③垂直に掘進したあとキックオフポイントで増角編成によって掘削する際、軟弱地盤では反力がとれず孔曲げが困難である。	
	④孔曲げのベンディングレートを１°／10m以上だとドッグレックができてしまい。ビットなどを上げ下げする際に引っかかる場合が多い。	
	⑤軟弱地盤における掘削では泥水の管理が非常に重要で、掘り屑を適切に除去する必要がある。	・泥水管理技術 -掘り屑を適切に除去する -適切に泥水の濃度管理を行う
	⑥軟弱地盤における掘削では濃い泥水を使用し、泥壁で孔を保持する必要がある。	
	⑦泥水を多く使うと原位置地下水を採取するため、孔内洗浄に時間がかかる。	・採水技術 -適切に裸孔部分をつくる -適切にパッカーで遮水する
	⑧孔壁が軟弱地盤の場合、パッカーが効かない。	
b.傾斜孔で掘削することの困難さ	①岩相が未固結砂泥岩および未固結砂礫岩である場合、傾斜孔では孔の崩壊が必然である。	・地質に対応した掘削計画 -適切なケーシングプログラムを作成する -適切な深度までセメンチングで保孔する -適切なキックオフポイントの設定 ・保孔技術 -適切なケーシング・セメンチングを行う
	②軟弱地盤で地表から傾斜で打ち出すとロッドの自重でどうしても意図しない鉛直方向に孔が曲がる（垂れ下がる）。この孔跡修正が容易ではない。	・コントロール孔掘削技術 -適切に方位付をする
	③ロータリー式掘削機で打ち出しから傾斜孔にできる機器構成はこの世に存在しない。	・傾斜孔用の試錐機・掘削システム -軟弱地盤を掘削可能なスラントリグ -計測機器を適切に挿入するシステム
	④掘削角度が緩傾斜になると計測機器を自重で挿入することができない。	
	⑤軟岩および軟弱地盤で傾斜孔を掘削する場合、孔形が真円にならず楕円形になる。	・採水技術 -適切にパッカーで遮水する

（d）モデル地域を対象とした掘削計画の検討

産総研では、沿岸部における地質環境特性把握のために、北海道幌延町浜里地区において陸上や海上における各種物理探査ならびに、深度 1,200m までの複数の鉛直の調査孔井の掘削を行っている。これら過年度事業において行われた陸上ならびに海上の比抵抗探査とボーリングコアを用いた地下水調査の結果から、海底下に陸域から連続した淡水性地下水の存在が予測されている（Ikawa *et al.*, 2014）。

本研究では、この海底下の淡水性地下水の存在を実証するために、これまで収集した情報に基づき、軟弱地盤である浜里地区の掘削用地内からの傾斜孔井の掘削を想定した掘削・調査システムおよび掘削計画を検討した。

(i)モデル地域の水文地質環境

幌延町浜里地区の詳細な水文地質環境については、過年度事業である「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」の報告書に記載されているため（産業技術総合研究所、2006 など)、ここでは概略を述べる。

モデル地区周辺の地形・地質環境の特徴は、以下の①～⑦に集約される。

① 軟弱な第四紀層(<2.58Ma)が 1,000m 以上堆積した天塩川河口域の堆積地（天塩平野）で、表層 90m 程度が未固結沖積層（Alluvium,<18ka)、その下位は砂泥互層の更別層・勇知層（未固結～半固結）であること、
② 表層の沖積層（Alluvium,<18ka,陸成層）は海岸砂丘列・後背湿地・原野（サロベツ原野）等からなり、天塩川の蛇行・河道変更に伴う多数の放棄河道・河跡湖・泥炭地(peat)を伴うこと、
③ 表層水のうち天塩川下流域・サロベツ川・パンケ沼等に日本海からの塩水遡上等による汽水域を含むこと、
④ サロベツ原野（堆積地）と丘陵地（新第三紀・第四紀層）の境界に湧水帯（下沼湧水帯）が分布すること、
⑤ 後背地の丘陵（新第三紀・第四紀層）の境界部に海岸段丘（<125ka）が多数分布すること、
⑥ 後背地の丘陵（新第三紀・第四紀層）は活褶曲・活断層を伴う褶曲山地・丘陵であること、
⑦ 後背地の丘陵（新第三紀・第四紀層）は油ガス田胚胎地域で泥火山分布地域でもあること、

モデル地区で掘削された DD-1 孔(孔底深度 1200m、鉛直孔)では、コア試料を用いた岩相区分・物性値（針貫入試験及び間隙率）・透水係数（コアおよび原位置）が取得されている（図 3-1- 31 苫小牧における CCS 圧入井のイメージ図)。1200m 深度まで全て第四紀層であり、堆積間隙は沖積層と更別層との境界に認められるのみであり（海岸段丘形成期の地層をほぼ全て欠いている)、基本的には整合一連の堆積層と見なせる。深度 0-88m 間は沖積層(<18ka)で最下位に基底礫岩・粗粒～中流砂岩層を挟むほかは最上位まで細砂～泥堆積物で多量の泥炭層を介在する（海進期・サロベツ湿地形成期の堆積物)。深度 88m-471m 間は更別層で上下限はそれぞれ 0.8Ma,1.5Ma ごろと考えられ、礫層～泥層のサイクリックな堆積物で層相変化が頻繁でやはり多数の泥炭層を挟んでいる。深度 471-1200m 間が勇知層（1.5Ma ごろ～約 2Ma）とされ、これは上半部の深度 700m 程度までが粗粒砂～砂の厚互層、これ以深では砂が主体の砂泥互層になっている。なお、表層の沖積層は北海道の特殊土とされる「泥炭性軟弱地盤」であり、泥炭の存在とともに層相変化も大きい。

物性値は下位ほど圧密を受けて変化するために、間隙率が深部ほど小さくなり、透水係数もこれに応じて小さくなり、強度も深度とともに大きくなっている。続成初期に泥層の方が砂層に比べて圧密が進行しやすいとされる特徴は、間隙率や物性値の深度変化で明瞭に捉えられているが、透水係数は半固結段階まで（セメンテーションが進行途上）の堆積層では 2 桁程度の差が保たれている。以上は特徴の①②に対応する。

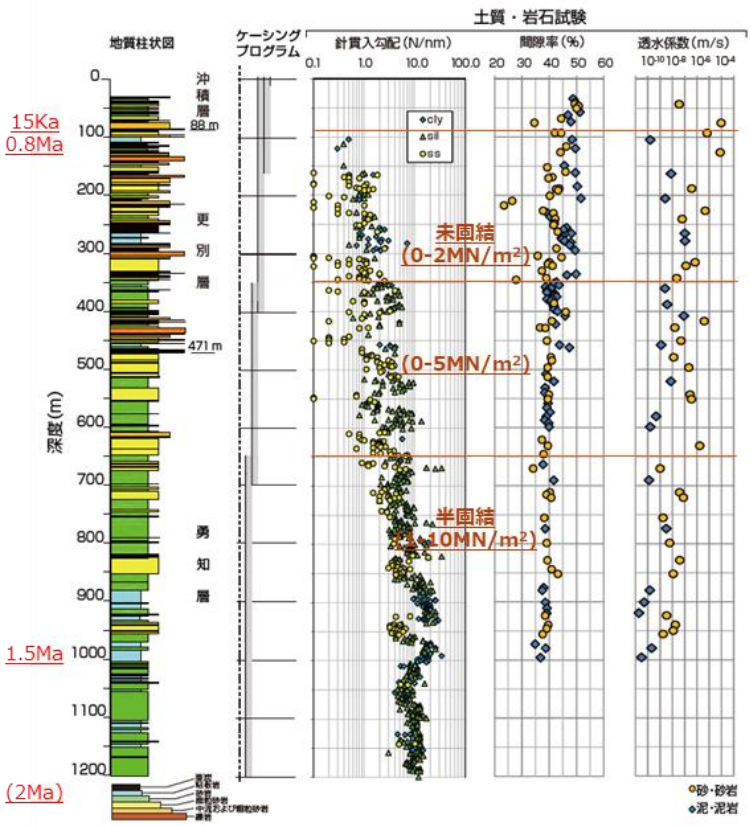


図 3-1- 26 モデル地区 DD-1 孔のボーリング柱状図・地盤物性プロファイル
（丸井・町田・井川,2021 に加筆）

（ii）掘削計画の検討

1）仕様

海底下の淡水性地下水の実証のため、想定した軟弱層における傾斜孔井の仕様は以下のとおりである。

① 低角な遠隔傾斜孔井：掘削角 45°～90°、孔長 1000m、ノンコアリングを想定し、できる限り単純な掘削工法を用いる。

② ケーシングパイプによる完全保孔：軟弱な第四紀層を掘削するため、裸孔を避ける。必要に応じて地盤改良や濃泥水によるマッドケーキを施す。

③ 孔井の所定深度における揚水による地下水採取：裸孔区間を避けるため、所定深度の孔底からシングルパッカー等を用いた揚水や採水を実施する。

④ 孔内調査：採水を中心とした低角な孔井を用いた孔内調査を実施する。

2）掘削軌跡の検討

文献調査およびヒアリング調査の結果、それぞれ課題があるものの、軟弱層において傾斜孔を掘削することが可能となりそうな掘削技術は、①ロータリーテーブル式掘削、②電中研式掘削および③弧状推進式掘削である。

本節では上記 3 つの掘削技術について、モデル地区において軟弱層を傾斜孔で掘削することを想定した場合に、それぞれの技術毎に、掘削対象地盤および技術的制約条件を考慮し、それぞれの掘削軌跡を検討した。

図 3-1- 27 に掘削軌跡の検討図を示す。

①ロータリーテーブル式掘削における掘削軌跡の検討

＜掘削軌跡決定のための制約条件＞

・掘削機器構成の制約から地表からの打ち出し角度は垂直（-90°）に設定する必要がある。

・地下深度-200m 付近まで非常に軟弱な沖積層であるためキックオフポイント（KOP）を 200mに設定する必要がある。

・増角編成における孔曲げレートは 1°/10mにする必要がある。

・計測機器挿入のため最終傾斜角を−45°にする必要がある。

以上の制約条件から、掘削軌跡の諸元を以下の通りとした。

地表からの打ち出し角度：	-90°
キックオフポイント（KOP）：	200m
KOP からの孔曲げレート：	1°/10m
最終傾斜角：	-45°
掘進長：	1000m
偏距：	420m
到達地下深度：	-820m

②電中研式掘削における掘削軌跡

＜掘削軌跡決定のための制約条件＞

・　地表からの打ち出し角度を-60°に設定（上幌延の掘削実績）。

・　孔曲げ時に反力を取れる岩盤強度は 5MN/m² 以上が必要。

・　地下深度-350m 付近まで 5MN/m² 未満の岩盤強度であるためキックオフポイント（KOP）を 400mに設定する必要がある。

・　増角編成における孔曲げレートは 1°/10mにする必要がある。

以上の制約条件から、掘削軌跡の諸元を以下の通りとした。

・　地表からの打ち出し角度：　-60°

・　キックオフポイント（KOP）：　400m

・　KOP からの孔曲げレート：　1°/10m

・　最終傾斜角：　-0°

・　掘進長：　1000m

・　偏距：　700m

・　到達地下深度：　-610m

③弧状推進式掘削における掘削軌跡

＜掘削軌跡決定のための制約条件＞

・地表からの打ち出し角度の範囲は-10°～-18°。

以上の制約条件から、掘削軌跡の諸元を以下の通りとした。

地表からの打ち出し角度：　-18°

キックオフポイント（KOP）：　---

KOP からの孔曲げレート：　---

最終傾斜角：　-18°

掘進長：　1000m

偏距：　900m

到達地下深度：　-300m

表 3-1- 16 に掘削軌跡諸元比較表を示す。

表 3-1- 16 掘削軌跡諸元比較表

掘削方式	ロータリーテーブル式	電中研式	弧状推進式
地表からの打ち出し角度	-90°	-60°	-18°
キックオフポイント（KOP）	200m	400m	---
KOP からの孔曲げレート	1°/10m	1°/10m	---
最終傾斜角	-45°	-0°	-18°
掘進長	1000m	1000m	1000m
偏距	420m	700m	900m
到達地下深度	-820	-610m	-300m

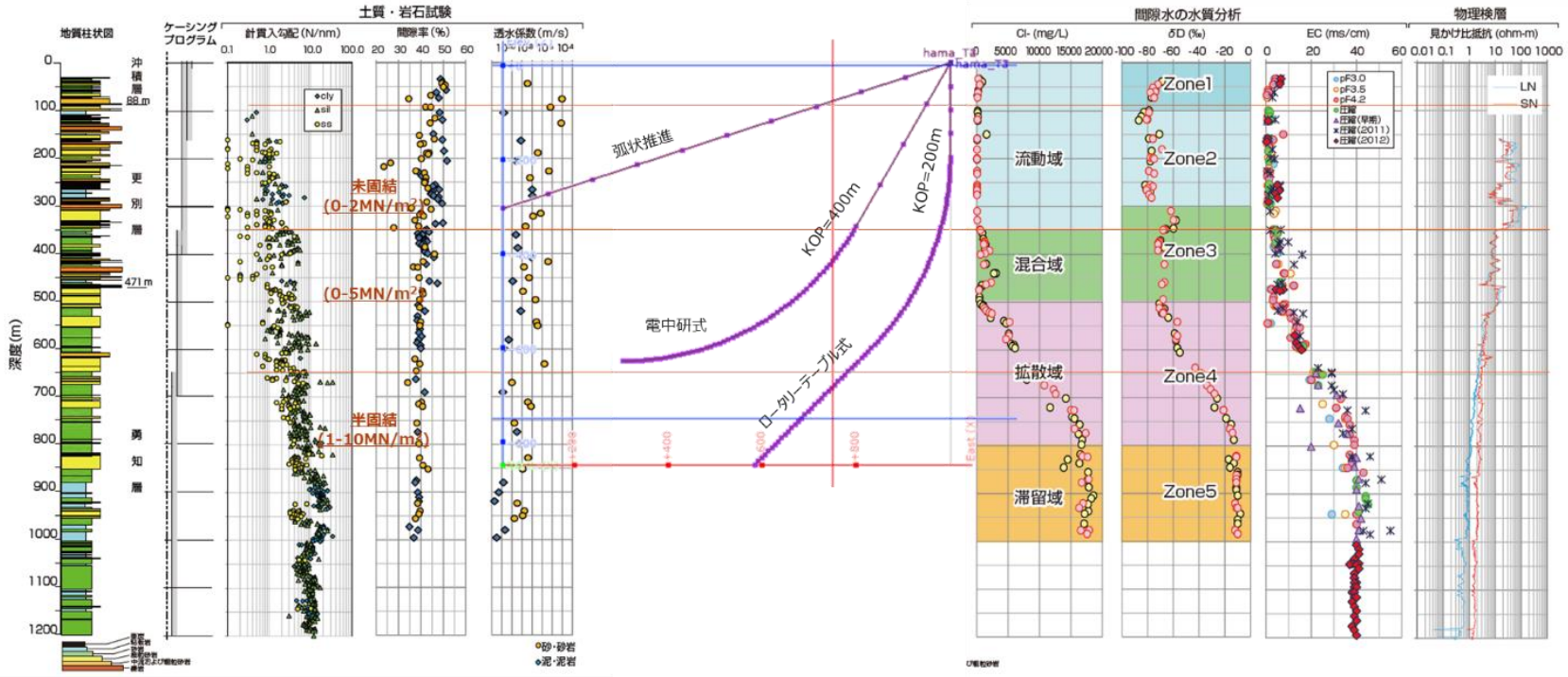


図 3-1- 27 掘削軌跡の検討図

3）軟弱地盤/傾斜孔掘削における各掘削方式の実現可能性の検討

以下に文献調査およびヒアリング調査結果と掘削計画検討結果を総合し、軟弱地盤/傾斜孔掘削における各掘削方式の実現可能性の評価・検討を行った。

①ロータリーテーブル式掘削

a.ターゲットへの到達可能性

①ロータリーテーブル式掘削

a.ターゲットへの到達可能性

ロータリーテーブル式掘削は、基本的に地表からの打ち出し角度は垂直（-90°）にする必要があり、地盤が安定するまでキックオフポイント（KOP）を設定できない。このため海底下地下浅所の**ターゲットに到達することはできない。**

→**評価　×**

b.保孔の実現性

浅所のコンダクタパイプ、ケーシング、泥水による保孔の技術は確立されており、実績も多い。

→**評価　○**

c.原位置試験の実現性

孔径が比較的大きいので孔底において、小口径の追堀を行えばシングルパッカーによって遮水し、原位置地下水の採取は可能と考えられる。ただし、孔形が真円にならず、楕円形になる可能性があり、パッカーの素材や形状に工夫が必要になることが予想される。

→**評価　△～○**

②電中研式掘削

a.ターゲットへの到達可能性

電中研式掘削は、地表からの打ち出し角度を-60°程度(上幌延実績)で設定することができるが、ダウンホールモーターのベントサブで孔曲げを行うキックオフポイント（KOP）は方位指向性を得るために地盤強度が 5MN/m² 以上の強度であることが好ましい。対象の浜里地区においては 5MN/m² 以上の安定した地盤は垂直深度で 400m であるため、孔曲げを行いながら浅層のターゲットに到達することは不可能である。

孔曲げが不要で一定の傾斜で掘削する場合は、地表から緩傾斜で打ち出すことでターゲットへ到達できる可能性があるが、過去の実績以上の給圧力を有する試錐機(やスラントリグ)が必要であり、軟弱層の掘削区間においてロッド自重により（意図しない方向に）孔曲がりすることへの対策を要する。

→**評価　×～△**

b.保孔の実現性

掘削径に近いケーシングを追従する方式であり、孔底までフルケーシングで保孔可能なシステムである。低比重泥水での掘削実績はあるが、未固結層など自立しない軟弱地盤での崩壊抑制が課題として考えられる。

→**評価　△**

c.原位置試験の実現性

掘削が実現できれば原位置試験は実現可能。

→**評価　△～○**

③弧状推進式掘削

a.ターゲットへの到達可能性

弧状推進式掘削は、地表からの打ち出し角度を-10°～18°程度に設定することができ、海底下の地下浅所のターゲットに到達できる可能性あり。

→**評価　△～○**

b.保孔の実現性

パンチアウトが前提の掘削手法であり、保孔もごく短時間孔壁が保てばパイプの引上げ、引込みが可能。しかし、原位置試験が可能となるほど、長時間の保孔実績はない。

ただし、電中研式掘削同様に孔径に近い鋼管でのケーシング追従方式のため、掘削中の保孔が可能なシステムである。

→**評価　△**

c.原位置試験の実現性

原位置試験を行った実績はない。既存のシステムでは鋼管を残置して掘削先端のツールスを引き上げることが出来ないため、原位置試験の実施は不可能である。

→**評価　×**

表 3-1- 17 に各掘削方式の実現可能性の評価結果表を示す。

表 3-1- 17 各掘削方式の実現可能性の評価結果表

コントロール掘削方式	ロータリーテーブル式	電中研式	弧状推進式
ターゲットへの到達可能性	×	×～△	△～○
保孔の実現性	○	△	△
原位置試験の実現性	△～○	△～○	×

以上の評価・検討の結果、**既存の技術では本仕様を満たす軟弱地盤における傾斜孔井の掘削が不可能であると判断する。**

一方、今回のヒアリング調査において、掘削技術およびそれぞれの孔内での採水技術に関して、対象の岩体（軟弱層、軟岩）や掘削方位（鉛直、傾斜）に区分して、その実績や適用の可能性に関して検討、整理した（表 3-1- 18 参照）。

この表を利用して、沿岸域の深度 300~400m、汀線から海側に 1.5~2km をターゲットとした場合に、ターゲットへの到達可能性があり、孔内での採水が可能である個々の技術もしくは技術の組み合わせについて検討した。

その結果、単独の技術として適用の可能性がある技術としては**「弧状推進式掘削」**、組み合わせとしては**「弧状推進式掘削」（軟弱層での傾斜掘削）と「電中研式コントロール掘削」（軟岩での傾斜掘削もしくはコントロール掘削）であると判断した。**

次節において、適用に際しての課題と課題解決のための方策について検討・整理する。

。

表 3-1- 18 ヒアリング調査における各掘削方式の実現可能性の評価結果表

ヒアリング会社			A社	B社	C社	D社	E社	全体としてのコメント
掘削の目的			沿岸部堆積岩中の地下水の水質及び水理特性の把握	水溶性ガス田還元井のコントロール孔掘削	石油・天然ガスの坑井掘削	コントロール孔掘削技術の開発	ガス管、電気・通信ケーブルの鞘（さや）管、排水管の敷設	
対象岩体			第四紀完新統（未固結海岸砂礫層） 新第三紀鮮新統（半固結シルト岩、凝灰岩、泥岩） 新第三紀中新統（火山礫凝灰岩）	第四紀完新統（沖積層：未固結砂泥層） 第四紀更新統（未固結砂質シルト層、砂礫層）	石油・天然ガス貯留層	新第三紀上部中新統（珪藻質泥岩） 新第三紀中部中新統（硬質頁岩）	地表下30m程度 第四紀層（沖積層、洪積層） での実績が多い	軟弱層：第四紀完新統 軟岩：第四紀更新統~新第三紀中新統とする
掘削	軟弱層	鉛直掘削	○：コア掘削	○：ノンコア掘削	○：ノンコア掘削	△：実績はないが、適用可能か、コア掘削	×：掘削目的から鉛直の実績なし	
		傾斜掘削	× :	× :	× :	×：対象地域には厚い軟弱層が分布せず	△：傾斜角10~18°（オプションとして~30°）、深部での実績なし	D社とE社以外は鉛直掘削、軟岩出現深度をKOPとしている。
	軟岩	鉛直掘削	△：KOP以深は傾斜掘削となり、実績はないが適用可能か	△：KOP以深は傾斜掘削となり、実績はないが適用可能か	○：ノンコア掘削、スポットコアリング	△：孔口より傾斜掘削のため、実績はないが適用可能か	×：実績なし、適用不可能	ヒアリング対象が傾斜掘削であり、実績はないものの、適用は可能
		傾斜掘削	○：コア掘削	○：ノンコア掘削	○：ノンコア掘削、スポットコアリング	○：フルコア掘削	○：ダウンホールモーターにより、ノンコア掘削	
採水	軟弱層	鉛直孔	△：セメンティングによる採水、	×：掘削ツールによりセメンティングが不可能か	△：セメンティングによる採水、	△：セメンティングによる採水、	×：掘削が不可能なため	孔壁が自立しないため、裸孔にパッカーをかけることはリスクがある。裸込めセメンティングとロッドでのパッカーにより区間閉塞して採水。
		傾斜孔	×：掘削が不可能のため	×：掘削が不可能のため	×：掘削が不可能のため	×：掘削が不可能のため	△：セメンティングにより、孔底で適用可能か、暖落としによるマルチ採水	
	軟岩	鉛直孔	○：	×：掘削ツールにより、パッカーが設置できない。	○：	○：ワイヤライン方式の採水装置を開発済み	×：掘削が不可能なため	孔壁が自立する場合は、孔底の裸孔部にシングルパッカーをかけ区間閉塞して、採水する。孔壁崩壊の可能性が低い場合は、裸孔にMPシステムを設置して採水。また、堆積岩の場合は圧縮抽水による採水も可能。
		傾斜孔	△：急傾斜での実績はあり	×：掘削ツールにより、パッカーが設置できない。	○：	○：ワイヤライン方式の採水装置を開発済み	△：実績はない、先端のツールスによりパッカーの設置が不可能か	

○：実績あり　△：実績なし、適用の可能性あり　×：実績なし、適用の可能性なし

（3）掘削計画にかかる課題の整理

前節までの評価検討により、既存の技術では本仕様を満たす軟弱地盤における傾斜孔井の掘削が不可能であると判断した。一方でターゲットへの到達可能性があり、孔内での採水の可能性がある個々の技術もしくは技術の組み合わせについて検討した結果、単独の技術として「弧状推進式掘削」、組み合わせとしては「弧状推進式掘削」（軟弱層での傾斜掘削）と「電中研式コントロール掘削」（軟岩での傾斜掘削もしくはコントロール掘削）であり、これらの適用を可能にするための課題と課題解決の方策について検討する。

1）**「弧状推進式掘削」**

①　掘削用地の拡大あるいは掘削機器構成全体のダウンサイジング

一般的な掘削に必要な地上用地に比べ、弧状推進式掘削では 3000m² 以上の掘削用地が必要である。掘削機器構成全体のダウンサイジングにより用地確保のリスクは減少できるが、ダウンサイジングには技術開発や多額な費用が見込まれるため、用地確保に尽力する必要がある。

②　軟弱層と軟岩を併せて掘削する技術の確立

弧状推進式掘削では、軟弱地盤はベントナイト泥水のジェット噴流により掘削、軟岩ではマッドモーター（ダウンホールモーター）により掘削するため、軟弱地盤から軟岩へ移行する際に掘削編成を交換する必要がある。掘削編成の交換に関しては、孔壁が自立する場合は、前者のシステムを引き上げ、その後、後者のシステムを挿入することになるが、軟弱地盤では孔壁の崩壊の可能性が高く本交換方法はリスクを伴う。これに代わる方法としては、前者のシステムを残し、前者のシステムを保護管としてより細い径の校舎システムを挿入し延伸掘削することが考えられる。

しかしながら、前者の掘削、位置計測システムが邪魔となり、後者のシステムの挿入が困難となる。そのためには、先端の掘削、計測ツールスを取り外す必要がある。

③　採水のための技術の確立

軟弱地盤の掘削に際しては、孔内を泥水で満たした状態で掘進するが、原位置地下水を採取する際、泥水の影響が無くなるまで孔内を洗浄する必要がある。そのため泥壁で保孔された孔壁が崩壊する可能性が高くなり、パッカーを設置するのはリスクが高い。これを回避するためには、採水の深度において、一度アニュラス部をセメンチングして、その後より細い径で孔底から採水区間を掘削し、鋼管内にパッカーを設置して、区間閉塞したうえで採水を行う。

これらの作業を行うには、先端の掘削ツールスを取り外す必要がある。

2)**「弧状推進式掘削」と「電中研式コントロール掘削」の組み合わせ**

① 掘削用地の拡大あるいは掘削機器構成全体のダウンサイジング

電中研式コントロール掘削のダウンホールツールは弧状推進式の推進機を共用することが可能である。そのため、掘削には常時弧状推進式の推進機やその付帯設備が必要となる。一般的な掘削に必要な地上用地に比べ、弧状推進式掘削では 3000m² 以上の掘削用地が必要である。掘削機器構成全体のダウンサイジングにより用地確保のリスクは減少できるが、ダウンサイジングには技術開発や多額な費用が見込まれるため、用地確保に尽力する必要がある。

② 軟弱層と軟岩を併せて掘削する技術の確立

弧状推進式掘削では、軟弱地盤はベントナイト泥水のジェット噴流により掘削、電中研式コントロール掘削ではダウンホールモーターにより掘削するため、軟弱地盤から軟岩へ移行する際に掘削編成を交換する必要がある。掘削編成の交換に関しては、孔壁が自立する場合は、弧状推進工法のシステムを引き上げ、その後電中研式のシステムを挿入することになるが、軟弱地盤では孔壁の崩壊の可能性が高く本交換方法はリスクを伴う。これに代わる方法としては、推進工法のシステムを残し、推進工法のシステムを保護管としてコントロール掘削に用いる外径 140 ㎜のロッドを挿入する必要がある。

推進工法の掘削、位置計測システムが邪魔となり、電中研式のシステムの挿入が困難となる。そのためには、先端の掘削、計測ツールスを取り外す必要がある。また、コントロール掘削の保護管の位置づけから、推進工法のロッドは内径が 140 ㎜以上必要である。

③ 採水のための技術の確立

1)、③と同様の課題がある。

以上から、これらの手法の適用性を確保するためには、弧状推進工法のうち、軟弱地盤用のベントナイト泥水を用いたジェット噴流式の掘削の先端の掘削ツールスをいかに取り外すかが課題となる。

3)**「弧状推進式掘削」**の先端掘削ツールス取り外し検討

弧状推進式掘削において、掘削後に鋼管を孔内に残置した状態で、先端の掘削ツールスを取外し地上まで引き抜き回収する条件等を検討する。

① 開発要素

軟弱区間を掘削するツールスの切削ビット径は掘削鋼管の外径よりも大きい必要があるため、単純に引抜くことが不可能である。掘削ツールスのみを引き上げるためには、掘削終了後に切削ビット径を縮小させる必要がある。

② 掘削ツールスのみ改修可能な工法

・ウェルマン工法（拡縮ビット）

本州・四国架橋の海底岩掘削で使用され、鋼管先端にローラーコーンビットを取り付けたツールスで、所定深度まで掘削をした後、ビット引上げ用の治具により鋼管を動かさずに先端のビットを縮径させて鋼管内から回収することが可能。（図 3-1- 28 参照）

・2 重管ハンマー工法

使用する先端ビットには拡縮可能なビットを取り付けたものがあり、掘削パイプ外側に保孔用のケーシングを追従させながら掘削が可能な工法。地下水位が高く崩壊性の高い場所や玉石砂礫層や岩塊層など表層区間の掘削で用いられることが多い。掘削はエアハンマーによる打撃で実施する。ビットの構造としては内外管ともに刃先を持つリング式ビットのものと内管を回転させて刃先を拡縮する拡縮ビットの 2 種類がある。

上記で使用する拡縮可能なビットとしては、スーパーメックスビット(三菱マテリアル株式会社)、スーパージョーズ(株式会社東亜利根ボーリング)などがある。（図 3-1- 29 参照）

・小孔径管推進工法

主に下水管施工として様々な工法があり、掘削後に鋼管を残置したままオーガーやローラーコーンタイプのビット、メタルチップ等の刃先のみを回収可能な工法がある。掘削は主に 2 重管で実施され、内管はスクリューオーガの形状など切屑を排除しやすい構造をしており、管内から孔口へ排出される。ビット構造は、内外管にともに切削面を持つリングタイプの刃先が用いられる。（図 3-1- 30 参照）

③適用のための条件

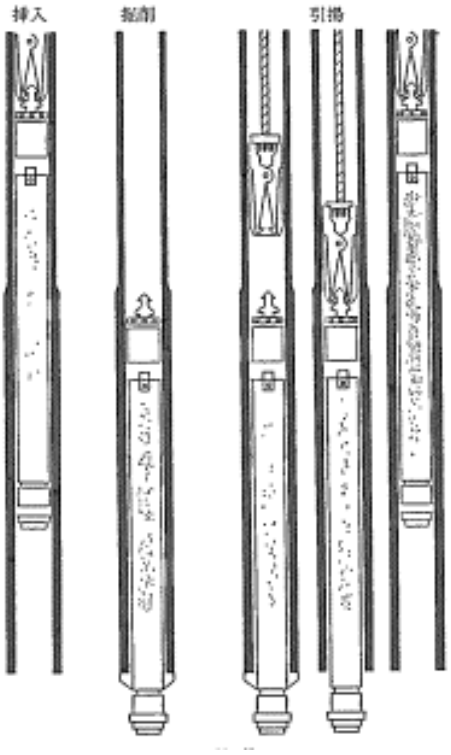
・掘削ツールス(ビット・刃先)の回収

弧状推進式掘削での掘削の場合、比較的緩やかな傾斜での打ち出しとなるため、掘削ツールス回収時は自重降下しない傾斜角度で実施される。そのため、回収方法としては、ポンプインシステムで回収治具を降下・回収する方式または 2 重管として内管の回収により引き上げる方法が考えられる。前者は上記②のウェルマン工法の改良・応用、後者は 2 重管ハンマー工法の改良・応用を実施することで対応可能と考えられる。

・ビット拡縮

ビットの拡縮方法としては、電中研式でも使用している水圧拡径方式のアンダーリーマや、2 重管ハンマー工法の回転を用いたメカニカル方式などがある。前者は内管を不要とするため、ウェルマン工法などの治具を用いて回収する方式に向いている。後者は、拡縮に回転力を必要とするため 2 重管工法などの方式に向いている。これらの拡縮方式を用いることで、回収可能なビット拡縮動作は実施可能と考えられる。

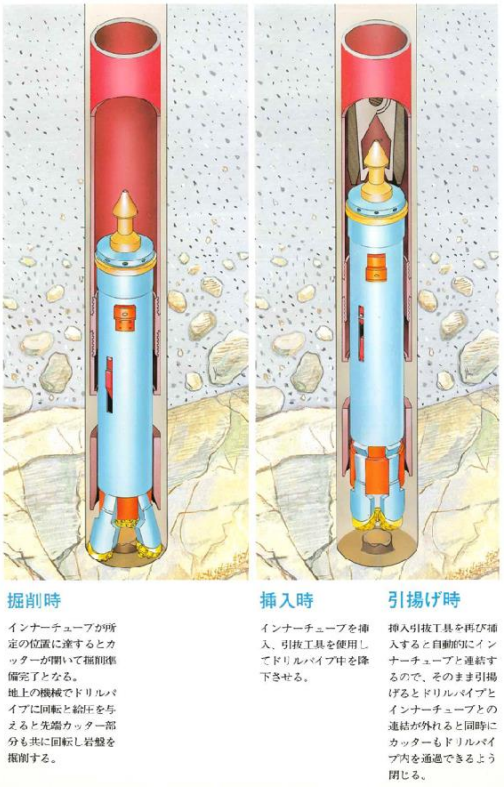
ただし、弧状推進式で全断面掘削する場合は地上からの推進力(給圧力)が大きくなるため、水圧拡径方式を用いる場合はビットと鋼管固定部に高い強度が求められること、また、礫などとの遭遇時には推進力過多によって鋼管座屈の危険性が高くなる。



ウェルマン工法作動図

(元図は高野完,1984,地質ニュース 360 号)

〈 機構と作動 〉



掘削時

インナーチューブが所定の位置に達するとカッターが開いて掘削準備完了となる。
地上の機械でドリルパイプに回転と給圧を与えると先端カッター部分も共に回転し岩盤を掘削する。

挿入時

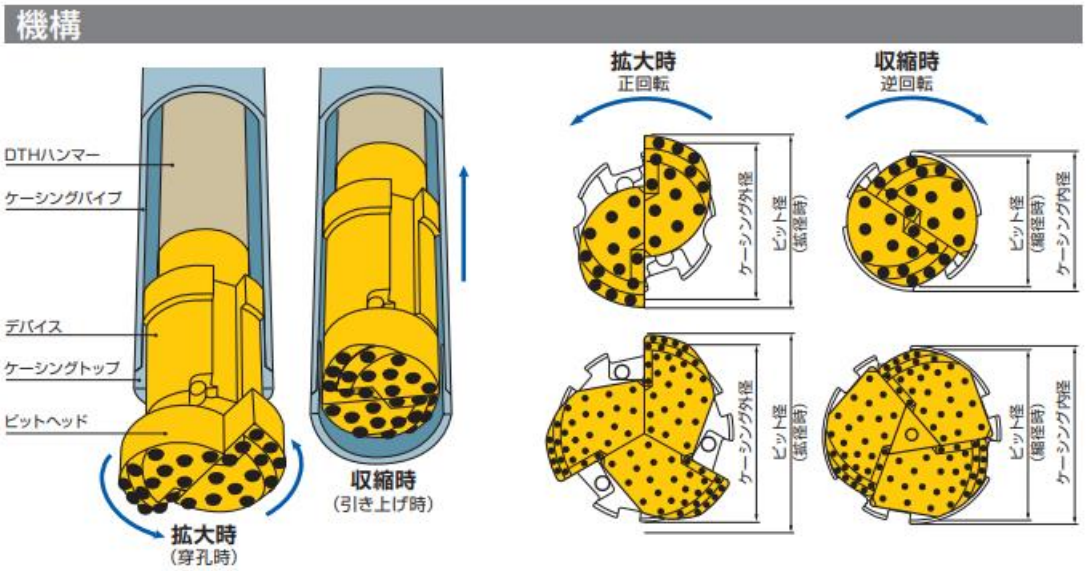
インナーチューブを挿入、引抜工具を使用してドリルパイプ中を降下させる。

引揚げ時

挿入引抜工具を再び挿入すると自動的にインナーチューブと連結するので、そのまま引揚げるとドリルパイプとインナーチューブとの連結が外れると同時にカッターもドリルパイプ内を通過できるよう閉じる。

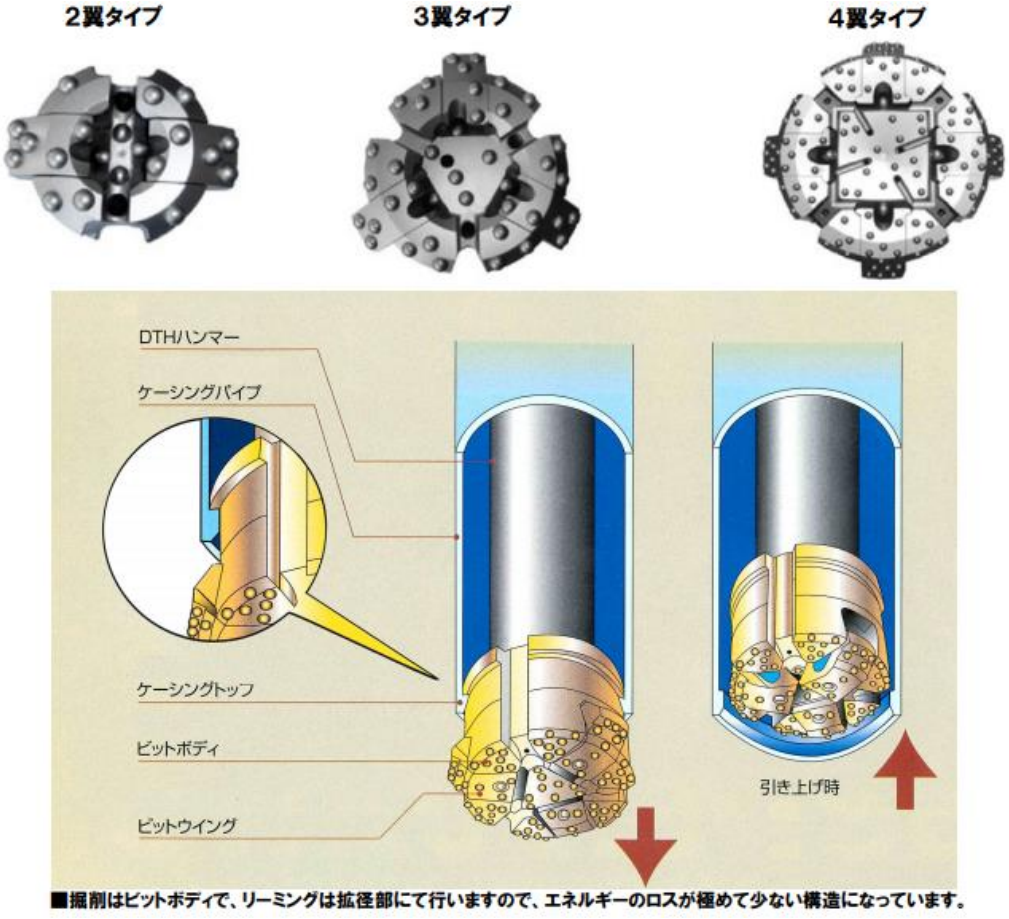
(1985,住友金属鉱山株式会社,SDS ウェルマンパンフレット)

図 3-1- 28 ウェルマンの作動（ウェルマン工法）



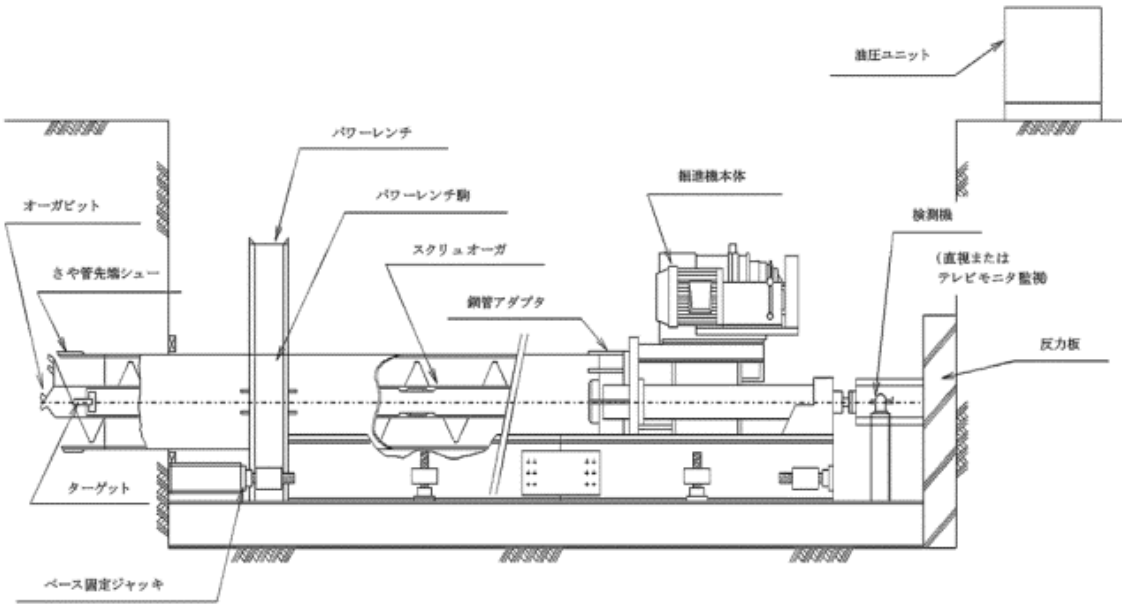
(2021,MMC リョウテック株式会社,スーパーメックスビットカタログ)

図 3-1- 29(a) スーパーメックスビットの拡縮構造

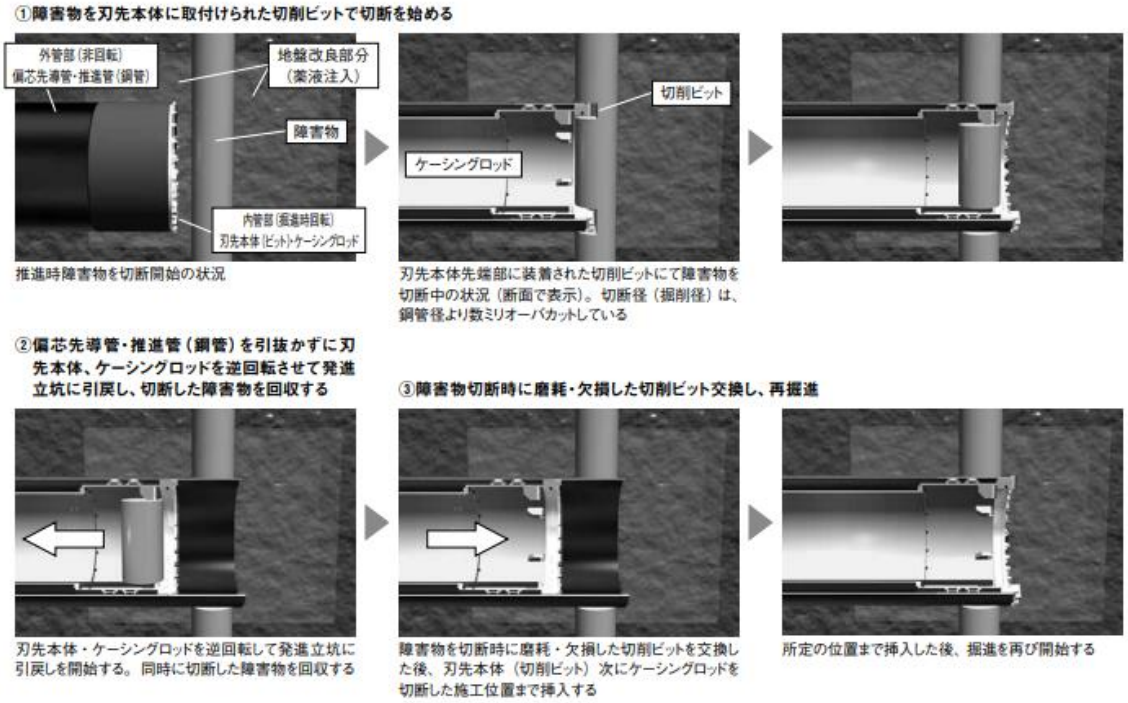


(株式会社東亜利根ボーリング,スーパージョーズカタログ)

図 3-1-29(b) スーパージョーズの拡縮構造



※さや管を残してオーガービットを回収可能
（オーケーモール工法_基本装置図）



（SH 工法_障害物切断時の施工フロー図：内管の切削ビットの回収方法概要）

図 3-1- 30 小孔径管推進工法の一例（上段：オーケーモール工法,下段：SH 工法）

（e）まとめ

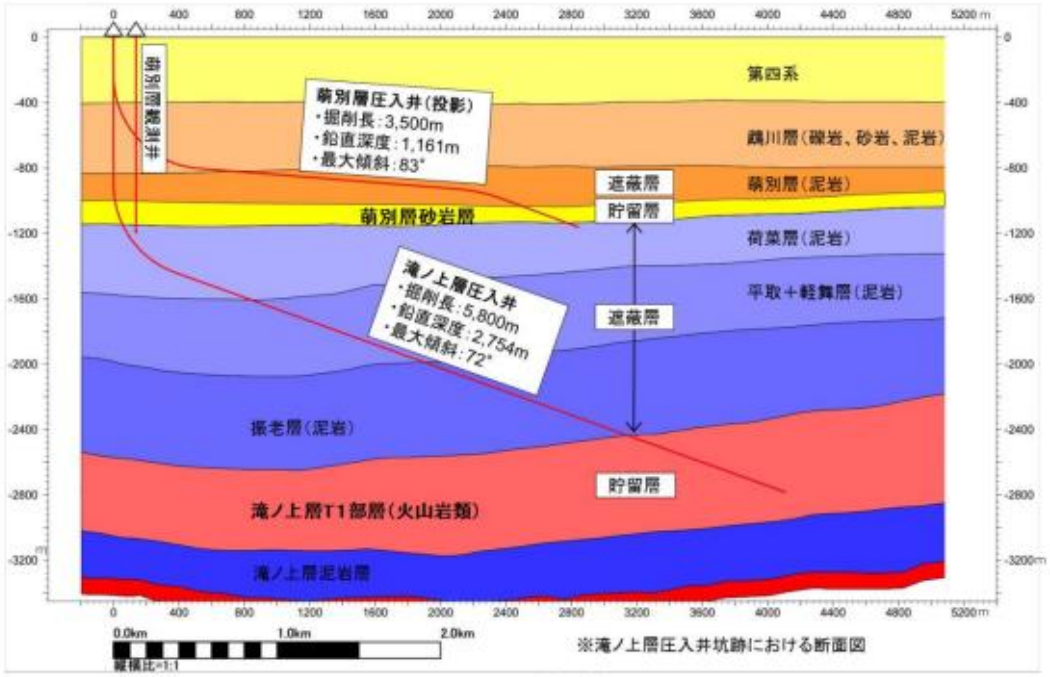
沿岸部陸域から海底下の地質環境特性把握を想定した軟弱地盤における傾斜孔井掘削に関する文献調査とヒアリングならにびに、それらをもとにしたモデル地域での検討を実施した。その結果，軟弱地盤における水平方向を基準とした際の低角での調査孔の掘削は非常に困難であり，いくつかの課題が存在することが明らかとなった。

軟弱地盤における傾斜孔掘削に係るもっとも大きな課題は調査孔の自立の確保である。孔壁の維持は，孔内検層などの孔内調査を実施する上で必要不可欠である，一方で，現状ではどのような業種における掘削技術であっても軟弱地盤における傾斜孔における孔壁の維持には，ケーシングパイプ等の支保材の使用あるいは，高濃度の泥水を使った補孔が必要不可欠である。一方で，ケーシングパイプ等の支保材の使用により，コアリングや孔内検層に支障が生じたり，高濃度の泥水を利用することによって採水した原位置地下水の品質に支障が生じるなど，両者がもつ課題を同時に克服できるような技術は現状では存在しない。そのため、既存手法の組み合わせや高度化により課題を解決していく必要がある。

また掘削深度（掘削距離）に関しては、海底トンネルを除き地層処分で定義されている広範囲の海域（海岸線から 15km）を対象とした傾斜孔掘削における事例は存在しない。本件にもっとも近い事例は、日本 CCS 調査株式会社が北海道苫小牧沖に掘削した二酸化炭素の圧入井であろう（図 3-1- 31）。本圧入井は石油資源掘削の技術がベースとなっており、圧入井の仕様については、日本 CCS 株式会社（2016）や経済産業省ほか（2020）にて紹介されている。これらの資料によると圧入井とは別に調査孔による孔内試験が実施されているため、本圧入孔掘削の際に、どの程度の孔内調査が実施されているかについては事業主体である日本 CCS 株式会社に確認する必要であり、本圧入井の掘削手法や調査手法が、地層処分事業に対しどの程度適応できるのかについては引き続き、検討する必要がある。さらに費用面についても過年度事業で実施した調査・研究ベースの掘削とは大きく異なることが予想され、概要調査に求められる合理的かつ経済的な手法なのかについての妥当性の検討も必要となる。

今回の調査により、地層処分の適地の一つとして期待される沿岸部地域の軟弱地盤における傾斜孔井の掘削には、新たな技術開発を含めむいくつかの課題が存在することが明らかとなった。地層処分事業における概要調査では、地表踏査、物理探査、ボーリングの 3 つの調査手法の組み合わせを検討していくこととなるが、必ずしもすべての地域で、3 つの調査手法が全て実施できるわけではない。また、仮に実施できたとしても、データ密度は地域の環境に依存する。そのため、概要調査では地質環境モデルの構築やそれに続く安全評価において、もっとも必要となりうるデータは何かを慎重に吟味した上で、取得すべき海底下の地質環境特性にあった手法を選択していく必要がある。

圧入井および観測設備位置図



圧入井概念図

図 3-1- 31 苫小牧における CCS 圧入井のイメージ図
（日本 CCS 株式会社，2014 より抜粋）

引用文献

学校法人ジオパワー学園,掘削技術の知識と実務ースピンドル式掘削編, オーム社, 360p.2021

原子力発電環境整備機構、包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－、2021.

長谷川琢磨・中田弘太郎・近藤浩文・五嶋慶一郎・村元茂則・富岡祐一・後藤和幸・柏谷公希沿岸域における地下水の流動性の年代測定による評価 -三浦半島西部沿岸域でのボーリング調査-, 地学雑誌, 122(1), 2013, p116-138

Ikawa, R, Machida, I., Koshigai, M., Nishizaki, S., and Marui, A., Coastal aquifer system in late Pleistocene to Holocene deposits at Horonobe in Hokkaido, Japan. *Hydrogeology Journal*, **22(5)**, 987-1002. 2014

一般財団法人全国地質調査業協会連合会,ボーリングポケットブック第 5 版, オーム社,2013, 538p.

JFE エンジニアリング株式会社,,JFE-RAPID パイプライン弧状推進工法,JFE エンジニアリング株式会社カタログ, Enbridge.com,,Horizontal Directional Drilling,https://www.enbridge.com/

風早康平・安原正也・高橋浩・森川徳敏・大和田道子・戸崎裕貴・浅井和由同位体・希ガストレーサーによる地下水研究の現状と新展開, 日本水文科学会誌, 第 37 巻第 4 号, 2007, p221-252

経済産業省、地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術 WG とりまとめ)、2017

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/chiso_shobun/pdf/20170417001_1.pdf（2022/3/12）

経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、日本 CCS 株式会社、苫小牧における CCS 大規模実証試験 30 万トン圧入時点報告書（「総括報告書」)、2020, https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200515002/20200515002-1.pdf（2022/3/29）

木方建造・大山隆弘・馬原保典(1999) 圧密型岩石抽水装置の製作と深部堆積岩への適用, 応用地質, 第 40 巻, 第 5 号, p260-269, 1999

日本 CCS 株式会社、苫小牧地点における CCS 大規模実証事業：滝ノ上層圧入井および萌別層圧入井の掘削工事の実施について、プレスリリース、2014, https://www.japanccs.com/wp/wp-content/uploads/2014/08/%E5%9C%A7%E5%85%A5%E4%BA%95%E6%8E%98%E5%89%8A%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E3%81%AE%E8%AA%AC%E6%98%8E%E8%B3%87%E6%96%99-.pdf （2022/3/23）

日本 CCS 株式会社、苫小牧 CCS 実証試験、電気設備学会誌、**36**、11、p782-786、2016

Post, V.E.A., J. Groen, H. Kooi, M. Person, Shermin Ge, and W. M. Edmunds. Offshore fresh groundwater reserves as a global phenomenon. *Nature* **504**, 71-78, 2013

産業技術総合研究所、海域地質環境調査技術高度化開発　成果報告書、2011, https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11445532/www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2011/23-5.pdf（2022/03/23）

３－２ 地下水の流出場及び海底地形把握技術の高度化

（１） 背景

沿岸部では陸域から海域へ地下水が流動しており、その末端現象として海底から湧出する地下水の存在が知られている。そのため、沿岸部における地層処分を想定した場合、地下水流動が放射性核種の移行経路となる可能性があり、安全評価の観点からも沿岸部の地下水流動から流出に至る実態を明らかにしておく必要がある。また沿岸部地質環境モデルの妥当性を検証する観点からも、地下水の流出場を特定し、流出する地下水の化学的特徴から陸域地下水の特徴を把握することが必要である。

このような背景を受けて、平成 31 年度（令和元年度）から海底地形の詳細把握に係る技術と、陸域地下水の流出場の特定手法や海底湧出地下水から陸域地下水の化学的特徴の推定手法の高度化を目標として、特に ROV（Remotely Operated Vehicle）とサイドスキャンソナーなどで得られる音響画像の解析を組み合わせた湧出水の探査手法について検討を進めてきた。令和 3 年度は前年度に引きつづき、効率的な湧出水の探査手法について検討を進めるとともに、実際の沿岸部海域での試験を通して、沿岸部海域のデータ収集と現地作業における課題の整理を進めた。また、地下水の流出場の特定や海底下の構造などを探査する技術について文献の収集および整理を行った。

（２） 海底湧出地下水の探査に関する模擬実験

① 実験概要および方法

海底湧出地下水を対象とした音響探査手法の検証のため、駿河湾内に位置する海上実験施設（計測バージ）において模擬実験を行った。令和 2 年度に行った駿河湾における測線探査の結果、海中の ROV が水平距離 1m を移動する間に、高精度音響カメラで 10 枚程度の画像撮影が可能であった（フレーム数：10 枚/m，産業技術総合研究所ほか, 2021）。一方で、実際の海域では短時間で潮流の変化が発生し、ROV の航行速度を一定に保つことができずに、水平距離 1 m 辺りのフレーム数の変化が発生することがあった。この結果を踏まえて、令和 3 年度は模擬実験において ROV の航行速度を 6m/10 s （≒2 km/h）、4 m/10 s （≒1.4 km/h）、2 m/10 s（≒0.7 km/h）に変化させ、湧出水の検出可否に影響を及ぼすかを含めて検証した。

模擬実験は、計測バージの下部に海底湧出地下水を模擬した水源を設置して淡水（水道水）を湧出させ、その上方を高精度音響カメラ（ARIS Explorer 3000, Sound Metrics 社製）が一定速度で移動する形とした。高精度音響カメラは、金属パイプのフレームの中に設けたレールを移動するように設置しており、高精度音響カメラを装着した ROV が、探査測線上を一定速度で航行する状況を再現した（図 3-2- 1、図 3-2- 2）。模擬湧水源は、前年度の検討結果を踏まえて、塩ビパイプ（直径 16 ㎜）を用いて 3 本の湧出孔を作成し、

それらを束ねる形で 1 地点の模擬湧水源として扱った。各孔の最大湧出量は 7 L/min であり、3 孔の合計湧出量を 1、4、7、14、21 L/min の 5 段階に設定して検討した。なお、模擬水源に用いた水道水の水温は 20.9 ℃、模擬水源周囲の海水温は 21.0 ℃である。高精度音響カメラは、水平視野角 30°、ビーム数 128 本であり、1 ビームの幅は水平 0.25°で垂直 14°、最大レンジは 15 m である。また、前年度の模擬実験の検討結果を踏まえて、高精度音響カメラは俯角 90°に設定し、周波数 1.8 MHz とした（産業技術総合研究所ほか、2021）。以上のような条件において、湧出水の効率的な検出のための最適な探査条件や、遠隔からの湧出水の定量評価手法について検討した。

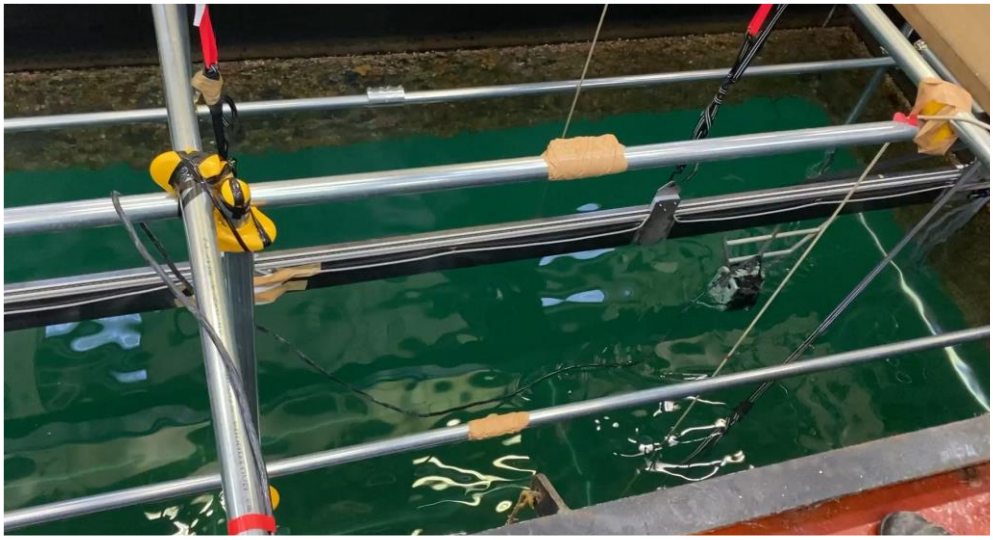


図 3-2- 1 計測バージに取り付けたフレームと高精度音響カメラの移動の様子

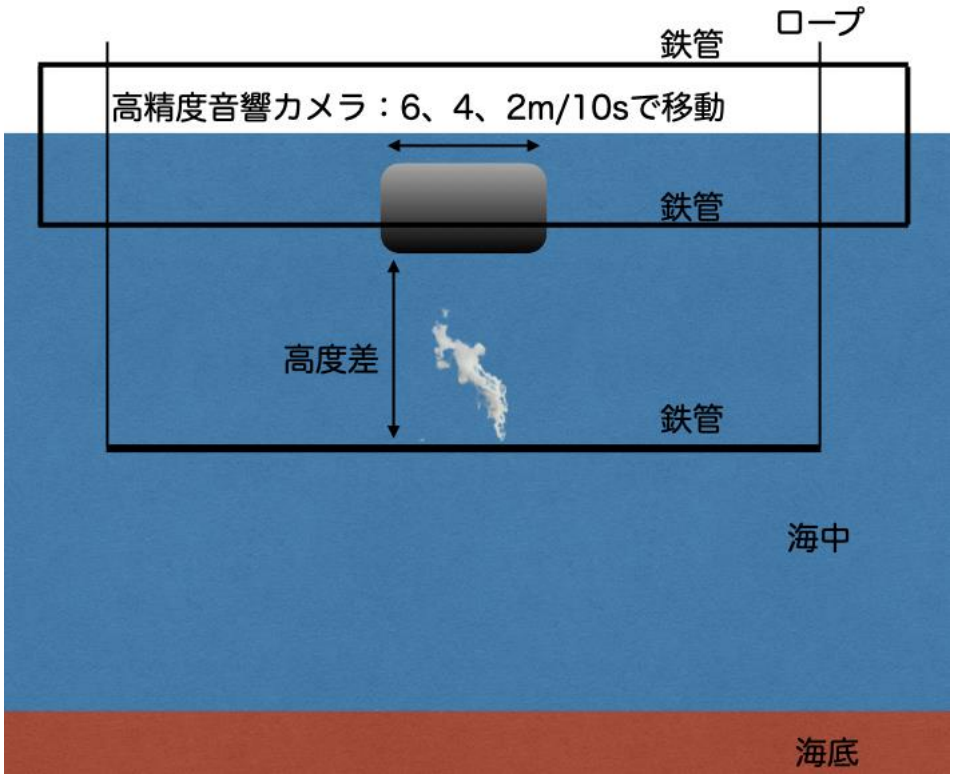


図 3-2- 2 模擬水源と高精度音響カメラの位置関係を示した模式図

② 模擬実験の検討結果

模擬実験のうち、移動距離あたりのフレーム数が最も少ない 10 枚/m で模擬湧水の湧出量を 1、7、14、21 L/min とした際の音響画像を**エラー! 参照元が見つかりません。**に示す。音響探査で得られる音響画像は、模擬湧水源の直上を通過する際に連続的に取得されるもので、図 3-2- 3 はそれらの内の 1 断面を抽出したものである。音響画像の下部に強い反射面（赤色の帯で示された部分）は海底面を模擬したフレームを表し、その上部のウォーターカラムが海水を表している。

令和 2 年度の模擬実験の結果では、移動距離あたりのフレーム数が最も少ない 10 枚/m の条件で、湧出量が 1 L/min 程度と少ない場合にも湧出水を検出可能であることや、湧出量が大きくなるにつれて音波の反射が強く表れていることが分かった。令和 3 年度の実験において、同じ湧出源を対象に潮流の変化を模擬した ROV の速度調整を行い、高精度音響カメラで撮影した結果、海中での ROV の速度が一定ではなく、例えば 0.7～2.0 km/h の間で変化したとしても、湧出水は十分に検出可能であることを確認した。実際の海域において潮流の変化と ROV の航行速度の変化が発生したとしても、十分に解像度の高い音響画像データが得られると考えられる。

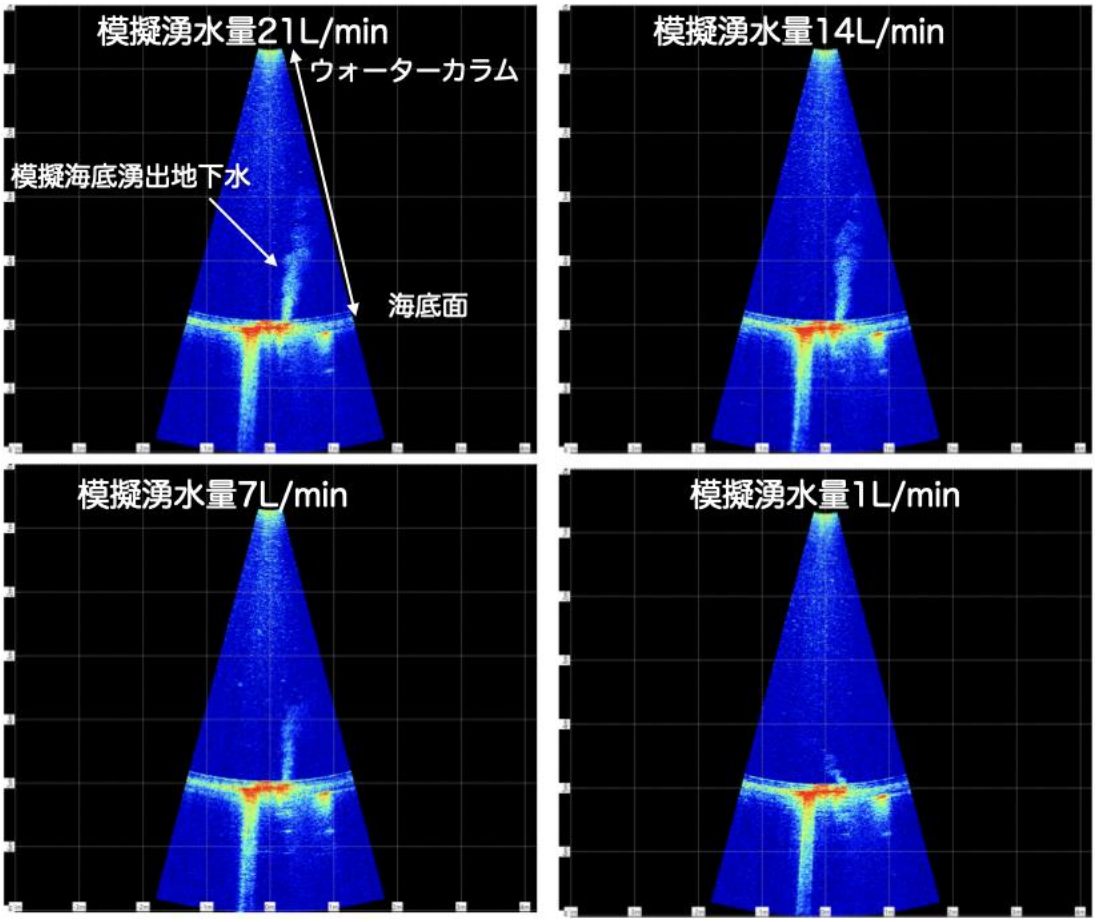


図 3-2- 3 模擬実験における湧出量毎の音響画像
（模擬湧水源から直上の高精度音響カメラまでの距離は 4.5m に設定している。）

（3） 実海域における探査

① 探査の概要

模擬実験の結果を踏まえて、実際の海域における ROV と高精度音響カメラを組み合わせた探査手法の適用性を検討した。探査は、駿河湾奥部の富士川～田子の浦港周辺海域で行った（図 3-2- 4）。今年度は水深 20～140 m（測線 6 は 140～260 m まで）の範囲で 12 測線を設定し、実海域の条件下で、湧出水を面的に検出できるか中心に検討した。 1 つの測線では、測線に直行する方向に 2.5 m 幅のデータを得ることができる。また、探査測線で得られたデータを基に GIS 解析を用いた Natural Neighbor 法による内挿を行い、面的な海底湧出量の評価を試みた。さらに、湧出水を検出できた地点において、ROV に装着したピストン式採水器（産業技術総合研究所ほか, 2019）を用いて湧出水を採水し、溶存成分および酸素・水素安定同位体比について分析した。

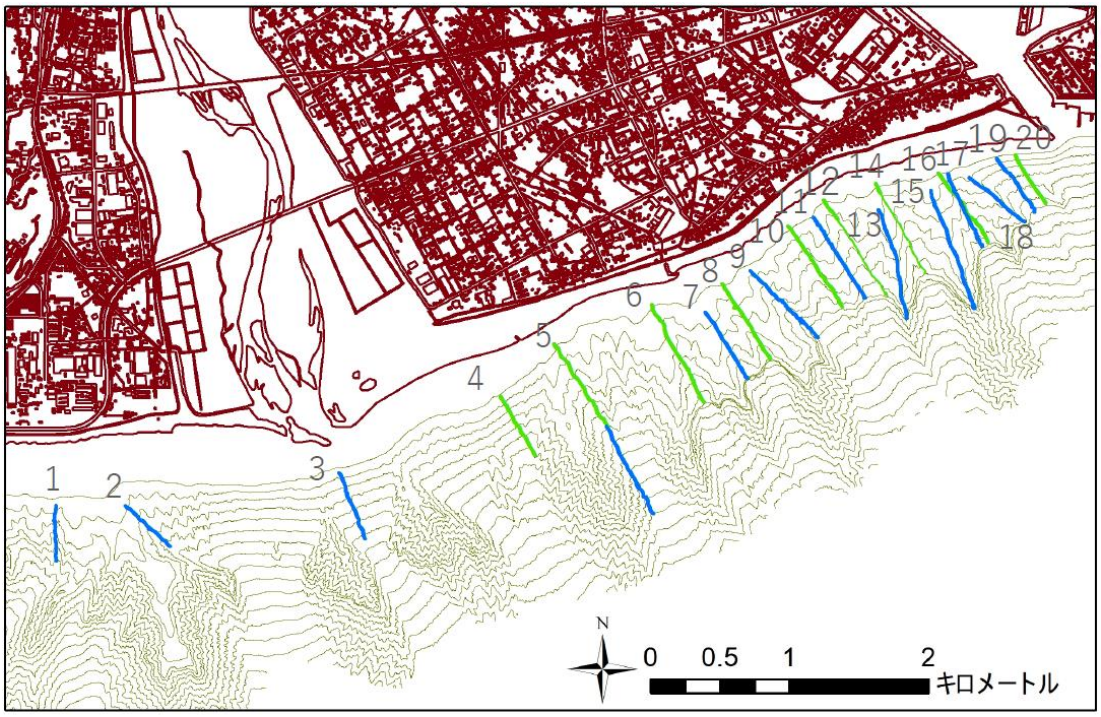


図 3-2- 4 音響探査測線の位置図

緑色：令和２年度の探査測線、青色：令和３年度の探査測線を示す。

② 実海域での音響探査および採水調査の結果

ROV と高精度音響カメラを用いた探査結果の内、背景を海底地形データ（(産業技術総合研究所ほか、2014）とし測線 16 における探査結果を示した鳥瞰図を図 3-2- 5 に、昨年度及び今年度の測線探査の実施範囲と湧出水の検出の有無を整理した結果を表 3-2- 1 に示す。図 3-2- 5 は、連続的に撮影された音響画像データから、湧出水に相当する反射領域を抽出して、現地の海底地形に重ねて 3 次元的に表現したものである。測線 16 および測線 17 の海底面付近に図中に示されるような 3 次元的に広がる湧出水のプリュームを確認できた。測線の探査結果に基づいて、ROV に搭載した光学カメラと水質センサーを用いて海底面を探査したところ、水深 130～140m 付近に海水の電気伝導度よりも低い値を示す湧出水を確認できた（図 3-2- 6)。また、昨年度調査結果の測線 10、14、20 に加え、測線 19 においても海底からの湧出水を検出し、同様に光学カメラを用いて湧出水を確認した。今回の探査測線上で検出された湧出水は、過年度事業において光学映像から湧出水を特定し、点データとして把握していた箇所であったが、今回の音響探査の実施によって、泥状の堆積物に覆われた箇所から噴流上に湧出している状況（測線 10、14）や、崖の上で広範囲に湧出している様子（測線 14、16、17、19、20）が明らかになった。令和 2 年度に採取した海底堆積物の粒度分析の結果からは、測線 10、14 付近でシルト・粘土成分がやや多いものの、測線 14、16、17、19、20 周辺の堆積物と明確な差は認められなかった。

また、海底湧出地下水を確認した測線 10～20 の調査結果を基に、令和 2 年度の模擬実験の結果と GIS 解析による Natural Neighbor 法（ESRI、2022）により面的な補間を行った海底湧出地下水量の分布図を図 3-2- 7 に示す。今年度の解析結果については、対象領域を網羅する十分な現場データを得られているとは言い難く、得られた湧出量の分布図についての信頼性も十分高いとは言えないが、このような形で ROV と高精度音響カメラを用いた測線探査結果と、それを補完する形での地球統計学的解析を組み合わせることが、面的な湧出量の評価を行う上で有効であると考えられる。

次に、陸域掘削孔（FGB-2）に近接している測線 6 の探査結果を図 3-2- 8 に示す。本測線では水深 20～260m、水平距離にして 1,700m 程度の探査を行っており、再確認で行った 2 回目の探査も含めて、湧出水と思われる音波の反射領域は検出されなかった。これらの結果から、少なくとも水深 20～260m までの範囲に湧出水は存在しないと推定される。一方で、海岸の近傍で掘削した FGB-2 孔（深度 160m）では、孔底から流入したと推定される地下水が孔口から自噴した。このような地下水が、海域に湧出する可能性も考えられるが、陸と海の情報を対比させるためには、より広範囲での探査や検証が必要である。

音響探査で検出された湧出水を対象に、ピストン式採水器を用いて採水した試料の分析結果を表 3-2- 2 に示す。検出された湧水の空間分布を踏まえて、測線上の複数地点で採水した箇所もある（番号①～③で表示)。測線 16 及び 17 上に位置する湧水について、Cl^-濃度に基づく成分分離を行ったところ、湧水に占める淡水の割合はおおよそ 5 割程度と推定された。これは、前年度に得られた淡水成分が 9 割程度の試料と比べて、淡水の割合が少

ない試料の採水となった。この要因の一つとして、シリンダ内部壁面に大きな傷がつくなどの異常が発生したためと推察された。今回のことから、シリンダ硬質塗装の管理、シリンダとピストン接触面の柔軟化、シリンダ内部に砂などが入りにくい構造、これら構造変更に伴うピストン吸引を行うモーターの強化、シリンダを付け替え容易な構造にするなどの検討の必要があると考えられた。今後は、湧出後の周辺海水との混合等の可能性も踏まえて湧出前の地下水の性状を評価したうえで、陸域掘削孔の採水結果との比較を行うことで沿岸部の地下水の連続性の検証を進める。

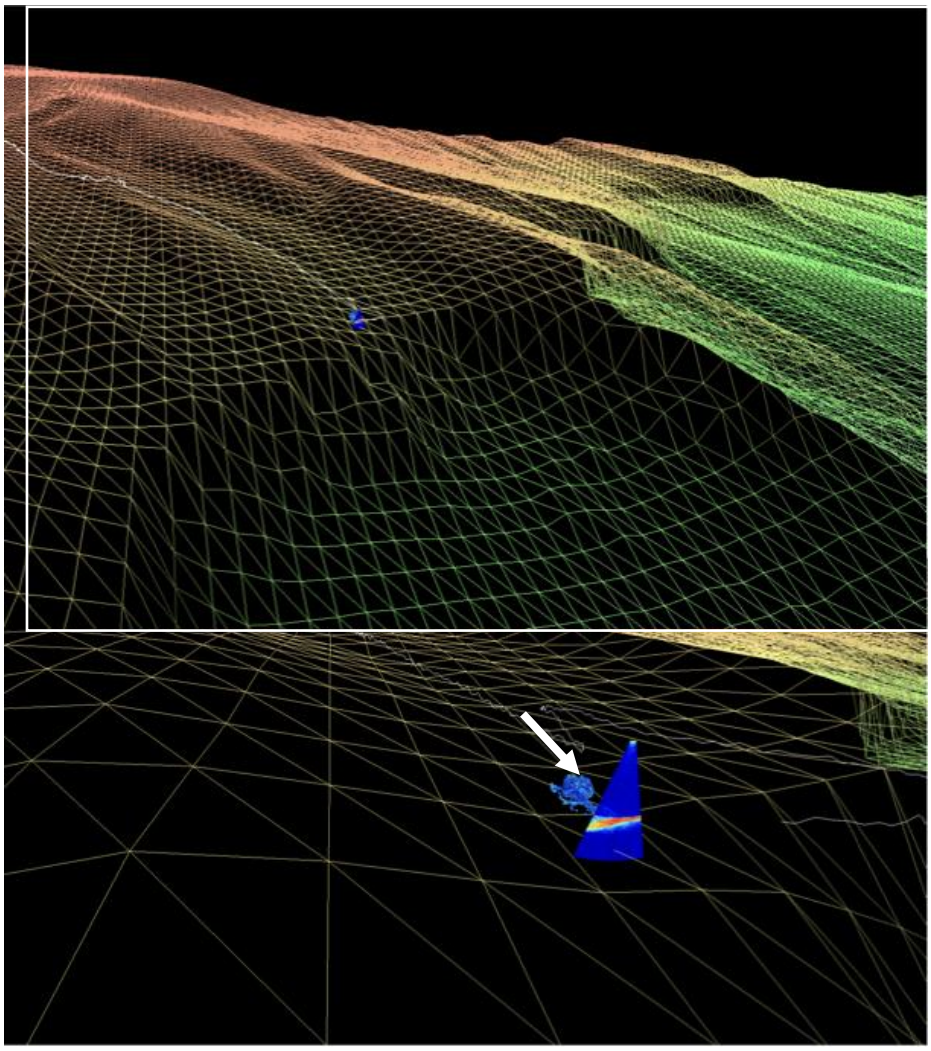


図 3-2- 5 探査測線 16 における音響探査の結果と湧出水の分布
海底地形はワイヤーメッシュで示した
上図は遠距離からの概観図、数は近距離からの図であり、矢印が湧出水のプリュームを示す。

図 3-2- 6 測線 17 付近の海底面の様子

（海底面付近に真水と塩水の混合で生じる揺らぎが確認できる。
写真下部の白色容器は ROV に取り付けたピストン式採水器である。）

図 3-2- 7 海底湧出地下水量の分布図
探査測線で得られた結果から Natural Neighbor 法により内挿

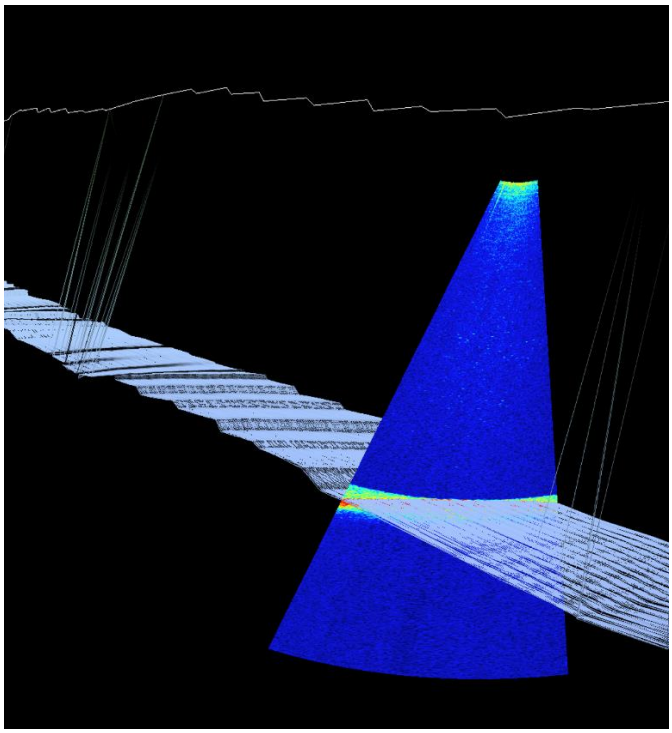


図 3-2- 8 測線 6 における音響探査の結果

表 3-2-１測線における音響探査の実績と湧出水の検出結果

測線番号	測線長(m)	探査した面積(m^2)	湧出水の検出	備考
1	472	1,181	×	令和 3 年度
2	455	1,138	×	令和 3 年度
3	534	1,334	×	令和 3 年度
4	528	1,319	×	令和 2 年度
5	760	1,900	×	令和 2 年度・令和 3 年度
6	842+832	2,160+2,081	×	令和 2 年度
7	619	1,547	×	令和 3 年度
8	753	1,883	×	令和 2 年度
9	882	2,204	×	令和 3 年度
10	717	1,791	○	令和 2 年度
11	720	1,801	×	令和 3 年度
12	829	2,072	×	令和 2 年度
13	830	2,075	×	令和 3 年度
14	752	1,880	○	令和 2 年度
15	1,240	2,560	×	令和 3 年度
16	641	1,604	○	令和 2 年度
17	621	1,552	○	令和 3 年度
18	593	1,483	×	令和 3 年度
19	530	1,324	○	令和 3 年度
20	418	1,046	○	令和 2 年度

表 3-2- 2 測線 17 の湧水、駿河湾の海水および陸域地下水の分析結果

成分	サンプル 10-2	海水	陸域地下水 平均値（最小値～最大値）	陸域地下水混合率 (%) 平均値（最小値～最大値）
$\delta^{18}O$ (‰)	-5.5	0.22	-9.2(-10.1～-8.0)	61 (55～70)
δD (‰)	-36	0.00	-59.9(-66.4～-51.5)	61 (54～70)
Na (mg/L)	3,282	10,611	20 (15～24)	69 (69～69)
Mg (mg/L)	389	1,237	8 (6～12)	69 (69～69)
Cl (mg/L)	6,175	19,345	25 (5～56)	68 (68～68)
V (μg/L)	39.9	0.6	61.7 (50.5～74.6)	66 (53～79)
Si (μg/L)	15,554	73	18,405 (17,046～20,413)	85 (76～91)

（4） 文献収集および整理

① 概要

海底湧出地下水や海底下地下水に関する現状の探査手法を整理し、様々な沿岸部における探査手法の体系化を念頭に、文献の収集および整理を行った。具体的には、以下の 4 つに示すテーマごとに収集・整理を行った。

A：海底湧出地下水の検出に関する手法

B：海底湧出地下水の検出に必要な予備的または広域的調査および数値解析などの手法

C：採水と化学分析（水質、同位体比、年代トレーサー等）による起源、年代評価の手法

D：海底湧出地下水の湧出量評価（シーページメータ、水収支法、放射性元素など）の手法 A～D について少なくとも 20 件以上を目安として収集し、結果として合計 300 件程度の収集と整理を行った。

② 文献収集および整理の結果

表 3-2- 3 は国内の文献 177 報を、調査目的と目的を達成するために使われた調査手法を整理したものである。『浅い』と『深い』はおおよそ水深 30 m を境として、分類した。

浅い場所において、湧出水の分布や湧出量の評価手法は、塩分やラドンを使った地化学調査、シーページメータによる実測など、適用事例も多かった。また、ダイバーによる機器設置が可能であることが、調査手法の選択肢を増やしている。物理探査については、浅い、深いを問わずに、また広い範囲でも、狭い範囲でも、適用事例があることが確認できた。その目的としては、沿岸部の地質構造、塩淡境界や断層の評価が挙げられ、物理探査と共にボーリング調査、地化学調査や数値解析などが、行われている。一方で、湧出量の定量化は浅い所が多いが、広域や深い場所では数値解析に頼らざるを得ない現状にある。その点は本事業で取り組んでいる高精度音響カメラによる手法が有効であると考えられた。

収集した文献について、国内および海外の海底湧出地下水が確認された事例について、海岸からの距離と水深の記載に基づいて作成した湧出水の空間分布を図 3-2- 9 に示す。全体として水深が浅い場所の事例が多い中で、駿河湾の事例が海岸から比較的近く水深が深い事例であると考えられ、他とは異なる特徴的な湧出地点であると考えられる。

表 3-2- 3 海底湧出地下水、海底下地下水、海底地形・地質に関する調査手法のとりまとめ

	狭域（ポイントでの調査）			広域（エリアでの調査）		
	文献数	目的	調査項目・調査手法	文献数	目的	調査手法・調査項目
浅い	25	**湧出水の分布、水質**	水深、水温、地化学調査（EC、イオン類、酸素・水素同位体、ラドン）、ピエゾメータ、ダイバーの潜水調査（目視、採水）、UWTV（水中テレビロボット）＋CTD、ROV（カメラ）、海底設置型ラドン測定器	44	**湧出水の分布、水質**	地化学調査（塩分、イオン類、酸素・水素同位体、ラドンなど）、ダイバーの潜水調査（目視、CTD センサー、採水など）、リモートセンシング（熱赤外画像、水温）など
		湧水量の評価	ダイバーの潜水調査、Granier 式自記湧出量計、富大式 SGD －Flux Chamber、手動式湧出量計		**湧水量の評価**	水収支法、地化学成分の収支（塩分、ラドン）、 シーページメータによる実測（潮間帯の設置、ダイバーによる設置を含む）
					塩淡境界の把握、断層評価・地質構造評価	電気探査、電磁探査、地震波探査、ボーリング調査、地化学調査、数値解析
深い	18	**地質構造、水理地質構造**	ボーリング調査、海上ボーリング調査、電磁探査（MT・AMT 法）、音波探査、数値解析	90	**海底地形、海底地質・水理地質構造**	高精度反射法地震探査、ROV ハイパードルフィンによる潜航調査、深曳航式サイドスキャンソナー装置
					湧出水の分布	数値解析、電気探査
					湧出量の評価	数値解析
		塩淡境界の把握、氷期地下水、化石海水、断層評価	ボーリング調査、電磁探査、地化学調査、年代トレーサー		**塩淡境界の把握、氷期地下水、化石海水、断層評価**	ボーリング調査、電磁探査（MT・AMT 法、TEM 法）、電気探査、物理検層、地化学調査、年代トレーサー、数値解析

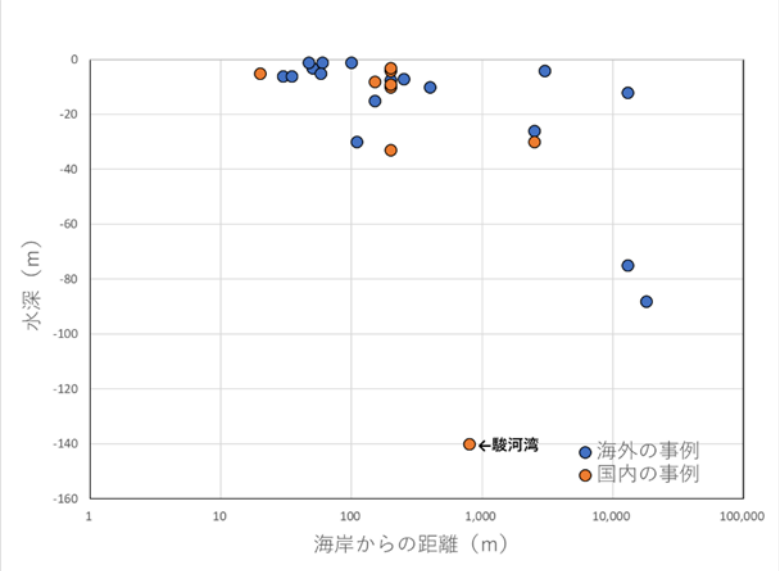


図 3-2- 9 文献から得られた海底湧出地下水の空間分布

（5） まとめと今後の課題

模擬実験と実海域での探査を通して検討した結果、ROV と音響画像を組み合わせた探査手法は、実海域で潮流が変化する条件においても、面的に湧出水を検出できる効果的な手法であることが分かった。今年度の音響探査でデータを取得できた範囲は限られているものの、本探査手法は面的なデータ収集も可能であるため、広域の探査（サイドスキャンソナー等の探査）と狭域の探査（原位置測定や採水）の間を補完できる技術であり、駿河湾のように急峻な海底地形という探査が難しい条件の地域のみならず、地形勾配が緩やかな他の地域への適用も期待できる。

今年度見いだされた課題として、陸側の掘削調査の結果や陸ー海での地下水の連続性について検討するために、今年度実施した探査結果を補完するような実海域のデータ収集が必要である。また、効率的な探査実施の観点から海域の条件に応じた ROV 等の探査機器の姿勢制御、マリンスノーや魚類等の生物などのノイズの効率的な除去方法、膨大に得られる音響画像から効率的に湧出水を検出し定量化する手法について、実海域でのデータを蓄積しつつ引き続き検討する必要がある。

とりまとめのため海水中における地下水の湧出現象や探査法について調査した文献・資料の収集、レビューの作成をした。浅い場所において、湧出水の分布や湧出量の評価手法は、塩分やラドンを使った地化学調査、シーページメータによる実測など、適用事例も多く、ダイバーによる機器設置が可能であることが、調査手法の選択肢を増やしていた。物理探査については、浅い、深いを問わずに、また広い範囲でも、狭い範囲でも、適用事例があることが確認できた。その目的としては、沿岸部の地質構造、塩淡境界や断層の評価が挙げられ、物理探査と共にボーリング調査、地化学調査や数値解析などが、行われている。一方で、湧出量の定量化は浅い所が多いが、広域や深い場所では数値解析に頼らざるを得ない現状にある。その点は本事業で取り組んでいる高精度音響カメラによる手法が有効であると考えられた。

以上の課題の検討に加えて、沿岸部海域の調査技術の体系化を念頭に、これまでに本事業を通じて得られた知見や実際の海域での経験やノウハウなどの情報について、取りまとめを進める必要がある。

（6） 駿河湾における海底湧出地下水に係る取組の概要

沿岸部を想定した地層処分事業に関して、平成 27 年度「沿岸部処分システム高度化開発」事業の中で、海底湧出地下水に係る調査フローが整理された。このフローによると、沿岸部の地質環境の把握に当たって、初期段階で陸域や海域の地質調査が行われ、その結果に基づいて地質構造や水理構造の検討やモデル構築が行われる。この時、沿岸部帯水層の連続性や陸域の水収支の検討結果に基づいて、海域への地下水流出が推定される場

合には湧出水の探査が必要になると考えられる。湧出水の探査に当たっては、対象とする海域で寸刻みに採水したり、海底面を観察したりすることは現実的には難しいため、ある程度の合理性をもって実施する必要がある。そのためには、初期段階で海域の広範囲を対象に行われる音波探査や海底地形調査の情報を使って、湧出の可能性がある領域を絞り込んだ後に、その局所的な領域を対象として採水を含めた詳細な調査が行われると考えられる。以上のような海域調査の全体の流れの中で、駿河湾ではこれまでに実際の海域を対象とした様々な調査手法の適用、技術確証や高度化が進められてきた。その概要を以下にまとめる。

平成 25 年度から平成 27 年度の「海域地質環境調査確証技術開発」事業では、地下水に多く含まれるラドン濃度を広域に測定する調査や、サイドスキャンソナーなどの音波探査技術を用いた面的な調査を行うことで、海底湧出地下水を一つの流域スケールで絞り込むことに成功した。また、サイドスキャンソナーで得られる音波散乱の記録を基に湧出地点を推定し、ROV による潜航調査で確認するといった一連の調査について確証が行われた。この事業では、水深 100m を超える湧出地点を対象に、採水器を用いた底層水の採水も試みられたが、周囲の海水が多く混合していたことから、採水技術の高度化が必要とされた。

平成 28 年度から平成 30 年度の「沿岸部処分システム高度化開発」事業では、主に局所的な領域を対象とした調査技術として、ROV を中心とした調査技術の高度化が進められた。この事業では、海底地形が急峻で潮流も複雑という海域で、かつ大型の調査船や AUV 等の機器適用も難しいという条件において、湧出地点の観察や ROV を用いた採水技術の高度化が進められた。その結果、現場の潮流に応じて柔軟に対応できる ROV を活用しつつ、採水器の改良を進めることで、淡水が 7 割程度含まれる湧出水の採取に成功した。以上のように 2 つの事業を通して、実際の海域を対象とした広域から局所的な領域に至る一連の調査技術の適用が進められてきた。

令和元年度から開始された「沿岸部処分システム評価確証技術開発」事業では、沿岸部における地質環境モデルの評価に資する確証技術の開発が進められている。この一環として、駿河湾では過年度の 2 つの事業の成果を踏まえつつ、効率的かつ高精度に湧出水の分布や海底微地形を捉える技術や、採水手法の信頼性向上と地化学成分による陸域地下水の性状評価の技術などの開発が進められている。

参考文献

産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所（2019）： 平成 30 年度沿岸部処分システム高度化開発報告書, 356p, 2019

産業技術総合研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所
（2020）： 平成 31 年度　沿岸部処分システム確証技術開発成果報告書, 297p, 2020
産業技術総合研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所
（2021）： 令和 2 年度　沿岸部処分システム確証技術開発成果報告書, 297p, 2021
ESRI（2022）: Natural Neighbor 内挿法
https://desktop.arcgis.com/ja/arcmap/10.3/manage-data/terrains/hidden-natural-neighbor-interpolation.htm（2022.2.15）

３－３ 物理探査の高度化

（１） はじめに

① 沿岸部における地質環境特性評価技術の背景

総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループ（技術 WG）による平成 29 年の取りまとめによると、島嶼や海底下を含む沿岸部については、輸送時の安全性の確保の他に、以下の特性が期待されている（経済産業省，2017）。

・動水勾配が極めて小さい（地下水流動が緩慢である）場所や化石海水が残留する場所など長期にわたって流動性が低く拡散支配である（物質の移動が遅い）場所を見つけられる可能性が期待できる。

・隆起速度の小さい地域が比較的多い。

また、考慮すべき事項として以下の点が指摘されている。

・海水準変動（約 10 万年周期の既往変動による陸氷の拡大と縮小にともなって陸に対する海面の相対的な高さが変化する現象）や塩淡境界（密度差や濃度によって形成された塩水と淡水の境界）により変化する水理場や化学場の影響を考慮する必要がある。

・海水準変動や海面低下に伴う河川浸食を沿岸部特有の影響要因として考慮する必要がある。

本技術 WG では、上記の特性を踏まえ、地質環境の調査・評価技術、工学的対策技術、安全評価技術の 3 つの観点から技術的対応可能性を検討し、今後データ等の拡充を行っていく必要があるものの、安全に地層処分を行うことは技術的な可能性があると結論づけている。一方で、更なる信頼性の向上のため、技術の高度化やデータ等の拡充に引き続き取り組む必要があることが指摘されている。

本技術 WG が平成 27 年に公開した中間整理に基づき、平成 28 年 1 月から「沿岸部海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会」（沿岸部研究会）が開始され、沿岸海底下を含む沿岸部において地層処分を実施する場合を想定した沿岸部の特性の整理および技術的対応可能性の検討を関連する研究成果等を踏まえて行うとともに、技術的信頼性を更に向上させるために取り組むべき課題を抽出・整理し、これらを効率的かつ着実に実施するための進め方の検討が行なわれた（経済産業省，2016）。

沿岸部研究会では信頼性の向上に向けて高度化への取り組みが必要となる重点項目を抽出しており、その中の一つに「海陸接合部付近の活断層分布を確認するための調査・評価技術の高度化」が挙げられている。高度化の方向性として「海陸接合部付近の海域における断層の分布や連続性等に係る調査事例を収集・分析することにより、海底地形計測、音波探査、ボーリング調査、演題測定等のそれぞれの調査技術の適用性を評価するとともに、調査技術の適切な組み合わせ方を検討する」ことが挙げられている。

このように海陸接合部付近の活断層分布を把握する上では、上述されている音波探査を含む物理探査が非常に有効である。そこで、本事業では、海上音波探査の高度化を実施し

ている。以下に過年度事業の研究成果も含めて海陸接合部付近の活断層分布の把握に必要な技術的な課題と今年度の取り組みを記す。

② 海陸接合部における技術的課題

沿岸部は陸域と海域に分けられ，範囲については，経済産業省（2016）においてそれぞれ海岸線から 20km および 15km と定義されている。先述したように地層処分事業において期待される沿岸部の特性は，隆起速度がおそく長期にわたって地下水の流動性が低い場所である。このような条件を満たすためには，海域では海底地形の勾配が小さい環境，言い換えれば遠浅の環境が求められる。すなわち海陸接合部では水深が浅い場所（浅海域）において，どれだけ正確な情報が得られるかが，地質環境モデルを構築する上で重要となる。

浅海域における調査手法の概要については産業技術総合研究所（2014）にまとめられている。本書によると，通常の海域における断層を含む地下地質構造を把握するためには，曳航式の音波探査が用いられるが，この探査ではエアガンと呼ばれる音波発震装置（震源）と長さ数 km 以上の長大なケーブルにハイドロフォンと呼ばれる音圧を検知するセンサーを取り付けたもの（ストリーマーケーブル）を曳航する受振システムを用いるため，非常に大型の調査船が必要となる。このような大がかりなシステムでは船を回頭するための回転半径も大きくなり，また長大なケーブルを曳航したまま他の船舶や定置網などの漁具を避けて調査することは難しいため，浅海域での調査には適応することができない。そのため，水深 200 m までの海域の調査では海底に直接設置できる海底敷設ケーブル（OBC）を用いられることが多い。この手法では，海底に直接，受振機を設置するため高品質なデータが取得可能であるが，一方で，設置・測定・回収という一連の作業の期間が曳航式と比較して長くなるため，漁業活動の状況によっては調査が困難になることが予想される。一般に日本国内の沿岸部海域には、漁業権が設定されており、これを有する漁業協同組合（漁協）の許可なしに、設定範囲内での調査を行うことはできない。海底に直接受振器を設置する OBC は，定置網やタコつぼの移動の手間や破損の危険性もあるため，漁協からの理解を得られにくいという側面もある。そのため，海陸接合部はデータの空白域となっており，本事業では，このような浅海域でも調査可能な音波探査手法を検証し，高度化していくことで技術的課題の解決につなげていくことを目標としている。

③ 海陸接合部で利用可能な調査手法の検討

前述したように，沿岸部の浅海域では、漁協の理解や漁業権の侵害にかかる社会的課題と、調査設備の小型化という技術的課題の 2 つの課題を有する。産業技術総合研究所（2014）では、調査設備の小型化の一例として鶴ほか（2003）による小型ストリーマーケーブルを用いた二船式反射法物理探査を紹介している。この手法は発震船と受振船を同一側線上で走らせることにより、発震点と受振点の距離（オフセット）を任意の距離に変更

する手法である。またこの手法では、オフセット間隔を短くすることで、空間分解能を上げることができるため、浅部と深部の両方のデータを取得可能となる。一方で、これらを漁業権の設定されている海域で実施する際には、震源の音圧も考慮する必要がある。一般的に曳航式の海上物理探査に使用されるエアガンやブーマーの音圧は非常に大きいため、海洋生物への影響が懸念されている。一方で、地下深部の情報を得るためには高い音圧が必要となるため、沿岸部浅海域における調査手法では、低い音圧でより深部まで音を届かせるという相反する技術的課題を克服する必要がある。上述した複数の課題を克服するため、本調査では鶴ほか（2017）における複数の水中スピーカーによるマルチ振源と単一のストリーマーケーブルを用いたマルチ振源 3 次元探査手法の適応を試みた（図 3-3- 1）。本手法は、既存の音波探査のような大掛かりな設備が不要なため、20 t 以下の小型船での運用が可能である。

本手法は、高梨ほか（2015）による複数の水中スピーカーからコード配列の異なる疑似ランダム波を発震することで、単一のストリーマーケーブルで受振した信号に混在する個々の水中スピーカーから発振された音波を分離抽出する技術を応用したものである。また、Tsuru et al.（2019）は疑似ランダム波を用いることで水中スピーカーからの出力音圧を低減できることを示した。これは疑似ランダム波を用いることで、受振波の Signal Noise Ratio（SN 比）を向上させ、海洋生物に影響を与える音圧以下でも測定が可能となるというものである。本事業では先述した鶴ほか（2003）による二船式反射法物理探査を本調査手法と組み合わせることで、漁業権が設定された浅海域における音波探査が可能であると考えた。

④ マルチ振源 3 次元探査手法における技術的課題

地層処分事業での適応を想定した際の本手法における課題として、現場での適応事例が少ないことならびに、探査可能深度が浅いことが挙げられる。本調査手法の適応事例は Tsuru et al.（2019）による東京湾（千葉県館山沖）と Tsuru et al（2020）による内浦湾（静岡県沼津市沖）のみであり、探査深度も東京湾における海底下 200 m が最深である。地層処分においては、図 3-3- 2 に示すように、海底下であっても 300 m 以深を処分場設置の対象としており、実用化を目指す上では海底下深度 500 m 程度までの地下構造が把握できる必要がある。そのためには、既存研究よりも出力が大きい大型水中スピーカーと長いストリーマーケーブルを用いた探査システムの構築が求められる。

⑤ 本研究の目的

本研究では、実際の地層処分事業での適応を念頭に、鶴ほか（2017）におけるマルチ振源 3 次元探査手法を高度化し、海底下 500 m 程度を対象とした浅海域における地質構造を把握するための海上物理探査手法の確立を目的とする。今年度については、本調査の適応事例を増やすため。既存の研究データが取られている金田湾（神奈川県横須賀市沖）に

て、既存の小型スピーカーを用いた 2 次元ならびに 3 次元探査を実施し、過去のブーマー発震器を用いた研究結果との比較・検証を行うとともに、新たに作成した大型スピーカーの検証作業を行った。

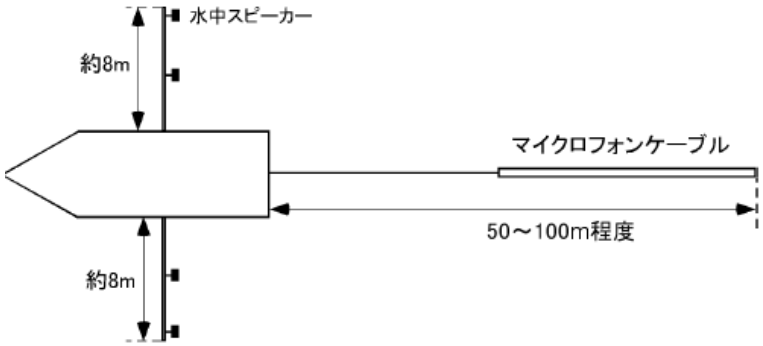


図 3-3- 1 マルチ振源 3 次元音波探査のイメージ図

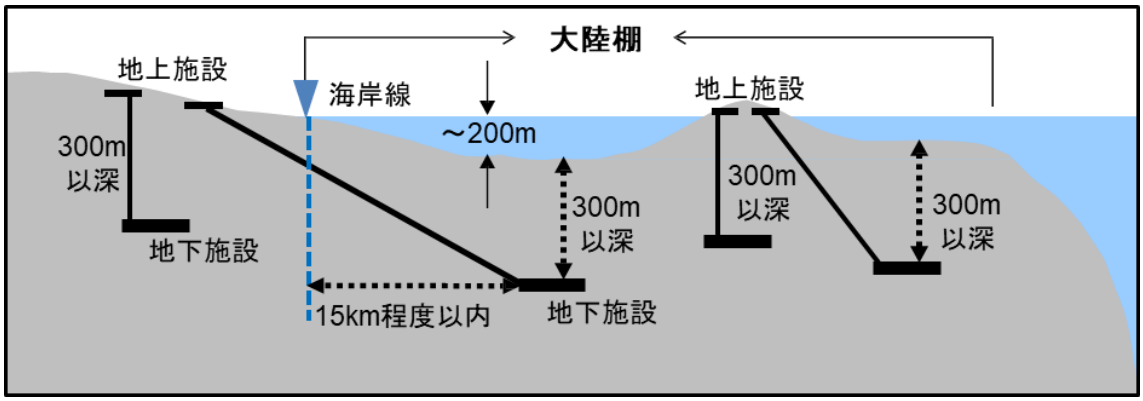


図 3-3- 2 沿岸部における地下施設設置のイメージ（経済産業省，2016）

（2） 調査概要

① 研究調査地域と調査日

本調査における詳細な調査範囲を図 3-3- 3 に示す。海岸に近い沿岸部では小型スピーカーを用いた 2 次元探査を実施し、水深 20m 以下の浅海域における本調査手法の適応性を確認した。また水深 100m 以上の沖合では、既存研究と同一の側線上で小型スピーカーを用いた 2 次元ならびに 3 次元の音波探査を実施することで、すでに確立されている高音圧を用いた海上音波探査手法との比較を実施した。また、大深度調査用に作成した大型スピーカーの検証作業も同時に行った。

金田湾での調査日は、令和 3 年 11 月 29 日、12 月 3 日～6 日、令和 4 年 1 月 26 日～2 月 4 日である。その他にも大型水槽を用いた大型スピーカーの性能評価のための室内試験を複数回実施した。

② 調査に使用した機材と仕様

本調査に使用した機材一式とデータ取得の仕様については表 3-3- 1 と表 3-3- 2 に示す。

また、今回使用した各種機材や調査状況を写真 3-3-1～3-3-5 に示す。

③ 計測パラメータの決定

基本的には、音波は波長が長いものほど地層への貫入深さが増大するが、分解能は低下する。逆に波長の短いものほど、分解能は増すが、地層への貫入深さは指数関数的に減少する性質がある（伊藤ほか, 1981）。波長と周波数（一秒間の波の数）の関係は、以下の式で示される。

波長（km）＝音速（km/秒）÷ 周波数（Hz）

よって、より深部の地質情報を得ることを目的に大きな波長を利用するためには、周波数を小さくする必要がある。一方で波長を大きくするとスピーカーからの発震に時間を要するため、船速を小さくする必要がある。また、マルチ振源探査手法では、音圧を低減させるため、複数の擬似ランダム波を用いてエネルギーを増幅させている。そのため信号長（連続発振した波の個数）をより大きくする必要があるが、そのためには周波数の時と同様に発震時間を長くする必要があり、結果として船速を小さくせざるを得ない。一方で、あまり船速を小さくすると波浪の影響により船を測線に沿って走らせることが困難となるため、適切な周波数と信号長の組み合わせを決定する必要がある。

本調査では、周波数、信号長、船速を変えた試験測定を複数回実施し、最終的に、発震周波数は 500Hz、信号長 2047（記録長 53 秒、リスニングタイム 1.3 秒を含む）、船速 2 ノットを計測パラメータとして決定した。

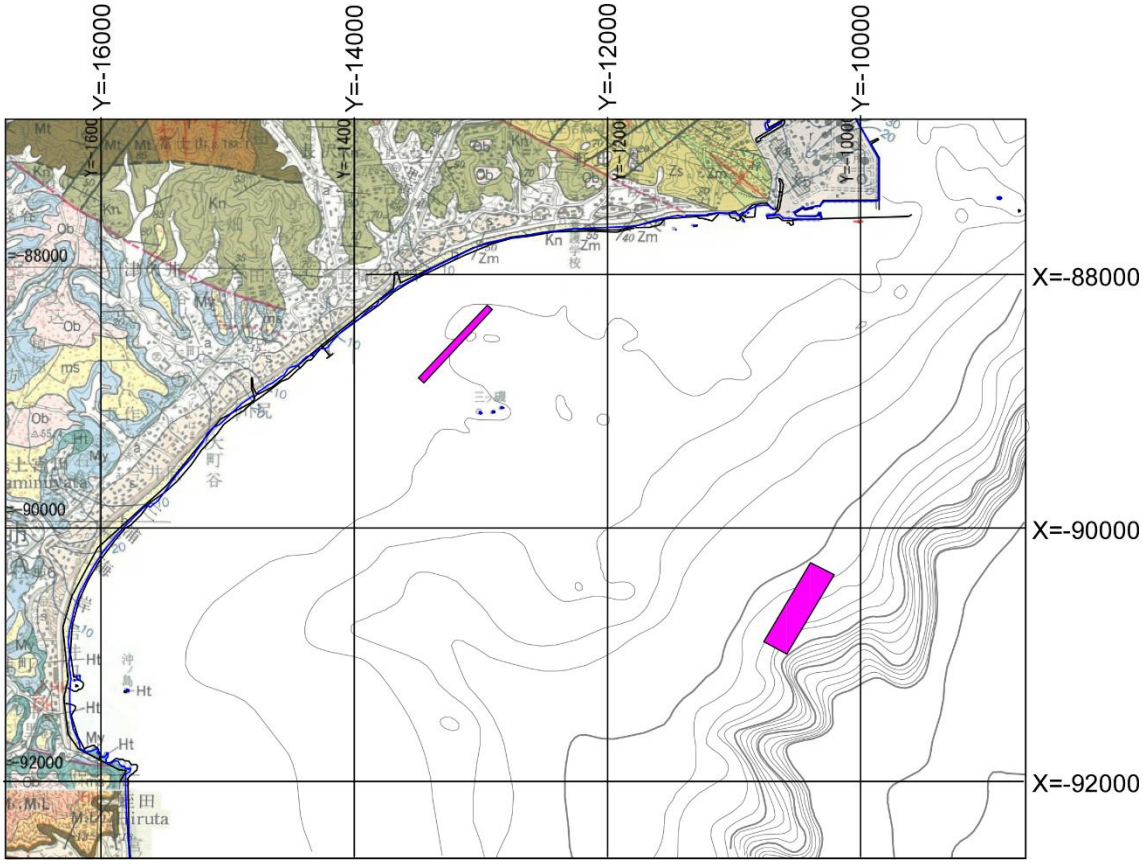


図 3-3- 3 海上音波探査実施範囲（神奈川県金田湾）

表 3-3-1 主な使用機材の一覧表

名称	主な仕様	数量
水中スピーカー(送信)	出力 130dB、周波数 200Hz～1000Hz 重量 5kg	4セット
大型水中スピーカー(送信)	出力 160dB、周波数 100Hz～500Hz 重量 50 kg	1セット
ストリーマーケーブル(受振)	センサ数 48ch、センサ間隔 2m、オフセットケーブル長 150m、重量 50 kg	1セット
信号発生器(送信)	出力 5ch、発震周波数 100Hz～2000Hz、無線同期機能	1セット
データロガー(受振)	入力 48ch、分解能 16bit	
パワーアンプ(送信)	出力 280W、2.8A	4セット
大型音響アンプ(送信)	出力 500W、4.2A	1セット
測位 (DGPS)	船位測定用 データ更新レート 10Hz、水平精度 0.3m ストリーマーケーブル端部測定用 データ更新レート 20Hz、水平精度 0.6m	各1セット
音響測深機	測定レンジ 2.5-2000m	1セット
水中音速計	測定レンジ 1400-1550m/s、 分解能 0.015m/s	1セット
データ取得ソフト	入力 48ch、出力 5ch、記録方式 SEG-Y	NA
調査船	調査船(19 トン)、警戒船(5 トン)	各1隻

表 3-3-2 データ取得の仕様

（＊）検証項目：現場および取得データの状況によって調整した。

項目		仕様
送信部	音源	水中スピーカー
	音源数	4セットおよび1セット
	送信音圧	130dB～160dBの範囲で設定(*)
	送信周波数	100Hz～1000Hzの範囲で設定(*)
	音源の深度	1m
	音源の水平方向の間隔	4～5m(*)
	発震点間隔	6 m(*)
受振部	受振器	ストリーマーケーブル
	受振器数	1セット
	センサ数	48ch
	センサ間隔	2m
	受振器深度	1～4m
	オフセット距離	40～50mの範囲で設定(*)
収録部	データロガー	サンプリング精度16bit
	記録方式	SEG-Y
	重合数	～16(*)
	サンプリング間隔	サンプリング間隔 0.125ms(送信周波数 500Hz の場合)
	記録長	記録長1～2s(送信周波数500Hzの場合)
その他	CMPビンサイズ	2.5m×2m(*)
	測位	DGPS(Differential GPS)
	船速	約2ノット(*)

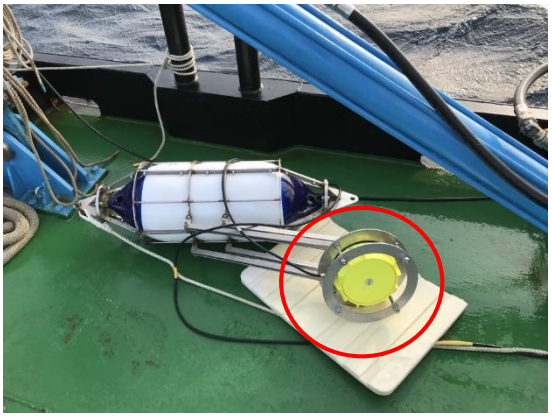
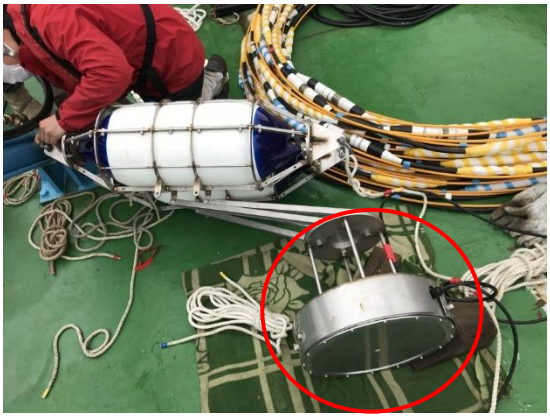



写真 3-3- 1 発振器（左：小型スピーカー　右：大型スピーカー）

写真 3-3- 2 受信機

写真 3-3- 3 受信機の設置作業の様子

写真 3-3- 4 船位測定用 GPS アンテナ

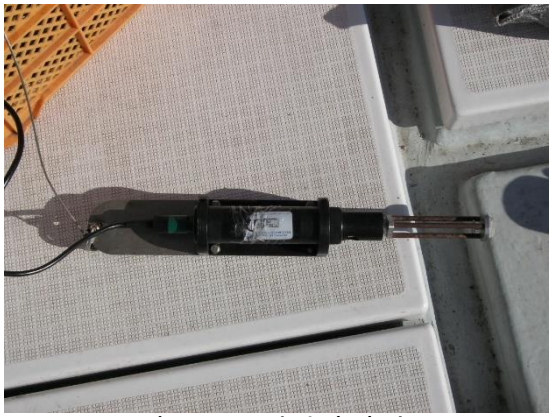


写真 3-3- 5 水中音速計

（3） 調査結果

① 小型スピーカーを用いた 2 次元探査

本調査では、まず初めに小型スピーカーと新たに作成した 100 m のストリーマーケーブルを用いた測定システムによる測定精度や有効性を検証するため、森ほか（2015）による活断層調査（ブーマーによる曳航型のマルチチャンネル音波探査）と同じ測線上で 2 次元探査による測定を行った。測線の位置は図 3-3- 3 における沖合の部分で、測線長は約 2 km である。

(a) データの処理

データ処理のフロー図を図 3-3- 4 に示す。以下の各処理過程の内容について示す。

（i）ジオメトリの作成と編集

測線のジオメトリを作成するために、各発震記録の各々の受振器に位置座標情報、発震元から各受振器までの距離（オフセット情報）を付加した。ジオメトリ付加後にノイズトレースなど処理に悪影響を及ぼすトレースを編集した。

（ii）周波数フィルタ処理

記録には反射信号やノイズなど様々な周波数の信号が含まれているため、反射信号として有効な周波数帯のみを残す周波数フィルタ処理の実施を検討した。

周波数フィルタ処理の結果を図 3-3- 5 から図 3-3- 8 に示す。図 3-3- 5 から図 3-3- 7 までは周波数の基点を 30Hz、25Hz、20Hz として基点から 1 オクターブずつ周波数帯域を区切って真振幅で表示する事により各帯域での反射信号の含まれ具合をテストした。このテストからバンドパスフィルタの周波数範囲を 80-960Hz とした。図 3-3- 8 にバンドパスフィルタ適用前後の比較とその差分を示した。差分には反射信号は見受けられないことがわかる。この図も真振幅で表示しており、反射信号が見受けられないということは処理を進めていた時に記録に影響を与える信号がない事をしめしている。(差分の図も真振幅で表示しており、この図に反射信号が見受けられないことから、データ処理に影響を与える反射信号以外の周波数の信号がなかったことがわかる。)

（iii）デコンボリューションフィルタ処理

前段で行ったバンドパスフィルタ後の記録には短周期の記録が強く含まれていたため、デコンボリューションフィルタを用いて短周期を抑制した。抑制効果は記録及び自己相関を用いて確認した。デコンボリューションフィルタ処理の結果を図 3-3- 9 に示す。

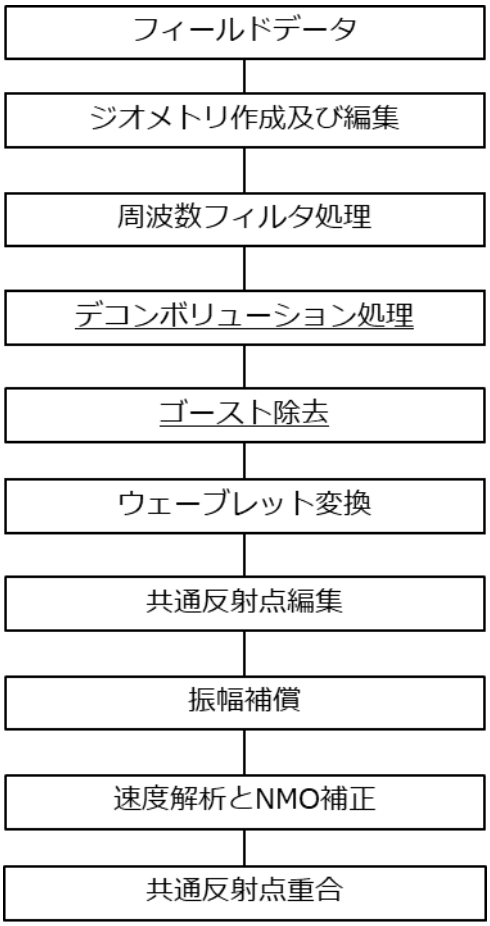
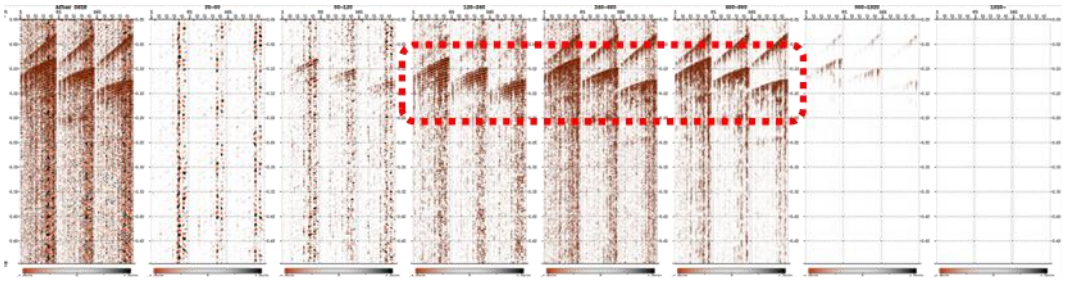


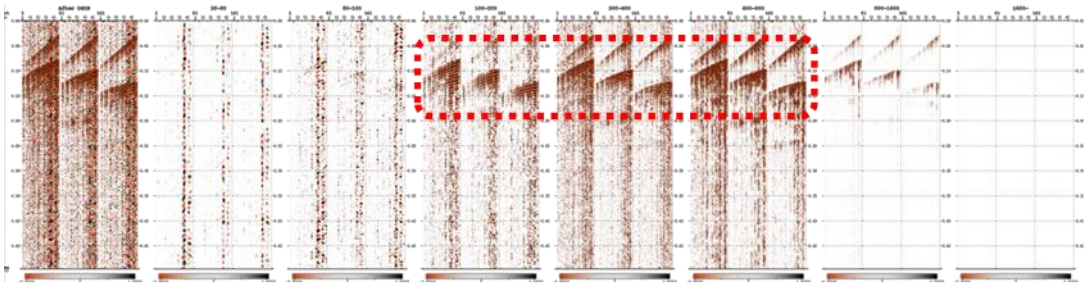
図 3-3- 4 データ処理のフローチャート(2D 記録)



赤枠点線で囲んだ部分が海底付近(出現している部分)

バンドパステスト1　有効範囲：120－960Hz

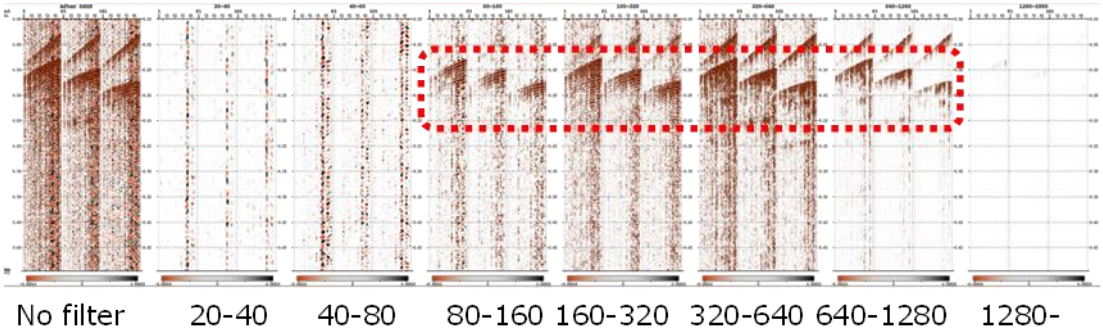
図 3-3- 5 バンドパステスト（120～960Hz）



赤枠点線で囲んだ部分が海底付近(出現している部分)

バンドパステスト2　有効範囲：100－800Hz

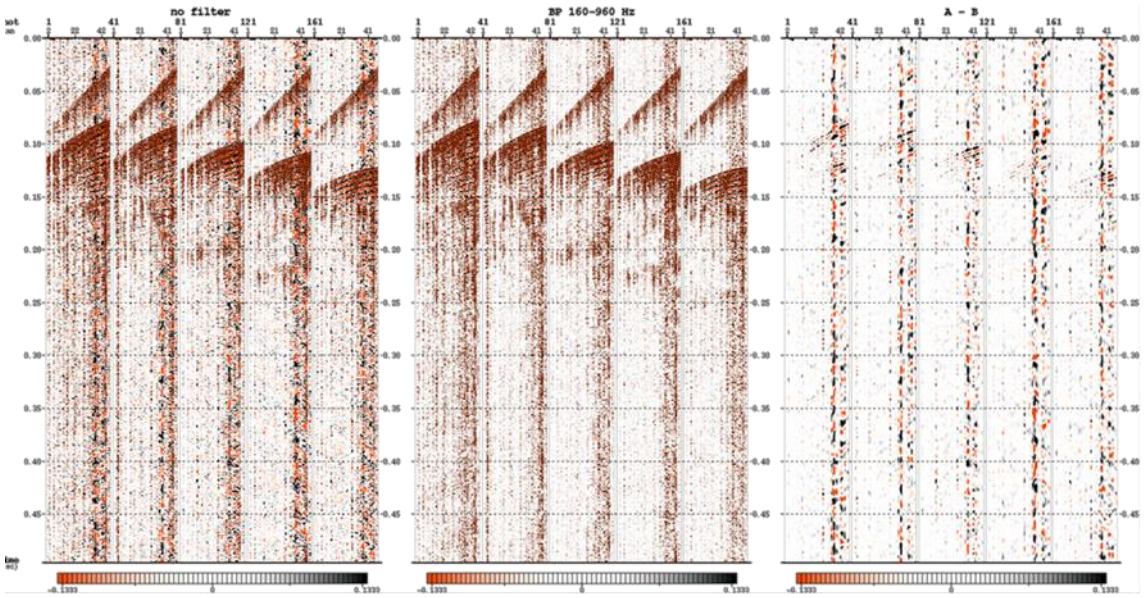
図 3-3- 6 バンドパステスト（100～800Hz）



赤枠点線で囲んだ部分が海底付近(出現している部分)

バンドパステスト3　有効範囲：80－1280Hz

図 3-3- 7 バンドパステスト（80～1280Hz）



a) 観測データ　　b) バンドパス80-960Hz　　c) a-b差分

バンドパステスト結果の比較

図 3-3- 8 バンドパステスト結果の比較

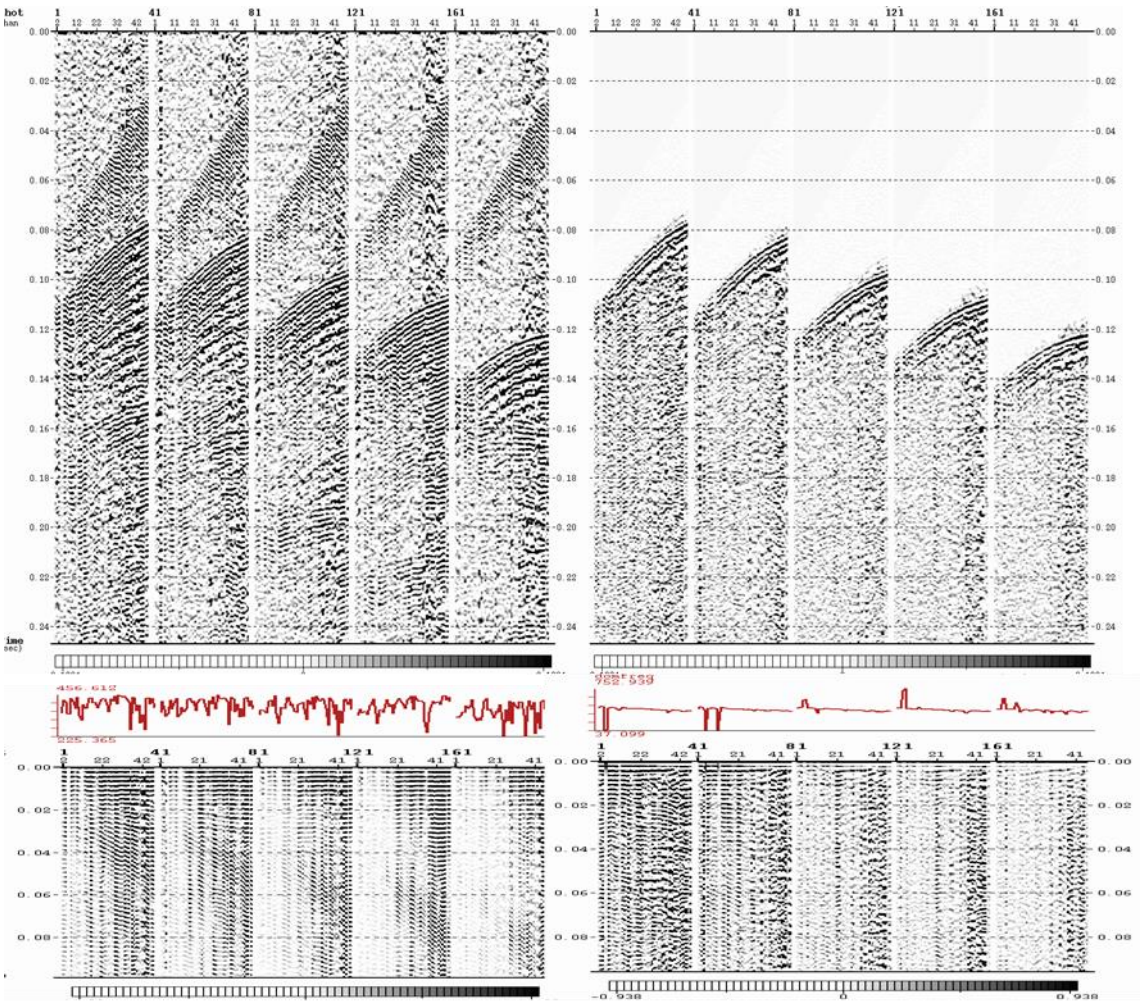


図 3-3- 9 デコンボリューションフィルタ（短周期除去）処理の結果

（左：処理前　右：処理後）

（上段：発振記録　下段：自己相関記録）

（iv）ゴースト除去処理

海上の観測では震源が海面より沈んでいる。この場合、震源から発震されたエネルギーは沈んだ深さから海面へ到達、反射して海底へ向かうもの、海底を経てから海面を反射して受振器へ入るもの、発震側、受振側両側で海面を反射するものとある（図 3-3- 10)。これらの経路を経て観測されたエネルギーは反射信号から遅れた並行した信号として観測される。これをゴーストと呼ぶ。本調査では計測していた受振器の水深を利用して計測値から最大深度と最小深度を割り出し、これを基に平均深度を計算した（表 3-3- 3)。この計算した値を用いてゴースト除去を実施した。図 3-3- 11 にゴースト除去処理の結果を示す。

（v）ウェーブレット変換

ゴースト除去後に海底下にバブルなどのノイズが残った波形の整えるためウェーブレット処理を実施した。ウェーブレット変換処理の結果の例を図 3-3- 12 に示す。

（vi）共通反射点編集と振幅補償

前処理を発震記録で実施したが速度解析のため共通反射点毎に記録を揃える共通反射点編集を実施した（以後共通反射点を CDP と記述する)。編集後速度解析前に、エネルギーの時間減衰を補償する為に球面発散補正を実施した。 記録は海底直下までの情報しか含んでおらず反射波はほぼ水中のみを伝播したと考えられるため、平均的な水中速度 1500 m/sec 一定で補償した。その後記録毎に相違する信号の振幅を揃えるため記録長の AGC(Auto Gain Control、自動利得処理)を適用した。

（vii）速度解析と NMO 補正

図 3-3- 13 (A)は CDP 記録においてある共通の反射面に対する反射波が、発震点と受振点間の距離（オフセット）が大きいほど遅れて到達する様子を示している。記録は縦軸が時間、横軸が距離であることから、走時の傾きを速度で現すことができ、この速度が速度解析から得られる速度に相当する。速度解析時に行う NMO 補正とは速度解析から得られた速度を用いて距離による時間の遅れを補正する操作を指す。具体的には図 3-3- 13 (B)のように各波形のオフセットがゼロになるように波形を時間軸上で移動させる。

速度解析方法は定速度走査法（Constant Velocity Scan）を実施した。定速度走査法はひとつ、もしくはいくつかの連続した CDP 記録に対して、速度を変えながら波形を重ね合わせ、最適な速度を把握する手法である。このプロセスを図 3-3- 14 に示す。まず、NMO 補正前(左図)の CDP 記録上の反射波走時について走査線(赤点線)を移動しながら、対象となる波をピックアップする。次にセンブランス図(中央図)を用いてコンター図のピーク付近(黄色点線で囲む)に着目して NMO 補正速度を推定する。センブランス図とは、横軸に NMO 補正速度、縦軸に反射波走時(下側がより深い場所からの反射波)を取り、NMO 補正速度を変えながら CDP 記録上の同一走時の波を重ね合わせた時の振幅を示すも

のである。同時に NMO 補正後(右図)の CDP 記録上の反射波走時(水色点線)が水平になるような補正速度を把握する。センブランス図で想定する補正速度と NMO 補正後の CDP 記録から得られる速度が近いか同じかを調べ、近いか同じであった時の速度を補正速度として採用した。

本業務では測線長が短かったので各測線の両端と中央に速度解析点を設定して解析を実施した。解析結果を並べて断面状にした重合速度断面図を図 3-3- 15 に示す。

また、本業務の記録では海底の反射走時と海底直下のわずかな反射信号しか連続性を追う事できなかった為、ごく浅い部分でしか速度解析ができなかった。

（viii）重合時間断面の作成

前処理と速度解析を行った後、速度解析の結果を用いて重合時間断面を作成した。この例を図 3-3- 16 から図 3-3- 19 に示す。

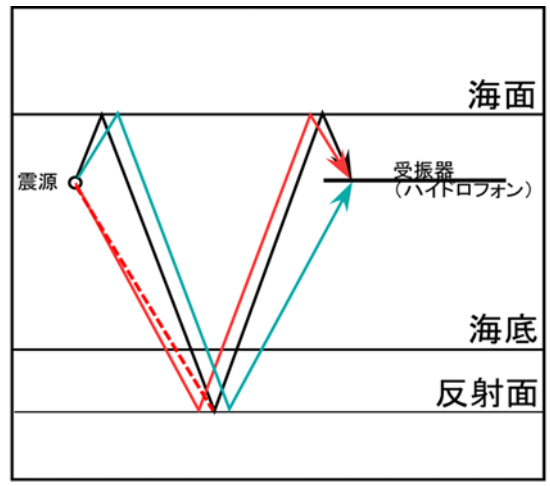


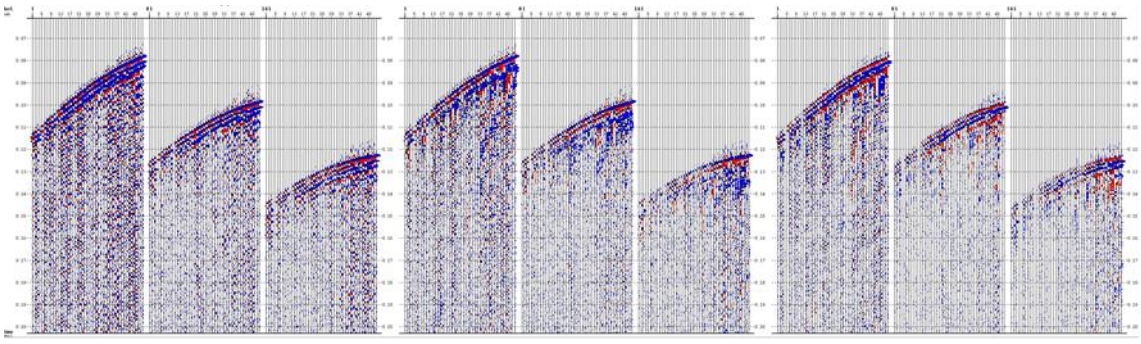
図 3-3- 10 ゴーストが発生する経路

表 3-3- 3 簡易処理をした側線の受振器の平均水深

		1ch	16ch	32ch	48ch
kn036(Run21)	最大深度	3.5	3.6	2.3	0.7
	最小深度	2.1	2.3	1.5	0.3
	平均深度	2.7	2.8	1.9	0.5

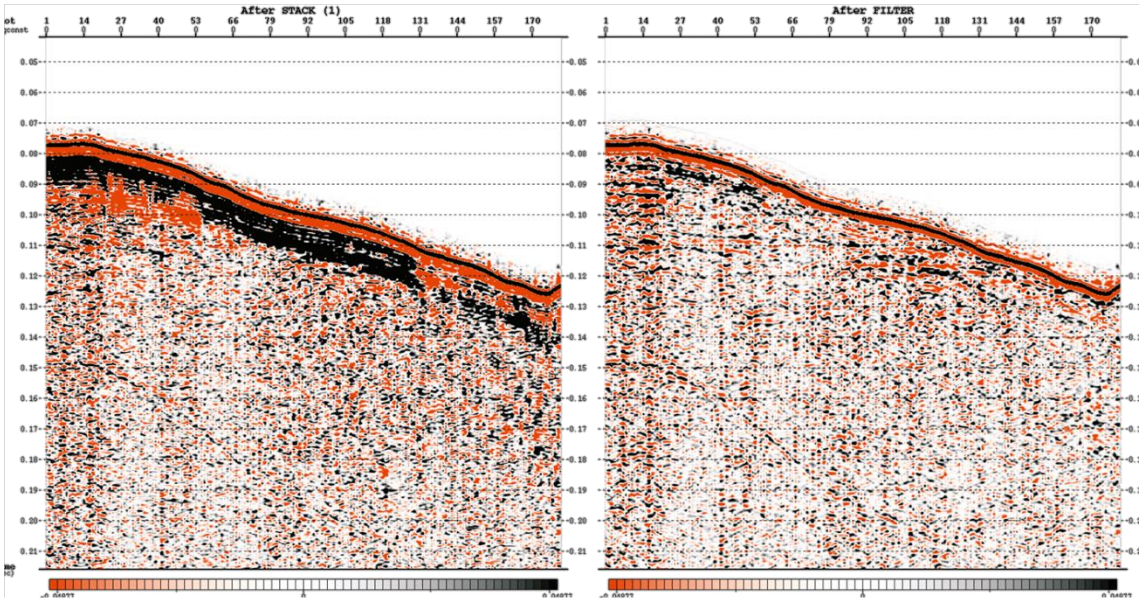
		1ch	16ch	32ch	48ch
kn033(Run27)	最大深度	3.1	3.5	2.5	1.2
	最小深度	1.9	1.9	1.2	0.2
	平均深度	2.4	2.5	1.8	0.6

		1ch	16ch	32ch	48ch
knh004(Run37)	最大深度	5.5	5.8	3.7	1
	最小深度	4.1	4.2	2.3	0.3
	平均深度	4.7	4.9	2.9	0.7



a) ゴースト除去前　　b) ゴースト除去後　　c) a-b差分

図 3-3- 11 ゴースト除去処理の結果



a) ウェーブレット前　　b) ウェーブレット後

図 3-3- 12 ウェーブレット処理の結果

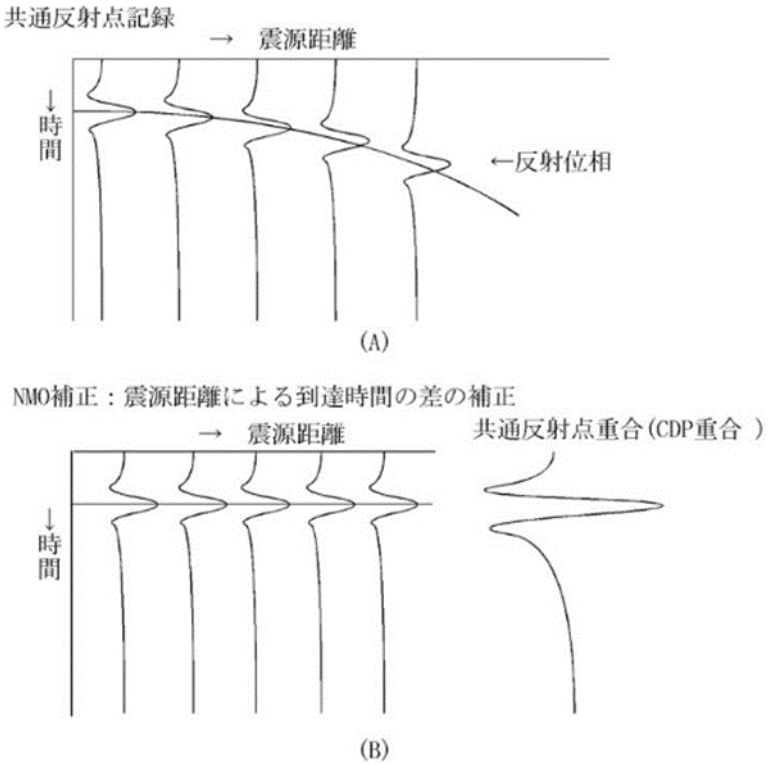


図 3-3- 13 NMO 補正の概念図

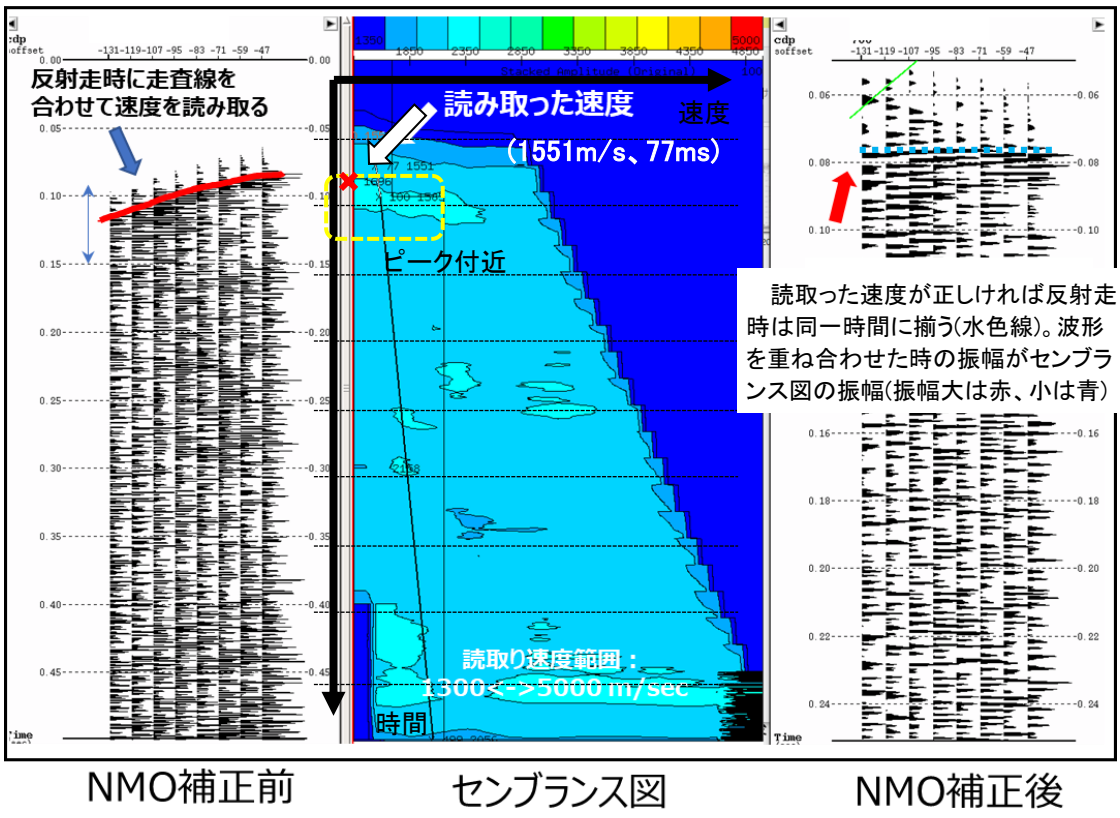


図 3-3- 14 低速度走査法の概要(run37 の例)

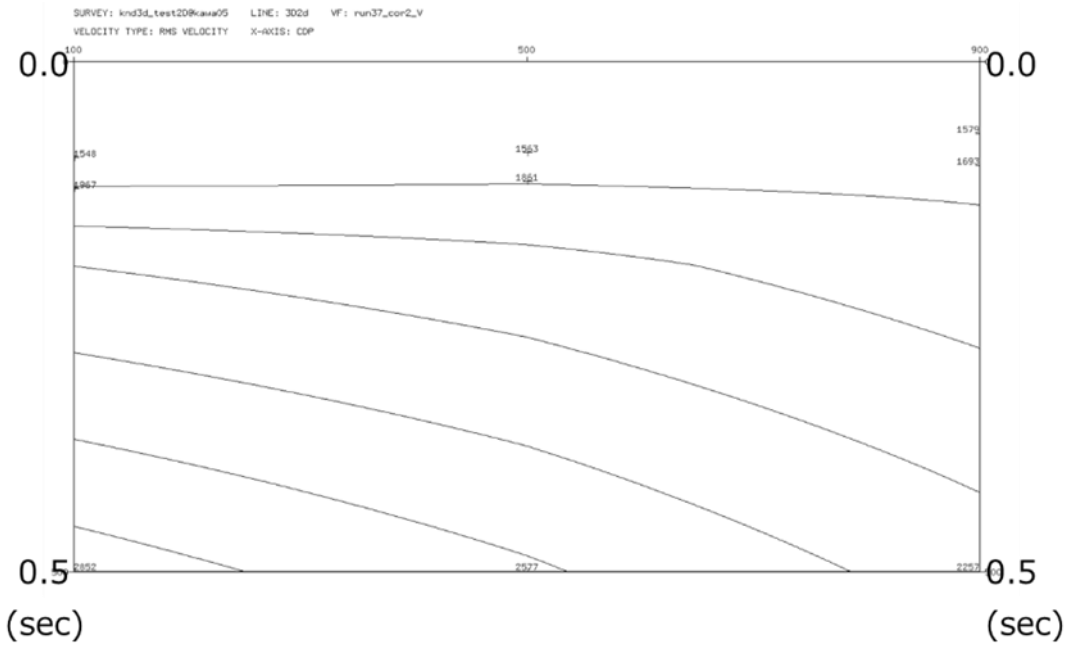


図 3-3- 15 速度解析結果から作成した重合速度断面

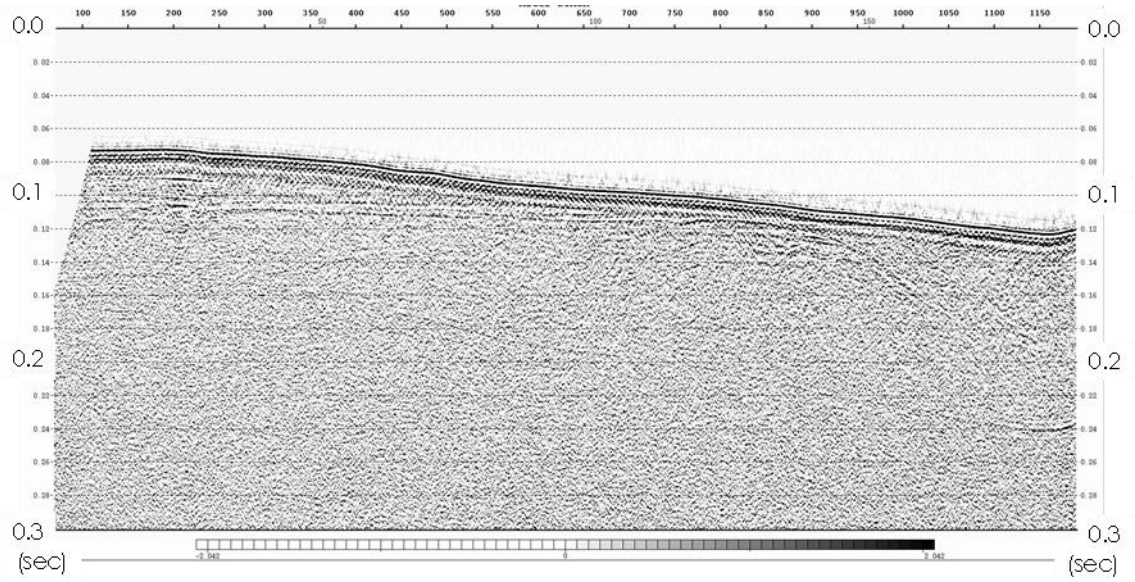


図 3-3- 16 重合処理結果（時間断面）Run42

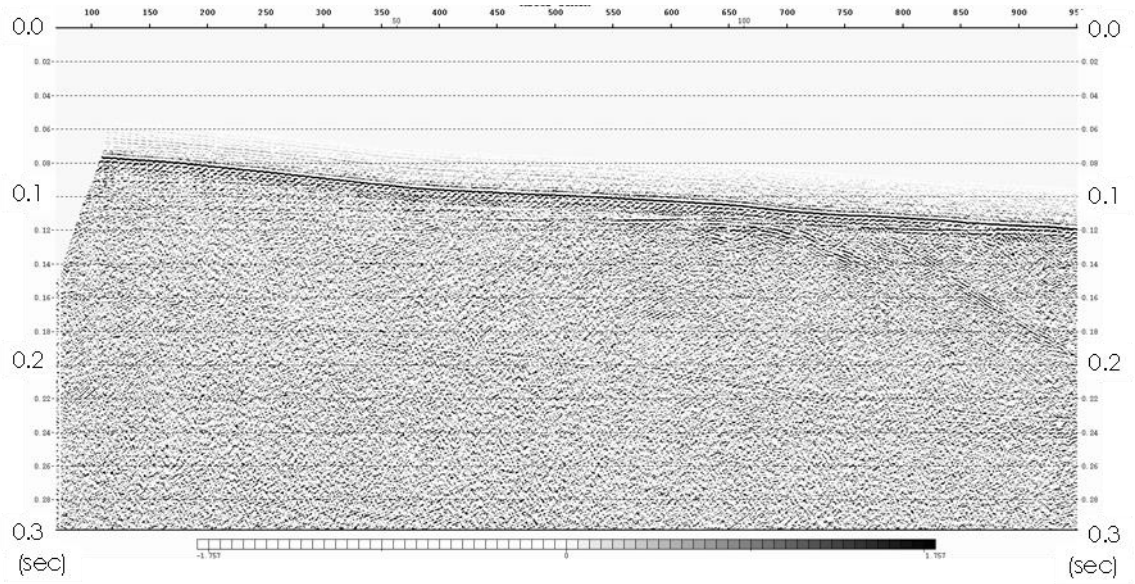


図 3-3- 17 重合処理結果（時間断面）Run21

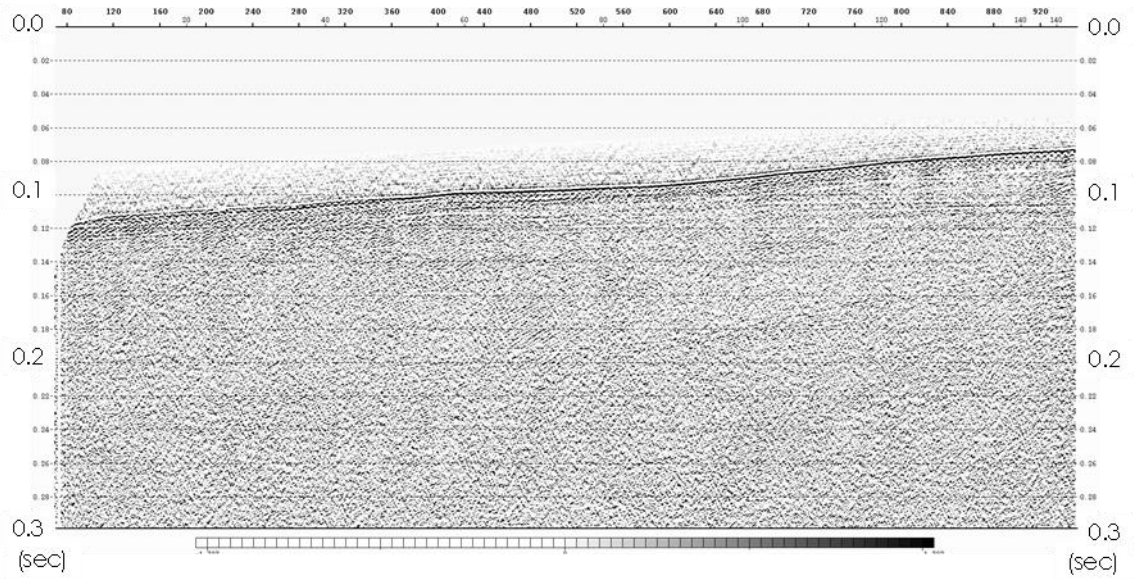


図 3-3- 18 重合処理結果（時間断面）Run27

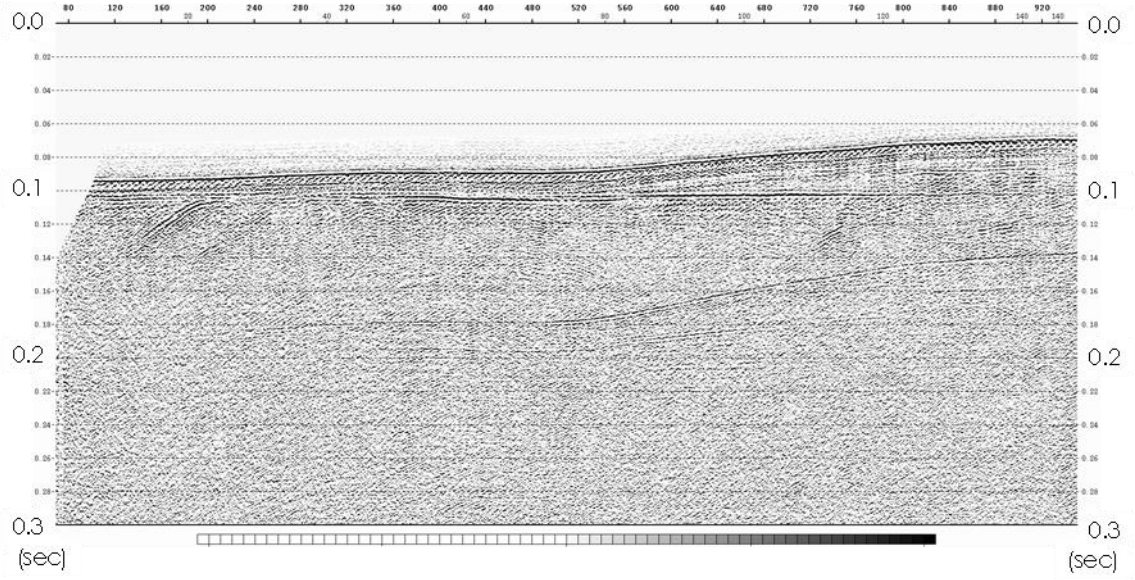


図 3-3- 19 重合処理結果（時間断面）Run37

(b) 既存の測定結果との比較

前述したように、本調査では、マルチ振源探査法の有効性や測定精度を検証するため、森ほか（2015）がおこなったブーマーを音源としたマルチチャンネル音波探査との比較を実施した。図 3-3- 20(a)は森ほか（2015）の記録断面に解釈を加えたものである。図中の枠で囲った部分の拡大図を図 3-3-20 (b)として示す。この記録断面において主要な反射面として、海底面、面Ⅰ～面Ⅲが認識できる。面Ⅰは上部の地層の内部反射面が傾斜して尖滅するダウンラップを示す面として認識される。面Ⅱは下位層の内部反射面を切っており、明瞭な不整合面（削剥面）として認識できる。面Ⅲは上位の地層の内部反射面が当たって消滅するオンラップ面として認識できる。これら以外に各層の内部反射面が認められる。なお、図 3-3-20(a)の記録断面の中央部と左側に下側に凸な波が認められるが、これは何らかのノイズと考えられる。

図 3-3- 21 にブーマー音源による既存記録と今回得られた小型水中スピーカーによる記録を比較した。スピーカーによる記録は反射面があまり明瞭ではなく、全体的に不鮮明な記録となっている。スピーカー記録による断面では、既存記録によって認識された面Ⅰ～面Ⅲについては認識しうるが、ダウンラップやオンラップなどの反射面末端部の関係性の把握が難しい記録となっており、十分な地質解釈を行う上では更なる改善が必要と考えられる。

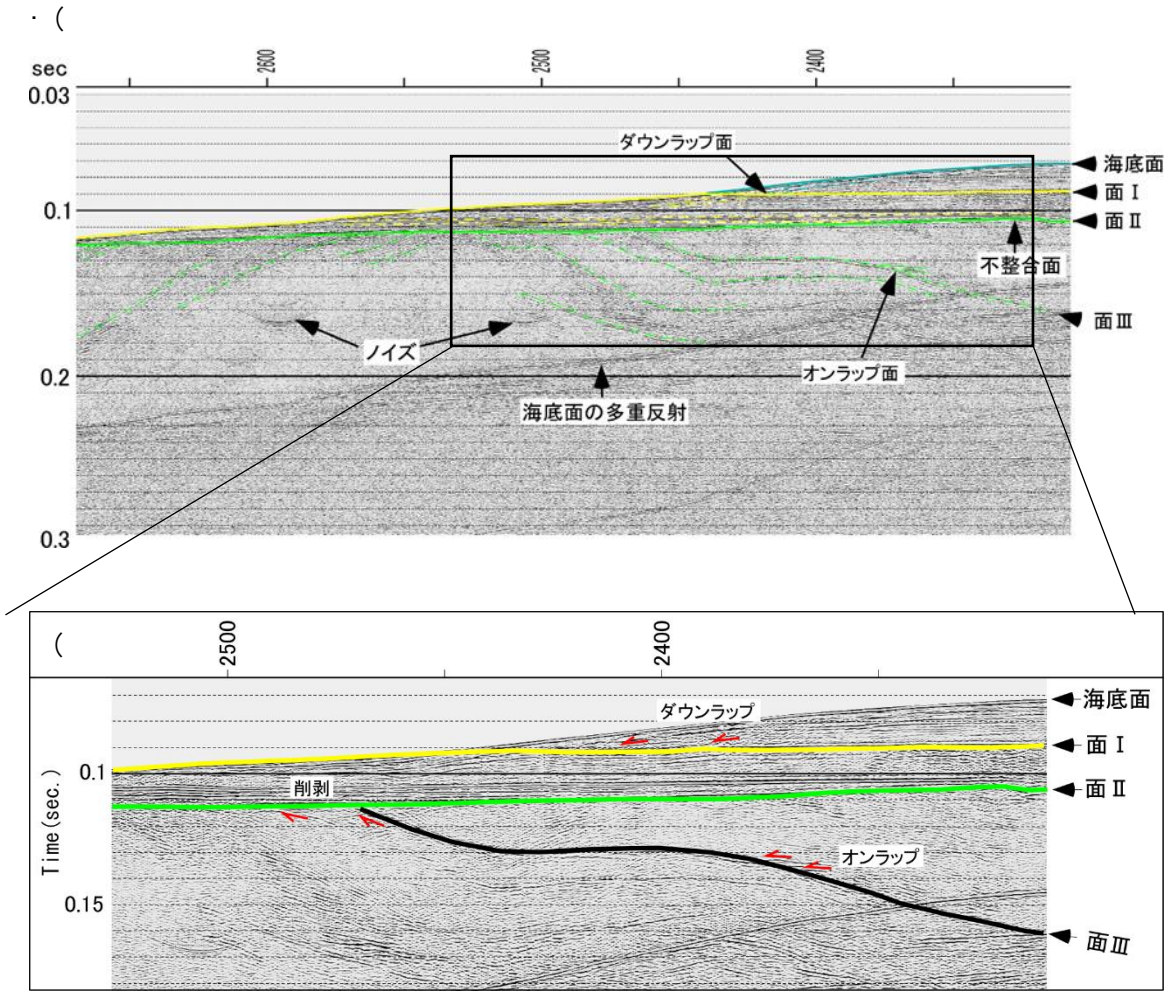


図 3-3- 20 既存記録（森ほか，2015）の解釈図

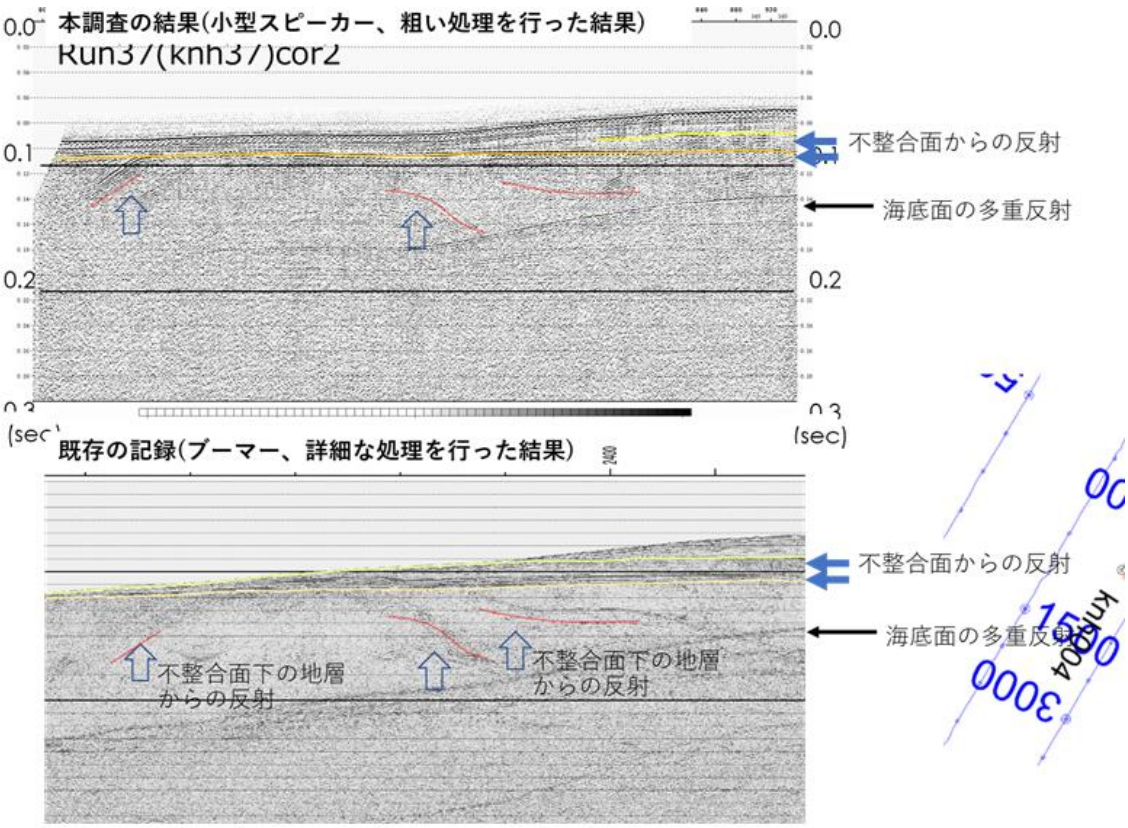


図 3-3- 21 既存データとの比較

（上段：水中スピーカー　下段：ブーマー）

② 小型スピーカーを用いた 3 次元探査

前述した 2 次元探査の結果より、ブーマーを用いた既存の調査手法と比較して改善は必要であるものの、本調査手法自体は浅海域における 3 次元音波探査に高度化できると判断し、2 次元探査を実施した同じ海域で、3.次元物理探査を試験的に実施した。3 次元データへの処理作業のフロー図とソフトウェアを、それぞれ図 3-3- 22 と図 3-3- 23 に示す。

基本的には、前述した 2 次元断面作成のための作業を行った後、それらを 3 次元へと展開するような手順となる。以下に 3 次元処理を中心としたデータ解析のプロセスを中心に記載する。

(a)データ処理の概要

(i)観測配置と Bin ラインの定義

3D Bin を 3.0m(inline 幅)×2.5m(crossline 幅)の Bin サイズで設定した。Bin は共通反射点編集を行う区画である。3D Bin は（-11170.0434 , -90851.8078）を原点として、inline 番号が＃1～360 の長さ 1080m、crossline 番号を＃1～298 の長さ 745m とする長方形であり、crossline 方向が北から東へ 31 度となっている。図 3-3-24 に作成した BIN 区画と発震位置を示す。今回得られたデータでは各 3D Bin における重合数(重ね合わせ数)にバラツキがあり、品質を揃えながらフィルタ処理を行うのが難しかった。このため、先述したように、まず 2D 記録上で各フィルタ処理を実施した。その後 Bin 編集を行い、3D データ処理を実施した。

(ii)位置情報のデータの付加と編集

2 次元探査の処理と同様に、各トレースに位置座標情報、発震から各受振器までの距離(オフセット情報)を付加した。また各々の座標から反射点を計算して、その位置座標と inline と crossline の番号を各トレースに付加した。座標情報付加後にノイズトレースなど処理に悪影響を及ぼすトレースを編集した。

これ以降のデータ処理（周波数フィルタの処理、デコンポリューション処理、ゴースト除去、ウェーブレット変換、共通反射点編集、振幅補償、速度解析と NMO 補正、共通反射点重合）については、2 次元と同じ処理をおこなっているため、ここでは割愛する。なお 3 次元処理の場合は、振幅補償と速度解析の間に Bin 編集（ビンニング）を実施する。

（iii）共通反射点編集(Bin 編集)

2D 記録上で処理を実施後、各トレースを各々共通反射点位置の Bin へ編集し直した。Bin 内に配置された反射点範囲(ソフトの表示の都合上全点ではない)を表示した図を図 3-3-25

（左）に Bin 内の重合数マップを図 3-3-25（右）に示した。重合数マップは赤を 24 重合以上、それ以外の色は 23 重合以下を示している。

（iv）その他

2 次元と同じ処理手法を用いて作成した 3 次元の速度断面図とそれを用いた重合時間断面を図 3-3-26 と図 3-3-27 に示す。

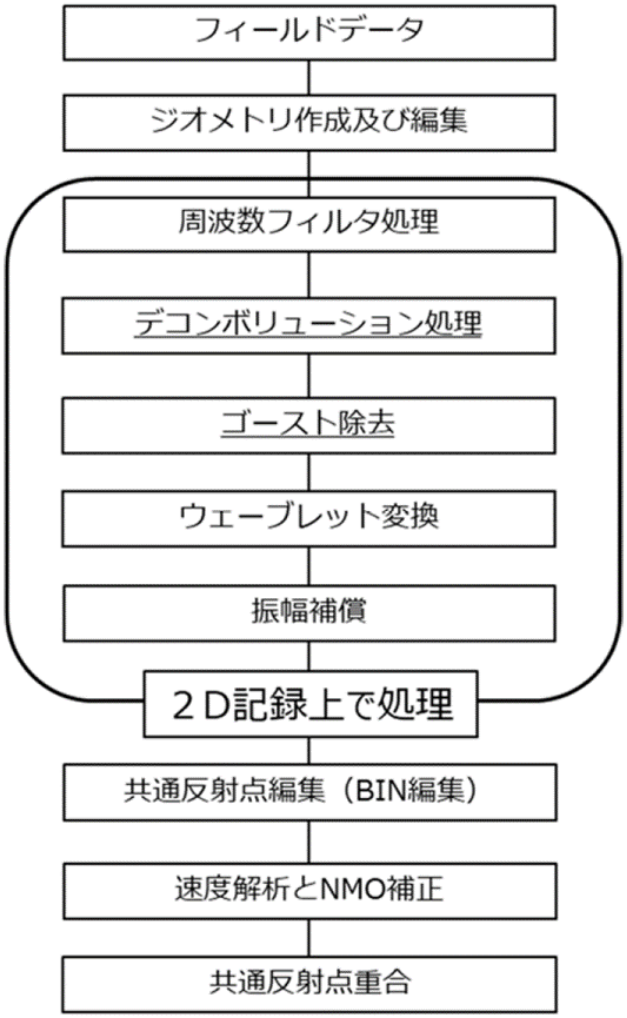


図 3-3- 22 データ処理フロー

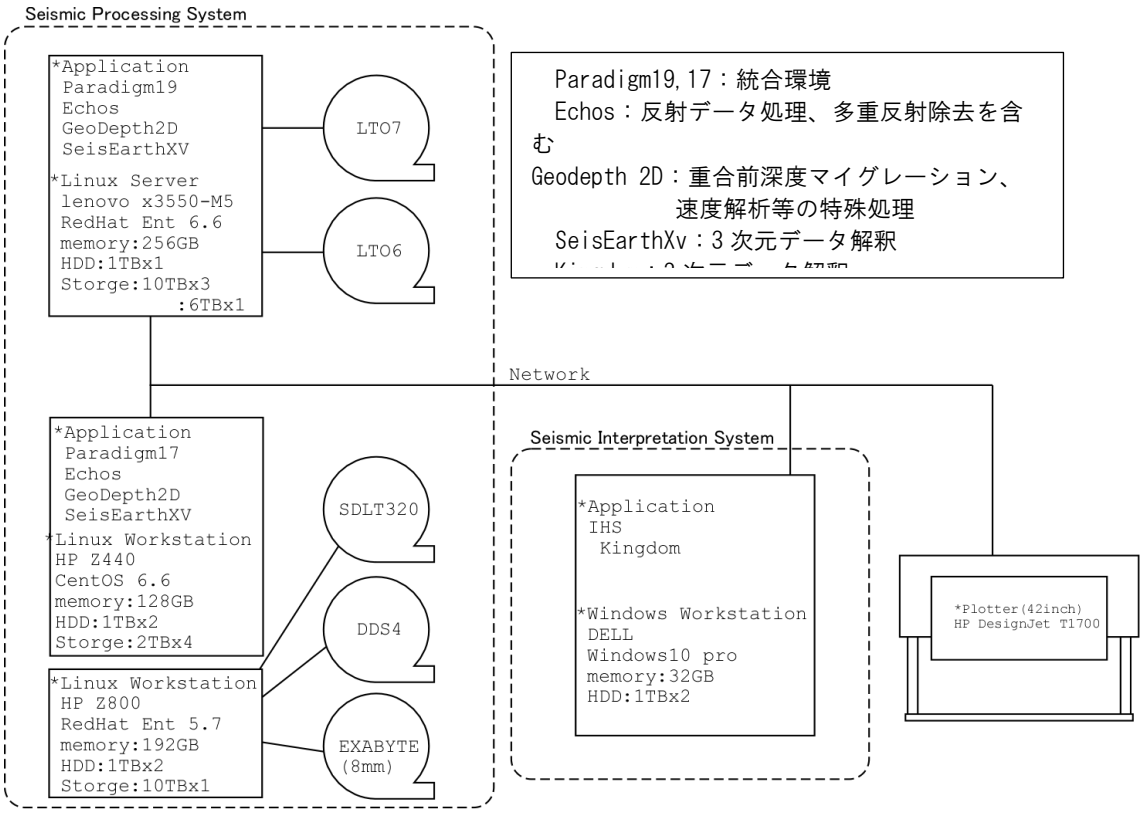


図 3-3- 23 データ処理システムの構成

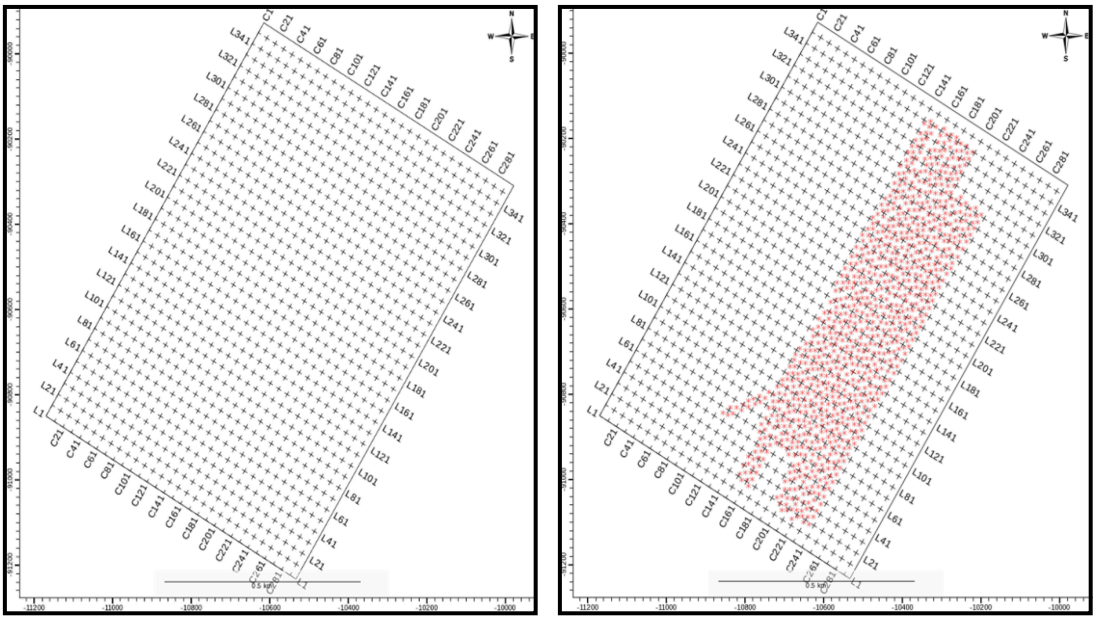


図 3-3- 24 作成した 3D Bin

（左）作成した Bin 区画　（右）発震一を表示した Bin 区間

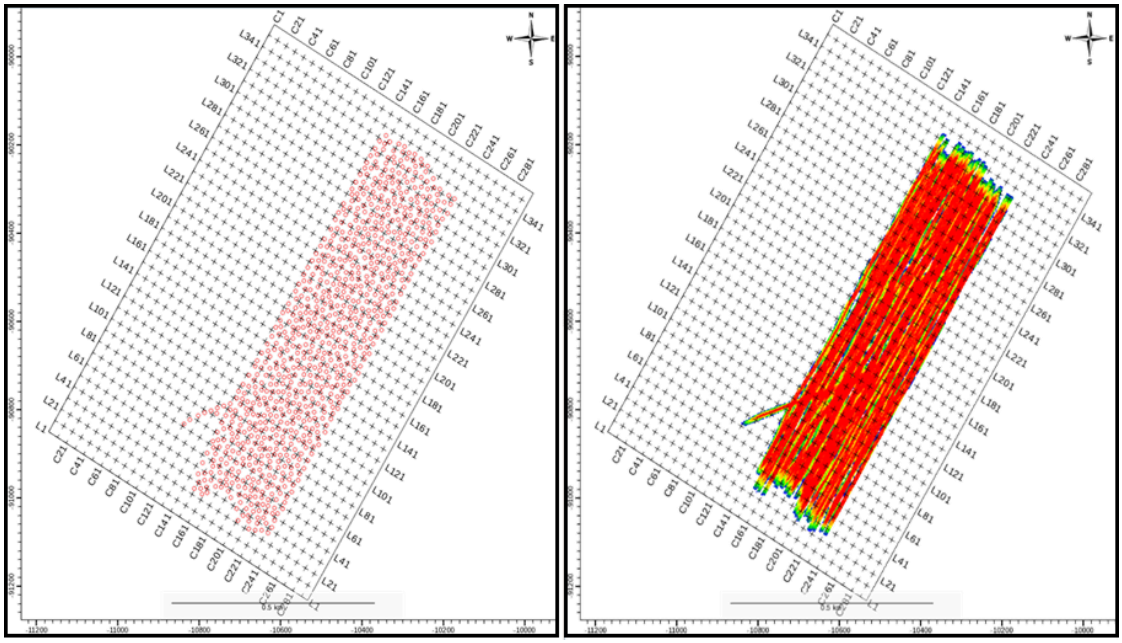


図 3-3- 25　Bin 編集結果

（左）Bin 上に配置した共通反射点　（右）各 Bin の重合数

（赤：24 重合以上、青：1 重合）

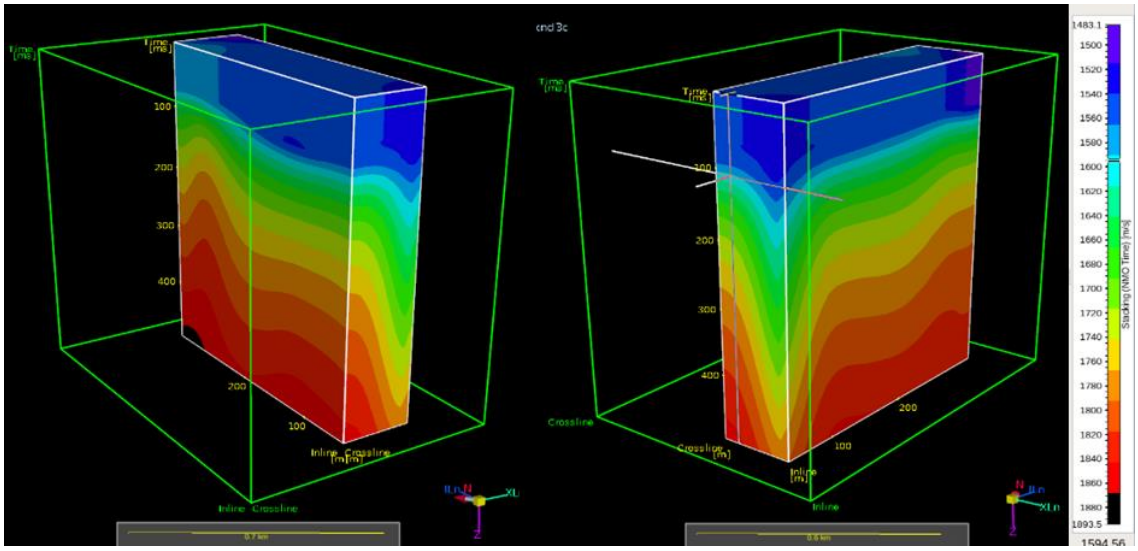


図 3-3- 26　3D 重合速度断面図

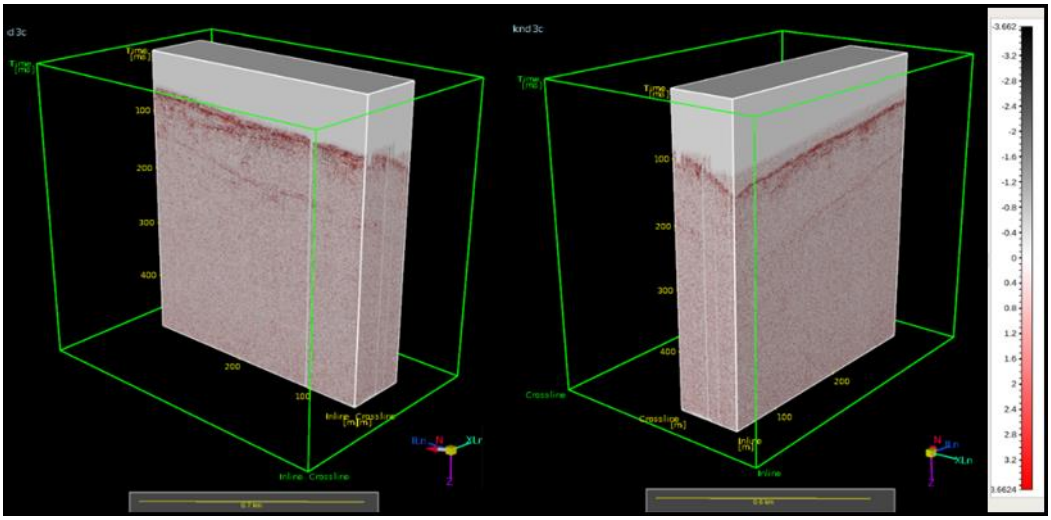


図 3-3- 27　重合処理結果（3D モデル）
（左）西側から見た状況、（右）左側から見た状況

(b)3 次元音波探査データの解釈と 3 次元地質構造図

上述した処理の結果に対して、3 次元データ解釈ソフト Kingdom（IHS Markit 社製）を用いて層序ならびに地質構造の解釈を実施した。図 3-3-28 に Inline と Crossline の方向を示した。解釈の際には Inline と Crossline の断面図上で不整合面を認定した(図 3-3-29)。三次元音波探査データを解釈する際には、Inline や Crossline の断面図に加えて、任意の方向での垂直断面図や、任意の時間（走時）における水平断面図（Time slice）を作成して、不整合面などの追跡する面を、三次元的に矛盾なく解釈することができる。Time slice の例として、0.085 秒で作成したものを図 3-3-30 に示した。これらの断面を使って三次元的に矛盾がないように各層序を決定した。海底面と比較的広範囲に追跡できた面Ⅱの分布図を図 3-3-31(a)、(b)にそれぞれ示す。

図 3-3-32 は分布図をもとに作成した海底面と面 II の鯨観図であり、図 3-3-34 は 3 次元地質解釈図である。

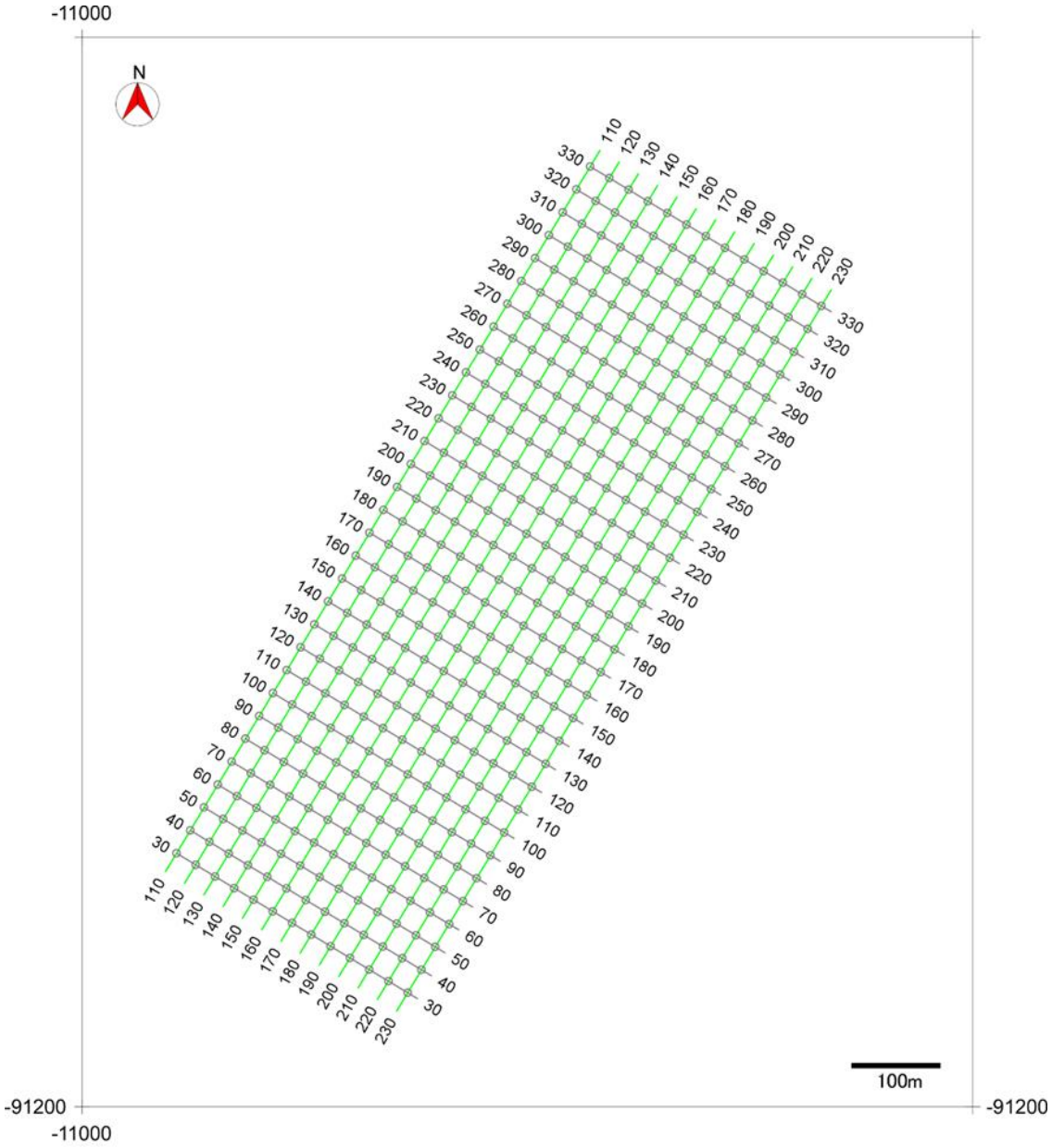


図 3-3- 28　Inline と Crossline の位置（ベースマップ）

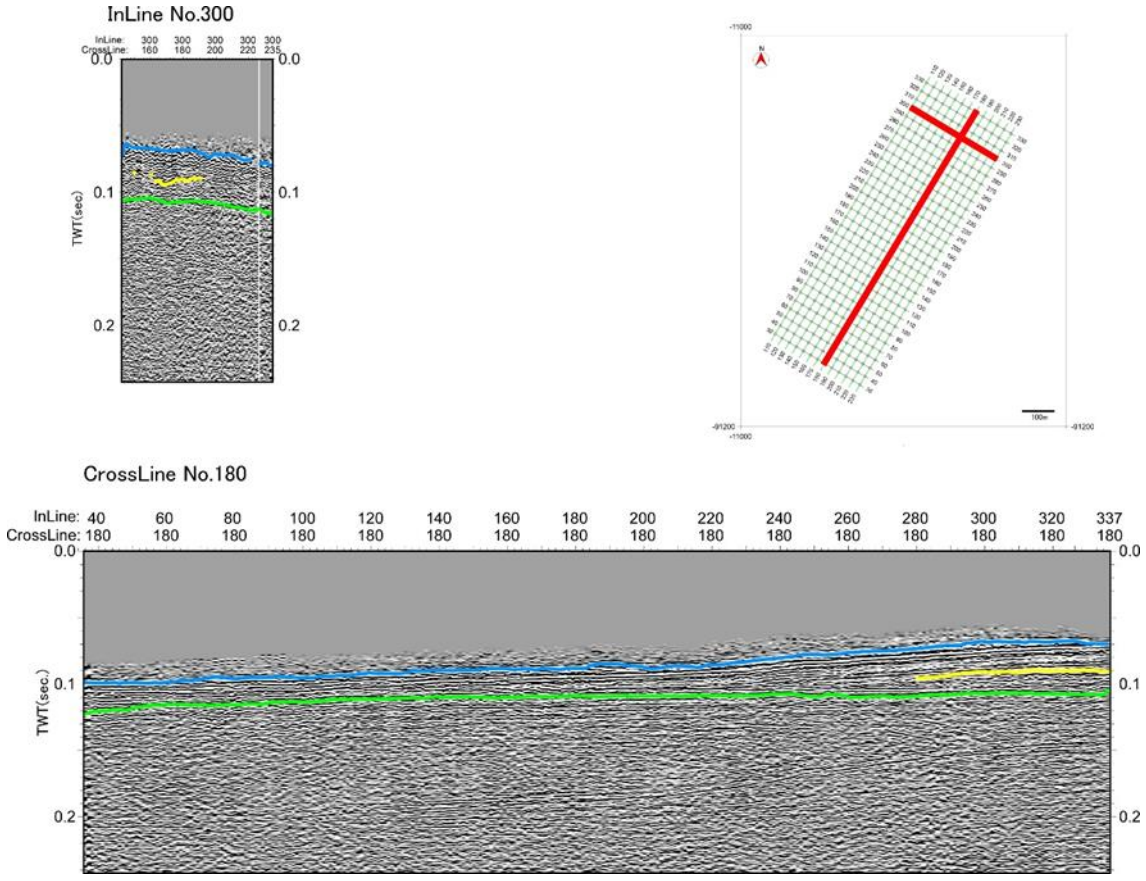


図 3-3- 29　3 次元音波探査データの解釈記録

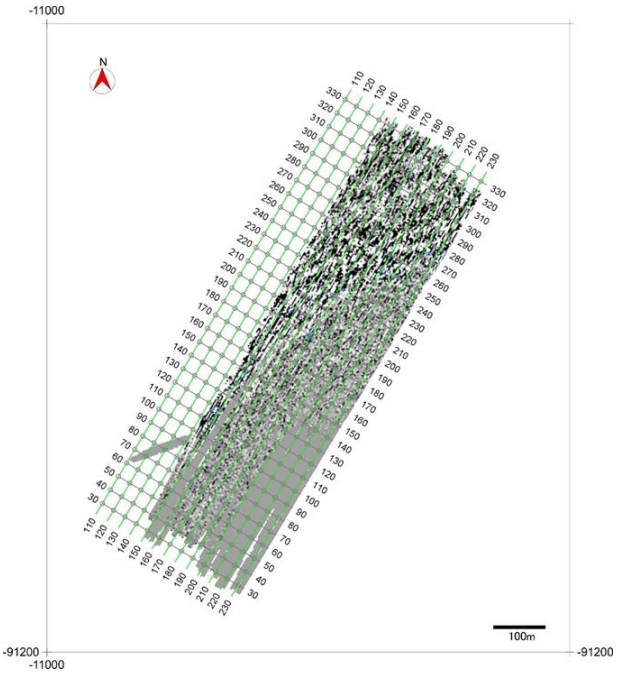


図 3-3- 30　Time Slice（T=0.085s）

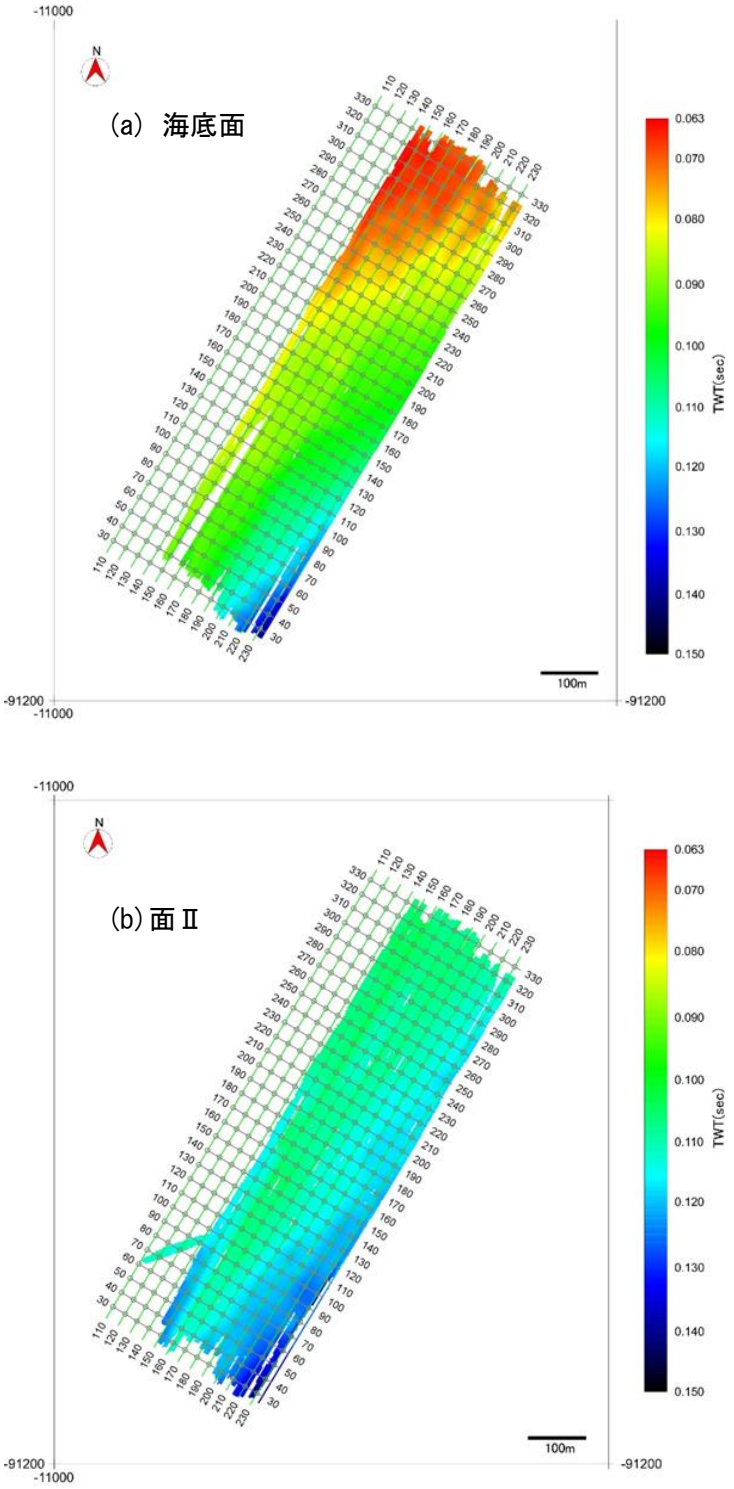


図 3-3- 31　解釈した不整合面の深度分布（a）海底面（b）面 II

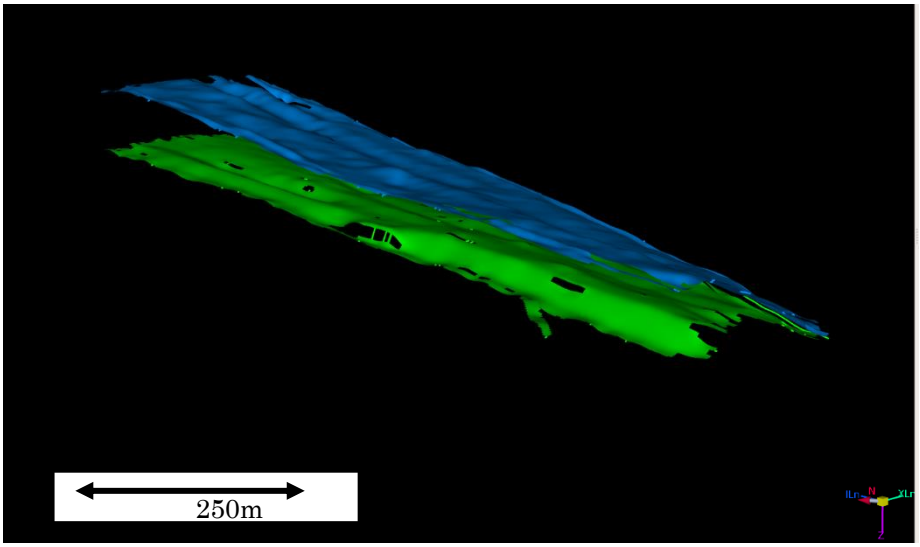


図 3-3- 32 海底面と面 II の鯨観図

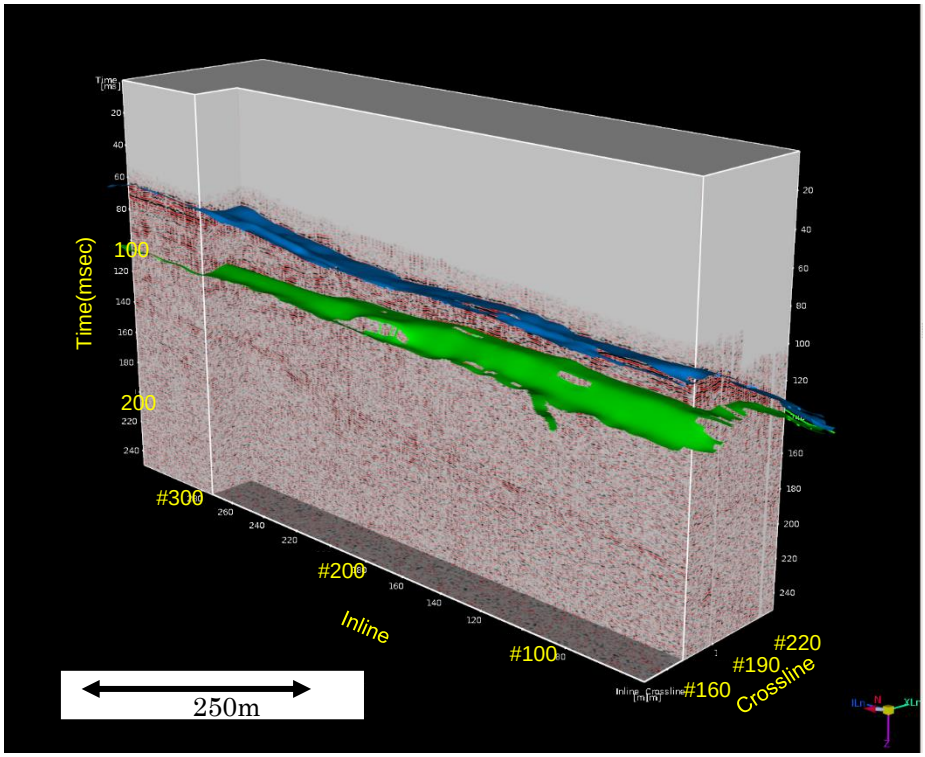


図 3-3- 33　3 次元地質構造解釈図
(表示区画は 220m x 820m、水平方向は Bin 番号、深度方向は時間軸)

③ 小型スピーカーを用いた浅海域における 2 次元探査

「はじめに」に記した通り、本研究では、海陸接合部における精密なデータ取得のため、水深 5～20 m 程度における浅海域を対象とした 3 次元音波探査手法の確立を目的としている。そこで本調査では、浅海域におけるマルチ振源探査手法の適用性を確認するため、図 3-3- 3 に示した水深 10 m 以下の海域において 2 次元探査を実施した。なお本海域では、浅海域に岩礁など障害物が多数確認されていることから、リスク回避の観点から 3 次元探査の実施は見送った。

(a) 発振器と受振器のオフセット距離の調整

浅海域では発振器（スピーカー）と受振器のオフセットが長いと直達波と反射波の走時差が小さく、直達波と反射波の分離が困難になる。本調査では、短い受信機（ストリーマーケーブル）を用意していなかったため、図 3-3- 34 に示すように、#4 のスピーカーを船尾からのオフセット距離 5 m の位置に設置することでオフセット距離を短くして記録の取得を行った。

データ処理前のニアトレースギャザー(スピーカー#4)を図 3-3- 35 に示す。本図において浅部に海底面の反射を確認することができる。データ処理後の反射断面図を図 3-3- 36 に示す。海底面とその多重反射は認められるが海底下浅部における地質構造を反映すると考えられる反射面の識別は困難であった。この問題については、水中スピーカーの音圧を大きくすること、発震器と受振器のオフセット距離を短くすることで対応可能と考えている。

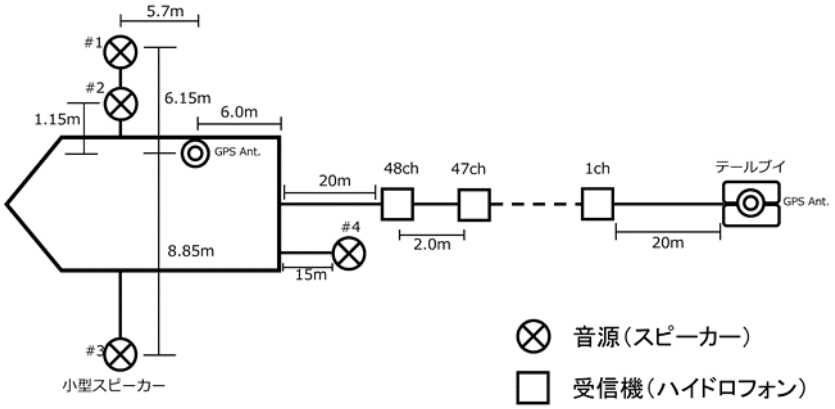


図 3-3- 34 オフセット距離を調整した浅海域仕様の発振器と受振器の配置図

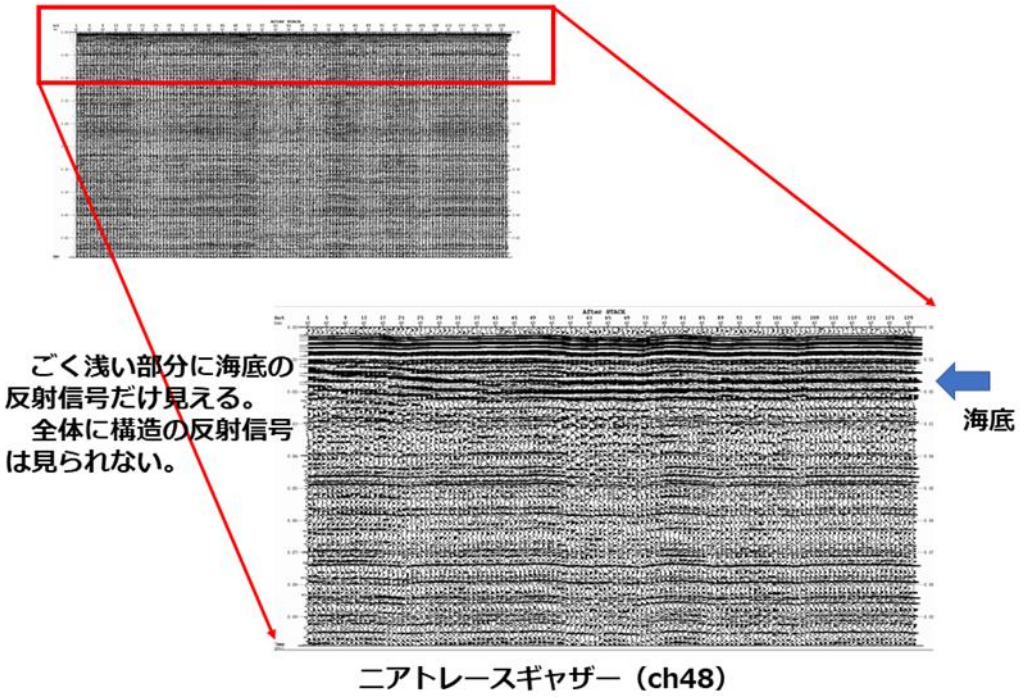


図 3-3- 35 スピーカー#4 のニアトレースギャザー

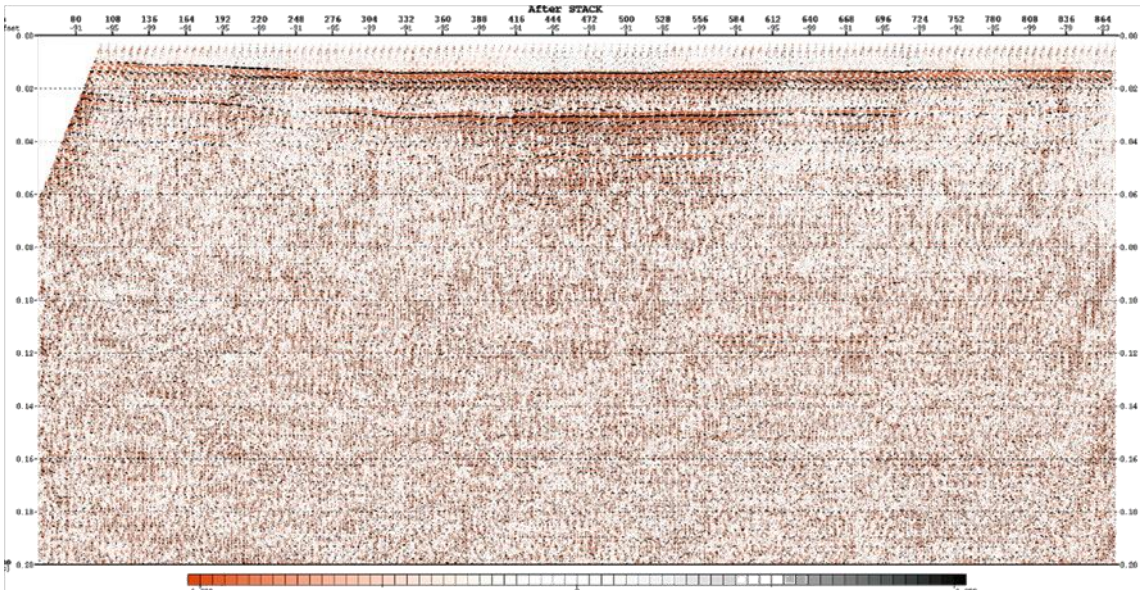


図 3-3- 36 スピーカー#4 の反射断面

④ 大型スピーカーの作成と検証

前述したように、本事業では深度 500m 程度を対象とした探査技術の確立を目的としているため、既存の小型スピーカーでは必要な音圧を得ることができない。そのため、出力を 10 倍程度大きくした大型スピーカーを作成した。大型スピーカーの仕様と外観図および周波数特性を表 3-3-1、図 3-3- 37 および図 3-3- 38 にそれぞれ示す。表 3-3-1 に示したように大型スピーカーの特徴は低周波数領域で音圧が大きいことで、小型スピーカーでは対応していない低周波数領域をカバーできる点である。一方で、大型スピーカーは小型スピーカーと比較して、周波数が高くなると音圧が低下するという問題がある（図 3-3-37)。また、大型スピーカーでは特定の周波数で共振の影響が出てしまうことがわかってきた。図 3-3- 39 は小型スピーカーと大型スピーカーのパワースペクトルを比較したものである。矢印で示す部分に発振周波数の半分の周波数域でピークがでている（共振している）ことがわかる。この共振は発震エネルギーロス、SN 比の低下など測定記録に影響を与えてしまっていることから、この共振の影響を除去するためには、共振を引き起こしている振動板と外部ケースなどの材質と構造の改良の必要があると判断される。

さらに、この共振の影響の除去についてデータ処理段階での除去について検討した。擬似ランダム波を用いてエネルギー増幅を行う際、通常は、受信波形とスピーカーへの入力信号の相関関数計算を行っているが、この相関計算に用いる入力信号をスピーカーの出力波形に変えることで修正することが可能か否かを検討した。このためには正確な出力特性を把握する必要があるため、海底からの反射波の影響がほとんどない水深 1000m の大水深海域で出力波形のデータ取得を行った。測定機器レイアウトを図 3-3- 40 に示す。水面近くに設置した大型スピーカー、小型スピーカーと垂直に設置したストリーマーケーブルを用いて送受信を行い、受信波形の重ね合わせにより船のエンジンや波浪のノイズを除去し正確な出力波形を取得した。この結果を図 3-3- 41 に示す。青線は入力信号、赤線は出力波形(重ね合わせ後の受信波形)である。両図を比較すると小型スピーカーの入力信号と出力波形は位相が揃っており、波形が反転する部分(↓で示す部分)も比較的一致していることがわかる。一方、大型スピーカーは入力信号と出力信号の位相がずれている部分があり、波形が反転する部分はあまり一致していないことがわかる。これらの出力波形をもとに相関関数計算を行い、入力信号との相関関数計算の結果と比較した。この結果を図 3-3-42 と図 3-3- 43 に示す。上段は入力信号と受信波形(30ch)の相関関数計算結果、下段は出力波形と受信波形(30ch)の相関関数計算結果である。小型スピーカーは、入力信号、出力波形ともに相関関数の計算結果が良く一致しているが、大型スピーカーは、到達波の前に波が現れるなど、入力信号と出力波形で計算結果がかなり異なっていることがわかる。また入力信号の計算結果においても小型スピーカーのようなシャープなピーク形状は得られておらず、共振の影響による波形の減衰が続いている。以上のことから、大型スピーカーの共振の影響をデータ処理段階で除去することは難しいことがわかった。

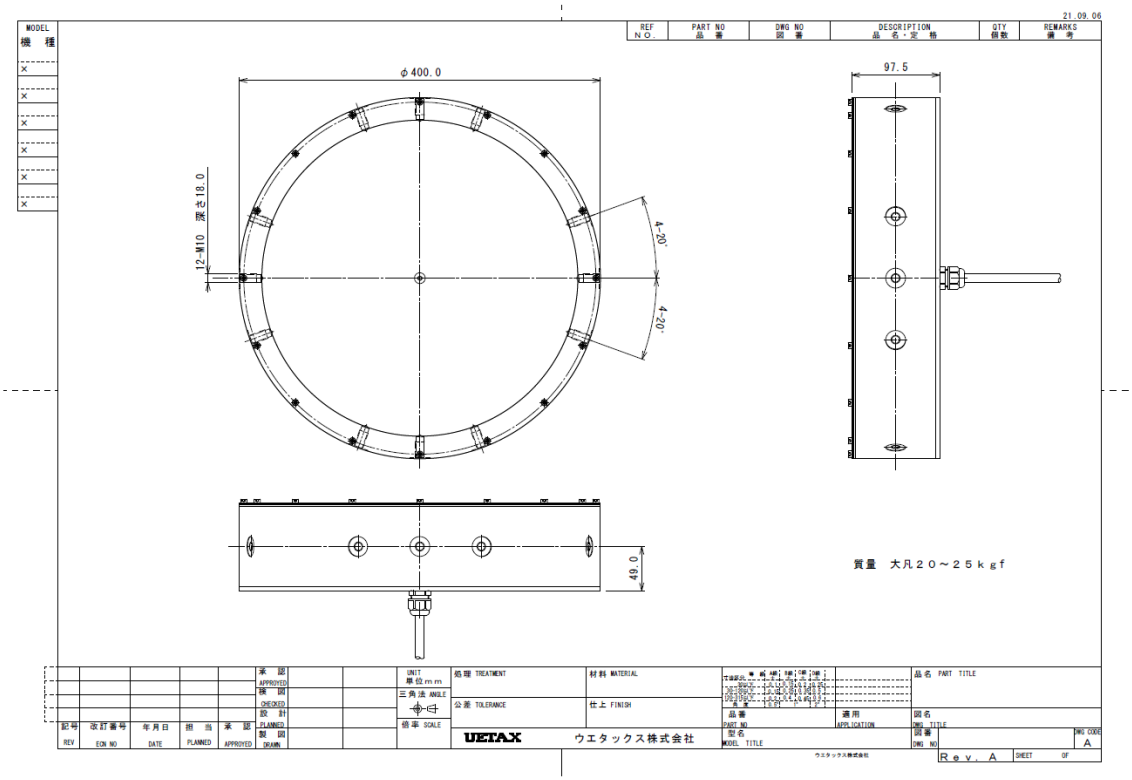


図 3-3- 37 大型スピーカーの外観図

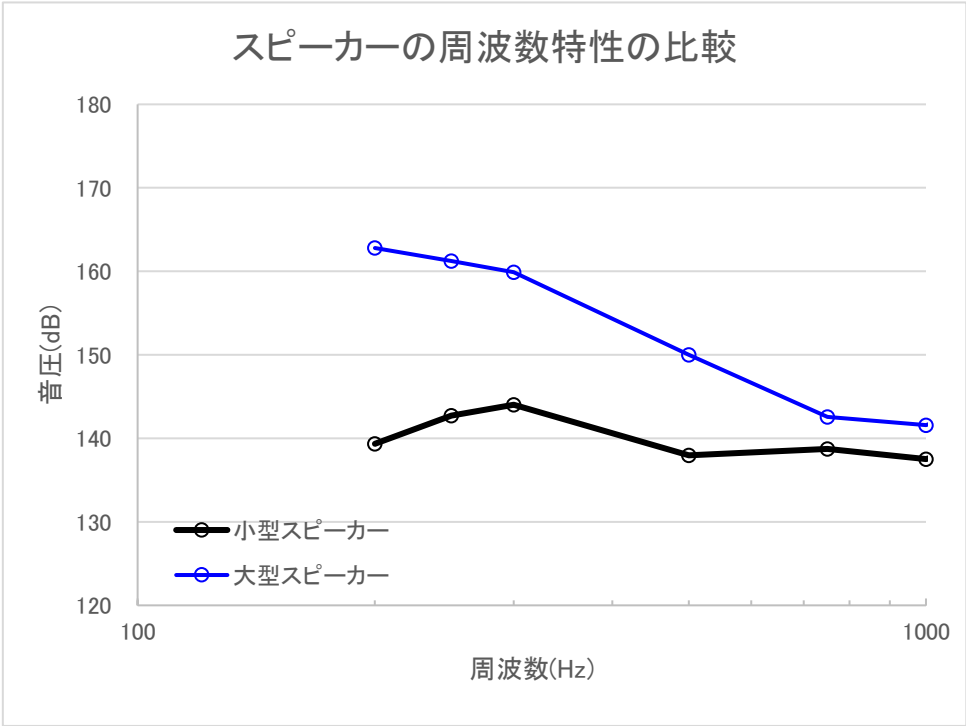


図 3-3- 38 大型スピーカーと小型スピーカーの周波数特性

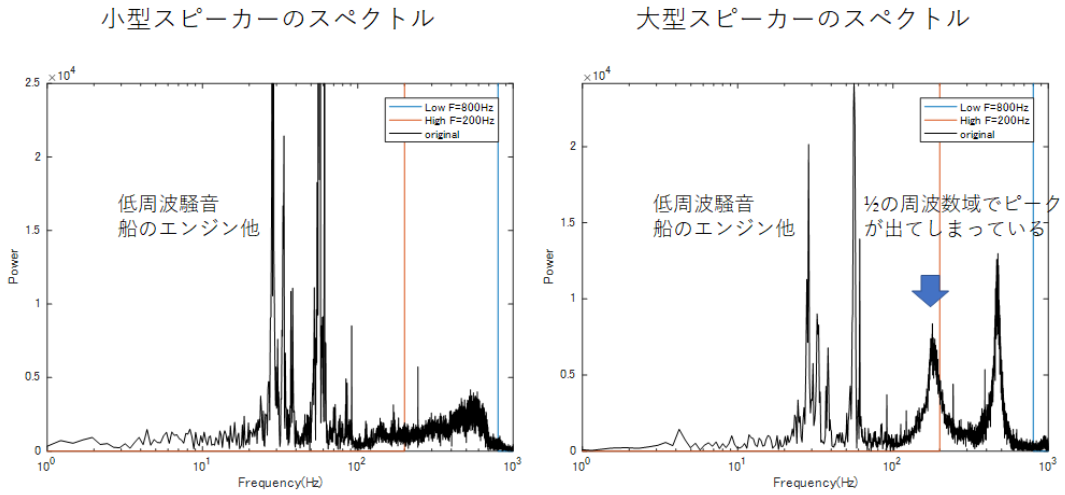


図 3-3- 39 大型スピーカーと小型スピーカーのパワースペクトルの比較

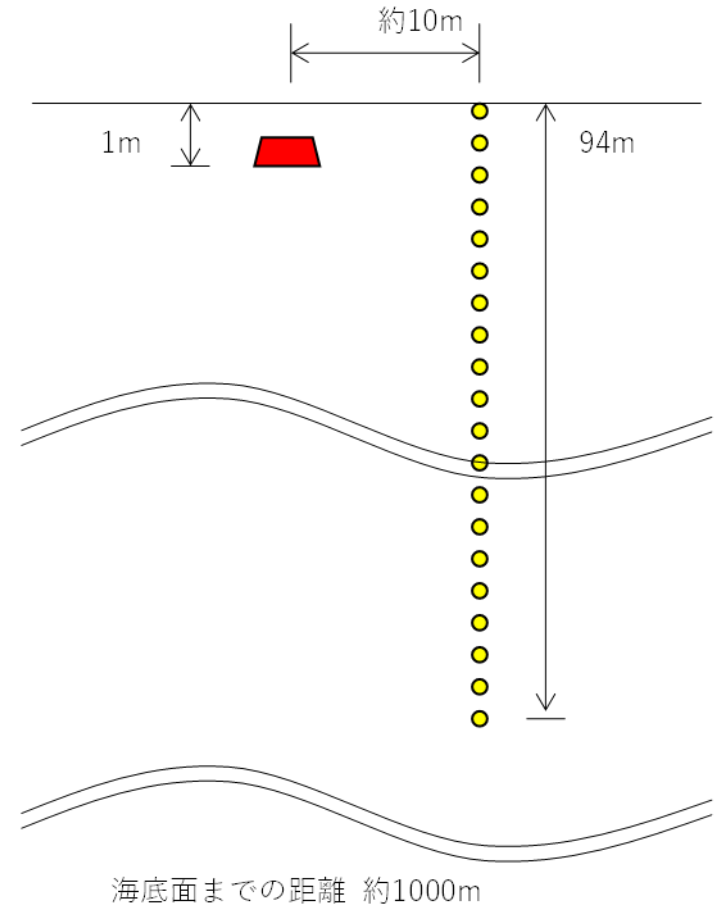


図 3-3- 40 出力波形の実測値測定のレイアウト

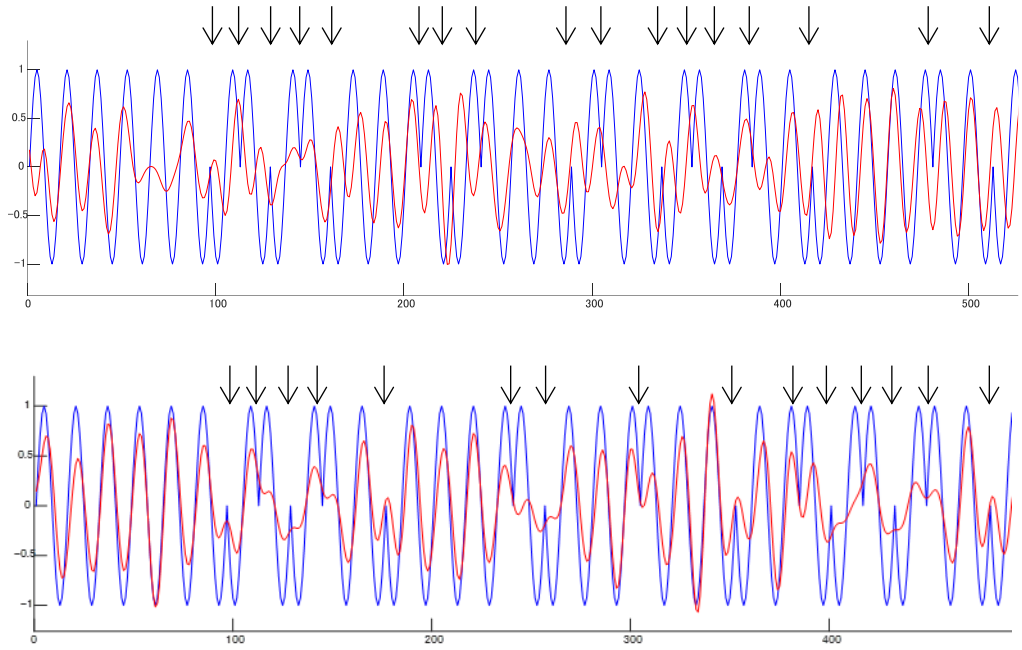


図 3-3- 41 入力信号(青実線)と出力波形(赤実線)の比較
上：大型スピーカーの結果、下：小型スピーカーの結果

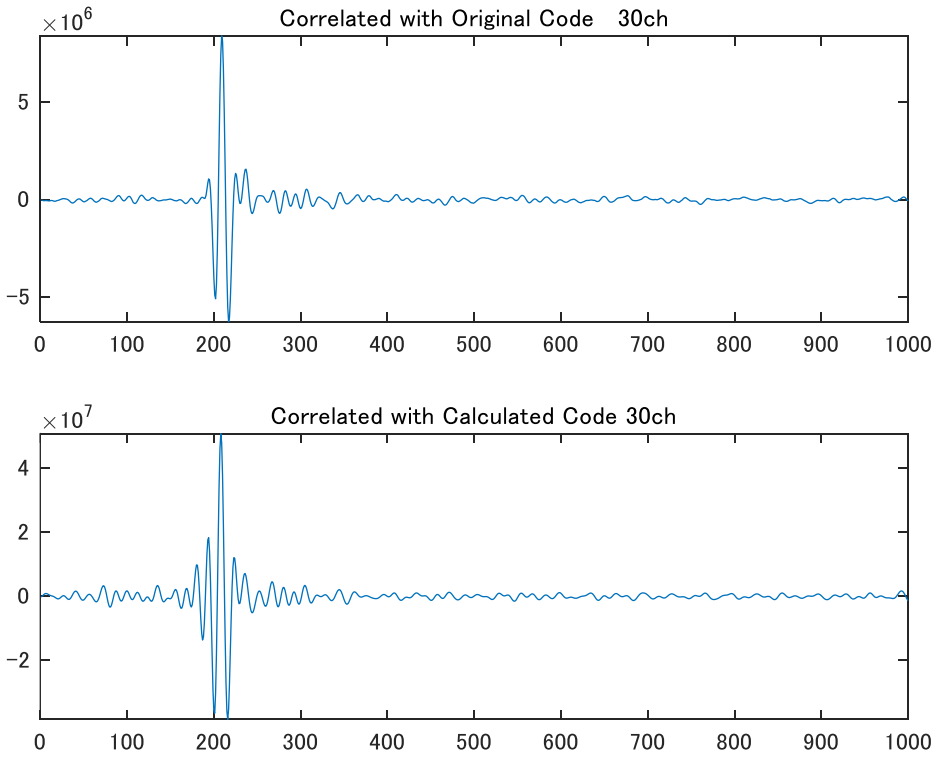


図 3-3- 42 小型スピーカーの相関関数の計算結果
上：入力信号と受信波形(30ch)の計算結果
下：出力波形と受信波形(30ch)の計算結果

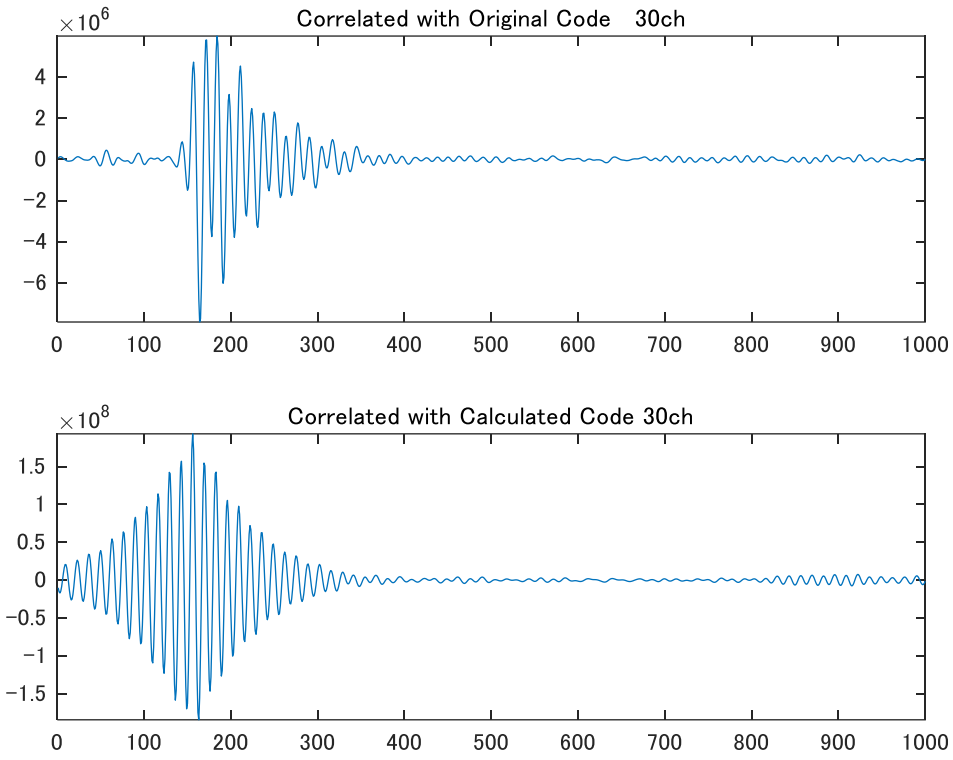


図 3-3- 43 小型スピーカーの相関関数の計算結果
上：入力信号と受信波形(30ch)の計算結果
下：出力波形と受信波形(30ch)の計算結果

⑤ まとめ

これまで技術的な制限によって、データの空白域となっていた水深 5～20 m 程度の浅海域において利用可能でかつ、地層処分事業に適応可能な曳航式の 3 次元音波探査の開発を目的として、マルチ振源 3 次元探査手法の高度化・検証を神奈川県横須賀市の金田湾を対象に実施した。その結果、以下のことが明らかとなった。

・小型スピーカーによる既存のシステムを用いたマルチ振源 3 次元探査は、ブーマーを使用した従来の曳航式音波探査と比較して、一部精度の課題は残るものの、代替手法となる得る可能性がある。
・測定精度は、受振器（ストリーマーケーブル）の水深の保持に大きく影響される。そのため、受信機の浮力調整ならびに、波浪状況が良い結果を得るためには重要である。
・大型スピーカーを実用化するためには、音圧と共振の問題をクリアする必要がある。
・より地下深部へ音波を到達させるためには、周波数の低減と信号長を長くすることが重要となるが、そのためには船速を落とす必要がある。一方で作業の効率化には、船速を上げることが重要である。これらの問題を解決するためには、海洋生態系に影響を与えない程度の高い音圧を安定して発震できる大型スピーカーの開発が必要である。

今年度の調査を通じて、本手法が従来の音波探査の代替手法となる可能性を示すことができた一方で、地層処分に適応できる手法とするための課題も明らかとなった。次年度以降は、これらの課題の克服にむけて高度化を進めていく。

引用文献

伊藤福夫，小林平八郎，千葉淳治，蜷川親治（1981）：海底音波探査技術（1），日本鉱業会誌，vol. 97，1126，pp.1301-1304.

経済産業省（2016）：沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会とりまとめ、P17

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/engan_kaiteika/pdf/report01_01.pdf（2022/3/12）

経済産業省（2017）：地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術 WG とりまとめ）

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/chiso_shobun/pdf/20170417001_1.pdf（2022/3/12）

森　宏，阿部信太朗，荒井良祐，田之口英史，津村紀子，青柳恭平（2015）；三浦半島断層群海域延長部における断層分布と活動性について．活断層・古地震研究報告，No.15，pp143-177.

産業技術総合研究所（2012）：海域地質環境調査技術高度化開発成果報告書、p181，https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11445532/www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2012/24-5.pdf（2022/3/12）

高梨 将，中村悠希，国司洋介，榊原淳一（2015）： 振幅変調を用いた任意波形の同時多重発震、物理探査学会要旨集

鶴 哲郎，朴 進午，三浦誠一，藤江剛，伊藤亜妃，金田義行，笠原順三，KR02-11 上船研究者（2003）：二船による反射法地震探査データの中間処置報告，物理探査学会第108 回学術講演会講演論文集, 9-10.

鶴 哲郎、朴進午，榊原淳一，高梨 将，辻 健（2017）：浅海域 3D 反射法地震探査のための多重発震振源の開発、応用地質学会要旨集

Tetsuro Tsuru , Kazuo Amakasu1, Jin-Oh Park, Junichi Sakakibara and Mamoru Takanashi (2019): A new seismic survey technology using underwater speaker detected a low-velocity zone near the seafloor: an implication of methane gas accumulation in Tokyo Bay, *Planets and Space*,

Tetsuro Tsuru, Jin-Oh Park, Kazuo Amakasu, Tetsuo, Kohsaku Arai, Takahiko Inoue, Seishiro Furuyama, Keiichi Uchida and Yasuyuki Nakamura (2020): Possible fluid discharge associated with faults observed by a high-resolution dense-2D seismic reflection survey in Uchiura Bay off Numazu, Japan, *Planets and Space* ,

３－４ 沿岸部の深部地下水流動評価を対象とした概要調査への反映

（１） はじめに

本章では、地層処分事業へのアウトプットを目的として、過去の沿岸部に関する研究開発事業も含めて得られた知見や成果に基づき、概要調査における沿岸部深部の地下水流動特性の評価にかかる手順や考え方について整理する。

なお、過年度事業も含め、沿岸部に関する研究開発事業は、沿岸部特有の地質環境特性の把握と理解に特化している。そのため沿岸部における概要調査の全体計画よりも、沿岸部の地質環境特性（具体的には、塩淡境界や化石海水など）を把握するための個別計画が主な反映先となる。また、内陸部における文献調査ならびに概要調査を対象とした地下水流動評価手法については、日本原子力研究開発機構・電力中央研究所（2020）において瑞浪を事例とした整理がなされているため、今回のとりまとめにあたっては、北海道幌延町沿岸部（浜里サイト）と静岡県富士市沿岸部（駿河湾サイト）によって得られた研究成果から沿岸域の深部地下水の状態を把握するための調査手法を整理する形で実施した。

（２） 調査サイトの位置づけ

上述したように、沿岸部事業では、既存研究も含めて平成 19 年度から現在（令和 4 年度）に至るまで 15 年にわたり、北海道幌延町沿岸部と静岡県富士市沿岸部で地質環境特性の把握に向けた調査を実施してきた。両者の水文地質学的な特徴と実施した調査項目について、表 3-4-1 にまとめた。

表 3-4-１　両サイトにおける水文地質特性と調査実施項目

	浜里サイト	駿河湾サイト
水文地質特性		
地形勾配（海底も含む）	緩やか	急峻
地質	第四紀層（砂や泥の未固結層）	第四紀層（礫や砂の未固結層）
地下水の流速	遅い	速い
調査実施項目		
地表調査（地下水調査）	○（サイト周辺のみ）	○（サイトを含む富士山全域）
流域の水文データの密度	疎	密
ボーリング	最大1200m（合計4本）	最大800m(合計4本：R4予定）
比抵抗探査（陸域）	○	✖
比抵抗探査（海域）	○	✖
反射法探査（陸域）	○	✖
反射法探査（海域）	○（浅海域のみ:R4予定）	○（浅海域を除く）
海底湧出地下水調査	✖	○
地下水流動解析	○	○

本表に示されるように、両地域は動水勾配や透水係数に大きな影響を与える地形や地質に大きな違いあることから、地下水流動的な観点から対極に位置していることがわかる。したがって、両地域を研究することで、沿岸部地下水の地域特性と一般性を把握できるとともに、概要調査にむけた内陸調査との連携を検討することができると考えた。また、両地域において実施した調査項目が異なる要因として、地形や地質などの自然環境的な要因だけでなく、その地域の人間活動が挙げられる。

本章では、実際に沿岸部における概要調査を実施する上で、なにが調査の制限となるのかについても 2 つの地域の事例をもとに整理する。

（3） 浜里サイトにおける調査事例

浜里サイトでは、平成 19 年度から 24 年度にかけて実施された地層処分に関する研究開発事業「沿岸部塩淡境界・断層評価技術高度化開発」において、おもに沿岸部における塩淡境界の形状と深部地下水流動系の把握、さらには物理探査とボーリングデータの組み合わせによる調査手法の有効性の確認を目的とした 3 本のボーリング調査と物理探査が実施された。また、詳細については後述するが、その際に得られた情報をもとに、350mの調査孔を平成 30 年度に掘削している。当該研究を実施した当時は、沿岸部における知見が十分でなかったため、網羅的に、複数の調査を実施したが、本文では、調査目的に合わせる形で実施項目を整理する。

① 塩淡境界の形状把握と深部地下水の性状を対象とした調査手順

塩淡境界は陸域からの淡水性地下水と海域からもらされる塩水が混じりあう遷移帯であり、沿岸部特有の地下水環境である。塩淡境界では上昇流が生じることから、深層から浅層への移行経路になるのではないかと考えられていたが、沿岸部研究が本格的にスタートした 2000 年頃は、その大きさや地下深部における形状などは明らかにされていなかった。現在では、数多くの知見から塩淡境界の規模は海岸線近郊の外浜スケールから大陸棚スケールまで存在することが推定されている（Bratton, 2010）

また、海底下において氷期降水を起源とする淡水性地下水が存在することは Edmonds（2001）によって概念図として描かれているが、その後の研究により、海底下における低塩分濃度の地下水は、世界中でその存在が報告されている（Post *et al.*, 2013）。一方で、ボーリング調査など、これら海底下の淡水性地下水に関する実証データは乏しく、海底下深部における塩淡境界の規模や深度、分布を決定する要因については明らかとなっていない。そのため本文では浜里サイトの研究成果をもとに、塩淡境界と海底下の深部地下水の性状を対象とした調査手順の整理を行う。

(a) 物理探査

(i) 比抵抗探査

塩淡境界の深度や分布を把握する上で、有効な手段としては、電気探査や電磁探査などの比抵抗探査が挙げられる。幌延サイトでは、平成 19 年度から 21 年度にかけて陸域の電磁探査（広域：MT 法、AMT 法、掘削地点：TEM 法）を実施した。海域については平成 19 年度から浅海域を対象とした海底電磁探査装置の開発を実施し、平成 21 年度の予備調査、22 年度に本格的な調査を実施した。調査で要求される探査深度（最低でも数 100m、理想としては数 km）を考えた場合、電気探査ではなく電磁探査が選択候補として上位となる。陸域のみ、海域（特に深海域）のみの電磁探査の調査事例は少なくないが、海陸を接合する形での調査が行われた事例は少ない。これは沿岸域における探査の困難さとして、浅海域における探査母船の運用の難しさ（中型以上の船舶の利用が難しく、搭載可能な探査装置の形状や重量が制限される）と海底での測定における海水揺動がノイズ源となることが主因となる。浜里サイトにおける「沿岸部」の特徴としては、第一に遠浅なかつ比較的平坦な海底地形が挙げられる。ここでは、このような条件下における海陸接合探査の実施について、概略を記す。

1）陸域調査

探査深度が数 100m～数 km かつ水平方向に数 km~数 10km の範囲での海陸接合比抵抗構造調査における陸域探査を考えた場合、電磁探査法の中で MT 法（地磁気地電流法）の利用がまず想定される。MT 法は送信器を用意する必要がなく、自然由来の電磁場を信号源として各測点で電場と磁場を数時間～数日間測定する。時系列データをフーリエ変換等で周波数領域データとし、Maxwell 方程式に基づいた逆解析を行い地下の比抵抗構造を推定する。地熱探査等を中心に発展してきた手法であるが、電磁探査の中ではほぼ唯一、地下数 km までの構造を調査可能となっており、かつ、２次元、3 次元解析が商用レベルで行われている手法であり、広域から中域の深部比抵抗構造を推定可能である。一方、自然信号を用いるため信号強度が弱い、また制御不可能という問題がある。一般的に太陽の黒点活動や磁気嵐などで地球を取り巻く電磁場活動が活発になる程 MT 法の信号強度も上がり、データ品質も向上するが、社会活動に伴う人工電磁ノイズ（送電線や鉄道など）の影響を抑え安定な信号を得るには測点で 1 週間程度の長期間のデータ取得が必要となることがある。調査全体では数十点の測点があることが多いため、調査・作業コストの上昇を招くリスクがある。自然信号源の問題を補うため、調査区域から数 km 以上離れた場所に電線を長さ 1~3km 程度で直線上（多くは河川沿いや道路沿いに）展開設置して信号源として利用する CSMT（人工信号源 MT、Controlled Source MT）法の利用も考えらえる。自然信号のみで調査できる MT 法の利点は失われるが、送信信号を制御して探査効率を上げることが可能となる。近年は MT 法の測定・解析技術の向上によりデータ品質や解析結果の品質が改善しているため MT 法のみが実施されることも多い。

一方、調査区域の地下数 100m 以浅のより詳細な比抵抗情報（すなわち地表から深度 2~300m 程度の地下水、断層構造など）を知りたい場合には、陸上での人工信号源電磁探

査(CSEM、 Controlled Source EM)法や高周波数の自然信号を用いた AMT（Audio frequency MT）法、そしてヘリコプター等の航空機を利用した空中電磁探査の利用が考えらえる。空中電磁探査は広範囲を効率よく探査できるが調査費用が高く、飛行のための法的手続きなどの準備期間も必要であるため、陸上 CSEM 法探査の利用が有力な候補となる。CSEM 法には地下数mまでの探査に特化した小型軽量な装置から、地下数 100mまで調査可能な時間領域電磁探査（TDEM、Time Domain Electromagnetic）法（あるいは別の呼称として過渡応答電磁（TEM、Transient EM）法など多くの種類がある。一辺 50~100m程度の正方形ループを地表に展開し、その中心などの磁場センサーを設置して過渡応答を測定・解析する TEM 法は、探査効率とデータの安定性から地表から地下 2～300m 程度の比抵抗構造の推定に広く用いられ、本調査でも重要な選択肢となる。ただし、MT 法と異なり 2、 3 次元解析は未だ研究途上であり、1 次元解析が主流である。送信ループと受信センサーがほぼ同じ場所であるため、受信点直下の比抵抗構造を反映しやすく 1 次元解析やそれを複数点で行い疑似 2 次元、 3 次元比抵抗断面図を解析結果とする方法が広く用いられる。幌延サイトでも浜里地区で 100 点以上の測定を行い、地表から 150m程度までについて、MT 法の浅部構造解析結果や浜里地区でのボーリング結果（電気検層）と比較し、調和的な結果を得ている。

以上が深部及び浅部の比抵抗構造を陸域で調査するための電磁気的探査手法とその概要である。いずれの手法でも、電磁探査法は人工電磁ノイズ（発電所、送電線、工場、民家、畜産・酪農の電気柵など）や金属物（フェンスや地下埋設配管など）の影響を受けやすいため、そのような場所を可能な限り避ける必要がある。加えて、地形が送信・受信電磁場に影響を与えるがそれを完全に考慮した解析手法は未だ存在しない。一方で、地下深部ほど地表の影響は低減されるため、既存の解析手法でも比抵抗構造の推定は可能である。

2）海域調査

海陸接合での比抵抗探査を実施する場合、(1)で述べたような陸域の探査は測定手法自体については既に確立されたものを用いることが可能である。一方、海域においても、深海域（およそ水深 300m 以深）については、地球科学調査や海底石油ガス探鉱で開発・利用されている自己浮上型の海底電磁場受信器（Ocean Bottom ElectroMagnetometer、OBEM）と自然信号源あるいは人工信号源を用いた探査手法が存在する。前者は海洋 MT（Marine MT、MMT）法、後者は海洋人工信号源電磁探査（Marine Controlled Source Electromagnetic、 MCSEM)法と呼ばれている。しかしながら海陸接合探査を考えた場合、沿岸浅海域における電磁探査手法はこれまでほとんど存在していなかった。これは、沿岸海側での調査需要が高くなかったことに加えて、浅海域では波浪の影響により、海底に着底させた電磁場受信器が揺動してデータ品質が悪化することが主因である。加えて、水深が極浅い沿岸域では中型～大型の探査船が航行できず、搭載できる受信器の大きさや

重量が制限される。このようなデータ品質や運用上の課題を踏まえて、過年度事業では、自然信号を利用する浅海用の新たな受信器を開発した（Ueda *et al.*, 2014）。この新しい受信器は深海用受信器が備える自己浮上用のガラス球を用いないことで低床化を行い、波浪揺動の影響を大きく低減させている。また、深海用は電極ダイポールを 10m とするものが多いが、小型船への搭載を考慮し 5m とした）ただし、一般にはダイポール長が大きい方が安定した電位測定が可能である）。以上の改変により、水深 5m 程度の浅海域でも航行可能な小型船（漁船）での探査実施を可能とした。具体的な探査の適用条件としては、陸域 MT 法同様、人工電磁ノイズが挙げられるが、海上・海中ではそれらの影響よりも海面の波浪による海底での装置揺動の方が大きな影響を受ける。特に、水深 10m まではその影響が強く、陸域に近い極浅海域では可能な限り長時間の測定を行うことが望ましい。一方、沖合で水深が 50m を超えると波浪揺動は低減しデータ品質は向上する。ただし、前述のように新たな浅海用受信器は自己浮上が不可能なため、アンカーと共に自由落下させて測定を終えた後、探査船のウィンチなどを用いて手法で巻き上げて回収を行う必要があり、水深が深いほどこの作業に時間を要することになる（水深 100m で数十分程度）。また、適用可能な海域としては、できるだけ海底は平坦で起伏がないことが望ましく、さらに、岩礁よりは砂地の方が安定した着底・測定が可能となる。漁業との兼ね合いを考えた場合、この探査手法は自然信号を用いるため、海中に新たな電磁場を発生させることはないことから（受信器の動作回路などは除く）、海中・海底に生息する生物に対して本装置や探査・データ取得自体が影響を与えることはほぼないと言える。しかしながら、海底を利用する種類の漁業活動（定置網やタコつぼ漁）が行われていた場合は、探査装置周辺においては、探査期間中の漁の制限や、漁業装置の一時回収等を依頼する必要がある。それ以外にも、探査海域を所掌する漁業組合やその隣接漁業組合、広域の漁業組合に対しても事前に十分な説明を行い、許可・了承を得ておく必要がある。また海上保安庁への連絡など、許認可手続きについては不備なく実施することが必須である。

探査データの解析については、データが取得された後は基本的に陸域の MT 法データと同様の処理・解析を行うことが可能である。陸域データと統合し海陸接合データとすれば、これを一括して逆解析することで海陸接合の地下構造を推定できる。陸域・海域で海岸線（汀線）に垂直方向に測点を複数設置して測線を設定することで 2 次元探査・解析が可能となる。さらに、面的（可能であれば格子状）に測点を展開設置し、それらのデータを解析することで 3 次元探査が実現できるが、探査コストの増加に加え、解析も難しいため、まずは 2 次元探査（測線状となる測点の設定）が重要である。

（ii）反射法地震探査

塩淡境界深度や分布が地質によって規定されるかどうかを検証するためには、地下の地質構造を把握する必要がある。広域の地下構造の概要を把握するために有効な手段が反射法地震探査である。

反射法地震探査は、石油ガス探鉱の主力手法として、陸域・海域で数多くの調査が行われてきた。地震波（弾性波）を波動現象として扱い、地中の弾性波速度構造の違いによる反射現象を利用する。地層境界と弾性波速度境界は必ずしも一致しないが、弾性波速度は地中の密度と強い関係があり、反射境界は地下構造そのものをよく捉えるため、背斜・褶曲構造や断層を推定することが可能となる。電磁探査同様、測点（地震計）を測線状に配置して、信号源（一般的には陸域は起振車やダイナマイト、海域はエアガン（圧縮空気））を移動させることで多数の反射応答を受信する。陸域においては、山間部などを除いては既存の道路を測線として利用することが多い。それらに対して重合処理などを行い2次元の反射境界構造断面を推定する。測点を面的（格子状）に展開すれば3次元探査が可能となるが、陸域では前述のように道路を利用することが多いため、面的（格子状）の測点・測線を確保することは難しいことが多い。一方、海域では地震計を多数搭載したケーブルを曳航することで比較的容易に2次元探査が可能であり、かつ、ケーブルを並行に複数本同時曳航することで3次元探査・解析も可能である。ただし、海域の反射法地震探査自体が非常に高額な手法であり、3次元探査はさらに高コストな手法である。得られる地下構造の情報量は多いが、探査費用とのバランスを考えて手法を選定する必要がある。標準的な探査仕様では地下1~2km程度までの弾性波速度境界構造が推定できる。この情報と電磁探査の比抵抗情報を合わせることでより詳しい地下構造の推測が可能となる。

なお、浅海沿岸域における反射法地震探査については、電磁探査同様、探査船の曳航・運用が課題であり、小型船舶でも実施可能な手法が求められる。本事業では、今年度より浅海域に特化した3次元の反射法音波探査手法の高度化に取り組んでおり（3-3章を参照）、これにより、海陸連続の地質構造データを取得するための調査手法の体系化を目指す。

（b）ボーリング掘削

上述した物理探査（電磁探査や反射法地震探査）の結果の検証に有効な手段がボーリング調査である。浜里サイトではDD-1孔からDD-4孔まで4本の調査孔を掘削した。それぞれの深度は、1200m、100m、160m、350mである。浜里サイトは海岸線から300m陸側に入った砂丘上に位置している。そのため、地盤は非常に軟弱である。地層処分場で想定されているオールコアボーリングでは、より多くの地質環境特性にかかる情報を得る必要があることから、とくに軟弱な沖積層を中心に異なる掘削手法を用いた。100mと160mの観測井については、泡ボーリングを用い（武田ほか、2006）、160m以深ではワイヤーライン工法を用いた（越谷ほか、2012）。当該地域に限って言えば、礫混じりの砂層が卓越する更別層の下面（深度485m）までは普通工法を用いた方が、より高いコア採取率を得ることが可能であると判断されるが、工期等の問題から、当該事業では、ワイヤーライン工法を用いた。両手法において掘削水のトレーサー管理を実施し、コア間隙水の抽出や揚水の際には、泥水侵入による影響をできる限り排除した。

浜里サイトにおいて実施した1200mの大深度ボーリングでは、2～10m間隔でコア間隙水を抽出し、詳細な水質（電気伝導度や無期溶存イオン成分など）と水素・酸素安定同位体比のプロファイルを作成した。Cl濃度のプロファイルと比抵抗分布図を比較することで、観測された比抵抗値の違いが地下水の塩分濃度の違いを表すことが明らかとなった。また間隙水中のCl濃度や水素・酸素安定同位体比の鉛直プロファイルに見られる屈曲点が大局的には、地層境界と一致していることがわかった（Ikawa *et al.*、 2014）。浜里サイトでは、第四紀堆積物である勇知層以深から淡水と塩水との拡散場が形成されており、地層境界が水理的境界の一因となることが証明された。一方で、反射法から推定された地層境界とコア観察等による地層境界区分とは深度が大きくなるほど明確な一致は見られなかった。

（c）採水

本ボーリング調査では、パーフォレーションにより1200mの観測孔において7深度（214m、306m、476m、613m、715m、943m、1143m）での採水を実施した。本採水は主に水理試験による帯水層特性の把握とともに、地下水年代測定を目的としている。本採水によって得られた地下水年代を上述した間隙水の鉛直プロファイルの結果に反映し、さらに比抵抗分布の結果と組み合わせることで、現降水、現海水、氷期降水、化石海水の地下分布が明らかとなり、それをもとに、当該地域における水文地質学的プロセスを加味した地下水流動解析が可能となった。また上述したように、当該地域では更別層と勇知層の境界付近でCl濃度は上昇しており、またBr/Cl比からこれ以深に化石海水の存在が推定されることから、移流場の下限を把握する目的で深度350mのシングルスクリーンの調査孔（DD-4）を設置し、帯水層特性の詳細な評価を実施した。

なお、1200m孔においては上記のパーフォレーション後に地下水の自噴が見られたことから、調査終了後、管頭に蓋をする形で井戸を管理した。掘削の数年後に沿岸部処分システム高度化開発において、再び同じ深度で採水を実施したところ、対象深度の地下水の水質は、掘削直後に実施した採水結果とは異なる値であることが認められた。その水質の状況から、高い水圧を有する深層から浅層の穿孔部に地下水が移動してしまったことが、2回目の採水時の値が異なる結果の原因であることが明らかになった。

②浜里サイトにおける課題

浜里サイトにおける研究開発により、浅海域の電磁探査手法の開発に成功することができた。その結果、海陸連続の比抵抗分布データを取得することができ、動水勾配が小さい沈降域では、海底下に淡水性地下水が存在することが推定され、またその涵養プロセスについても仮説を立てることができた。一方で、沿岸部のような軟弱地盤において陸域からのボーリング調査による海底下の淡水生地下水の実証に向けたアプローチは、現在の掘削技術では十分に対応できず、さらなる技術開発が必要となっている（3-1章（1）②を参

照)。また浅海域における地質構造把握のための反射法音波探査についても（3-3 章)、引き続き高度化を図っていく必要がある。

（４） 駿河湾サイトにおける調査事例

駿河湾サイトでは、塩淡境界の形状把握と海底湧出地下水を含む深部地下水流動評価を目的とした調査を実施した。海底湧出地下水については平成 25 年度に開始された地層処分研究事業「海域地質環境調査確証技術開発」から本事業に至るまで継続的に駿河湾の富士川河口域から田子の浦までを対象とした調査を実施している。各事業の中で実施した調査項目や高度化研究の概要については、3-2 章の（6）において紹介されているためここでは省略し、調査手順を中心に整理を行う。

①海底湧出地下水の実態把握を対象とした調査手順

駿河湾サイトでは、後背地に富士山を有しており、Ono *et al.* (2019) によると駿河湾サイト近辺を流れる深部地下水の涵養標高は 2,000m を超えるものもある。また、国内外における火山島や沿岸部の火山地域において海底湧出地下水の存在が報告されていることから、動水勾配も大きく、大規模な地下水流動系の存在が確認されている当該地域においても海底湧出地下水の存在が強く推測された。また、3-2 章の（４）で示されている通り、既存研究においては、非常に局所的な海底湧出地下水の関しては実測にもとづく定量的な評価がなされているものの、流域単位での広範囲の湧出量については、定量評価はなされていなかった。海底湧出地下水については、地下水の出口として、地下水流動評価に対し大きな影響を持つとともに、漁業を中心とした地域の経済活動とも密接に関係すると考えられ、また海洋生態系に対しても大きな影響力をもつことから、地層処分事業における安全評価、とりわけ生活圏評価において非常に大きなインパクトを持つ。また海底湧出地下水がパスとなることで、深部の地下水流動を緩やかなものとしている可能性もある。したがって、地層処分事業における地域住民における理解を促進する上でも非常に重要である。

（a）海底湧出地下水調査

（i）広域を対象とした海底湧出地下水調査

3-4（6）に書かれている通り、海域では地表踏査のような細かい調査は実施できないため、広域から局所的な範囲まで合理的に調査を進めていく必要がある。代表的な広域調査として曳航式の海中ラドン濃度測定とマルチビーム測深やサイドスキャンソナー等の音波探査である。海中ラドン濃度測定は、^{222}Rn が岩石由来であり、地下水にはほとんど含まれないという特性を活かした調査である。これにより、海中に陸域起源の地下水が湧出している範囲を絞り込むことが可能となる。一方で、本手法は海底面ではなく、海面から 1m 程度の海水のラドン濃度を測定しているため、ラドンが検出された位置が、そのまま

対象地域の海底の湧出口の位置とは限らないことである。そのため、マルチビーム測深により海底地形を把握し、かつサイドスキャンソナー探査による音波の散乱域の情報を組み合わせることで、海底湧出地下水が存在する可能性がある地点の深度や地形的特徴を把握することが可能となる。駿河湾サイトにおいては、曳航式ラドン調査により、富士川から田子の浦にかかる地域において強いシグナルが確認され、またマルチビーム測深測量とサイドスキャンソナー探査により、水深 100～160m 付近の崖や谷部に音波の散乱域があることが確認された。

（ii）局所域を対象とした海底湧出地下水調査

広域調査により、海底湧出地下水の調査範囲を推定した後は、水中ドローンと呼ばれる無人潜水機（ROV）を用いた調査へと移行する。ROV に水中カメラを搭載し、目視により海底湧出地下水の存在を確認するとともに、GPS やトランスポンダにより、その位置を確認する。水中カメラにより、海底湧出地下水の存在を確認した後は、ROV と高感度音響カメラを用いた測線調査を実施する。本調査技術については、本事業において高度化を実施しているところであるが、これまでの成果から音響映像から海底湧出地点を測線上にて連続で観測することが可能であることがわかっている。また撮影された湧出地下水のプリュームの大きさから湧出量を推定する方法も検討が進んでおり、測線上での湧出量の定量化についても可能となっている。現在は、統計的な処理を用いていることで測線間の地下水湧出量を推定し、流域の出口全体での湧出量の定量化についての検討を進めているところである。

一方でこのような音響カメラを用いた調査手法では、先述した浜里サイトにおける電磁探査による比抵抗分布と同じで、湧出水そのものの水質を把握することはできないため、湧出水の起源や流動系に関する実態を把握することはできない。そのため、ROV と採水器を用いた採水作業も同時に必要となる。本事業においては、湧出口が水深 100～160m 付近にあり、ダイバーの潜水作業可能な水深よりも深いことから、従来のニスキン採水器を用いた採水手法では湧出口周辺の塩水の引き込みによるサンプルのコンタミを防ぎきれなかった。そのため、チャンバーとシリンダーを組み合わせた独自の採水器を開発し、現時点では塩分濃度が海水の 7.9%程度の非常に品質の高い淡水型の海底湧出地下水の採取に成功した。これにより、陸域地下水との連続性について、今後、議論が進むことが予想される。

②塩淡境界の形状把握および塩淡境界より下位の塩水を対象とした調査手順

（a）ボーリング孔掘削

駿河湾サイトでは平成 26 年度から２７年度にかけて 2 本の調査孔を富士川の右岸と左岸に、それぞれ 350m（SKB 孔）と 160m（FGB 孔）を掘削した。SKB 孔は海岸線から 50m 内陸の砂浜で、FGB 孔は海岸線から 300m 内陸の造成地（富士市クリーンセンタ

ーききょう内）で掘削を実施した。両地点はともに富士川の扇状地堆積物を中心とした砂礫層が卓越していることから、単一孔でのコアリングと地下水採取の両立は難しいと判断し、あらかじめ地質を把握するための予備孔を掘削した。予備孔から得られた地質情報にもとづき地下水調査孔における採水区間を決定した。なお海岸に掘削した SKB 孔については、土地を管理する国土交通省から台風時における高波による危険を回避するため、掘削道具や資材の一時撤去が求められたため、可動式の櫓を用いた掘削を行った。また調査孔の年度をまたいでの調査孔の設置が認められなかったことから、調査孔は掘削終了後に埋め戻す必要があったため、採水を含む水理試験は、パーフォレーションではなく、掘削しながら該当深度で随時実施した。FGB 孔については、深度 150mの溶岩直下の地下水の流動を把握するめに 155～160m の間にスクリーンを設けた観測井として仕上げ、その後、パッカーを用いた水理試験を実施した。

（b）採水

SKB 孔では 10 深度で採水を行い、無期溶存イオン濃度に加えて、酸素・水素安定同位体比や ^{14}C や希ガス（ヘリウム）を用いた地下水年代測定を実施した。その結果、SKB 孔では、深度 120m 付近で地下水の水質は淡水から塩水へと変化し、150~160m 付近で完全な塩水となった。また、地下水年代については、塩淡境界を挟んで上下で逆転する現象が確認された。すなわち、塩淡境界より上位の淡水域では、深度に伴い地下水年代は古くなるのに対し、塩淡境界より下位では、地下水年代は深度にともなって新しくなる傾向が確認された。これは浜里サイトで見られた現象とは逆の現象であり、この結果の意味については現在、検討を進めている。最終的に SKB 孔では浜里サイトのような古海水の存在は確認されなかった。

（c）流向流速測定

本事業では上述した SKB 孔や FGB 孔における観測結果をもとに、令和 2 年度から、新たに掘削した FGB-2 孔（深度 800m 次年度予定）と令和 4 年度に掘削予定の FGB-3 孔（深度 120m 予定）において流向流速計を用いた塩淡境界付近における地下水の流向流速測定を実施する。今年度の FGB-2 孔における実測結果については、3-1（1）の(vii)を参照されたい。塩淡境界より下位の塩水地下水の流動を把握することは、地下水流動が活発な地域での塩水の挙動を予測する上で重要である。

② 駿河湾サイトにおける課題

当該サイトでは、海岸線の直近まで民家や工場などが存在するため、浜里サイトで実施したような陸域から海域にかけての物理探査を実施することができなかった。一般的に沿岸部は人間活動の場であることから実際の地層処分事業においても物理探査の実施には制限がかかることが予想される。このような地域では、陸域と海域の断片的なデータから接

合部における地下水を含む地質環境特性を推定する必要がある。今後は、陸域のボーリング調査と海域の海底湧水調査の結果、ならびに数値解析を組み合わせて、どのように不確実性を減らしていくかを検討していく必要がある。

（まとめ）

現時点で海域調査と陸域調査での到達段階は異なっている。陸域においては人為的な調査の制限がない限り、地質構造の把握（反射法)、塩淡境界の形状把握（比抵抗)、拡散場の把握（コア間隙水)、地下水年代の把握（多層からの揚水）など、瑞浪などで用いられてきた技術の適用が可能である。沿岸部では陸域と海底下での塩水と淡水の区分が重要であるが、それには比抵抗探査結果は有効であり、本手法は浜里サイトにおけるボーリング調査（コア採取、物理検層）によって実証された。このような物理探査とボーリングを組み合わせた手法は、原理的にはあらゆる沿岸部で有効と考えられる。ただし、海底電磁探査によって得られた結果から海底下の存在することが予想される淡水性地下水についてはボーリング調査による検証はなされていない。

浜里サイトと駿河湾サイトでは、淡水から塩水までの分布に関して特徴的な傾向が得られた。浜里サイトのように動水勾配が小さい地域では、地表から深層に向かって、一般に流動性地下水、氷期降水、拡散場、塩水地下水という分布を示すと推定される。一方で、駿河湾サイトのように動水勾配が大きい地域では流動性の淡水地下水の直下に塩淡境界が存在し、その下位に塩水が続く。

ただし、陸域においてすら、塩淡境界や塩水地下水の動きははっきりしない。浜里サイトでは深度 1000m 以深の塩水領域の地下水の年代は 100 万年以上とほとんど動いていないと考えられることから、多少なりとも動きが期待できる深度 100m の淡水地下水の挙動に関してプッシュプル法による長期実験で流速の定量化を試み、地下水は 0.1m/y のオーダーで移動していることが実証された。この理由で、地下水流動が活発な駿河湾においても流向流速測定をおこなったが、塩淡境界は塩水領域を含む 10^{-7}m/s 以下の領域ではあまりにも動きが遅く現時点では定量できていない。そもそも塩淡境界下の塩水が動いているのかどうか（ひいては海底下の塩水が動いているか)、そして地下水年代との整合性に関してはさらなる検討が必要になろう。また、現時点では塩淡境界の情報は点での調査に限られてきたために、三次元的な把握が必要であり、今後はある程度、水平方向に広がりをもった調査エリアにて実態把握を行うことが必要である。

海域調査に関しては、駿河湾サイトを調査地域とし、曳航調査、サイドスキャン、ROV、採水といった技術の適用および高度化を通じて、現時点までで考えられる調査方法の体系化をおこなった。ターゲットとしたのは大規模海底湧出地下水である。駿河湾以外でのその実態は不明であるが、我が国の多くの地域で、海底湧出地下水の存在が報告されていることから海域調査における重要な調査項目となりえる可能性がある。少なくとも沿

岸部の背後に大きな動水勾配を有する地域では、海底に張り出す淡水地下水は海水の水圧に抗して海底に湧水を発生させる可能性が大きい。

今日までに、海底湧出地下水の調査結果を、地下水流動解析と組み合わせる段階に近づいてきたところである。これを進めるとともに、異なる地域においても海底湧出地下水の実態把握を行うか、あるいは駿河湾にてより詳細な調査を行うなどし、海底湧出地下水が存在する原因について考察を深めていくことで、より汎用性のある結果とすることが可能となる。

引用文献

Bratton (2010): The Three Scales of Submarine Groundwater Flow and Discharge across Passive Continental Margins, The Journal of Geology, Vol 118, (5) pp565-575.

Edmunds, W. M., Hinsby, K., Marlin, C., Condesso, De Melo, M. T., Manzano, M., Vaikmae, R., and Travi, Y. (2001): Evolution of groundwater systems at the European coastline. In Edmunds, W. M. & Milne, C. J. (eds) Paleowaters in Coastal Europe: evolution of groundwater since the late Pleistocene, Geological Society , London, Special Publication, 189, 289-311.

Ikawa R., I. Machida, M. Koshigai, S. Nishizaki, and A. Marui (2014): Coastal aquifer system in late Pleistocene　to Holocene deposits at Horonobe in Hakkaido, Japan. Hydrogeology Journal, Vol.22(5) pp987-1002.

越谷 賢、吉岡正光、北村昭博、丸井敦尚（2012）：ワイヤーライン工法による軟岩コア採取技術の高度化、応用地質、53 巻、2 号、pp80-88.

日本原子力研究開発機構・電力中央研究所（2020）：岩盤中地下水流動評価技術高度化開発　報告書、pp104-121.
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2020/2fy_ganban.pdf（2022/3/12）

Ono M,, I. Machida, R. Ikawa, T. Kamitani, K. Oyama, Y. Muranaka, A. Ito, and A. Marui (2019): Regional groundwater flow system in a stratovolcano adjacent to a coastal area: a case study of Mt. Fuji and Suruga Bay, Japan. Hydrogeology Journal., Vol. 27, pp717-730.

Post, V.E.A, J. Groen, H. Kool, M. Person, S. Ge, and W.M. Edmuns (2013): Offshore fresh groundwater as a global phenomenon. Nature, vol. 504 (7476), pp71-78.

武田伸二、小宮国盛、竹内一郎（2006）：気泡式ボーリングから高品質コア採取システムへ、土と基礎（地盤工学会）、54 巻、4 号、pp16-18.

Ueda T., Y. Mitsuhata, T. Uchida, A. Marui, and K. Ohsawa (2014): A new marine magnetotelluric measurement system in a shallow-water environment for hydrogeological study, Journal of Applied Geophysics, Vol.100, pp23-31.

第４章　沿岸海底下特有の地質環境に着目した
工学技術の高度化

４－１ セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充

（１） はじめに

① 背景及び目的

沿岸部の処分場における、セメント系材料で構成される坑道の支保及び覆工に関する、地下水の影響を踏まえた状態変遷などのイメージを図 4-1-１に示す。処分場で使用されるセメント系材料としては、吹付けコンクリート、セグメント及び覆工コンクリート（以下、支保コンクリートなど）が想定される。これらの支保コンクリートなどは、回収可能性を維持する期間が終了するまで空洞安定性を確保するために必要な強度が無ければならない。一方で、これらの支保コンクリートなどは、岩盤側から接触する地下水の影響により化学的に変質し、変質部分の強度が低下する可能性がある。そのため、あらかじめ工法の選択、支保工コンクリートなどの厚さを設定など、支保工及び覆工の設計において、化学変質の影響、とりわけ強度の低下の影響を盛り込む必要がある。

そのような設計を可能とするためには、我が国の沿岸域での多様な地下水の水質に対応して、化学変質の影響とその大きさを予め予測できるよう、支保コンクリートなどに用いられるセメント系材料の変質機構（メカニズム）や変質の影響を見積もるためのデータの蓄積と、現象モデルの構築、並びにそれらを再現可能な数値解析手法の整備が必要である。

そこで本業務では、支保コンクリートなどの設計に向けた空洞安定性評価に資する情報として、地下水成分の特徴によりセメント系材料にどのような変質が起きるか、また、強度が低下するのはどのような変質が起きた場合かの知見の取得と整理に取り組む。地下水によるセメント系材料の変質現象の把握及び二次鉱物が生成した変質部の力学特性の変化に関する知見の取得に取り組み、どのような場合にセメント系材料の強度が低下するかを整理する。その上で、処分場の候補地が絞られた際に、そのサイトの地下水による化学変質及びそれに伴う強度変化域の進展予測をするための解析手法の検討にも取り組む。これらの検討結果から、強度低下を引き起こす化学変質が起きた領域は保守的に強度を見込まないとする形で、空洞安定性評価を実施することが可能と考える。また、将来的に変質により変化した力学特性の情報を空洞安定性評価に反映できるよう、解析によるコンクリート強度の予測の可能性を検討する。

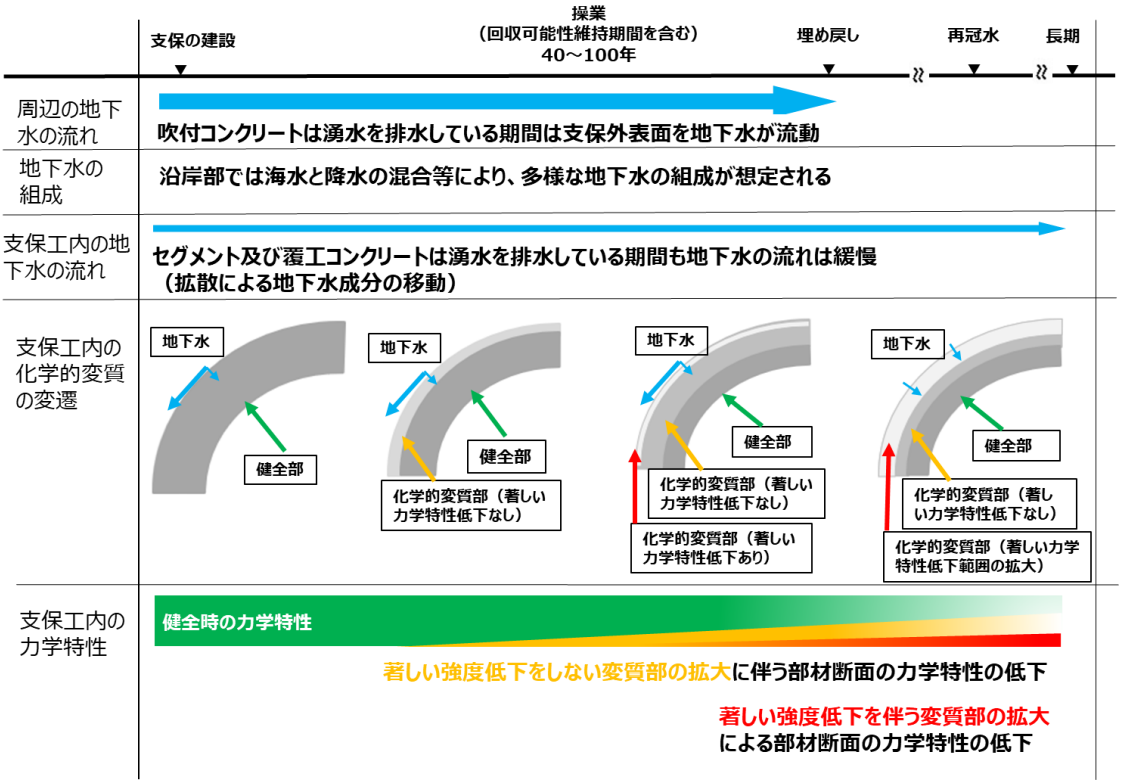


図 4-1- 1 坑道の支保工及び覆工の状態変遷と維持期間のイメージ

② 課題と実施概要

平成 30 年度までに、陸域からの地下水の海水への混合を想定し、希釈した人工海水にセメントペースト試料を浸漬し、化学変質挙動及び力学的特性に関するデータを取得して知見を整理してきた。その結果、セメントペースト試料の接液面の固相外側に $Mg(OH)_2$ 及び $CaCO_3$ といった二次鉱物が生成し、内部の化学変質を抑制する現象が認められた。塩水化学組成により、試料表面や空隙内に生成する二次鉱物の種類や量などの化学変質挙動が異なり、それにより力学的特性の変化が異なる可能性が示唆された。これまでに、同じ溶液に浸漬した試料においても、接液面の二次鉱物が成長しひび割れが発生した例と、目視上、成長が見られずひび割れが発生しない例とが混在しているケースがあった（産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所, 2017; 2018; 2019）。また、海洋環境下に浸漬されたコンクリートについて、接液面に二次鉱物が生成している試料と生成していない試料の両方が存在している報告例(Jakobsen, et al., 2016)があり、セメント系材料の外側に生成する二次鉱物の生成条件や生成後の挙動は明確ではない。

沿岸部の地下水は様々な化学組成が存在する（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2018）。しかし、淡水と塩水の混合や水－岩石反応により、海水及び希釈された海水の組成比から外れた地下水におけるセメント系材料の化学変質のデータは少ない。沿岸部の地下水の化学組成を整理し、生成する二次鉱物を把握し、その影響を整理する必要がある。

試験に使用するセメントの種類は、OPC（普通ポルトランドセメント）、BFSC（高炉セメント）及び FAC（フライアッシュセメント）とする。塩水環境におけるトンネル工事で OPC と BFSC の使用実績が多いこと、既往の検討結果（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2017; 2018; 2019）より、BFSC と FAC では、化学変質挙動は比較的同様な傾向を示すと考えられることを踏まえて試験水準の計画に当たっては BFSC を優先して選択した。

また、これまで主に変質現象が生じるセメントペーストでの試験データが多く取得され、実際に使用が想定されるモルタル及びコンクリートでのデータが少ないため、それらの変質に伴う力学的特性の挙動の把握が必要である。また、セメントに急結剤を添加した吹付けコンクリートや、蒸気養生などで硬化を促進した工場製品であるセグメントは、それぞれ、化学変質などに関するデータが少ない。

加えて、処分場の成立性評価の試行（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2019）において、水理解析結果を用いて試験結果と合わせて評価を行ったが、セメント系材料への水の接触について、解析と試験条件の整合にも課題があり、現実的条件（セメント系材料と地下水の接触条件など）をふまえてデータを取得していくことも必要である。

本フェーズの検討課題と研究のアプローチ及び成果の目標を図 4-1- 2 に示す。本図の(I)(4-1（５）セメント系材料の化学変質に伴う力学的強度に関する検討)では、沿岸部の処分場を想定した地下水条件で、セメントペーストの試料の接液面への二次鉱物生成状況を確認し、化学変質と力学特性値の変化に関するデータを体系的に整理する。本図の(Ⅱ)（4-1（６）現実的条件及び材料におけるセメント系材料の力学特性の評価手法に関する検討）では、実環境における地下水流動を考慮した条件において、処分場での使用が想定されるコンクリート試料の化学変質挙動及び変質の進展について評価するとともに、変質に伴う力学的特性の変化を把握する。本図の(Ⅲ)では、(Ⅰ)及び(Ⅱ)で得られた結果を基に解析による変質予測及び強度予測手法を整備する。強度推定手法の検討では、地下水や材料の種類に応じた強度推定手法の構築を目的とし、相平衡計算と物質移行計算を連成させた相平衡多元素移動計算コード（Hosokawa et al., 2011）を使用して、地下水とセメント系材料の相互作用による鉱物相変化の計算を行う。計算されたセメント系材料の変質域に対して、実験により確認された鉱物相の変質に伴う力学的特性変化を反映させることで、力学的特性が変化した領域の進展を予測する手法を検討する。

以上の検討により、本フェーズでは、試験データによる地下水組成とセメント系材料の化学変質挙動と力学特性の関連に関する体系的な情報を整理し、現象を定性的に把握する。地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例を図 4-1- 3 及び図 4-1- 4 に示す。試験データ整理結果に基づいて、体系的、定性的な示し方は検討していく。加えて、化学的な変質と力学特性に関する解析的な予測手法の整備を目標として実施する。

本フェーズの年度展開を表 4-1- 2 に示す。令和 3 年度は、(Ⅰ)のセメントペーストバルク試料の詳細試験と簡易試験を、（Ⅱ）の令和 2 年度に開始したコンクリート試料の浸漬試験及びフロースルー試験などを継続し、それぞれ試料を分析して地下水成分とセメント硬化体の変質挙動の関係について確認した。同時に試料のセメントペースト変質部の力学的特性の変化をビッカース硬度で測定し、化学的変質現象と機械特性の関係について整理し、最終（令和 5）年度の取りまとめ方法について検討を行う。加えて、沿岸部から採取した実地下水を使用した（Ⅰ）のセメントペースト及び（Ⅱ）のコンクリートの浸漬試験などを開始した。

(Ⅲ)では、令和 3 年度から解析コードを使用して沿岸部における多様な地下水の浸透によるコンクリート内部の変質と変質の進展、それに伴う強度変化域の進展の予測手法の開発を目的とした検討を実施した。令和 3 年度は実験で確認された二次鉱物生成などの変質現象を解析で再現する手法を検討した。

③ 分野間連携

令和 3 年度より、分野間連携の一環として、3-1 節「陸域から海域にかけての地質環境特性の把握」において令和 3 年度採水した FGB-2 ボーリング孔の実地下水（表 4-1- 1 に

示す）を使用し、室内試験で取得したデータの検証や実際の地下水でのデータの拡充のため、(5)②詳細浸漬試験、(6)②フロースルー試験及び③浸漬試験を開始した。また、実際の地下水は、人工海水及び人工海水を希釈した模擬地下水と比べ、微量の化学成分なども含むため、それらのセメント系材料の化学変質や力学特性への影響はないか把握をする。

表 4-1- 1 FGB-2 ボーリング孔の実地下水の一覧（分析結果）

記号	地下水名	成分濃度(mg/L)						
		Na	Cl	SO_4	HCO_3	K	Ca	Mg
―	人工海水（参考）	11,000	20,000	2,700	150	420	390	1,300
①	FGB-2 (EL-100 m)	R4 年度採取予定						
②	FGB-2_167.70～171.78 m	2,300	7,100	1,100	178	43	880	800
③-1	FGB-2_214.75～220.52 m	10,000	21,000	2,900	230	93	900	1,300
③-2	FGB-2_280.95～284.52 m	11,000	19,000	2,700	230	180	570	1,200
③-3	FGB-2_341.05～345.25m	11,000	23,000	2,800	260	280	470	1,300
④	FGB-2 (EL-400 m)	R4 年度採取予定						

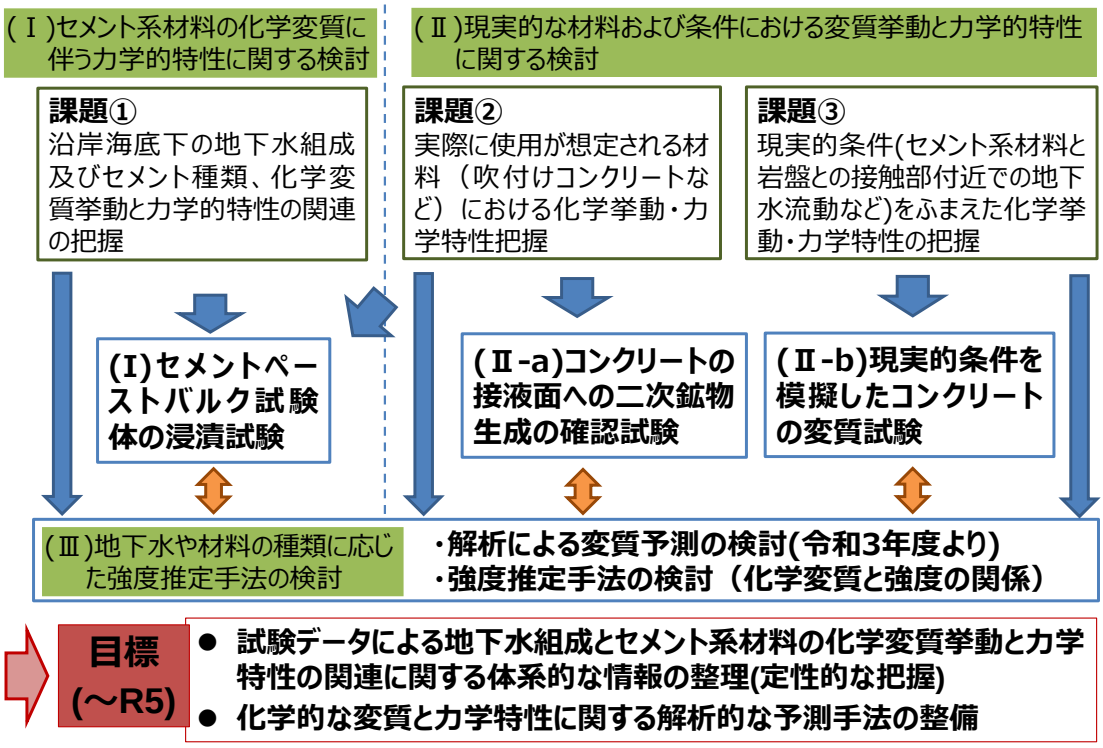


図 4-1- 2 今フェーズの検討課題と研究のアプローチ及び成果の目標

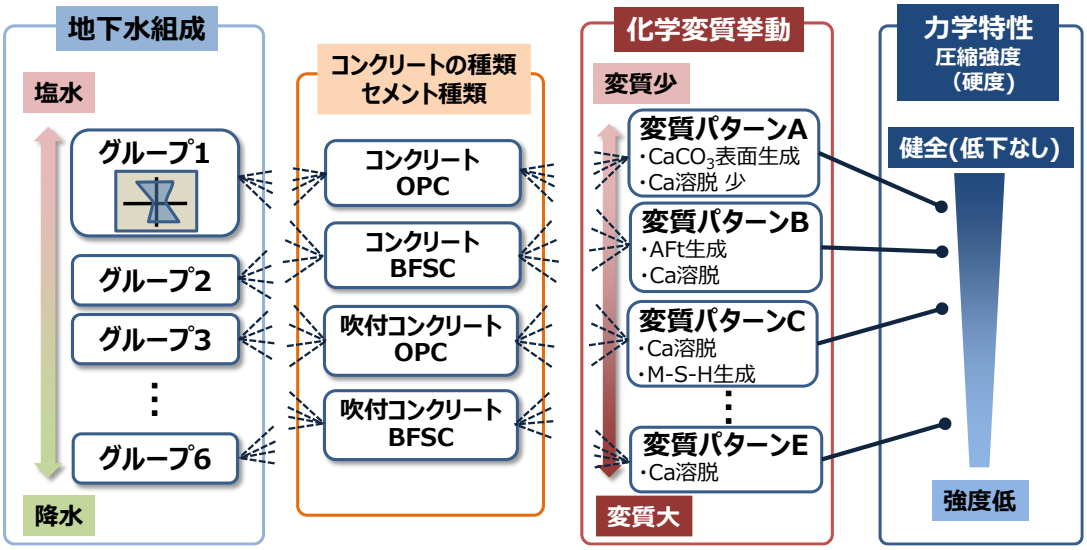


図 4-1- 3 地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例 その 1（ 関連図型 ）

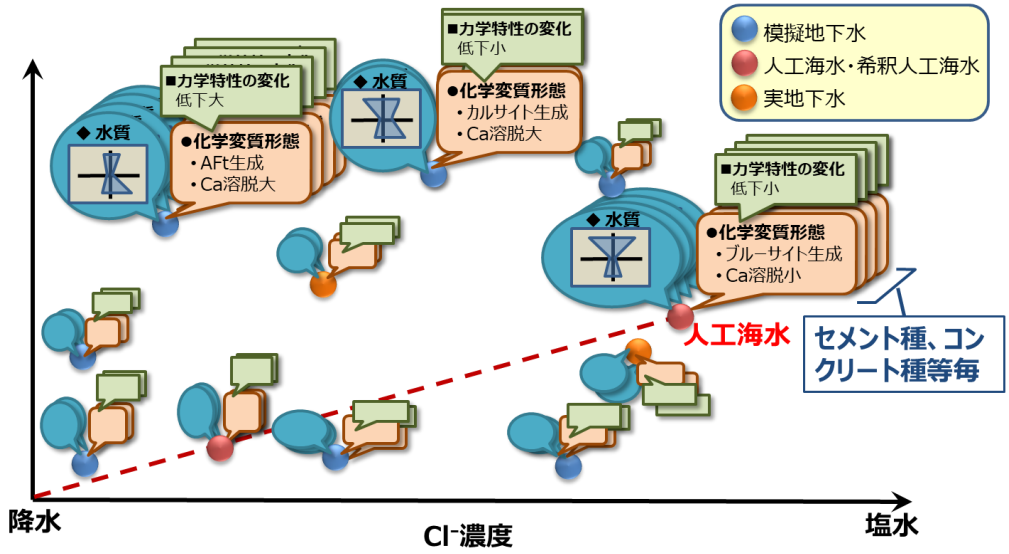


図 4-1- 4 地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例 その 2（マップ型）

表 4-1- 2 本フェーズの年度展開

	平成31年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年
(Ⅰ)セメント系材料の化学変質に伴う機械的強度に関する検討	(I)セメントペーストバルク試験体の浸漬試験 地下水組成、試験方法の調査、試験計画、試験体作成	初期状態の分析 簡易試験	浸漬試験開始・ データ取得	データ取得	まとめ
(Ⅱ)現実的な材料および条件における変質挙動と機械的強度に関する検討	(Ⅱ-a)コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験 (Ⅱ-b)現実的条件を模擬したコンクリートの変質試験(フロースルー試験と浸漬試験) 地下水組成、試験方法の調査、試験計画、試験体作成	初期状態の分析 浸漬試験開始	浸漬試験開始・ データ取得	データ取得	データ取得　まとめ
(Ⅲ)地下水や材料の種類に応じた強度推定手法の検討	強度推定手法の検討 情報収集	手法の検討	解析による変質予測の検討	強度推定手法の検討	まとめ まとめ
成　果 (アウトプット事項)	(令和2年へ反映)	・既往の知見の整理結果(地下水の組成と変質の関係等)	・試験より得られた変質と力学特性に関する知見拡充	・試験より得られた変質と力学特性に関するの知見の拡充	・体系的にデータを整理し、化学変質に伴う強度特性変化に関する基礎データを提供

（２） 試験条件の設定

① 想定環境条件と試験方法の設定

支保工の部材として想定した吹付けコンクリート、セグメント（以上は、支保工)、覆工（現場打設）コンクリートの環境条件を図 4-1- 5 に示す。各コンクリートは、それぞれ設置環境が異なるため、それぞれの環境条件に合わせた試験方法を（６）の試験で設定した。吹付けコンクリートは岩盤壁面との隙間を地下水が移動すると考えられるため、動的条件を模擬できるフロースルー試験を実施した。セグメント及び現場打設コンクリートは低透水の裏込め材や遮水シートの処置が施される事が想定されるため、静的または微動条件を模擬できる浸漬試験を実施した（産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2021)。なお、（５）のセメントペーストの試験は、浸漬試験で実施した。

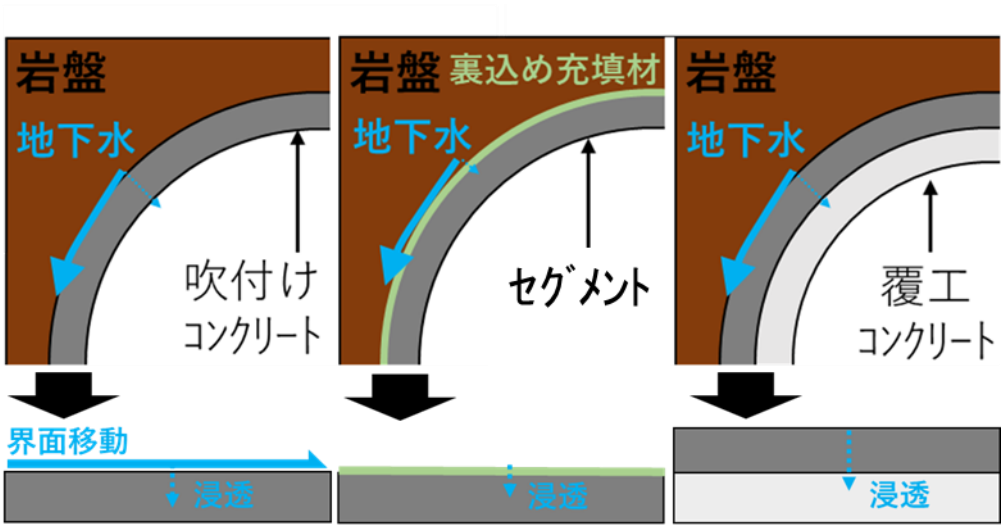


図 4-1- 5 各部材で想定した環境条件

（３） 沿岸部地下水の分類と試験における模擬地下水組成

陸域からの地下水と海水系地下水の混合を想定し、希釈した人工海水にセメントペースト試料を浸漬し、化学変質挙動及び力学的特性に関するデータを取得して知見を整理してきた（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2019)。その結果、地下水の化学組成により、試料表面や空隙内に生成する二次鉱物の種類や量などの化学変質挙動が異なり、それにより力学的特性の変化が異なる可能性が示唆され、令和３年度は、平成 31 年度に整理した 62 地点の地下水の化学組成データ（産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2021）に加え、11 点のデータを加えて地下水の特徴を再整理した。

① ヘキサダイヤグラムによる地下水の特徴の分類

令和 2 年度に実施したヘキサダイヤグラムの図の表示例を図 4-1- 6 に、ヘキサダイヤグラムの整理結果の例を図 4-1- 7 に示す。

沿岸部の地下水化学組成を考慮した試験に用いる塩水の条件を設定するために、日本国内の地下水調査の結果のうち沿岸部の地下水化学組成に関する情報を、平成 30 年度沿岸部処分システム高度化開発報告書（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2019）の「2-2 沿岸部の地下水長期安定性に関わる研究」に記載されている地下水の分析結果を中心に整理した。整理においては、まず、地下水の主要溶存イオンの分析結果を示したヘキサダイヤグラムを、地下水中の塩分濃度と地下水年代による４つの区分（現海水、化石海水、現降水、氷期降水）から、さらに地下水の水質タイプ（Na-Cl 型、Ca-Cl 型など）ごとに分けた。さらに、人工海水の Cl 濃度を基準に、各地下水が人工海水の何倍程度の濃度か、水質タイプ（例えば Na-Cl 型）にどのような成分が混合したものか、といった観点をふまえて整理した。令和３年度に加えた地下水データには、平成 30 年度に分類した地下水に比べ HCO_3 濃度が高いのもがあった。

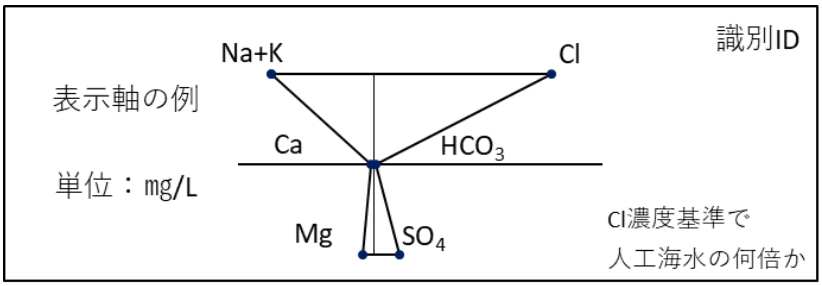


図 4-1- 6 ヘキサダイヤグラムの図の表示例

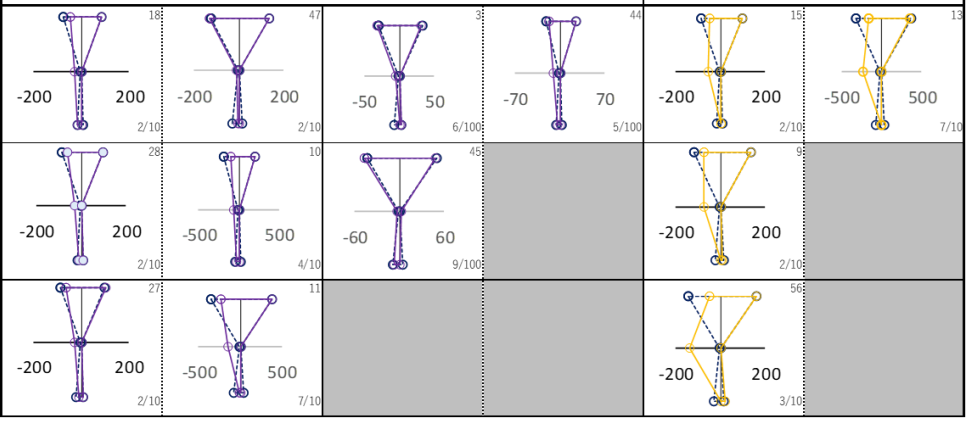
大分類	グループ① (人工海水と同等の成分比率)					
小分類	海水系-1 主成分:Na		降水系		海水系-2 主成分:Ca	
地下水区分	現海水	化石海水	現降水	氷期降水	現海水	化石海水
水質タイプ	Na−Cl型				Ca−Cl型	
ヘキサダイヤグラム						

図 4-1- 7 ヘキサダイヤグラムによる整理結果の例

② コンクリートの力学特性に影響を与える地下水成分

令和２年度に実施したコンクリートの力学特性に影響を与える地下水の成分を整理した結果を図 4-1- 8 に示す。

化学変質に影響する塩水化学成分として挙げた成分のうち、地下水に含まれる Ca については、基本的に強度低下につながる化学変質を抑制するものと考えた。したがって、試験に用いる塩水化学組成を判断する過程においては、コンクリートの強度低下の可能性がある化学変質に影響する成分である、HCO_3、SO_4、Mg に主に留意する事としている。また、本業務では、強度の低下への影響を鑑み、以下の化学変質現象を中心に確認する事としている。

・Ca 溶脱：空隙の増加
・炭酸化：C-S-H の分解による強度低下の可能性、または、pH 低下による鉄筋腐食の促進の可能性（鉄筋コンクリートのみ）
・硫酸塩化合物の生成：エトリンガイト生成による膨張に伴う劣化
・Mg 系二次鉱物の生成：M-S-H による強度低下の可能性

なお、セメント系材料の化学変質ではないが、鉄筋コンクリートにおける塩化物イオン浸透による鉄筋腐食については、支保工の強度に影響するため留意する必要がある。

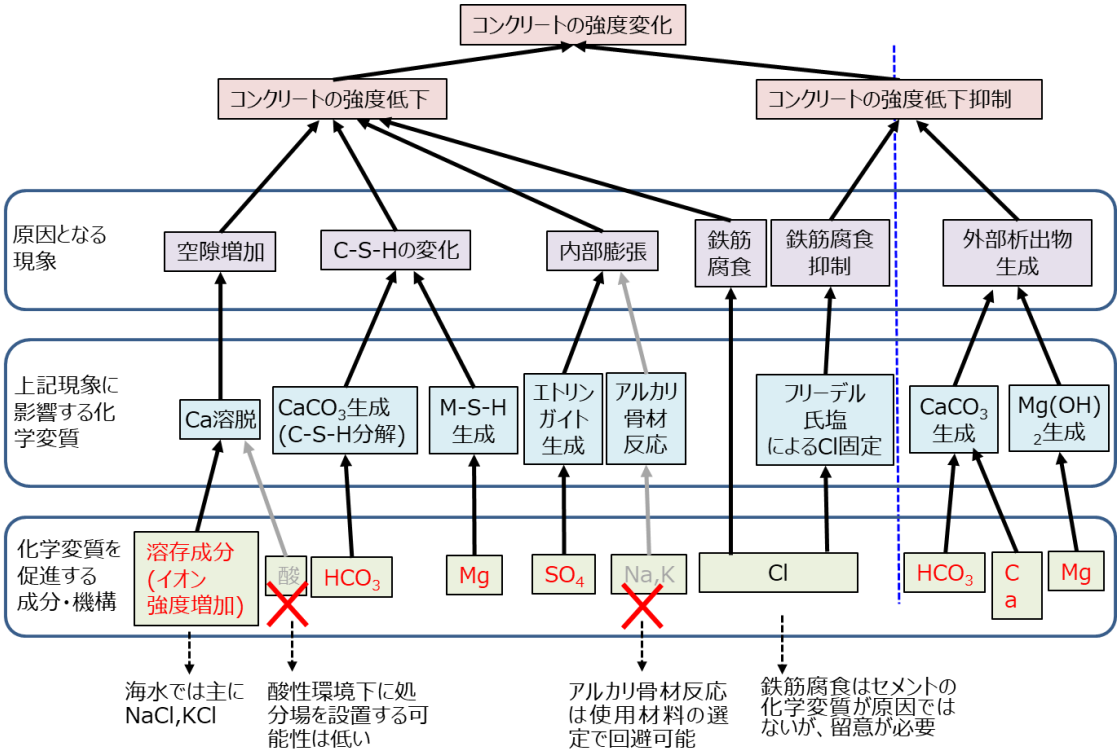


図 4-1- 8 コンクリートの力学特性に影響を与える地下水の成分の整理

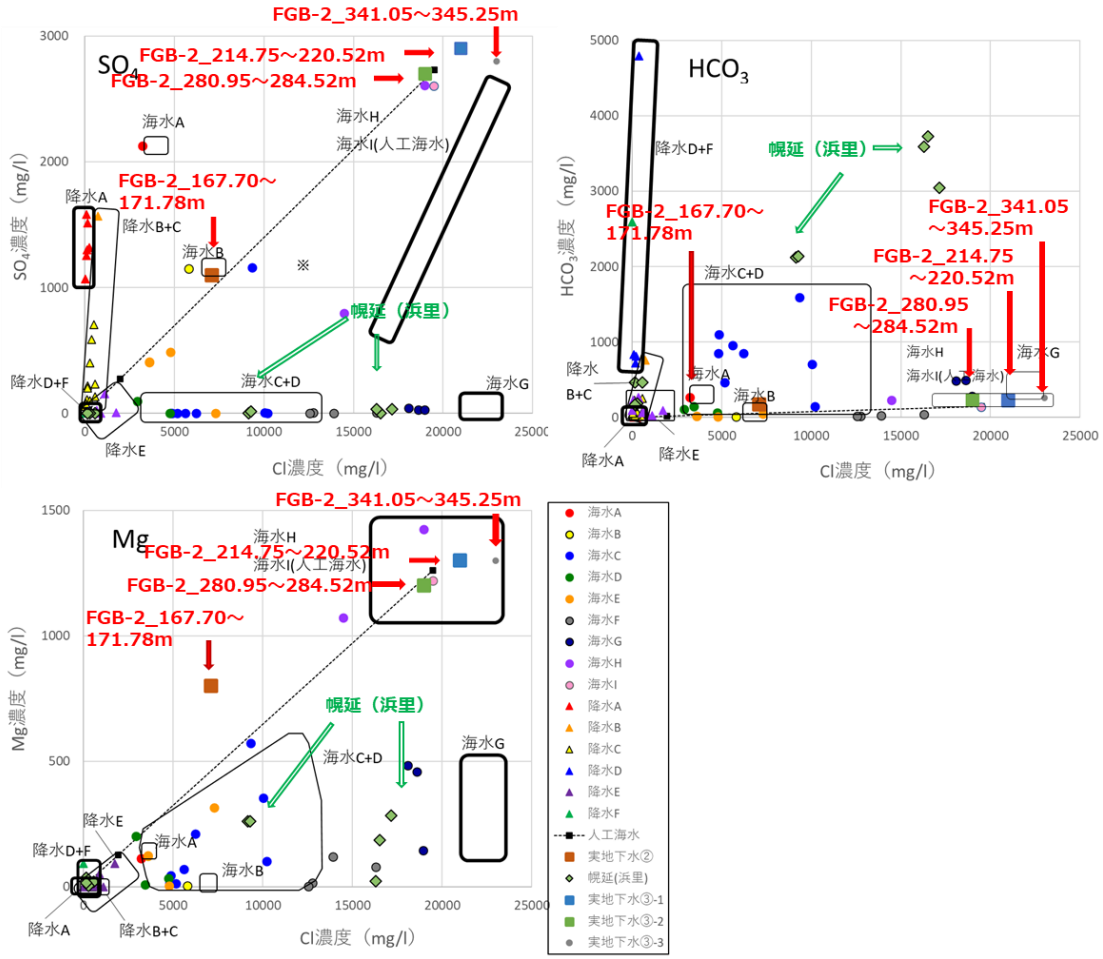
③ 試験に使用する模擬地下水の化学組成

模擬地下水の化学組成を表 4-1- 3 に、分類した地下水の組成を図 4-1- 9 に示す。

模擬地下水の化学組成は、セメント系材料の化学変質への影響が大きいと考えられる SO_4、HCO_3 及び Mg のうち、何れの地下水においても海水及び希釈海水の Cl 濃度との濃度比が低い Mg を除く SO_4、HCO_3 に着目した。

図 4-1- 9 は、地下水組成について Cl 濃度を横軸にとり、化学変質に影響が大きいと考えられる SO_4、HCO_3 及び Mg の濃度を縦軸にプロットして、分類したグループを四角で囲いその範囲を示している。模擬地下水の化学組成は、選定した各グループについてセメント系材料の化学変質への影響が大きいと考えられる SO_4 または HCO_3 の濃度の幅の中央値となるようにした。

令和 3 年度に、新たに追加した地下水データは、従来の分類に属さない HCO_3 濃度の高い海水系地下水の海水 J とした。今後、海水 J の模擬地下水や浸漬試験による化学変質挙動と力学特性のデータ取得の検討の必要がある。



図では便宜的に定量下限値未満のデータを 0 mg/L として表示している。

図 4-1- 9 分類した地下水の組成

表 4-1- 3 模擬地下水の化学組成

模擬地下水		成分濃度(mg/L)						
No.	地下水名	Na	Cl	SO_4	HCO_3	K	Ca	Mg
1	人工海水（海水 I）	11,000	20,000	2,700	150	420	390	1,300
2	海水 A	3,178	3,200	2,100	260			
3	海水 B	4,339	5,800	1,200	9			
4	海水 C+D	4,616	6,600	49	830			
5	海水 G	12,487	19,000	37	390			
6	降水 A	714	130	1,300	20			
7	降水 B+C	755	360	790	380			
8	降水 D+F	1,183	190	10	2,800			
9	降水 E	655	870	79	140			

※人工海水は、八洲薬品社、金属腐食試験用アクアマリンを使用。

（4） 実地下水の分析結果

3-1 節「陸域から海域にかけての地質環境特性の把握」において令和３年度に FGB-2 ボーリング孔から採水した沿岸部実地下水の分析を実施した。地下水の調整方法は下記通りとし、試験に使用するまでの保管は４℃以下の冷暗所にて行った。

地下水の処理の流れを以下に示す。

・複数の容器に封入された地下水を大型のポリ容器に試験に必要な液量を入れ混合する。
・地下水を大気中で静置して Eh を１日１回測定し、前日の測定結果との差が小さく、プラス電位であることを確認したのち密封バックに分け入れ、１日静置する（沈殿物が生成する可能性があるため、静置時間を設ける）。
・静置した地下水を５C ろ紙を用いて、ゴミや沈殿物粒子を取り除き、その後、0.2 μm の親水性 PES メンブレンフィルターの滅菌済みろ過ユニットを用いてろ過を行う。
・ろ過後の溶液は 1 L の滅菌済みろ過ユニットの受け容器または滅菌済み PP ボトルなどの容器に封入し 4 ℃以下の冷暗所で保管する。
・輸送する場合は保冷状態を維持する。
・試験に用いる際は、試験環境温度に戻し使用する。

実地下水の分析結果を表 4-1- 1 に、ヘキサダイヤグラムを図 4-1- 10 に示す。

FGB-2_167.70 – 171.78 m は、人工海水の Cl 濃度に対して 0.364 倍の Cl 濃度であり、0.364 倍に希釈した人工海水の組成に対して Ca と Mg 濃度が高く Na+K の濃度が低くなっているが、比較的人工海水に近い化学組成であった。実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m、FGB-2_280.95～284.52 m 及び FGB-2_341.05～345.25 m は人工海水の化学組成とほぼ同一の化学組成である。FGB-2_280.95～284.52 m 及び FGB-2_341.05～345.25 m は人工海水に比べて塩素濃度が高く、化学組成は人工海水と同様である。

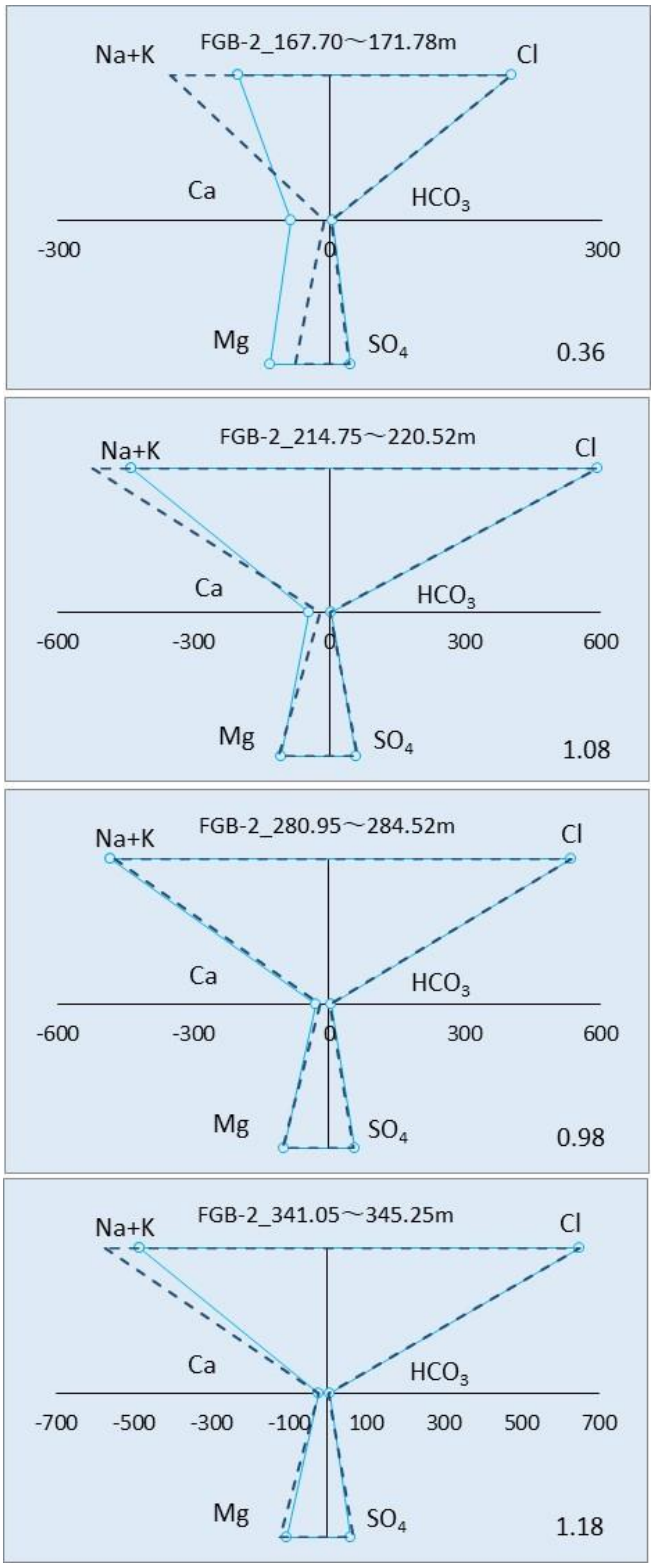


図 4-1- 10 希釈した人工海水と比較した実地下水のヘキサダイヤグラム

（5） セメント系材料の化学変質に伴う力学的特性に関する検討

令和 3 年度は、令和 2 年度の地下水の分類や簡易浸漬試験（各模擬地下水における化学変質挙動を概略で把握する試験）などの成果をふまえ、令和 2 年度にグループ化した地下水のうち、5 種類の模擬地下水へのバルクのセメントペーストの浸漬試験を実施した（以下、詳細浸漬試験とする)。簡易試験では、分類した地下水とセメント系材料の反応による試料内外の変質挙動を確認するため、吹付けコンクリート及びセグメントのセメントペースト部分を想定した試料を模擬地下水に浸漬し、試料断面の元素組成分析によるセメント成分の溶出及び模擬地下水成分の浸透状況の確認を行った。詳細浸漬試験では、化学変質挙動の確認のための分析と変質部の力学的特性（ビッカース硬度）の測定を実施した。また、詳細浸漬試験では、沿岸部地下より採取した実地下水の FGB-2_167.70～171.78 m 及び FGB-2_214.75～220.52 m を用いた浸漬試験を開始した。加えて、令和 3 年度に詳細浸漬試験を実施しない模擬地下水（4 種類）が混合セメントの Ca の溶脱や硫黄の拡散など強度特性に影響を与える化学変質挙動を確認するため簡易浸漬試験を実施した。

① 簡易浸漬試験

(a) 試験条件

簡易浸漬試験の試験水準を表 4-1- 4 に、試験条件を表 4-1- 5 に、試験の模式図を図 4-1- 11 にそれぞれ示す。本試験では、令和 2 年度までの成果を踏まえ、変質の進展が遅いと考えられる混合セメントペーストと模擬地下水の組み合わせについて試料内外の変質挙動を確認するため、岩盤との拘束状態を模擬しない状態の浸漬試験を行った。浸漬後試料の変質領域（化学組成が変化した領域）を EPMA により確認し、力学特性の変化に及ぼす影響について検討した。

試験に用いる溶液は、海水 A、海水 C+D、降水 B+C、降水 E とした。試験に用いるバルクのセメントペーストは、吹付けコンクリートとセグメントのペースト部分を想定した試料とし、セメントの種類は BFSC とした。既往の検討（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2017; 2018; 2019）において W/C（水セメント比：空隙率に影響）の違いで生じた変質に差異がなかったことから、次年度以降の詳細浸漬試験実施の要否を判断するにあたり加速的な条件での試験とするため W/C は 80%とし、浸漬期間は 3 か月とした。

試験体は 10 mm×10 mm×長さ 10 mm とし、切断面の一面を接液面にして、その他の面を被覆した。浸漬液量は試料 1 試料あたり 500 ml とし、密閉容器に封入した。

EPMA による元素分布の測定方法は、（5）②(b)の詳細浸漬試験の分析項目及び分析方法に示す。

表 4-1-4 簡易浸漬試験の実施水準

地下水名		海水 I (人工海水)	海水 A		海水 B	海水 C+D		海水 G	降水 A	降水 B+C		降水 D+F	降水 E	
ペースト種類	セメント種類	浸漬 1 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 3 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 3 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 3 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 1 カ月	浸漬 3 カ月
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC	●	●	☆	●	●	☆	●	●	●	☆	●	●	☆
	BFSC	●	●	◎	●	●	◎	●	●	●	◎	●	●	◎
セグメントコンクリートのペースト相当	OPC	●	●	☆	●	●	☆	●	●	●	☆	●	●	☆
	BFSC	●	●	◎	●	●	◎	●	●	●	◎	●	●	◎

●：令和 2 年度実施済み

◎：令和 3 年度に試験開始した試料について令和 3 年度に分析を実施

☆：令和 3 年度の結果を踏まえ、令和 4 年度以降に詳細試験の実施を検討

表 4-1- 5 簡易浸漬試験の試験条件

項目		詳細
試験体条件	試料形状	開放面 10 mm 角、長さ 10 mm
	開放面	切断面
	前養生	常温水中、3 か月以上
浸漬試験条件	浸漬液量	500 ml/試料
	接液面状態	開放面を横向き静置

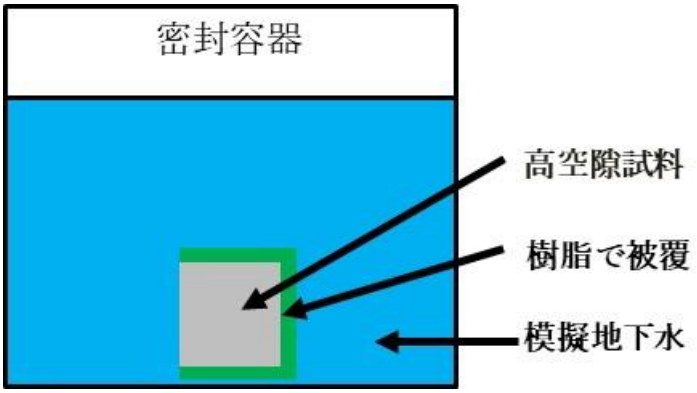


図 4-1- 11 簡易浸漬試験の模式図

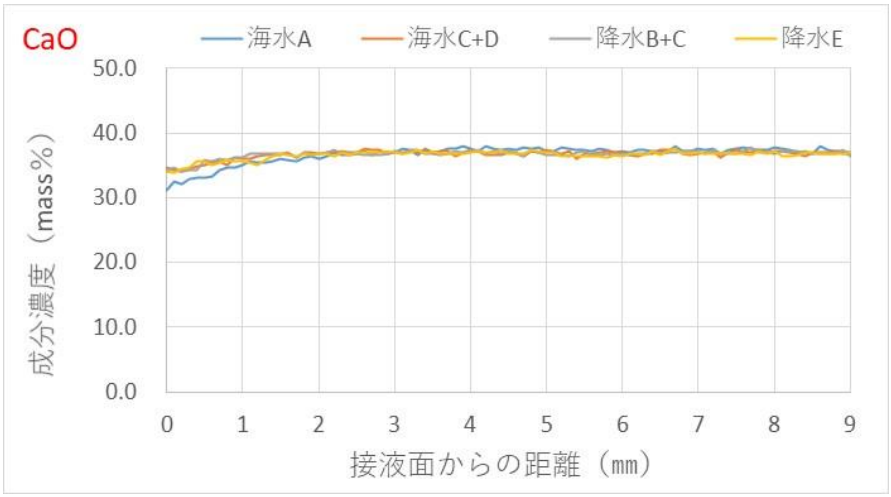
(b) 試験結果

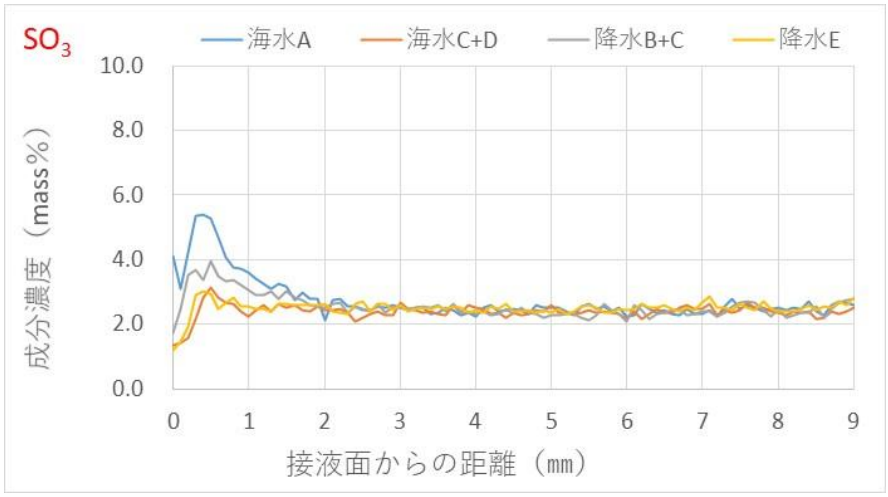
EPMA 測定による試料断面の Ca、SO_3 及び Cl の濃度プロファイルを図 4-1- 12 及び図 4-1- 13 に示す。

3 か月浸漬した試料の接液面を目視で確認した結果、浸漬試験後に二次鉱物の析出や変色などの変化が確認された試料はなかった。

吹付けコンクリートのペースト部分を想定した BFSC バルク試料では、海水 A に浸漬した試料の接液面の Ca 溶脱と SO_3 及び Cl の内部への浸透が最も顕著であった。浸漬期間 3 か月の SO_3 の浸透深さは、吹付けコンクリートのペーストで 2 mm 程度、セグメントのペーストで 1.5 mm 程度であった。試料内部に比較して接液面近傍の SO_3 濃度は吹付けコンクリートのペーストで 3 mass%程度、セグメントのペーストで 2 mass%程度であった。

吹付けコンクリートのペースト相当の試料とセグメントのペースト相当の試料の化学変質に大きな差異は無いことを確認した。本検討で対象とした 4 種類の地下水に浸漬した試料では、令和 2 年度に実施したセメントの力学的特性に影響の大きい地下水グループへの 1 か月の簡易浸漬試験の結果比べ、何れもひび割れを伴う膨張や著しい溶脱を生じていないことが確認された。SO_3 が多く浸透している場合もひび割れや膨張などの外観の変状は確認されず、力学特性に影響する接液面からの明確な CaO の減少も確認されない。これらのことから、検討対象とした 4 種類の地下水グループは、詳細試験のグループの結果で把握可能と考えられる。





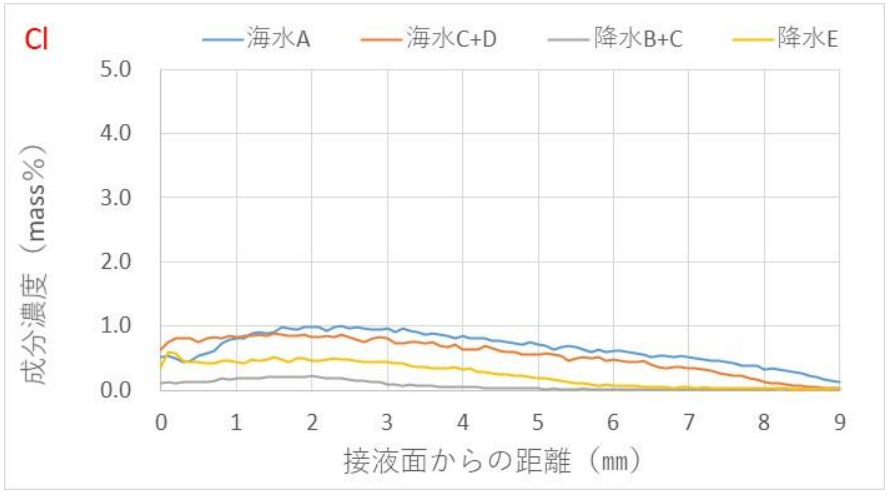
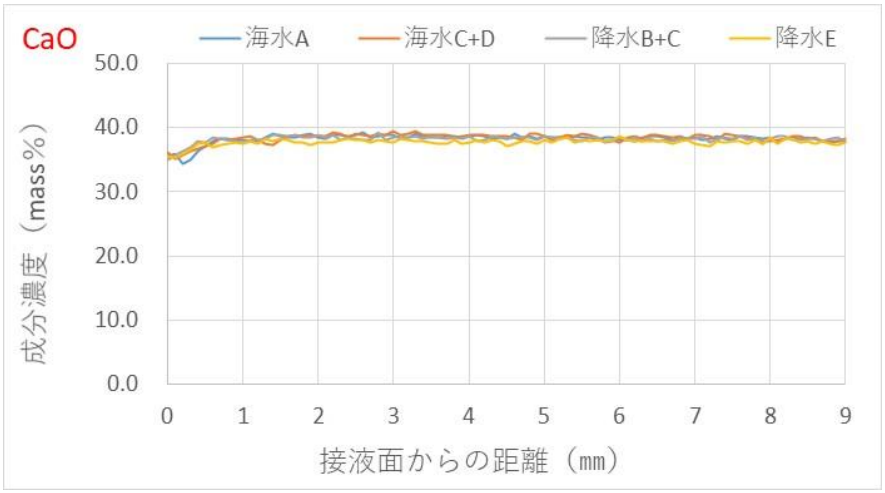
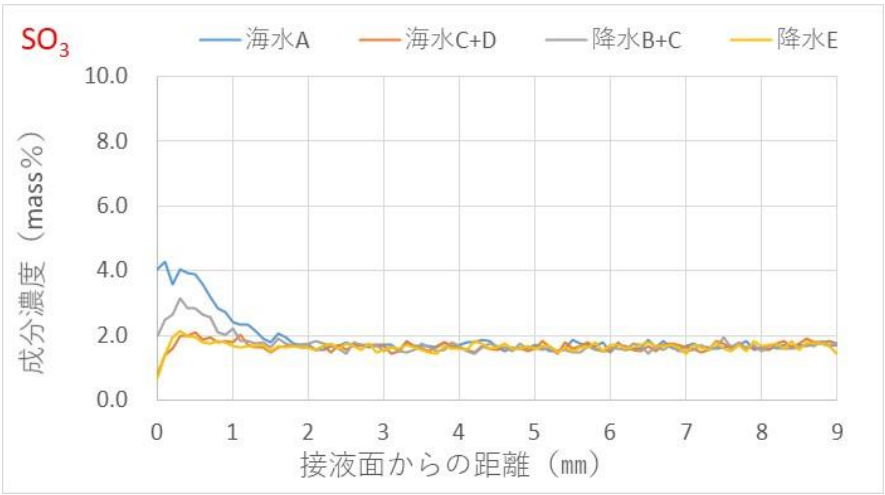


図 4-1- 12 EPMA 測定結果：平均濃度プロファイル（吹付け BFSC ペースト）





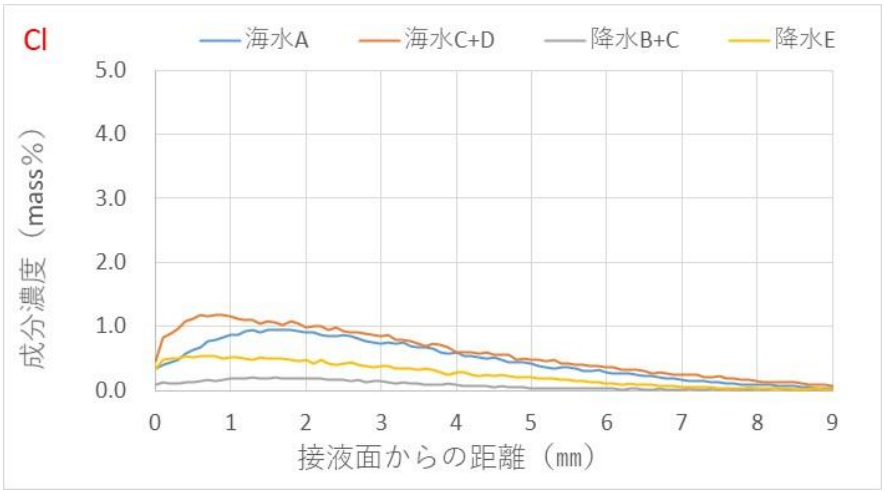


図 4-1- 13 EPMA 測定結果：平均濃度プロファイル（セグメント BFSC ペースト）

② 詳細浸漬試験

(a) 試験条件

詳細浸漬試験の試験水準を表 4-1- 6 に、試験試料の構成割合を表 4-1- 7 に、試験の試験条件を表 4-1- 8 に、詳細浸漬試験の模式図を図 4-1- 14 に示す。

詳細浸漬試験に用いる溶液は、多様な化学組成の地下水からコンクリートの力学的特性に影響を与える可能性のある化学成分を考慮し、人工海水及び希釈人工海水の組成と比較して各成分の濃度傾向の異なるパターンに類型化した地下水（産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2021）から人工海水、海水 B、海水 G、降水 A、降水 D+F の 5 種類と FGB-2 ボーリング孔から採取した地下 167.70 - 171.78 m 地点及び地下 214.75 - 220.52 m 地点の合計 7 種類とした。選定の理由を以下に示す。

・人工海水、海水 B、降水 A は、令和 2 年度に実施した簡易浸漬試験において、Ca 溶脱や SO_4 の内部への浸透が確認され、力学的特性変化の可能性が高いと考えられる地下水。

・海水 G、降水 D+F は、令和 2 年度に実施した簡易浸漬試験において、試験期間が短かったこともあり HCO_3 の影響による変質は確認されなかったが、試験期間が長くなることで C-S-H の炭酸化及び変質に伴う力学的特性の低下が確認される可能性があると考えられる。Cl 濃度が高い場合（海水 G）と低い場合（降水 D＋F）の HCO_3 の影響を確認する。

・沿岸部の地下 167.70 - 171.78 m 地点及びから採取した Cl 濃度が人工海水の 0.36 倍の実地下水（FGB-2_167.70～171.78 m）。

・沿岸部の地下 214.75 - 220.52 m 地点及びから採取した Cl 濃度が人工海水の 1.08 倍の実地下水（FGB-2_214.75～220.52 m）。

試験に用いるバルクのセメントペーストは、吹付けコンクリートとセグメントのペースト部分を想定した試料とした。セメントの種類は、OPC 及び BFSC とした。

浸漬期間は、模擬地下水である人工海水、海水 B、海水 G、降水 A、降水 D+F に対しては 3 か月、2 種類の実地下水は 10 か月とし、実地下水との変質挙動などを比較するため、人工海水については 10 か月の浸漬後にそれぞれ化学変質状態を確認する分析を実施することとした。令和 3 年度は、これらのうち模擬地下である水人工海水、海水 B、海水 G、降水 A、降水 D+F の 5 種類の浸漬期間 3 か月の試料の分析を実施した。

試験体は 20 mm×20 mm×長さ 40 mm とし、20 mm×20 mm の切断面の一面を接液面にしてその他の面を被覆した。浸漬液量は試料 1 個あたり 500 ml とし密閉容器に封入した。試料の W/C（水セメント比：空隙率に影響）は、実際に施工されているコンクリートを参考に、吹付けコンクリート想定のセメントペーストは W/C=45 %、セグメント想定のセメントペーストは W/C=40 %とした。

表 4-1- 6 詳細浸漬試験の試験水準

地下水名（模擬地下水№）		人工海水（海水 I）		海水 B	海水 G	降水 A	降水 D+F	実地下水②	実地下水③-1
ペースト種類	セメント種類	浸漬 3M	浸漬 10M	浸漬 3M	浸漬 3M	浸漬 3M	浸漬 3M	浸漬 10M	浸漬 10M
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○
	BFSC	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○
セグメントのペースト相当	OPC	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○
	BFSC	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○

◎：2021 年度に分析を実施　○：2022 年度に分析実施予定

実地下水②：FGB-2_167.70～171.78 m

実地下水③-1：FGB-2_214.75～220.52 m

表 4-1- 7 詳細浸漬試験試料の構成割合

想定コンクリート	試験体の種類	混和材/粉体(%)	W/C (%)	ペースト材料の構成割合（wt%）			
				W	C	BFS	A
吹付けコンクリート	OPC	－	45	29.0	64.5	－	6.5
	BFSC	45	45	29.0	35.5	29.0	6.5
セグメント	OPC	－	40	28.6	71.4	－	－
	BFSC	45	40	28.6	39.3	32.1	－

W:上水、C：OPC、BFS：高炉スラグ、A：急結剤

表 4-1- 8 詳細浸漬試験の試験条件

項目		詳細
試験体条件	試料形状	開放面 20 mm 角、長さ 40 mm
	開放面	切断面
	前養生	常温水中、3 か月以上
浸漬試験条件	浸漬液量	500 ml/試料
	接液面状態	開放面を下向き静置

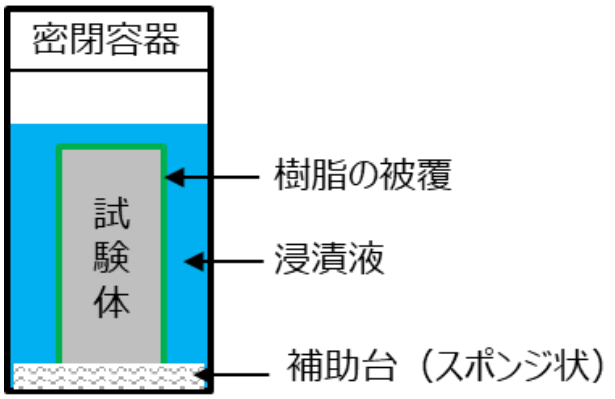


図 4-1- 14 詳細浸漬試験の模式図

(b) 分析項目及び分析方法

1) 低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価

低アルカリ性化領域の評価は、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に従い試験体の変質領域を確認した。主にセメント系材料の炭酸化領域の観察に用いる方法であるが、高 pH の領域で濃い赤紫色を呈し、低 pH（10 以下）の領域で無色 – 薄紫色を呈する性質から、本検討では、Ca の溶脱部や地下水成分との反応で二次鉱物が生成して低アルカリ化した領域の判定に用いた。

塩素浸透深さの評価は、土木学会規準「実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオン分布の測定方法(案)(JSCE-G 573-2003)」に示されている、コンクリート試験体に 1/10 mol/L 硝酸銀溶液を塗布し、簡易的に塩素の浸透領域を確認する方法を適用した。

2) 元素組成分布

元素組成分の測定は、土木学会規準「EPMA 法によるコンクリート中の元素の面分析方法（案）（JSCE-G 574-2005)」に従って電子線マイクロアナライザー（EPMA）（日本電子データム株式会社製、JXA-8100）を使用し、加速電圧 15 KV、照射電流 5×10^{-8} A、ビーム径 50μm、ピクセルサイズ 100 μm の条件で試料断面の元素組成分析をした。測定元素は、Ca、Si、Al、Fe、Mg、S、Na、K、Cl の 9 元素とした。

3) 鉱物相の同定

元素組成分布の測定結果を参考に、変質領域（化学組成が変化した領域）と健全部の XRD 測定を実施し鉱物相を同定した。試料は、RH11%環境で乾燥後に微粉砕して測定に用いた。XRD は X'Pert PRO MPDP（パナリティカル社製）を使用し、ターゲット Cu、電圧・電流 45 kV-40 mA、走査範囲 2θ=5 - 60°で測定を実施した。

4) ビッカース硬度

マイクロビッカース硬さ試験機を使用し、試料断面（打設面に対し垂直な面）の変質部と健全部それぞれにおいて、20 点程度の硬度を測定した。ビッカース硬度は、ダイアモンド製の四角錐圧子により試料表面に残った圧痕の面積と荷重から算出した。測定には、元素組成分布測定用の試料調製時に得られた試験体を接液面の中央部から垂直にカットした一方を未乾燥状態で保管していた試料を、圧痕の観察を容易にするため測定面を鏡面研磨して用いた。荷重は、圧痕の対角線長さが 50 μm 前後に収まるよう調整した。測定した点のうち、セメントペースト部分と判定した点のデータについては、平均値と標準偏差（σ）をもとめ、測定値と平均値の差異が 2σ 以上の点を除外した。また、圧痕の形がいびつなデータについても除外した。ビッカース硬度は、ミツトヨ社製、HM-220D を使用して測定した。

5)　空隙径分布

空隙径分布は、水銀圧入式ポロシメータ（micromeritics 社製、AutoPoreⅣ 9520）を使用し、試験体の変質部の空隙量（測定範囲 0.003 – 300μm）を測定した。試料は厚さ 5 mm 以下の塊状に調製し、真空乾燥後に測定に用いた。なお、変質領域が狭く水銀圧入ポロシメータによる空隙径分布の測定ができない場合には、SEM 測定の反射電子像を用い健全域と比較して原子密度が低下した変質域の面積率を求めた。SEM 測定を実施して反射電子像を取得し、画像データの任意の原子密度に閾値を置き二値化することで原子密度が低い領域を判定した。

(c)　試験結果

ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（吹付けコンクリート）を表 4-1- 9 に、ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（セグメント）を表 4-1- 10 に、ビッカース硬度と組成分布の関係を人工海水浸漬試料（ペースト）は図 4-1- 15 に、海水 B 浸漬試料（ペースト）は図 4-1- 16 に、降水 A 浸漬試料（ペースト）は図 4-1- 17 にそれぞれ示す。

また、低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価、空隙分布及び元素組成分布のそれぞれの結果の詳細については、Appendix Ⅵに示す。

海水 B と降水 A に浸漬した吹付けコンクリートのペースト相当試料（OPC）は、樹脂でコーティングして切断したものの、切断時に破損してしまったため、接液面近傍に 100 μm 程度の試料欠損部が認められる。また、海水 B に浸漬したセグメントのペースト相当試料（OPC）は、試料回収時に表層 1 mm 程度が剥離したものを樹脂で固定して測定しているため、1 mm 程度の分離した層が認められる。

人工海水に 3 か月浸漬した OPC は、吹付け及びセグメントともに接液面から 2 mm 程度の範囲で CaO 濃度が低下し、0.5 mm 程度の CaO 濃度低下領域であった BFSC と比べて広い範囲で CaO の濃度低下領域が確認された。SO_3 は接液面から OPC 吹付け及びセグメントで 3 mm 程度、BFSC の吹付け及びセグメントでは 0.5 mm 程度の濃度上昇領域が確認された。Mg 濃度は OPC 吹付けと BFSC 吹付け及びセグメントで接液面近傍の 0.5 mm 程度の範囲で著しい濃度の上昇が確認された。Cl 濃度は、OPC セグメントで接液面から 20 mm 程度まで、OPC 吹付けでは接液面から 12 mm 程度の範囲で濃度の上昇が確認された。BFSC は吹付け及びセグメントともに接液面から 5 mm 程度の位置まで濃度の上昇が確認された。Na_2O は、OPC 及び BFSC の吹付けで、K_2O はすべてのセメントの接液面近傍で濃度の低下が確認されている。SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 では顕著な濃度の変化は確認されなかった。

人工海水に浸漬した OPC で C-S-H の減少、全てのセメントでポルトランダイトの減少とモノカーボネートの消失や OPC セグメントを除くセメントのヘミカーボネートの消失が確認された。OPC 及び BFSC のセグメントでエトリンガイトが生成しすべてのセメン

トでフリーデル氏塩の生成が確認され、OPC の吹付けとセグメントでブルーサイトの生成が確認された。

人工海水に浸漬したすべてのセメントで、接液面近傍の有意なビッカース硬度の低下は確認されなかった。

海水 B に 3 か月浸漬した OPC は、吹付けで接液面から 1.5 mm、セグメントで 2 mm 程度の範囲で CaO 濃度が低下し、0.3 mm 程度の CaO 濃度低下領域であった BFSC と比べて広い範囲で CaO の濃度低下領域が確認された。SO_3 は接液面から OPC 吹付け及びセグメントで 3 mm 程度、BFSC の吹付け及びセグメントでは 0.8 mm 程度の濃度上昇領域が確認された。Mg 濃度は BFSC の吹付け及びセグメントで接液面近傍の 0.3 mm 程度の範囲でわずかに濃度の上昇が確認された。Cl 濃度は、OPC セグメントで接液面から 17 mm 程度まで、OPC 吹付けでは接液面から 10 mm 程度の範囲で濃度の上昇が確認された。BFSC は吹付け及びセグメントともに接液面から 3 mm 程度の位置まで Cl 濃度の上昇が確認された。Na_2O は、接液面近傍で濃度上昇が確認され OPC の吹付け及びセグメントはその内部で濃度の低下部が確認された。K_2O はすべてのセメントの接液面近傍で濃度の低下が確認されている。SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 では顕著な濃度の変化は確認されなかった。

海水 B に浸漬した OPC 及び BFSC のセグメントでエトリンガイトの生成を確認し、全ての試料でフリーデル氏塩の生成を確認した。すべてのセメントでモノカーボネートの消失と OPC セグメントを除くセメントでヘミカーボネートの消失を確認した。

海水 B に浸漬した OPC の吹付け及びセグメントで接液面近傍のビッカース硬度の低下を確認した。

海水 G に 3 か月浸漬したセメントは、すべてのセメントで接液面から 0.5 mm 程度の範囲でわずかに CaO 濃度が低下し、OPC 及び BFSC の吹付けで Na_2O の減少とすべてのセメントで K_2O の減少が確認された。Cl 濃度は、OPC セグメントで接液面から 17 mm 程度まで、OPC 吹付けでは接液面から 10 mm 程度の範囲で濃度の上昇が確認された。
BFSC は吹付け及びセグメントともに接液面から 4 mm 程度の位置まで Cl 濃度の上昇が確認された。SO_3、MgO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 では顕著な濃度の変化は確認されなかった。

海水 G に浸漬した全ての水準でフリーデル氏塩の生成を確認した。全てのセメントでモノカーボネートの消失と OPC セグメントを除くセメントでヘミカーボネートの消失を確認した。

海水 G に浸漬した OPC 及び BFSC のすべてのセメントで接液面近傍のビッカース硬度の変化は確認されなかった。

降水 A に 3 か月浸漬した OPC 吹付け及びセグメントは接液面から 1 mm 程度、BFSC の吹付け及びセグメントは 0.4 mm 程度の範囲で CaO 濃度が急激に低下していることを確認した。SO_3 は接液面から OPC 吹付け及びセグメントで 3 mm 程度、BFSC の吹付け

及びセグメントでは 0.8 mm 程度の濃度上昇領域が確認された。Na_2O は、接液面から OPC 吹付けで 10 mm 程度、BFSC の吹付けで 6 mm 程度の範囲で濃度の低下が確認され、K_2O は OPC の吹付けとすべてのセメントの接液面近傍で濃度の低下が確認されている。SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO 及び Cl は顕著な濃度の変化は確認されなかった。

降水 A に浸漬した OPC 及び BFSC の吹付けでは、浸漬試験の前後で確認された鉱物に変化はなかった。OPC 及び BFSC のセグメントでは、エトリンガイトの生成を確認するとともに、OPC の吹付けのモノカーボネートの生成を確認した。

降水 A に浸漬した OPC の吹付けでは、試料の接液面が剥離しているが、接液面近傍のビッカース硬度の変化は確認されなかった。

降水 D+F に 3 か月浸漬した OPC の吹付けでは接液面から 15 mm 程度、BFSC の吹付けでは 5 mm 程度の領域で Na_2O 濃度が低下していた。OPC セグメントでは接液面から 10 mm 程度、BFSC のセグメントでは接液面から数 mm 程度の位置から Na_2O 濃度の低下が確認された。K_2O は OPC の吹付けで及びセグメントで接液面から 15 mm 程度の位置から減少し、BFSC の吹付け及びセグメントで接液面から 4 mm 程度の位置から濃度の低下が確認された。CaO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO、SO_3 及び Cl は顕著な濃度の変化は確認されなかった。

降水 D+F に浸漬した OPC 及び BFSC は、すべての試料で浸漬試験の前後で確認された鉱物に変化はなかった。

降水 D+F に浸漬した OPC 及び BFSC は、すべての試料で接液面近傍のビッカース硬度の変化は確認されなかった。

表 4-1-9 ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（吹付けコンクリート）

試験体	浸漬液	種類	C-S-H	Portlandite	Ettringite	Mono carbonate	Hemi carbonate	Calcite	Brucite	Friedel's salt	Aragonite
吹付け OPC	人工海水	変質	△	▲	△			○	○	○	△
	海水 B		○	◎	△			△		○	
	海水 G		○	◎	△			○		○	
	降水 A		○	◎	△	○	▲	△			
	降水 D+F		○	◎	△	○	▲	△			
	共通	健全	○	◎	△	○	▲	△			
吹付け BFSC	人工海水	変質	○	△	△			▲		○	
	海水 B		○	○	△			▲		▲	
	海水 G		○	△	△			▲		○	
	降水 A		○	○	△	△	△	▲			
	降水 D+F		○	○	△	△	△	▲			
	共通	健全	○	○	△	△	△	▲			

◎：ピーク強度が強く明瞭　○：ピークが明瞭　△：ピーク強度が弱い　▲：ピークが非常に弱く不明瞭　無印：ピークが認められな

表 4-1- 10 ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（セグメント）

試験体	浸漬液	種類	C-S-H	Portlandite	Ettringite	Mono carbonate	Hemi carbonate	Calcite	Brucite	Friedel's salt	Aragonite
セグメント OPC	人工海水	変質	△	△	△			△	○	△	
	海水 B		○	○	△			○		▲	
	海水 G		○	◎				△		△	
	降水 A		○	◎	△			△			
	降水 D+F		○	◎		△		△			
	共通	健全	○	◎		△		△			
セグメント BFSC	人工海水	変質	○	△	△			△		○	
	海水 B		○	◎	△			▲		▲	
	海水 G		○	◎	△			△		○	
	降水 A		○	◎	△	△	▲	▲			
	降水 D+F		○	◎		△	▲	▲			
	共通	健全	○	◎		△	▲	▲			

◎：ピーク強度が強く明瞭　○：ピークが明瞭　△：ピーク強度が弱い　▲：ピークが非常に弱く不明瞭　無印：ピークが認められない

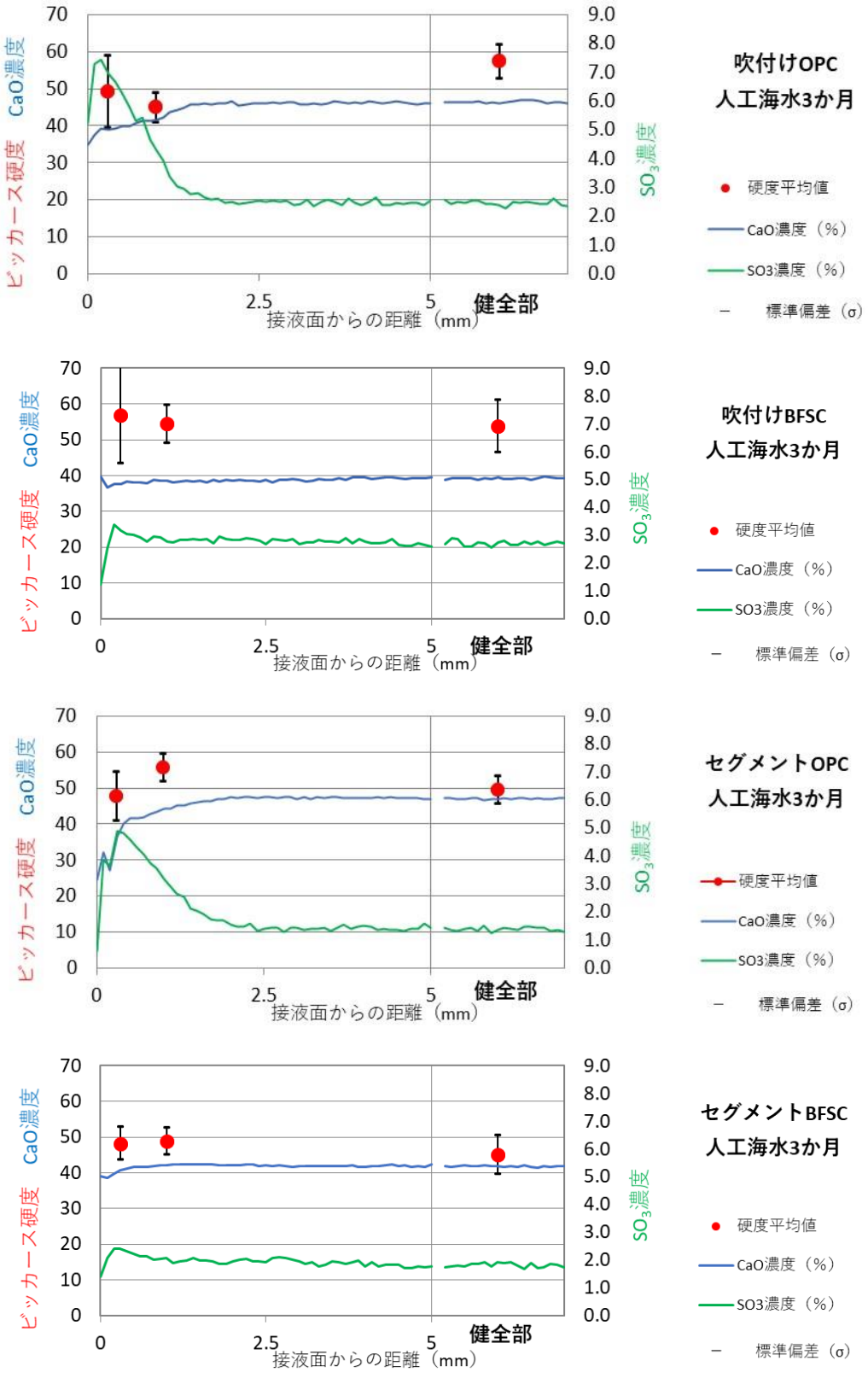


図 4-1- 15 人工海水浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係

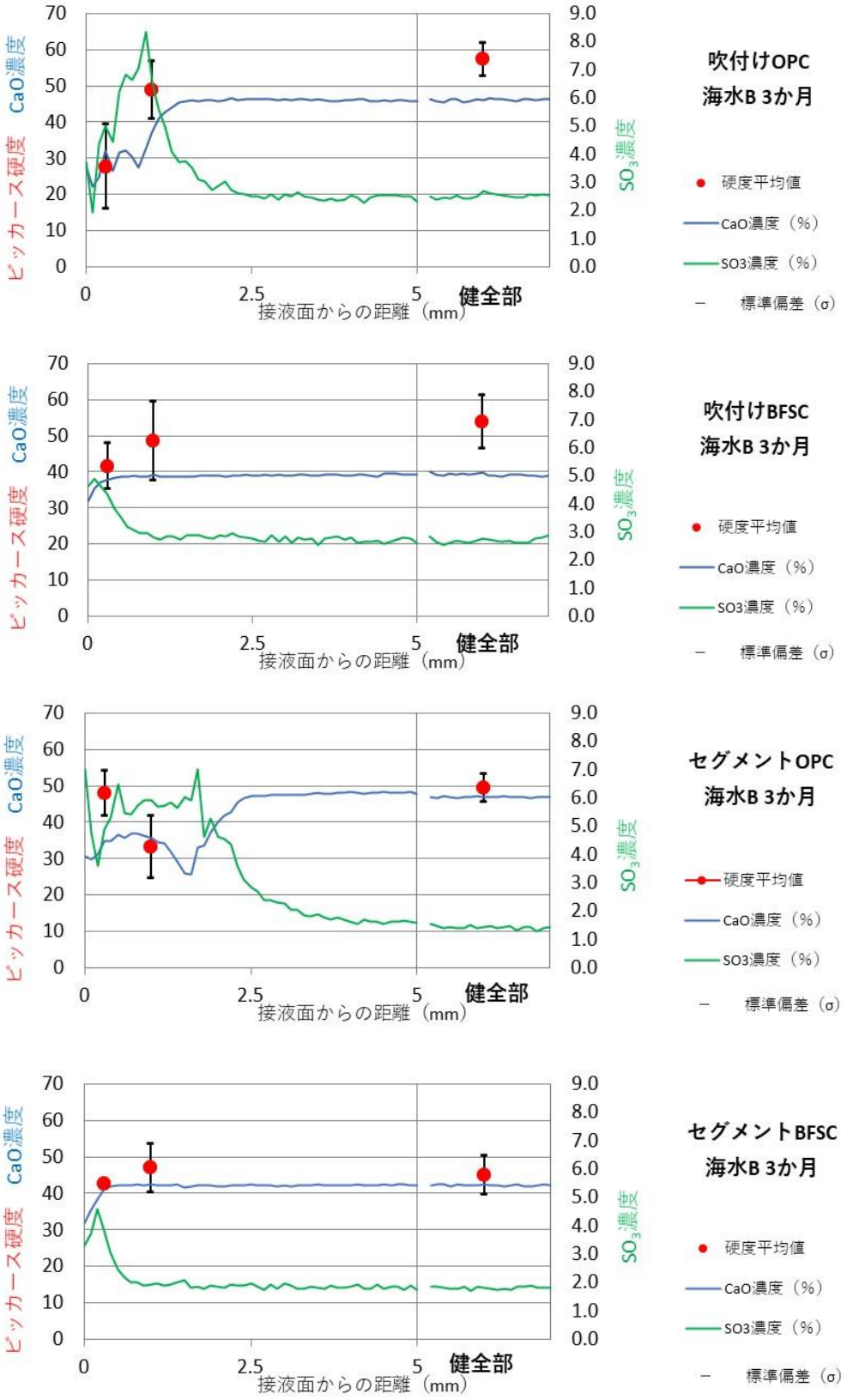


図 4-1- 16 海水 B 浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係

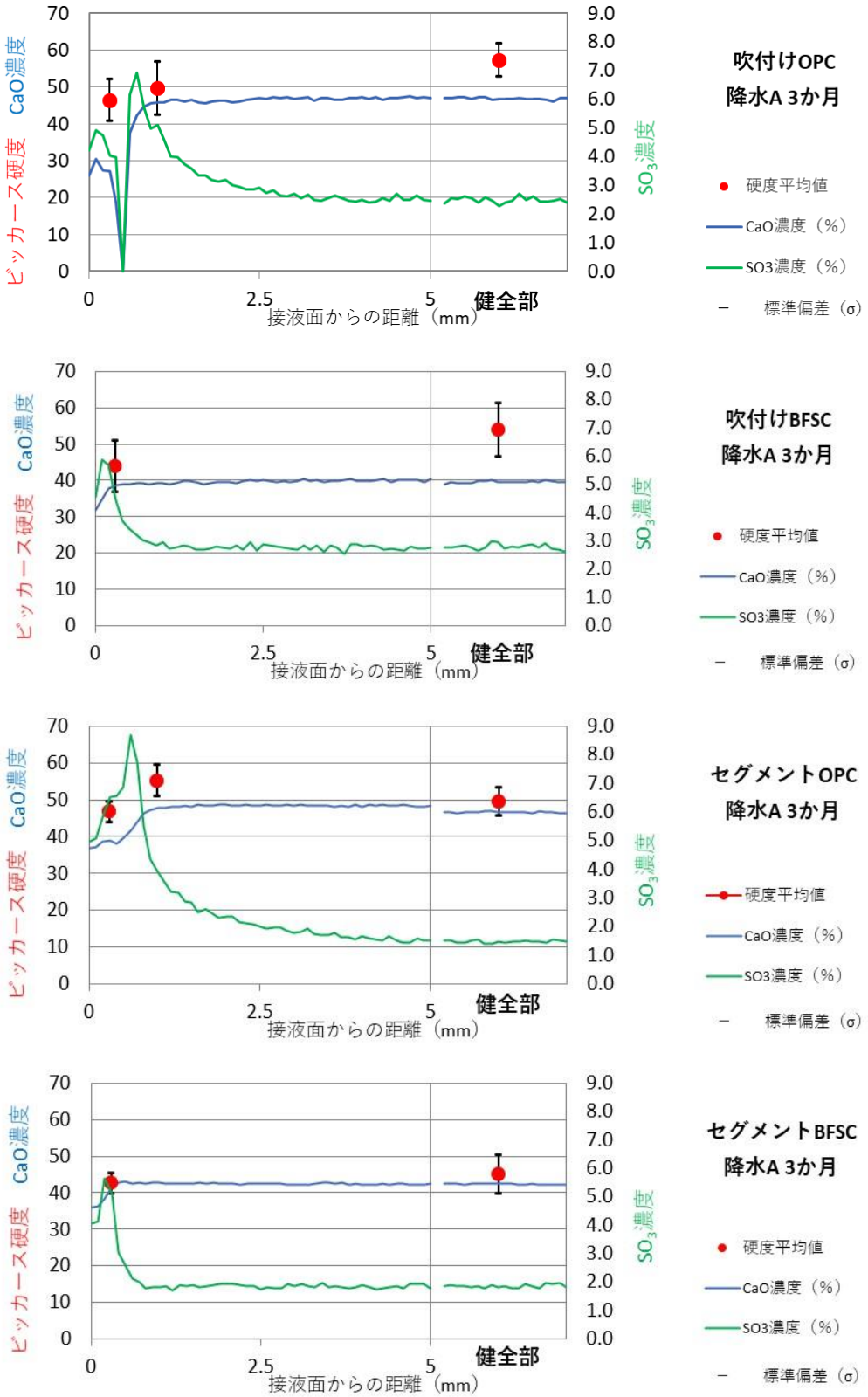


図 4-1- 17 降水 A 浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係

③ まとめ

セメント系材料の化学変質に伴う力学特性に関する検討を実施するため、沿岸部の地下で想定される地下水と支保工や覆工に使用が想定される OPC 及び BFSC のセメントペースト硬化体の化学変質と力学特性の関係についての試験を実施した。沿岸部の地下で想定される地下水として、令和２年度に実施した地下水のグループの内、人工海水、海水 B、海水 G、降水 A、降水 D+F について、吹付けコンクリート及びセグメントを想定したセメントペースト硬化体の化学変質と力学特性の関係を評価した。

人工海水に 3 か月間浸漬した試料では、接液面近傍で CaO の溶脱による濃度の低下が確認され、CaO の溶脱深さと同程度範囲で SO_3 の濃度の増加が確認された。ポルトランダイトや C-S-H の減少が確認されるとともに、フリーデル氏塩及びエトリンガイトの生成が確認され、これらの現象は接液面近傍の CaO 濃度の低下や Cl 及び SO_3 濃度の上昇と一致していた。OPC の接液面近傍の XRD 測定では、ブルーサイトの生成が確認された。ビッカース硬度の測定による力学特性は、浸漬試験期間が短いこともあり有意な変化は確認されていない。

海水 B に 3 か月浸漬した試料では、人工海水と同様に接液面近傍ので CaO の減少と SO_3 の増加が確認され、CaO 濃度の低下した領域は人工海水に比べて内部に到達していた。ポルトランダイトや C-S-H の減少が確認されるとともに、フリーデル氏塩及びエトリンガイトの生成が確認された。海水 B に浸漬した OPC は、分析のための試料の加工時に接液面近傍に試料の欠損や剥離を生じていて接液面近傍の強度が低下している可能性を示唆する結果となった。また、OPC の吹付け及びセグメントで接液面近傍のビッカース硬度の低下を確認した。

降水 A に 3 か月間浸漬した試料では、接液面近傍の CaO 濃度の低下と SO_3 濃度の上昇を確認しているが、海水 B と同様に CaO 濃度の低下領域に比べ SO_3 の濃度上昇領域の方が内部に広がっており、海水 B と同様に人工海水の SO_3 の増加領域より内部に進展していた。降水 A に浸漬した OPC の吹付けは、試料分析のための試料の加工時に接液面近傍に試料の欠損や剥離を生じていたが、ビッカース硬度の低下は確認されていない。

海水 G 及び降水 F+D に 3 か月間浸漬した試料は、浸漬試験の期間が短いこともあり、著し化学的な変質や力学特性の変化は確認されなかった。

簡易浸漬試験では模擬地下水の海水 A、海水 C+D、降水 B+C 及び降水 E に BFSC の吹付け及びセグメントについて浸漬試験を実施し、化学的な変質状況を確認した。３か月間浸漬試験を実施した試料の接液面を目視観察した結果、接液面での二次鉱物の析出や変色、ひび割れなどの変化を生じた試料は確認されなかった。

簡易浸漬試験で対象とした 4 種類の地下水に浸漬した試料では、令和２年度に実施したセメントの力学的特性に影響の大きい地下水グループへの１か月の簡易浸漬試験の結果比べ、何れもひび割れを伴う膨張や著しい溶脱を生じていないことが確認され、力学特性に影響する接液面からの明確な CaO の減少も確認されない。これらのことから、これらの

検討対象とした4種類の地下水グループは、詳細試験のグループの結果で把握可能と考えられる。

人工海水に浸漬した試料に比べ、Cl 濃度が低い海水 B 及び降水 A は、人工海水より SO_3 濃度が同等か低い場合でも、人工海水に浸漬した試料に比べて接液面近傍の CaO 溶脱や SO_3 の浸透が内部に進んでいることを確認した。また、3か月間の浸漬試験後に試料の表層が剥離したりビッカース硬度の低下が確認されたりするなど海水組成に比べて化学成分の濃度が低い地下水でも、力学特性への影響の大きい地下水が存在していることが確認された。

また、セメント種類による化学変質への影響は大きいが、吹付けコンクリートとセグメントの差は小さいことが確認された。

今後は、バルク状のセメントペーストの浸漬試験では、浸漬試験の期間が短く、十分な変質領域を確保して、地下水成分とセメントの反応に伴う化学変質と力学特性への影響についての十分な情報を得られていない。今後は、より長期の浸漬試験を実施してセメント硬化体の化学変質の進展と力学的特性の関係について体系的な整理を進める。

（６） 現実的条件及び材料におけるセメント系材料の力学的特性の評価手法に関する検討

本検討では、実環境における地下水流動を考慮した条件において、処分場での使用が想定されるコンクリートの化学変質挙動及び変質の進展について評価するとともに、変質に伴う力学的特性の変化を評価する。

令和３年度は、令和２年度に開始した吹付けコンクリート及びセグメントで処分場における部材周辺の現実的条件（セメント系材料と岩盤との接触部付近での地下水流動など）を模擬した試料の変質状況を確認するとともに、力学的特性の変化を評価した。また、流速や浸漬液を変えた水準の試験を開始し、変質状況を確認した。

① コンクリート試料の材料と配合

吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合を表 4-1- 11 に、セグメントの配合を表 4-1- 12 に示す。

表 4-1- 11 吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合

試験体の種類	W/C (%)	s/a (%)	混和材/粉体 (%)	単位量 (kg/m³)						
				W	C	BFS	S1	S2	G1	SP1 (B×%)
OPC	45	60	－	203	450	－	606	404	673	0.2
BFSC	45	60	45	203	248	203	600	400	667	0.2

混和材はセメント量に含む（B)。OPC は C、BFSC は C+BS

表 4-1- 12 セグメントの配合

試験体の種類	W/C (%)	s/a (%)	混和材/粉体 (%)	単位量 (kg/m³)								
				W	C	BFS	FA	S1	S2	G2	G3	SP (B×%)
OPC	40	40	－	140	350	－	－	467	311	467	701	0.5
BFSC	40	40	45	140	192	158	－	464	309	464	697	0.4
FAC	40	40	30	140	245	－	105	458	305	458	687	0.3

混和材はセメント量に含む（B)。OPC は C、BFSC は C+BS、FAC は C+FA

② フロースルー試験

(a) 試験条件

吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準を表 4-1- 13 に、試験条件を表 4-1- 14 に、概略図を図 4-1- 18 に示す。

試験体は 50 mm×50 mm×長さ 200 mm とし、吹付け型枠面を接液面にして、その他の面を被覆した。令和 3 年度から開始した降水 A 及び実地下水②（FGB-2_167.70～171.78 m）の流速は、令和 2 年度に開始した人工海水と同じとした。また、人工海水で流速を令和 2 年度と変更する水準の流速は、試験溶液とコンクリートとの反応がコンクリートの表面から内側か外側のどちらに進むのか令和 2 年度開始した水準との比較が可能な条件として、現実的な速度で十分に速い令和 2 年度の 10 倍で開始した。

(b) 分析項目及び分析方法

分析項目は、低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価、元素組成分布、鉱物相の同定、ビッカース硬度及び空隙径分布とし、分析方法は（５）②のセメント系材料の化学変質に伴う力学特性に関する検討の詳細浸漬試験と同一とした。

表 4-1- 13 吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準

模擬地下水	人工海水			人工海水 流速変更			実地下水②			降水 A		
セメン下水名	1M	10M	30M	3M	10M	20M	3M	10M	20M	3M	10M	20M
OPC	●	○	△	◎	△	△	◎	△	△	◎	△	△
BFSC	●	○	△	◎	△	△	◎	△	△	◎	△	△

●：令和 2 年度実施済

○：令和 2 年度に開始した試験を継続し、2021 年度に試料の各分析を実施

◎：令和 3 年度に試験を開始し、元素組成分布の分析を実施

△：令和 3 年度の結果に基づき、以後の試験を設定する

実地下水②：FGB-2_214.75～220.52 m

表 4-1- 14 吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験条件

項目		詳細
試験体条件	試料形状	開放面 50 mm×50 mm、長さ 200 mm 角柱
	開放面	吹付け型枠面
	前養生	打設後、常温で封緘養生
模擬地下水条件	流速 1	0.12 ml／cm²／日程度（2.9 ml／1 試料面/日）
	流速 1 の水準の試験の液性	模擬地下水：人工海水（2020 年度開始） 模擬地下水：降水 A（2021 年度開始） 実地下水②（2021 年度開始）
	流速 2	1.2 ml／cm²／日程度（29 ml／1 試料面/日）
	流速 2 の水準の試験の液性	人工海水（2021 年度開始）
その他	接液面状態	開放面の上部に 1 mm 幅の模擬流路

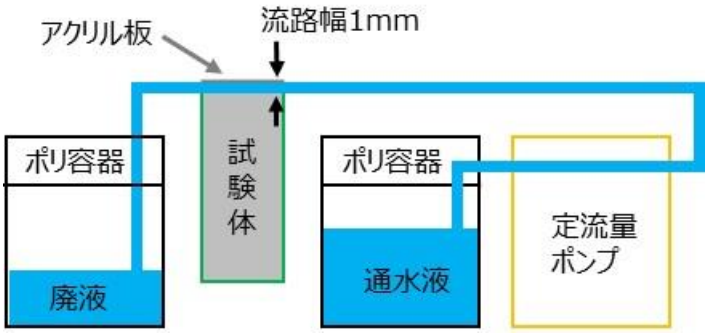


図 4-1- 18 フロースルー試験の模式図

(c) 試験結果

フロースルー試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧を表 4-1- 15 に、フロースルー試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係（吹付け）を図 4-1- 19 に示す。

また、低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価、空隙分布および元素組成分布のそれぞれの結果の詳細については、Appendix VIに示す。

10 か月間人工海水をフローした後の OPC 吹付けコンクリートは、接液面から 1 mm 程度、BFSC の吹付けコンクリートでは 0.5 mm 程度の範囲で CaO 濃度のわずかな低下が観察されている。MgO 及び Na_2O 濃度は、OPC 及び BFSC ともに液面近傍の 0.5 mm 程度までの範囲で著しい濃度の上昇が観察された。Na_2O 濃度は表面部の濃度上昇を除き内側 5 mm 程度までの範囲で濃度低下を生じている。SO_3 は OPC 吹付けコンクリートでは、接液面から 2.5 mm 程度の深さまで濃度の上昇が確認され、内部と比べ 5 %程度の濃度の上昇が確認された。 BFSC 吹付けコンクリートでは接液面から 1.5 mm 程度の深さまで 2 %程度の SO_3 濃度の上昇が確認された。Cl 濃度は、OPC 吹付けコンクリートで 20 mm 程度、BFSC 吹付けコンクリートで 10 mm 程度まで濃度上昇が確認された。他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 については濃度の変化は確認されていない。

人工海水フロースルー試験後の変質部では、モノカーボネートの消失、ポルトランダイト及び C-S-H の消失または減少が確認された。一方、健全部では確認できないブルーサイト及びフリーデル氏塩の生成とエトリンガイトの増加が確認された。これは、接液面からの Ca の溶脱によりポルトランダイト及び C-S-H が溶解し、モノカーボネートを構成する炭酸と硫黄が置換することでエトリンガイトを生成したと考えられる。また、セメントから供給されるアルカリと Mg が反応してブルーサイトを生成したと考えられる。

人工海水フロースルー試験を 10 か月間実施した OPC 及び BFSC 吹付けコンクリートは、接液面近傍の CaO の溶脱やエトリンガイトの増加が確認されているが、ビッカース硬度の低下は確認されていない。

3 か月間降水 A をフローした後の OPC 吹付けコンクリートは、接液面近傍の（0.5 mm 程度）で CaO 濃度のわずかな低下が観察されている。SO_3 は接液面から OPC 及び BFSC 吹付けコンクリートで接液面から 1mm 程度の深さまで濃度の上昇が確認され、OPC では接液面近傍で 2%程度の濃度上昇が確認された。Na_2O 濃度及び K_2O 濃度は、コンクリートの接液面でわずかな濃度上昇が観察され、表面部の濃度上昇部を除き接液面の内側 5 – 10 mm 程度までの範囲で濃度低下を生じている。その他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO 及び Cl については濃度の変化は確認されていない。

3 か月間実地下水降水 FGB-2_167.70～171.78 m をフローした後のすべてのコンクリート接液面近傍でわずかな CaO 濃度の低下が観察されている。MgO 濃度は、全てのコンクリートで接液面近傍の 0.3mm 程度までの範囲で著しい濃度の上昇が観察された。SO_3 濃度は OPC 吹付けコンクリートのみ接液面から 10 mm 程度の深さまで上昇が確認され、

BFSC 吹付けコンクリートでは接液部近傍で濃度の低下が確認された。Na_2O 濃度及び K_2O 濃度は接液面から 10 - 20 mm 程度の範囲で濃度の低下が確認された。Cl 濃度は、OPC 吹付けコンクリートで接液面から 15 mm 程度内部まで濃度の上昇が確認され、BFSC 吹付けコンクリートでは 5 mm 程度まで濃度上昇が確認された。その他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 については濃度の変化は確認されていない。

3 か月間流速を 10 倍に早くした人工海水をフローした後の OPC 及び BFSC の吹付けコンクリートでは、接液面から 1 mm 程度の範囲でわずかな CaO 濃度の低下が観察されている。MgO 濃度は、OPC 及び BFSC の吹付けコンクリートで接液面近傍の 0.3 - 0.5 mm 程度までの範囲で著しい濃度の上昇が観察された。SO_3 濃度は OPC 及び BFSC 吹付けコンクリートで接液面から 1 mm 程度の深さまで上昇が確認された。Na_2O 濃度及び K_2O 濃度は接液面から 5 mm 程度の範囲で濃度の低下が確認された。Cl 濃度は、OPC 吹付けコンクリートで接液面から 15 mm 程度内部まで、BFSC 吹付けコンクリートでは 6 mm 程度まで濃度上昇が確認された。その他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 については濃度の変化は確認されていない。

表 4-1- 15 フロースルー試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧

試験体	種類	C-S-H	Portlandite	Ettringite	Mono carbonate	Calcite	Quartz	Brucite	Friedel's salt	Aragonite
吹付け OPC	変質	▲	△	△		◎	○	○	○	
	健全	△	◎	▲	○	◎	○			
	初期	△	◎	▲	○	◎	○			
吹付け BFSC	変質			△		◎	△	○	○	
	健全	△	○	▲	○	◎	○			
	初期	△	○	▲	○	◎	○			

◎：ピーク強度が強く明瞭　○：ピークが明瞭　△：ピーク強度が弱い

▲：ピークが非常に弱く不明瞭　無印：ピークが認められない

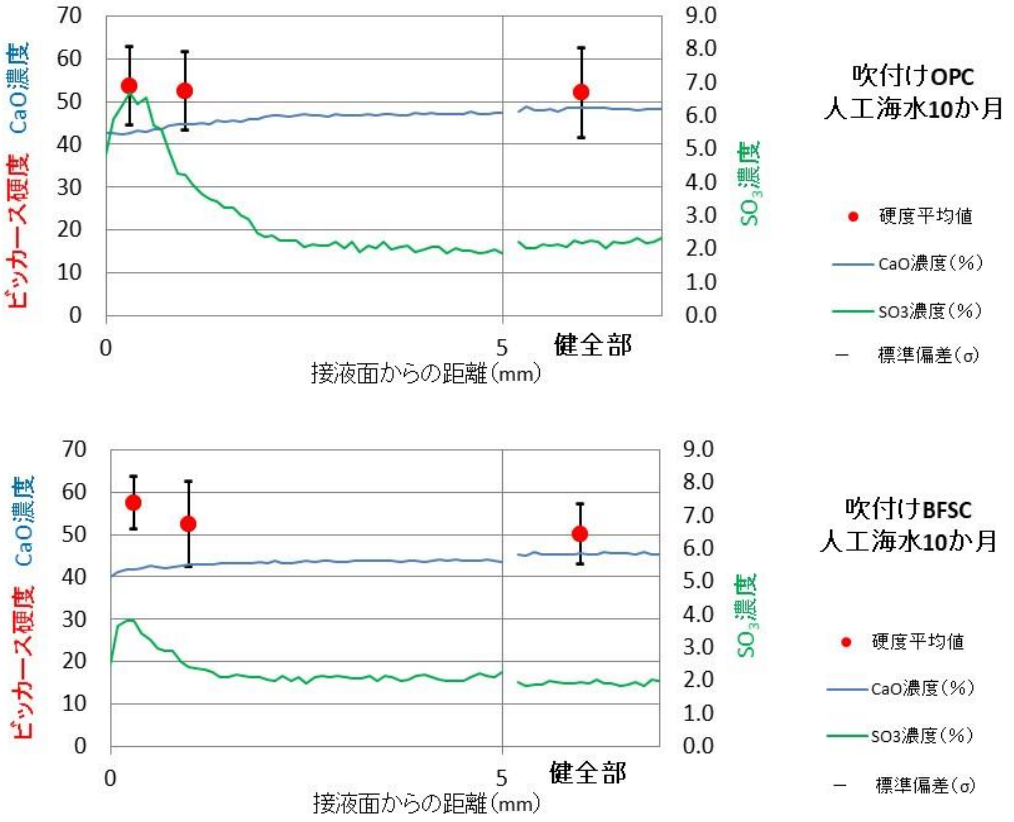


図 4-1- 19 フロースルー試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係

③ 浸漬試験

(a) 試験条件

セグメントの浸漬試験の試験水準を表 4-1- 16 に、浸漬試験条件を表 4-1- 17 に、浸漬試験の模式図を図 4-1- 20 に示す。

試験体はΦ100 mm×長さ 200 mm を長手方向に 1/4 にカットした扇形とし、型枠面（底面）の一面を接液面にして、その他の面を被覆した。浸漬液量は試料 1 試料あたり 500 ml とし、密閉容器に封入した。

(b) 分析項目及び分析方法

分析項目は、低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価、元素組成分布、鉱物相の同定、ビッカース硬度及び空隙径分布とし、分析方法は（５）②のセメント系材料の化学変質に伴う力学特性に関する検討の詳細浸漬試験と同一とした。

表 4-1- 16 セグメントの浸漬試験の試験水準

地下水名	人工海水（海水 I）			実地下水②			降水 A		
セメント種類	1M	10M	30M	3M	10M	20M	3M	10M	20M
OPC	●	○	△	◎	△	△	◎	△	△
BFSC	●	○	△	◎	△	△	◎	△	△
FAC	●	○	△	-	-	-	-	-	-

●：令和 2 年度実施済

○：令和 2 年度に開始した試験を継続し、令和 3 年度に試料の各分析を実施

◎：令和 3 年度に試験を開始し、元素組成分布の分析を実施

△：令和 3 年度の結果に基づき、以後の試験を設定する

実地下水②：FGB-2_214.75～220.52m

表 4-1- 17 セグメントの浸漬試験条件

項目		詳細
試験体条件	試料形状	開放面Φ100 mm の 1/4 の扇形、長さ 200 mm
	開放面	型枠面（底面）
	前養生	常温で封緘養生、セグメントは 60℃で 2 時間の蒸気養生後常温で封緘養生
模擬地下水条件	液性	模擬地下水：人工海水（令和 2 年度開始） 模擬地下水：降水 A（令和 3 年度開始） 実地下水②（令和 3 年度開始）
	液固比	500 ml／試料
その他	接液面状態	開放面を下向き静置（補助台を設ける）

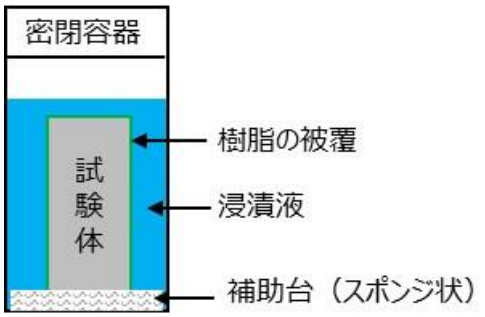


図 4-1- 20 セグメントの浸漬試験の模式図

(c) 試験結果

浸漬試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧を表 4-1- 18 に、浸漬試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係を図 4-1- 21 に示す。

また、低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価、空隙分布および元素組成分布のそれぞれの結果の詳細については、Appendix VIに示す。

10 か月間人工海水に浸漬した後のセグメントは、OPC で 4 mm 程度の CaO 濃度の低下が観察されており、BFSC 及び FAC のセグメントでは接液面近傍のみでわずかな濃度の低下を確認した。MgO 濃度は、全てのセメントで接液面近傍の 0.5 mm 程度の範囲で著しい濃度の上昇が観察された。SO_3 は接液面から OPC で 4 mm 程度の深さまで濃度の上昇が確認され、BFSC では 2 mm 程度の範囲で高くなっていたが、FAC では濃度の上昇は確認されていない。Cl 濃度は、OPC セグメントで接液面から 40 mm 内部まで濃度の上昇が確認され、BFSC で 15 mm 程度、FAC で 10 mm 程度まで濃度上昇が確認された。Na_2O 濃度は表面部の濃度上昇を除き内側 10 mm 程度までの範囲で濃度低下を生じている。他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 については濃度の変化は確認されていない。

人工海水浸漬試験後の変質部では、モノカーボネートの消失、ポルトランダイト及び C-S-H の消失または減少が確認された。一方、健全部では確認できないフリーデル氏塩の生成とエトリンガイトの増加が確認された。フロースルー試験で確認されたブルーサイトの生成は確認されていない。一方、海水環境下の Ca の炭酸化で生成するアラゴナイトの生成が確認されている。これは、フロースルー試験と同様に接液面からの Ca の溶脱によりポルトランダイト及び C-S-H が溶解し、モノカーボネートを構成する炭酸と硫黄が置換することでエトリンガイトを生成したと考えられる。

人工海水に 10 か月間浸漬した OPC、BFSC 及び FAC のセグメントは、接液面近傍の CaO の溶脱やエトリンガイトの増加が確認されているが、ビッカース硬度の低下は確認されていない。

3 か月間降水 A に浸漬した後の OPC セグメントは、接液面から 1 mm 程度、BFSC は 0.5 mm 程度の範囲で CaO 濃度のわずかな低下が観察されている。SO_3 は接液面から OPC セグメントで接液面から 3 mm 程度の深さまで濃度の上昇が確認され、接液面近傍では 4 %程度の濃度上昇が確認された。BFSC のコンクリートでは、接液面から 3 mm 程度内部まで SO_3 濃度の上昇が確認された。Na_2O 濃度は、全てのコンクリートで接液面近傍 0.5 mm 程度までの範囲で著しい濃度の上昇が観察された。Na_2O 濃度及び K_2O 濃度は表面部の濃度上昇部を除き接液面の内側 10 – 20 mm 程度の範囲でわずかな濃度低下を生じている。その他の SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO 及び Cl については濃度の変化は確認されていない。

3 か月間実地下水 FGB-2_167.70～171.78 m に浸漬した OPC 及び BFSC セグメントの接液面近傍でわずかな CaO 濃度の低下が観察されている。MgO 濃度は、OPC 及び BFSC で接液面近傍の 0.3 mm 程度までの範囲で著しい濃度の上昇が観察された。SO_3 濃度は、

OPC 及び BFSC のセグメントで濃度の変化は確認されていない。Na2O 濃度及び K2O 濃度は接液面から 10 – 20 mm 程度の範囲で濃度の低下が確認された。Cl 濃度は、OPC で接液面から 15 mm 程度内部まで濃度の上昇が確認され、BFSC のコンクリートでは 7 mm 程度まで濃度上昇が確認された。その他の SiO2、Al2O3、Fe2O3 については濃度の変化は確認されていない。

表 4-1- 18 浸漬試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧

試験体	種類	C-S-H	Portlandite	Ettringite	Mono carbonate	Calcite	Quartz	Brucite	Friedel's salt	Aragonite
セグメント OPC	変質	▲	▲	△		◎	○		△	○
	健全	△	◎		▲	◎	○			
	初期	△	◎		▲	◎	△			
セグメント BFSC	変質	▲		▲		◎	▲		○	
	健全	△	○		△	◎	○			
	初期	△	○		△	◎	△			
セグメント FAC	変質	▲		▲		◎	○		○	○
	健全	△	○		△	◎	○			
	初期	△	○		△	◎	○			

◎：ピーク強度が強く明瞭　○：ピークが明瞭　△：ピーク強度が弱い

▲：ピークが非常に弱く不明瞭　無印：ピークが認められない

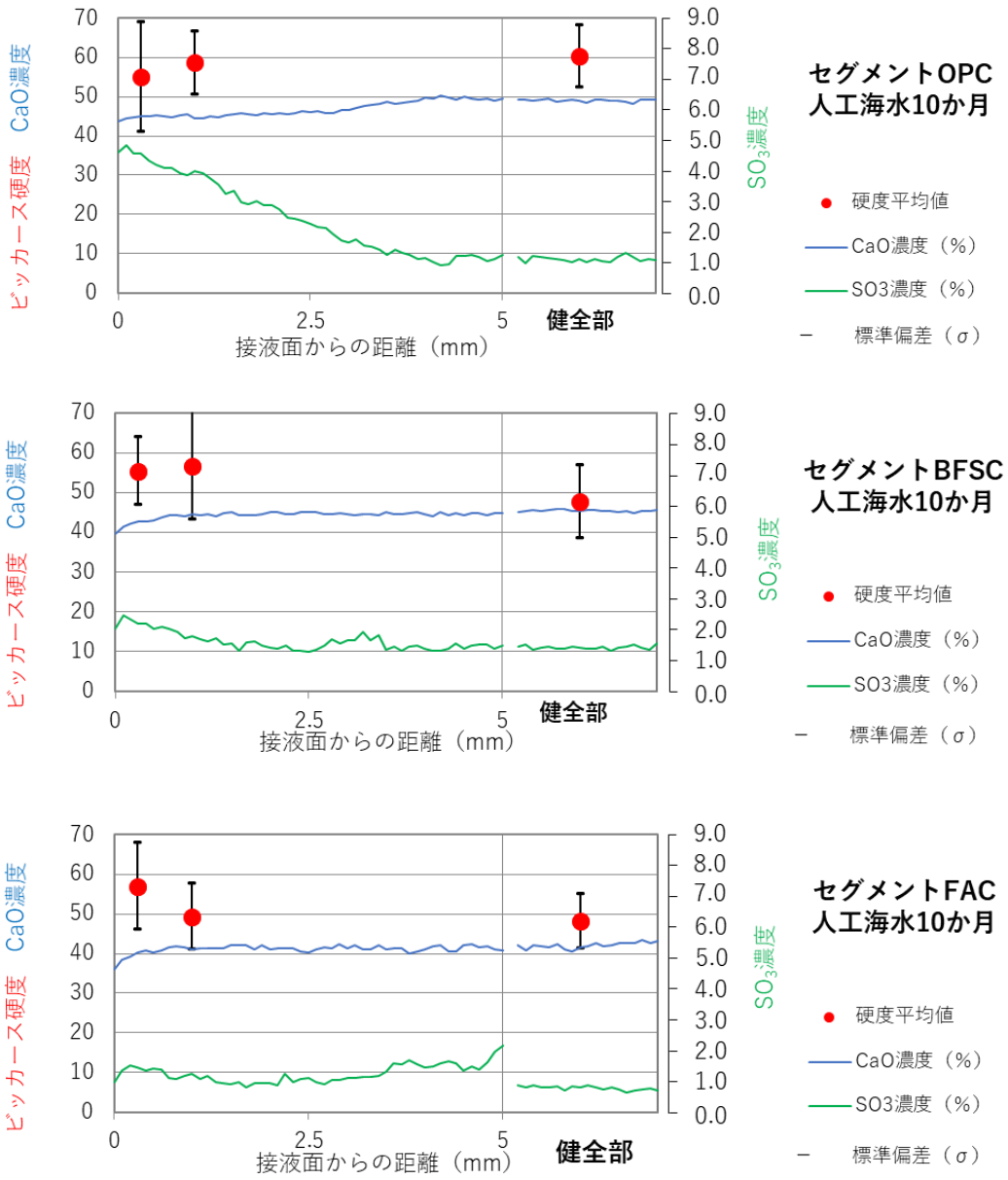


図 4-1- 21 浸漬試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係

④ 二次鉱物生成確認試験

(a) 試験条件

本試験では、(1)の②で述べたように、海洋環境下でのコンクリートの表面に二次鉱物が生成した事例、生成しない事例があることから、沿岸部の処分場を想定した地下水条件で、コンクリートの接液面への二次鉱物生成状況を確認する。2021 年度は、2020 年度に浸漬を開始した試料について、浸漬期間 10 か月経過後に目視にてコンクリート表面の二次鉱物生成状況を確認した。コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準を表 4-1- 19 に、試験条件を表 4-1- 20 に、概略図を図 4-1- 22 に示す。

表 4-1- 19 コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準

地下水名		人工海水	海水 G	降水 A	降水 D+F
コンクリート種類	セメント種類	30M まで浸漬継続	30M まで浸漬継続	30M まで浸漬継続	30M まで浸漬継続
吹付けコンクリート	OPC	○	○	○	○
	BFSC	○	○	○	○
セグメントコンクリート	OPC	○	○	○	○
	BFSC	○	○	○	○

表 4-1- 20 コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験条件

項目		詳細
試験体条件	試料形状	開放面Φ100mm の 1/4 の扇形、長さ 50mm
	開放面	型枠底面
	前養生	打設後（セグメントは 60℃で 2 時間の蒸気養生後）、常温で封緘養生
模擬地下水条件	液性	模擬地下水：人工海水、海水 G、降水 A、降水 D+F
	液固比	500ml／試料
その他	接液面状態	開放面を下向き静置（補助台を設ける）

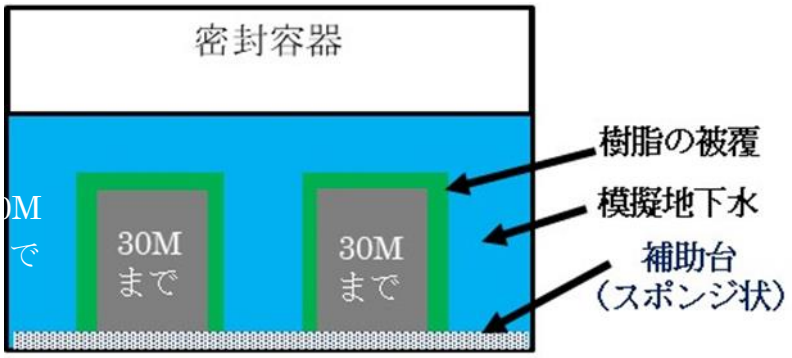


図 4-1- 22 コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験の概略図

(b) 試験結果

コンクリートの接液面への二次鉱物生成確認（目視観察）を表 4-1- 21 に示す。

浸漬期間 10 か月経過後、目視にて接液面に二次鉱物が生成しているか確認した。以下、模擬地下水ごとに結果を記す。

二次鉱物生成確認試験の結果の詳細は、Appendix Ⅲに示す。

・人工海水に浸漬したコンクリートは、いずれも接液面に二次鉱物が析出した。目視で判断できる析出物の占める面積や厚さは、吹付け、セグメントともに OPC のほうが BFSC よりも顕著であった。また、同様に目視で判断できる析出物は浸漬期間 1 か月と比較し、浸漬期間 10 か月の方が顕著であった。

・海水系で HCO_3 濃度が高い海水 G に浸漬したコンクリートは、OPC には吹付け及びセグメントともに接液面への二次鉱物の生成が認められたが、BFSC には二次鉱物の生成は認められない。OPC の析出物は浸漬期間 1 か月と比較し、浸漬期間 10 か月の方が顕著であった。

・降水系で SO_4 濃度が高い降水 A に浸漬したコンクリートは、BFSC では、吹付け及びセグメントともに接液面への二次鉱物の生成が認められた。なお、同浸漬条件では、浸漬期間 1 か月においては、接液面への二次鉱物の生成が認められていなかった。

・降水系で HCO_3 濃度が高い降水 D+F に浸漬したコンクリートは、目視観察で判断できる範囲では、いずれの試験体においても二次鉱物の析出は認められなかった。

表 4-1- 21 コンクリートの接液面への二次鉱物生成確認（目視観察）

模擬 地下水	接液面の二次鉱物の有無 上段：浸漬期間 10 か月 （下段：浸漬期間 1 か月）			
	吹付け コンクリート		セグメント コンクリート	
	OPC	BFSC	OPC	BFSC
海水 I （人工海水）	有 （有）	有 （有）	有 （有）	有 （有）
海水 G	有 （有）	無 （無）	有 （有）	無 （無）
降水 A	無 （無）	有 （無）	無 （無）	有 （無）
降水 D+F	無 （無）	無 （無）	無 （無）	無 （無）

⑤ まとめ

人工海水を吹付けコンクリートの型枠面に対して 10 か月間フロースルー試験を実施した結果、接液面近傍の Ca 濃度の低下と SO_3 濃度の上昇を確認した。セメントの種類による変質速度は、OPC に比べ BFSC の方が遅く、Cl の浸透深さは、OPC で 20 mm 程度、BFSC で 10 mm 程度であった。10 か月間人工海水をフロースルー試験した OPC 及び BFSC の吹付けコンクリートは、Ca の溶脱やエトリンガイトの増加が確認されているが、ビッカース硬度の低下は確認されていない。3 か月間降水 A、実地下水 FGB-2_167.70～171.78 m 及び人工海水の流速を 10 倍にしたフロースルー試験の結果、接液面近傍の Ca 濃度の低下と SO_3 濃度の上昇を確認した。Cl の浸透深さは、何れの地下水を流した試験においても OPC の方が BFSC よりも深くなっていた。

10 か月間人工海水に浸漬していたセグメントは、OPC では接液面から 4 mm 程度の Ca 濃度の低下を確認しているが、BFSC 及び FAC は接液面近傍でわずかな濃度低下が確認されたのみであった。人工海水に 10 か月間浸漬した OPC、BFSC 及び FAC のセグメントは、接液面近傍で CaO の溶脱やエトリンガイトの増加が確認されているが、ビッカース硬度の低下には至っていない。 3 か月間降水 A に浸漬したセグメントは、OPC で接液面から 1 mm 程度、BFSC で 0.5 mm 程度の CaO の溶脱が確認されているが、SO_3 は接液面から 3 mm 程度まで濃度上昇が確認されており、CaO の溶脱領域より内部名で SO_3 濃度の上昇が確認されている。3 か月間実地下水 FGB-2_167.70～171.78m に浸漬したセグメントでは、接液面近傍の CaO の溶脱と SO_3 のわずかな濃度上昇が確認され、MgO は接液面から 0.3 mm 程度の範囲で濃度の上昇が確認されている。

二次鉱物生成確認試験では、海水系の模擬地下水に浸漬した OPC で全ての水準で二次鉱物の生成が確認されており、降水系模擬地下水に浸漬した水準では全て二次鉱物の生成は確認されなかった。一方、BFSC では、人工海水及び降水 A に浸漬したすべての水準で二次鉱物の生成が確認されているのに対して、海水 G 及び降水 D+F では全ての水準で二次鉱物の生成が確認できない結果となった。

人工海水を 10 か月間通水した OPC 及び BFSC の吹付けコンクリートは、接液面近傍で CaO の溶脱やエトリンガイトの増加を確認しているが、試験期間が短いこともあり力学特性として測定したビッカース硬度の有意な低下は確認されなかった。同様に、人工海水に 10 か月間浸漬した OPC、BFSC 及び FAC のセグメントは、接液面近傍で CaO の溶脱やエトリンガイトの増加を確認しているが、試験期間が短いこともあり力学特性として測定したビッカース硬度の有意な低下は確認されなかった。

今後は、現実的な材料として条件を模擬した吹付けコンクリート及びセグメントの地下水成分との反応に伴う化学変質と力学特性への影響について、これまで実施している人工海水との相互作用に関する試験を継続してコンクリートの化学変質が力学的特性に与える影響に関する情報を整備する。また、降水系地下水（降水 A）及び実地下水との反応によ

る化学変質が力学特性与える影響を評価し、沿岸部におけるコンクリートの化学変質と力学特性に関する知見を整備するとともに、変質解析の検証データとして活用する。

（7） 地下水や材料の種類に応じた強度推定手法の検討

沿岸部における多様な地下水によるコンクリートの化学的変質とそれに伴う力学特性の変化に関して、、相平衡多元素移動計算コード(Hosokawa et al., 2011)や強度予測モデルを組み合わせた予測手法の構築にあたり、以下の検討を行う。化学変質と力学特性推定手法の検討工程を表 4-1- 22 に示す。

・最新データベースを反映した解析コードによる地下水の浸透計算(令和 3 年度)

地下水との反応で生じる二次鉱物である M-S-H の熱力データを追加するとともに、C-S-H に対する Al の固溶を考慮した C-A-S-H 固溶体モデルを導入することで相平衡計算を高度化する。固体の外部に二次鉱物が生成しない条件の浸漬試験結果との比較によりモデルの検証とパラメータの検討を行う。

・外部析出現象の再現検討(令和 3 年度-令和 4 年度)

コンクリート外部に析出層を設定したモデル体系を構築し、二次鉱物の析出現象を計算により再現する手法を検討する。

・外部析出物を考慮したコンクリートの変質予測手法の検討(令和 5 年度)

上記で検討した解析コードを使用して、「現実的条件を模擬したコンクリートの変質試験」の一部と同様の条件で計算を行う。計算結果と実験結果の比較から外部析出物の物性に関するパラメータを検討する。

・強度予測モデルの検討(令和 4 年度-令和 5 年度)

実験で取得する鉱物相の変質と機械的特性変化のデータと計算結果から、人工海水を対象として機械的特性が変化する領域の進展を予測する手法を検討する。

表 4-1- 22 化学変質と力学特性推定手法の検討工程

項目	令和 3 年	令和 4 年	令和 5 年
(1) 最新データベースを反映させた解析コードによる地下水の浸透計算	━━		
(2) 外部析出現象の再現検討	━━	━━	
(3) 外部析出を考慮したコンクリートの変質予測手法の検討			━━
(4) 強度予測モデルの検討		━━	━━

① 最新データベースを反映した解析コードの高度化

地下水との反応で生じる二次鉱物である M-S-H の熱力学データを追加するとともに、C-S-H に対する Al の固溶を考慮した C-A-S-H 固溶体モデルを導入することで相平衡計算を高度化する。固体の外部に二次鉱物が生成しない条件の浸漬試験結果との比較によりモデルの検証とパラメータの検討を行った。

(a) 解析コードの概要

各鉱物の反応式とその熱力学的平衡定数を表 4-1- 23 に、解析コードに反映した M-S-H の反応式とその熱力学的平衡定数を表 4-1- 24 に、C-A-S-H 溶解平衡モデルの反応式とその熱力学的平衡定数を表 4-1- 25 に、細川らの C-A-S-H の Na、K 収着モデルを表 4-1- 26 に示す。平成 30 年度に使用した相平衡多元素移動計算コードのモデル模式図を図 4-1- 23 に、解析に必要な入力条件の各項目並びに解析のフローを図 4-1- 24 に示す。

本解析コードは、複数の劣化因子がコンクリート内部に浸透する現象、並びに浸透した劣化因子がセメント成分に化学的に作用し劣化を引き起こす現象を、有限要素法と熱力学的相平衡を組み合わせることによって計算するものであり、時間の経過に伴い変化する硬化体中の液相・固相の組成を定量化することができる。液相化学種は図 4-1- 23 のとおり液相中を 1 次元の物質移動モデルに従って移動するものとした。一方、固相中の水和物は、溶解、析出、表面吸着により液相中の液相化学種との間で物質の授受が生じ、その挙動については熱力学的相平衡モデルに従うものとした。

本モデルでは材料条件としてセメントの化学分析値を直接用いることが可能である。相平衡計算を用いることにより、初期条件である固液相組成が化学分析値、鉱物の反応率、配合から算定される。物質移行モデルにおける各種液相化学種の液相中での移動は、Nernst-Planck 式に基づく質量保存則、並びに、液相化学種の移動に伴い生じる静電ポテンシャルφに関する Poisson 方程式に従うものとした。また、物質移動によって水和物が生成、溶解することで、コンクリート中の空隙率は変化し、コンクリートの物質移動抵抗性及び水分の気液相平衡も変化し、物質移行に影響すると考えられている。したがって、本解析コードでは、拡散係数の算出にコンクリート中のイオンの拡散係数を、ペースト硬化体の拡散係数及び骨材量から算出する横関ら(2003)の式及び空隙の変化を基に硬化体の構造因子を計算し硬化体の拡散係数を算出する Garboczi ら(1992)の式を組み合わせることで、時間や場所によって変化する空隙率を物質移行に反映することを可能にした。

本連成コードにおける熱力学的相平衡モデルは、アメリカ地質調査所(USGS)が開発している地球化学コード PHREEQC (Parkhurst and Appelo, 1999)を熱力学的相平衡計算ツールとして用い、主要なセメント水和物を実装したデータベースを用いることで、セメント硬化体の相組成の計算を可能にしている。

(b) 相平衡計算の高度化

平成 30 年度の検討では前述の示した解析コードを使用して海水成分の浸透評価を行ったが、本検討に適用するにあたって、以下の点において検討が必要であった。

・沿岸域の地下水との反応によって生成すると予測される鉱物相であるマグネシウムシリケート水和物(M-S-H)をデータベースに追加する。

・鉱物生成において影響が大きいセメントの主要水和物である C-S-H には Al が固溶していることが一般的に知られており、また、海水系の地下水において生成するフリーデル氏塩の生成には Al 量の影響が大きく作用するため、C-S-H 固溶体モデルを、C-A-S-H 固溶体モデルに入れ替える。

以上について最新のデータベースや文献情報を反映し、解析コードの高度化を行った。

1) M-S-H データベースの反映

表 4-1- 24 に示される M-S-H の熱力学データを解析コードに反映した。

2) C-A-S-H 固溶体モデルの反映

平成 30 年度の解析には、Nonat ら(2004)の提唱する C-S-H の溶解平衡モデルを PHREEQC に実装したモデルを使用した。Nonat らの C-S-H 溶解平衡モデルは、C-S-H 内の層状ケイ酸塩構造を構成するシリケート 2 量体の溶解平衡と、層状ケイ酸塩のシラノール基-SiOH の反応に関する複数の反応式で構成され、各反応式に対し熱力学的平衡定数が与えられている。また、表面の電荷状態も考慮されている。

Haas らは、Nonat らの C-S-H 溶解平衡モデルを発展させた C-A-S-H の溶解平衡モデル(Haas et al., 2015)を提唱している。Haas らの C-A-S-H 溶解平衡モデルでは、C-S-H 内の層状ケイ酸塩構造とアルミン酸イオン $Al(OH)^{4-}$ との反応に関する複数の反応式が追加されており、各反応式に対し熱力学的平衡定数が与えられている。

本検討では、Haas らの報告値を基に、表 4-1- 25 に示す C-A-S-H 溶解平衡モデルを解析コードに実装し、C-A-S-H の相組成の計算を可能とした。

3) C-A-S-H の Na、K 収着の反映

C-A-S-H は Na、K を収着することが知られており、固相と液相中の液相化学種との間の物質の授受を解析する上で、C-A-S-H の Na、K 収着を考慮することは重要である。本解析コードでは、Haas らの C-A-S-H 溶解平衡モデルに、表 4-1- 26 に示すシラノール基-SiOH 及びアルミノール基-AlOH と Na、K の反応を加えた細川らの収着モデル(Hosokawa et al., 2019)を PHREEQC に実装することで、C-A-S-H の Na、K 収着機構を反映した。各反応式の熱力学的平衡定数は、合成 C-S-H（Ca/Si モル比（以下、C/S 比）=0.8、1.0、1.2）による Na、K の固定実験結果を PHREEQC でフィッティングして求めたものである。表 4-1- 25 に示す通り、C-A-S-H の収着平衡定数は、C/S 比の値にしたがって変動する。本解析コードでは、表 4-1- 26 に示す C/S 比と平衡定数との関係を線形回

帰し、得られた回帰式をモデルに実装することで、相平衡計算で得られた C-A-S-H の C/S 比に合わせて平衡定数を変更できるようにした。本実装により、試料の変質に応じて最適な平衡定数を相平衡計算に与えることが可能である。

表 4-1- 23 各鉱物の反応式とその熱力学的平衡定数

鉱物名	反応式	log K	参考文献
Portlandite	$Ca(OH)_2 + 2H^+ = Ca^{2+} + 2H_2O$	22.8	a
Calcite	$CaCO_3 + H^+ = Ca^{2+} + HCO_3^-$	1.849	b
Brucite	$Mg(OH)_2 + 2H^+ = Mg^{2+} + 2H_2O$	16.84	b
Silica	$SiO_2 + 2H_2O = H_4SiO_4$	-2.85	c
Gypsum	$CaSO_4{:}2H_2O = Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O$	-4.58	a
$Al(OH)_3$(a)	$Al(OH)_3 + OH^- = Al(OH)_4^-$	0.24	b
Ettringite	$Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH)_{12}{:}26H_2O = 2Al(OH)_4^- + 6Ca^{2+} + 26H_2O + 4OH^- + 3SO_4^{2-}$	-45.09	b
Monosulfate	$(CaO)_3Al_2O_3CaSO_4{:}12H_2O = 4Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + SO_4^{2-} + 4O\,H^- + 6H_2O$	-27.7	b
Friedel's salt	$Ca_4Al_2Cl_2(OH)_{12}{:}4H_2O = 4Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + 2Cl^- + 4OH^- + 4H_2O$	-27.3	d
Monocarbonate	$(CaO)_3(Al_2O_3)CaCO_3{:}11H_2O = 4Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + CO_3^{2-} + 4OH^- + 5H_2O$	-31.47	b
Hemicarbonate	$Ca_4Al_2(CO_3)_{0.5}(OH)_{13}{:}7H_2O = 4Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + 0.5CO_3^{2-} + 5OH^- + 7H_2O$	-29.13	e
Katoite	$Ca_3Al_2(SiO_4)(OH)_8 + 12H^+ = 2Al^{3+} + 3Ca^{2+} + H_4SiO_4 + 8H_2O$	71.17	f
Straetlingite	$Ca_2Al_2SiO_2(OH)_{10}{\cdot}2.5H_2O + 10H^+ = 2Al^{3+} + 2Ca^{2+} + H_4SiO_4 + 10.5H_2O$	49.67	f
C_3AH_6	$Ca_3(Al(OH)_6)_2 = 3Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + 4OH^-$	-22.46	b
C_4AH_{13}	$(CaO)_4Al_2O_3{:}13H_2O = 4Ca^{2+} + 2Al(OH)_4^- + 6OH^- + 6H_2O$	-25.56	b
C_4FH_{13}	$(CaO)_4Fe_2O_3{:}13H_2O = 4Ca^{2+} + 2Fe(OH)_4^- + 6OH^- + 6H_2O$	-29.88	b
OH-hydrotalcite	$Mg_4Al_2(OH)_{14}{:}3H_2O = 4Mg^{2+} + 2Al(OH)_4^- + 6OH^- + 3H_2O$	-56.02	b
CO_3-hydrotalcite	$Mg_4Al_2(OH)_{12}CO_3{:}2H_2O = 4Mg^{2+} + 2Al(OH)_4^- + CO_3^{2-} + 4OH^- + 2H_2O$	-51.14	b

a: WATEQ4F、b：Lothenbach et al., 2006、c：Benard et al., 2009、d：Loser et al., 2010、e：Lothenbach et al., 2019、f：THERMODDEM

表 4-1- 24 解析コードに反映した M-S-H の反応式とその熱力学的平衡定数

鉱物名	反応式	log K	参考文献
MSH06	$Mg_{0.82}SiO_{2.385}(OH)_{0.87} + 1.64H^+ + 0.745H_2O = 0.82Mg^{2+} + H_4SiO_4$	9.12	a
MSH12	$Mg_{1.07}SiO_{2.075}(OH)_{1.99} + 2.14H^+ = 1.07Mg^{2+} + H_4SiO_4 + 0.065H_2O$	12.73	a

a：Roosz et al., 2018

表 4-1- 25 C-A-S-H 溶解平衡モデルの反応式とその熱力学的平衡定数

	反応式	log K
C-A-S-H particle	$Ca_2Si_2O_7(Al(OH)_2)_{0.02}H_2O_{1.98} + 3.98H^+ + 1.04H_2O = 2Ca^{2+} + 2H_4SiO_4 + 0.02Al(OH)_4^-$	28.4
C-A-S-H external surface site	$\equiv SiOH = \equiv SiO^- + H^+$	-9.8
	$\equiv SiOH + Ca^{2+} = \equiv SiOCa^+ + H^+$	-7.0
	$\equiv SiOH + 0.5H_4SiO_4 = \equiv SiOSi_{0.5}OH + H_2O$	2.9
	$\equiv SiOSi_{0.5}OH = \equiv SiOSi_{0.5}O^- + H^+$	-9.8
	$\equiv SiOSi_{0.5}OH + Ca^{2+} = \equiv SiOSi_{0.5}OCa^+ + H^+$	-7
	$\equiv SiOH + 0.5Al(OH)_4^- = \equiv SiOAl_{0.5}OH^{0.5-} + H_2O$	3.8
	$\equiv SiOH + 0.5Al(OH)_4^- + 0.5Ca^{2+} = \equiv SiOAl_{0.5}OHCa_{0.5}^{0.5+} + H_2O$	5.04
C-A-S-H internal surface site	$\equiv SiOH + 0.5Ca^{2+} = \equiv SiOCa_{0.5} + H^+$	-10.2
	$\equiv SiOH + 0.5H_4SiO_4 = \equiv SiOSi_{0.5}OH + H_2O$	2.9
	$\equiv SiOSi_{0.5}OH + 0.5Ca^{2+} = \equiv SiOSi_{0.5}OCa_{0.5} + H^+$	-10.2
	$\equiv SiOH + 0.5Al(OH)_4^- + 0.25Ca^{2+} = \equiv SiOAl_{0.5}OHCa_{0.25} + H_2O$	2.1
	$3(\equiv SiOSi_{0.5}OH) + Al(OH)_3 = (\equiv SiOSi_{0.5}O)_3Al + 3H_2O$	10

Haas et al., 2015

表 4-1- 26 細川らの C-A-S-H の Na、K 収着モデル

反応式	log K		
	C/S 比=0.8	C/S 比=1.0	C/S 比=1.2
-SiOH + Na^+ = -SiONa + H^+	-10.8	-11.4	-12.1
-$SiOSi_{0.5}OH$ + Na^+ = -$SiOSi_{0.5}ONa$ + H^+			
-SiOH+ $0.5Al(OH)_4^-$ + $0.5Na^+$ = -$SiOAl_{0.5}OHNa_{0.5}$ + H_2O	2.65	1.45	0.95
-SiOH + K^+ = -SiOK + H^+	-9.9	-10.9	-11.9
-$SiOSi_{0.5}OH$ + K^+ = -$SiOSi_{0.5}OK$ + H^+			
-SiOH+ $0.5Al(OH)_4^-$ + $0.5K^+$ = -$SiOAl_{0.5}OHK_{0.5}$ + H_2O	3.25	2.05	1.15

Hosokawa et al., 2019

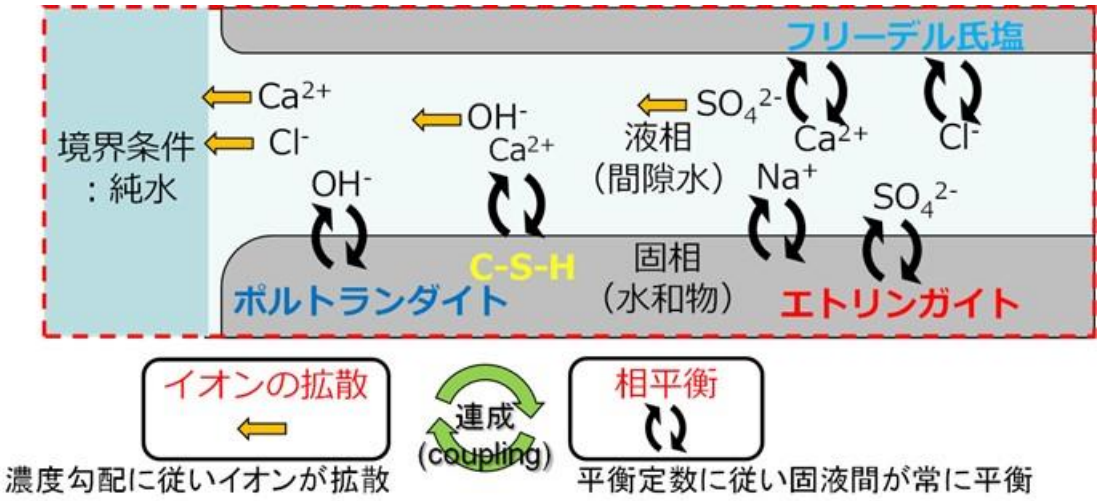


図 4-1- 23 相平衡多元素移動計算コードの模式図

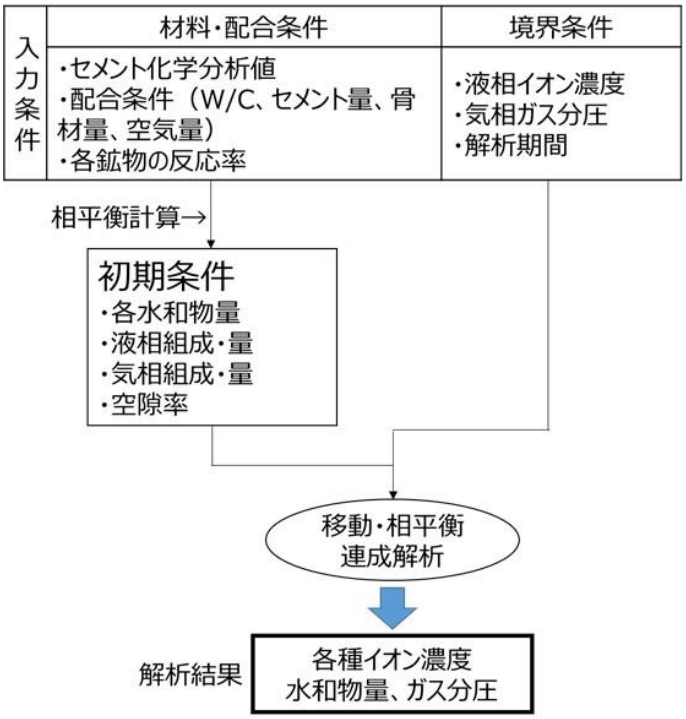


図 4-1- 24 必要となる入力条件と解析フロー

(c) NaCl 拡散試験による解析コードの検証

1) NaCl 拡散試験

解析コードの検証のための拡散試験条件を表 4-1- 27 に、塩素拡散試験後の鉱物定性結果を表 4-1- 28 に示す。

解析コードを検証するために、外部に二次鉱物が生成しない条件において、コンクリートに対する NaCl の拡散試験を実施し、Cl イオンの浸透プロファイルを取得した。本試験に用いたコンクリートは、4.1(６)章の浸漬試験に使用したセグメントと同じである。

NaCl 拡散試験後の試料を浸透面から深さ方向に塩素の浸透が観察できるように切断し、EPMA 面分析を実施した。また、EPMA 試料採取後の試料を対象に全塩分測定及び XRD 分析を行った。

2) NaCl 拡散試験再現計算における拡散係数に対する補正値の設定

本解析コードでは、時間や場所によって変化する空隙率を物質移行に反映することを可能にしている。ただし、Garboczi ら(1992)の式は、ポルトランドセメントを対象として検討された式であり、BFSC のような混合セメントにはそのまま適用できない可能性がある。また、横関ら(2003)の式は特定の骨材を対象としており、どのような骨材に対してもそのまま適用できるとは限らない。したがって、NaCl 拡散試験で得られた塩化物イオンの浸透プロファイルと解析で得られた塩化物イオンの浸透プロファイルを比較し、解析で得られた浸透プロファイルが試験結果の浸透プロファイルに整合するよう、拡散係数 i に対する補正値を設定することとした。

3) NaCl 拡散試験再現計算結果

NaCl 拡散試験と解析コードで得られた Cl 浸透プロファイルの両者を比較した結果、及び、解析コードによる鉱物相組成の計算結果を

図 4-1- 25 に示す。

解析で得られた浸透プロファイルを試験結果の浸透プロファイルに整合させることによって得られた拡散係数 Di に対する補正値は OPC セグメントでは 3、BFSC セグメントは 1/4 が得られた。本補正値を用いることで、Cl 浸透プロファイルは、実験結果及び解析結果が概ね整合する結果となった。解析結果は実験結果と比較して、BFSC セグメントの表面付近の濃度が小さくなっているが、これは、拡散試験に用いた試料は、型枠による壁効果により表面がペーストリッチの状態になっており、BFSC ペーストは OPC ペーストと比べて、物質移行が抑制されるため、EPMA では表面付近に塩化物イオンが濃縮された結果になっていると推定した。この型枠による壁効果を解析で再現することは現状では困難なものの、その影響は表層に限られたものである。表層以深のプロファイルは再現できているため、本解析コード及びここで算出した補正値を用いて、本検討に使用した OPC セグメント及び BFSC セグメントに対する物質移行は解析できると判断した。そこで、以降の OPC セグメント及び BFSC セグメントに対しては、本補正値を用いてイオンの拡散を計算した。

解析で得られた鉱物相組成では、OPC セグメント及び BFSC セグメント共に、試料全体で Portlandite が確認できた。表面側に Friedel's salt 及び Calcite が確認でき、表面からの距離が深くなると、これらの鉱物が確認できなくなり、変わりに Monocarbonate や Monosulfate が確認できた。これらは、XRD の結果と整合する。また、XRD では確認できなかったものとして、本検討でデータベースに追加した C-A-S-H や MSH06、MSH12、及び、C4FH13、C4AH13 が確認できた。また、BFSC セグメントの解析では、XRD や OPC セグメントの解析では確認できなかった Hydrogarnet の生成が確認された。これらの鉱物は、非晶質であることや、他の主要な鉱物とピーク位置が重なっていること、生成量が少ないことが要因となり、XRD での確認が困難なため、実際に生成していないかどうかは判断できない。XRD とは異なる点として、XRD では表面付近にのみ確認された Ettringite が、解析では深い部分でも確認された。また、OPC セグメントにおいて XRD では Hemicarbonate が確認された。Ettringite、Hemicarbonate はともに AFm 系固溶体として計算しており、計算では熱力学的に安定な Ettringite、Monocarbonate が生成する結果となったと考えている。アルミネート系鉱物では若干一致しない結果となったが、概ね鉱物相の変化は再現できていると判断した。

表 4-1- 27 解析コードの検証のための拡散試験条件

項目		詳細
試験体条件	配合	OPC セグメント、BFSC セグメント
	試料形状	開放面Φ100 mm1/4 の扇形、長さ 50 mm
	開放面	型枠底面
	前養生	打設後 60℃で 2 時間の蒸気養生後、常温で封緘養生
浸漬条件	液性	NaCl　0.5 M 水溶液
	液固比	500 ml／試料
	浸漬期間	4 週間
分析項目	EPMA	塩化物イオンの浸透プロファイル

表 4-1- 28 塩素拡散試験後の鉱物定性結果

略号	鉱物名または呼称	化学式	OPC-1	OPC-8	BFSC-1	BFSC-8
C	Calcite	$CaCO_3$	◎	◎	◎	◎
Q	Quartz	SiO_2	◎	◎	◎	◎
P	Portlandite	$Ca(OH)_2$	◎	◎	○	○
An	Anorthite	$(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$	○	○	○	○
Al	Albite	$NaAlSi_3O_8$	○	○	○	○
Mi	Mica	$K_{0.935}(Mg_{2.188}Fe_{0.822})(Si_{2.777}Al_{1.223}O_{10})(O_{0.446}(OH)_{1.554})$	○	○	○	○
T	Tremolite	$2CaO\cdot 5MgO\cdot 8SiO_2\cdot H_2O$	○	○	○	
F	Friedel's salt	$3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaCl_2\cdot 10H_2O$	○		○	
Mc	Monocarbonate	$3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaCO_3\cdot 11H_2O$		○		○
Ett	Ettringite	$3CaO\cdot Al_2O_3\cdot 3CaSO_4\cdot 32H_2O$	○		○	
Ms	Monosulfate	$3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaSO_4\cdot 12H_2O$		○	○	○

◎：鉱物が同定されピークも明瞭である　○：鉱物が同定されるがピークは小さい

OPC-1 及び BFSC-1 は NaCl 溶液との接液面、OPC-8 及び BFSC-8 は接液面と反対側の非変質部の試料

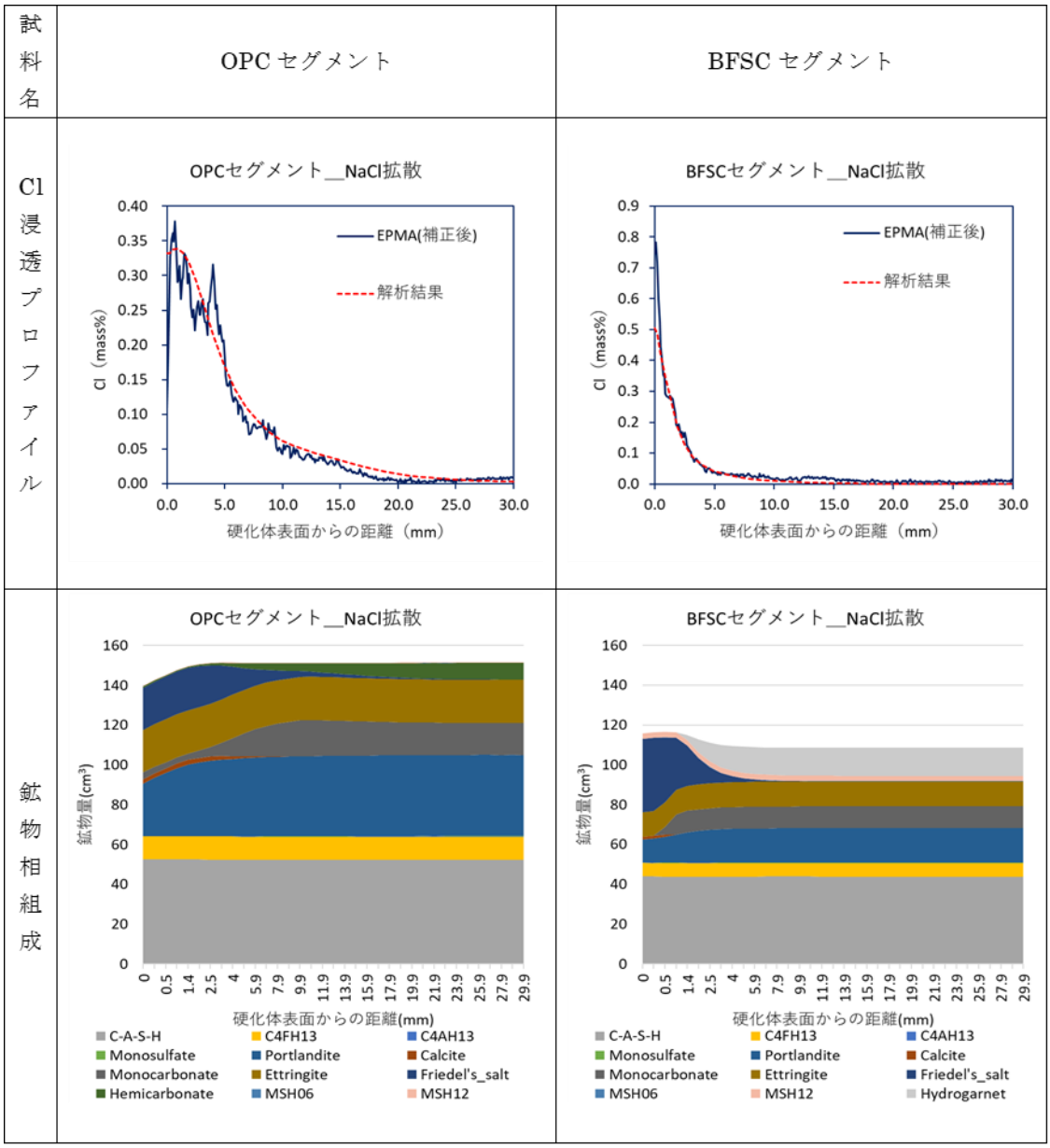


図 4-1- 25 NaCl 拡散試験再現計算結果

② 外部析出現象の再現検討

コンクリート材料と地下水の相互作用を評価する場合には、計算によっても外部に二次鉱物が析出する現象を再現することが必要であるが、そのような計算はこれまで実施されていない。そこで、相平衡多元素移動計算コードにおいて、図 4-1- 26 に示すように固体の外側に析出層を作り沈殿させるモデル体系を作り、固相外部への二次鉱物の沈殿を再現する手法を検討した。また、外部析出層を計算可能としたモデルを用いて、「4.1(5)現実的条件を模擬したコンクリートの変質試験」の試験条件の一部の計算を行い、実験結果と比較し、モデルの課題を検討した。

(a) 外部析出層計算モデルの作成

平成 30 年に使用した解析コード（旧解析コード）及び今年度外部析出物層を考慮するために作成した解析コード（新解析コード）の解析対象の模式図を図 4-1- 27 に示す。

旧解析コードでは、解析対象領域はコンクリート部分のみになっており、コンクリートからの元素の溶脱は考慮されているものの、溶脱した元素はすべて解析範囲外に排出されるようになっており、外部での反応は考慮されていない。

新解析コードでは、コンクリート表面上に外部析出層を考慮できる領域（外部析出層考慮部）を設定し、外部析出層考慮部及びコンクリート部分を解析対象とすることで、コンクリートからの元素の溶脱に伴う外部析出物層の生成を考慮できるようにプログラムを作成した。このとき、外部析出層考慮部の体積をコンクリートの体積に設定した場合（すなわち空隙率 100 %の硬化体)、外部析出層考慮部と間隙水との境界における体積が不連続となり、物質移行計算におけるマテリアルバランスの確保が困難になることから、本解析では外部析出層考慮部の体積をコンクリートの間隙水の体積と同一とし、物質移行計算における外部析出層考慮部とコンクリートの間隙水との間のマテリアルバランスを確保できるようにした。

(b) 外部析出層計算モデルによる計算

$NaHCO_3$ 拡散試験の外部析出層及び硬化体内部の鉱物相組成の解析結果を図 4-1- 28 に示す。

作成した解析コードで、外部における析出物の生成反応を再現できることを確認するために、10 mM 及び 1 M $NaHCO_3$ 溶液を OPC セグメントに 10 か月拡散させた場合を想定し、計算を行った。

鉱物相組成では、境界条件が 10mM $NaHCO_3$ 及び 1 M $NaHCO_3$ の場合においても、外部析出層に $NaHCO_3$ 水溶液中の炭酸水素イオンと OPC セグメント硬化体から溶出した Ca との反応による 2 次生成物と考えられる Calcite が生成する結果となった。1 M $NaHCO_3$ の境界条件における硬化体外部の Calcite 生成量は、10 mM $NaHCO_3$ の境界条件の場合に対し、10 倍程度多くなった。また、10 mM $NaHCO_3$、1 M $NaHCO_3$ のいずれの場合においても外部析出層には $Al(OH)_3$ の生成も確認された。10 mM $NaHCO_3$ 拡散の硬化体内部では、表層付近での Portlandite の溶解や Monocarbonate の増加が確認され

た。一方、1 M $NaHCO_3$ 拡散の硬化体内部では、表層付近での C_4AH_{13} や Portlandite の増加が確認され、Monocarbonate よりも Hemicarbonate が多い結果となった。

本条件による試験を行っていないため、実現象との整合性は確認ができないが、外部に Calcite が生成する条件の計算において、硬化体外部に Calcite が生成する結果が得られたことから、本プログラムによって外部に二次鉱物が生成する現象を計算できる見通しが得られたと考える。

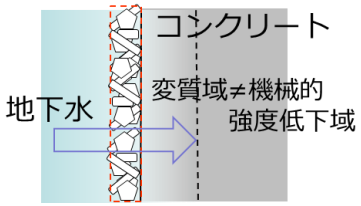


図 4-1- 26 外部析出物生成を考慮したモデル体系

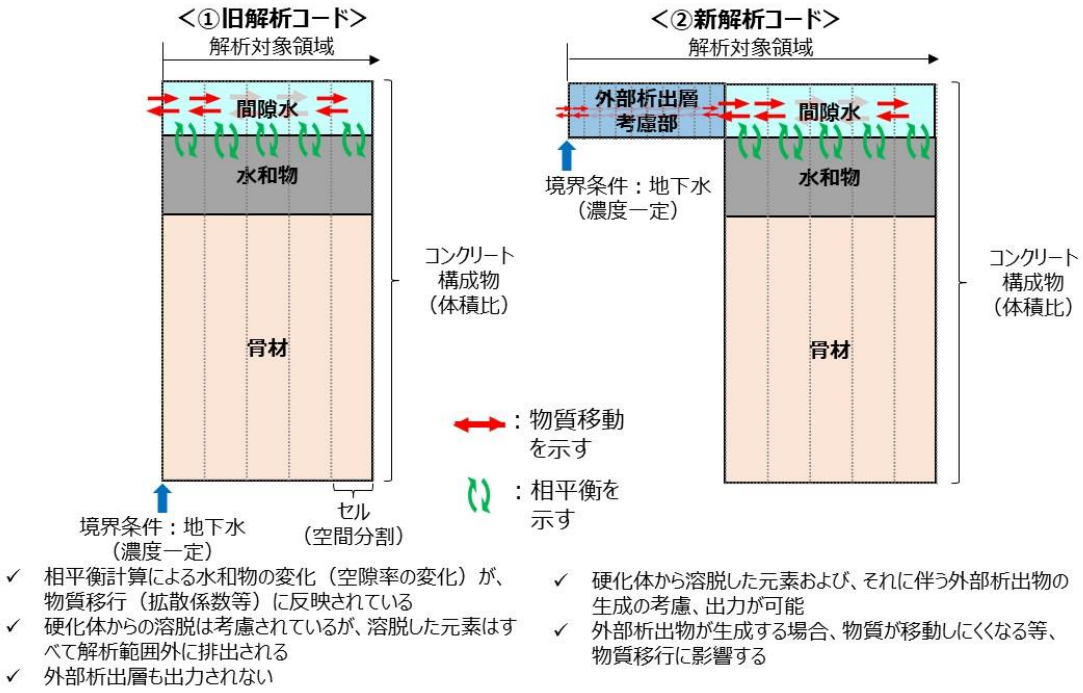


図 4-1- 27 外部析出物生成を考慮した解析対象の模式図

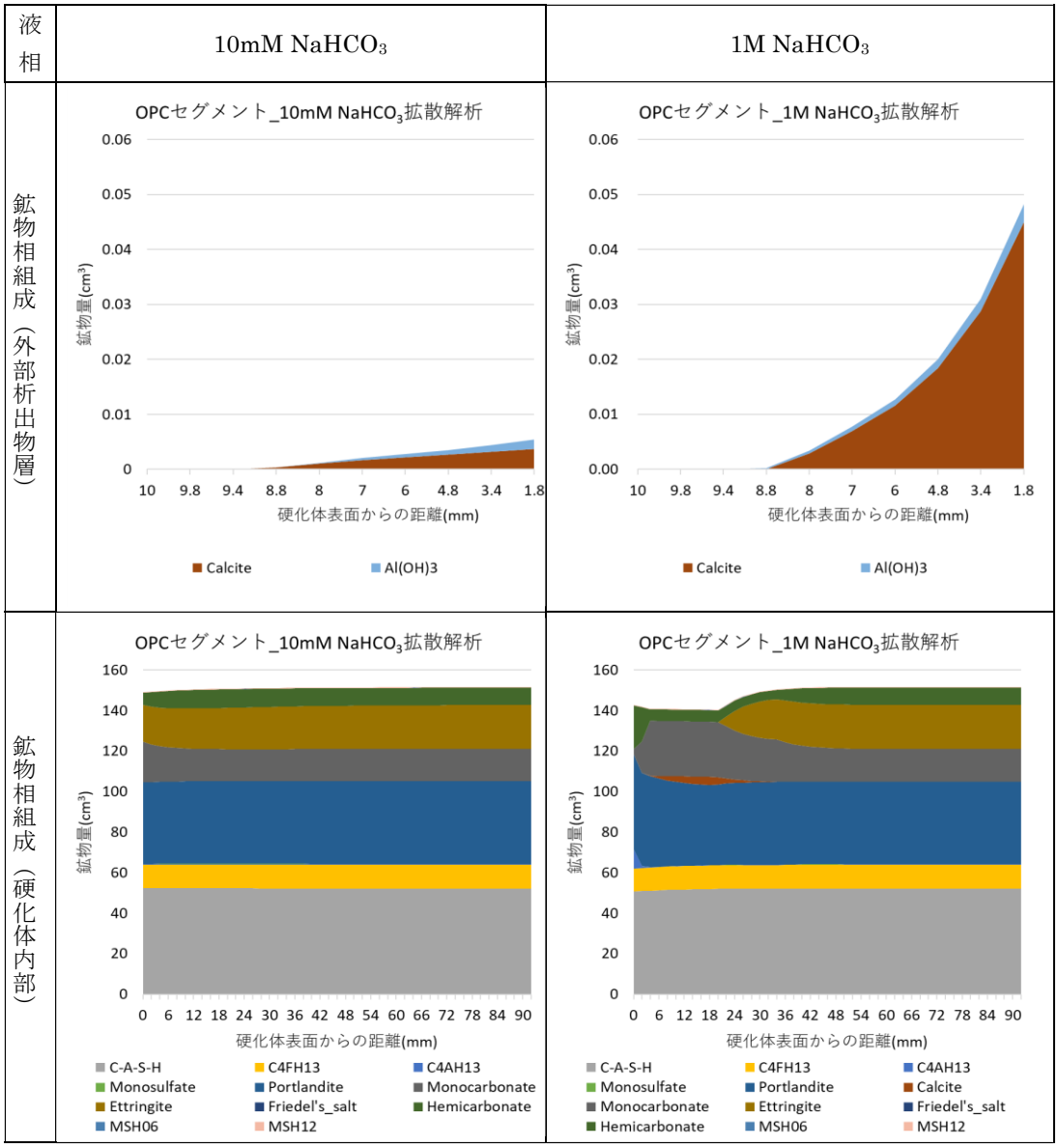


図 4-1- 28 $NaHCO_3$ 拡散試験の外部析出層及び硬化体内部の鉱物相組成の解析結果

(c) 外部析出物層計算モデルと実験結果との比較

外部析出層計算モデルを用いて比較する実験条件を表 4-1- 29 に、人工海水拡散の再現計算結果を図 4-1- 29 に、降水 A 拡散の再現計算結果を図 4-1- 30 に、実地下水 FGB-2_214.75～220.52m 拡散の再現計算結果を図 4-1- 31 に示す。

外部析出層を計算可能としたモデルを用いて、「（６）現実的条件を模擬したコンクリートの変質試験」の試験条件の一部である表 4-1-29 の計算を行い、実験結果と比較した。

1) 人工海水拡散の解析結果と実験結果の比較

Cl の浸透プロファイルにおいて、計算結果では、実験結果に比べて、OPC セグメント、BFSC セグメント共に浸透した Cl の濃度が低くなった。また、Cl の浸透深さの計算結果は、OPC セグメント、BFSC セグメント共に実験結果と同程度であった。

外部析出層の鉱物組成については、OPC セグメント、BFSC セグメント共に人工海水中の炭酸イオンとセグメント内部からの Ca の溶出による 2 次鉱物である Calcite が生成する計算結果となった。また、$Al(OH)_3$ も硬化体内部からの Al 成分の溶出により生成する結果となった。

硬化体内部の鉱物組成については、OPC セグメント、BFSC セグメント共に人工海水から Mg 成分及び Cl 成分の供給により、硬化体表面付近で Brucite 及び Friedel's salt が生成する結果となった。なお、Friedel's salt の生成は Cl と Ettringite 及び Hemicarbonate との反応で生じるため、Friedel's salt が生成した領域では Ettringite 及び Hemicarbonate の生成量が減少した。BFSC セグメントについても、同様に Brucite 及び Friedel's salt が生成する結果となった。なお、ここでの Friedel's salt の生成は、Cl と Hydrogarnet 及び Ettringite との反応により生じた。OPC セグメント、BFSC セグメントいずれの場合においても C-A-S-H の量は表面付近と内部でほとんど変わらなかった。C-A-S-H の組成は、OPC セグメントの Ca/Si 比は約 1.41、Al/Si 比は約 0.013 であるのに対し、BFSC セグメントの Ca/Si 比は約 1.41、Al/Si 比は約 0.023 であり、OPC セグメントに比べて BFSC セグメントの C-A-S-H の Al/Si 比が高い傾向にあった。

2) 降水 A 拡散の解析結果と実験結果の比較

降水 A には、人工海水及び実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m に比べると少量ではあるが、Cl が含まれる。図 4-1- 30 の EPMA 結果の表面付近の Cl のプロファイルは、降水 A から供給された Cl の浸透を示している。降水 A 拡散の Cl の浸透プロファイルは、人工海水拡散と同様に、計算結果は、実験結果に比べて、OPC セグメント、BFSC セグメント共に浸透した Cl の濃度が小さかった。

外部析出層の鉱物組成については、OPC セグメント、BFSC セグメント共に $Al(OH)_3$ が生成する結果となった。人工海水拡散で確認された Calcite は、降水 A では確認されなかった。これは、降水 A の C 量が人工海水に比べて少ないことによる。

硬化体内部の鉱物組成については、OPC セグメント、BFSC セグメント共に人工海水と同じ鉱物が確認された。ただし、降水 A には、人工海水に含まれていた Mg が含まれていないため、降水 A では硬化体の原料に含まれていた Mg による Brucite のみが確認でき、人工海水拡散で確認された硬化体表面側での Brucite の増加は確認されなかった。また、Cl の量も人工海水に比べて非常に少ないため、Friedel's salt の生成量が人工海水拡散に比べて非常に小さかった。その結果、人工海水拡散では内部の硬化体表面側で体積の増加が確認されたが、降水 A では内部の硬化体表面側は溶脱による体積の減少が確認された。

3)　実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m 拡散の解析結果と実験結果の比較

実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m の Cl の浸透プロファイルでは、人工海水拡散及び降水 A 拡散と同様に、計算結果の Cl 濃度は、実験結果に比べて、OPC セグメント及び BFSC セグメントのいずれの場合においても低くかった。

外部析出層の鉱物組成については、OPC セグメント及び BFSC セグメントのいずれの場合においても、人工海水と同様に Calcite と $Al(OH)_3$ が生成する結果となった。実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m では、人工海水及び降水 A 拡散とは異なり、BFSC セグメントの方が OPC セグメントより外部析出物量が多い結果となっていた。硬化体内部の鉱物組成については、OPC セグメント、BFSC セグメント共に人工海水と同じ鉱物が確認された。また、人工海水と同様に、実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m からの Mg 供給による Brucite 及び Cl の供給による Friedel's salt の生成が確認された。

表 4-1- 29 外部析出層計算モデルを用いて比較する実験条件

項目	詳細
模擬地下水条件	人工海水、降水 A、実地下水 FGB-2_214.75～220.52 m
検討するセメント系材料	OPC セグメント、BFSC セグメント
浸漬期間※	人工海水：10 か月 降水 A、実地下水②：3 か月

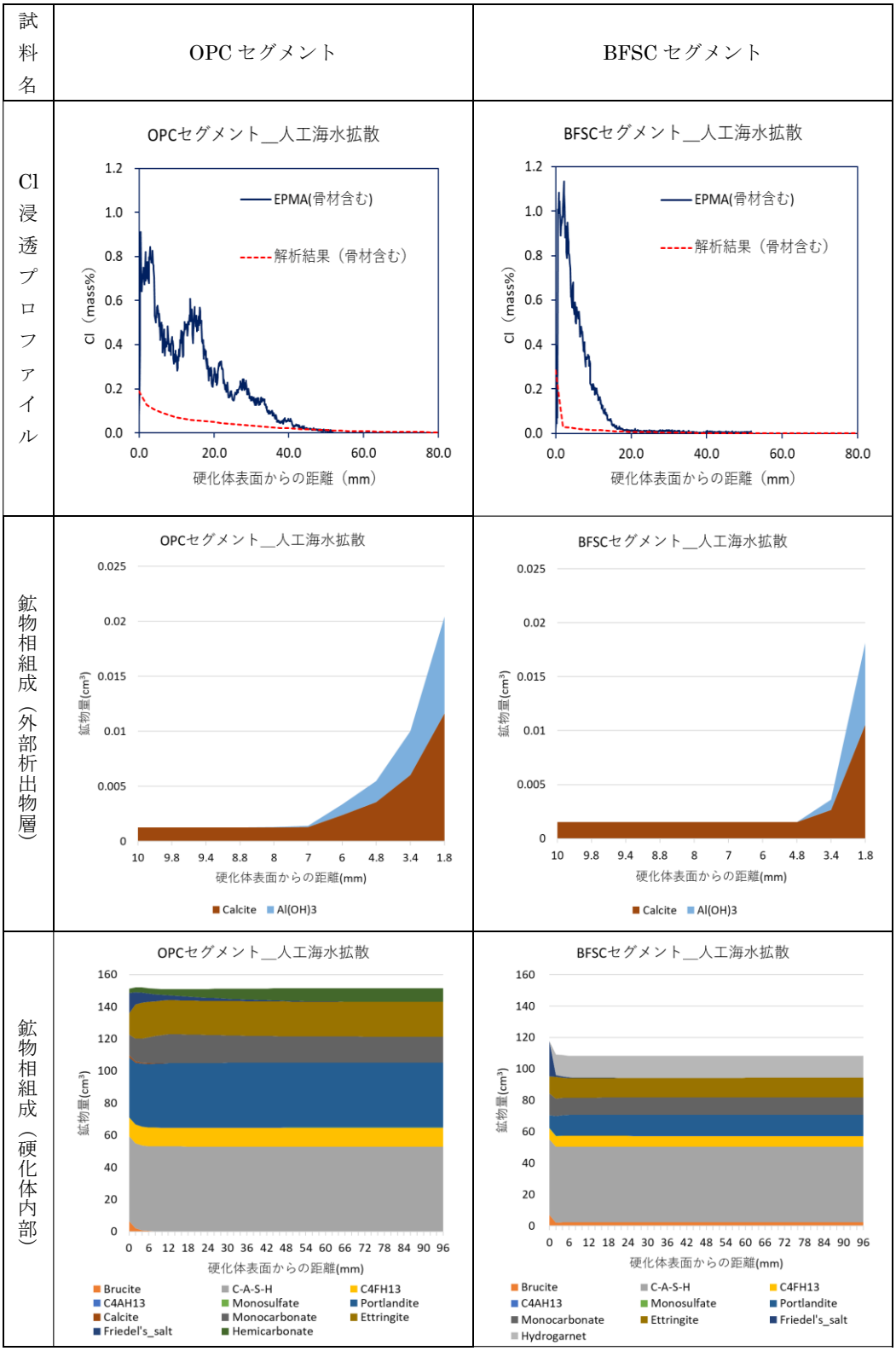


図 4-1- 29 人工海水拡散の再現計算結果

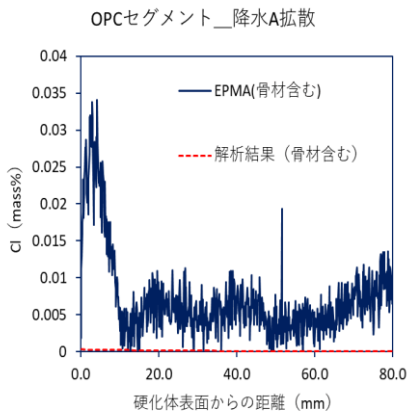
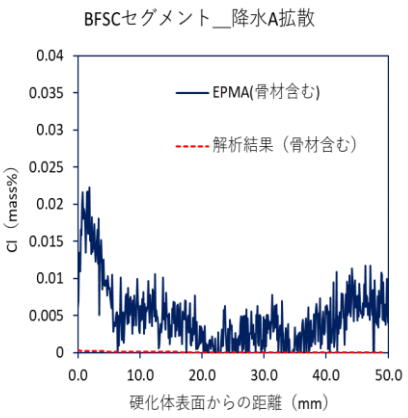
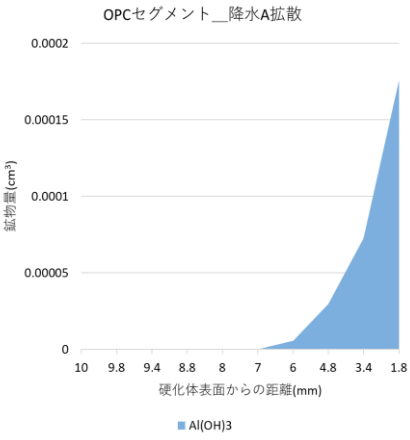
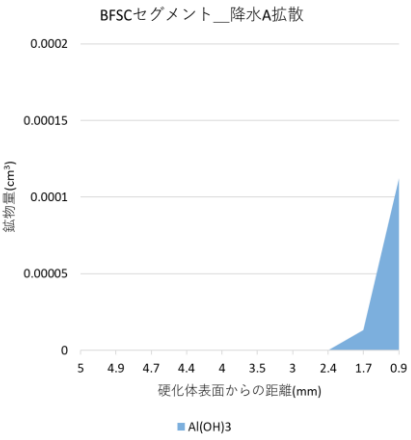
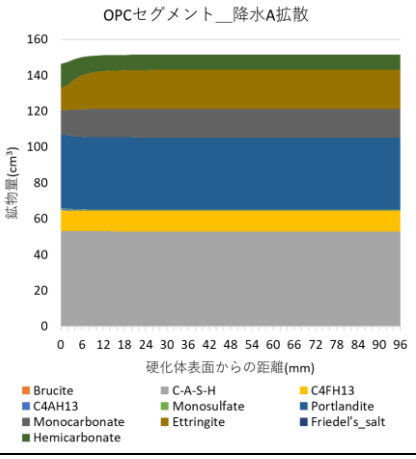
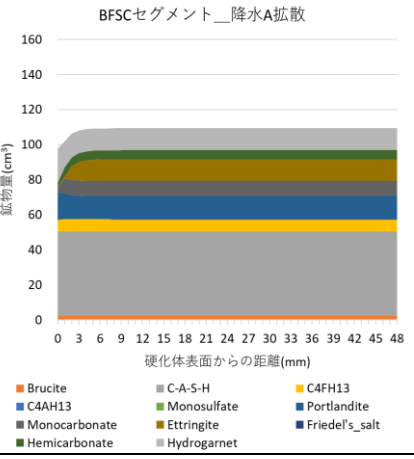
試料名	OPC セグメント	BFSC セグメント
Cl 浸透プロファイル		
鉱物相組成（外部析出物層）		
鉱物相組成（硬化体内部）		

図 4-1- 30 降水 A 拡散の再現計算結果

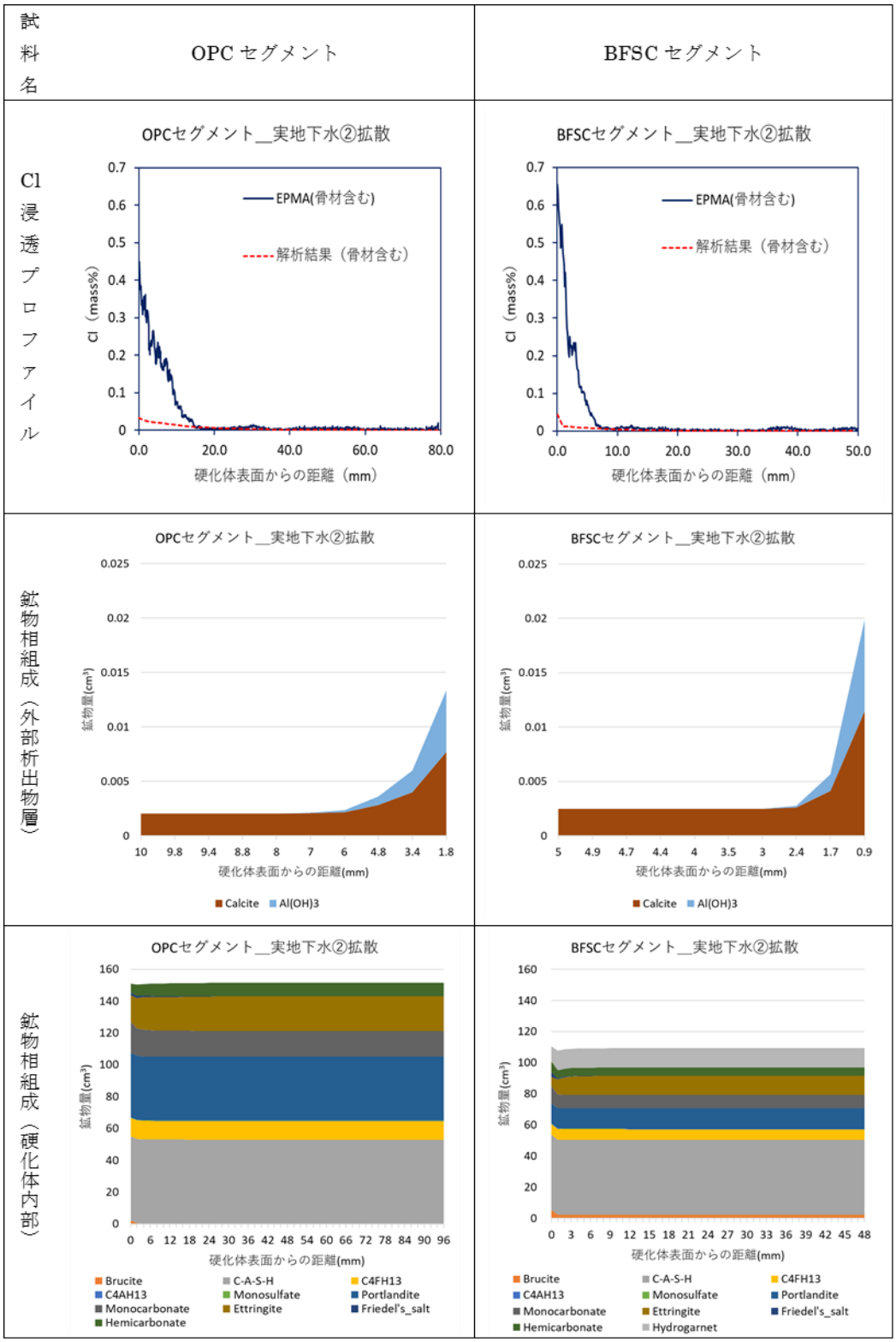


図 4-1- 31 実地下水 FGB-2_214.75～220.52m 拡散の再現計算結果

③ まとめ

令和 3 年度は、地下水との反応で生じる二次鉱物である M-S-H の熱力学データとともに、C-S-H に対する Al の固溶を考慮した C-A-S-H 固溶体モデルを解析コードに反映することで、セメント系材料に対する相平衡計算を高度化した。また、コンクリート外部に析出層を設定したモデル体系を構築し、固相外部への二次鉱物の析出現象を計算により再現する手法を検討した。

令和 3 年度に構築した外部析出層計算モデルにおいて、外部析出層の固相組成や生成量が実験とは異なることや、本モデルによって外部析出層が生成した場合、硬化体への Cl の浸透量が実験と比べて非常に少なくなることが課題として挙げられた。

今後は、外部析出層考慮部の計算設定の見直しを行い、実験結果の再現を目指して、プログラムの改変を行う必要がある。また、セメントペースト部分の機械的特性変化からコンクリートの強度を推定するモデルについても検討する予定である。

（8） 地下環境や海洋環境の変質事例の調査

本調査では、沿岸部の地下に施工されたコンクリート構造物と海水起源の地下水との相互作用について、原位置における変質の進展と力学的特性への影響に関する情報を整理し、今後の変質解析の検証データとし適用可能性のある情報を整理することを目的に実施した。関門トンネルや青函トンネルなどの沿岸部の地下に建設されたコンクリート構造物（支保部材）について、沿岸部の地下水とコンクリートの相互作用を調査した報告と幌延深地層研究センターの地下施設における地下水とコンクリートの相互作用に関する調査事例及び長期にわたり海洋環境下で実施されたコンクリートの劣化メカニズムの解明に関する文献の調査結果をまとめた。

① 関門トンネルの劣化に関する文献調査の概要

・関門トンネルは、昭和 17 年に開通した「世界最初の長大な海底トンネル」で、山岳工法（普通工法、圧気工法)、シールド工法、潜函工法、開削工法の 4 種類の工法によって建設されている。海底部の最小土被りは 9 m 程度と浅く、海底部の漏水は海水成分とほとんど変わらないと報告されている。トンネル海底部分の漏水は 1 日約 80 t で漏水量はほとんど変化していない（江村ら, 1992)。

・覆工コンクリートは、セメント量の多いコンクリートが施工され、背面にはアスファルトフェルト防水工を施工され、鉄筋を使用していない。シールド区間ではプレキャスト RC セグメントが使用され、二次覆工が施工されている（朝倉ら, 2008)。

・建設から 10 年ごとにコンクリートの物性が調査されており、共用 60 年経過した海底部の側壁部から採取したコンクリートコアの中性化深さ、塩分浸透深さ、密度、吸水率、弾性係数、引張強度、圧縮強度、示唆熱分析、粉末 X 線回折及び化学成分分析の結果が報告されている。共用 60 年の調査の結果では、施工箇所や施工状況によるばらつきがみられ

たが、所定の強度は維持されており、コンクリートは健全であると報告されている（宮武ら, 2003）。
・海底部のコンクリートコアのトンネルの外側では、塩化物イオン濃度の上昇や塩素を含む水和物（フリーデル氏塩）が多く生成しているが、塩化物による溶脱や中性化による劣化現象は生じていいないと報告している（宮武ら, 2003）。

関門トンネルの海底部分のコンクリートは、共用期間 60 年を経過して大きな変状は確認されていない海水影響を受けた大変貴重なデータであり、コンクリートの化学変質の予測に資する貴重な情報と考えられる。

しかしながら、海底部の土被りが浅く、海底部の漏水はほぼ海水の化学組成であり、多様な化学成分の影響を評価する必要のある沿岸部に建設される処分施設コンクリートの条件との相違点、類似点を把握しつつ活用をしていく。

② 青函トンネルの劣化に関する文献調査の概要

日本で吹付けコンクリートをトンネルの支保部材として本格的に初めて導入された青函トンネルの吹付けコンクリートの性状と長期耐久性については、以下のように報告されている。
・青函トンネルは、昭和 60 年に開業した日本で吹付けコンクリートをトンネルの支保部材として本格的に導入した初めての海底トンネルである。津軽海峡の海底下 100 m において海水 24 MPa の圧力を受けることから、吹付けコンクリートによる掘削面の支保とトンネル周辺への薬剤注入による止水、改良をしている（芳賀ら, 2013）。
・吹付けコンクリートの耐久性の把握を目的として、圧縮強度試験、制弾性係数、超音波速度試験、単位体積重量測定、中性化深さ試験、X 線回折試験、pH 測定、塩素イオン濃度の測定を実施している（芳賀ら, 2013）。
・圧縮強度は、概ね 10 - 50 MN/m2 の範囲でばらつきはあるものの有意な低下は認められず、静弾性係数は概ね 0.4 - 4×104 MN/m2 の範囲でばらつきはあるものの、圧縮強度が増加すると静弾性係数も増加する一定の相関が確認されている。（芳賀ら, 2013）。
・X 線回折試験については、材令 3 年- 44 年の範囲で測定され、硫酸塩劣化の一つであるエトリンガイトの回折強度と圧縮強度の関係を整理し、明確な相関性が確認できないことから圧縮強度に影響を与えるほどのエトリンガイトの生成は進んでいないとしている。同様に塩素との反応で生成するフリーデル氏塩についても圧縮強度に影響を与えるほどの生成は進んでいないとしている（芳賀, 2013）。
・コンクリート中の塩化物イオンの濃度は、経年とともに増加する傾向にあるが、塩化物イオン濃度が高い（2,000 mg/kg 以上）場合にも圧縮強度の低下は観察されていない（芳賀, 2013）。

青函トンネルの海底部分のコンクリートは、営業開始から 44 年を経過してもなお大きな変状は確認されていない、海水影響を受けた大変貴重なデータであり、コンクリートの化学変質の予測に資する貴重な情報と考えられる。

しかしながら、津軽海峡の海底下 100 mと地層処分の深度に比べて浅く、地下水の化学組成に関する報告はなく、関門トンネルと前スライド同様に沿岸部での環境との類似点・相違点を確認しつつ活用をしていく。

③ 幌延 URL における低アルカリ性セメント系材料の劣化及び周辺環境への影響調査

幌延深地層研究センターの地下施設において HFSC （Highly Fly-ash contained Silicafume Cement）を用いた吹付けコンクリート及び覆工コンクリートを対象とした原位置施工試験が実施されている。それぞれの施工箇所は、吹付けコンクリート：深度 140 m、250 m 及び 350 m 調査坑道、覆工コンクリート：東立坑の深度 374 m - 380 m、である。140 m 調査坑道においては、比較のために OPC を用いた吹付けコンクリートの施工範囲が設けられている（中山, 2010）。

分析のためのコア試料は、初期状態及び施工後の経時変化が分かるような間隔で採取され、140 m の調査坑道では 9 年間の HFSC 及び OPC の吹付けコンクリートと岩盤との界面を含む試料の分析が実施されている。コア試料は、ハンドコアドリルを用いて、長さ約 1,000 mm、直径 50 mm または直径 100 mm のコアが掘削され各種分析に供された。採取されたコア試料のコンクリート部分と岩石部分に対して、粉末 X 線回折、熱分析、電子線プローブマイクロアナライザー（EPMA）分析、湿式化学分析、走査型電子顕微鏡観察、水銀圧入試験、中性化試験、細孔溶液の水質分析が実施されている。分析は、コンクリートと岩盤の相互作用に着目し、コアの深度方向に試料を分割して実施されている（中山, 2010）。

各試料の分析結果は、コア採取した深度、採取年ごとに分析結果が示されており、熱分析、湿式化学分析、水銀圧入試験では界面からの距離ごとに分析結果がデジタル値で示されている。また、細孔溶液の水質分析では、岩石から抽出された細孔溶液のイオン分析結果がデジタル値で示されており、吹付けコンクリートに接触している地下水組成に関する情報を得ることができる。

吹付けコンクリートと岩盤の界面近傍における変質現象を 9 年間（140 m 調査坑道）にわたり定期的に調査・分析した結果が示されており、界面から化学成分濃度の経時変化をデジタル値で確認できる貴重な資料であり、解析の検証データとして活用を検討する。

④ 海洋構造物のコンクリートの化学変質調査事例

海洋環境下におけるコンクリート自体の劣化の要因は、硫酸塩劣化であると想定されるが、その劣化の進展速度は緩やかであることが知られている。長期にわたって海洋環境下

でコンクリート構造物を使用するためには、その進行速度を定量的に把握し、将来の予測を行う手法が必要である。

硫酸塩劣化のメカニズムについては、①Mg^{2+}とSO_4^{2-}が水酸化カルシウムと反応してコンクリート表面に水酸化マグネシウムと硫酸カルシウムの層が生成、②SO_4^{2-}が内部に侵入してエトリンガイトを生成しこの膨張圧で内部に微細なひび割れが発生し、③Mg^{2+}と C-S-H が反応して強度の低い M-S-H を生成するとしている。この反応が内部に進行することで劣化が進行する。海洋環境下における劣化の要因として硫酸塩劣化の他に、海水との接触による水和物の溶脱も考えられる。海水が作用するコンクリートにおける劣化の進行状態は、①劣化は表面から徐々に進行し、②その劣化深さと相関の高い因子が存在すると仮定して海洋環境下で長期間暴露された試料に対して把握できるとしている。劣化が表面から徐々に進展する場合、劣化を表す指標として圧縮強度のような平均的な指標よりも分布として強度をとらえることのできるビッカース硬さが良く用いられる。ビッカース硬さは、海水と接触する表面付近で値が低下し、内部で一定の値となっており、ビッカース硬さが低下し始める点までの距離を劣化している範囲としている。港湾空港技術研究所内の海水循環水槽の海中部に海中に 5 年間または 30 年間暴露した試験体のデータを基に検討を実施している。ビッカース硬さの低下がみられた範囲と Mg 侵入深さにはデータ数は少ないが良い相関が確認された（山路ら, 2010）。

30 年間海水循環水槽で暴露されたコンクリートへの各元素の侵入深さとビッカース硬さの低下範囲を示すデータを含む貴重な資料であり、解析の検証データとして活用することが可能と考えられる。

元素の侵入深さとビッカース硬さの低下の関係を示しており、化学変質領域の進展の評価から力学特性変化の領域を評価できる可能性があり、解析の検証データとして活用する。

（9） セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充のまとめ

沿岸部に処分場が建設される場合には、処分場の支保として吹付けコンクリート、セグメント及び覆工コンクリートの使用が想定される。これらの支保コンクリートなどは、操業から再冠水完了までの期間、空洞安定性を確保するために必要な強度を保持しなければならないが、岩盤側から接触する地下水の影響を受け化学的に変質して強度が低下する可能性がある。そこで、支保工及び覆工の設計に向けた空洞安定評価に資する情報として地下水成分の特徴とセメント系材料の化学的変質と力学特性の変化に関する知見を取得するとともに、解析によるコンクリート強度変化の予測について検討した。

セメント系材料の化学変質に伴う力学特性への影響については、沿岸海底下の地下水組成を模擬した模擬地下水に、吹付けコンクリート及びセグメントを想定したバルク状のセメントペーストを浸漬して化学変質の状況と強度の関係を検討した。

バルク状のセメントペーストを模擬地下水に浸漬した詳細浸漬試験では、人工海水に浸漬した試料に比べ、Cl 濃度が低い模擬地下水（海水 B 及び降水 A）に浸漬したケースでは、人工海水より SO_3 濃度が同等か低い場合でも、人工海水に浸漬した試料に比べて接液面近傍の CaO 溶脱や SO_3 の浸透が内部に進んでないことを確認した。また、3 か月間の浸漬試験後に試料の表層が剥離したり、ビッカース硬度の低下が確認されるなど海水組成に比べて化学成分の濃度が低い地下水でも、力学特性への影響の大きい地下水が存在していることを確認した。バルク状のセメントペーストの浸漬試験では、化学的な変質が生じた部分が少なく、硬度の低下が明確に認められなかったため、より浸漬期間の経過した試料を分析して、地下水組成とセメント硬化体の化学変質、それに伴う力学的特性の関連を把握して体系的に整備を進める予定である。

現実的な条件及び材料におけるセメント系材料の力学特性の評価手法の検討では、実環境における地下水流動を考慮して、吹付けコンクリートに対してはコンクリートの表面を地下水が流れる状態を模擬したフロースルー試験を、接触する地下水の流れが無いか極めて緩慢なセグメント及び覆工コンクリートの状態を模擬した浸漬試験を実施した。

人工海水を吹付けコンクリートの型枠面に対して 10 か月間流したフロースルー試験では、接液面近傍の Ca 濃度の低下と SO_3 濃度の上昇を確認しているが、コンクリートの膨張によるひび割れの発生やビッカース硬度の低下など力学特性の変化は確認されてない。

10 か月間人工海水に浸漬していたセグメントは、OPC では接液面から 4mm 程度の Ca 濃度の低下を確認しているが、BFSC 及び FAC は接液面近傍でわずかな濃度低下が確認されたのみであり、接液面近傍で CaO の溶脱やエトリンガイトの増加が確認されているが、ビッカース硬度の低下には至っていない。

フロースルー試験についても浸漬試験についても模擬地下水との接触期間が 10 か月と短いため化学的変質は確認することができているが、力学特性の変化は発現していないと考えられる。今後は、より長期間のフロースルー試験及び浸漬試験を継続して実施し、化学的変質が力学的特性に与える影響を確認する。

地下水や材料の種類に応じた強度予測手法の検討では、地下水との反応で生じる二次鉱物である M-S-H の熱力学データとともに、C-S-H に対する Al の固溶を考慮した C-A-S-H 固溶体モデルを解析コードに反映し、セメント系材料に対する相平衡計算を高度化した。また、コンクリート外部に析出層を設定したモデル体系を構築し、固相外部への二次鉱物の析出現象を計算により再現する手法を検討した。

今後は、外部析出層考慮部の計算設定の見直しを行い、実験結果の再現を目指して、プログラムの改変を行う必要がある。また、セメントペースト部分の機械的特性変化からコンクリートの強度を推定するモデルについて検討する予定である。

参考文献

朝倉俊弘, 久楽博, 鶴英樹, 瀧口将志, 関門鉄道トンネル, コンクリート工学, Vol.46, pp.71-75, 2008.

Bénard, A., Rose, J., Hazemann, J.-L., Proux, O., Trotignon, L., Borschneck, D., Nonat, A., Chateau, L., Bottero, J.-Y, Modelling of Pb release during Portland cement alteration, Advances in Cement Research, 21, pp.1-10, 2009.

江村康博, 福元俊国, 50 年を経過した海底トンネル　関門トンネルの健全度調査, トンネルと地下, 第 23 巻, pp.113-119, 1992.

Garboczi, J. E., Bentz, P. D., Computer simulation of the diffusivity of cement-based materials, Journal of Materials Science, vol.27, pp.2083-2092, 1992.

Haas, J., Nonat, A., From C–S–H to C–A–S–H: Experimental study and thermodynamic modeling, Cement and Concrete Research, vol.68, pp.124-138, 2015.

芳賀康司, 佐原圭介, 渡邉修, 秋田勝次, 青函トンネルにおける吹付けコンクリートの性状及び長期耐久性の評価, トンネル工学報告集, 第 23 巻, pp.269-276, 2013.

Hosokawa, Y., Yamada, K., Haga, K. and Ogawa, S., Numerical modelling of the alkali penetration into cementitious materials using the coupled thermodynamic phase equilibrium mass transfer system, In: I. Gemrich, Ed. Proceedings of the 15th International Congress on the Chemistry of Cement, Prague, Czech Republic 16-20 September 2019. Prague: Research Institute of Binding Materials Prague Ltd., 2019.

Hosokawa, Y., Yamada, K., Johannesson, B., Nilsson, L.-O., Development of a multi-species mass transport model for concrete with account to thermodynamic phase equilibriums, Materials and Structures, vol.44, pp.1577–1592, 2011.

Jakobsen, U. H., De Weerdt, K and Geiker, M. R.: Elemental zonation in marine concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 85, pp. 12-27, 2016.

Loser, R., Lothenbach, B., Leemann, A., Tuchschmid, M., Chloride resistance of concrete and its binding capacity – Comparison between experimental results and thermodynamic modeling, Cement and concrete research, vol.32, pp.34-42, 2010.

Lothenbach, B., Kulik, A. D., Matscheic, T., Balonisd, M., Baquerizoe, L., Dilnesaf, B., Mironb, D. G., Myersg, R.J., Cemdata18: A chemical thermodynamic database for hydrated Portland cements and alkali-activated materials, Cement and concrete research, 115, pp.472-506, 2019.

Lothenbach, B., Winnefeld, F., Thermodynamic modelling of the hydration of Portland cement" Cement and Concrete research, vol.36 (2), pp.209-226, 2006.

宮武洋之, 長田晴道, 供用 60 年を経た関門トンネルのコンクリートの物性, セメント・コンクリート, No.676, pp.26-32, 2003.

中山　雅, 幌延 URL における低アルカリ性セメント系材料の劣化及び周辺環境への影響調査, JAEA-Data-Code-2020-009, 2020.

Nonat, A., The structure and stoichiometry of C–S–H, Cement and Concrete Research, vol.34, pp.1521-1528, 2004.

Parkhurst, D. L., Appelo, C. A. J.,User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-resources investigations report, 99(4259), 312, 1999.

Roosz, C., Vieillard, P., Blanc, P., Gaboreau, S., Gailhanou, H., Braithwaite, D., Montouillout, V., Denoyel, R., Henocp, P., Madé, B., Thermodynamic properties of C-S-H, C-A-S-H and M-S-H phases: Results from direct measurements and predictive modelling, Applied Geochemistry, vol.92, pp.140-156, 2018.

産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 平成 28 年度地層処分技術調査等事業沿岸部処分システム高度化開発, 2017.

産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 平成 29 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業沿岸部処分システム高度化開発報告書, 2018.

産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 平成 30 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業沿岸部処分システム高度化開発報告書, 2019.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 令和 2 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業沿岸部処分システム評価確証技術開発報告書, 2021.

THERMODDEM [online], Available from:
< https://thermoddem.brgm.fr/> [Accessed 17 December 2021]

WATEQ4F [online], (2 February 2005), Available from:
<https://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_chemtherm/software.htm> [Accessed 17 December 2021]

山路徹, 審良義和, 濱田秀則, 山田和夫, 海洋環境におけるコンクリートの劣化性状及び劣化指標に関する検討, 土木学会論文集 E, Vol. 66 No.1, pp.21-37, 2010.

横関康祐, 渡邉賢三, 林大介, 坂田昇, 大即信明, 水和反応と温度依存性を考慮したセメント系材料のイオン拡散係数予測モデル, 土木学会論文集, No.725, V-58, pp.131-142, 2003.

４－２ 緩衝材の機能変化に係るデータの拡充

（１） 背景と目的

緩衝材には放射性物質の移行を抑制する機能が求められている。この機能を緩衝材が持つことを示すには、自己シール性や低透水性などの緩衝材に設定された設計要件（表 4-2-1）を地下環境において満たすことを示す必要がある。地下環境に施工・定置された緩衝材の飽和後の状態を予測するためには、再冠水によって飽和するまでの期間における膨潤特性や透水特性などの状態の変化を把握し、状態変化を予測に取り込む必要がある。

こうした緩衝材の再冠水時の状態変化は浸潤する地下水の組成の影響を受けることが知られており、これまでは、サイトを特定しないジェネリックな環境を念頭に、緩衝材の状態変化に影響を及ぼす地下水として、主に Ca^{2+}濃度の高いセメント系材料からの浸出水を取り上げた研究が多く行われるとともに、海水系地下水を念頭に置いて人工海水を用いた試験、研究が実施されてきた。それらの結果は、主に地下水のイオン強度と緩衝材の特性との関係の形で整理されてきた。

平成 30 年度までに採取した沿岸部地下水の分析結果（産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所、2019）をイオン強度や陽イオン濃度組成で整理した結果を図 4-2-1 及び後掲図 4-2-2 に示す。これまでに緩衝材の性能変化に対する影響について十分に検討されていない Mg^{2+}、K^{+}などの成分が、海水系地下水に含まれる交換性陽イオンの組成比よりも多く含まれる地下水や、イオン強度の高い地下水が存在する。そのため、緩衝材の性能を把握するためには、このような多様な地下水組成に対応できる予測するために必要な状態変化に関するデータ拡充が必要である。

緩衝材の設計要件は、原子力発電環境整備機構（2021）（以下、NUMO-SC とする）によって指標及び基準が設定されており、これを充足する緩衝材の密度と厚さの範囲（仕様成立範囲）が示されている。表 4-2-1 に示した 4 つの緩衝材の設計要件に関する塩水条件における仕様成立範囲（NUMO-SC 第 4 章　図 4.4-10）は、自己シール性に対する範囲が最も狭い。平成 31 年度からは、沿岸部地下水で緩衝材の機能に最も影響する自己シール性に着目した。

自己シール性を定量的に評価するためには、膨潤率についてのデータが必要である。膨潤率は、ベントナイトの主成分であるモンモリロナイトの層間陽イオンや浸潤する液相のイオン強度の影響を受けて変化することが知られている。層間陽イオンは、浸潤する水に含まれる陽イオンと交換されることによって変化する。また、イオン強度が高くなることにより、モンモリロナイトの膨潤特性が変化し、イオン強度（塩分）が高くなることにより凝集することも要因となって、膨潤率が変化する。これらを踏まえると、浸潤する液相に応じた膨潤率を予測するためには、陽イオンによるイオン交換反応の進行を把握すること、及び陽イオン種とイオン強度の膨潤率への影響の把握が必要だと言える。

以上のことから、本検討では現実的な環境での緩衝材のイオン交換反応を予測する手法を整備し（後述（２）イオン交換選択性に関する検討)、陽イオン種やイオン強度の影響による緩衝材の膨潤率（自己シール性）に関するデータを拡充する（後述（３）緩衝材の膨潤率に対する溶存陽イオンの影響把握試験）ことによって、飽和後における緩衝材の性能の予測評価を可能にすることを目的として実施する。

表 4-2- 1 緩衝材の安全機能（放射性物質の移行抑制）の確保に必要な緩衝材の設計要件

緩衝材の設計要件	内容	指標	基準
自己シール性	オーバーパックや岩盤との隙間など、施工時にできる隙間を充填可能な膨潤性を有すること	膨潤率/隙間体積比	2 以上
低透水性	緩衝材中の地下水の流れを抑制し、放射性物質の移行を遅延すること	ペクレ数	0.1 以下
自己修復性	ガス発生による亀裂が緩衝材に生じたとしても閉塞できること	破過前後の透水係数の増加割合	1 以下
コロイドろ過能	放射性物質がコロイドとして移行することを防止すること	コロイド透過率	0

NUMO-TR-20-03（原子力発電環境整備機構（2021））を参照し作成

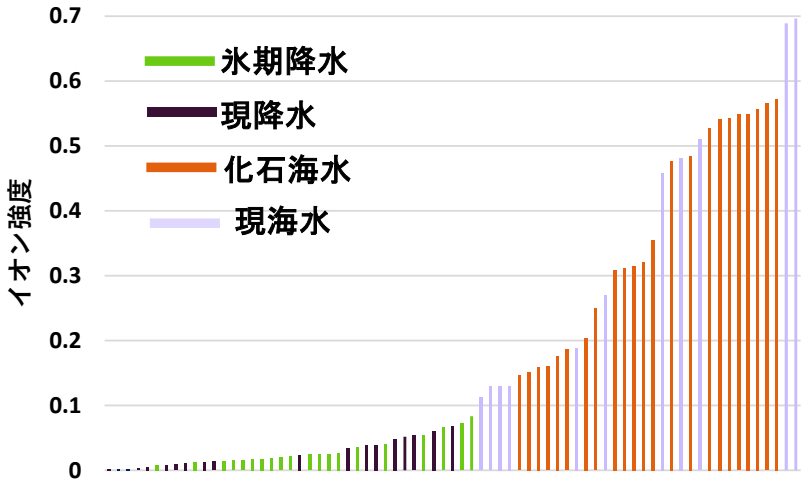


図 4-2- 1 沿岸部地下水（産業技術総合研究所ほか、2019）のイオン強度

（2） イオン交換選択性に関する検討

① 実施概要

モンモリロナイトのイオン交換反応は、イオン交換選択係数を用いた地球化学計算によって予測することができる。以前の検討において、圧縮した緩衝材の供試体に Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}それぞれの陽イオンを含むイオン強度 0.5 の水溶液を接触させたものについての層間陽イオンの分析結果は、広く用いられているイオン交換選択係数（核燃料サイクル開発機構, 1999）を用いた地球化学計算結果と乖離していることが示された（産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2018）。この理由として、これまで地球化学計算に用いられてきたイオン交換選択係数が、希薄溶液中のバッチ試験によって取得されたものであり、高イオン濃度におけるイオン交換選択係数と異なる可能性があることが考えられた。これを踏まえ、本事業において平成 31 年度に高イオン強度の溶液を用いたバッチ試験によってイオン交換選択係数を取得した（産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 2020）。その結果、高イオン強度の溶液中では、イオン交換選択係数が稀薄溶液の場合よりも小さい値であることが示唆された。さらに、得られた選択係数を用いて、圧縮ベントナイト試験体に希釈海水及び海水を通水した試験における排水の濃度変化の再現を試みたが、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}の濃度の経時変化は再現できなかった。一致しない原因として、圧縮したベントナイト中のイオン交換反応におけるイオン交換選択係数が分散系のバッチ試験によって得られた選択係数と異なる可能性があること、圧縮したベントナイト中での物質移行を伴うイオン交換反応が解析により正しく再現できていない可能性があることなどが考えられた。

Karnland et al.（2011）は、圧縮ベントナイトを用いた試験によって、Na に対する Ca のイオン交換選択係数（Ca-Na のイオン交換選択係数。以下、同様に「○に対する●」は、●-○と表現する）を取得した。この報告では、圧縮系での試験で得られたイオン交換選択係数は分散系で得られたものと大きく変わらないとされている。しかし、得られた値の変動幅が大きく、Ca-Na に特化したものであることなどから、圧縮系でのイオン交換選択係数について、さらに精査が必要であると考えられる。

以上のような背景のもとに、令和 2 年度より、沿岸域におけるより現実的な環境（イオン強度の高い環境及び圧縮ベントナイトに塩水系地下水が浸潤する環境）での緩衝材中のモンモリロナイトのイオン交換反応による化学的な変化の確からしい予測を、地球化学解析によって行うことを目的に、以下の 2 項目の検討を行っている。

- 圧縮ベントナイトを用いた試験によって高イオン強度でのイオン交換選択係数を取得する（→②イオン交換選択係数の取得）
- 圧縮ベントナイト中の物質移行を考慮したイオン交換反応を予測する解析の方法を整備する（→③イオン交換反応評価のための解析方法の整備）

令和 2 年度は、イオン強度 0.5 の KCl 溶液を、乾燥モンモリロナイト密度 0.88 Mg/m^3 及び 1.27 Mg/m^3 の圧縮した供試体に通水し、K-Na のイオン交換選択係数 $\log K_{GT}$ を取得した。その結果、$\log K_{GT}$ は、密度 0.88 Mg/m^3 においは 0.08、1.27 Mg/m^3 においては 0.33 であった。しかし、通水溶液が単成分であることにより分析精度が確保できず、安定した選択係数が得られていない可能性があり、令和 3 年度以降は、2 成分の混合溶液でイオン交換選択係数を取得することにした。解析手法に関しては、塩水環境下の圧縮ベントナイトのイオン交換の進行や間隙水の変化などを適切に評価することを目的として、粒子間隙とモンモリロナイト層間でのイオンの挙動の違いを考慮した解析手法を検討した。具体的には、粒子間隙とモンモリロナイト層間の表面積比を考慮した 2 サイトモデル、また、粒子間隙を可動領域として、モンモリロナイト層間を不動領域とした可動水-不動水モデルである。

令和 3 年度は、イオン強度 0.5、0.25 の KCl と NaCl の混合溶液を、乾燥モンモリロナイト密度 1.00 Mg/m^3 の供試体に通水し、イオン強度を変化させた場合の K-Na のイオン交換選択係数 $\log K_{GT}$ を取得した。また、イオン強度 0.125 の KCl と NaCl の混合溶液、イオン強度 0.5 の $CaCl_2$ と NaCl の混合溶液、及び 3-1 節「陸域から海域にかけての地質環境特性の把握」において令和 3 年度採水した沿岸部実地下水（ここでは、採水孔名と採水深度より FGB-2 孔 167.70～171.78 m と呼ぶ）を、通水する試験を開始した。解析手法に関しては、従来の解析手法を用いて令和 2 年度に実施したイオン強度 0.5 の KCl 溶液の通水試験の再現解析を試み、圧縮系ベントナイトを対象としたイオン交換反応の進行を表現するために必要な課題を抽出し、課題解決のための解析方法を検討した。

② イオン交換性選択係数の取得

(a) 試験計画

イオン交換選択係数の取得に関する試験計画を表 4-2- 2 に示す。ベントナイトの圧縮の影響を得るため、有効モンモリロナイト乾燥密度をパラメータの一つとし、さらに多様な地下水組成に適用できる結果を得るために、通水溶液のイオン強度を変えた通水試験を計画した。Na 型モンモリロナイトのイオン交換反応を対象としたため、クニピア F（モンモリロナイト含有率：98%）を用いた。

ケース①、③は、供試体の乾燥密度を 0.88 Mg/m^3、②、⑦は 1.27 Mg/m^3 としているが、この乾燥密度は、緩衝材の厚さ 700 mm での有効粘土密度の仕様成立範囲の最小（1.2 Mg/m^3）と最大（1.6 Mg/m^3）時の緩衝材の有効モンモリロナイト乾燥密度である（クニゲル V1 のモンモリロナイト含有率を 60 wt%、粒子密度をすべて 2.6 Mg/m^3 として算出)。その他のケースでは、供試体の乾燥密度を 1.00 Mg/m^3 としており、これは、クニゲル V1 にケイ砂を 30 wt%混合した緩衝材の乾燥密度が 1.6 Mg/m^3 の時の有効モンモリロナイト乾燥密度である。

ケース③－⑩は、通水溶液を 2 成分の混合溶液とし、Na 型のモンモリロナイトを対象としてイオン交換反応をさせるため、交換する陽イオンを 4、Na^+イオンを 1 のイオン強度比率になるように混合した。通水溶液の総イオン強度は、海水を想定した 0.5 を最大濃度とし、0.25、0.125 の 3 水準とした。

ケース⑫は、沿岸部実地下水を通水溶液とした。実地下水は多成分であり、主要な 4 種の陽イオン以外にも陽イオンを含み、陰イオンも複数種含まれているため、単純な溶液系での結果と整合するか否かを確認するために試験に用いる。この沿岸部実地下水（FGB-2 孔 167.70～171.78 m）の組成を表 4-2- 3 に示す。また、沿岸部実地下水（FGB-2 孔 167.70～171.78 m）の主要陽イオン量の組成比を標準海水の組成比と比較するために、報告されている沿岸部地下水の陽イオン量（産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所、2019）とともに図 4-2- 2 に示す。沿岸部実地下水（FGB-2 孔 167.70～171.78 m）の陽イオン濃度のプロットの位置は海水の希釈ラインとの位置関係により、標準海水の組成比よりも Mg^{2+}、Ca^{2+}が多く、Na^+、K^+が少ないことが示され、単純に淡水による希釈により形成されているものではないことが分かる。多くの地下水の組成の傾向と比べると Mg^{2+}が多いことが特徴である。

令和 3 年度は、上記のうちケース④、⑤（イオン強度 0.5 及び 0.25、KCl と NaCl の混合溶液、乾燥モンモリロナイト密度 1.00 Mg/m^3）の通水試験を実施した。また、ケース⑥、⑧（イオン強度 0.125 KCl と NaCl の混合溶液、イオン強度 0.5 $CaCl_2$ と NaCl の混合溶液)、及びケース⑫（沿岸部実地下水）の通水試験を開始し継続している。

表 4-2- 2 通水試験のスケジュール

ケース	通水溶液	有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m^3)	イオン強度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度
①	KCl溶液	0.88	0.50	○			
②		1.27	0.50	○			
③	KCl-NaCl混合溶液	0.88	0.50				○
④		1.00	0.50		○		
⑤			0.25		○		
⑥			0.125		○	○	
⑦		1.27	0.50			○	
⑧	$CaCl_2$-NaCl混合溶液	1.00	0.50		○	○	
⑨			0.25			○	○
⑩	$MgCl_2$-NaCl混合溶液	1.00	0.50			○	
⑪			0.25			○	○
⑫	沿岸部実地下水 (FGB-2孔_ 167.70~171.78m)	1.00	0.28		○	○	

表 4-2- 3 沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70~171.78 m）の組成

成分	濃度(mol/L)
Na	0.10
K	1.1×10^{-3}
Ca	0.022
Mg	0.033
Al	$<2 \times 10^{-5}$
Si	7.1×10^{-4}
SO_4	0.011
Cl	0.20

その他	
イオン強度	0.28
IC	35mg/L
TOC	<5mg/L
pH	7.9

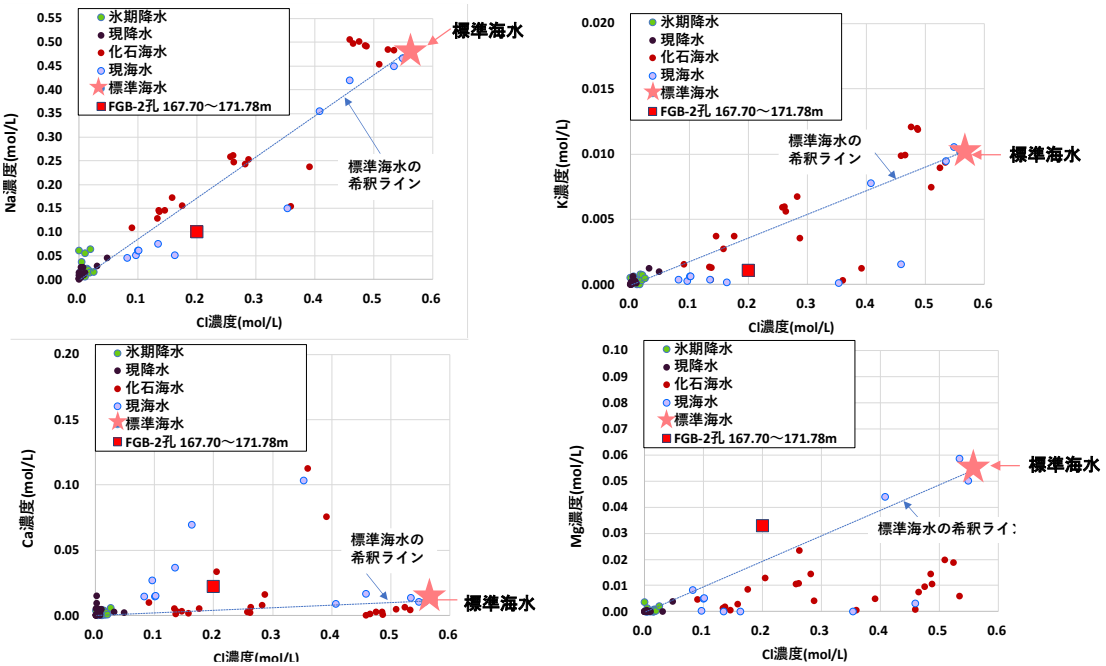


図 4-2- 2 沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70~171.78 m）及び沿岸部地下水（産総研ほか、2019）の成分中の陽イオン量

(b) 試験方法

通水試験には、図 4-2- 3 に示す装置を使用した。カラムは SUS316 製の上下キャップの間に SUS316 製のリングをはさみ、上下キャップをボルト・ナットで固定した。

供試体は平均含水率 12.73 wt%に調整して静的締固めにより充填した。セルに各密度（各供試体数 n=2）で充填した試料量を表 4-2- 4 に示す。

通水は不飽和な状態から圧力をかけて通水した（圧力の経時変化は、Appendix Ⅳに示す)。排水された液を経時的に採水し、液中のイオン濃度について Na^{+}イオンと K^{+}イオンを原子吸光、Ca^{2+}イオンと Mg^{2+}イオンは ICP-MS 分析によって測定した。

試験後の供試体はエタノールを用いて間隙中の塩溶液を洗浄して取り除いた後、SFSA 改良法により層間陽イオン量を分析した。（層間陽イオン量の分析の詳細は Appendix Ⅳ に示す)。

試験条件を表 4-2- 5 に示す。それぞれのケースで試験を 2 回実施した。

表 4-2-4 クニピア F の充填量（作製数 各ケース n=2）

有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m³)	セル容積 (cm³)	占有体積（cm³）			重量（g）		湿潤クニピア F 充填量 (g)
		乾燥クニピア F	含水	セル空隙	乾燥クニピア F	含水	
1.00	14.13	5.43	2.06	6.63	14.13	2.06	16.19

※クニピア F は随伴鉱物を含まない 100 %モンモリロナイトと仮定する。

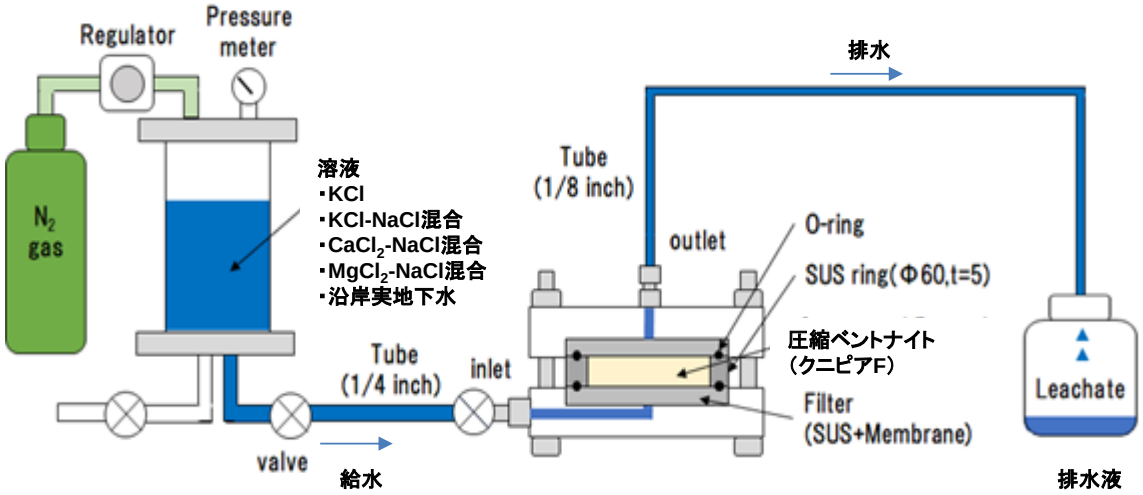


図 4-2-3 試験装置

表 4-2-5 試験条件

圧縮ベントナイト供試体	乾燥密度 (Mg/m³)	供試体寸法 (mm)	通水溶液	
			イオン強度	イオン種
クニピア F (Na 型モンモリロナイト)	1.00	直径 60×高さ 5	0.5	KCl-NaCl 混合溶液（KCl と NaCl のイオン強度比率 4:1）
			0.25	
			0.125	
			0.5	$CaCl_2$-NaCl 混合溶液（$CaCl_2$ と NaCl のイオン強度比率 4:1）
			0.28	沿岸部実地下水 (FGB-2 孔_ 167.70~171.78 m)

(c) 試験結果

試験が終了した KCl-NaCl 混合溶液のイオン強度 0.5 と 0.25 のケースについての試験結果を示す。

排水中のイオンの濃度の経時変化の結果を図 4-2- 4 に示す。排水の Na^+イオンの濃度と K^+イオンの濃度が給水した KCl-NaCl 混合溶液の濃度と同等になったことを確認して試験を終了した。結果を以下に述べる。

- KCl-NaCl 混合溶液の通水に応じて、排水中に Na+イオンが浸出し、排水中の Na+イオン濃度が高まったが、時間経過とともに徐々に減少した。Na+イオン濃度の減少に伴い、K+の濃度が増加しており、層間陽イオンの交換が進んでいることが認められた。
- Ca2+イオンも排水に認められ、通水溶液の K+イオンとモンモリロナイト試料中の Na+イオンとの交換だけでなく、Ca2+イオンともイオン交換していることが示された。

試験後の圧縮ベントナイト供試体について固相分析を実施し、層間陽イオン量を取得した（図 4-2- 5 参照)。

- 各試験において、圧縮ベントナイトの層間陽イオンが Na+イオンから K+イオンに置換されており、イオン交換がされたことが確認された。
- 通水溶液のイオン強度が 0.5 と 0.25 のケースで、試験後の層間陽イオンの組成に違いがなくほぼ同じであった。

固相分析の結果の詳細、透水係数の経時変化の結果については Appendix Ⅳに示す。また、継続中の試験については、KCl-NaCl 混合溶液のイオン強度 0.125 のケースは排水分析の途中経過を、まだ排水量が少なく排水分析ができない $CaCl_2$-NaCl 混合溶液のイオン強度 0.5 のケース及び沿岸部実地下水のケースは試験状況の写真を Appendix Ⅳに示す。

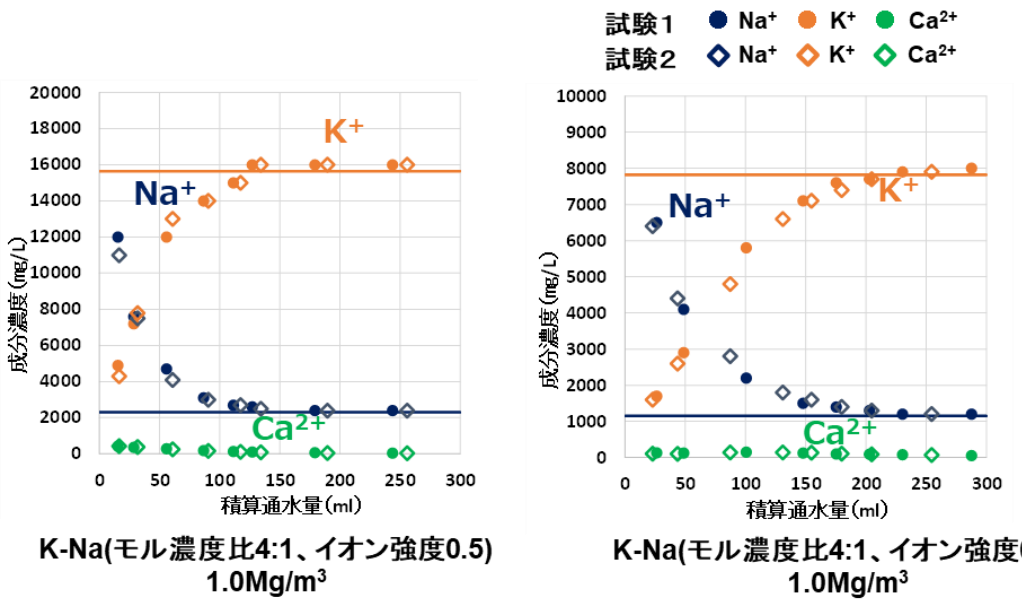


図 4-2- 4 排水中のイオンの濃度の経時変化

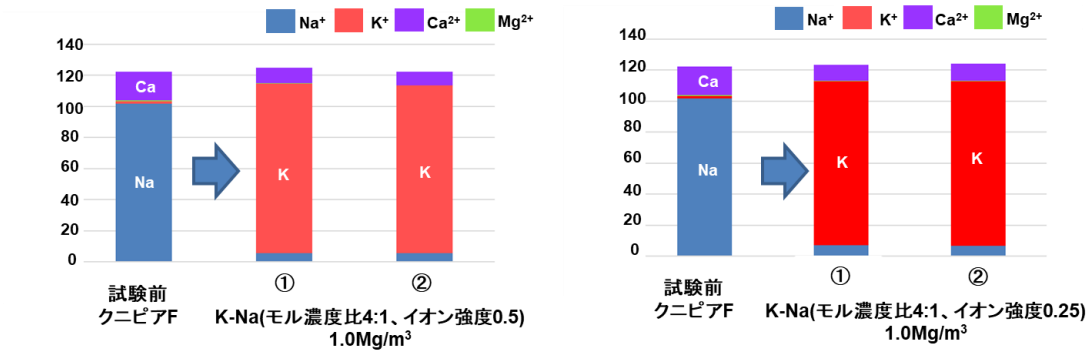


図 4-2- 5 試験後の圧縮ベントナイト供試体の層間陽イオン量

(d) イオン交換選択係数の算出

得られた供試体の層間陽イオン量のデータによって、Gaines&Thomas の見かけのイオン交換選択係数 K_{GT}（Gaines and Thomas, 1953）を算出した。圧縮ベントナイトにおけるイオン交換選択係数の算出方法は、以下のとおりである。

$$nZNa + M^{n+} = Z_nM + nNa^+ \quad (4\text{-}2.1)$$

$$K_{GT} = \frac{[X-M]\{Na^+\}^n}{\{M^{n+}\}[X-Na]^n} \quad (4\text{-}2.2)$$

ここで、

Z^-：負電荷，M^{n+}：陽イオン，Z_nM：表面化学種、K_{GT}：Gaines & Thomas選択係数

[X-M]：固相収着M^{n+}の当量分率

=（固相単位重量当たりの固相中M^{n+}の濃度[meq/100 g]*1）/[CEC*2]

[X-Na]：固相収着Na^+の当量分率

$\{M^{n+}\}$：平衡溶液中M^{n+}の活量 = 平衡溶液中M^{n+}モル濃度$[M^{n+}]$×活量係数（Daiviesの式

※3)

$\{Na^+\}$：平衡溶液中Na^+の活量 = 平衡溶液中Na^+モル濃度$[Na^+]$×活量係数（Daiviesの式

※3)

※1 固相分析より算出、※2 陽イオン交換容量

※3 Daiviesの式

$$-\log\gamma_i = AZ_i^2\left(\frac{I^{1/2}}{1+I^{1/2}} - 0.3I\right) \quad (4\text{-}2.3)$$

ここで、A：0.5085 (25℃) , Z_i：価数，I：イオン強度

ここでは、K-Na のイオン交換選択係数を取得する計算を行うため、M^{n+}を K^+とした。平衡溶液中の K^+モル濃度$[K^+]$及び平衡液中 Na^+モル濃度$[Na^+]$は、平衡状態となった時の排水モル濃度とした。陽イオン交換容量[CEC]は、圧縮ベントナイト供試体の作製に使用したクニピア F の固相分析の結果（図 4-2- 5 参照）を用いた。

算出した K-Na のイオン交換選択係数（$\log K_{(G,T)}$）を表 4-2- 6 に示す。イオン強度 0.5 においては平均 0.69（それぞれの試験で得られた値は、0.68、0.69）に、イオン強度 0.25 においては平均 0.59（0.57、0.60） となり、2 回の測定で大きな乖離はなかったが、イオン強度が大きい方が高い結果となった。イオン強度と選択係数の関係は、試験継続中のイオン強度 0.125 の選択係数の結果も加味して今後精査する。また、本検討の選択係数は、既往のイオン交換選択係数(log K(G,T))（核燃料サイクル開発機構、1999)、0.42（稀薄溶液（イオン強度約 0.1)、分散系）よりも高かった。

Na^+イオンに対するK^+イオンの選択性の濃度依存性について、Subramanian and Lammers（2022）が考察している。彼らによると、希薄溶液では、溶液中での$Na^+ \Rightarrow K^+$のイオン交換自由エネルギーは 72-84 kJ/mol（Marcus, 2014; Pettit, 1979）または、89 kJ/mol（Joung and Cheatham, 2008; Joung and Cheatham, 2009）であるが、Subramanian and Lammers（2022）が 1mol/l の KCl-NaCl 混合溶液について分子動力学シミュレーションを実施したところ溶液中での$Na^+ \Rightarrow K^+$のイオン交換自由エネルギーは、96-99kJ/mol となった。希薄溶液よりも 1mol/l 溶液の方が$Na^+ \Rightarrow K^+$のイオン交換自由エネルギー（溶液中）が高いと言うことは、1mol/l 溶液の方が溶液中のK^+がNa^+に交換されやすいことを意味し、逆にベントナイト層間のNa^+がK^+にイオン交換されやすくなること（K-Na のイオン交換選択係数が高いこと）も意味する。濃度が高いと層間のNa^+がK^+にイオン交換されやすいというこの結果は、本検討の結果とも整合しており、イオン交換自由エネルギーの違いにより、イオン濃度にイオンの選択性が依存することを説明できる可能性がある。

また、Subramanian and Lammers（2022）は、分子動力学シミュレーションによって、ベントナイト層間の水分が少ないほど、層間のNa^+がK^+にイオン交換されやすいことを示した。ベントナイト層間の水分が少ないことを乾燥密度が高くなると考えれば、乾燥密度が高いほど K-Na のイオン交換選択係数が高いと言える。KCl-NaCl 混合溶液について、K-Na のイオン交換選択係数の乾燥密度依存性については今後、本検討で試験によって調査する予定である。

表 4-2- 6 本試験において算出した K-Na のイオン交換選択係数（$LogK_{GT}$　K-Na）

		イオン強度			
		0.5		0.25	
		試験 1	試験 2	試験 1	試験 2
イオン交換選択係数	$logK_{GT}$	0.68	0.69	0.57	0.60
イオン交換選択係数（平均）	$logK_{GT}$	0.69		0.59	

③ イオン交換反応評価のための解析方法の整備

(a) 実施内容

塩水系の地下水が圧縮ベントナイトに浸潤する際のイオン交換反応を予測する解析の方法を整備するために、令和 3 年度は、以下の（ア）－（ウ）の内容を実施した。検討の流れを図 4-2- 6 に示す。

（ア）圧縮ベントナイト中の飽和に至るまでの浸潤やイオン交換反応の進行のプロセスを表現するための a)飽和・不飽和浸透流、b)溶質の移流・分散、c)地球化学反応の連成解析ツールを用いて、令和 2 年度の「②イオン交換選択係数の取得」のイオン強度 0.5 の KCl 水溶液を通水させた通水試験（表 4-2- 2 の①及び②）（産業技術総合研究所・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所, 2021）を対象に試解析を実施する。なお、試解析は、既往のイオン交換選択係数（核燃料サイクル開発機構、1999）を用い、令和 2 年度に検討した解析ツール（産業技術総合研究所・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所、2021）で実施する。

（イ）試験で得られたデータと（ア）の解析結果を比較・分析し、圧縮ベントナイトの高イオン強度の溶液中でのイオン交換反応を対象とした予測解析方法としての課題の有無を検討する。

（ウ）（イ）で抽出された課題について、感度解析などによって解析結果への影響の大小を整理する。その影響度を踏まえ、その課題の考慮の必要性、解析方法の改善方法を検討する。

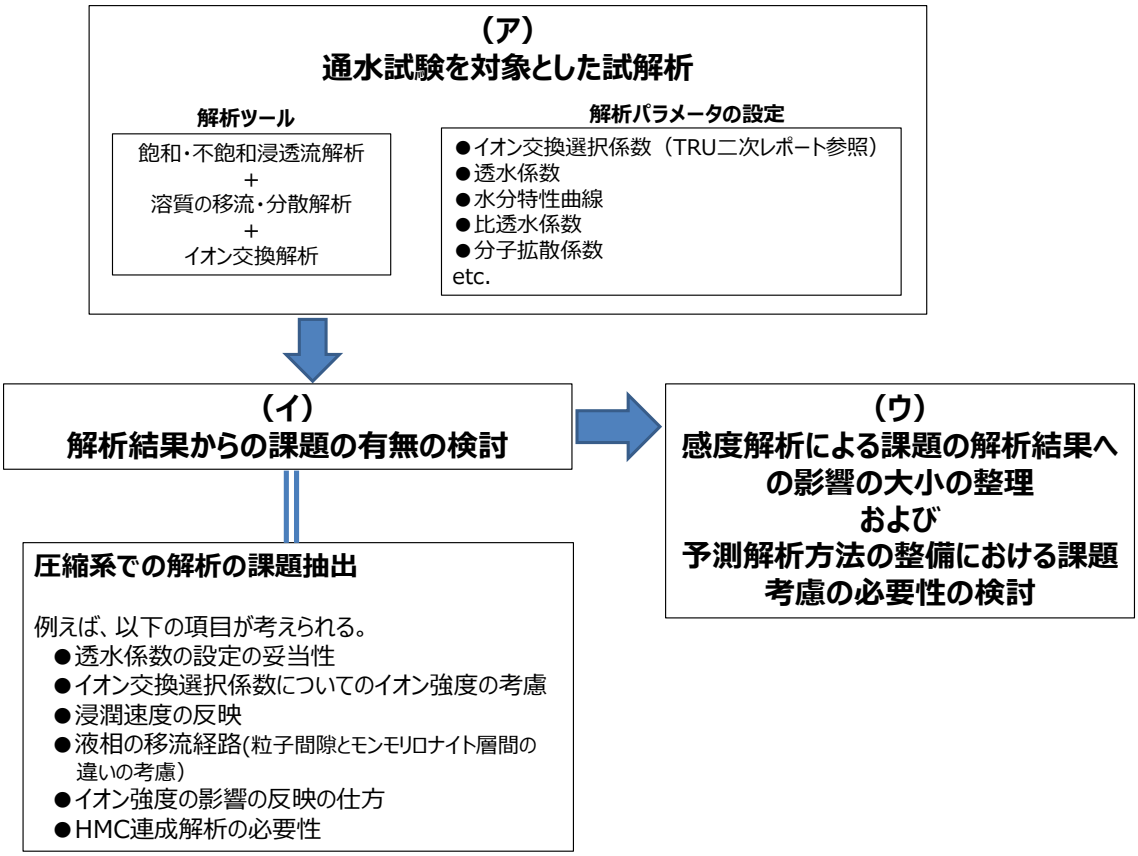

（ア）
通水試験を対象とした試解析
解析ツール
飽和・不飽和浸透流解析
＋
溶質の移流・分散解析
＋
イオン交換解析
解析パラメータの設定
●イオン交換選択係数（TRU二次レポート参照）
●透水係数
●水分特性曲線
●比透水係数
●分子拡散係数
etc.
（イ）
解析結果からの課題の有無の検討
（ウ）
感度解析による課題の解析結果への影響の大小の整理
および
予測解析方法の整備における課題考慮の必要性の検討
圧縮系での解析の課題抽出
例えば、以下の項目が考えられる。
●透水係数の設定の妥当性
●イオン交換選択係数についてのイオン強度の考慮
●浸潤速度の反映
●液相の移流経路(粒子間隙とモンモリロナイト層間の違いの考慮)
●イオン強度の影響の反映の仕方
●HMC連成解析の必要性

図 4-2- 6 検討の流れ

(b) 試解析

(i)解析ツール

解析ツールは、令和 2 年度に検討した HP1 を用いた（産業技術総合研究所・原子力環境整備促進・資金管理センター・電力中央研究所, 2021）。HP1 は、1 次元の飽和・不飽和浸透流、移流分散解析連成コードである HYDRUS-1D（Šimůnek et al., 2013）に地球化学解析コードである PHREEQC（Parkhurst and Appelo, 1999）の機能を追加し、これらの連成解析を可能とした解析ツールである。解析ツールに用いた支配方程式は Appendix Ⅳに示す。

(ii)解析条件

令和 2 年度の「②イオン交換選択係数の取得」の通水試験（前掲表 4-2- 2 の①及び②）では、乾燥密度を 0.88 Mg/m^3、1.27 Mg/m^3 の 2 水準とし、不飽和の圧縮 Na 型モンモリロナイト（クニピア F）を充填したカラムに対し、イオン強度 0.5 の KCl 水溶液を浸潤・通水させる試験を実施した。試解析は、この試験を対象とした。

解析モデルは、一次元とし、供試体高さである 5 mm を 50 等分したメッシュを設定した。給水口を下に、排水口を上に位置するとし、下向きの重力 9.8m/s^2 を設定した。通水時の給水口と排水口の圧力差は、試験条件を踏まえ、乾燥密度 0.88 Mg/m^3 では 20 cmH_2O、1.27 Mg/m^3 では 0.5 MPa とした。

飽和・不飽和浸透流の解析用パラメータは、（飽和）透水係数、水分特性曲線、比透水係数などである。これらのパラメータの設定値を表 4-2- 7 及び表 4-2- 8 に示す。解析に使用した水分特性曲線と比透水係数のグラフを図 4-2- 7 に示す。

溶質の移流・分散解析用のパラメータは、分子拡散係数、分散長及び屈曲度である。これらのパラメータの設定値を表 4-2- 9 に示す。分子拡散係数は HTO の自由水中の拡散係数を用いた。圧縮ベントナイト系材料についての HTO（トリチウム）の実効拡散係数 D_e^{HTO}の経験式として、TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ－（電気事業連合、核燃料サイクル開発機構、2005)には次式が挙げられている。

$$D_e^{HTO} = \varepsilon\left(\varepsilon^{2.22 f_s^{0.13}}\right) D^*$$

ここで、εは空隙率、f_s はスメクタイト含有率、D^*は HTO の自由水中の拡散係数である。上式で、括弧内の$\theta^{2.22 f_s^{0.13}}$が屈曲度係数に相当する。また、屈曲度係数は飽和度によっても変化しうる。HYDRUS-1D では、飽和度により変化する屈曲度係数として、Moldrup et al. （1997）の式（$\tau = 0.66(\theta/\theta_s)^{\frac{8}{3}}$）が利用できる（$\theta_s$は、飽和時の体積含水率)。同式は、ベントナイトを志向したものではないが、幅広い土性に適合するとされている。そこで、本解析ではこの両者を組み合わせた表 4-2- 9 に示す式を設定することとした。

イオン交換反応を平衡論でモデル化する場合に必要な情報は、イオン交換選択係数、交換サイトの初期イオン組成、及び間隙水のイオン濃度である。これらのパラメータの設定値を表 4-2- 10 及び表 4-2- 11 に示す。イオン交換選択係数は、既往値（核燃料サイクル開発機構, 1999）を用いた。交換サイトの初期イオン組成は、試験に用いたクニピア F の分析結果を用いた。なお、モンモリロナイトの CEC は、表 4-2- 10 に示すイオン交換サイトの当量の合計値とした。間隙水の初期化学組成は、イオン交換選択係数を与えてイオン交換サイトと間隙水との間の平衡計算を行った時に、イオン交換サイトの組成が表 4-2- 12 に示した初期組成と同じになる時の間隙水の化学組成とした。詳細は、Appendix Ⅳに示す。

表 4-2- 7 飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（1/2）

乾燥密度 ρ_d	0.88 Mg/ m^3	1.27 Mg/m^3	根拠・出典
透水係数K_s (m/s)	1.0×10^{-10}	6.0×10^{-13}	試験における透水係数の概略値
空隙率 ε	0.662	0.512	土粒子密度（2.6 Mg /m^3）と乾燥密度
初期含水比 ω_0(%)	14.0		試験における設定値

表 4-2- 8 飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（2/2）

乾燥密度 ρ_d	0.88 Mg/ m^3	1.27 Mg/m^3	根拠・出典
水分特性曲線 $\psi(S_e)$	$\psi=\frac{1}{\alpha}\left(S_e^{\frac{n}{n-1}}-1\right)^{\frac{1}{n}}$、$S_e=(\theta-\theta_r)/(\theta_s-\theta_r)$		鈴木・藤田（1999）に掲載のグラフからの読み取り値に基づく換算データを近似曲線で表したもの（van Genuchten モデル, (Van Genuchten, 1980）
	α =8.14×10^{-3} m^{-1}, n =1.46, $\theta_s=\varepsilon$ =0.662, θ_r= 0	α =9.93×10^{-4} m^{-1}, n =1.66, $\theta_s=\varepsilon$ =0.512, θ_r= 0	
比透水係数 $k_r(S_e)$	$k_r=S_e^{0.5}\left\{1-\left(1-S_e^{\frac{n}{1-n}}\right)^{1-\frac{1}{n}}\right\}^2$		仮想的な値であり、水分特性曲線と同じパラメータ（n, θ_s, θ_r）を用いた Mualem-van Genuchen (Mualem, 1976)モデルにより表したもの
	n =1.46, $\theta_s=\varepsilon$ =0.662, θ_r= 0	n =1.66, $\theta_s=\varepsilon$ =0.512, θ_r= 0	

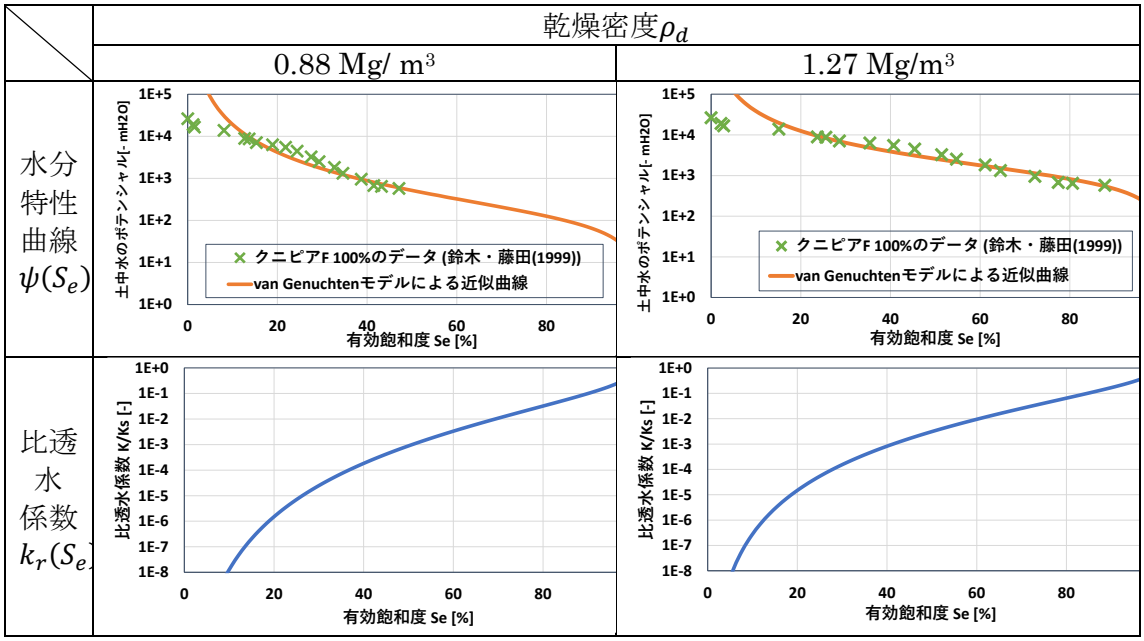


図 4-2- 7 解析に使用した水分特性曲線と比透水係数

表 4-2- 9 移流・分散解析用パラメータの設定値

乾燥密度 ρ_d	0.88 Mg/ m^3	1.27 Mg/ m^3	根拠・出典
分散長 α（m）	1.0×10^{-4}		一般的に移行距離の 1/10 - 1/100 程度であることから、カラム長 （5 mm）の 1/50
分子拡散係数 D_{w0}（m^2 s^{-1}）	2.23×10^{-9}		HTO（トリチウム）の自由水中拡散係数（日本化学会, 2021）
屈曲度係数 τ_w	$\tau_w = \left(\varepsilon^{2.22 f_s^{0.13}}\right)(\theta/\theta_s)^{8/3}$ ここで、εは間隙率。		電気事業連合・核燃料サイクル開発機構（2005） Moldrup et al. （1997） の式

表 4-2- 10 試解析に用いたイオン交換選択係数と初期状態におけるイオン交換サイト組成

イオン交換反応式 （半反応式）	イオン交換選択係数※ ($\log K_{GT}$)	イオン交換サイトの組成	当量 (meq/100g-soil)
$Z^- + Na^+ = ZNa$	0	ZNa	101.8
$Z^- + K^+ = ZK$	0.42	ZK	1.3
$2Z^- + Ca^{2+} = Z_2Ca$	0.69	Z_2Ca	18.2
$2Z^- + Mg^{2+} = Z_2Mg$	0.67	Z_2Mg	0.9

※：核燃料サイクル開発機構、1999

表 4-2- 11 試解析に用いた初期間隙水組成

Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	pH
(mmol/L)						
686	4.05	69.7	3.80	79.9	379	9.9

(iii)解析結果

解析によって得られた、排水液中のイオンの濃度の経時変化及び試験終了時の供試体の分析によって得られた層間陽イオンの当量分率を試験結果とともに図 4-2- 8 及び図 4-2- 9 に示す。なお、試験では、試験後の供試体を 3 層に分割してそれぞれで層間陽イオンの当量分率を求めているが、この 3 層で当量分率がほぼ同じになったため、図 4-2- 9 には、3 層分の結果の平均値を示している。層間陽イオン組成の分布の経時変化についての解析結果は、Appendix Ⅳに示す。

解析により得られた排水液の Na^+、K^+及び Mg^{2+}イオンの濃度変化は、試験結果を良好に再現していた（図 4-2- 8）。一方、Ca^{2+}イオンの濃度は、解析値の方が試験結果よりも 2 倍程度高い値となった。ただし、濃度変化のグラフの形状は試験で得られた結果と同様であった。また、試験では、Ca^{2+}イオンが層間に残っていた（図 4-2- 9）が、解析では、層間に Ca^{2+}イオンは残らない結果となった。

(c) 解析結果からの課題

前項の結果から、実際の試験では解析で用いたイオン交換選択係数の与える選択性よりも、Ca^{2+}イオンに対する選択性が高い可能性があると考えられた。本事業では、圧縮ベントナイトを用いたカラム試験によって順次試験を行う予定であり、その結果により、イオン交換選択係数は更新される可能性がある。令和 3 年度は、事前に Ca-Na のイオン交換選択係数の感度解析を実施し、選択係数の解析結果への影響を整理する。

実際の試験条件において、物質移行の支配的要因（移流と拡散）の指標となるペクレ数 P_eを求めると、乾燥密度 0.88 Mg/m^3 の場合は 0.033、1.27 Mg/m^3 の場合は 0.12 といずれも小さい値であり、移流よりも拡散が物質移行の支配的要因であると考えられる（ペクレ数P_eの導出の詳細は、Appendix Ⅳに示す）。そのため、解析における分子拡散係数の設定が重要になると考えられ、試験条件を踏まえると Na^+、Ca^{2+}イオンなどが高濃度で溶存している場合の分子拡散係数を設定すべきである。しかし、本試験条件に適用できる陽イオンの分子拡散係数の既往データがないため、HTO（トリチウム）における値を用いたが、この分子拡散係数が適正でない可能性がある。よって、分子拡散係数を変えた感度解析を実施し、分子拡散係数が解析結果に与える影響を整理する。

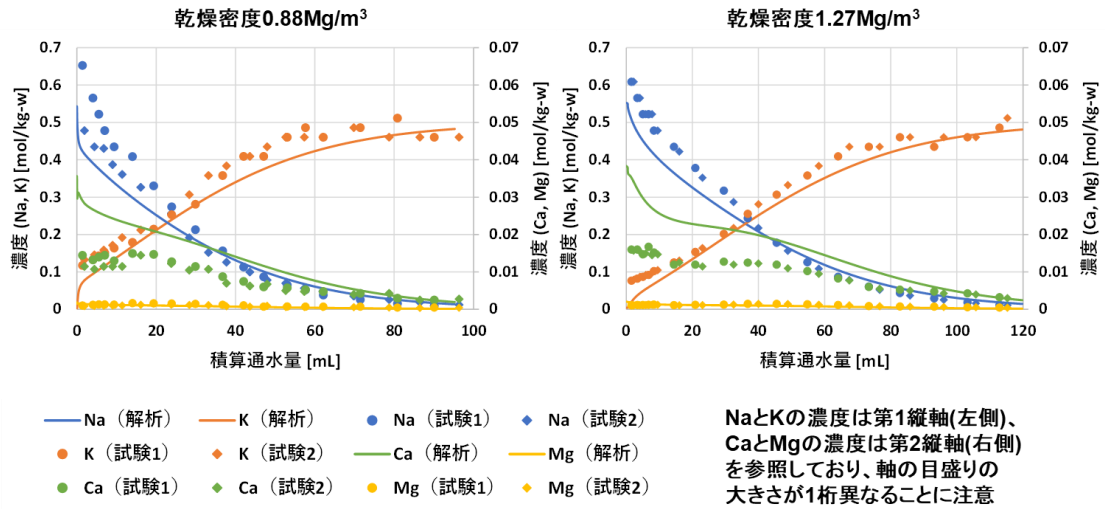


図 4-2- 8 排水中のイオン濃度の経時変化

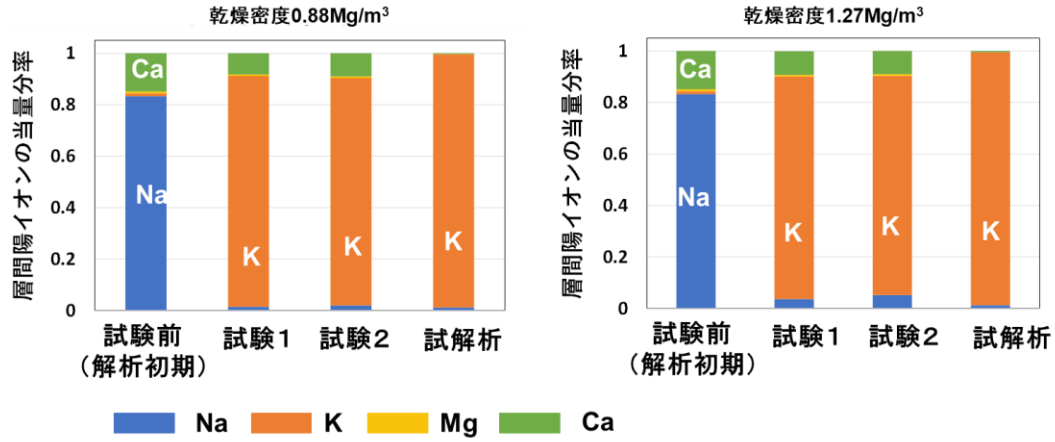


図 4-2- 9 試験終了時の層間陽イオンの当量分率

(d) 感度解析による検討

ここでは、Ca^{2+}イオンの選択性と分子拡散係数の感度解析を実施し、それぞれの解析結果への影響を整理した。

(i)Ca^{2+}イオンのイオン交換選択係数の影響

a)解析条件

Ca-Na のイオン交換選択係数 K_{GT} の値による解析結果の違いを確認し、圧縮したベントナイト中でのイオン交換においてイオン交換選択係数がどのような傾向を持っているのかを確認するために感度解析を行った。解析条件は初期間隙水組成の設定以外は、全て試解析と同一とした。イオン交換選択係数 K_{GT} とイオン交換サイト（モンモリロナイト）の初期組成の設定を表 4-2- 12 に示す。Ca-Na の交換選択係数 K_{GT} は、既往の値 （$10^{0.69}$） の 2、5、10 倍の場合の解析を行った。一方、イオン交換体の初期組成は、試解析と同じく、表 4-2- 10 に示す値とした。

間隙水の初期化学組成は、試解析と同様に表 4-2- 12 に示すイオン交換選択係数を与えてイオン交換サイトと間隙水との間の平衡計算を行った時に、イオン交換サイトの組成が表 4-2- 12 に示した初期組成と同じになる時の間隙水の化学組成とした。

b)解析結果

感度解析による排水中の各陽イオンの濃度の経時変化を試験結果とともに図 4-2- 10 及び図 4-2- 11 に示す。また、試験終了時の層間陽イオンの当量分率を図 4-2- 12 に示す。

図 4-2- 10 及び図 4-2- 11 に示すように、Ca-Na の選択係数 K_{GT} を変化させても、Na^{+}、K^{+}及び Mg^{2+}の排水中の濃度の解析結果はほぼ同じとなり、ほとんど影響を受けなかった。それに対し、Ca^{2+}イオンの濃度の経時変化は、Ca-Na の交換選択係数の影響を受けた。具体的には、Ca-Na の交換選択係数が高くなるほど、流出初期の Ca^{2+}イオンの濃度がより低下するとともに、濃度変化がよりなだらかになる傾向が見られた（図 4-2- 11）。一方、図 4-2- 12 より、Ca-Na の選択係数 K_{GT} が高いほど、試験終了時の Ca^{2+}イオンの当量分率が大きくなったが、乾燥密度 0.88 Mg/m^3 と 1.27 Mg/m^3 のどちらの場合も、Ca-Na の選択係数 $\log K_{GT}=1.69$ の時が試験結果の再現性が良かった。乾燥密度が異なっても再現性が良い Ca-Na の交換選択係数が同じ程度になることがわかる。

Ca-Na のイオン交換選択係数 $\log K_{GT}$ を 0.69 よりも高くすると再現性が良くなった。これは、既往の分散系のバッチ試験で取得された値 0.69（核燃料サイクル開発機構, 1999）よりも圧縮系ベントナイトにおいては、Ca-Na の選択係数が高い可能性があることを意味している今後、圧縮ベントナイトを用いた通水試験（②項）で取得する Ca-Na の選択係数（令和 4 年度に取得予定）を用いた解析を行って整合性を確認するが、整合しない場合は、Ca-Na の選択係数以外の要因についての検討も必要となる。

(ii)分子拡散係数の影響

a)解析条件

ここでは、乾燥密度 1.27 Mg/m^3 の場合について感度解析を実施することとし、分子拡散係数D_{w0}=2.23×10^{-9} m^2 /s（試解析条件、ペクレ数 0.12）D_{w0}=5.25×10^{-10} m^2 /s（ペクレ数 0.5）、D_{w0}=2.60×10^{-10} m^2 /s（ペクレ数 1.0）及びD_{w0}=1.27×10^{-10} m^2 /s（ペクレ数 2.0）に変更した解析を実施した。

b)解析結果

排水中のイオンの濃度の経時変化を試験結果とともに図 4-2- 13 及び図 4-2- 14 に示す。

分子拡散係数が小さく（ペクレ数が大きく）なるほど試験結果に近づくが、分子拡散係数によって Na$^+$及び K$^+$のイオンの濃度の経時変化に大きな違いがないことがわかる。この結果からは、分子拡散係数は、HTO（トリチウム）における値を設定しても良いと考えられる。ただし、試験装置サイズ（直径 60 mm×高さ 5 mm）でなく実規模スケールで考えた場合に、分子拡散係数の設定値によりイオン交換反応の予測解析結果が変わる可能性がある。

表 4-2- 12 感度解析に用いたイオン交換選択係数と初期のイオン交換サイトの組成（Ca^{2+}の選択係数の影響）

イオン交換反応式（半反応式）	イオン交換選択係数※ ($\log K_{GT}$)	イオン交換サイトの初期組成	当量 (meq/100g-soil)
$Z^- + Na^+ = ZNa$	0	ZNa	101.8
$Z^- + K^+ = ZK$	0.42	ZK	1.3
$2Z^- + Ca^{2+} = Z_2Ca$	0.69、0.99、1.39、1.69	Z_2Ca	18.2
$2Z^- + Mg^{2+} = Z_2Mg$	0.67	Z_2Mg	0.9

※： 核燃料サイクル開発機構、1999

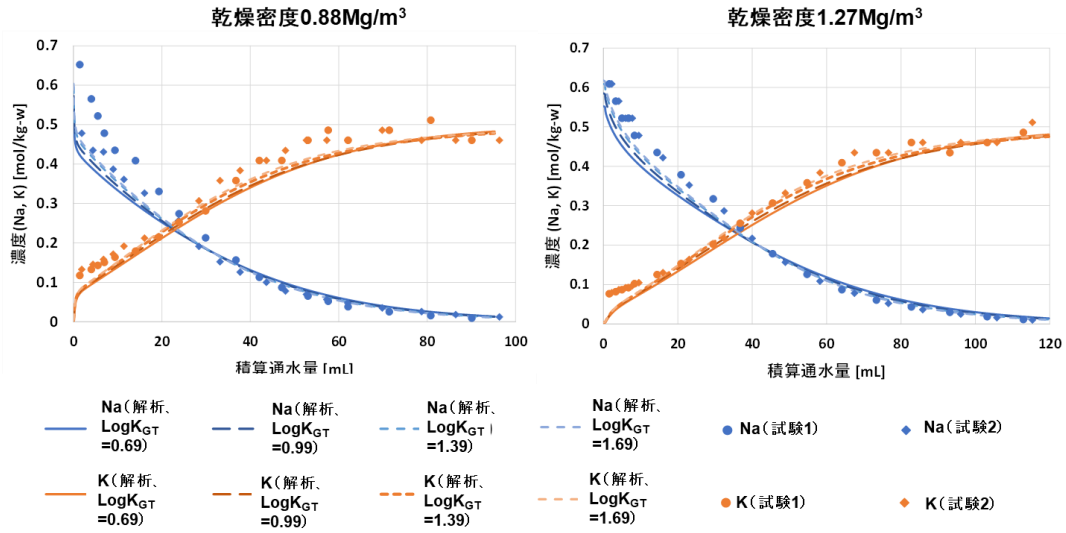


図 4-2- 10 排水中の Na^+及び K^+イオンの濃度の経時変化（Ca^{2+}の選択係数の影響）

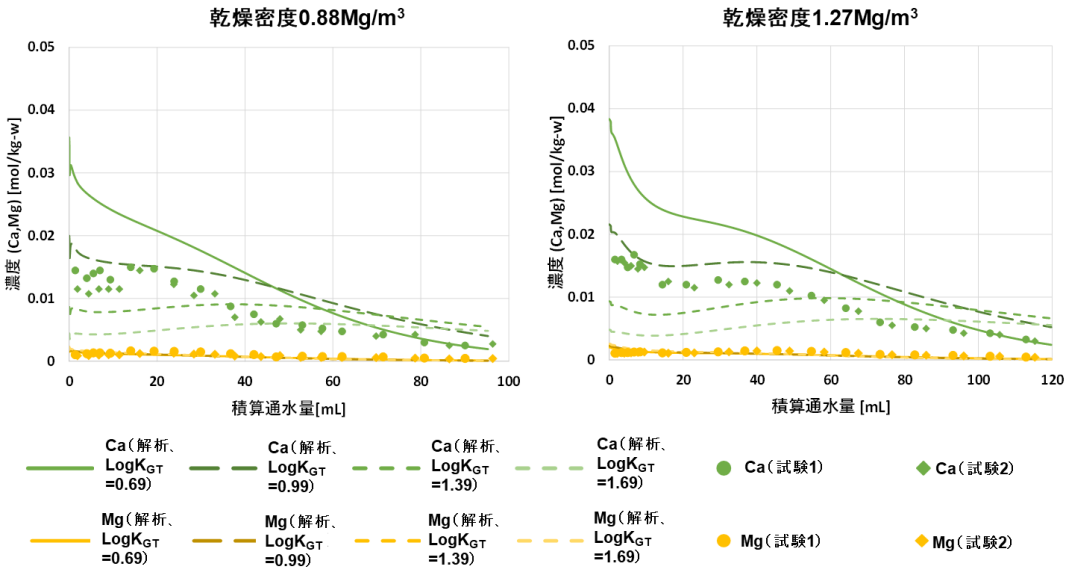


図 4-2- 11 排水中の Ca^{2+}及び Mg^{2+}イオンの濃度の経時変化（Ca^{2+}の選択係数の影響）

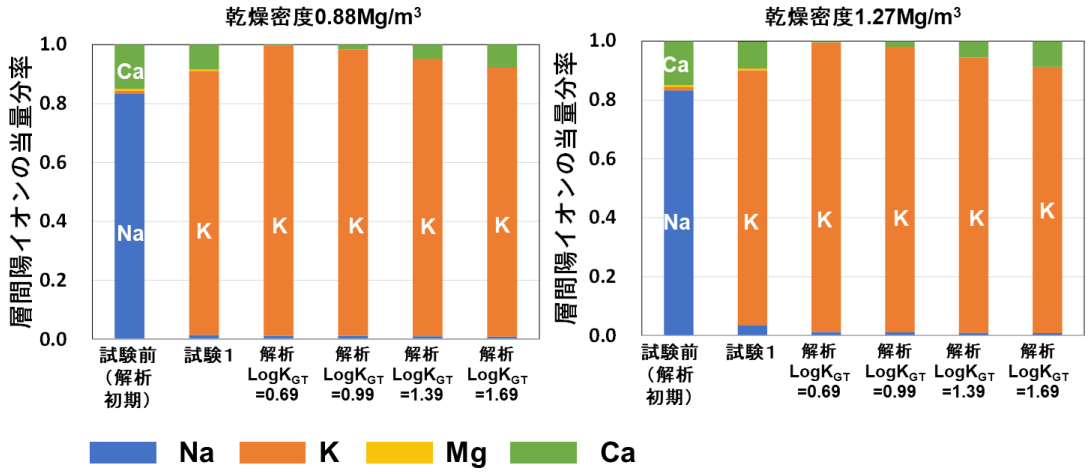


図 4-2- 12 試験終了時の層間陽イオンの当量分率（Ca^{2+}イオンの選択係数の影響）

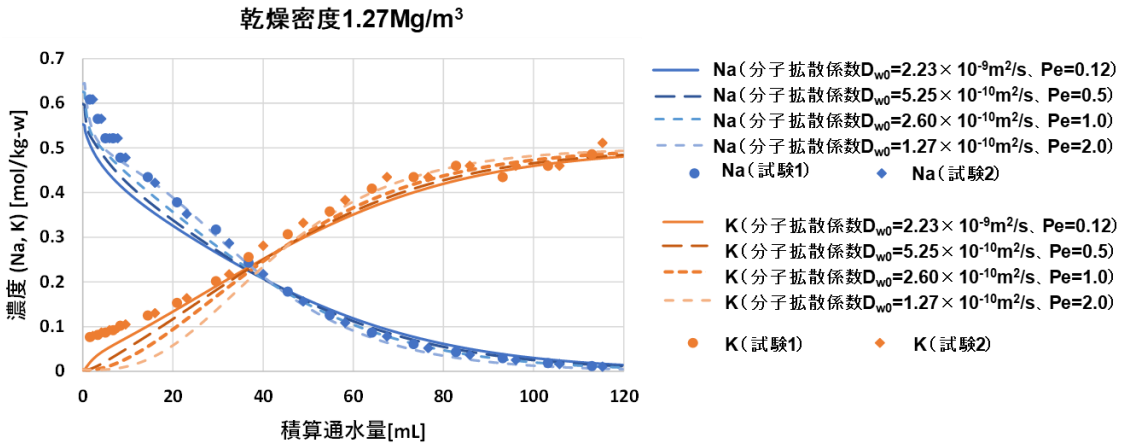


図 4-2- 13 排水中の Na^{+}及び K^{+}イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）

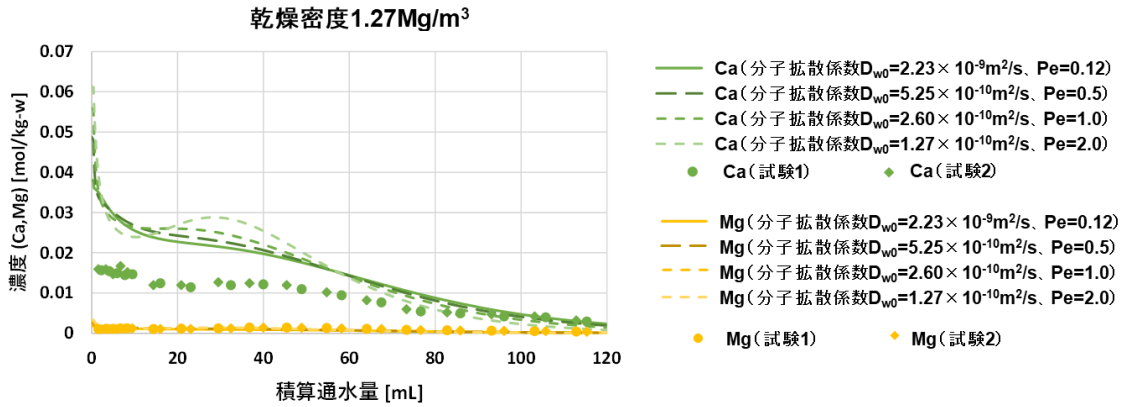


図 4-2- 14 排水中の Ca^{2+}及び Mg^{2+}イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）

（３） 緩衝材の膨潤率に対する溶存陽イオンの影響把握試験

① 実施概要

緩衝材の自己シール性を確保するための設計要件は、最大膨潤率が隙間体積比の 2 倍以上となることとされている。これまでに、Na 型ベントナイトに蒸留水、人工海水、10 倍希釈人工海水などのイオン強度の異なる溶液を通水させた試験（田中・中村, 2005）、Ca 型化したベントナイトを用いた試験（戸井田ほか, 2005）、Na 型ベントナイトに幌延地下水を通水させた試験（日本原子力開発機構・原環センター, 2019）などによって最大膨潤率が計測されている。しかし、膨潤率に関して、浸潤液中の陽イオンの違いによる影響を詳細に検討したデータは多くない。沿岸部の多様な地下水の組成に対応した膨潤率を把握するにあたり、地下水に溶存する主要陽イオンである Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}の影響、及びイオン強度依存性のデータを取得し、体系的に整理する必要がある。本事業では、主要陽イオンを対象とした膨潤量試験を実施し、陽イオン種、及びイオン強度による膨潤率への影響に係るデータを拡充することを目的とした。加えて、得られたデータを元に、多様な組成の溶液が浸潤した際の自己シール性に関する性能の予測する方法の提示を目標とした検討を行う。

表 4-2- 13 に、平成 31 年度から実施している膨潤量試験の条件を示す。Ⓐの項目では、高イオン強度の陽イオン種の膨潤率への影響把握のために、通水溶液として海水程度のイオン強度 0.5 の塩化物溶液（NaCl、KCl、$CaCl_2$、$MgCl_2$）を用いた膨潤量試験を実施した。その結果、緩衝材密度 1.6 Mg/m^3 の時、それぞれの最大膨潤率は、25.6 %、20.8 %、15.8 %、29.8 %であった。Ⓑでは、イオン強度の膨潤率に対する影響を把握するため、NaCl 溶液によるイオン強度 0.025 から 0.20 の範囲での膨潤量試験を実施した。Ⓒでは、K^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}によるイオン強度の影響を把握するために、イオン強度 0.025、0.10、0.20 の塩化物溶液による膨潤量試験を実施した。さらに、低イオン強度で二種の陽イオンが共存する場合の影響を把握するために、イオン強度 0.025、0.10 の Ca^{2+}と Na^{+}の混合溶液（Ca^{2+}と Na^{+}のモル濃度比 1.5:1）を用いて膨潤量試験を実施した。Ⓓでは、主要陽イオン以外の微量の陽イオン、及び多種の陰イオンが含まれる場合の影響も含めて、試験の結果から得られた最大膨潤率の予測の妥当性を確認するためのデータを得るために、駿河湾で採取した沿岸部実地下水（FGB-2 孔 167.70～171.78 m）を浸潤させる膨潤量試験を実施した。この地下水は、（２）②の通水試験で用いた地下水と同じものであり、地下水の組成は、表 4-2- 3 及び図 4-2- 2 に示した。Ⓔでは、地下水が地形や気候の変化などにより塩水から淡水に置き換わった場合の膨潤率への影響を把握するために、高イオン強度の溶液を通水して定常となった後にイオン交換水を通水し、膨潤量の変化を計測した。表 4-2- 13 に示すように試験は一部終了し、継続中の試験もあり、今後も計画に従ってデータ取得を進める。令和 3 年度開始した試験のうち、終了した試験について結果を以下に示

し、継続する予定の試験については現時点の結果を示す。令和 3 年度は、令和 2 年度までの結果と合わせて、イオン種のイオン強度の影響を検討した。

表 4-2- 13 膨潤量試験の試験ケース

	溶液の種類	イオン強度	初期緩衝材密度 (Mg/m^3)	平成31年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度
リファレンス	イオン交換水	0	1.2,1.6,2.0	■	■	■		令和4年度までの試験の継続、あるいは補足試験
Ⓐ 高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	NaCl	0.5	1.2,1.6,2.0	■				
	KCl		1.2,1.6,2.0	■				
	NaCl+KCl		1.2,1.6,2.0	■				
	$CaCl_2$		1.2,1.6,2.0		■			
	$MgCl_2$		1.2,1.6,2.0		■			
Ⓑ NaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025	1.6		■	■		
		0.050	1.6		■	■		
		0.075	1.6		■	■		
		0.10	1.6		■	■		
		0.15	1.6		■	■		
		0.20	1.6		■	■		
Ⓒ Na以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.025	1.6			▒	▒	
		0.10	1.6			▒	▒	
		0.20	1.6			■		
	$CaCl_2$	0.025	1.6			▒	▒	
		0.10	1.6			■		
		0.20	1.6			■		
	$MgCl_2$	0.025	1.6			▒	▒	
		0.10	1.6			▒	▒	
		0.20	1.6			▒	▒	
	$CaCl_2$とNaClの混合溶液（モル濃度比1.5:1）	0.025	1.6			▒	▒	
		0.10	1.6			▒	▒	
Ⓓ 沿岸実地下水検討	FGB-2孔_167.70~171.78m	0.28	1.6			■		
Ⓔ イオン交換水に交換した影響の検討	NaCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0	■	■	■		
	KCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0	■	■			

■ 済　▒ 実施中　□ 実施予定

② 試験方法

本業務では、全ての膨潤量試験において、統一して図 4-2- 15 に示すような試験装置を使用した。試験装置のピストンの質量から算出したピストンとセルとの摩擦込みの上載圧は概ね 8.8 kPa 程度である。ただし、試験中にできたセル内の傷による摩擦力増加などにより、試験中の供試体にかかる力は上載圧 8.8 kPa と異なる可能性がある。

本試験は、境界条件として一次元・鉛直方向への膨潤量を取得する試験であるため、供試体寸法のうち、直径は任意であるが、供試体の直径が小さくなるほど、膨潤量試験に対して供試体とセルの間の摩擦の影響が顕在化してくる。そのため、過去の実績から、供試体直径は 60 mm を基本とした。供試体の高さは、供試体高さが高いほど、送水側の密度が低下し供試体内に密度分布が発生すること、セルと供試体間の摩擦の影響が大きくなること、膨潤量が定常になるのに時間が掛かることなどの短所があるため、過去の実績から 5 mm とした。表 4-2- 14 に供試体の諸元を示す初期含水比一定で静的締固めにより供試体を作製した。

給水は、底部から上部に向かってビュレットの水位差で給水し、給水に伴う間隙空気が速やかに排気されるようにした。

膨潤量はピストンの上部に設置した変位計によって計測した。

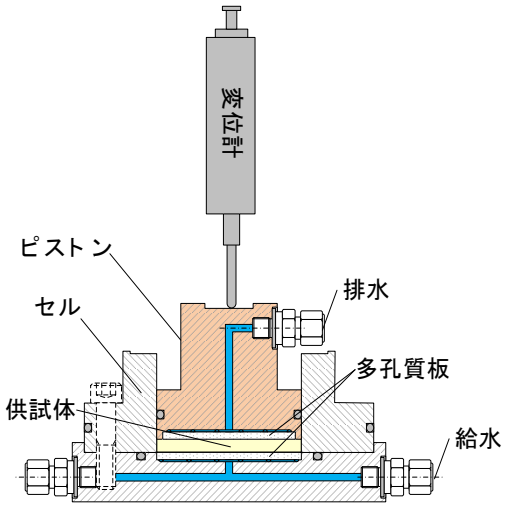


図 4-2- 15 本検討で使用する緩衝材膨潤量に係る試験装置のイメージ

表 4-2- 14 供試体の諸元

供試体	供試体寸法 (mm)	初期含水 比
Na 型ベントナイト（クニゲル V1）に ケイ砂 3 号とケイ砂 5 号を 乾燥質量比 7:1.5:1.5 で混合。	直径 60 ×高さ 5	7.1 - 8.3%

③ 試験結果

取得した最大膨潤率を表 4-2- 15 に示し、実施した試験の結果をイオン強度と最大膨潤率の関係として整理したものを図 4-2- 16 に示す。近似線の式は、層間距離がイオン強度の平方根に反比例するとした文献（佐藤, 2001）を参照し、

$y=ax^{-1/2}+b$　（y は最大膨潤率、x はイオン強度、a と b は定数。）

の形とした。近似線は、a=36.7、b=-26.7 の時に、イオン強度 0.5 までの NaCl 溶液におけるイオン強度と最大膨潤率の関係と良く合っている。NaCl 溶液以外の試験溶液における最大膨潤率もこの近似線近傍にプロットされており、イオン種に関わらず、イオン強度と最大膨潤率の関係を同じ式で評価できる可能性が高い。総塩濃度で評価する方法は、MX-80 などを原材料としたベントナイトについて SKB で取り入れられており（POSIVA and SKB, 2017）、今後さらにデータを蓄積してその妥当性を検討する。

表 4-2- 13 に示したのⒸ及びⒹの試験の膨潤率の経時変化を図 4-2- 17 に示す。浸潤溶液を変えた試験で、KCl 溶液ではイオン強度 0.1 と 0.2 でほぼ同じ膨潤率となり、$CaCl_2$ 溶液ではイオン強度 0.1 の方が 0.025 よりも膨潤率が大きかった。試験が継続中の $MgCl_2$ 溶液ではこれまでのところイオン強度 0.2 の方が 0.1 よりも膨潤率が大きいが、今後、膨潤率の大小が変化する可能性もあり、最終的な結果を確認することとする。

今回の試験条件では、Na 型ベントナイトを対象として陽イオンの種類と濃度を変えた溶液を浸潤させているため、イオン強度の影響とイオン交換の影響が共存する結果が示される。上記のようにイオン強度の影響は明らかであるが、膨潤率の減少にはイオン交換の影響も含まれている可能性がある。イオン交換の寄与について検討するため、$CaCl_2$ を浸潤させた試験後の試料について層間陽イオンの組成分析を行った結果を整理し、図 4-2- 18 に示す。組成分析の方法は前項（(2) ②(b)）と同じである。図 4-2-18 (a)は本検討のイオン強度 0.5、0.2、0.1 の $CaCl_2$ 溶液及びイオン交換水（イオン強度 0）を浸潤させた試験後のベントナイトの陽イオンの当量分率、図 4-2-18 (b)はイオン強度及び Ca^{2+}当量分率と最大膨潤率の関係を示した。 (a)で示したように、イオン交換水を浸潤させた場合の試験後の試料においても試験前の試料よりも Ca^{2+}当量分率が高くなっている。これは、イオン交換水の浸潤により、ベントナイト（クニゲル V1）に含まれる随伴鉱物から溶け出した Ca^{2+}イオンによって層間の Na^{+}イオンが交換されたためと考えられる。図 4-2-18 (b)のグラフからは、最大膨潤率はイオン強度に依存していると同時に、Ca^{2+}当量分率についても、当量分率が高くなるほど膨潤率が低くなる傾向が見られた。ただし、$CaCl_2$ のイオン強度 0.1 を浸潤させたものとイオン交換水（イオン強度 0）を浸潤させたものは層間の Ca^{2+}当量分率がほぼ同じであったにも関わらず、最大膨潤率はそれぞれ 92.8 %と 216.0 %と大幅に異なっていた。一方、戸井田ほか（2005）が今回とほぼ同様の条件で実施した Ca 型化ベントナイトを用いた膨潤量試験（蒸留水を通水、30 wt%のケイ砂を混合、緩衝材密度 1.6 Mg/m^3、試験前の Ca^{2+}当量分率は 88.0 %、上載圧 3 kPa）では、最大膨潤率は 20.9 %であった。この膨潤率の相違は当量分率の差だけでは説明できず、膨潤率が最終的

な Ca^{2+}当量分率に線形には依存していない、浸潤過程やイオン交換の過程（履歴）の影響がある、などの理由が考えられる。いずれにしても今回の試験条件においては、膨潤率の変化への影響はイオン強度の方が支配的であり、イオン強度をパラメータとしたモデルにより膨潤率をもとにした緩衝材のシール性についての評価ができる可能性があると考えられる。ただし、膨潤率と層間陽イオンの組成との関係に関してもデータを取得し、イオン交換による影響の程度などを把握する必要がある。

また、試験終了後、解体して含水比分布及び乾燥密度を測定して、おおむね均一に膨潤していたことを確認した。

ここで示したケース以外の膨潤率の経時変化は Appendix_R2 に示す。さらに、層間陽イオンの組成分析の詳細、含水比分布、乾燥密度分布についても Appendix_R2 に示す。

表 4-2- 15 本検討の試験ケースにおける最大膨潤率

		試験溶液	イオン強度	初期緩衝材乾燥密度 ρ_d (Mg/m^3)	初期有効粘土密度 ρ_{e0} (Mg/m^3)	膨潤時の緩衝材の最大膨潤率 (%)
本検討（上載圧は8.8kPa）	リファレンス	イオン交換水	0	1.2	0.980	140.8
				1.6	1.368	216.0
				2.0	1.801	277.8
	Ⓐ 高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	NaCl	0.5	1.2	0.980	5.8
				1.6	1.358	25.6
				2.0	1.842	34.3
		KCl		1.2	0.992	1.4
				1.6	1.361	20.8
				2.0	1.795	27.8
		NaCl+KCl (1:1)		1.2	0.975	3.4
				1.6	1.365	27.5
				2.0	1.817	37.3
		$CaCl_2$		1.2	0.973	9.6
				1.6	1.369	15.7
				2.0	1.840	38.5
		$MgCl_2$		1.2	0.989	5.9
				1.6	1.359	29.8
				2.0	1.794	40.0
	Ⓑ NaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025	1.6	1.392	187.7
			0.05	1.6	1.385	174.9
			0.075	1.6	1.377	97.5
			0.1	1.6	1.374	95.2
			0.15	1.6	1.377	62.4
			0.2	1.6	1.376	45.2
	Ⓒ Na以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.025	1.6	1.369	継続中
			0.1	1.6	1.369	継続中
			0.2	1.6	1.369	56.4
		$CaCl_2$	0.025	1.6	1.358	継続中
			0.1	1.6	1.358	92.8
			0.2	1.6	1.359	59.1
		$MgCl_2$	0.025	1.6	1.367	継続中
			0.1	1.6	1.367	継続中
			0.2	1.6	1.367	継続中
		CaCl2とNaClの混合溶液	0.025	1.6	1.369	継続中
			0.1	1.6	1.369	継続中
	Ⓓ 沿岸実地下水	FGB-2孔_167.70～171.78m	0.28	1.6	1.372	62.0
	Ⓔ イオン交換水に交換した影響の検討	NaCl⇒イオン交換水	0.5⇒0	1.2	0.980	6.8
				1.6	1.358	156.4
				2.0	1.842	242.9
		KCl⇒イオン交換水	0.5⇒0	1.2	0.992	30.0
				1.6	1.361	47.8
				2.0	1.795	195.2

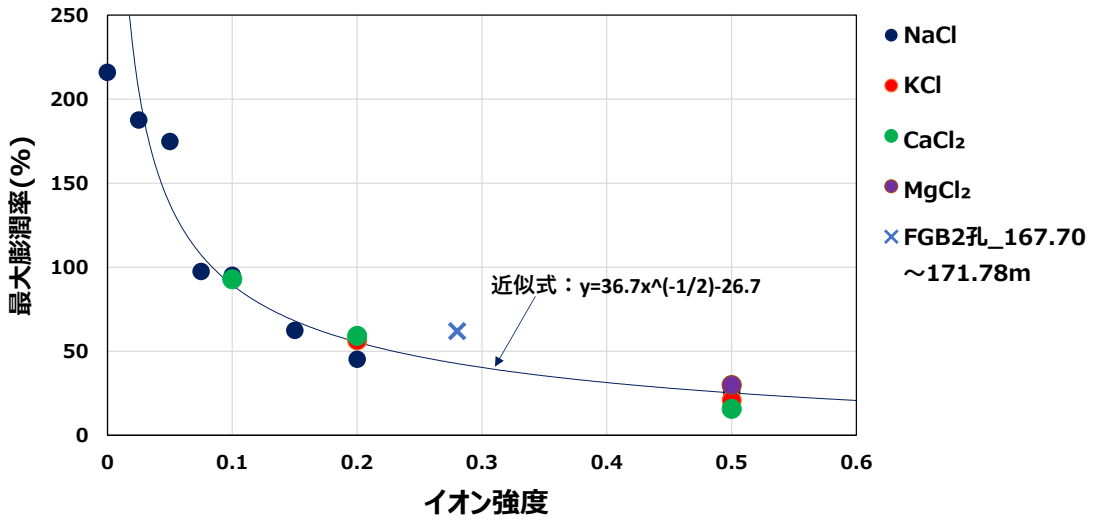


図 4-2- 16 イオン強度と最大膨潤率の関係（初期有効乾燥粘土密度 1.6Mg/m^3）

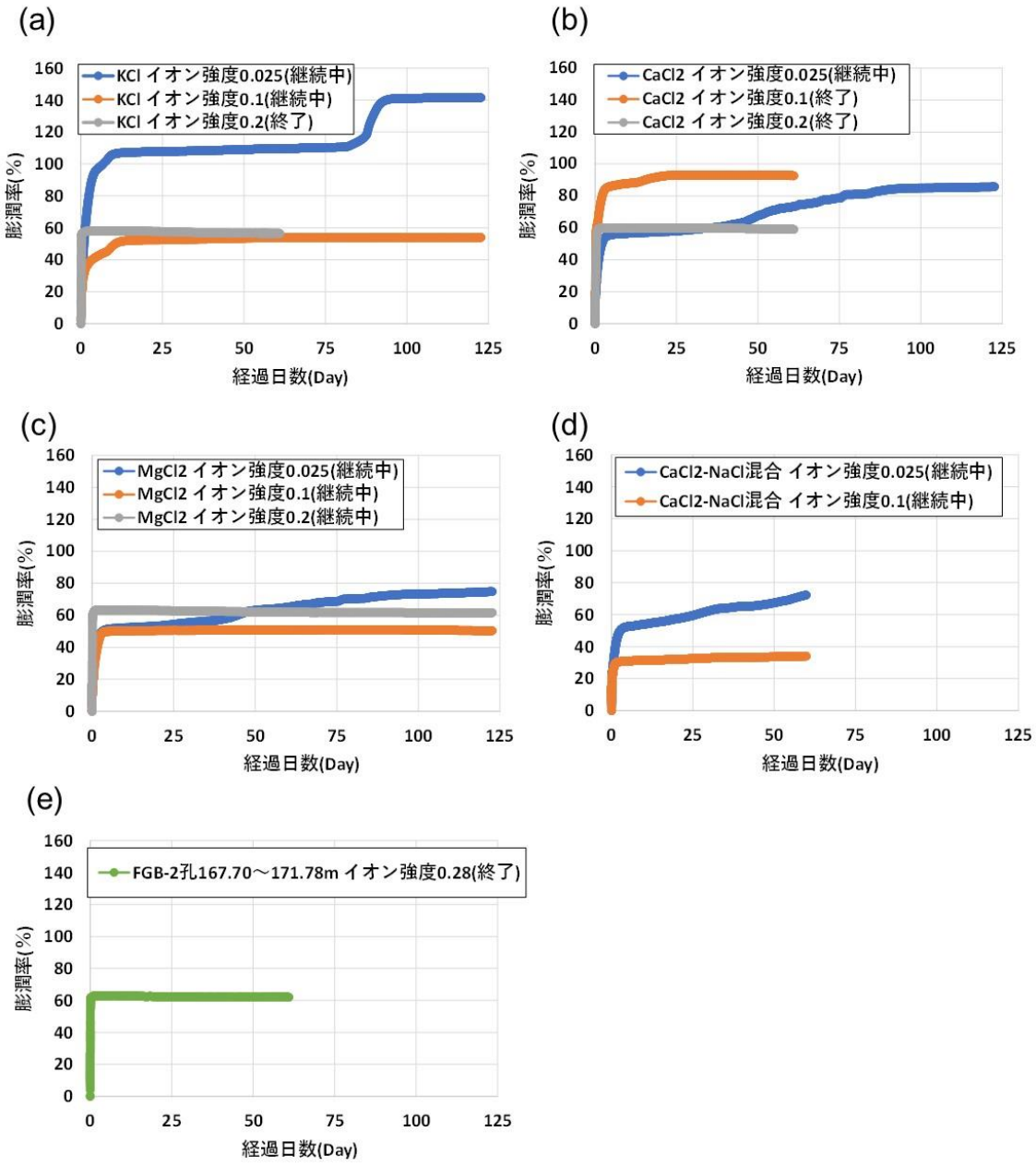


図 4-2- 17 膨潤率の経時変化（試験ⒸⒹ）
(a)KCl 溶液、(b)$CaCl_2$ 溶液、(c)$MgCl_2$ 溶液、(d)$CaCl_2$ と NaCl の混合溶液、(e)FGB-2 孔 167.70~171.78 m

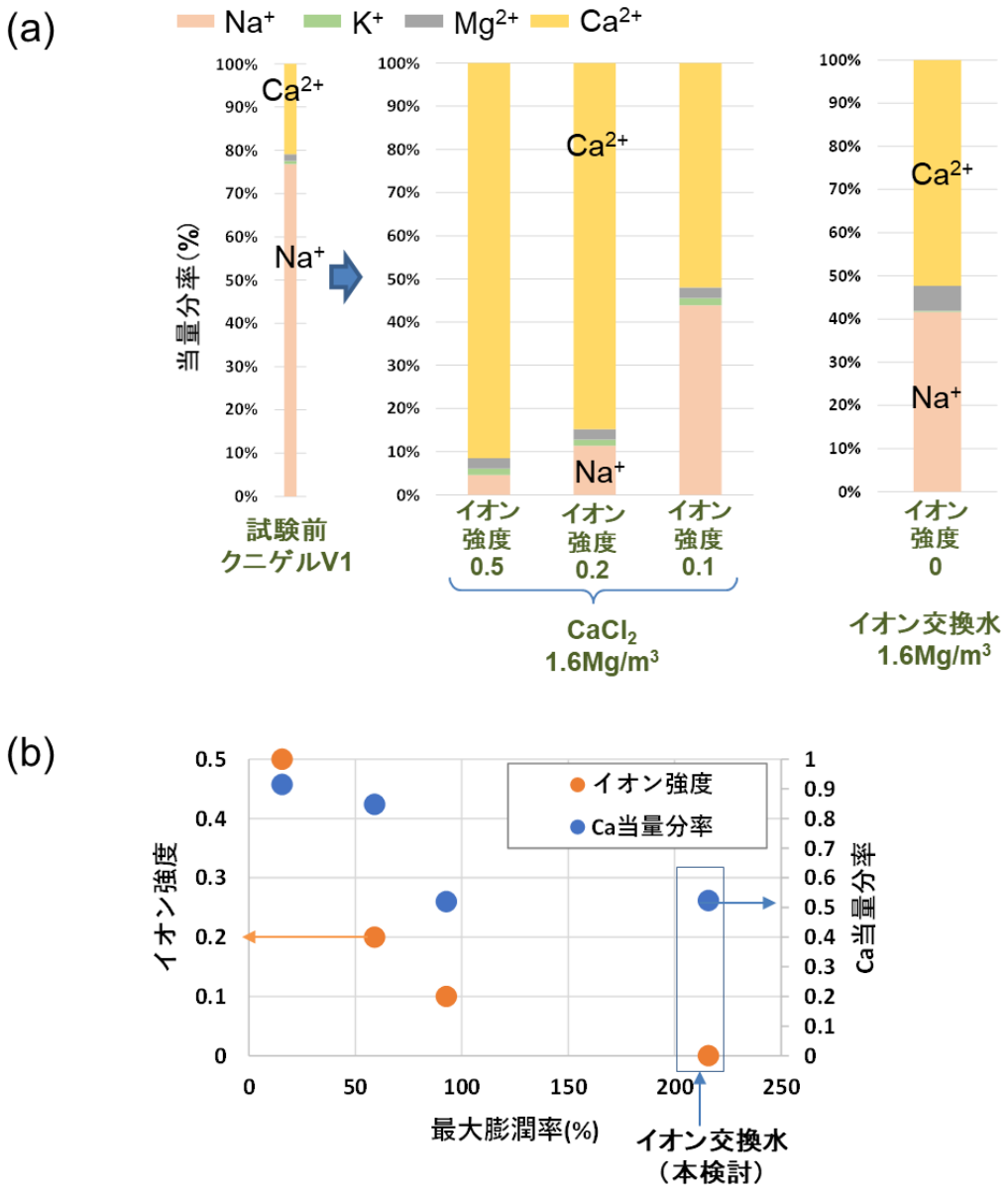


図 4-2- 18 ベントナイトの層間の Ca^{2+}当量分率と最大膨潤率
(a) $CaCl_2$ 溶液におけるベントナイトの層間陽イオン量及び(b) 固相の Ca^{2+}当量分率及び
イオン強度と最大膨潤率の関係

（4） 緩衝材の機能変化に係るデータ拡充のまとめ

イオン交換選択係数の取得において、令和 3 年度は、イオン強度 0.5 及び 0.25 の KCl と NaCl の混合溶液を、乾燥モンモリロナイト密度 1.00 Mg/m^3 の圧縮ベントナイト（モンモリロナイト）供試体に通水し、圧縮状態での K-Na のイオン交換選択係数を取得した。その結果、イオン強度 0.5 においては 0.69、イオン強度 0.25 においては平均 0.59 であった。令和 4 年度以降も、圧縮ベントナイトを用いた通水試験を実施して、Ca-Na や Mg-Na のイオン交換選択係数を取得するとともに、イオン強度の影響、及び圧縮による影響について検討する。

イオン交換反応評価のための解析方法の整備において、イオン交換反応を予測するツール（HP1）を用いて、令和 2 年度に実施したイオン強度 0.5 の KCl 水溶液を圧縮ベントナイトに通水させた通水試験を対象とした試解析を実施し、解析における課題の有無を検討した。試験では Ca^{2+}イオンが層間に残っていたが、試解析結果では Ca^{2+}イオンは層間にほぼ残らない結果となり、イオン交換選択係数の感度解析により、Ca-Na のイオン交換選択係数が従来用いられている分散系で得られた 0.69（核燃料サイクル開発機構, 1999）より高い可能性があることが示された。また、試解析では、本試験条件に適用できる陽イオンの分子拡散係数の既往データがないため、HTO（トリチウム）における値を分子拡散係数として用いたが、分子拡散係数の感度解析を行った結果、HTO の分子拡散係数を用いても問題はないと考えられた。令和 4 年度は、令和 3 年度に実施した通水試験を対象とした試解析を実施し、解析方法の課題を抽出し、解析方法の適用性を高める。

緩衝材の膨潤率に対する浸潤する液相の溶存陽イオンの影響を確認する膨潤量試験では、イオン強度と最大膨潤率の関係は陽イオン種によらず、イオン強度をパラメータとして整理できる可能性が高いことがわかった。令和 4 年度以降も、膨潤量試験を実施し、溶存陽イオンの種類やイオン強度などが、ベントナイトの膨潤率に与える影響を系統的に把握し、多様な塩水系地下水における緩衝材の膨潤性能の評価のためデータを整備する。

参考文献

電気事業連合, 核燃料サイクル開発機構, TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物 処分研究開発取りまとめ－, JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02, 2005.

Gaines, G.L., Thomas, H.C., Adsorption studies on clay minerals. II. A formulation of the thermodynamics of exchange adsorption., J. Chem. Phys., 21, 714–718., 1953.

原子力発電環境整備機構, 包括的技術報告書　わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイト選定に向けたセーフティケースの構築－, NUMO-TR-20-03, 2021.

Joung, I. S., and Cheatham III, T. E., Determination of alkali and halide monovalent ion parameters for use in explicitly solvated biomolecular simulations., The journal of physical chemistry B, 112(30), 9020-9041, 2008.

Joung, I. S., and Cheatham III, T. E., Molecular dynamics simulations of the dynamic and energetic properties of alkali and halide ions using water-model-specific ion parameters., The Journal of Physical Chemistry B, 113(40), 13279-13290, 2009.

核燃料サイクル開発機構, ベントナイト-水相互作用の実験とモデル化, JNC TN8400-99-032, 1999.

Karnland O., Birgersson M., and Hedstrom M., Selectivity coefficient for sodium/calcium exchange in highly compacted bentonite, Phys. Chem. Earth., doi:10.1016/j.pce.2011.07.023., 2011.

Marcus, Y., Concentration dependence of ionic hydration numbers., The Journal of Physical Chemistry B, 118(35), 10471-10476, 2014.

Moldrup P., T. Olesen, D. E. Rolston, T. Yamaguchi., Modeling diffusion and reaction in soils: VII. Predicting gas and ion diffusivity in undisturbed and sieved soils, Soil Sci., 162(9), 632-640, 1997.

Mualem, Y., A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media., Water Resour. Res., 12, pp. 513-522, 1976.

日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(ニアフィールドシステム評価確証技術開発), 平成 30 年度 報告書, 2019.

日本化学会 編, 化学便覧 基礎編 改定 6 版, 丸善出版, 2021.

Parkhurst, D. L., Appelo, C. A. J.,User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-resources investigations report, 99(4259), 312, 1999.

Pettit, L. H., Metal ions in solution by John Burgess. Pp. 481. Published by Ellis Horwood Ltd. Chichester and distributed by John Wiley and Sons, Chichester and New York, 1978,£ 25.00 or $55.00, 1979.

Posiva and SKB, Safety functions, performance targets and technical design requirements for a KBS-3V repository, 2017.

産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 平成 29 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業沿岸部処分システム高度化開発報告書, 2018.

産業技術総合研究所, 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）平成 27 年度～平成 30 年度取りまとめ報告書, 2019.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部評価確証技術開発）平成 31 年度 報告書, 2020.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部評価確証技術開発）令和 2 年度 報告書, 2021.

佐藤努, 粘土基礎講座 I　－粘土の特性と利用－, 粘土科学, No.41, Vol.1,　pp.26-33, 2001.

Šimůnek, J., M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, and M. Th. Van Genuchten, The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.17, HYDRUS Software Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, California, USA,　343p., 2013.

Subramanian N., Lammers, L. N., Thermodynamics of ion exchange coupled with swelling reactions in hydrated clay minerals, Journal of Colloid and Interface Science, 608, 692-701, 2022.

鈴木英明, 藤田朝雄, 緩衝材の不飽和水理特性, サイクル機構技術資料, JNC TN8430 99-010, 76 p., 1999.

田中幸久, 中村邦彦, 海水の濃度と高温履歴がベントナイトの膨潤特性に及ぼす影響, 土木学会論文集, No.806/Ⅲ-73, pp.93-111, 2005.

戸井田克, 笹倉 剛, 横関康祐, 小林一三, 渡邉賢三, 芦澤良一, 人工バリア材料の力学的物性取得試験, JNC TJ8400 2004-036, 2005.

van Genuchten, M. Th., A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils., Soil Sci. Soc. Am. J., 44, pp. 892-898 , 1980.

４－３ 緩衝材-オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充

（１） はじめに

① 背景及び目的

沿岸部及び沿岸海底部（以下、沿岸部）は特有の地質・地下水環境であり、地層処分場として想定した場合、少なからず地下水の海水成分を考慮する必要がある。地層処分場で使用が想定される人工バリアのうち、緩衝材について、地下水の動きを抑制する止水性、各バリア材との隙間を閉塞させる自己シール性の観点から、透水係数が低く膨潤率の大きいNa型ベントナイト（あるいは砂・Na型ベントナイト混合土）に関する多くの研究がなされている（例えば、小峯・緒方, 1999）。一方で、ベントナイトの膨潤変形試験中に試料に供給する溶液を純水と人工海水の場合で比較した研究では、Na型ベントナイトは人工海水濃度が大きくなるほど最大膨潤率が小さくなること（田中・中村, 2004）や、またイオン濃度の影響をうけやすいことなどが知られている（直井ほか, 2005）。このため、Na型ベントナイトに加え、代替えオプションとなり得る海水との平衡を考慮したイオン型の異なるベントナイト（例えば、層間陽イオン組成が主に2価のCa型/Ca型化ベントナイトなど）に着目することも、処分場の頑健性を高める上で重要と考えられる。

沿岸部の地下水環境が塩分を含むことを考慮し、また、イオン型の異なるベントナイトを用いた場合、人工バリア性能評価上の不確実性としては、①膨潤性が異なると予想される緩衝材中のオーバーパックの変位（移動）挙動（緩衝材とオーバーパックの力学的相互作用）、②オーバーパックの変位や腐食膨張などに伴い緩衝材中に生じるせん断帯の自己修復性、③物質移行－化学反応における二次生成物種の想定と沈殿による効果、などが考えられるが、特にイオン型の異なるベントナイトではあまり検討が進んでいない。

オーバーパックの変位挙動は、周辺材料（緩衝材や岩盤）との複合挙動であり、周辺材料の力学特性に強く依存する。また、不飽和から飽和に至る再冠水期は数十年以上にわたる。このため、オーバーパックの変位とそれにともなう緩衝材の変形に関する力学的相互作用は模型試験によって現象を把握する必要があるが、イオン型の異なるベントナイトを使用したり沿岸部の地下水環境を考慮した模型試験の事例は見当たらず、知見がない。また、オーバーパックの変位や腐食膨張などにともない緩衝材に生じるせん断帯の物質移行特性、また化学的雰囲気次第では、二次生成物のクロッギングが物質移行を変化させる可能性については、模型試験では捉えきれず、要素試験で実施する場合でもその難易度は高い。

このため本研究では、沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア（緩衝材）性能評価に資する緩衝材仕様に関するデータの拡充を行うことを目的とする。取得したデータなどを通じて、沿岸部の多様な地下水環境条件に柔軟に対応できる緩衝材の材料仕様に関する定量的な評価手法の整備を目指す。

② 試験計画及び実施内容

(a) 本研究の中長期的な目的（試験計画）

本研究の中長期的な目的は、以下の 2 点である。

沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア（緩衝材）性能評価に資するデータの拡充を行う。

取得したデータなどを通じて、沿岸部の多様な地下水環境に柔軟に対応できる緩衝材の材料仕様に関する定量的な評価手法の整備を目指す。

１つ目について、具体的には、オーバーパックの変位挙動とその周辺材料（緩衝材及び岩盤）の変形との力学的相互作用を評価するための物理模型試験と、緩衝材に生じるせん断などの局所現象を評価するための要素試験を実施することである。

２つ目については、海水（塩水）環境下における人工バリア（緩衝材）の機能変化を把握し、水質変化に起因する不確実性の低減、設計へフィードバックできる材料仕様選定に資する知見を得ることである。

これらの目的達成に資するための試験計画を表 4-3- 1 に示す。

(b) 本年度の実施内容

試験計画に基づき、本年度の実施内容は以下の通りである。

要素試験に関しては、イオン濃度及びイオン種が透水係数に及ぼす影響を区別しながら検討を進めるため、ベントナイトと海水とのイオン交換反応が平衡状態に至るまでイオン交換処理を施した試料を作製する。また、人工海水のイオン濃度を 1～3 倍まで変化させた人工海水を用いて透水膨潤圧試験を行い、透水性に対する海水影響を検討する。加えて、力学的観点からの自己修復性を検討するため、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価するせん断透水試験を実施する。

模型試験に関しては、昨年度と同様の材料・模型、すなわち金属容器に緩衝材とオーバーパックを封入した模型を用いた緩衝材の変形を拘束した条件下で単純模型試験を実施するが、オーバーパックの発熱を考慮し、緩衝材との力学的相互作用を考慮したオーバーパックの変位挙動を把握する。

また本年度より、緩衝材-オーバーパックの力学的相互作用において、材料・環境条件の組合せがベントナイトの透水性やオーバーパックの挙動に及ぼす影響を調査するために、模型試験の数値解析を実施する。

表 4-3- 1 本研究に関わる全体の試験計画

		FY H31 (2019)	FY R02 (2020)	**FY R03 (2021)**	FY R04 (2022)	FY R05 (2023)
要素試験	試験環境整備・試験手順の検討	■■■■	■■			
	透水性に対する海水影響の検討		■■■	■■■■	■■	
	力学的観点からの自己修復性の検討		■■■	■■■■	■■■■	
	化学的観点からの自己修復性の検討				■■■■	■■■■
模型試験	試験環境整備	■■■	■■	■■	■■	■■
	変形拘束条件の単純模型試験	■■■■	■■■■	■■■■		
	応力拘束条件の複雑模型試験				■■■■	■■■■
数値解析	模型試験の数値解析			■■■■	■■■■	■■■■

（2） 要素試験

① 要素試験の背景及び目的

沿岸部で地層処分場を想定した際、化石海水を含む様々な組成の海水が再冠水の初期段階から緩衝材に浸透することが想定される。人工バリア（緩衝材）の性能に関わる沿岸部特有の課題として、海水の高イオン濃度の影響により、緩衝材の候補であるベントナイト（膨潤性粘土） の凝集やイオン交換反応が生じることで、その工学的性質が変化することが考えられる。既往の研究において、人工海水や幌延における地下水を用いた圧縮ベントナイトの室内試験は数多く実施されている（高治ほか、2003；菊池・棚井、2005；高山・菊池, 2020)。しかし、室内試験に供した圧縮ベントナイト内部においてイオン交換の程度（反応領域やその拡大速度）が不明であること、イオン濃度とイオン交換による影響を区別することが困難であること、高濃度の海水影響に関するデータが少ないことなどの点において、設計や性能評価に用いる知見が不足している。

ベントナイトの膨潤機構としては、モンモリロナイト結晶層間の内外におけるイオン濃度差により生じる浸透性膨潤がある。なお、各ベントナイトの膨潤性は、モンモリロナイトの層間陽イオンの組成によって異なる。具体的には、モンモリロナイトの層間陽イオンが Na イオンなどである場合、単位層同士の電気的引力が弱いため、単位層までの水和が可能であるが、Mg、Ca イオンなどの 2 価の陽イオンの場合には、水和による結晶層間の拡大には限りがあることが知られている（Fukushima、1984；佐藤, 1996)。こうしたことから、沿岸部の地下水環境下では、間隙水のイオン濃度の増加により浸透性膨潤による各性能の発現が期待しにくくなる、あるいは、地下水によるイオン交換が生じ、2 価の層間陽イオン組成比率が高まることで、拡散二重層の発達を期待しにくくなることが想定される。ベントナイトの膨潤性は、緩衝材の自己シール性や低透水性といった設計要件に関連する。したがって、沿岸部の地下水組成に対して設計や性能評価を行う上で、海水による緩衝材の性能変化を膨潤機構と関連付けて理解することは重要であると考えられる。

また、オーバーパックの変位や腐食膨張により、緩衝材が比較的大きなせん断変形を受けた場合、局所的に透水性が変化する可能性が考えられる。緩衝材の設計要件として自己修復性に着目すると、このようなせん断を受けた場合も、ベントナイトの膨潤により局所的な水みち（短絡経路）が生じないことが重要であると考えられる。しかし、せん断変形を受けたベントナイトの透水性の変化に関する実験的な調査事例は少なく、特に、せん断方向に沿った透水性や自己修復性の評価はほとんど行われていない。

このため要素試験では、沿岸部の地下水化学環境に対して設計で柔軟に対応できることや、設計で対応できる範囲を明らかにすることを念頭に置き、緩衝材の低透水性や自己修復性に関する評価方法を整備しデータを取得する。また、海水系地下水のイオン濃度による性能変化の幅、あるいは不確実性の少ない材料仕様の設定に結びつけることも視野に入れて、各特性の検討を行う。要素試験で得られる成果から、例えば、締め固めたベントナ

イトの低透水性の観点から設計上許容できる海水のイオン濃度の範囲を把握することで、材料条件やサイト選定に資することが期待される。

平成 31 年度は、予備的な透水試験やせん断試験の結果を参考に、せん断透水試験を実施するための試験環境整備を進めた。令和 2 年度は、せん断透水試験の試験手順を検討した後、透水性に対する海水影響並びに力学的観点からの自己修復性を検討した。令和 3 年度においては、Na 型ベントナイト以外の材料も用いて、透水性に対する海水影響並びに力学的観点からの自己修復性を検討した。ここで、圧縮ベントナイトの飽和の初期段階から海水が浸透すると、高イオン濃度による凝集とイオン交換反応が共に進行すると考えられることから、要素試験では、各々の影響を区別した上で、ベントナイトの工学的性質（低透水性、自己修復性など）の変化を明らかにすることを目指した。そこで、海水系地下水とのイオン交換反応が平衡に至った状態のベントナイトを模して、人工海水でイオン交換処理を施したベントナイト（以後、海水平衡ベントナイトと称する）を作製した。これを要素試験に用いることで、試験中、人工海水の通水に伴う圧縮ベントナイトのイオン交換反応を抑制し、イオン濃度及びイオン種が透水係数に及ぼす影響を区別しながら検討を進めた。なお、令和 2 年度から令和 3 年度の検討では物理的な観点からの自己修復性を対象とし、令和 4 年度以降は、化学的な観点からも自己修復性の検討を行う予定である。

② 試料及び試料の準備

(a) 使用するベントナイトと人工海水

本研究では、Na 型ベントナイトとしてクニゲル V1（クニミネ工業）、Ca 型ベントナイトとしてクニボンド（クニミネ工業）、Na 型ベントナイトへの混合用の砂として 50%粒径が約 0.2 mm の三河ケイ砂を使用した。本研究では、海水による材料の性能変化の幅、あるいは不確実性の少ない材料仕様に結びつけることを視野に入れて各検討を行う。そのため、本研究で使用するベントナイトとして、原子力発電環境整備機構(2021)において緩衝材の仕様として検討されているクニゲル V1－砂混合土の他、海水に含まれる Mg イオンや Ca イオンとのイオン交換を考慮し、初期試料の状態において交換性 Mg イオンや交換性 Ca イオンが多いベントナイトにも着目した。ここでは、入手のしやすさから、主要な交換性陽イオンが Ca イオンとなるクニボンドを選択した。

試験用水としては、イオン交換水及び海水系地下水を想定して人工海水を用いた。要素試験には数か月以上の試験期間を要することも想定されたことから、水質の安定性を優先し、人工海水を使用することとした。具体的には、試薬としてマリンアート SF-1（大阪薬研）を、試薬調整にはイオン交換水を使用した。マリンアートの成分を表 4-3- 2 に示す。陽イオンについては Na が最も高く、次いで Mg である。陰イオンは Cl が最も高く、次いで SO_4 である。なお、我が国においては、海水の約 1.5～2 倍の塩化物濃度を示す化石海水が確認されている（高村ら、2006；村松ら、2012)。このことを考慮し、人工海水のイ

オン比は変えずにイオン濃度を 1 倍、2 倍、3 倍と変化させることで、イオン濃度の影響も検討することとした。

表 4-3- 2 人工海水（マリンアート SF-1）の成分表

イオン種	濃度（mg/L）	濃度（mmol/L）
Na	9860	429
Ca	402	10
K	346	9
Mg	1165	48
Al	9×10^{-4}	3×10^{-5}
Fe	1×10^{-3}	2×10^{-5}
SO_4	2596	27
Cl	17594	496
CO_3	134	2
Br	63	1
F	1.3	0.07
NH_4	2×10^{-3}	9×10^{-5}
I	6×10^{-3}	5×10^{-5}
B	8.7	0.81
Sr	7.1	0.08
Li	0.2	0.02
Mn	2×10^{-4}	3×10^{-6}
Co	5×10^{-4}	8×10^{-6}
W	1×10^{-3}	6×10^{-6}
Mo	1×10^{-2}	1×10^{-4}

(b) 海水平衡ベントナイトの作製

沿岸部で処分施設を建設する場合、ベントナイトは海水と接触することにより、次のような影響を受けることが予想される。まず、圧縮ベントナイトに海水が浸潤すると、間隙水のイオン濃度に応じた凝集と、イオン組成に応じたモンモリロナイトのイオン交換反応が同時に進行する。後者については、イオン交換反応により間隙水のイオン組成が変化しながら、浸潤が進む現象となる。すなわち、圧縮ベントナイトの内部では、変化した間隙水のイオン組成に応じてイオン交換が生じることとなる。その結果、イオン交換反応の過渡期においては、圧縮ベントナイト内におけるモンモリロナイトの交換性陽イオン組成に不均一性が生じることが予想される。モンモリロナイトの交換性陽イオン組成に応じて、圧縮ベントナイトの膨潤圧や透水係数は異なること（田中・中村、2004）を考慮すると、海水の浸潤に起因してイオン交換反応が生じれば、圧縮ベントナイト内でこれらの特性に分布が生じると考えられる。

沿岸部では、緩衝材として使用されるベントナイトの量に対して、膨大な海水が存在し、この海水は長期にわたって圧縮ベントナイトに浸透すると考えられる。水質が一定の海水が常に供給され続ければ、モンモリロナイトの交換性陽イオン組成は、海水中で一定の比率に収束すると予想される。こうした想定のもと、要素試験で主に対象とする状態として、十分量の海水とベントナイトが接触し続け、モンモリロナイトのイオン交換反応が平衡状態に至った時点を考えた。この状態を模して、海水平衡ベントナイトを作製した。海水平衡ベントナイトを試料とすることで、浸潤させる人工海水のイオン比を一定とした上で濃度倍率、すなわちイオン濃度を変化させることにより、イオン交換反応の進行がほぼ生じない状態において、イオン濃度の影響を調べることができる。

海水平衡ベントナイトを作製するため、クニゲル V1 及びクニボンドについて、以下の手順に従いイオン交換処理を施した。まず、15 L の人工海水に 1.55 kg のベントナイトを加えて攪拌し、一昼夜ほど静置した。吸引濾過により固液分離し、回収した固相試料を 15 L の人工海水に分散させ、攪拌した。同様の手順を計 5 回繰り返した。その後、吸引濾過により回収した固相を 70～80%のエタノール 4～5 L に投入し、分散と濾過を繰り返すことで人工海水の成分の洗浄を実施した。洗浄後のエタノールに硝酸銀溶液を滴下した時に白色沈殿がないこと及び電気伝導率に変化がないことを確認することで、塩化物イオンが十分に除去されたと判断し、洗浄を終了した。洗浄後の湿潤試料は、60℃の恒温槽を用いて一晩乾燥した後、ハンマーミル（メッシュスクリーン 1 mm）で 2 回の粉砕処理を行うことで、各試験に用いる粉体試料とした。

③ 供試体条件及び試料の基礎物性評価

供試体の密度条件については、原子力発電環境整備機構(2021)により示されている緩衝材の仕様として、飽和膨潤により隙間充填した状態でクニゲル V1－砂混合土（乾燥質量

比 7:3）の乾燥密度 1.6 Mg/m³ であることから、これを本要素試験における基本ケースとした。

ベントナイトの透水係数や膨潤圧は、有効モンモリロナイト乾燥密度と相関があることが示されている（渡邊ほか、2013）。有効粘土乾燥密度及び有効モンモリロナイト乾燥密度は、式（4-3-1）及び式（4-3-2）より算出される。

$$\rho_b = \frac{\rho_d(1-\frac{R_s}{100})}{1-\rho_d \cdot \frac{R_s}{100 \cdot \rho_s}} \tag{4-3-1}$$

$$\rho_{em} = \frac{m_m}{V_a + V_w + V_m} = \frac{\frac{C_m}{100} \cdot \rho_b}{1-(1-\frac{C_m}{100}) \cdot \frac{\rho_b}{\rho_{nm}}} \tag{4-3-2}$$

ρ_b：有効粘土密度（Mg/m³）、ρ_d：乾燥密度（Mg/m³）、R_s：骨材（ケイ砂）の混合率（%）、ρ_s：混合材（砂）の土粒子の密度（Mg/m³）、ρ_{em}：有効モンモリロナイト乾燥密度（Mg/m³）、 m_m：モンモリロナイトの質量 （Mg）、V_a、V_w、V_m：空気、水及びモンモリロナイトの体積（m³）、C_m：モンモリロナイト含有率（%）、ρ_{nm}：随伴鉱物の土粒子の密度（Mg/m³）

上述した乾燥密度 1.6 Mg/m³ のクニゲル V1－砂混合土の有効モンモリロナイト乾燥密度は 1.0 Mg/m³ となる。ベントナイトの種類やベントナイト混合率が異なる場合にもできる限り平等な条件で比較検討を行えるように、上記基本ケースの有効モンモリロナイト乾燥密度に統一することとした。表 4-3- 3 は、本要素試験における供試体条件である。

試料の基礎物性としては、土粒子の密度とメチレンブルー吸着量を測定し、密度の計算などに用いた。土粒子の密度は、JIS A 1202:2009「土粒子の密度試験方法」（日本工業規格、2009a）を参考に測定した。その際、脱気の方法を JIS の内容から変更し、ベントナイトをイオン交換水に分散させた後、真空ポンプを用いて減圧する方法を用いた。メチレンブルー吸着量は、JIS Z 2451:2019「ベントナイトなどのメチレンブルー吸着量の測定方法」（日本工業規格、2009b）のスポット法により測定した。

モンモリロナイト含有率を計算するためには、純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量で未知試料のメチレンブルー吸着量を除する必要がある。渡邊・横山(2020)はクニピア F 及びクニボンドから水簸した粒径 0.2×10^{-6} m 以下画分のメチレンブルー吸着量を測定している。これを参考に、クニゲル V1 とクニボンドのそれぞれに含まれるモンモリロナイトのメチレンブルー吸着量を 140 mmol/100g 及び 150 mmol/100g と仮定して、モンモリロナイト含有率を計算した。

表 4-3- 3 要素試験における供試体条件

試料	乾燥密度（Mg/m^3）	有効モンモリロナイト乾燥密度（Mg/m^3）
クニゲル V1－砂混合土（7:3）	1.60	1.0
海水平衡クニゲル V1－砂混合土（7:3）	1.60	1.0
クニボンド	1.12	1.0
海水平衡クニボンド	1.12	1.0

④ 要素試験で使用する装置及び試験方法

要素試験では、各試料を圧縮成型した供試体について、透水膨潤圧試験及びせん断透水試験を実施した。海水の通水初期における圧縮ベントナイトの透水性やモンモリロナイトのイオン交換も重要であることから、海水平衡ベントナイトに加えて、イオン交換処理を施していないベントナイトも用いて供試体を作製し、イオン交換水あるいは各イオン濃度の人工海水を通水する試験も行った。表 4-3- 4 に、令和 3 年度までに実施した試験内容の一覧を示す。試験後には供試体を分割し、各部の浸出陽イオンを測定することで、モンモリロナイトの含有量の空間分布やイオン交換の程度を調べた。

(a) 透水膨潤圧試験

クニゲル V1－砂混合土、海水平衡クニゲル V1－砂混合土、クニボンド単体及び海水平衡クニボンド単体について、海水のイオン濃度が膨潤圧と透水係数に及ぼす影響を調べた。透水膨潤圧試験では、供試体の体積を一定に維持し、変形を受けない状態で供試体の透水性と膨潤性を調べた。

透水係数及び膨潤圧の測定で使用した装置の構造を図 4-3-1 に示す。海水を使用するため装置の素材はステンレス製（SUS316L）とした。直径 60 mm、高さ 20 mm の円柱形供試体を直接リング内にて締固め、高分子フィルターとポーラスメタルを供試体の両端面に接触させた状態で試験セルを組み立てた。配管などに空気が残留することを避けるため、あらかじめ真空ポンプで試験セル内を減圧し、供試体下部から予め脱気した溶液を供給した。その後、供試体上部側から流出水を確認してから、片面給水状態として背圧（ここでは給水圧）を高め、ビュレットにより吸水量を測定した。この時の圧力増分と吸水量を用いて、河野・西垣(1982)の方法により、空気の溶解は無視した仮定のもと、供試体の飽和度を推定した。推定された飽和度が 99%以上であることを確認した後に、通水を再開し、透水係数を測定した。飽和度の推定と透水係数の計算については、渡邊ほか(2013)に記載されているので参照されたい。透水係数を取得した後、通水を止め、間隙水圧を大気圧とほぼ同等とした状態において、平衡膨潤圧を測定した。海水を通水するほど供試体中でイオン交換反応が進むことから、ここではポアボリューム比で 1 以下とすることで、通水量と通水操作をできるかぎり揃えて透水性と膨潤性を調べた。通水量としては少ないが、複数回計測により求めた透水係数がほぼ一定であることを確認した。

透水膨潤圧試験に用いた人工海水は、イオン比一定かつイオン濃度の異なる人工海水とするため、人工海水の希釈率を変えることで 1～3 倍のイオン濃度になるように作製した。なお、1 倍とは、マリンアート SF-1 を標準的な方法により作製した状態（希釈なし）である。

透水係数並びに平衡膨潤圧の測定後は、速やかに供試体を解体し、含水比と浸出陽イオン量の測定を行った。供試体を高さ方向に流入側、中部、流出側として三分割し、それぞ

れアルコール洗浄の後に SFSA 改良法（佐治ほか、2005）により浸出陽イオン量（Na、K、Ca、Mg）を測定した。

表 4-3- 4 令和 3 年度までの要素試験における実施状況の一覧

要素試験の種類	通水液	クニゲル V1－砂混合土	クニボンド単体	海水平衡クニゲル V1－砂混合土	海水平衡クニボンド単体
透水－膨潤圧試験	イオン交換水	**2021**	**2021**	**2021**	**2021**
	人工海水（濃度 1 倍）	2020	2019	**2021**	**2021**
	人工海水（濃度 2 倍）	2020	2020	未実施	未実施
	人工海水（濃度 3 倍）	2020	2020	未実施	未実施
せん断透水試験	イオン交換水	2020	**2021**	未実施	未実施
	人工海水（濃度 1 倍）	2020	未実施	2020	**2021**
	人工海水（濃度 2 倍）	実施なし	実施なし	**2021**	未実施
	人工海水（濃度 3 倍）	実施なし	実施なし	**2021**	未実施

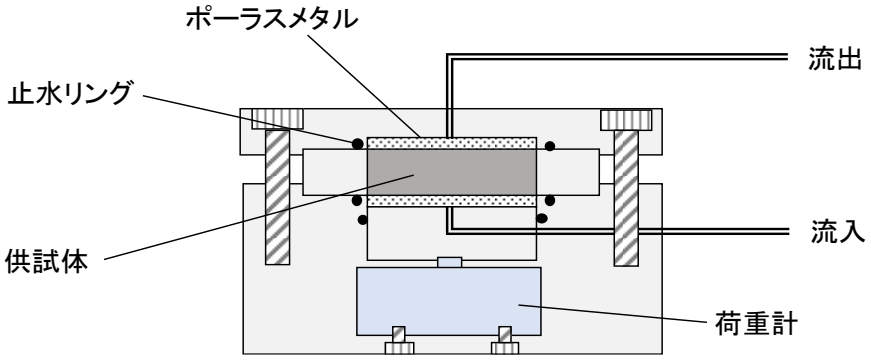


図 4-3- 1 透水－膨潤圧試験装置の概略

(b) せん断透水試験

せん断を受けたベントナイトの透水性を評価するため、リングせん断試験を応用し、せん断の進行に応じた透水性の変化を調べた。はじめに、装置の動作確認や一連の試験手順の確認を目的とした予備試験として、非膨潤性粘土であるカオリン粘土を用いて試験を行った。予備試験で構築した手順をもとに、ベントナイト供試体を用いてせん断透水試験を行った。

(i)せん断透水試験装置の機構

せん断透水試験装置の概略図及び写真を図 4-3-2 及び図 4-3-3 に示す。試験に人工海水を使用することを考慮し、また、膨潤圧に対して十分な剛性を確保するため、試験セルにはステンレス（SUS316L）を用いた（多孔板の材質を除く）。中空リング状の供試体（外径：70 mm、内径：30 mm、供試体高さ：20 mm）が試料リング中に設置される。試料リングは上下二分割されており、上側リングは固定され、下側リングは回転する機構となっている。これにより、供試体高さ 10 mm の位置でせん断される仕組みである。供試体と上下面には多孔板があり、これは試験セルにボルト留めされている。供試体と多孔板の間には、供試体と同じ寸法に中空状に加工した高分子フィルター（材質：ポリプロピレン、親水性、最大孔径：0.25 μm×0.075 μm、空孔率：45%、厚み：25 μm）を設置した。供試体の上部ピストンにはトルクロードセル（容量は鉛直荷重とトルクの順に 20 kN、20 kN・cm または 2 kN、2 kN・cm）が取り付けられており、これにより圧密圧力や膨潤圧といった鉛直圧成分、並びに下側リングを回転させた時のトルクを測定することが可能である。

リングせん断試験では、一般的に、片側のリングを回転させることによってせん断を行う。この時、上下のリング同士が接触しているとこれの摩擦力が生じるため、わずかに上下のリングを離した状態で回転させる。上下リングの隙間を、ここではスリットと呼ぶ。既往研究では、0.1 mm のスリット幅を設けてせん断試験が行われている（宜保、1994）。本装置では、せん断帯に沿う方向（水平方向）の透水量を測定するため、スリット部分に通水経路を設けている。これにより、スリットを活用して、透水試験を行うことを可能にした。具体的には、供試体の側面からスリット（供試体の高さ方向中央に位置する上部リングと下部リングの隙間）を通じて、内側のスリット（供試体中空部分に位置する装置上部と下部の隙間）と中央の流出部に向かって通水を行うことで、水平方向の透水性を評価することが可能である。供試体の鉛直方向の透水に関しては、給排水経路が上部及び下部の多孔板を通じて設けられているため、これを用いて供試体下面から供試体上面へ通水を行った。供試体の飽和や圧密にも、この給排水経路を用いる。このようなせん断透水試験装置を用いることにより、任意のせん断変位において一時的に回転を止め、鉛直方向及び水平方向の透水試験を実施することが可能となった。

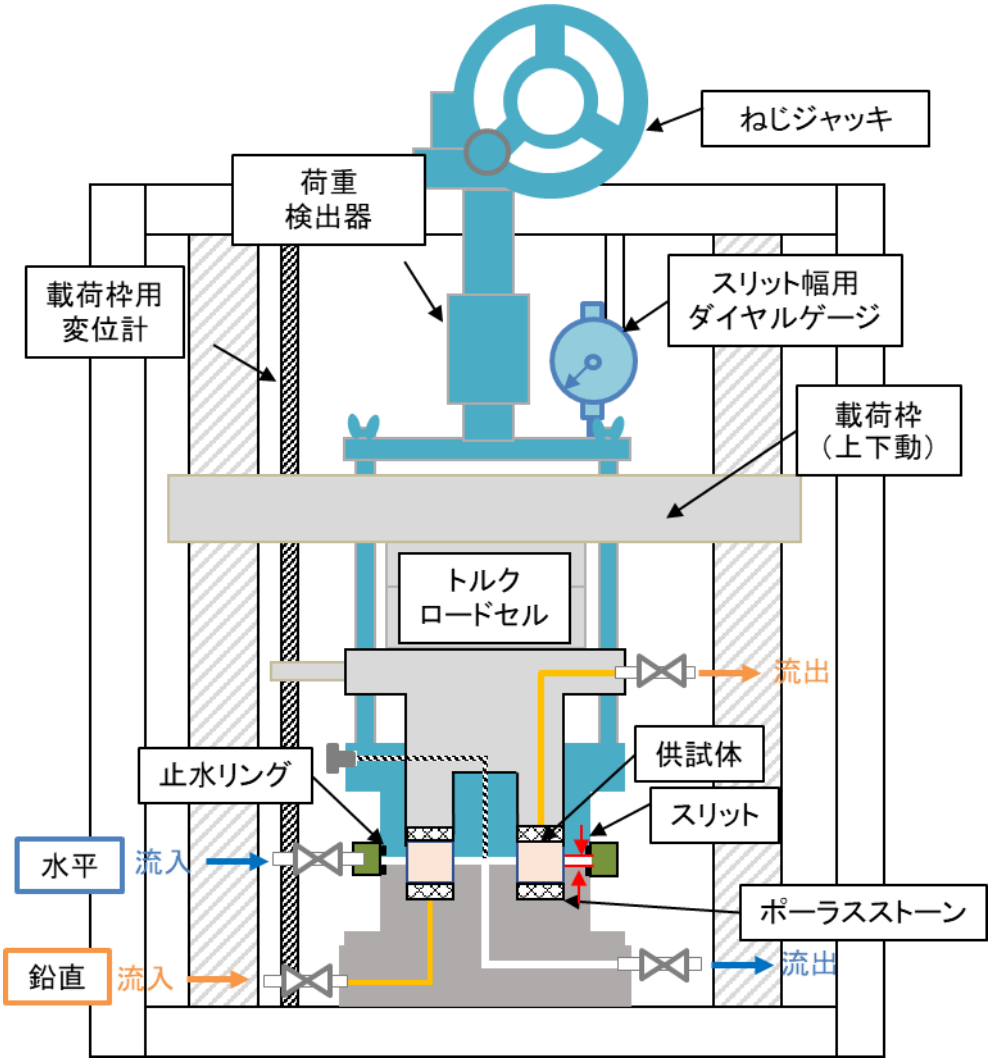


図 4-3- 2 せん断透水試験装置の概略

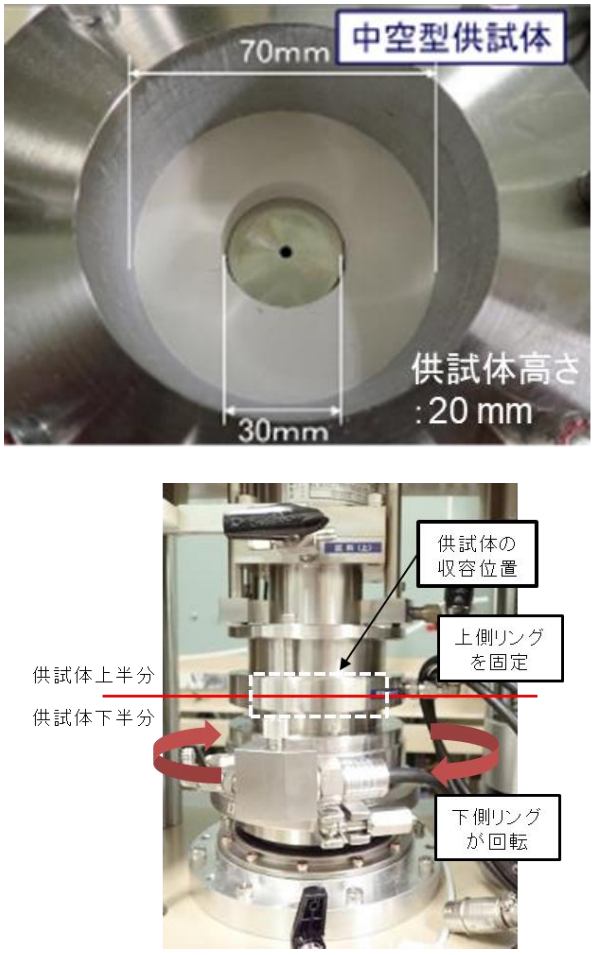


図 4-3- 3 せん断透水試験装置の写真

(ii)せん断透水試験の試験条件

はじめに、非膨潤性粘土であるカオリン粘土を用いて、試験手順及び試験条件を確認するための予備試験を行った。カオリン粘土の供試体は、乾燥密度 1.3 Mg/m^3 とした（静的締固めの圧力：約 15 MPa）。予備試験では定体積と定荷重の両方の条件で検討した。圧密圧力は 100 kPa、250 kPa、500 kPa と段階的に増加させた。なお、圧密の完了は 3t 法により判断した。定荷重で試験を実施する場合、せん断時の垂直荷重を 500 kPa で制御した。せん断速度は、後述するベントナイトの供試体より透水性が高いことを考慮して、0.15°/分とした。

ベントナイト供試体としては、クニゲル V1－砂混合土、海水平衡クニゲル V1－砂混合土、クニボンド単体及び海水平衡クニボンド単体を用いて試験を実施した。これら全てのケースにおいて、非圧密、定体積、排水条件とした。せん断速度は、ASTM D6467-13（ASTM International、2013）に従い 0.03°/分とした。海水平衡クニゲル V1－砂混合土を用いた試験では、他のケースと同様に任意のせん断変位においてせん断停止と透水試験を実施したほか、せん断開始後 0°から 360°までせん断を停止せずに、せん断特性や透水性を調べた。これにより、試験から得られるせん断や透水特性について、任意のせん断変位でせん断を停止する操作や、それに伴う透水試験の影響を確認した。

表 4-3- 5 は、各せん断透水試験における試験条件である。ここで検討された予備試験や試験条件をもとに、以下の試験手順を整理した。

表 4-3- 5 せん断透水試験の試験条件

		カオリン粘土	クニゲル V1－砂混合土	海水平衡クニゲル V1－砂混合土	クニボンド単体	海水平衡クニボンド単体
飽和・通水液		イオン交換水	イオン交換水、人工海水（濃度 1 倍）	イオン交換水、人工海水（濃度 1 倍、2 倍、3 倍）	イオン交換水	イオン交換水、人工海水（濃度 1 倍）
透水条件	背圧（kPa）	0	100			
	スリット幅（mm）	0.1　以下				
せん断条件	圧密条件	圧密	非圧密			
	制御条件	定体積、定荷重（500 kPa）	定体積			
	せん断速度	0.15°/分	0.03°/分 ※ASTM D6467-13 に準拠			
	排水条件	排水				
	最大回転角度（°）	360°				

(iii)せん断透水試験の手順

本試験では、図 4-3-4 に示すように、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価するため、せん断の実施前、せん断によるピーク強度の発現前、ピーク強度の発現後及び残留状態において、それぞれ透水試験を行った。これらの状態に相当するせん断変位となるまでせん断を実施し、一度せん断を停止した後、鉛直方向及び水平方向の透水試験を行い、その後せん断を再開することを繰り返した。試験手順を図 4-3-5 にフローチャートとして示す。まず、静的締固めによりモールド中に供試体を作製した。これを試料リングに移し替え、供試体の上下面に高分子フィルターが敷かれた状態で、上部ピストンを供試体に接触させた。この状態のスリットを 0 mm とした。その後、供試体の鉛直変位を固定した状態で、試験用水を給水した。供試体上部側から流出水を確認し、カオリン粘土を用いる場合には、この状態で供試体を圧密した。ベントナイトを用いる場合には、流出水を確認した時点で平衡膨潤圧が得られ、膨潤圧が拘束圧に相当した状態となっている。そして、せん断前の鉛直方向における透水試験を実施した。このとき、時間当たりの流入量と流出量がほぼ同等であることを確認し、供試体の飽和を判断した。ベントナイトの飽和では、前述に加えて、膨潤圧が一定になったこと及び大気圧における透水係数と背圧を作用させた場合の透水係数に変化がないことを確認した。

次に、水平透水用のスリット幅（供試体の高さ方向中央に位置する上部リングと下部リングの隙間及び供試体中空部分に位置する装置上部と下部の隙間）の調整を実施した。図 4-3-6 の通り、スリットを 0 mm の状態から、供試体上面は変位拘束したまま、上部リングを引き上げることでスリットを開いた。このとき、スリット幅は、ダイヤルゲージから読みとった。スリット幅が大きいほど試験中に試料が流出しやすくなると考え、スリット幅は 0.1 mm 以下にした。なお、スリット幅とトルク及び透水性の関係は供試体無しの状態で予め調べており、図 4-3-7 の通り上記設定であれば計測に問題ないことを確かめた。水平方向の透水では、供試体の側面からスリットを通じて、内側のスリットに向かって通水を行った。

せん断前の透水性を測定した後、排水・定体積条件でせん断を実施した。カオリン粘土を用いた予備試験では、定体積の条件に加え、定荷重の条件でも試験を行った。ベントナイトに関しては、処分施設において緩衝材が岩盤などにより拘束された状態であると考え、定体積条件とした。試料ごとのせん断条件について詳細は後述する。

リングせん断試験装置では、供試体に大きなせん断ひずみを与えることが可能であるため、例えば粘土粒子の配向が完了したと思われる状態までせん断を実施した。粘土粒子の配向は、限界状態に至る前の応力低下を引き起こすと考えられていることから（石原、2018)、残留状態までせん断することで粘土粒子の配向が進行した状態に至ると見なした。ここで、土の残留状態におけるせん断強度を残留強度と呼んでおり、これはせん断応力がピーク値を超え、漸次低下して究極的な定常せん断状態に達したときの強度を指す（地盤工学会、2006)。残留状態に至るまでのせん断変位は、試料の種類や試験条件によ

って異なり、カオリンを用いた既往の研究ではせん断変位 40 mm で残留状態と判断されている（酒井、2003）。スメクタイトを用いた試験では、例えばせん断変位 5 mm に対し、せん断応力の変動幅が 1kPa 以内であることを残留状態の判定基準として、せん断変位 300 mm において残留状態と判断されている（村尾、2015）。本試験装置では、測定精度を考慮し、ピーク後にせん断変位 5 mm 以上にわたり、せん断応力の変動幅が 5 kPa 以内に収まっていることを確認することで残留状態と判断した。

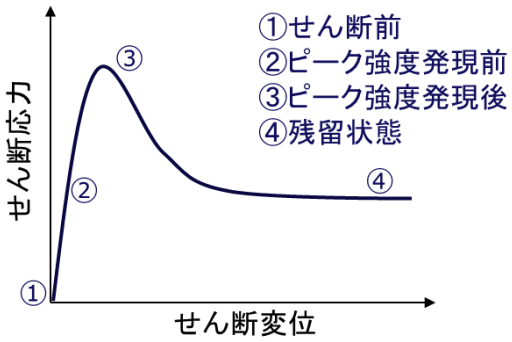


図 4-3- 4 せん断透水試験において透水試験を実施するせん断変位の考え方

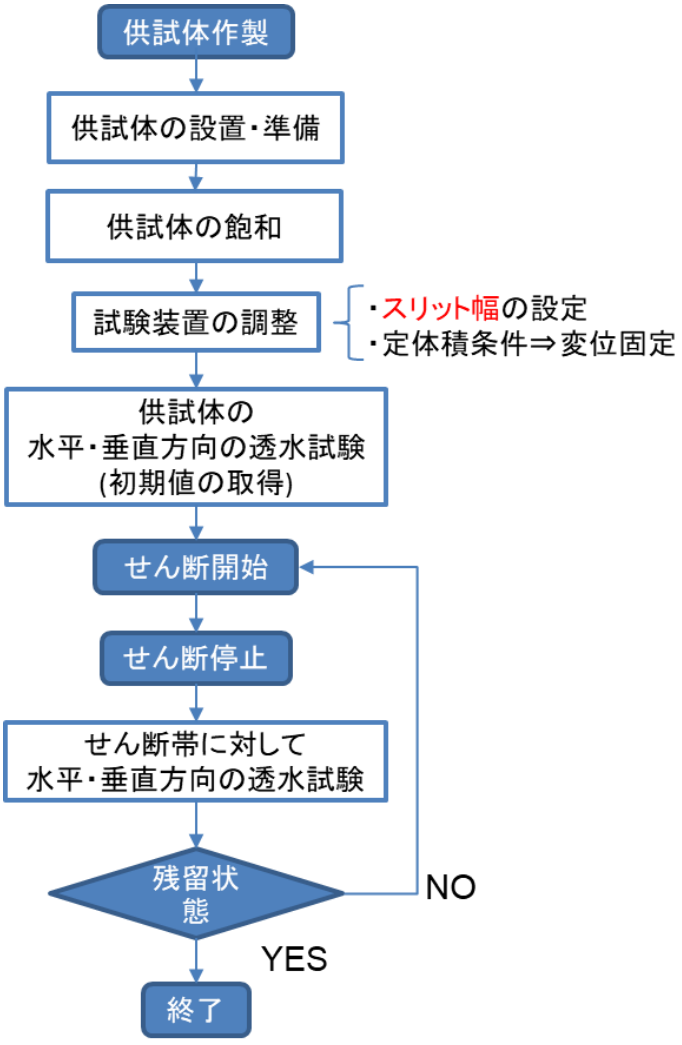


図 4-3- 5 リングせん断試験の実施フローチャート

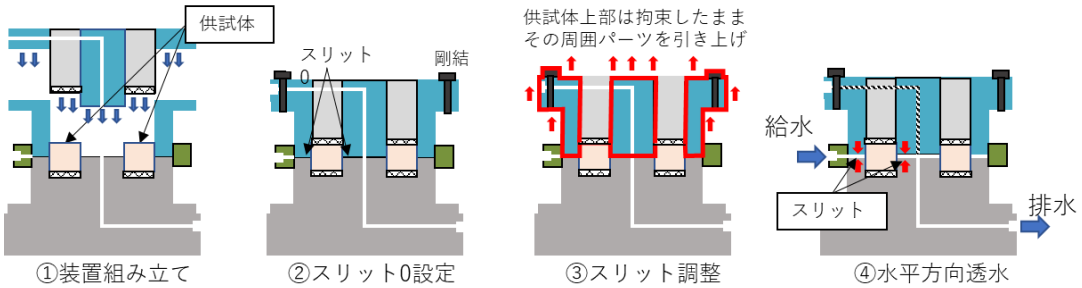


図 4-3- 6 スリットの調整手順

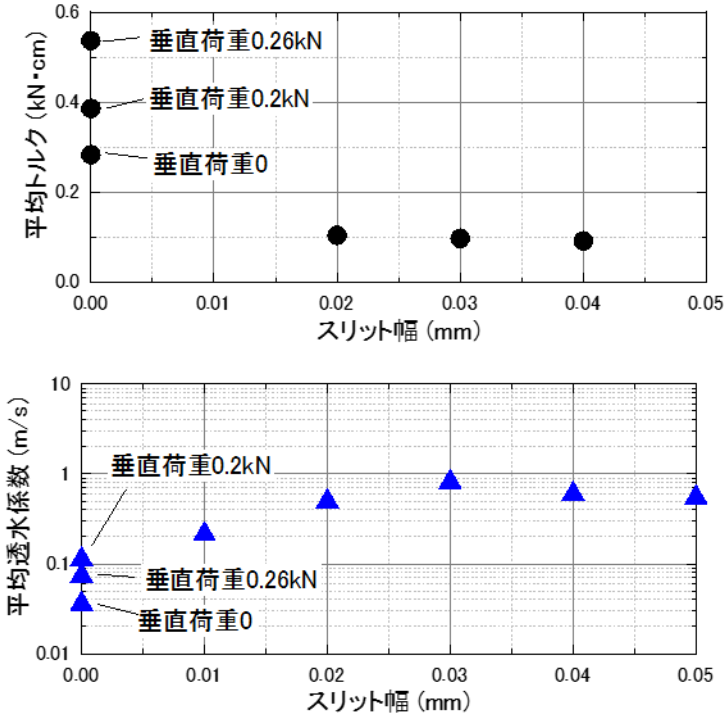


図 4-3- 7 供試体未設置時のスリット幅とトルク及び透水係数の関係

(iv)せん断透水試験の結果の整理方法

供試体の内側と外側では、同一の回転角度においてもせん断変位が異なる。図 4-3-8 に示す回転角度とせん断変位の関係のように、本試験では供試体の中心線上（半径 25 mm の位置）でせん断変位δ（m）と定義した。せん断変位は式（4-3-3）により算出した。

$$\delta = \pi(r_i + r_o) \times \frac{\theta}{360} \tag{4-3-3}$$

r_i：供試体リング内側（中空部分）半径（m）、r_o：供試体リング外側半径（m）、θ：回転角度（°）

また、せん断時に生じるせん断応力τ（kPa）は、トルク T（kN・m）を用いて式（4-3-4）に従い算出した （Bishop et al.、1971）。

$$\tau = \frac{3T}{2\pi({r_2}^3 - {r_1}^3)} \tag{4-3-4}$$

T：トルク（kN・m）、r_1, r_2：供試体の半径、供試体内空洞の半径 （m）

供試体の透水性は、図 4-3-9 に示す通り、せん断面に直交する方向及び、水平な方向についてそれぞれ評価した。鉛直方向の透水係数kは、変水位透水試験における透水係数の算出方法に従い式（4-3-5）により算出した。

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} ln \frac{h_1}{h_2} \tag{4-3-5}$$

t_1、t_2：時間（s）、 A ：供試体断面積（m²）、a：ビュレット断面積（m²）、L：供試体高さ（m）、 h_1、h_2 ：t_1、t_2における水頭（m）

水平方向における透水では、流入部と流出部ではスリット幅が等しく、これらの断面積はスリット幅と周長から明確に与えられるが、流入部から流出部に至る通水経路は理想的な一次元流れにはならない可能性がある。図 4-3-10 に示すように供試体内部ではスリット幅より広い範囲で移流が生じることが予想される。そのため水平方向の透水性を示すパラメータは、見かけの透水係数 k'として、透水条件を定水位、リング外側から内側への一次元放射流と仮定して式（4-3-6）により算出した。放射流の透水係数の計算については、酒井・川北(1958)における供試体高さをスリット幅に置き換えた。

$$k' = \frac{ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi} \cdot \frac{Q}{lH(t_2 - t_1)} \quad (4\text{-}3\text{-}6)$$

Q：流量（m^3）、r_1、r_2：供試体の半径、供試体内空洞の半径（m）、l：スリット幅（m）、H：水頭（m）

また、透水係数と見かけの透水係数については、前述したとおり理想的な一次元流れにはならない点において評価上の不確実性がある。そのため、鉛直方向の透水係数とは直接的に比較することには注意を要する。透水性の変化の傾向を比較するために、せん断前の値を用いてせん断後の透水係数及び見かけの透水係数を正規化した。正規化には式（4-3-7）を用いた。

$$k_{normalized} = \frac{k_n}{k_0} \quad (4\text{-}3\text{-}7)$$

$k_{normalized}$：正規化された透水係数もしくは見かけの透水係数、k_0：せん断前の透水係数もしくは見かけの透水係数（m/s）、k_n：任意のせん断変位おける透水係数もしくは見かけの透水係数（m/s）

(v)せん断透水試験後の分析

せん断透水試験後、供試体の一部を使って含水比と浸出陽イオン量を測定した。含水比は、供試体を上部・中部・下部に分割して測定した。浸出陽イオンは、図 4-3-11 の通り、上下方向の三分割に加えて、さらに半径方向に内側・中・外側に分割して測定した。

残りの供試体は凍結乾燥し、せん断位置付近の構造を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した。観察する断面は、凍結乾燥後の供試体を割った面とし、せん断透水試験直後の骨格構造を可能な限り保持しつつ、乾燥時の供試体表面の粒子の配向の変化などの影響を無視できるよう留意した。また、一部試料については、より詳細に骨格構造を観察するため、凍結乾燥試料に樹脂（シアノボンド）を浸透させた後、せん断帯に直交するように供試体を乾式で切断し、紙やすりで研磨することで薄片試料を作製した。この薄片試料について、電界放出型電子顕微鏡（FE-SEM）による観察を行った。

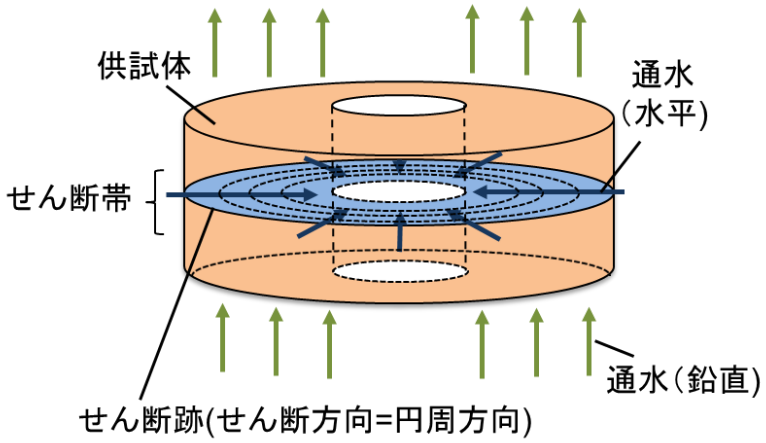


図 4-3- 8 供試体に対する通水方向の概略図

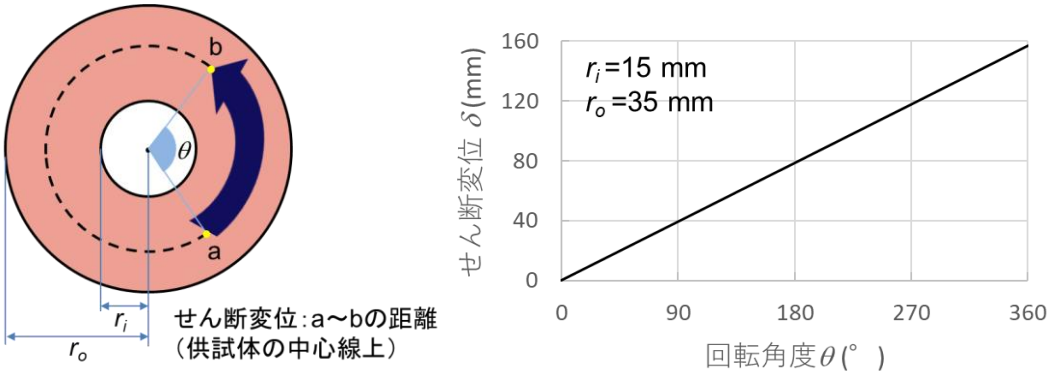


図 4-3- 9 回転角度とせん断変位の関係

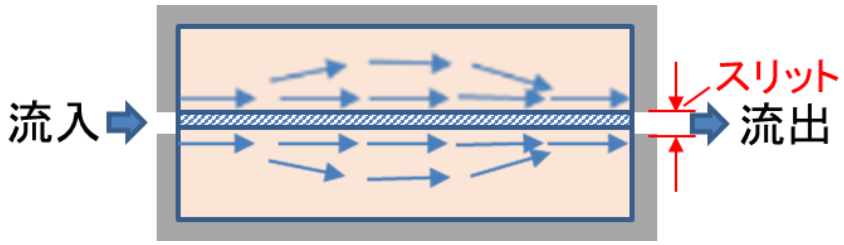


図 4-3- 10 水平方向の見かけの透水係数に関する通水経路のイメージ

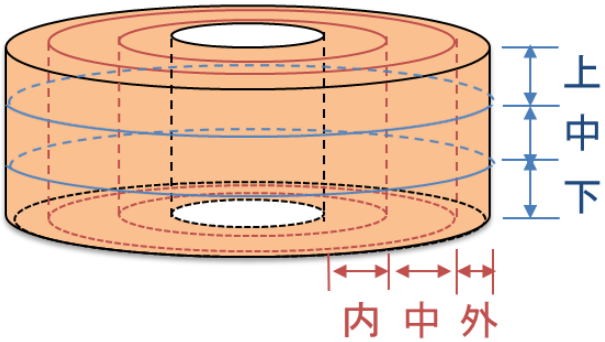


図 4-3- 11 リングせん断試験後の供試体の分割方法のイメージ

⑤ 結果及び考察

(a) ベントナイトと海水平衡ベントナイトの基礎物性

はじめに、クニゲル V1、海水平衡クニゲル V1、クニボンド及び海水平衡クニボンドの基礎物性について述べる。各ベントナイトの土粒子の密度とメチレンブルー吸着量を表 4-3- 6 に示す。クニゲル V1 とクニボンドの土粒子の密度はそれぞれ 2.769 Mg/m^3 と 2.672 Mg/m^3 であった。クニゲル V1 と海水平衡クニゲル V1 のメチレンブルー吸着量は、81 mmol/100g と 80 mmol/100g であった。また、クニボンドと海水平衡クニボンドのメチレンブルー吸着量は、122 mmol/100g と 120 mmol/100g であった。これらの結果をもとに算出したモンモリロナイト含有率は、クニゲル V1 と海水平衡クニゲル V1 において、それぞれ 57.9%と 57.1%、クニボンドと海水平衡クニボンドにおいて、それぞれ 81.3%と 80.0%であった。メチレンブルー吸着量の測定精度を考慮すると、それぞれのベントナイトと海水平衡ベントナイトで、モンモリロナイト含有率はほとんど変わっていないと考えられる。なお、各海水平衡ベントナイトの土粒子の密度は測定していないが、海水平衡処理前後でモンモリロナイト含有率は変わっていないと考えられたことから、土粒子の密度についても海水平衡処理前の各ベントナイトの値から変化していないと仮定し、各計算に用いた。

図 4-3-12 は、各ベントナイトと各海水平衡ベントナイトの浸出陽イオン量である。クニゲル V1 は、海水平衡処理により浸出 Na イオンの割合が減少し、Mg イオンの割合が増加したことで、相対的に 2 価の浸出陽イオンの割合が増加した。クニボンドは、海水平衡処理により浸出 Ca イオンの割合が減少し、浸出 Na イオンと Mg イオンの割合が増加したことで、相対的に 1 価の浸出陽イオンの割合が増加した。海水平衡クニゲル V1 と海水平衡クニボンドの比較では、モンモリロナイト含有率はそれぞれ異なるために浸出陽イオンの総量は異なるものの、割合としては、おおよそ同じイオン比となった。

表 4-3- 6 本研究で使用したベントナイトの基礎物性

測定項目	クニゲル V1	クニボンド	海水平衡 クニゲル V1	海水平衡 クニボンド
土粒子の密度 (Mg/m³)	2.769	2.672		
メチレンブルー吸着量 (mmol/100g)	81	122	80	120
モンモリロナイト含有率 (%)	57.9	81.3	57.1	80.0

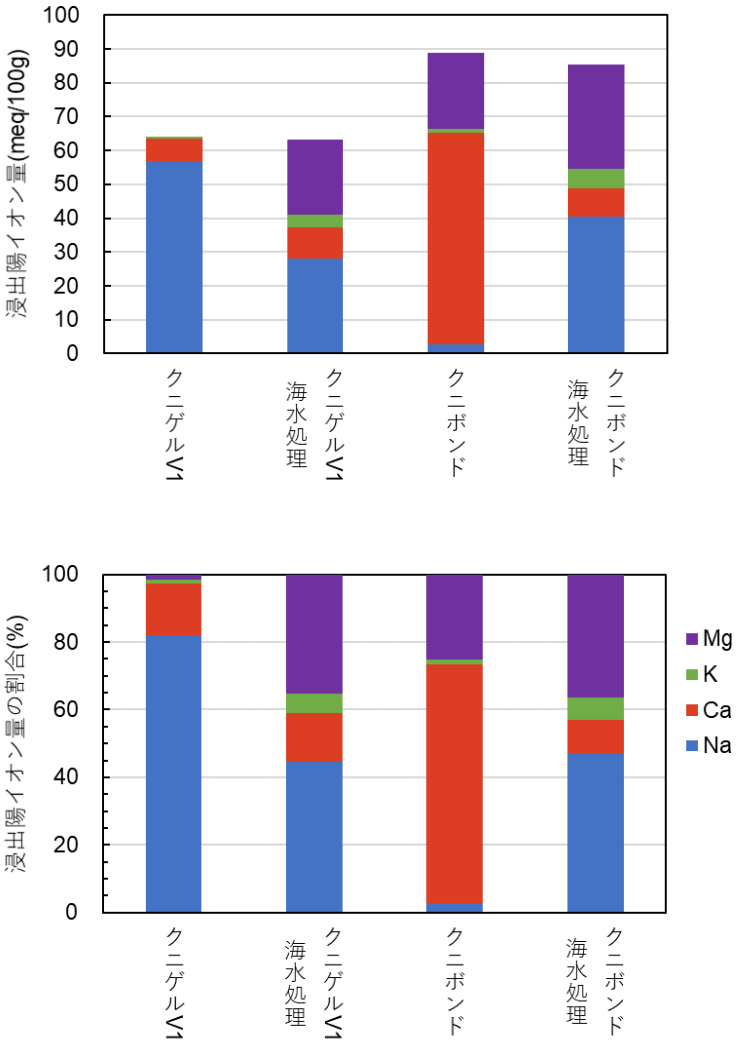


図 4-3- 12 イオン交換処理前後の浸出陽イオン量

(b) 透水膨潤圧試験

(i)平衡膨潤圧及び透水係数

透水膨潤圧試験において使用した人工海水の成分及び pH を表 4-3- 7 に示す。人工海水のイオン濃度倍率と平衡膨潤圧との関係を図 4-3-13、透水係数との関係を図 4-3-14 に示す。透水膨潤圧試験で得られたイオン交換水条件における平衡膨潤圧は、クニゲル V1－砂混合土において約 550 kPa、クニボンド単体において約 1200 kPa であった。既往の研究におけるイオン交換水条件の平衡膨潤圧は、有効モンモリロナイト乾燥密度 0.943～1.093 Mg/m^3 のクニゲル V1－砂混合土において約 500～1000 kPa（鈴木・藤田、1999)、有効モンモリロナイト乾燥密度 1.012～1.031 Mg/m^3 のクニボンドにおいて約 1600kPa(前田ら、1998)である。本試験結果は、これらと比較すると下限に近い、もしくは小さい値であった。また、イオン交換水条件における透水係数について、本試験ではクニゲル V1－砂混合土において 5.0×10^{-13} m/s、クニボンドにおいて 1.0×10^{-12} m/s であり、既往の研究（鈴木ら、1992；長谷川、2004）と大差ない結果となった。

本試験で用いた有効モンモリロナイト乾燥密度 1.0 Mg/m^3 の供試体については、クニゲル V1－砂混合土では、人工海水のイオン濃度増加に伴い、膨潤圧はやや低下し、透水係数は増加する傾向がみられた。クニボンド単体では、人工海水のイオン濃度増加に伴い、膨潤圧は若干低下したが、透水係数はほぼ一定であった。イオン交換水ではクニボンド単体の透水係数はクニゲル V1－砂混合土を上回ったが、海水条件においては透水係数の大小関係は逆転し、クニゲル V1－砂混合土の透水係数がクニボンド単体の透水係数よりも高かった。これは次のような理由と考えられる。クニゲル V1 は、モンモリロナイト層間に交換性 Na イオンを多く含むため、イオン交換水を用いた場合、締め固めた供試体の膨潤性は高く、透水性は低い。しかし、海水のイオン濃度の増加に伴い、浸透圧が減少することにより Na モンモリロナイトの結晶層間が拡大しにくくなるため、透水性が高くなると考えられる。一方、クニボンドは、モンモリロナイトの層間に交換性 Ca イオンを多く含み、Ca モンモリロナイトの結晶層間の拡大には限りがある（Fukushima、1984)。海水のイオン濃度の増加に伴う層間距離の変化が小さく、透水性の変化も小さいと考えられる。なお、透水係数は乾燥密度によって異なることから、異なる供試体条件において透水係数の大小関係が上述と同じようになるとは限らないため、留意する必要がある。

海水平衡クニゲル V1－砂混合土及び海水平衡クニボンド単体については、イオン濃度の変化に対して、基本的に、海水平衡処理前のクニゲル V1－砂混合土及びクニボンド単体と同様の傾向を示した。試験前の予想では、海水平衡後のクニゲル V1 は、海水平衡前と比較して、交換性 Na イオンが減少し、交換性 Mg イオンの割合が増加することで、単位層同士の結晶層間の電気的引力が強まり、海水のイオン濃度の影響を受けにくくなると考えられた。また、海水平衡後のクニボンドは、海水平衡前と比較して交換性 Ca イオンが減少し、交換性 Na イオンの割合が増加することで、結晶層間の電気的引力が弱まり、海水のイオン濃度の影響を受けやすくなると考えられた。海水平衡処理後は層間陽イオン

組成がほぼ同じになったこと（図 4-3-12）を考慮すると、両海水平衡ベントナイトの膨潤圧及び透水係数は、近い値を示すことが予想された。試験結果から、その傾向は僅かに捉えられたが、今後その有意差や濃度依存性の検討が必要と考えられる。また上述のように、同等の交換性陽イオン組成、かつ同一の有効モンモリロナイト密度であっても、ベントナイトの種類が異なる場合に透水係数に差異が生じる可能性も示唆されたことから、その要因と併せて、試験方法及び結果の適用範囲について検討することは今後重要である。

(ii)試験後供試体の交換性陽イオン分布

透水膨潤圧試験後の供試体について、流入側・中部・流出側に分割した各部の浸出陽イオンの割合を図 4-3-15 に示す。クニゲル V1－砂混合土（濃度 1 倍~3 倍）では、初期試料と比較して浸出 Na イオンの割合が減り、浸出 Mg イオンの割合が増える傾向が示された。通水量はポアボリューム比 1 以下の範囲で若干異なるものの、イオン濃度の倍率が増加するほど、その傾向は顕著に現れた。一方、クニボンド単体では、初期試料と比較して浸出 Ca イオンの割合が減り、浸出 Na イオンの割合が増える傾向が示された。

表 4-3- 7 透水膨潤圧試験において使用した人工海水の成分及び pH

	成分表	作製後濃度（mg/L）		
	（mg/L）	1 倍濃度	2 倍濃度	3 倍濃度
Na	9860	9508	19604	29602
Ca	402	382	780	1149
K	346	345	700	1044
Mg	1165	1190	2314	3184
SO4	2596	2668	5380	8419
Cl	17594	17283	35149	52814
pH	記載なし	8.01	7.75	7.59

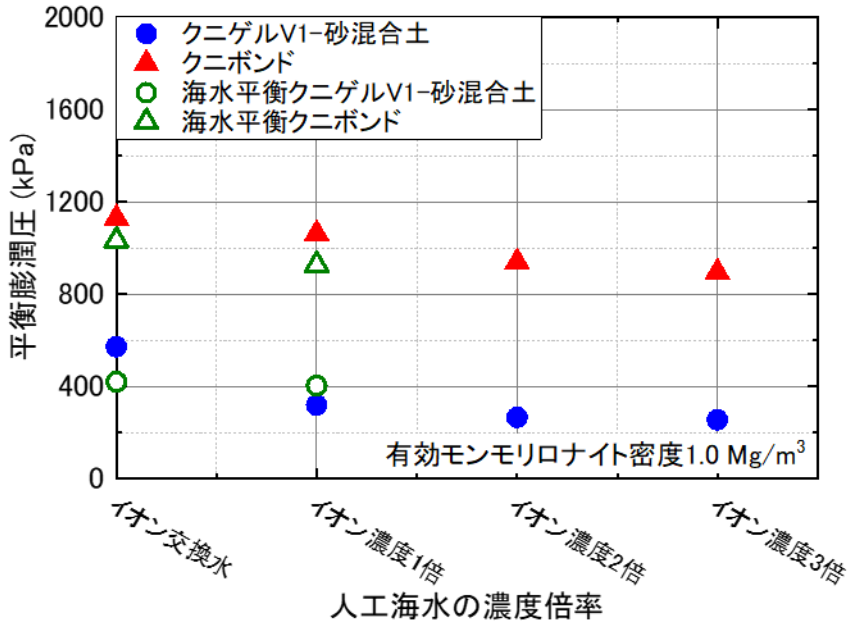


図 4-3- 13 人工海水のイオン濃度倍率と平衡膨潤圧の関係

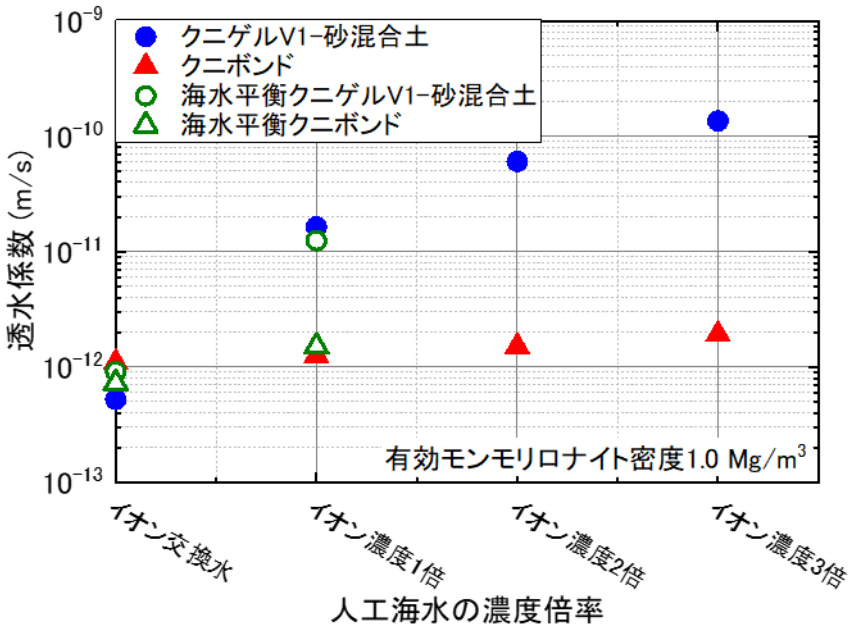
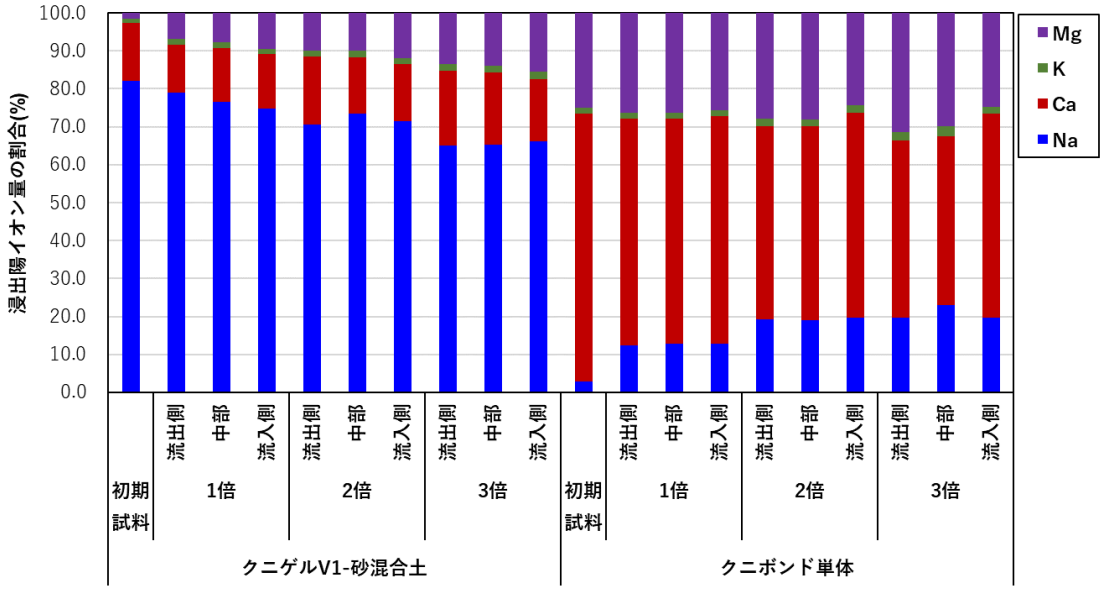
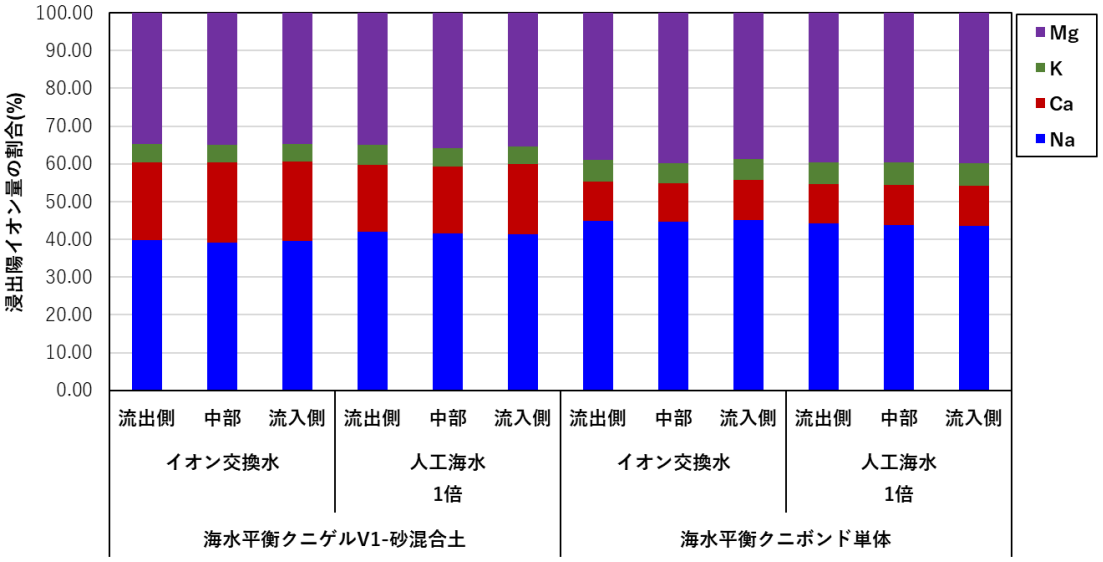


図 4-3- 14 人工海水のイオン濃度倍率と透水係数の関係



※有効モンモリロナイト密度1.0Mg/m³で透水試験を行った後の供試体
※凡例の倍率は、人工海水のイオン濃度の倍率（標準作製時が1倍）



※有効モンモリロナイト密度1.0Mg/m³で透水試験を行った後の供試体
※凡例の倍率は、人工海水のイオン濃度の倍率（標準作製時が1倍）

図 4-3- 15 透水膨潤圧試験後の浸出陽イオンの割合
（上：海水平衡処理前、下：海水平衡処理後）

(c) カオリン粘土を用いたせん断透水試験の予備試験

せん断透水試験の予備検討において実施したカオリン粘土の圧密時の圧縮曲線を図 4-3-16 に示す。圧縮曲線の傾きは、定荷重条件の供試体において 0.10、定体積条件の供試体において 0.16 であった。既往研究ではカオリン粘土の圧縮曲線の傾きは 0.31 として報告されており（金山、2001)、本試験で得られた傾きはこれより小さい値であった。本試験における垂直荷重は最大 500 kPa であり、静的締固めによる供試体作製時のプレス圧は約 15 MPa であったことから、供試体は過圧密状態であったと考えられる。そのため、圧縮曲線の傾きは文献値の圧縮曲線の傾きより小さくなったと考えられる。

図 4-3-17 は、カオリン粘土供試体のせん断に伴う供試体高さの変化である。500 kPa の定荷重条件におけるせん断では、せん断初期において 0.5 mm 程度の沈下が見られた。その後、供試体高さは約 19.6 mm とほぼ一定の値に収束した。これに対し、定体積条件におけるせん断では、初期供試体高さ 20 mm からほとんど変化がなかった。図 4-3-18 は、カオリン粘土供試体のせん断に伴うせん断応力の変化である。定荷重条件においては、初期にピーク強度が発現した後、せん断変位 40～50 mm にかけてせん断応力が増加した。その後、せん断変位 80 mm 付近でせん断応力は低下し、ほぼ一定の値に収束した。一方、定体積条件では、定荷重条件の試験と比較して、せん断初期に明瞭なピークがみられなかった。せん断変位の増加に伴い、せん断応力は緩やかに増加しながら、ほぼ一定の値に収束した。双方とも、せん断変位 160 mm（360°）においてせん断応力は 230～250 kPa を示し、残留状態に至った。

せん断に伴うカオリン粘土（イオン交換水）の透水性の変化を図 4-3-19 に示す。(a) は透水係数及び見かけの透水係数の測定値であり、(b) は (a) を正規化したグラフである。せん断変位を与えた後については、鉛直方向の透水係数は、せん断変位によらずほとんど値が変化しなかったが、水平方向に関しては透水性の低下が生じた。また、正規化した透水係数と見かけの透水係数を比較した場合、鉛直方向より水平方向の方が透水性の低下が著しかった。いずれの透水方向においても、透水性の増加が生じていなかったことから、せん断に伴う水みちは生じていなかったと考えられる。

図 4-3-20 は、せん断後の供試体（側方）の写真である。カオリン粘土（イオン交換水）では、破断部が連結した明瞭なせん断破壊が生じており、図 4-3-21 の通り、せん断位置で供試体を上下に分割することができた。

以上のように、非膨潤性粘土であるカオリン粘土を用いて定体積並びに定荷重条件においてせん断透水試験を実施し、供試体の体積、せん断応力、透水性の変化量や傾向を把握した。膨潤性粘土を用いた試験に展開する上での一連の試験手順及び、種々の挙動に関する基礎データを得ることができた。

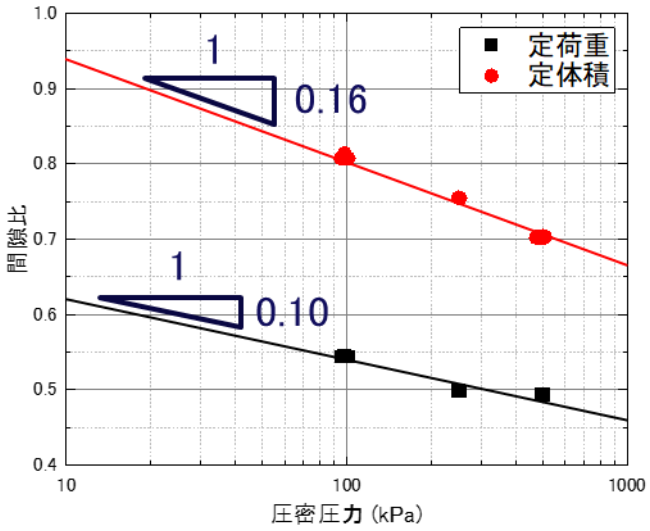


図 4-3- 16 カオリン粘土供試体の圧縮曲線

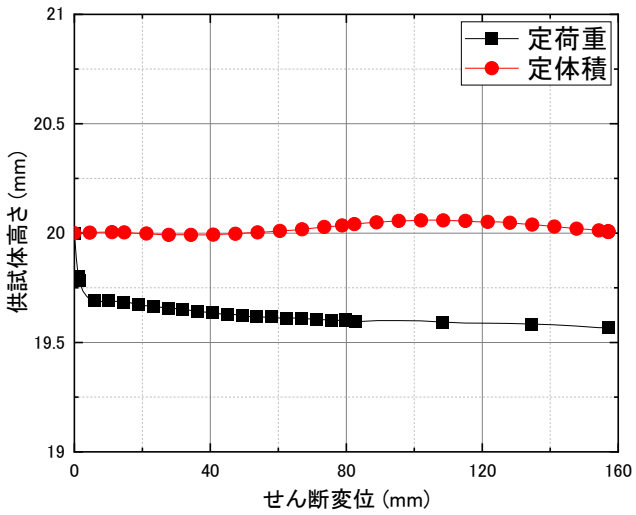


図 4-3- 17 カオリン粘土供試体のせん断に伴う供試体高さの変化

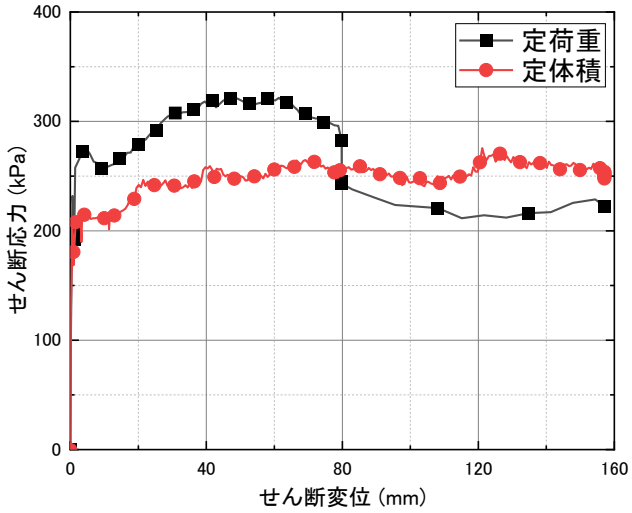


図 4-3- 18 カオリン粘土供試体のせん断に伴うせん断応力の変化

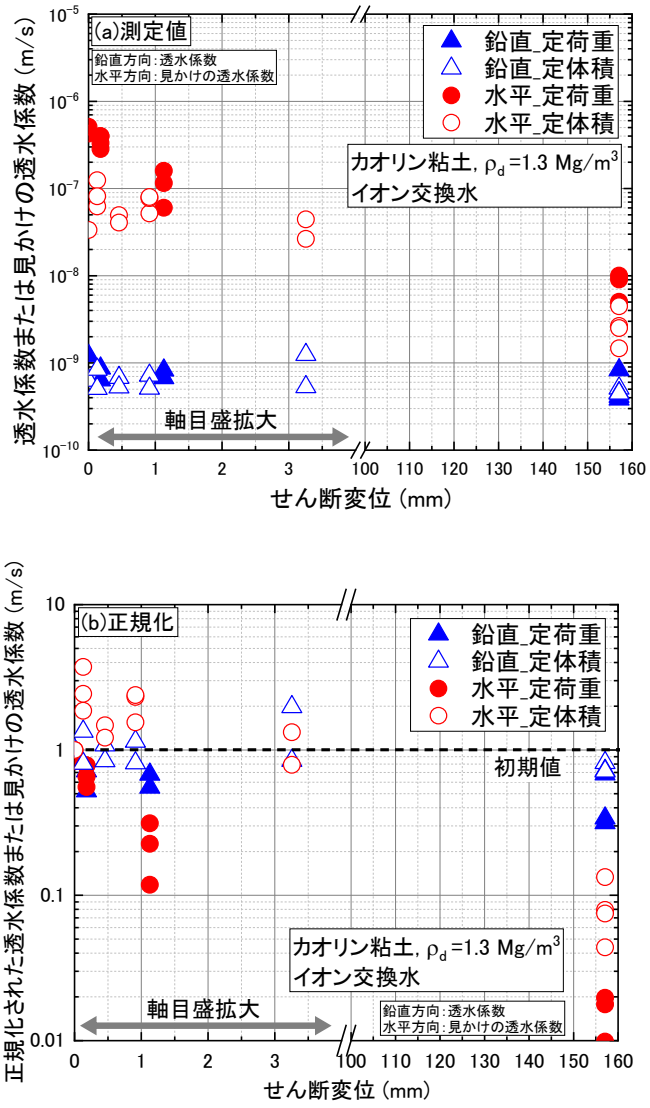


図 4-3- 19 せん断に伴うカオリン粘土（イオン交換水）の透水性の変化
（a：測定値、b：正規化）

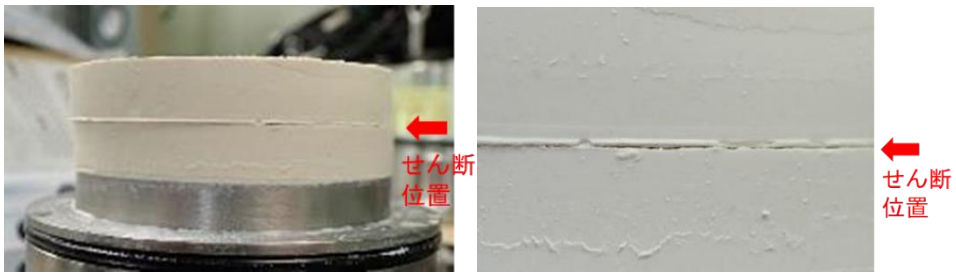


図 4-3- 20 オリン粘土（イオン交換水）のせん断後の供試体（側方）の写真（左）及びその拡大写真（右）

図 4-3- 21 せん断位置において上下に分割したカオリン供試体のせん断面の写真

(d) ベントナイト供試体を用いたせん断透水試験

表 4-3- 8 は、せん断透水試験に用いた各供試体の初期乾燥密度を示す。これらの供試体を用いて実施したせん断透水試験について、膨潤圧、せん断特性及びせん断の進行に伴う透水性の変化について、以下に示す。

表 4-3- 8 せん断透水試験の各ベントナイト供試体の初期乾燥密度

試料	飽和・通水液	実測供試体高さ (cm)	初期乾燥密度 (Mg/m^3)	目標乾燥密度 (Mg/m^3)
クニゲル V1－砂	イオン交換水	20.00	1.60	1.60
	人工海水（1 倍）	19.94	1.60	
海水平衡 クニゲル V1－砂	人工海水（1 倍）	20.00	1.60	
	人工海水（1 倍） （途中透水なし）	19.72	1.62	
	人工海水（2 倍）	19.08	1.68	
クニボンド	イオン交換水	19.15	1.17	1.12
海水平衡 クニボンド	人工海水（1 倍）	19.90	1.13	

(i)膨潤圧

図 4-3-22～図 4-3-25 は、各供試体・各通水液条件の給水過程において測定された鉛直圧すなわち膨潤圧である。ここで測定された鉛直圧は膨潤圧にほぼ等しいため、以後、膨潤圧とする。図 4-3-22 のクニゲル V1－砂混合土に対しイオン交換水を通水したケースでは、給水開始から 270～340 時間において機器の不具合によりデータロギングがされなかったため、破線で示している。全てのケースにおいて、膨潤圧は初期にピークを示した後に一度低下し、再び増加しながら平衡膨潤圧へと至った。

図 4-3-22 より、クニゲル V1－砂混合土では、通水液としてイオン交換水を用いた場合の平衡膨潤圧は約 400 kPa、人工海水（濃度 1 倍）を用いた場合の平衡膨潤圧は約 180 kPa であった。図 4-3-23 より、海水平衡クニゲル V1－砂混合土では、通水液として人工海水（濃度 1 倍）を用いた場合の平衡膨潤圧は約 250ｋPa、人工海水（濃度 2 倍）を用いた場合の平衡膨潤圧は濃度 1 倍の時よりも低下し、195 kPa であった。クニゲル V1－砂混合土に人工海水を通水した際の平衡膨潤圧が、イオン交換水を用いた場合の約半分になったことは、イオン交換反応と凝集の両方が要因として考えられる。一方、海水平衡クニゲル V1-砂混合土は、人工海水のイオン濃度（1 倍から 2 倍）の増加に伴い、平衡膨潤圧が 3/4 程度に低下した。元々人工海水とのイオン交換反応が平衡状態にある試料であったことから、平衡膨潤圧の低下は、主に凝集の影響によると考えられる。図 4-3-24 より、クニボンドにイオン交換水を通水した場合、平衡膨潤圧は約 1090 kPa であった。また、図 4-3-25 より、海水平衡クニボンドに人工海水（濃度 1 倍）を通水した場合、平衡膨潤圧は約 600 kPa であった。クニボンド及び海水平衡クニボンドの平衡膨潤圧に関しては、飽和・通水液のイオン濃度の影響を比較するため、引き続きデータの拡充を図る必要がある。

図 4-3-26 は、せん断透水試験で得られた平衡膨潤圧と⑤（b）で前述した透水膨潤圧試験で得られた平衡膨潤圧の比較である。せん断透水試験では、透水膨潤圧試験と比較して、膨潤圧が小さめに測定されることが明らかになった。これらの試験における相違として、透水膨潤圧試験では、供試体リング（試験セル）内で試料を直接締固めたのに対し、リングせん断試験では、中空供試体を締固め用のモールドから試験セルに移し替えている。さらに、リングせん断試験では、スリット制御部位に関して供試体の応力開放に伴うリバウンドを考慮し、中空供試体と装置側の間にはわずかなクリアランスを設けている。こうした装置の構造上の特徴により、供試体が膨潤する時に緩みが生じ、平衡膨潤圧としては小さく計測されたと考えられる。

以上、リングせん断試験装置における測定結果をもとに、本研究で実施したベントナイト系材料のせん断透水試験では、上述した平衡膨潤圧を供試体の拘束圧として考える。

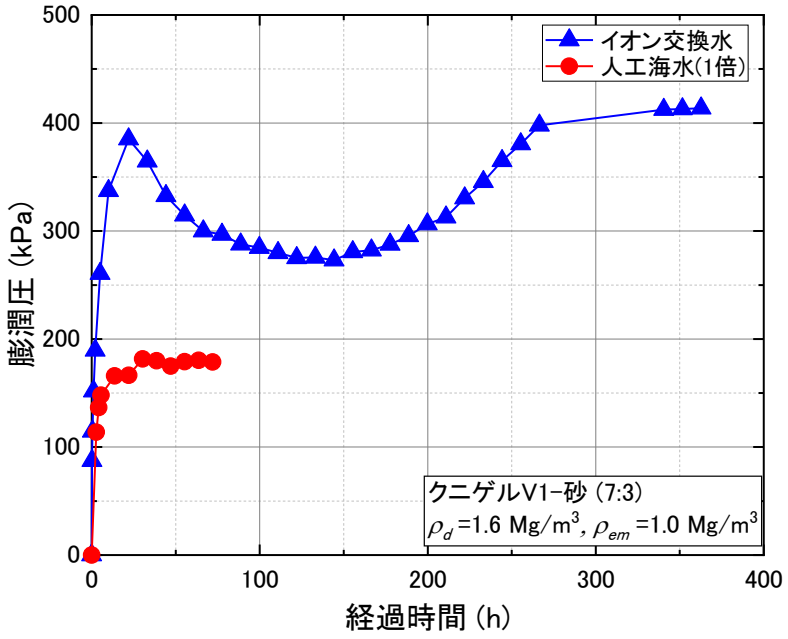


図 4-3- 22 クニゲル V1－砂混合土（イオン交換水、人工海水 1 倍）の膨潤圧

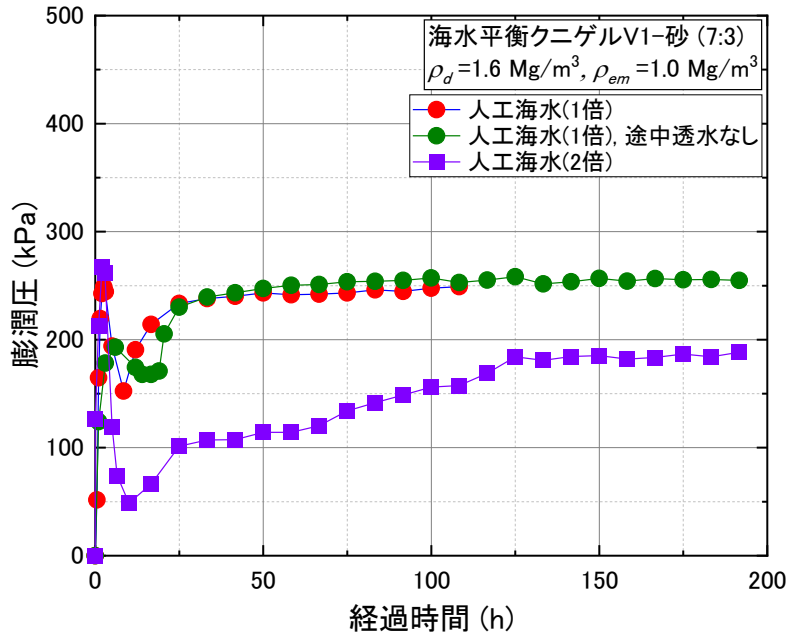


図 4-3- 23 海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍、2 倍）の膨潤圧

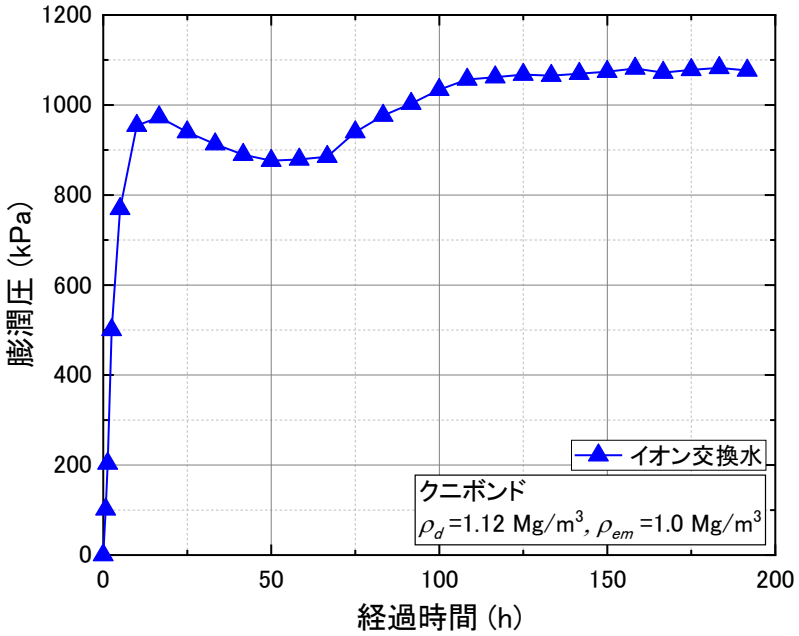


図 4-3- 24 クニボンド単体（イオン交換水）の膨潤圧

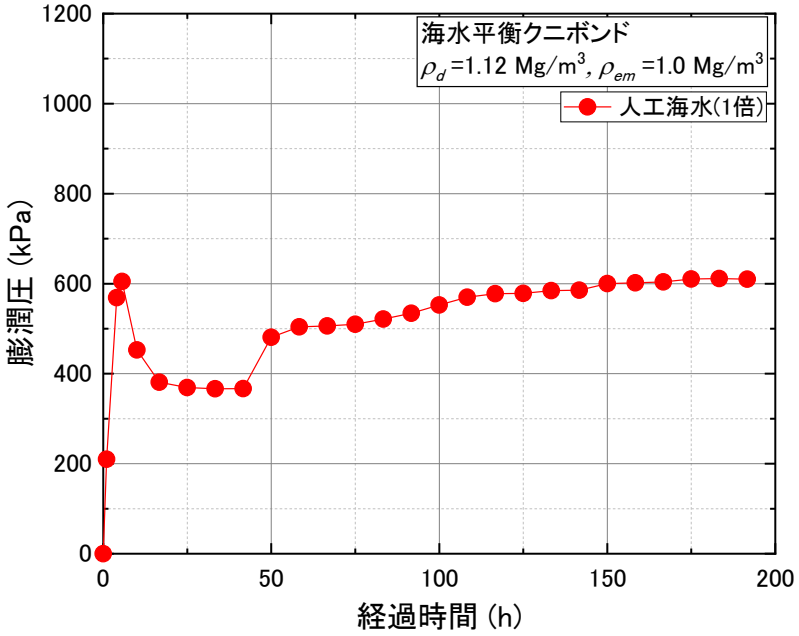


図 4-3- 25 海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の膨潤圧

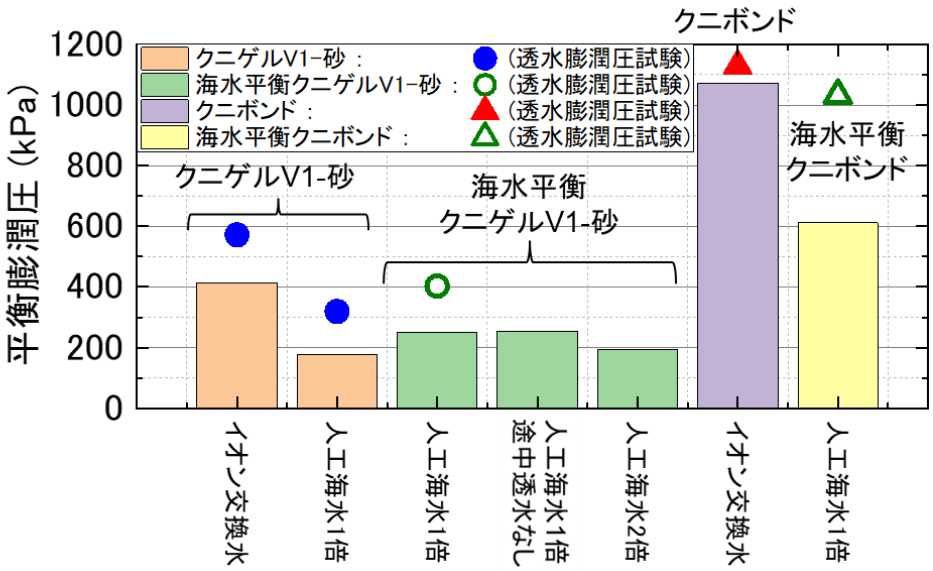


図 4-3- 26 せん断透水試験及び透水膨潤圧試験における平衡膨潤圧の比較

(ii)せん断特性

図 4-3-27 は、せん断に伴う供試体高さの変化である。表 4-3- 8 の通り、目標乾燥密度に対して初期乾燥密度が大きかった海水平衡クニゲル V1-砂混合土（人工海水濃度倍）及びクニボンド単体（イオン交換水）については、他のケースよりも供試体高さが小さいが、全ての供試体においてせん断中の供試体高さは概ね一定値であり、定体積条件を保っていたと考えられる。

図 4-3-28～図 4-3-31 は、各供試体・各通水液条件におけるせん断に伴うせん断応力の変化である。なお、透水試験のためのせん断停止中のデータは除外している。図 4-3-28 より、クニゲル V1-砂混合土に関しては、イオン交換水と人工海水（濃度 1 倍）において、せん断変位約 2 mm の位置におけるピーク強度に差が生じたが、残留強度は双方ともにせん断変位 160 mm において約 120 kPa を示した。図 4-3-29 より、海水平衡クニゲル V1-砂混合土に関しては、各通水液において、せん断変位約 2 mm の位置におけるピーク強度に差が生じた。人工海水（濃度 1 倍）を用いた場合、ピーク強度は約 170 kPa、残留強度はせん断変位 160 mm において 125 kPa～130 kPa 程度であった。人工海水（濃度 2 倍）を用いた場合、残留強度は 170 kPa 程度であった。

以上のことから、初期乾燥密度が同等であるクニゲル V1 系の供試体に関しては、残留強度は試料や通水液の種類に依らず、概ね同様の値であることが分かった。ピーク強度に関しては、人工海水を用いた場合、値が小さくなったことから、イオン濃度増加の影響が示唆された。なお、海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水濃度 1 倍）を用いた試験において、任意のせん断変位でせん断を停止し透水試験を行うことの影響を確認した。せん断応力の変化（図 4-3-29）から、せん断過程におけるせん断応力の若干の増減は確認されたが、ピーク強度や残留強度に違いは生じなかった。したがって、上述の操作による明確な影響は確認されなかった。

図 4-3-30 より、クニボンド単体に関しては、イオン交換水を用いた場合、ピーク強度はせん断変位約 0.5 mm において約 520 kPa、残留強度はせん断変位約 140 mm 以降において約 140 kPa であった。図 4-3-31 より、海水平衡クニボンド単体に関しては、人工海水（濃度 1 倍）を用いた場合、ピーク強度はせん断変位約 0.3 mm において約 360 kPa、残留強度はせん断変位約 140 mm 以降において約 130 kPa であった。クニボンド系の供試体についても、上記 2 ケースでは残留強度にはほとんど差が生じなかった。今後、通水液のイオン濃度の影響を比較するため、引き続きデータの拡充を図る必要がある。

図 4-3-32～図 4-3-35 は、各供試体・各通水液条件における有効応力経路である。なお、透水試験のためのせん断停止中のデータは除外している。クニゲル V１－砂混合土及びクニボンド単体のイオン交換水条件では、残留状態における内部摩擦角ϕ_rは 14°及び 9°であった。既往の研究（矢田部、1991）において、スメクタイトを多量に含む粘性土のϕ_rは 10°より小さいと報告されており、本研究で得られた値も概ね近い値であった。クニゲル V１－砂混合土では、随伴鉱物や砂が混合されるため、ϕ_rはやや大きい値になったと考

えられる。また、いずれの供試体においても、人工海水を用いてイオン濃度が増加したケースでは、イオン交換水を用いたケースと比較してϕ_r及びピーク強度における内部摩擦角ϕ_pが大きくなった。これは、塩分濃度の増加に応じてϕ_r及びϕ_pが同様の増加傾向にあるという先行研究（鈴木、2003）と矛盾しないものである。また、図 4-3-32 及び図 4-3-33 より、クニゲル V1 系の供試体に関して、イオン交換水を用いた場合にϕ_rとϕ_pが異なるのに対し、人工海水（濃度 1~2 倍）を用いた場合ϕ_rとϕ_pが同一になった。ここで、粘土含有率が 25%以下の場合、限界状態における内部摩擦角ϕ'とϕ_rがほぼ同一である（石原、2020；Lupini ら、1981）ことが知られている。本研究では、正規圧密状態における試験を実施していないため、厳密にはϕ'は明らかではないが、$\phi' \fallingdotseq \phi_p$と仮定すると、$\phi_r$と$\phi_p$が同一であったことから、粘土含有率が小さい材料のような挙動であったと解釈できる。実際には粘土含有率の高い供試体ではあったが、人工海水を用いた場合、凝集により力学挙動に寄与する見かけの粒子径が大きくなり、粘土含有率が小さい材料のような挙動を示した可能性が考えられる。この考え方においては、図 4-3-34 及び図 4-3-35 より、クニボンド系の材料に関しては、人工海水（濃度 1 倍）においてϕ_rとϕ_pが異なる値を示したことから、海水条件であっても粘土含有率が高い材料の挙動にあったと解釈できる。イオン交換水と人工海水で材料特性が変わりにくい点においては、⑤(b)(i)の透水膨潤圧試験の結果とも矛盾しない結果であった。

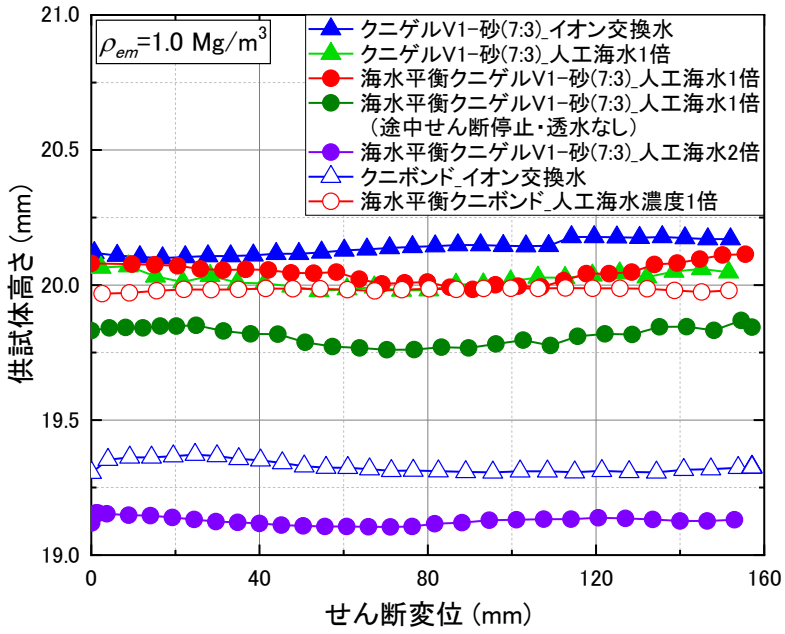


図 4-3- 27 各供試体のせん断に伴う供試体高さの変化

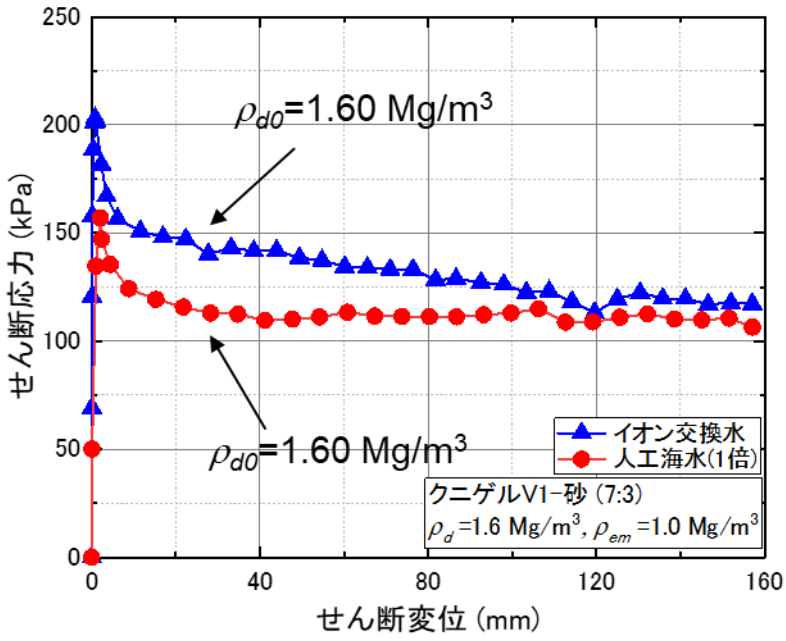


図 4-3- 28 クニゲル V1－砂混合土のせん断に伴うせん断応力の変化

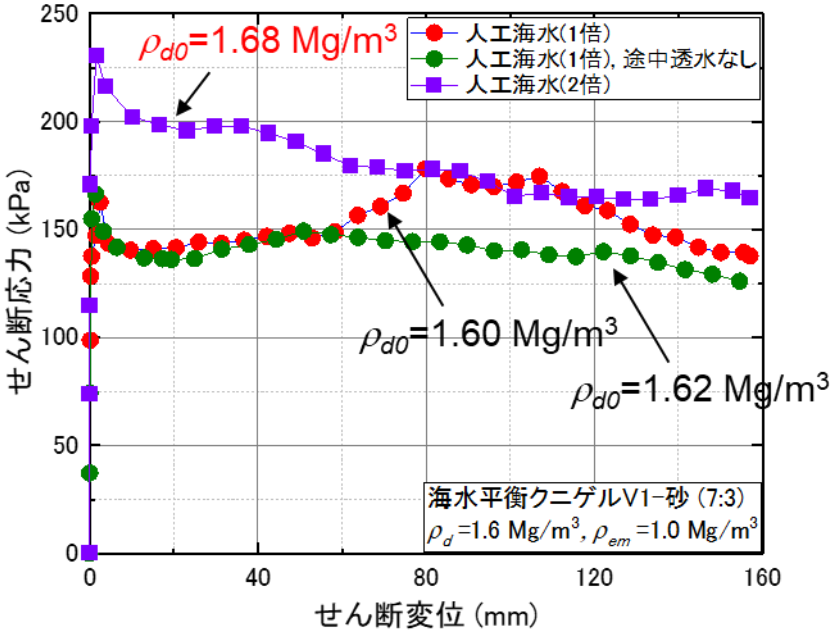


図 4-3- 29 海水平衡クニゲル V1－砂混合土せん断に伴うせん断応力の変化

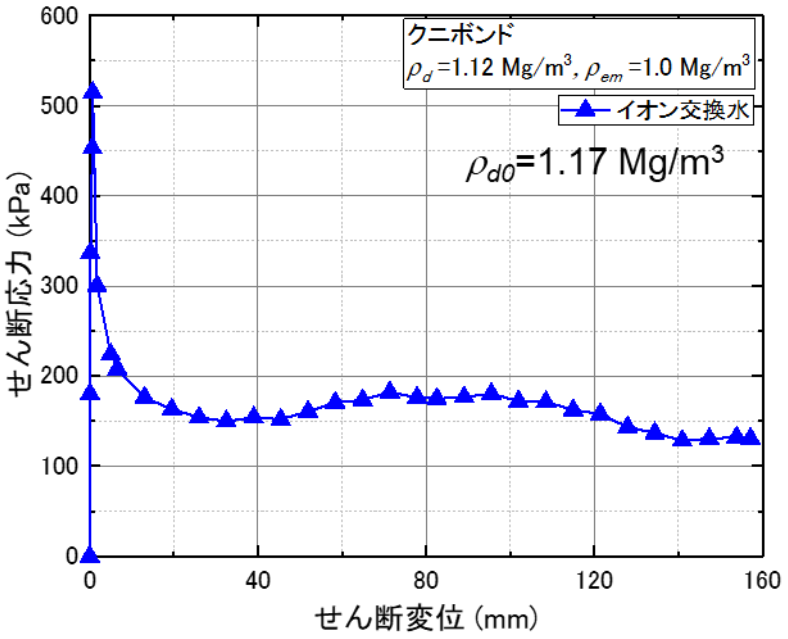


図 4-3- 30 クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化

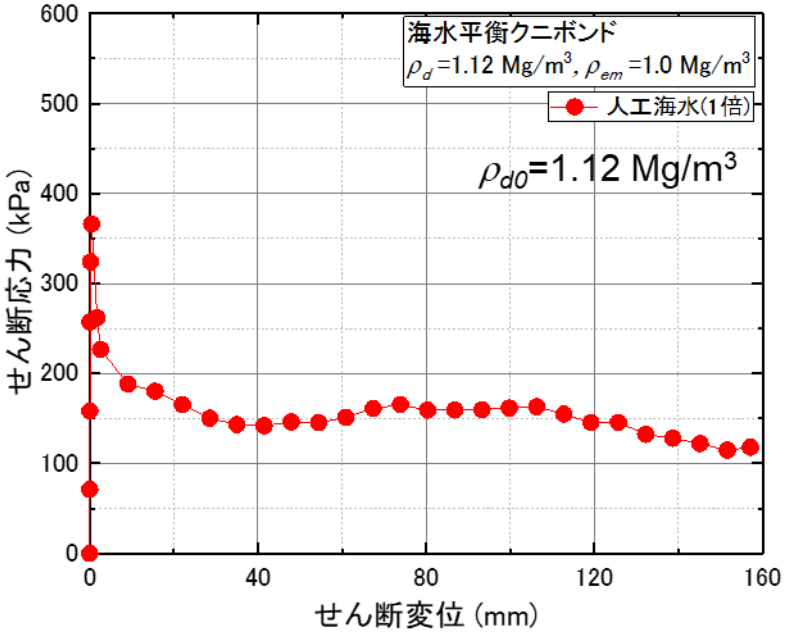


図 4-3- 31 海水平衡クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化

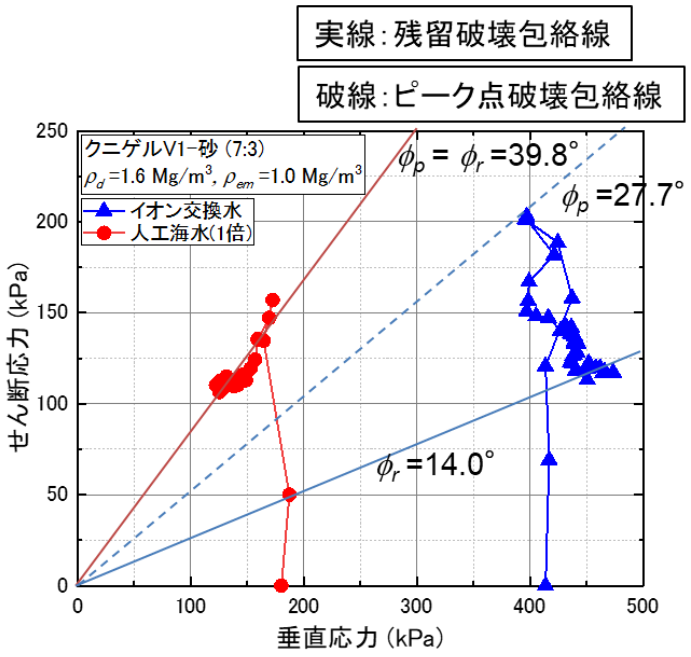


図 4-3- 32 クニゲル V1－砂混合土の有効応力経路

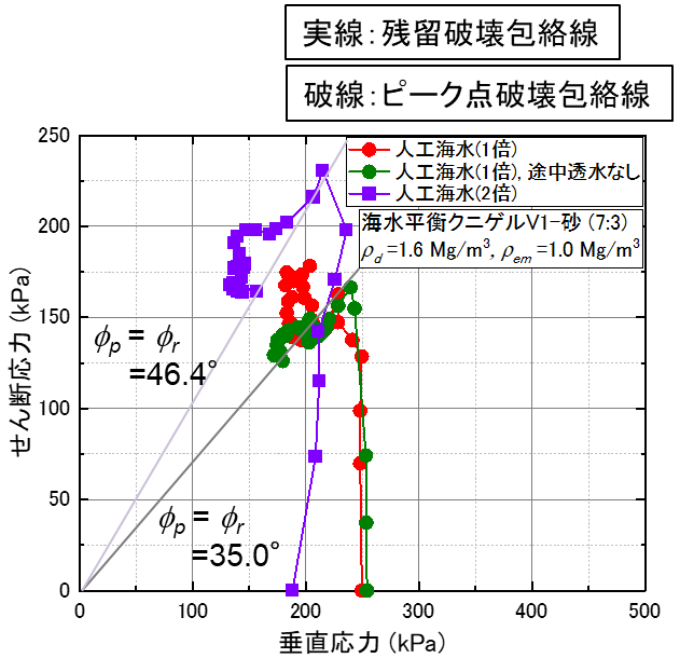


図 4-3- 33 海水平衡クニゲル V1－砂混合土の有効応力経路

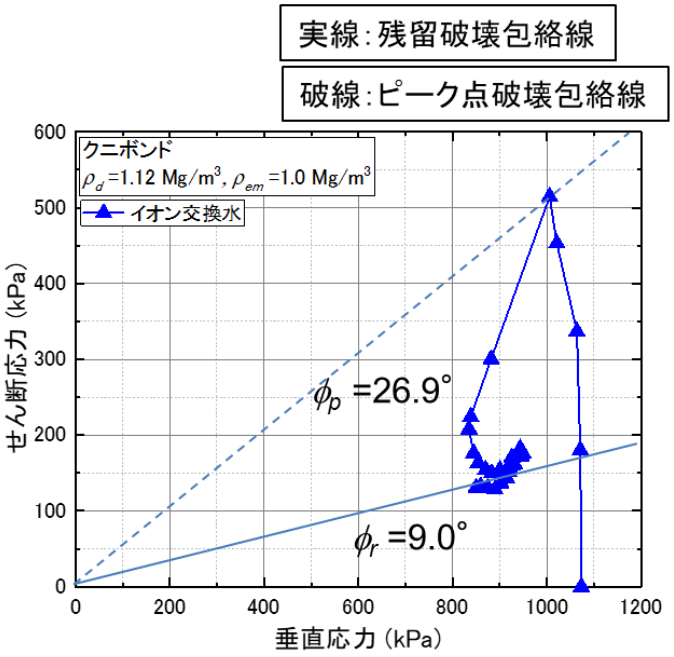


図 4-3- 34 クニボンド単体の有効応力経路

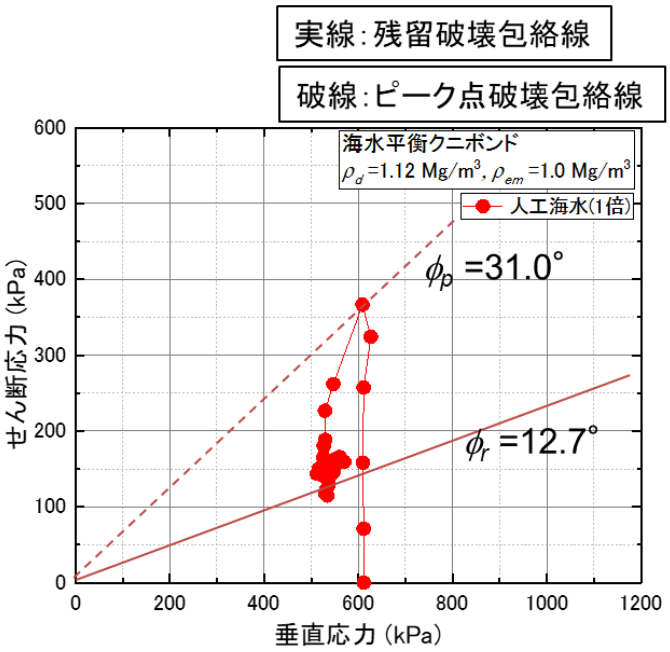


図 4-3- 35 海水平衡クニボンド単体の有効応力経路

(iii)透水特性

せん断に伴う透水性の変化について、各供試体・各通水液条件の結果を図 4-3-36～図 4-3-39 に示す。各図における(a)は透水係数または見かけの透水係数の測定値であり、(b)はそれらを正規化したグラフである。イオン交換水の条件で透水膨潤圧試験の結果と比較すると、せん断透水試験における鉛直方向の透水係数とよく一致する結果が得られた。試験装置は異なってもほぼ同じ有効モンモリロナイト密度であれば同等の透水係数が得られることが確かめられた。

せん断変位と透水係数及び見かけの透水係数の関係においては、全体的な傾向として、ピーク強度の発現前後のせん断変位において、鉛直方向の透水係数及び水平方向の見かけの透水係数が低下し、それ以降は残留強度に至るまで、透水性の変化は小さい、もしくはほとんど変化しなかった。具体的には、クニゲル V1-砂混合土では、イオン交換水を用いた場合の鉛直方向の透水係数に変化はほとんど生じなかったが、その他については限界状態で透水性が 1/3 以下にまで低下した。海水平衡クニゲル V1-砂混合土では 0.4 倍以下になった。クニボンドのイオン交換水条件では 0.8 倍以下に、海水平衡クニボンドでは人工海水の濃度 1 倍でおよそ 0.7 倍以下に透水性が低下した。鉛直方向より水平方向の透水性の方が低下する割合としては大きい傾向であった。以上の試験結果より、せん断の進行に伴う透水性の増加は生じなかったことから、定体積せん断を受けた供試体に透水性の高い領域（水みち）は生じていなかったと考えられる。

なお、海水平衡ベントナイトを用いた試験において、任意のせん断変位でせん断を停止する操作の透水性への影響を確認した。透水性の変化（図 4-3-37）から、水平方向の見かけの透水係数が残留状態で若干低めに測定されたものの、供試体高さや残留強度は途中でせん断を停止した場合と同等であり、上述の操作による明確な影響は確認されなかった。

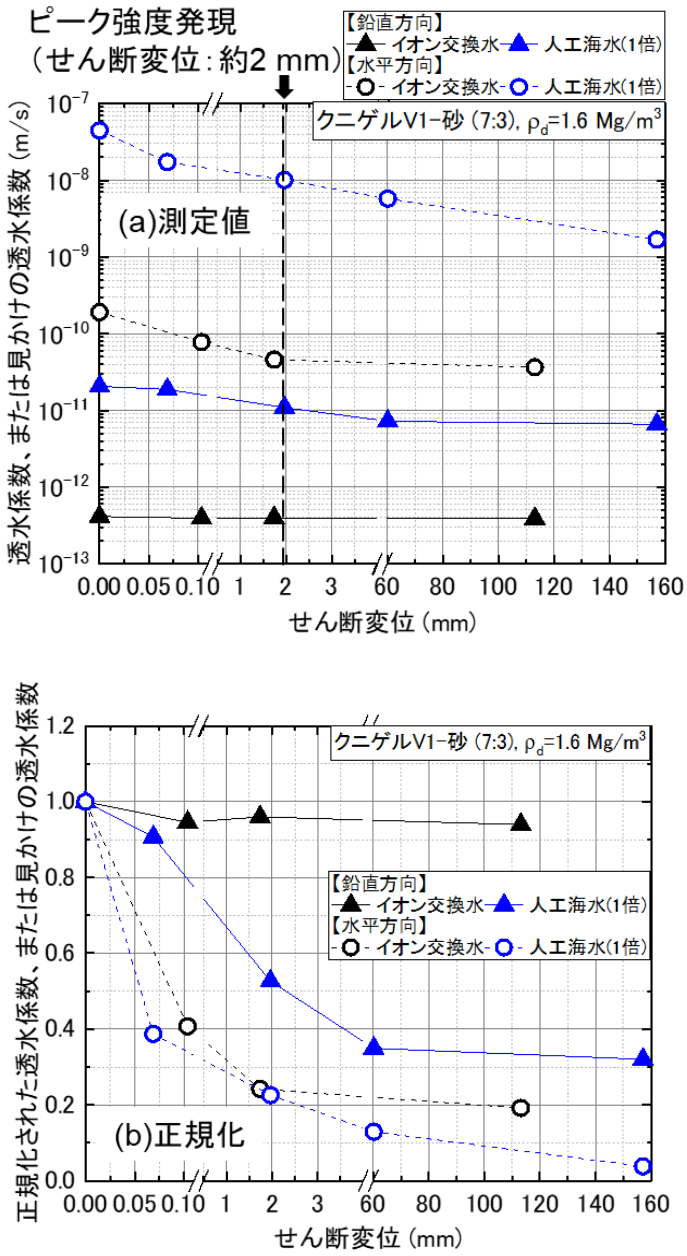
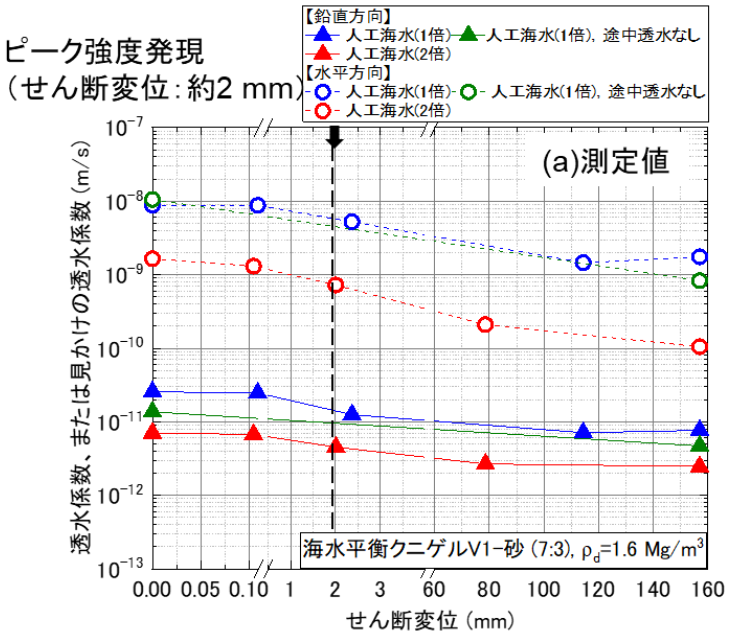


図 4-3- 36 せん断に伴うクニゲル V1－砂混合土の透水性の変化
（a：測定値、b：正規化）



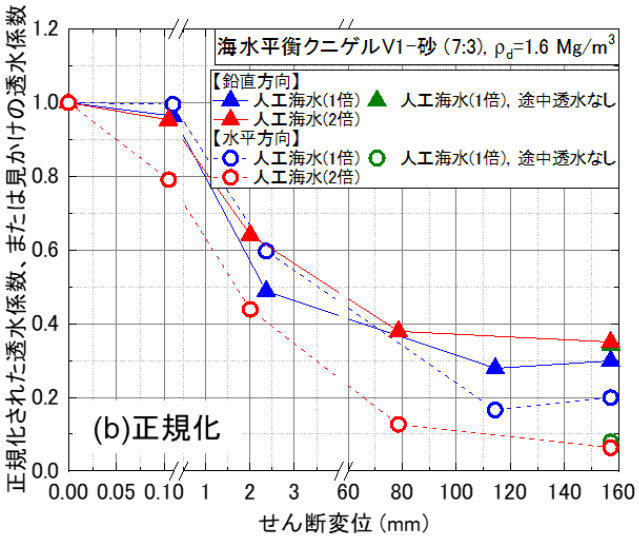


図 4-3- 37 せん断に伴う海水平衡クニゲル V1－砂混合土の透水性の変化
（a：測定値、b：正規化）

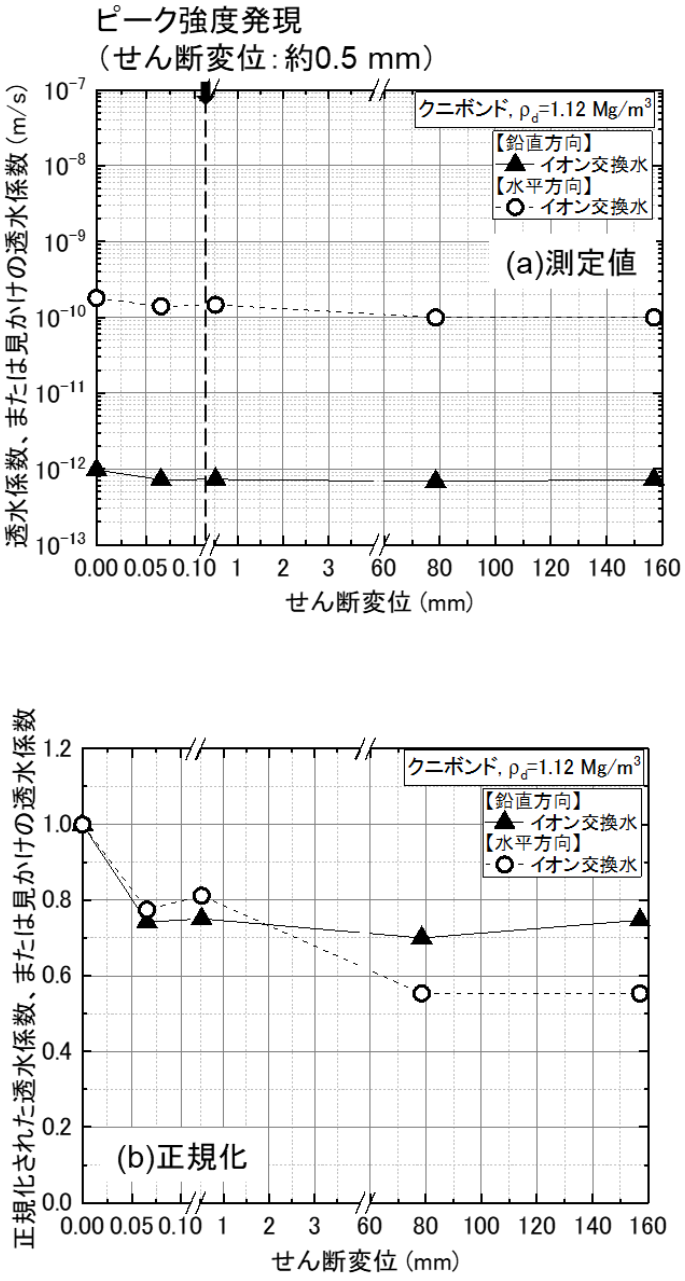


図 4-3- 38 せん断に伴うクニボンド単体の透水性の変化
（a：測定値、b：正規化）

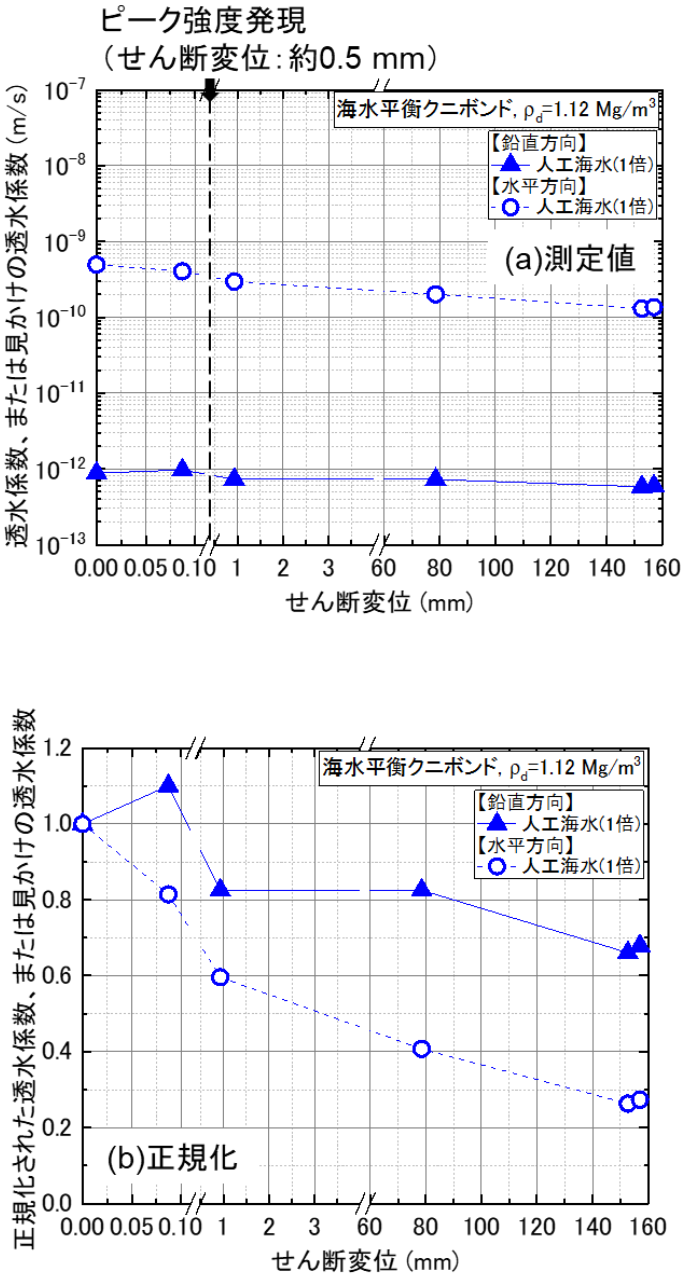


図 4-3- 39 せん断に伴う海水平衡クニボンド単体の透水性の変化
（a：測定値、b：正規化）

(iv)せん断透水試験後の分析結果

せん断透水試験後の各供試体の含水比分布を図 4-3-40 に示す。全体的な傾向として、供試体の上側で含水比が高く、特にクニボンド系でその傾向は顕著だった。図 4-3-41～図 4-3-45 は、各供試体の浸出陽イオンの分布（浸出陽イオン量及び割合）である。各部における浸出陽イオン量の総和には差が生じており、クニボンドと比べると、クニゲル V1 系でその差は大きかった。しかし、浸出陽イオンの割合は場所に依らず均一であった。試料中の陽イオン交換容量はほとんどモンモリロナイトによるものと考えると、浸出陽イオン量の総和に差が生じたことは、供試体各部位においてモンモリロナイトが占める割合に変化が生じたことが原因と考えられる。特に海水平衡クニゲル V1-砂混合土のように砂混合の条件でその差が著しかったことから、供試体作製時に生じた砂の分布の不均一性について、採取した部位によっては、その傾向が顕著に現れた可能性が考えられる。

図 4-3-46 及び図 4-3-47 は、せん断透水試験後の各供試体の側方から撮影した写真である。全ての供試体に関して、せん断の跡と思われる箇所は存在したが、海水平衡クニボンド（人工海水濃度 1 倍）以外については、明確な破断部や開口部は観察されなかった。なお、クニボンド系の供試体において、上部の色が異なる点に関しては、供試体中の含水比分布と関係する可能性がある。

図 4-3-48 は、凍結乾燥供試体のせん断位置付近の写真である。クニゲル V1 系と比較してクニボンド系の供試体は非常に脆く、断面の形状が保たれなかったため、クニゲル V1 系については供試体断面、クニボンド系については供試体側面の写真を掲載している。各供試体に関して、せん断位置付近においてせん断帯と考えられる幅を持った帯状の跡が観察された。砂を混合しているクニゲル V1 系では、幅が約 1～2 mm である一方、クニボンド系では、幅は約 0.5～1 mm であった。せん断位置付近では、その上下部と比べて外見がやや異なり、微視的な構造変化が生じた可能性があると考えられる。

図 4-3-49～図 4-3-54 は、各供試体断面の SEM 観察画像である。クニゲル V1－砂混合土（イオン交換水）について、せん断位置付近の領域では、粒径が小さい土粒子がほとんどであり、比較的大きい砂（粒径が 0.3～0.5 mm 程度）はほとんど確認されなかった。せん断帯と思われる部分の上部及び下部（せん断位置から離れた領域）では、比較的大きい砂が多く確認された。海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水濃度 1 倍）の供試体断面は、せん断位置付近において、その上下部とは外見が異なる部分が観察された。また、せん断位置付近の上下の一部に亀裂が観察されたが、これはせん断位置付近とその上下において、凍結乾燥による乾燥収縮の程度に差異があることで生じた亀裂であると考えられる。すなわち、せん断位置付近においてせん断帯と考えられる外見が異なる幅を有する部分と、その上下部において、微視構造の相違が生じていた可能性がある。クニボンド単体（イオン交換水）に関しては、凍結乾燥後の供試体断面の状態の影響により、せん断位置付近における構造の傾向はほとんど観察できなかったが、供試体上部において、比較的細かい団粒が積層している様子が観察された。海水平衡クニボンド（人工海水濃度 1 倍）に

関しては、同じく供試体上部において、比較的細かい団粒が積層している様子が観察されたほか、せん断位置付近で粘土粒子が幅を持った構造を形成している様子も観察された。

上述した凍結乾燥試料の SEM 観察では、粒子の積層構造の観察や定量化において限界があることから、FE-SEM による薄片試料の観察を実施した。図 4-3-55 及び図 4-3-56 は、クニゲル V1－砂混合土（イオン交換水）の薄片試料の SEM 観察画像及び元素マッピング画像である。ここでは、Si を砂、Al をモンモリロナイト（ベントナイト）、C を樹脂として区別している。また、図 4-3-57 及び図 4-3-58 は、海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水濃度 2 倍）の薄片試料の SEM 観察画像及び元素マッピング画像である。どちらの試料においても、せん断位置付近，すなわちせん断帯と思われる部分において、空隙（樹脂充填箇所）の形状が方向性を有していた。応力開放された湿潤供試体を凍結乾燥したことで空隙が生じ、その部分に樹脂が充填されていると考えると、方向性のある空隙が多く観察された領域では、粘土粒子が配向していたことが予想される。また、クニゲル V1－砂混合土（イオン交換水）においては、せん断帯と思われる部分の内側には粒径が大きい砂は比較的少ない一方、その近傍（境界部分）において、砂粒子が密集している様子が観察された。海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水濃度 2 倍）においても、せん断帯と思われる部分では、空隙の形状と分布が周囲と比べて特徴的であった。今後、薄片試料を用いてより詳細な観察を進めるとともに、画像解析などにより砂の分布や粘土の配向について定量化を検討する必要がある。

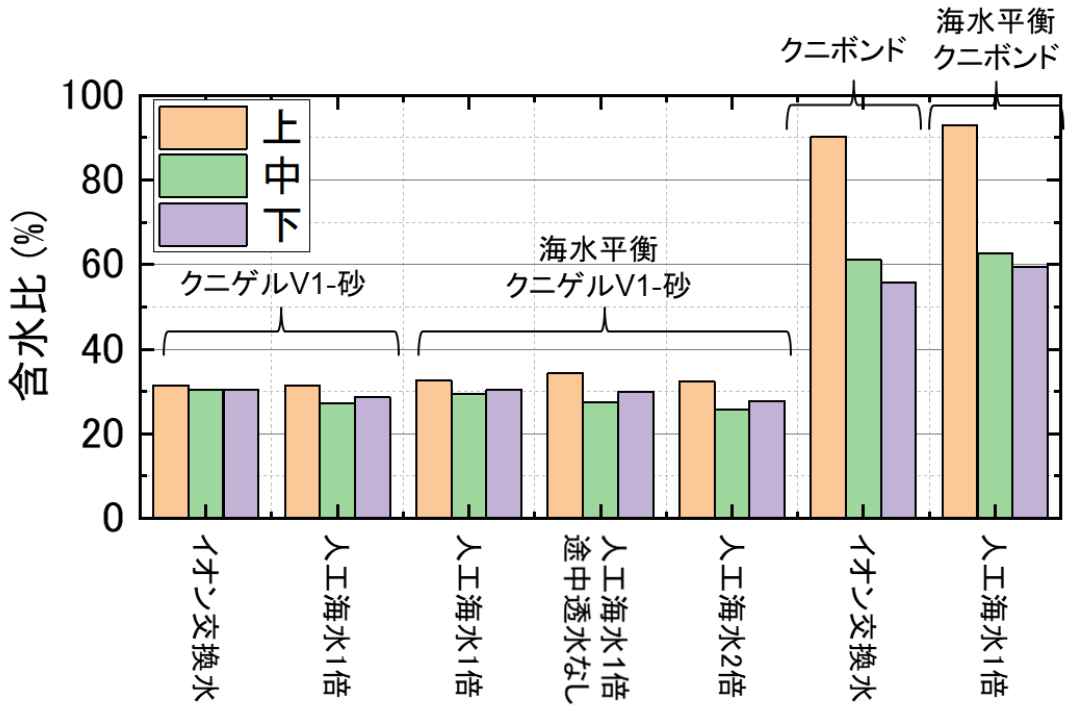


図 4-3- 40 せん断透水試験後の供試体の含水比分布

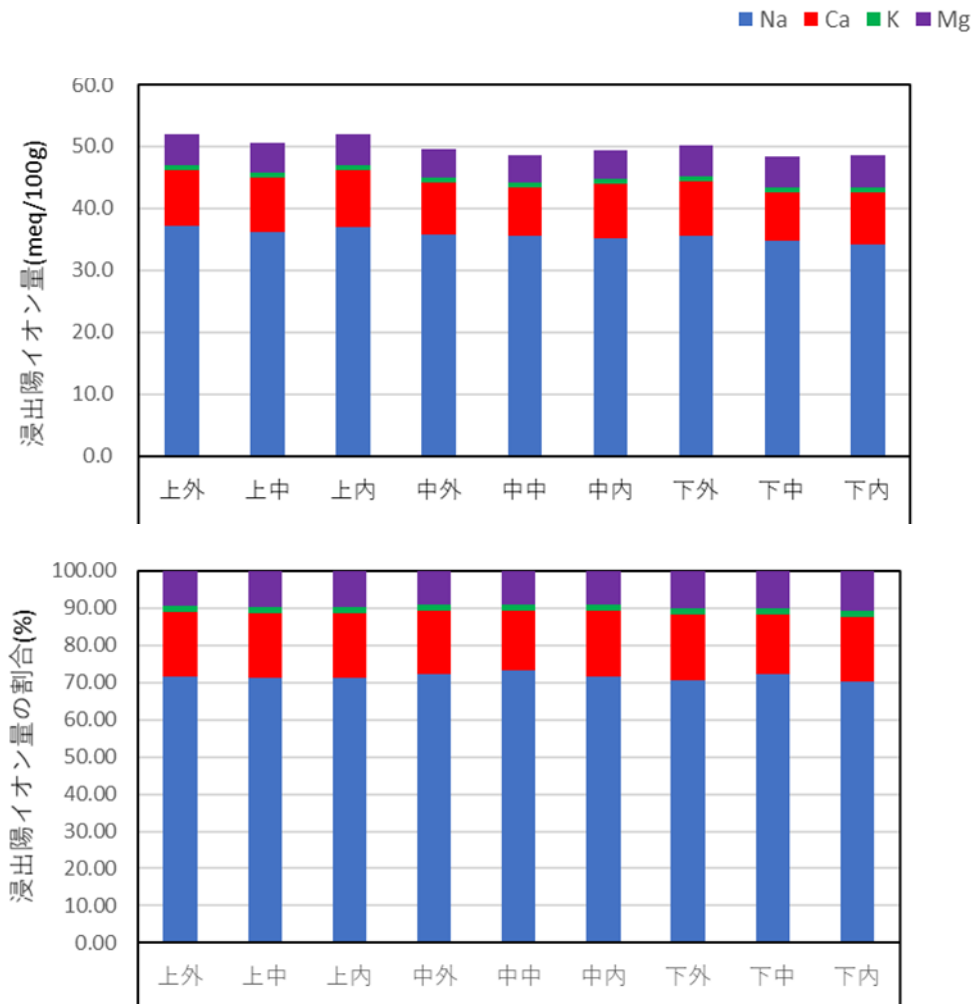


図 4-3- 41 せん断透水試験後のクニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合）

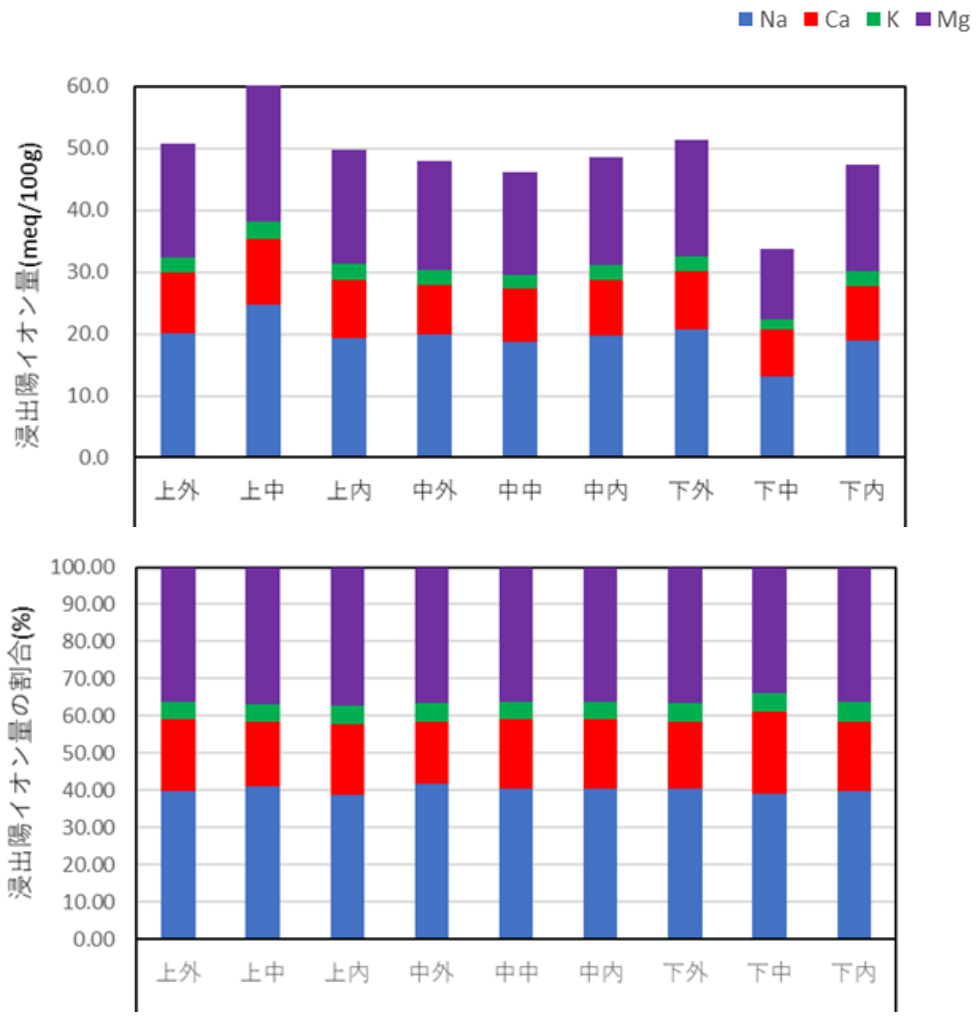


図 4-3- 42 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合）

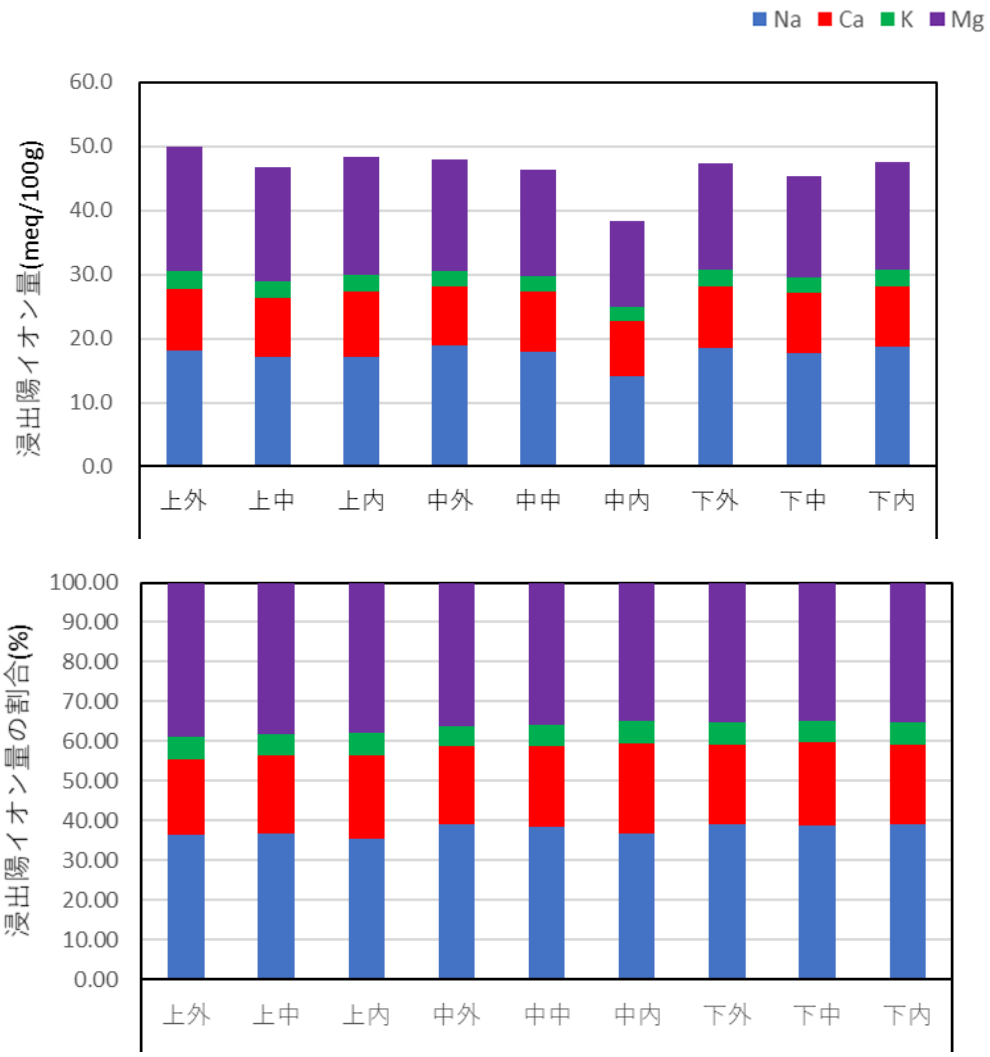


図 4-3- 43 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍、途中透水なし）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合）

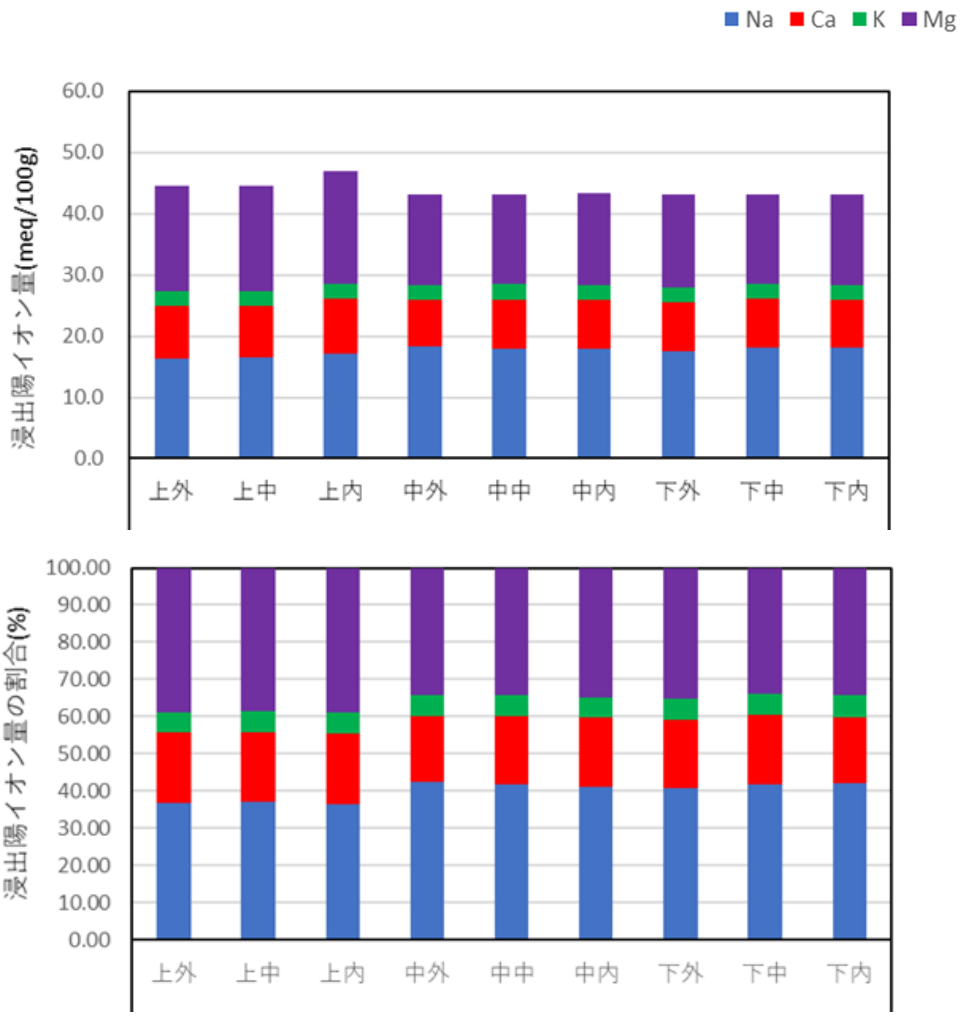


図 4-3- 44 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 2 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合）

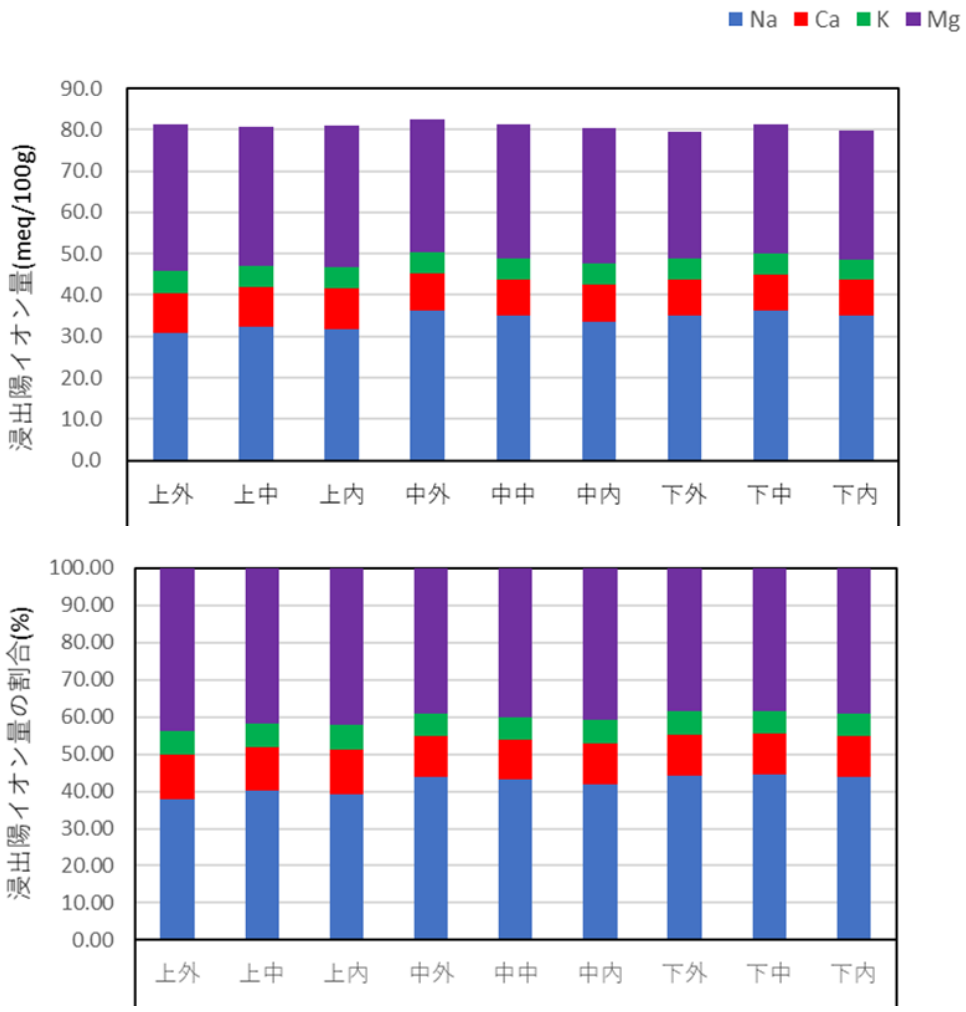


図 4-3- 45 せん断透水試験後の海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合）

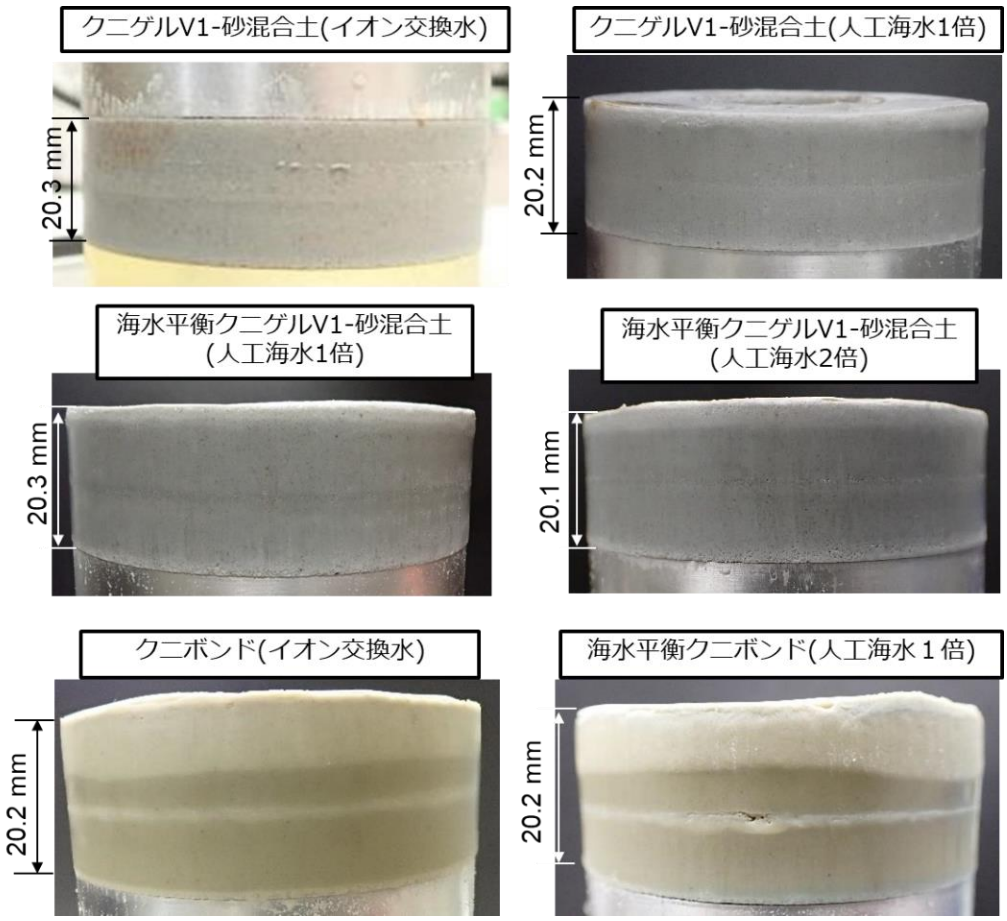


図 4-3- 46 せん断透水後の各供試体側方の写真

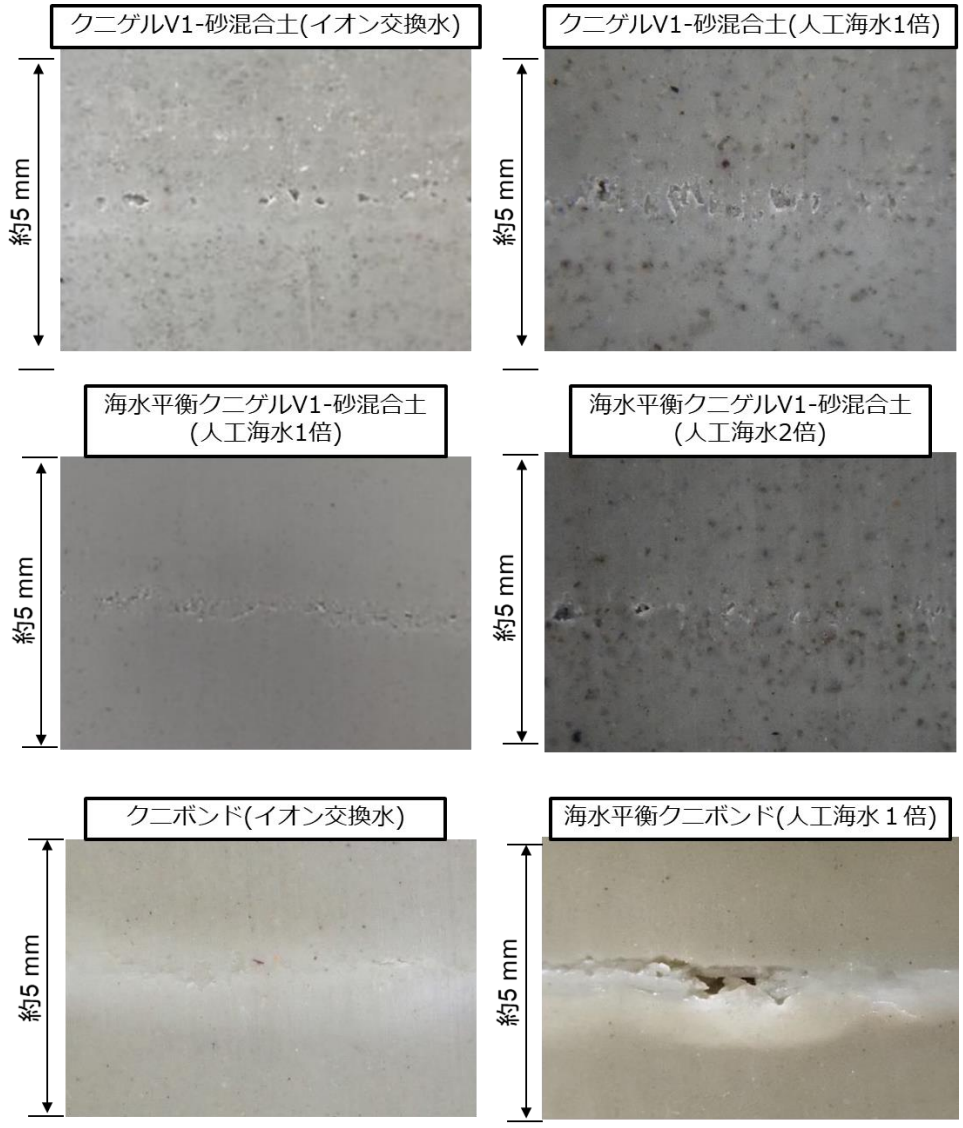


図 4-3- 47 せん断透水後の各供試体側方の写真

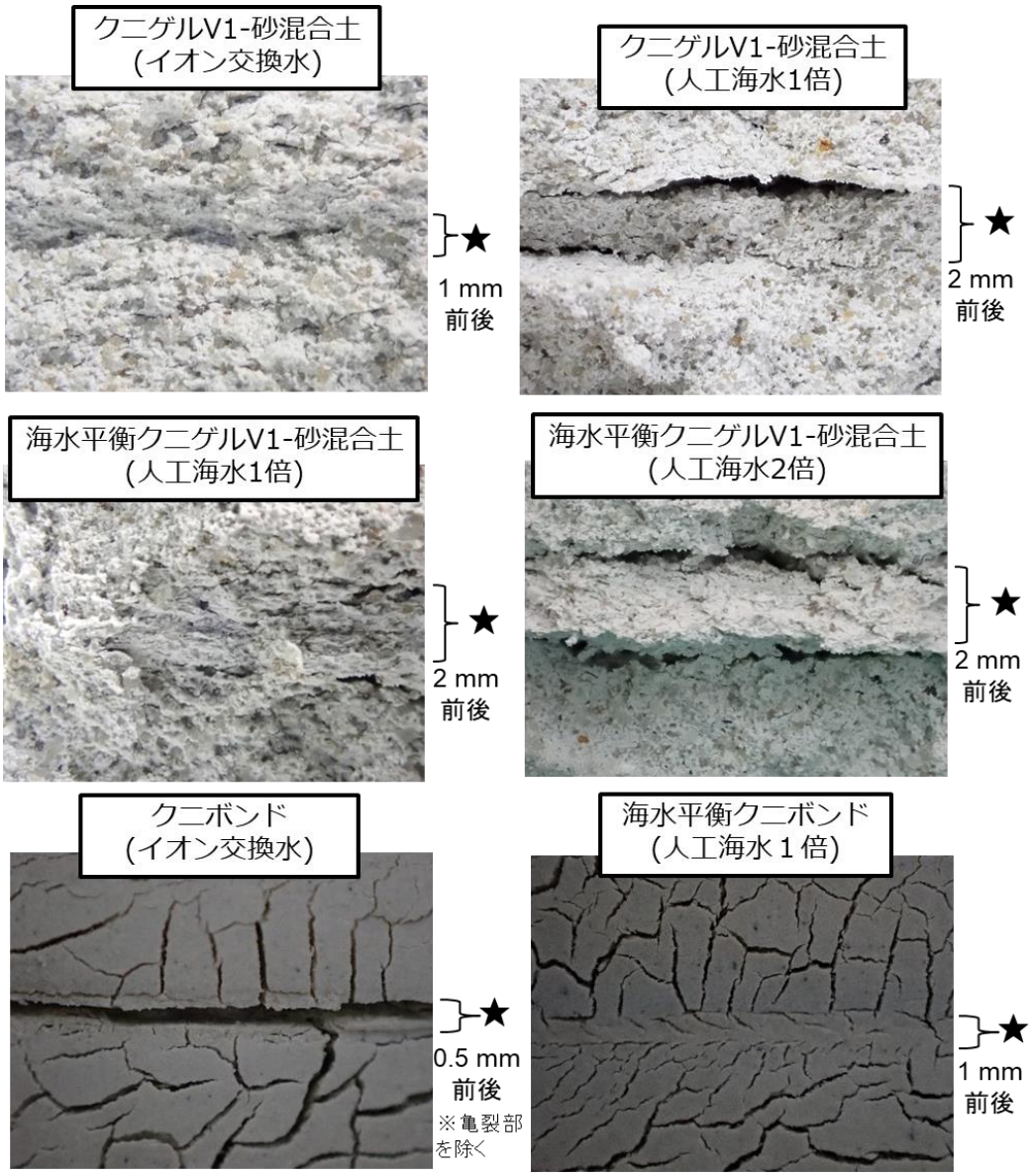


図 4-3- 48 せん断透水後に凍結乾燥した試料のせん断位置付近の写真（クニゲル系：凍結乾燥後に分割した断面、クニボンド系：供試体側面）

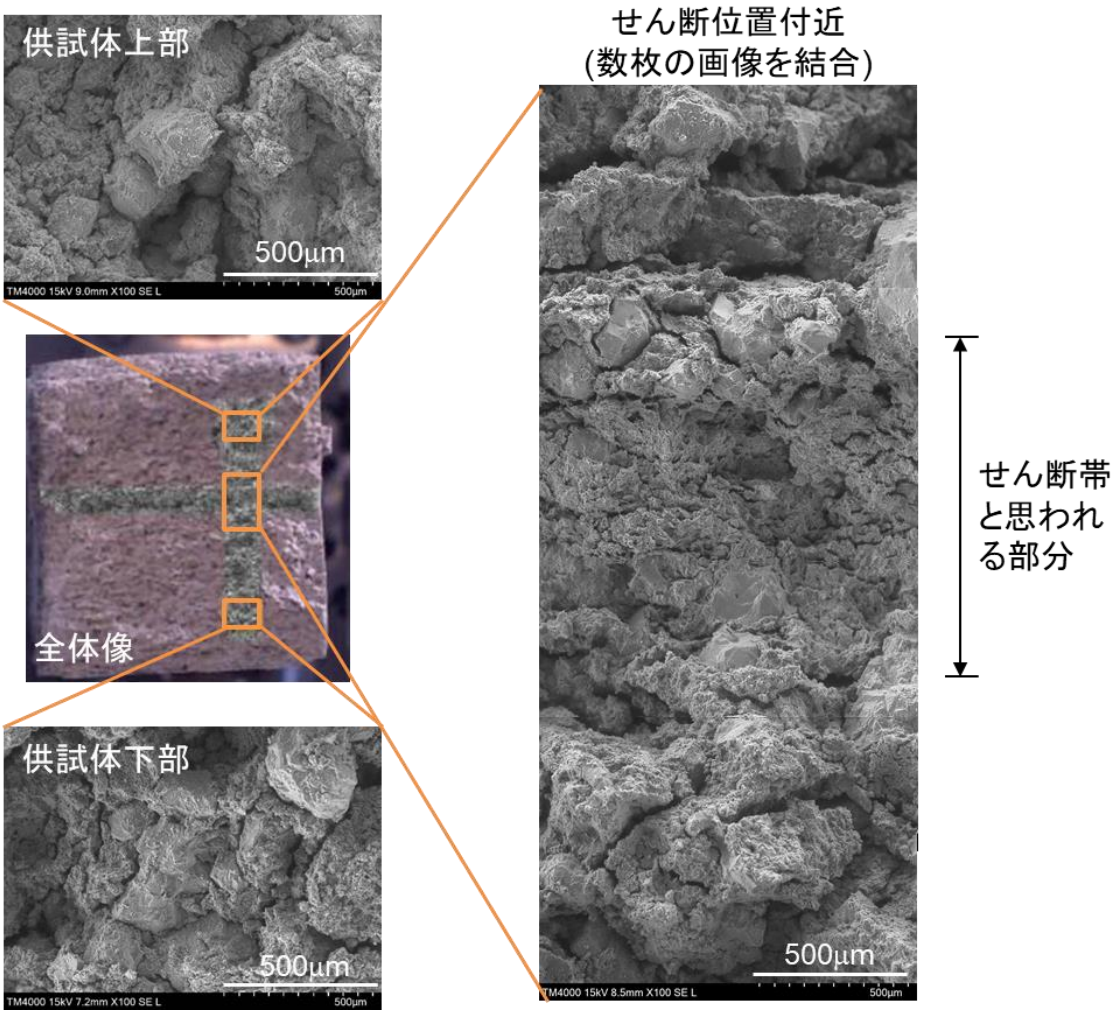


図 4-3- 49 せん断後のクニゲル V1－砂混合土（イオン交換水）の供試体断面の SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：100 倍）

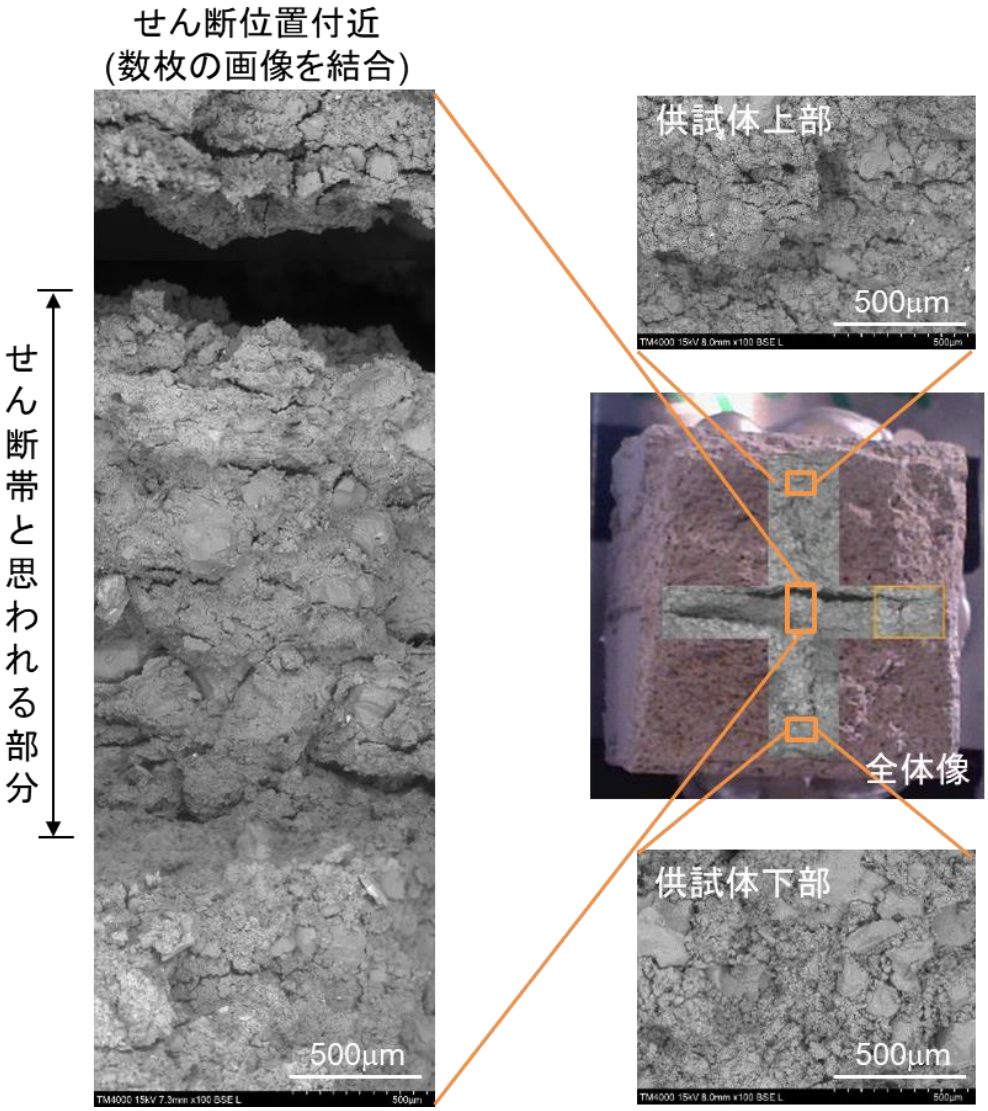


図 4-3- 50 せん断後のクニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の
供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100 倍）

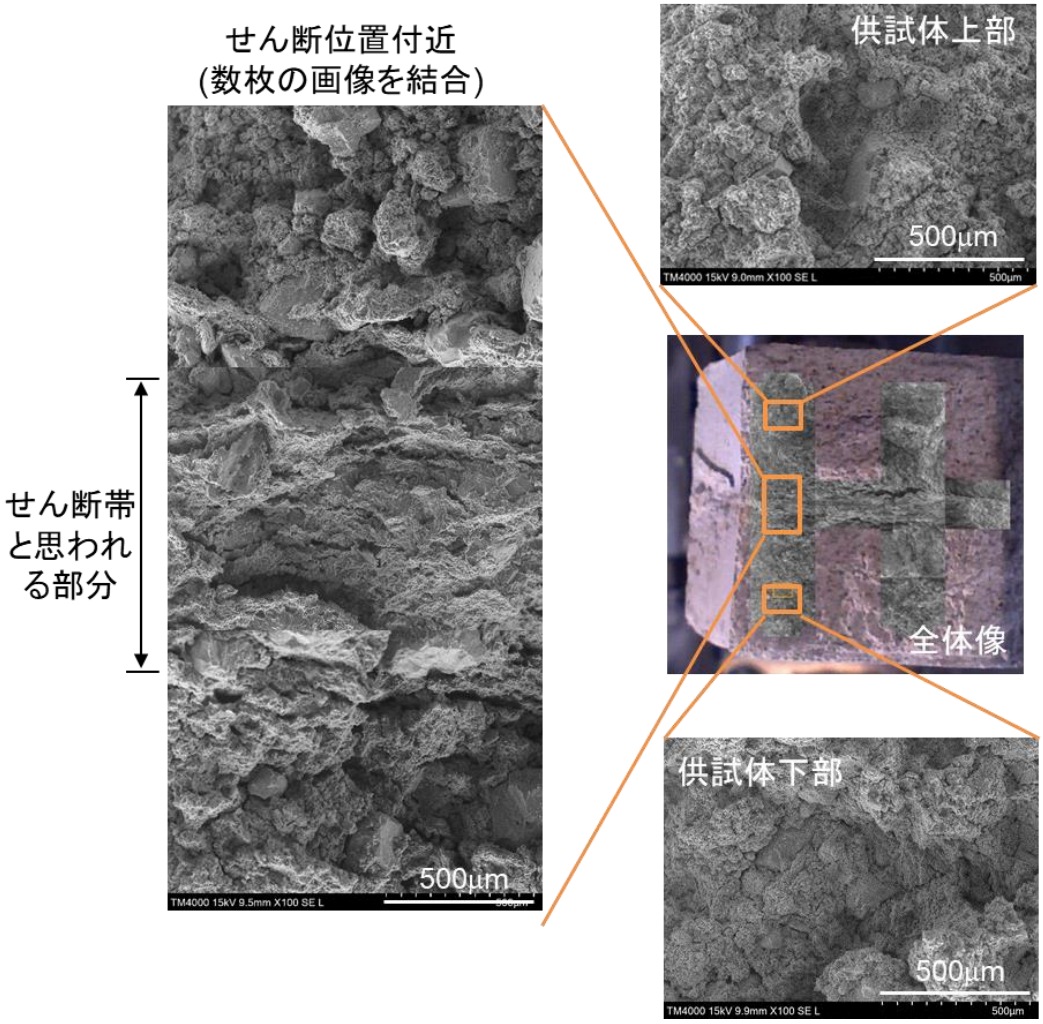


図 4-3- 51 せん断後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の
供試体断面の SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：100 倍）

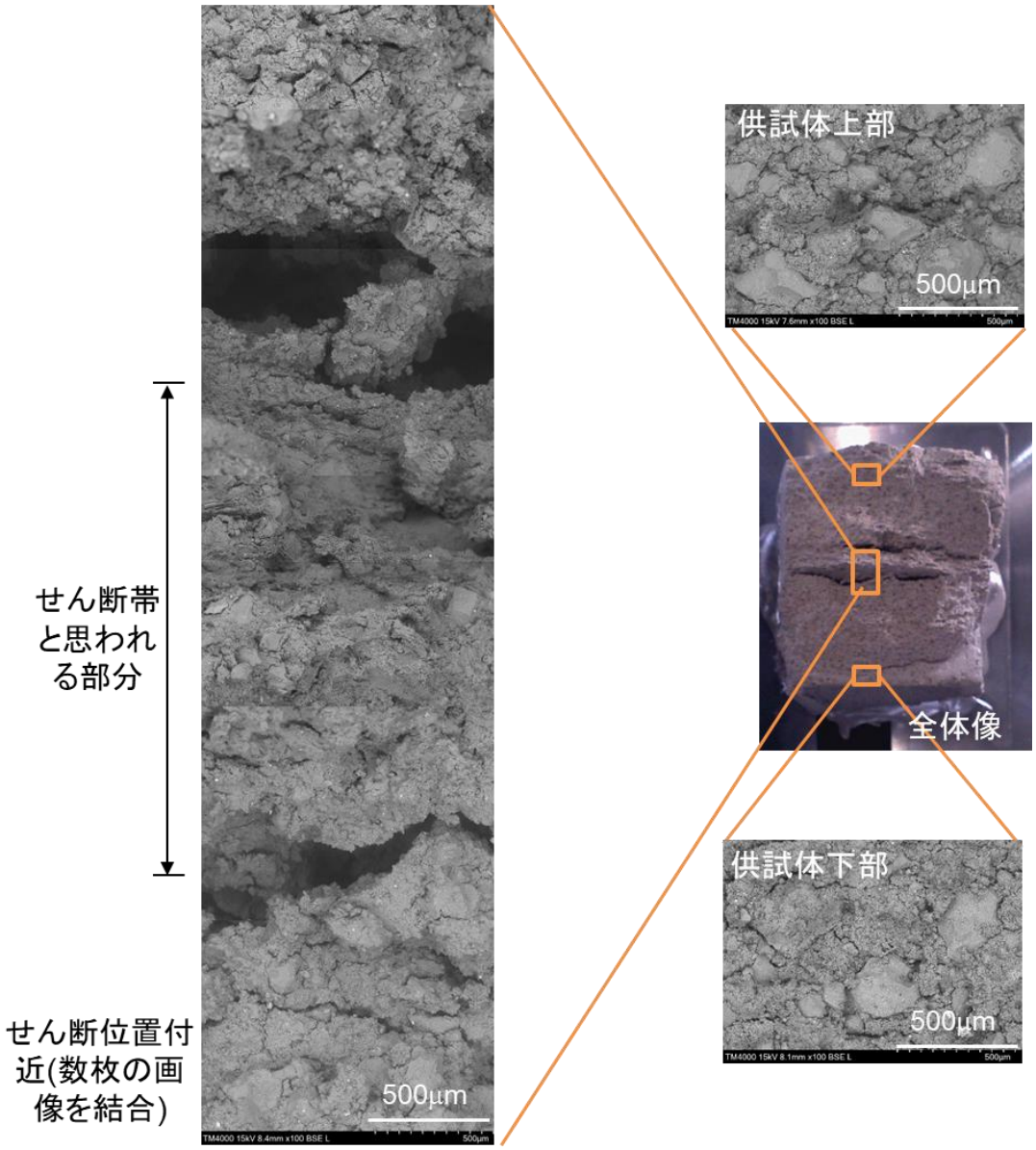


図 4-3- 52 せん断後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 2 倍）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100 倍）

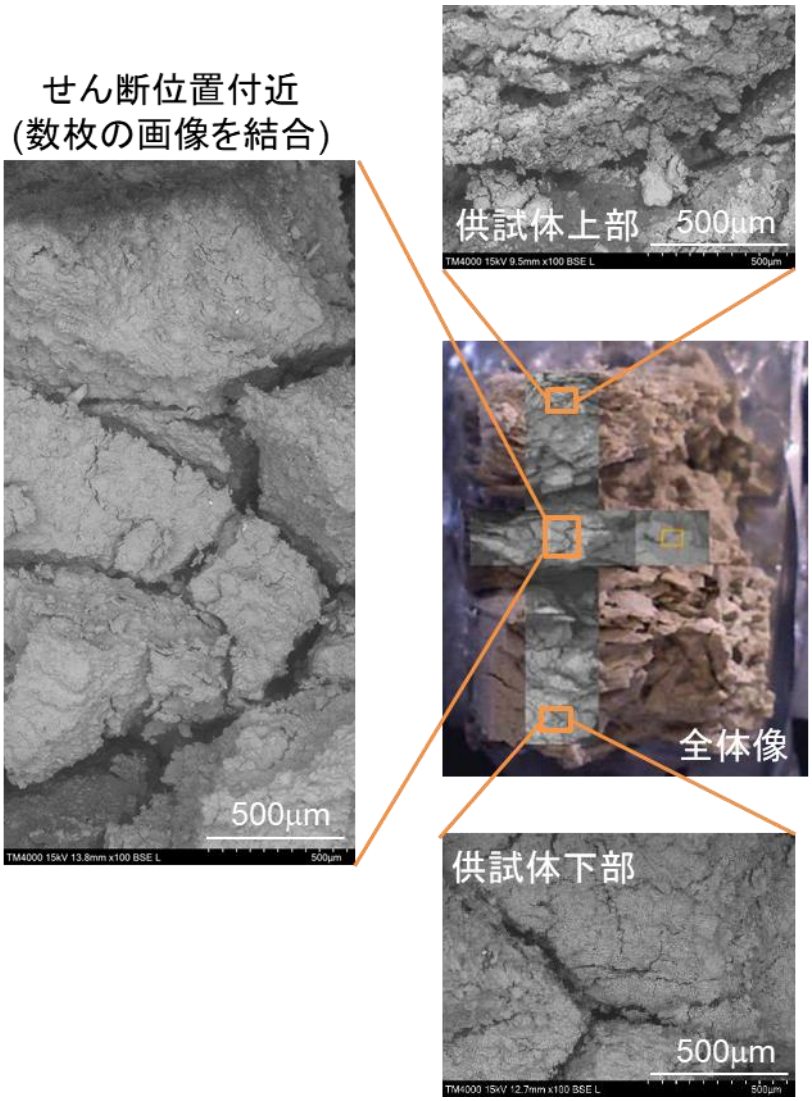


図 4-3- 53 せん断後のクニボンド単体（イオン交換水）の
供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100 倍）

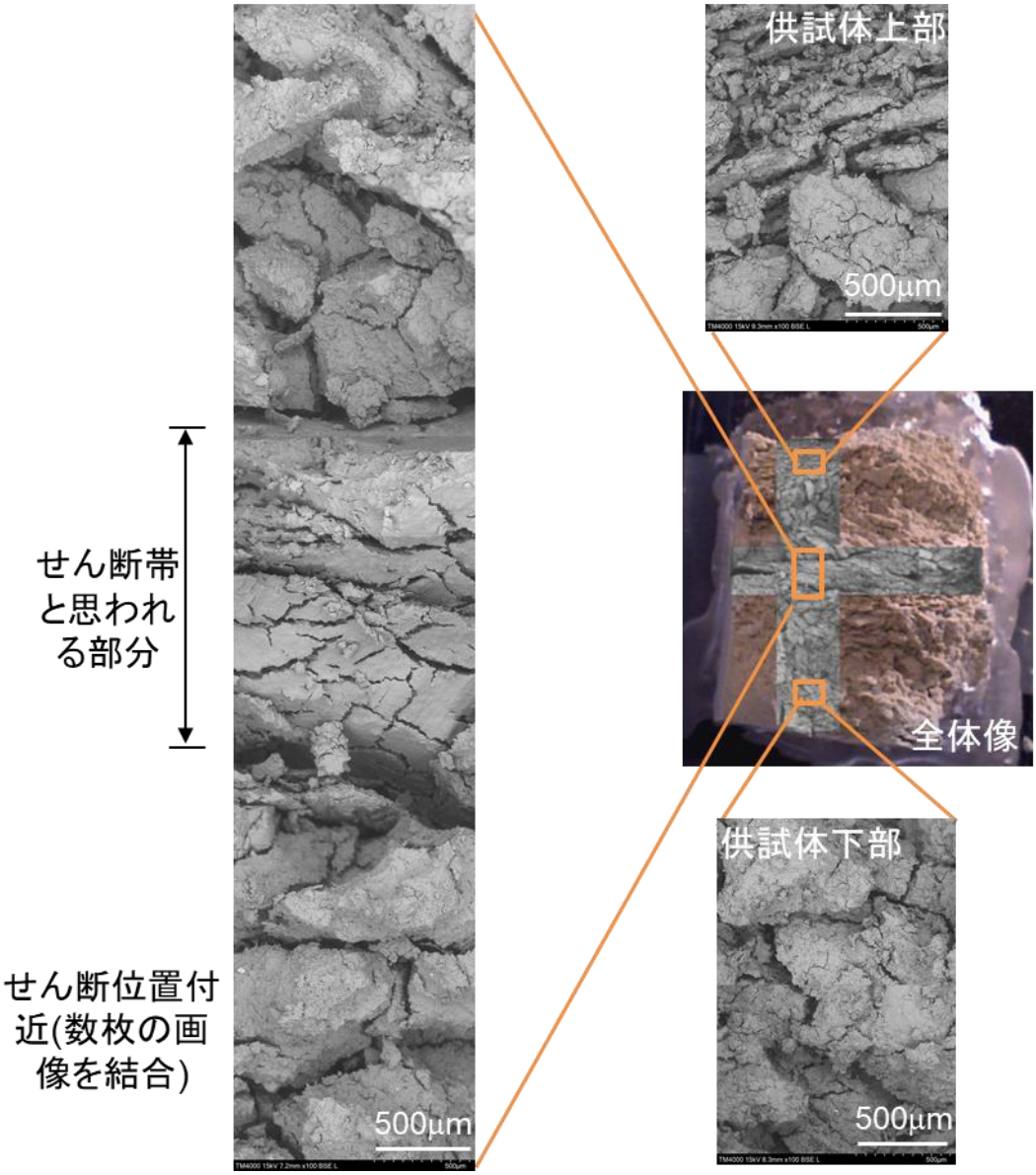


図 4-3- 54 せん断後の海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の
供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100 倍）

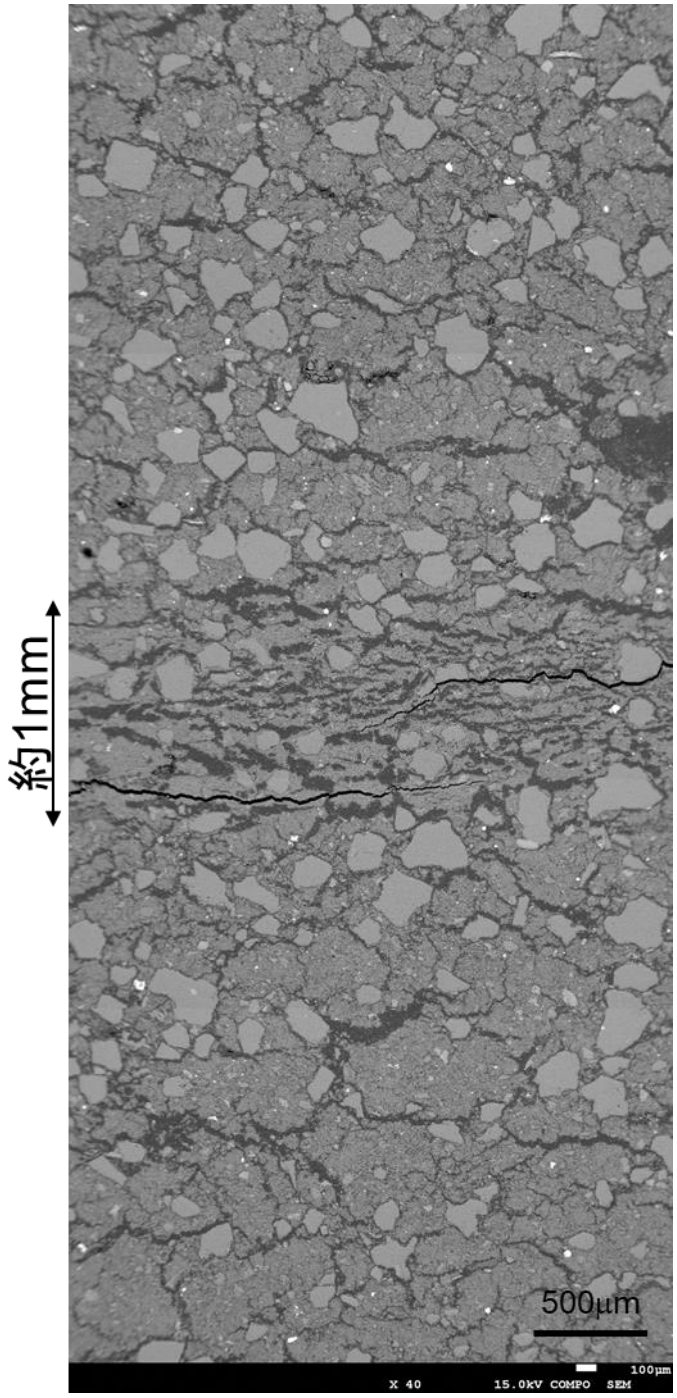


図 4-3- 55 せん断後のクニゲル V1-砂混合土（イオン交換水）の
薄片試料の FE-SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：40 倍）

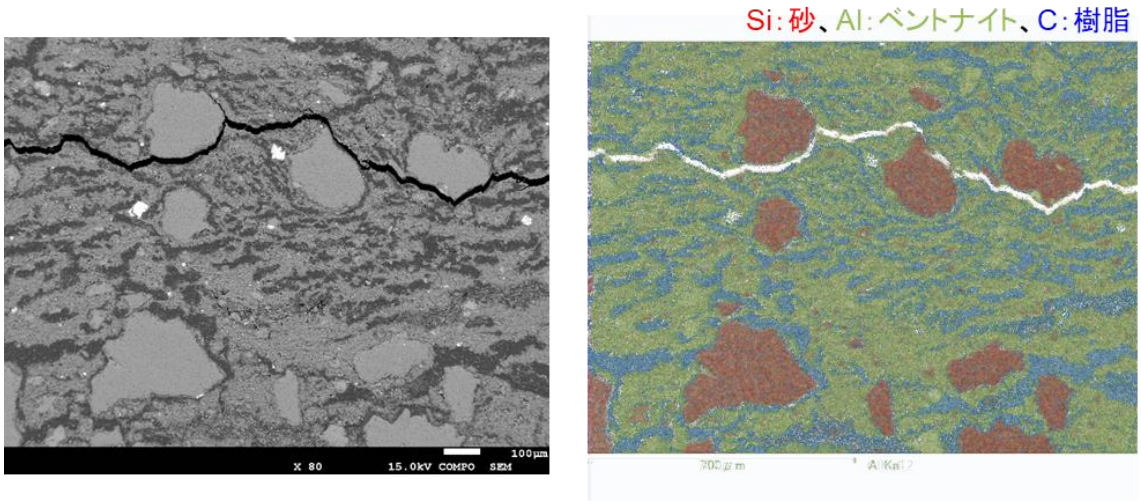


図 4-3- 56 せん断後のクニゲル V1-砂混合土（イオン交換水）の
薄片試料の FE-SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：80 倍）（右）及び元素マッピング画像
（左）

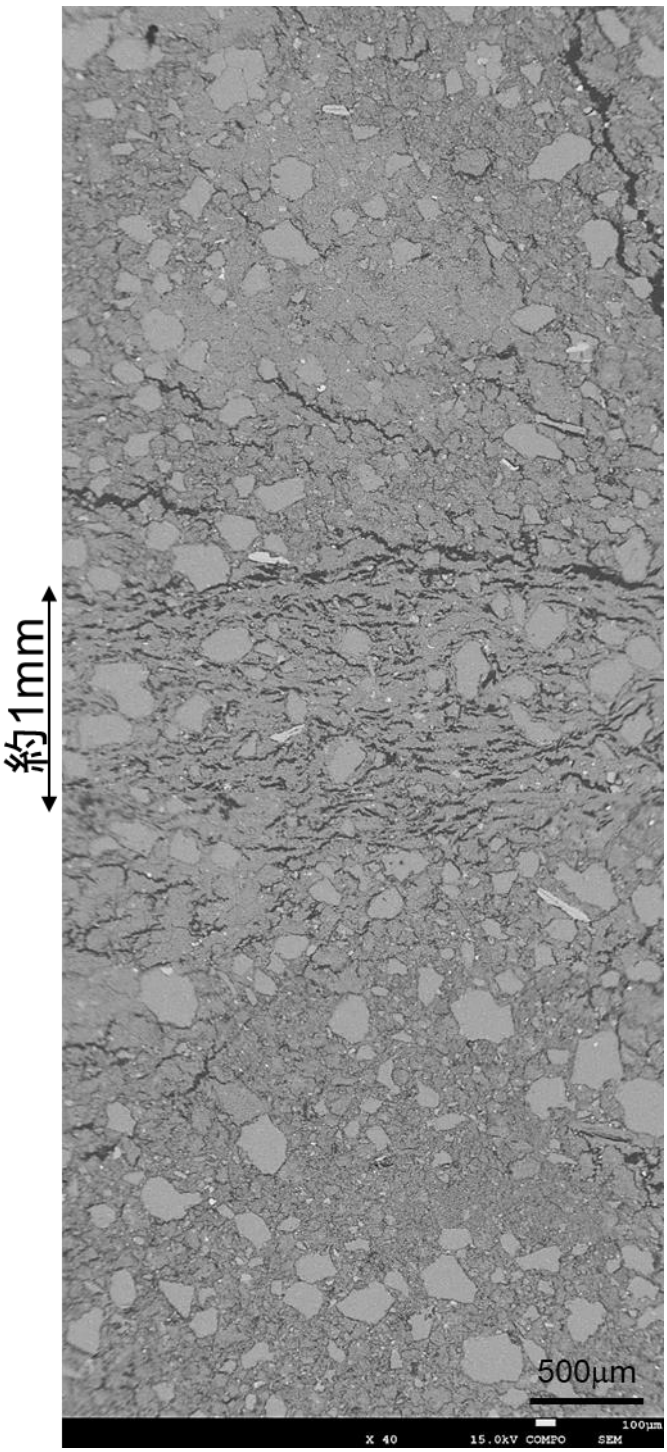


図 4-3- 57 せん断後の海水平衡クニゲル V1-砂混合土（人工海水 2 倍）の
薄片試料の FE-SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：40 倍）

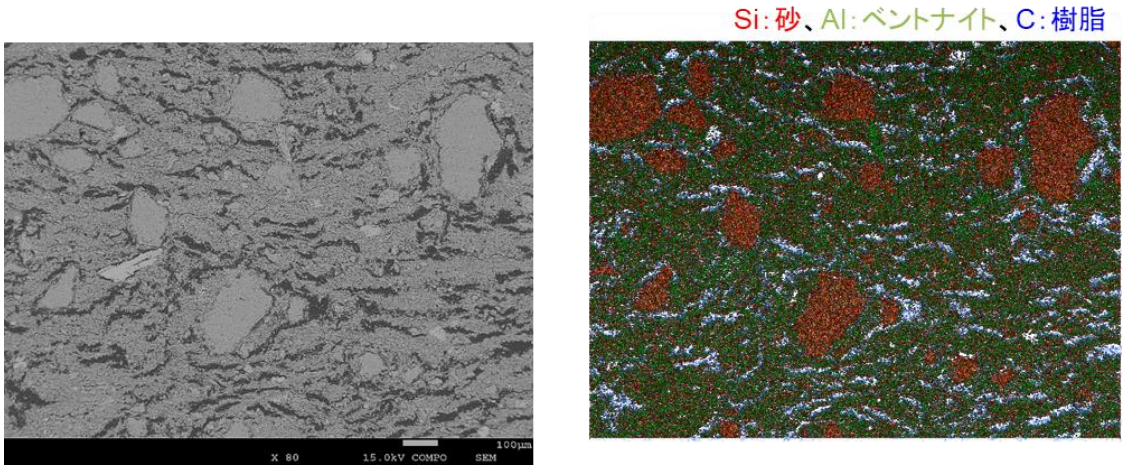


図 4-3- 58 せん断後の海水平衡クニゲル V1-砂混合土（人工海水 2 倍）の
薄片試料の FE-SEM 観察画像（電子顕微鏡倍率：80 倍）（右）及び元素マッピング画像
（左）

⑥ 令和 3 年度のまとめ及び今後の課題

2021 年度までの要素試験において、海水のイオン濃度などの環境条件や、ベントナイトの種類（Na 型、Ca 型、海水平衡状態）などの材料条件から、処分サイトや緩衝材仕様を選定することに資する基礎データを取得した。有効モンモリロナイト乾燥密度 1.0 Mg/m^3 の供試体に対する海水の影響としては、イオン濃度の増加に伴い、Na 型ベントナイト（クニゲル V1－砂混合土）の膨潤圧は低下し、透水係数は増加した一方、Ca 型ベントナイト（クニボンド単体）の性能変化はほとんど生じなかった。これらの結果は、イオン濃度だけでなくイオン交換も生じたことによる影響と解釈できる。各海水平衡ベントナイトに関しては、海水平衡処理前のベントナイトの特性と同様の傾向を示した。海水平衡ベントナイトについては、海水による試験中のイオン交換はほとんど生じていなかったため、イオン濃度による影響に着目できているものと解釈できる。これらの供試体に対するせん断の影響としては、イオン交換水及び人工海水（イオン濃度 1 倍~3 倍）により飽和した状態において、定体積条件でせん断を受けた場合は、せん断帯に沿った方向とそれに直交する方向において透水性は増加しなかったことから、明確な水みち（短絡経路）は生じないと考えられる。凍結乾燥供試体及び薄片試料の顕微鏡観察では、せん断位置の近傍では粒子が配向していたと考えられる様相が見られた。今後、薄片試料を用いたせん断帯の観察及び画像解析による定量化を進めることで、せん断帯の形成と透水性の関連について考察を深める必要がある。

⑦ 平成 31 年度から令和 3 年度までのまとめ

要素試験では、処分サイトや緩衝材仕様の選定に資するため、緩衝材に海水系地下水が侵入する状況を想定して試験条件を設定した。具体的には、緩衝材が直ちに海水に曝される場合や、緩衝材が大量の海水に曝される場合のほか、オーバーパックの変位や腐食膨張などにより緩衝材にせん断変形が生じた場合を想定し、その際の性能の変化について検討することで、以下に示す成果を得た。

平成 31 年度は、既往の研究や予備検討を参考に、要素試験の試験条件を設定した。また、透水膨潤圧試験やせん断透水試験を実施するための試験環境の整備を実施した。せん断透水試験においては、せん断帯に直交する方向及びせん断帯に沿う方向の透水性を調べるため、既往の力学試験であるリングせん断試験装置の機構を援用し、試験装置を作製した。各試験に用いる圧縮成型供試体については、ベントナイトの種類やベントナイト混合率が異なる場合を考慮し、可能な限り平等な条件において特性を比較・検討するため、有効モンモリロナイト乾燥密度を 1.0 Mg/m^3 に統一した。

令和 2 年度は、海水によるイオン交換反応が平衡に至った状態のベントナイトを想定し、海水平衡ベントナイトを作製した。また、圧縮ベントナイトの透水性に対する海水影響、並びに力学的観点からの自己修復性を検討するため、透水膨潤圧試験及びせん断透水試験を実施した。透水膨潤圧試験においては、Na 型ベントナイト（クニゲル V1）－砂混

合土及びCa型ベントナイト（クニボンド）単体を締め固めた供試体を用いた。通水液としては人工海水を用いた。なお、国内で観測された高濃度の海水系地下水を参考に、人工海水の濃度すなわちイオン濃度は1倍、2倍及び3倍とした。このとき、イオン比は変えずに各濃度の人工海水を作製した。各供試体におけるイオン濃度の影響を調べた結果、クニゲルV1－砂混合土については、通水液のイオン濃度の増加に伴い膨潤圧は低下し、透水係数は増加した。一方、クニボンド単体については、通水液のイオン濃度が増加しても、その性能はほとんど変化しなかった。また、せん断透水試験においては、供試体の飽和後、定体積条件におけるせん断強度のピーク前、ピーク後及び残留状態となるせん断変位において、各方向の透水性を調べた。通水液としてイオン交換水のほか人工海水の濃度1倍を使用し、供試体としてはクニゲルV1－砂混合土及び海水平衡クニゲルV1－砂混合土を対象に試験を実施した。その結果、いずれの条件においても、せん断開始初期（せん断強度のピーク前）から残留状態に至るまで、各方向の透水性の増加は生じなかった、あるいは若干低下した。したがって、上記試験条件におけるせん断後の供試体に関して、透水性の高い領域（水みち）は生じなかったと考えられた。

令和3年度は、主に各海水平衡ベントナイトを用いて各試験を実施し、透水性に対する海水影響並びに力学的観点からの自己修復性を検討した。透水膨潤圧試験では、通水液としてイオン交換水及び人工海水の濃度1倍を使用し、各海水平衡ベントナイトの透水係数及び膨潤圧を測定した。その結果、各海水平衡ベントナイトの圧縮成型供試体は、基本的に海水平衡処理前の材料の特性と同様の傾向を示した。したがって、海水平衡ベントナイトの圧縮成型供試体に関しては、人工海水の濃度1倍までのイオン濃度において、海水平衡処理による層間陽イオン組成の変化が膨潤圧や透水係数にほとんど影響しないと考えられた。せん断透水試験では、通水液としてイオン交換水及び人工海水（濃度1倍及び2倍）を用いて、クニボンド単体及び各海水平衡ベントナイトの圧縮成型供試体のせん断による透水性の変化を調べた。その結果、いずれの条件においても、せん断開始初期（せん断強度のピーク前）から残留状態に至るまで、各方向の透水性の増加はほとんど生じなかった、あるいは若干低下した。したがって、令和2年度の条件に加え、上述したせん断後の供試体においても、透水性の高い領域（水みち）は生じなかったと考えられた。また、せん断による透水性の変化について、土骨格構造の観点からメカニズムを検討するため、せん断透水試験後の供試体を電子顕微鏡（SEM）で観察した。凍結乾燥試料や薄片試料についてSEM観察を行ったところ、せん断帯付近では、砂の分布に変化が生じるとともに、粘土が配向している様子が観察された。

以上のように、3ヵ年の検討を通じて、海水のイオン濃度などの環境条件や、ベントナイトの種類（Na型、Ca型、海水平衡状態）などの材料条件から、処分サイトや緩衝材仕様を選定することに資する基礎データを取得した。今後、ベントナイトの種類やイオン濃度の観点においてデータの拡充を図るとともに、せん断透水試験後の供試体の薄片試料を

用いたせん断帯の観察、及び画像解析による定量化を進めることで、せん断帯の形成と透水性の関連について考察を深めることを目指す。

（３） 模型試験

① 模型試験の背景及び目的

沿岸部を地層処分施設のサイトとして想定した場合、長期にわたり人工バリアである緩衝材に海水成分を含有する地下水が浸透することが考えられる。処分施設閉鎖後、地下水が緩衝材に浸透し飽和するまでの再冠水期間は数十から百数十年とされ、その間に緩衝材は膨潤変形し、緩衝材と岩盤やオーバーパックとの隙間や継ぎ目を充填する。再冠水後については、オーバーパックの自重により緩衝材が圧密（二次圧密）され、オーバーパックが長期にわたり沈下することが考えられている（中村・田中、2004；原子力発電環境整備機構、2021）。

再冠水後の緩衝材が膨潤した後の、オーバーパックの自重沈下による緩衝材の長期健全性評価については数値解析により検討されている（原子力発電環境整備機構、2021）。このオーバーパックの自重沈下解析は、処分場閉鎖後の長期間におけるオーバーパックの自重沈下による緩衝材の厚さの変化について評価することができ、初期の緩衝材の材料や密度の設定条件の検討に利用されてきた。一方で、オーバーパックの自重沈下解析の初期条件は再冠水完了時までに緩衝材が飽和して均一に膨潤変形し、オーバーパックは定置場所から動いていない限られた条件であり、再冠水期間におけるオーバーパックの変位挙動については初期条件に含まれていない。ここで、地下水の組成が海水とした場合の、再冠水過程の緩衝材とオーバーパックの挙動のイメージを図 4-3-59 に示す。再冠水期間には、緩衝材が膨潤変形して緩衝材と岩盤やオーバーパックとの隙間や継ぎ目を充填するだけでなく、緩衝材の剛性や間隙水圧の変化が生じ、オーバーパックも移動することが考えられる。また、緩衝材への地下水の浸透によってベントナイトのイオン交換反応が進行することが考えられる。

再冠水期間における緩衝材の変形挙動は、緩衝材の主な材料となるベントナイトのイオン型や密度、緩衝材に浸潤する地下水の組成、廃棄体の熱、緩衝材周囲の岩盤の剛性など複合的な条件によって異なる。すなわち再冠水期間にオーバーパックが移動した場合、再冠水後のオーバーパックの自重沈下解析の初期条件がこれまでの解析の初期条件と異なる。したがって、最終的には再冠水期間から再冠水後までの連続した緩衝材の変形挙動とオーバーパックの移動について数値解析検討をすることになる。一方で、緩衝材とオーバーパック、緩衝材に浸潤する流体などの複合的な挙動の把握に対して、数値解析の妥当性を検証する実験データも必要となるが、数十年を超える実規模レベルの大型模型試験や原位置試験は実施場所（広さや深さなど）、実施期間、経済的な制約によって容易ではない。

そこで、相似則に基づいて物理現象を時間短縮して再現可能な遠心力模型試験によって、オーバーパックの移動（変位挙動）を把握する研究が行われている（例えば中村・田中、2004）。具体的な時間加速効果として、想定される処分孔の 1/30 サイズの模型を作製

し、30G 場で試験を行った場合、相似則に基づくと 30 日間の試験で約 74 年間の物理現象を再現できる。

沿岸部処分に関する模型試験では、海水成分を含む地下水環境に対しても柔軟に対応できる材料仕様オプションを視野に入れ、緩衝材や通水する試験用水の条件を変えて試験を行ってきた（図 4-3-60）。平成 31 年度は海水条件下での性能の変化の小さい Ca 型ベントナイトを緩衝材の材料とした条件で、令和 2 年度は緩衝材中のベントナイトのイオン交換反応が平衡状態に至った場合の想定として、海水平衡させたベントナイトを使用した試験を行った。なお、温度条件については、いずれも廃棄体模型の加熱をしない条件であった。西本ほか(2014)では岩盤を含めた複雑模型を用いて廃棄体が 95 ℃の条件で試験を行い、再冠水過程以降のベントナイト中の間隙水分布、オーバーパックの変位挙動が加熱なしの条件と異なることを示した。しかし、廃棄体加熱条件で行った模型試験の例は少なく、緩衝材の材料や試験用水が異なる場合の熱の影響については確認できていない。そこで令和 3 年度は Ca 型ベントナイトを緩衝材の材料とした条件で、廃棄体温度を 90 ℃とした場合の模型試験を行い、緩衝材の変形やオーバーパックの変位挙動に対する廃棄体の熱の影響を把握する。

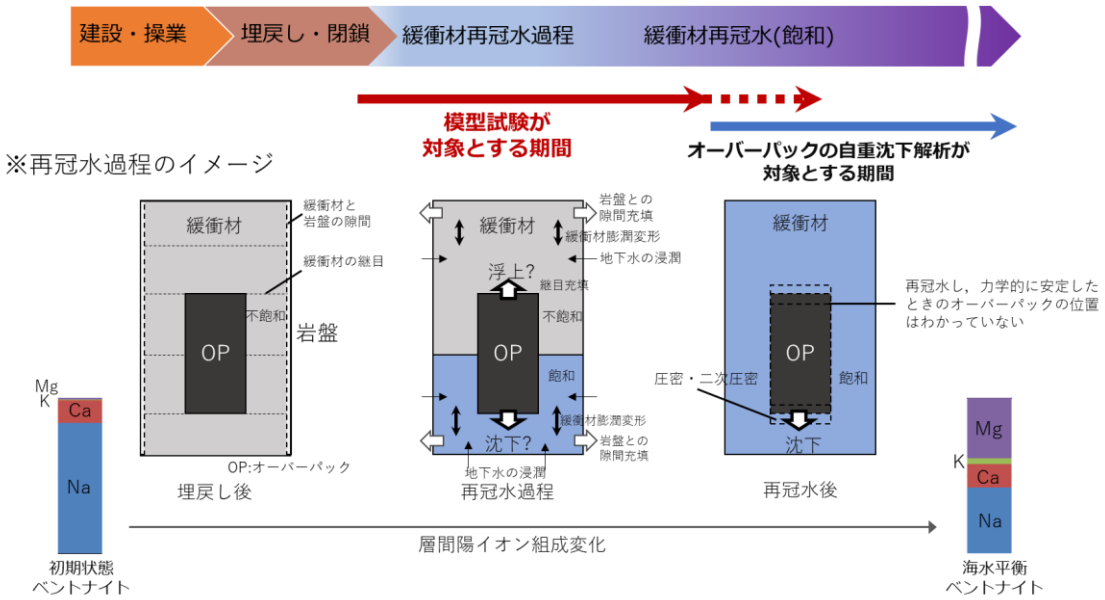


図 4-3- 59 緩衝材再冠水過程で生じる現象のイメージ

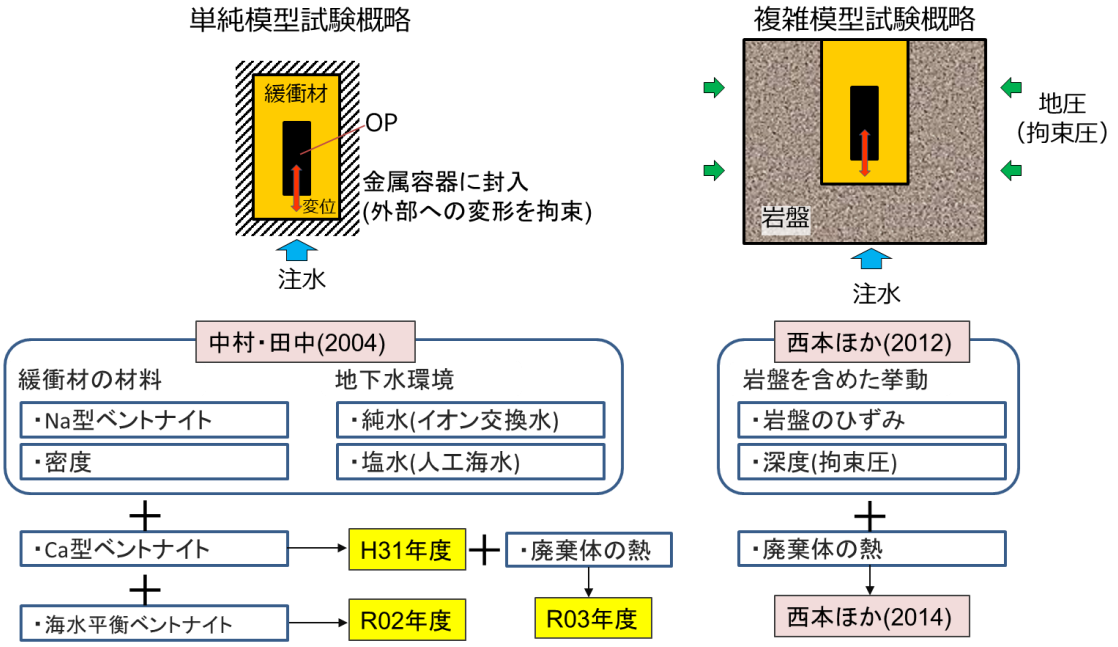


図 4-3- 60 遠心力載荷試験装置を用いた模型試験による研究例

② 遠心力場における相似則

遠心力模型試験は、ある実物に対し幾何学的に 1/n に縮尺した小型模型を遠心力載荷装置に設置し、n 倍の重力加速度場（以後 nG 場）の遠心加速度が作用する場で小型模型の挙動を調べる手法である。詳細については別文献を参照されたい（例えば、Kusakabe、1995; Tatsuoka et al.、1997; 岡村ほか、2004)。遠心力模型試験の大きな優位点として、

Ⅰ、実物に対する縮尺模型上の相似な位置において等価な自重応力状態を再現できること

Ⅱ、圧密やダルシー則を満たすような透水現象などの時間を加速して再現できる（現象の時間短縮の効果）ことである。

Ⅰに関して、遠心力模型試験では、縮尺 1/n の模型に nG 場を作用させることにより、実物と 1：1 対応の応力レベルを模型に発生させることができる。すなわち、模型上におけるオーバーパックの自重応力や、岩盤・緩衝材などで生じる応力、水圧分布などの応力や圧力によって生じる変位や変形などの挙動において、実現象と相似性が成立する。1 G 場での小さな模型を使用する模型試験では自重応力が実物と大きく違うため、実際の現象をうまく再現することが難しい。また、実規模レベルの 1 G 場大型模型試験や原位置試験は、実施場所（広さや深度など)、実施期間、経済的な制約などによって必ずしも容易ではない。このような問題に関しては、実際に起こり得る物理現象を小型の模型で再現でき得る遠心力模型試験が有効である。

Ⅱの時間の加速とは、圧密現象や、ダルシー則が成立するような非常に緩やかな流れの場合において、模型上で地盤中を浸透する水の流れを加速し、結果としてそれによって生じる現象の時間を短縮して再現することである。簡単には、地盤中の水の浸透、圧密、膨潤などのゆっくりとした水の流れで現象が支配されるものについて、1/n に縮尺した小型模型に n G の遠心加速度を与える。これにより距離が 1/n、現象の速度（水頭差）が n 倍になるために、実現象の時間を 1/n^2 に短縮する効果が得られる。地層処分研究に関連して、中村・田中(2004)では、遠心力模型試験におけるベントナイトの圧密、膨潤変形における相似則の成立性を検討するために、厚さや密度が異なる供試体を用いた圧密試験、膨潤変形試験を実施した。その結果、膨潤ひずみと t/H^2 （t：時間、H：層厚）の関係において供試体の寸法の影響がほとんど無く寸法則が成立すること、これといくつかの仮定から膨潤変形、圧密に関する時間の相似則が成立することを導いている。その上で、緩衝材（ベントナイト）とオーバーパック一組からなる処分場の縮尺模型を作成し、金属製容器に封入した上で、模型に注水、30、50、100G 場（1/30、1/50、1/100 サイズの模型）においてオーバーパックの鉛直変位を計測する遠心力模型試験を実施した。その結果、遠心力の大きさに依らず、オーバーパックの実物換算変位量がほぼ等しく、沈下傾向が変化する時間がほぼ同じで、沈下の傾向が似通った挙動であったことを示した。このことは、ベントナイトにおける透水、圧密、膨潤変形を通じて、オーバーパック変位挙動の相似則が

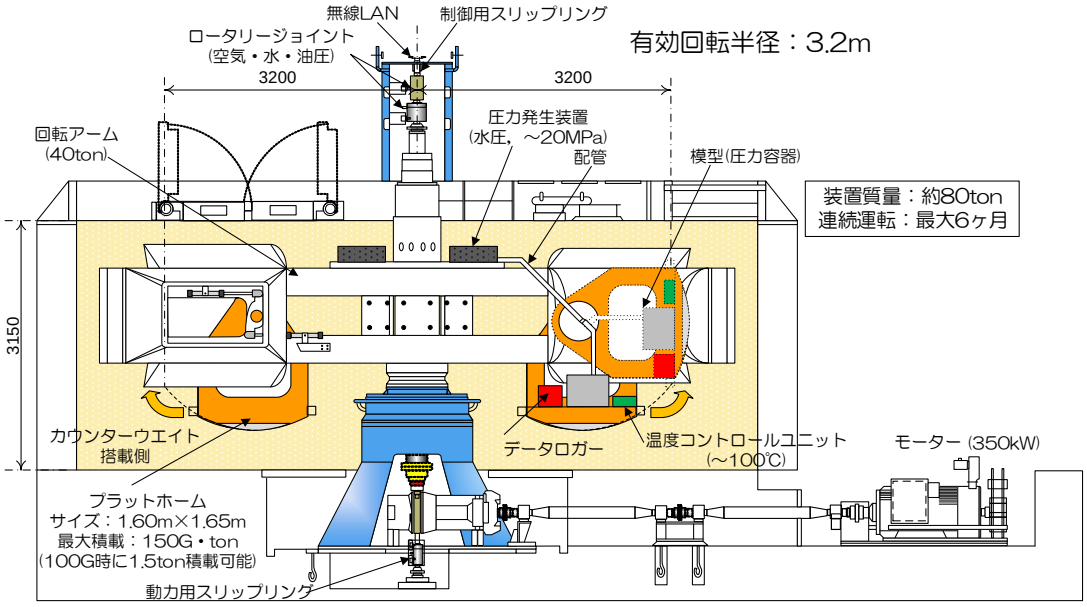
成立することを示している。本研究の模型に使用する材料はベントナイトを主体としており、寸法効果は小さく透水、圧密、膨潤変形、オーバーパック変位挙動の相似則が成立するものとする。

③ 試験装置

(a)超長期遠心載荷岩盤実験装置

本研究で使用した遠心力載荷装置は、（一財）電力中央研究所所有の超長期遠心載荷岩盤実験装置（日鉄レールウェイテクノス）で、回転アームが 4 柱ビーム式（模型搭載側、カウンターウエイト側固定)、総質量約 80 t、最大有効半径 3.2 m の装置であり、直径約 10 m のコンクリートピット内に格納している（図 4-3-61）（Nishimoto et al.、2016)。本装置で付与できる最大遠心加速度は、静的条件で 100 G（167.2 rpm）である。模型を搭載するプラットホームの面積は、2.64 m^2（1.60 m×1.65 m）と同規模の遠心力載荷装置と比較して非常に広く、大型模型が搭載可能である。プラットホームには最大で 150 G・t（100 G 時に最大 1.5 t）積載でき、任意の遠心加速度で着座できる油圧着座方式を採用している。バランス機構は、長期間の運転を考慮し複雑な制御を行わない手動カウンターバランス方式を採用している。中心回転軸には動力用スリップリング（4 極、AC200 V/60 A 及び 2 極、AC100 V/60 A)、制御用スリップリング（17 極)、通信用無線 LAN 機器（2 セット)、油圧・水圧・空圧を付与できるロータリージョイント（各 2 ポート）を設置しており、機外から回転体内部へ電力や油圧などを供給できる。また、圧力容器の応力制御のために、回転軸付近のアーム上面に圧力発生装置（送水ポンプ）を 8 台搭載している。圧力発生装置の制御及び実験データは無線 LAN を通じて計測室内の PC で制御・保存する。

本装置の最大の特徴は、最長 6 ヶ月間連続運転ができる仕様である（既存の同規模の遠心力載荷装置は通常数時間～数十時間程度)。また、長期運転を行うことから、装置を格納しているコンクリートピット内は空気抵抗による温度上昇を防止するために大型空調設備による温度一定制御が可能である。加えて本体装置の瞬停対策用電源装置も備えている。本研究では遠心力載荷装置のプラットホームに、オーバーパック・緩衝材からなる模型を封入した試験容器、注水用ポンプ、各種センサー取得用のデータロガーを設置した。



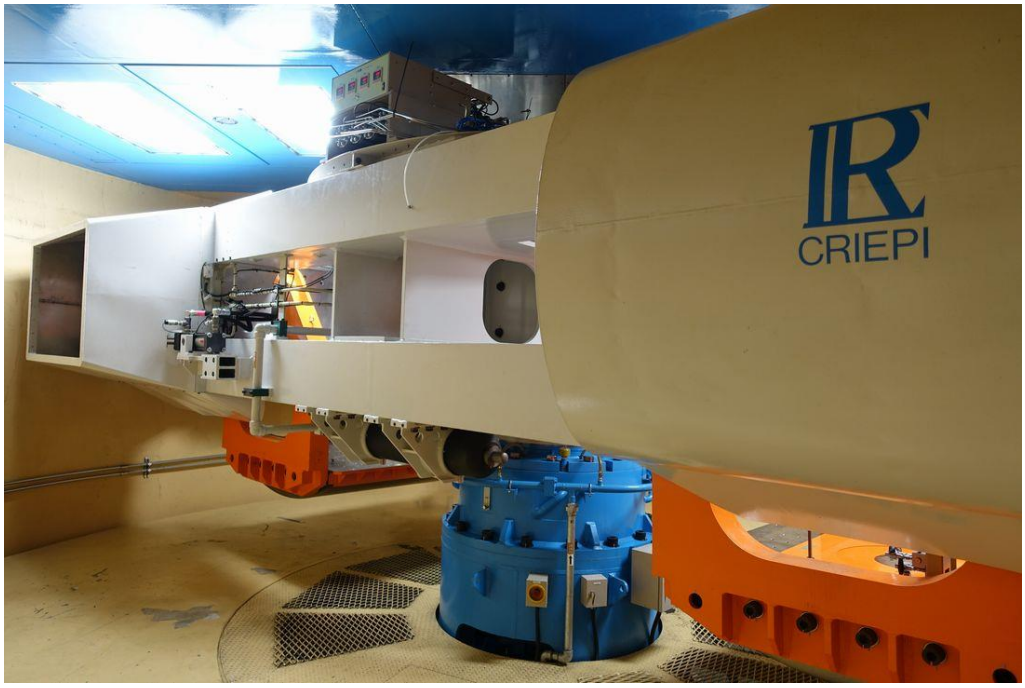


図 4-3- 61 超長期遠心載荷岩盤実験装置の概略図（上）と装置全景（下）

(b)想定した施設と模型

包括的技術報告書（原子力発電環境整備機構、2021）のオーバーパック自重沈下解析では、不確実性に配慮した十分な裕度の確保及びこれまでの技術開発を活用することとして第 2 次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構、1999）を参考に緩衝材の厚さを 700 mm と設定した。本研究では縦置き処分を対象とし、オーバーパック周囲の緩衝材の厚さは 700 mm、緩衝材上部の坑道までに設置される埋戻し材（緩衝材と同じ材料）も一体と考え、緩衝材と呼称する。遠心力模型試験では緩衝材鉛直方向の挙動の違いを把握するために 6 ヶ所に圧力計を設置可能な模型の大きさである、実寸法の 1/30 の模型（図 4-3-62）を作製した。模型は直径 74.0 mm、高さ 137.7 mm である。遠心加速度は相似則に基づき、模型の大きさに合わせ 30 G 場での試験を行った。実際には緩衝材の挙動は岩盤の変形も考慮する必要があるが、今回は緩衝材とオーバーパックの鉛直挙動のみに着目し、緩衝材の周辺が変形しない金属の試験容器に模型を封入した。

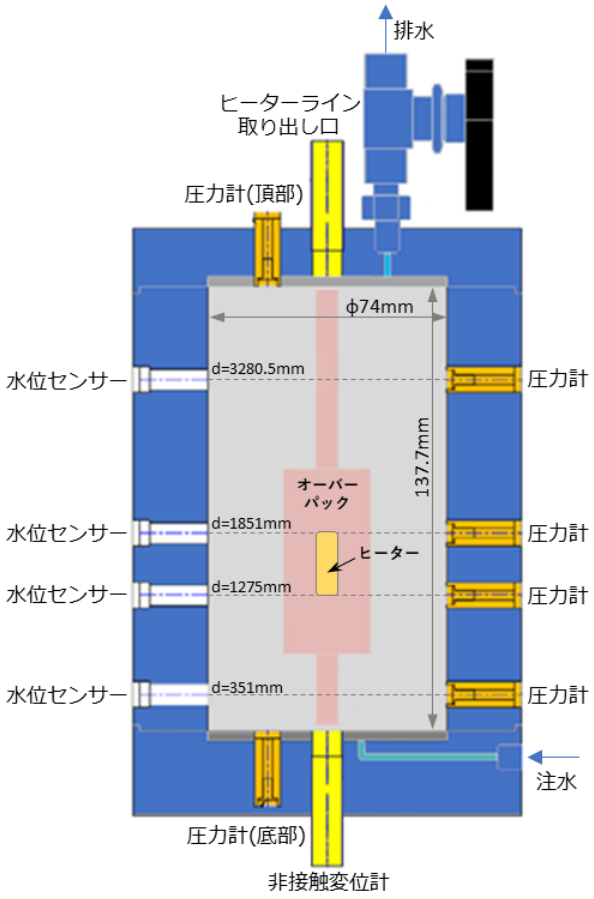


図 4-3- 62 試験容器の概略、模型及びセンサー配置

(c)試験容器及びセンサー

試験容器の概要は図 4-3-62 の通りである。容器は金属製であり、封入された緩衝材のバルクとしての周変位及び鉛直変位（体積）は拘束される。模型（緩衝材）底面全面からの注水、頂部全面への排水のために底面と頂部にポーラスメタルを設置した。なお、今回は緩衝材の膨潤変形挙動とオーバーパックの変位挙動の直接的な関係を得るために、緩衝材下部から注水した。注水に用いた試験装置は図 4-3-63 に示す。

試験容器には計 6 個の圧力計を設置した。圧力計の設置箇所は底面、底面から 11.7 mm、42.5 mm、61.7 mm、109.35 mm （それぞれ実物換算距離 d=351 mm、d=1275 mm、d=1851 mm、d=3280.5 mm）、頂部である。ポーラスメタルには圧力計設置用の穴を設け、底面及び頂部の圧力計は模型の緩衝材と接している。なお、圧力計には試験容器内の緩衝材の土圧や間隙水圧、膨潤圧といった複合的な圧力（応力）が作用すると考えられるため、本研究では圧力計で取得した値を緩衝材の全応力とする。

試験容器側面には 4 個（d=351 mm、d=1275 mm、d=1851 mm、d=3280.5 mm）の水位センサーを設置し、高さごとに試験用水が浸潤する様子を把握した。水位センサーは 2 つの電極と抵抗で構成され、片側から電流を印加し、もう一方の電極で電圧計測する 2 極法を適用した。供試体内の水分量が変化すると電流量（電気伝導度）が変化するため、計測する電圧と抵抗から飽和度の経時変化を取得できる。入力に用いたファンクションジェネレーターの設定上、出力電圧が 3 V に達すると緩衝材がほぼ飽和した状態とみなせる。一方、2 極法ではノイズ成分を比較的多く計測することや、電極と材料との接触状態が変化した場合、同じ飽和度でも出力値が異なってくる特性を持つため、正確な飽和度への正確な変換が困難であった。このため結果では、相対的な飽和度の違いを示す出力電圧値をそのまま示した。

試験容器底部には非接触変位計を設置し、ターゲットバー（模擬オーバーパックと剛結）との距離の変化からオーバーパック変位（浮上と沈下）量を測定した。非接触変位計は渦電流式の変位センサーであり、センサー内部のコイルに高周波磁界を発生させ、測定対象物との距離に応じたインピーダンスによる電圧変化から距離を取得する方法である。本試験ではあらかじめ、試験に使用するターゲットを用いて非接触変位計をキャリブレーションした。非接触変位計では最大 2.5 mm （実物換算距離 75 mm）の浮上まで測定可能である。

廃棄体の発熱を想定し、オーバーパックの中にはヒーターを設置した。ヒーターの配線は試験容器の上部から取り出せる設計となっている。

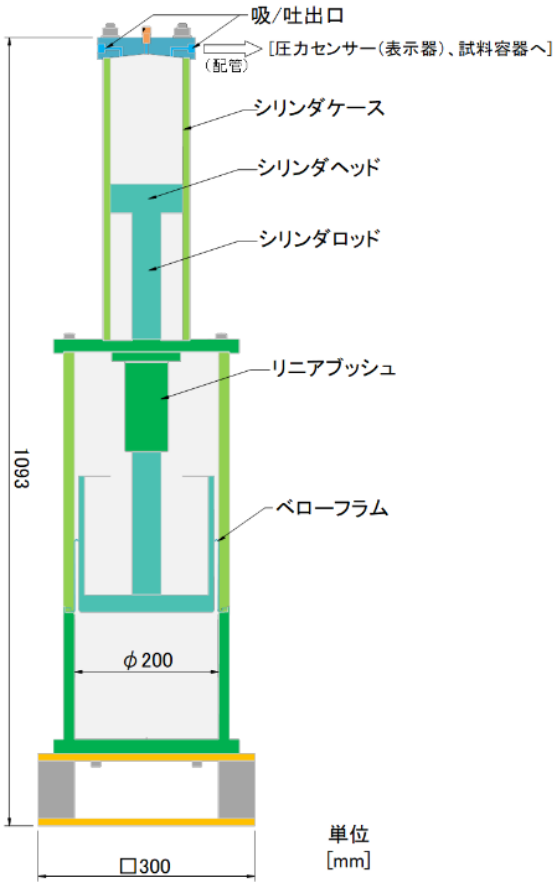


図 4-3- 63 注水ポンプの概略

(d)X 線 CT 装置

X 線 CT 撮影は、（一財）電力中央研究所　サステナブルシステム研究本部所有の医療用マルチスライスヘリカル CT スキャナ（東芝メディカルシステムズ社製、Aquilion64 TSX-10 1A）を使用し CT 画像を取得した（図 4-3-64）。マルチスライスヘリカル CT スキャナは、寝台が移動し X 線照射源と検出器が対象物の周囲を螺旋状に回転しデータを取得する装置である。Aquilion64 は同時に 64 列の断面データを収集でき、空間分解能は最小で 0.35 mm である。ガントリー開口径は 72 cm で最大撮影領域径は 50cm、最大積載可能質量は 200 kg、撮影時の管電圧は 135 keV である。撮影時間は試料の大きさにもよるが数秒程度である。

図 4-3- 64 医療用マルチスライスヘリカル CT スキャナ

④ 模型の材料（試料）

(a)緩衝材

本研究では、緩衝材の材料として Ca 型ベントナイトのクニボンド（クニミネ工業）を使用した。試料の基礎物性として、モンモリロナイト含有率は JIS Z 2451 によりメチレンブルー吸着量を測定し算出した。クニボンドのメチレンブルー吸着量は 122 mmol/100 g であり、クニボンド中に含まれるモンモリロナイトのメチレンブルー吸着量を 140 mmol/100 g と仮定して（渡邊・横山、2020）有効モンモリロナイト密度を算出した。

(b)オーバーパック

緩衝材中に設置する模擬オーバーパックの形状は直径 27.33 mm、高さ 57.67 mm であり、非接触変位計のターゲットとなる金属棒（SUS316L、模擬オーバーパックと同一素材)、ヒーターラインの取り出し口と一体となっている。模擬オーバーパックの密度は、実物相当のガラス固化体を含めた全密度に合わせ、模擬オーバーパックの質量を調整し 6.35 Mg/m^3 とした。

(c)試験容器

平成 31 年度は鋼製（SUS316L）の試験容器を使用したが、試験後の X 線 CT 撮影の際、試験容器の透過性が低いために模型を試験容器から取り出して撮影する必要があった。試験容器から模型を取り出だす際の除荷の影響や取り出し作業において緩衝材に亀裂が生じたため、令和 2 年度は試験容器に模型が封入されたまま X 線 CT 撮影が行えるよう、鋼製の試験容器よりも X 線の透過性が高いアルミ製の試験容器を作製して使用した。本年度も令和 2 年度と同様にアルミ製の試験容器を使用した。

⑤ 試験条件及び手順

(a) 遠心力模型試験の条件

遠心力模型試験では再冠水過程のうち約 105 年間を相似則により模擬する、43 日間の試験を行った。試験手順は、遠心力模型試験、遠心力模型試験後の模型の X 線 CT 画像撮影、緩衝材の密度測定、浸出陽イオン量測定とした。

遠心力模型試験は、廃棄体模型の温度条件を変えた 2 条件とし、温度以外の条件は同一とした（表 4-3- 9）。廃棄体模型の温度条件は加熱なしと 90 ℃とし、加熱なしの模型の名称を Ca-5、90 ℃の模型の名称を Ca-6T とした。なお、90 ℃条件においても試験容器の外側は遠心力載荷試験装置の室温で一定に保たれているため、模擬廃棄体から試験容器外側にかけて温度勾配が生じることとなる。緩衝材の密度条件に関しては、平成 31 年度、令和 2 年度の模型試験及び要素試験と同様に有効モンモリロナイト密度を 1.0 Mg/m^3、とした。注水圧は 1.0 MPa であり、試験容器下部からポーラスメタルを通して試験用水を注水した。試験用水は試験条件、品質の安定性の観点から人工海水（マリンアート SF-1、大阪薬研）を使用した。

表 4-3- 9 遠心力模型試験で用いた緩衝材の材料と条件

サンプル名	緩衝材に使用した試料	有効モンモリロナイト密度(Mg/m^3)	注入水	注水圧(MPa)	排水/非排水条件	試験期間（日）	実物換算期間(年)	温度条件
Ca-5	クニボンド	1.00	人工海水	1.0	排水	43	105	加熱なし
Ca-6T	クニボンド	1.00	人工海水	1.0	排水	43	105	90°C

(b) 模型の作製手順

模型の作製及び遠心力載荷試験装置に設置するまでの状況を図 4-3-65 に示す。図の a は緩衝材中のオーバーパック模型を示している。熱源となるヒーター（模擬廃棄体）及び温度測定用の熱電対をオーバーパック模型内に封入する。オーバーパック模型中の上部の空間は樹脂で埋めるとともに、オーバーパック全体の密度を調整する。緩衝材は、遠心力載荷装置に設置する試験容器内に所定の量の緩衝材の材料を撒き出し、試験容器内で緩衝材を直接締め固めた（図 4-3-65b、c)。締固めは 10 層に分けて行った。最後の上端面部の締固めでは、上端面より上に補助コーンをつけた上で緩衝材の材料を撒き出し締固めを行い、可能な限り模型上端面と試験容器上蓋の間にも隙間が生じないよう作製した。したがって本研究での試験の初期条件として緩衝材と試験容器及び緩衝材とオーバーパックの間に隙間はほぼ存在しない。試験容器側面に設置するセンサー類は締固め時にはダミープラグを仮設置し、締固め後にダミープラグを取り外してから計測用センサー類を設置した（図 4-3-62)。センサー類を設置後、遠心力載荷試験装置のプラットホーム上に試験容器を設置した（図 4-3-65d)。

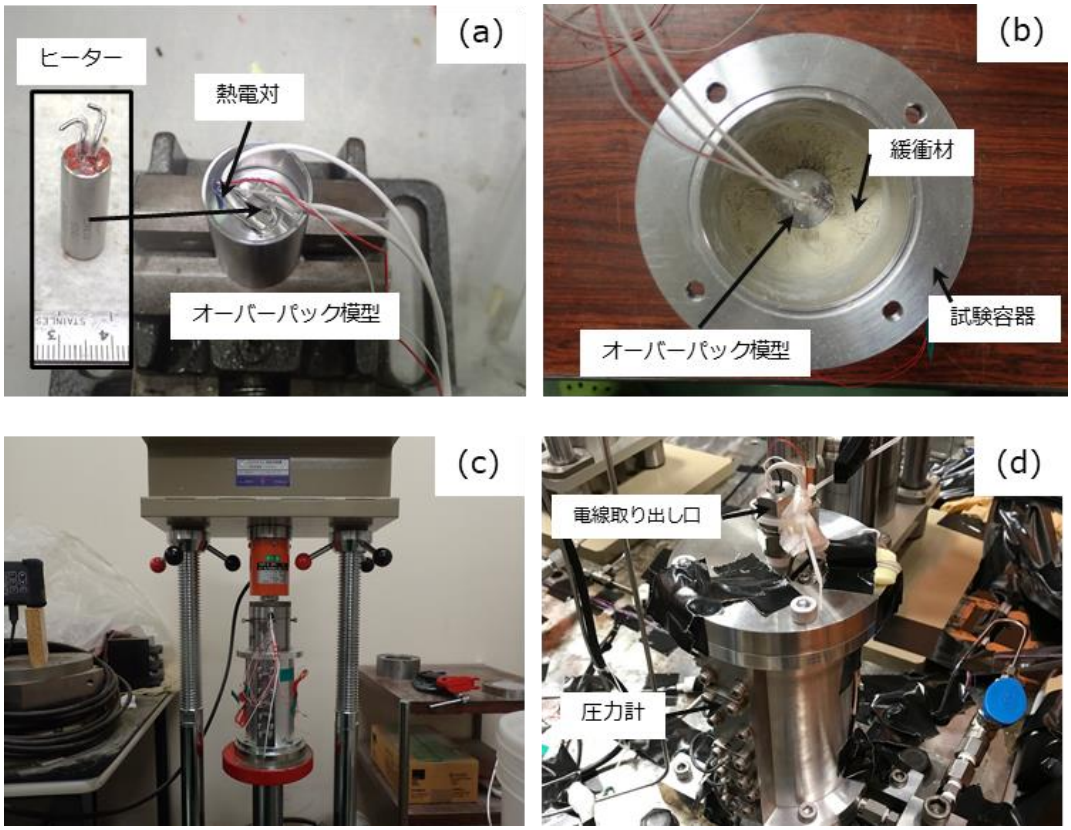


図 4-3- 65 模型作製の様子

(c) 遠心力模型試験の手順

遠心力載荷装置に試験容器及び注水用ポンプを設置して装置の運転を開始し、遠心加速度が 30 G で安定した後に注水用ポンプと試験容器がつながるバルブを遠隔操作で開け、試験用水の注水を開始した。試験の開始時間は注水開始時とし、圧力計の値は注水開始直前の値を 0 MPa とした。

(d) X 線 CT 画像撮影

遠心力模型試験後は試験容器を取り外し、速やかに X 線 CT 撮影（図 4-3-64）を行った。模型を撮影するため、3 次元画像の視野サイズは 100 mm×100 mm×140.2 mm とした。撮影時の管電圧は 135 keV である。取得した画像は供試体水平方向のマトリクスサイズは 1024×1024 pixel、鉛直方向 560 枚の断面画像で構成される。また、CT 撮影時には温度や湿度が若干 CT 値に影響するため、模型撮影後に密度が既知のキャリブレーション用試料（ポリエチレン、アクリル、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ素樹脂、アルミニウム、ステンレス）を撮影した（図 4-3-66）。

図 4-3- 66 キャリブレーション試料の CT 画像撮影の様子

(e) 緩衝材の飽和度分布の取得

X 線 CT 画像撮影後、試験容器から緩衝材とオーバーパック全体を抜き出した。さらに緩衝材は高さごとに輪切りで 11 分割し、さらに輪切り試料の半分の試料から含水比を測定した。残りの半分の試料は浸出陽イオン測定用に保存した。含水比測定用に採取した試料それぞれノギスで高さを測定して体積を算出し、JGS 0122 に従い模型試験後の湿潤密度、乾燥質量、含水比w（%）を求めた。また、乾燥質量と体積から模型試験後の乾燥密度ρ_d（Mg/m³）を求めた。なお、人工海水条件では塩の成分が含まれるが、模型試験後の供試体の高さごとの間隙流体の塩の量を把握することは困難であるため、塩の成分は考慮せず間隙流体の密度ρ_wは 1.0 Mg/m³ と仮定して飽和度S_r（%）を求めた。

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100(\%) = \frac{w}{\rho_w}\frac{m_s}{V_v} = \frac{w}{\rho_w}\frac{\rho_{solid}\rho_d}{(\rho_{solid} - \rho_d)} \quad (4\text{-}3\text{-}8)$$

ρ_{solid}は緩衝材の土粒子密度（Mg/m³）、V_vは空隙体積（m³）、V_wは空隙中の流体の体積（m³）、m_sは緩衝材の質量（Mg）である。本研究の手順で求めた飽和度は、高さごとに切り分けた緩衝材の水平方向の平均的な値となる。

(f) 浸出陽イオン量測定

遠心力模型試験後の試料に対し、浸出陽イオン量の測定を行った。供試体を高さ方向に下部、中部、上部の 3 箇所から試料を採取し、それぞれアルコール洗浄の後に SFSA 改良法（佐治ほか、2005）により浸出陽イオン量（Na、K、Ca、Mg）を測定する。本年度は令和 2 年度に行った遠心力模型試験後の試料に対して浸出陽イオン量を測定した。

⑥ 試験結果

表 4-3- 9 に示した 2 つ条件で遠心力模型試験を実施し、計測から得られた、水位センサー出力電圧、緩衝材応力、実物換算オーバーパック鉛直変位の結果を示す。図 4-3-67 の a～c は Ca-5、d～f は Ca-6T の結果である。図の横軸の下側には試験時間（時間、h：hour）を、上側には試験時間から換算した実物換算時間（年、yr：year）を示している。図中の、例えば d＝351 mm は設置した各センサーの緩衝材底面からの実物換算距離（mm）である。オーバーパック変位量は浮上を正、沈下を負とした。図 4-3-68 には試験中のオーバーパックの温度を示す。Ca-6T は試験終了時まで 90℃前後を保てていたことがわかる。

(a) 遠心力模型試験結果

(i)加熱なし条件（Ca-5）での試験結果

水位センサー（図 4-3-67a）は d=351 mm から上方に向かって順に出力電圧が上がり、試験用水が浸潤する様子が確認できた。試験終了時までには d=1275 mm まで出力電圧が 3 V を超え、d=1851 mm、3280.5 mm は 3 V に到達しなかった。緩衝材応力（図 4-3-

67b）も底面から順番にセンサーが反応し、緩衝材応力の値が上昇していることがわかる。試験終了時までには d=1275 mm までが 1 MPa に近い値まで上昇した。オーバーパックの変位（図 4-3-67c）は、試験初期に約 1 mm 浮上し、実物換算時間約 60 年まで沈下、その後浮上し続ける結果となった。

(ii)90℃条件（Ca-6T）での試験結果

Ca-6T も水位センサー（図 4-3-67d）は d=351 mm から上方に向かって順に出力電圧が上がり、試験用水が浸潤する様子が確認できた。試験終了時までに定常状態まで至っていないものの、d=3280.5 mm においても 3 V を超える出力となった。緩衝材応力（図 4-3-67e）も、底部から順番にセンサーが反応した。なお、d=351 mm、d=1275 mm において実物換算時間 40 年前後に大きな振れ幅が見られた。しかし、注水圧の値など他の取得データと比較しても原因は不明であった。オーバーパックの変位（図 4-3-67f）は、試験初期に約 4 mm 浮上し、実物換算時間約 45 年まで沈下、その後浮上し続ける結果となった。

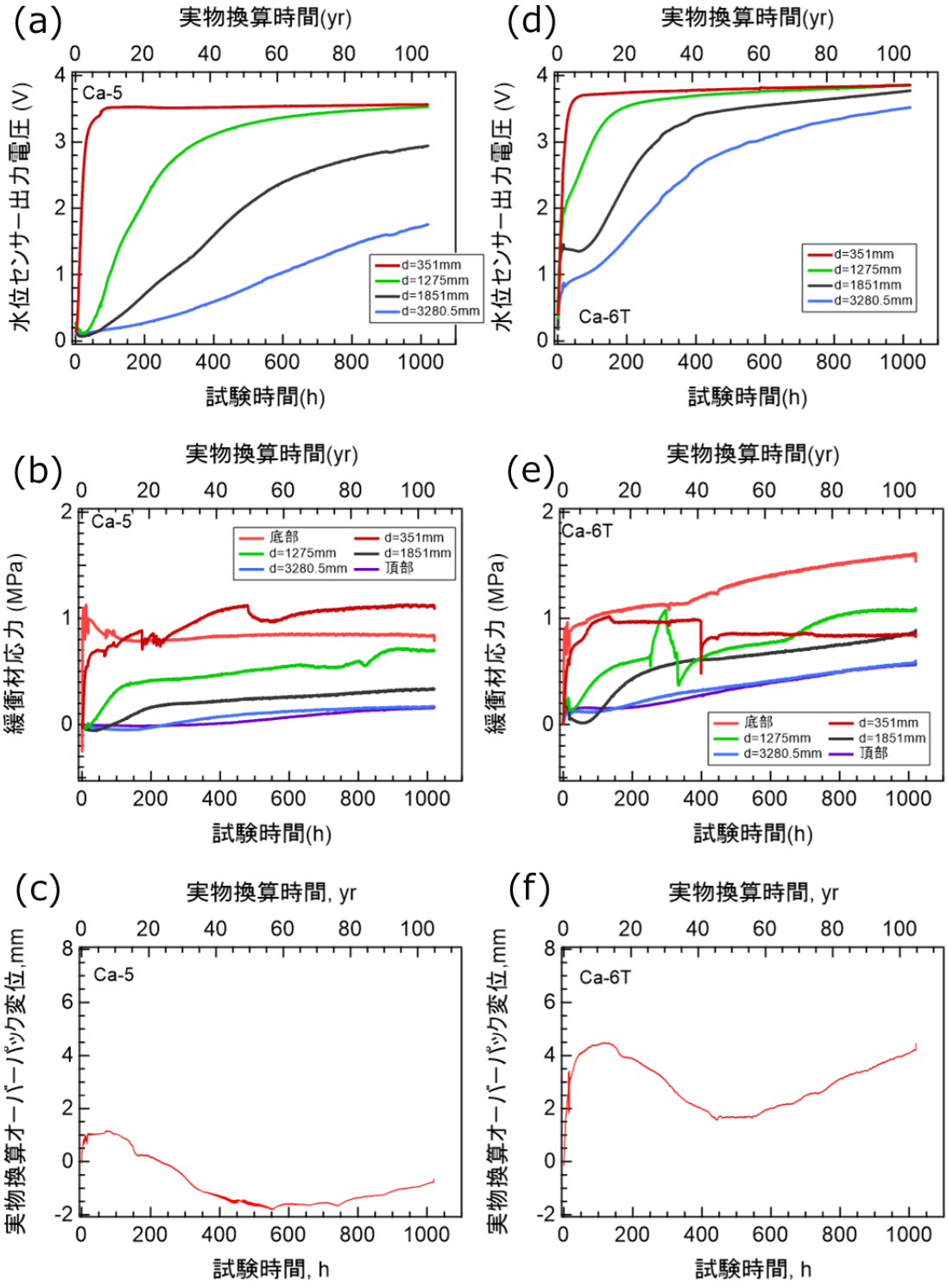


図 4-3- 67 Ca-5、Ca-6T の試験結果

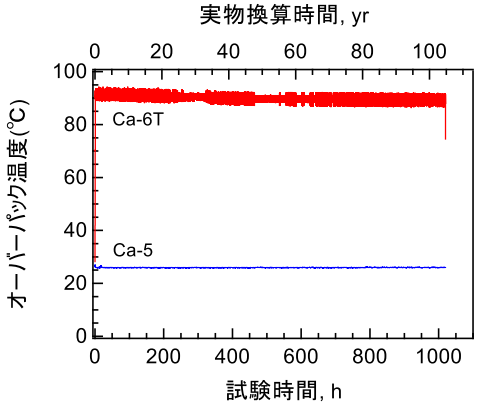


図 4-3- 68 各試験のオーバーパックの温度測定結果

(b) CT 画像解析結果

(i)キャリブレーション用試料の CT 画像解析結果

図 4-3-69 には撮影した CT 画像と、中心部を通る測線の CT 値を示す。それぞれの試料の物理密度は既知であり、CT 画像から試料中心部 10 mm の範囲における CT 値の平均値と標準偏差を求めた（表 4-3- 10)。なお、CT 値は水（1.0 Mg/m^3）を 0 HU、空気を-1024 HU と設定しているため、-1024 HU として扱う。CT 画像は基本的には撮影対象の密度が高いほど白色となり、密度が低いほど黒色を示す。

ステンレス以外の試料については標準偏差に大きな違いは見られなかった。一方でステンレスに関しては標準偏差が比較的大きく、図 4-3-69 の CT 画像も輪郭が不明瞭であった。これは、物理密度が高い金属は X 線の減衰の影響が大きいためである。次に、平均 CT 値と物理密度のグラフを図 4-3-70 に示す。特徴的なのは、ポリ塩化ビニル製の試料が他の試料と比較して CT 値が大きいことであるが、この原因はわかっていない。本研究ではポリ塩化ビニル及びステンレスを除外した試料で、物理密度と CT 値の線形近似を行った。結果として傾きは 1080.5、切片は-1113.6、R^2 は 0.96 と算出された。

(ii)遠心力模型試験後の CT 画像解析結果

図 4-3-71 に Ca-5 の CT 画像の例を示す。図 4-3-71a は試験容器を含めた全体の 3 次元画像である。3 方向の断面のうち、軸方向を Axial 断面、中央部を切ったときに試験容器に水位センサーや圧力計を設置する穴がある方向を Coronal 断面、センサー類のない方向を Sagittal 断面とする。Axial 断面及び Coronal 断面を見ると、センサー類を設置するための穴付近の緩衝材の CT 値が周囲と異なり、ノイズが大きいことがわかる。これはオーバーパック及び試験容器のような高い密度の物質と、周辺の密度が極端に異なるために生じるメタルアーチファクト（偽像）である。本研究ではメタルアーチファクトの影響の少ない Sagittal 断面を切り出して CT 値分布を求める。

Ca-5、Ca-6T それぞれの遠心力模型試験後の CT 画像の Sagittal 断面の画像を図 4-3-72、図 4-3-73 に示す。測線 A-A'は鉛直方向、測線 B-B'から E-E'はそれぞれ水位センサー及び圧力センサー設置位置である d=351 mm、d=1275 mm、d=1851 mm、d=3280.5 mm の高さに相当する。CT 値分布のオーバーパック（金属）の近傍は緩衝材の CT 値が急激に下がる箇所があるが、模型解体時に緩衝材とオーバーパックの間に隙間は見られなかったことから、緩衝材とオーバーパックの密度差が大きいために生じたと考えられる。

Ca-5（図 4-3-72）では、A-A'では底面から遠くなるにつれて CT 値が減少している様子が見られた。また、同様に底面に近い方から B-B'、C-C'、D-D'、E-E'と緩衝材部分の CT 値が減少していることがわかる。

Ca-6T（図 4-3-73）では、A-A'では底面から遠くなるにつれて CT 値がやや減少したが、Ca-5 よりも減少幅は小さかった。水平断面では E-E'について、Ca-5 よりも Ca-6T のほうが、CT 値が高かった。

D-D'を比較すると、Ca-6 ではオーバーパック周囲の緩衝材の CT 値が低く、試験容器付近の緩衝材の CT 値が高かった。水平方向の CT 値の差は Ca-5 と比較して大きく、Ca-6 では温度の高いオーバーパック周囲では飽和度が低かったと考えられる。

図 4-3- 69 キャリブレーション用試料の CT 画像と測線（赤線）の CT 値

表 4-3- 10 キャリブレーション用試料の物理密度と平均値、標準偏差

サンプル	物理密度 (Mg/m^3)	平均CT値 (HU)	CT値 標準偏差
空気	(0.00)	(-1024)	-
ポリエチレン	0.96	-38	25
アクリル	1.19	145	27
ポリ塩化ビニル	1.42	1709	32
ポリ塩化ビニリデン	1.81	670	24
フッ素樹脂	2.17	969	27
アルミニウム	2.63	2061	27
ステンレス	7.91	9613	87

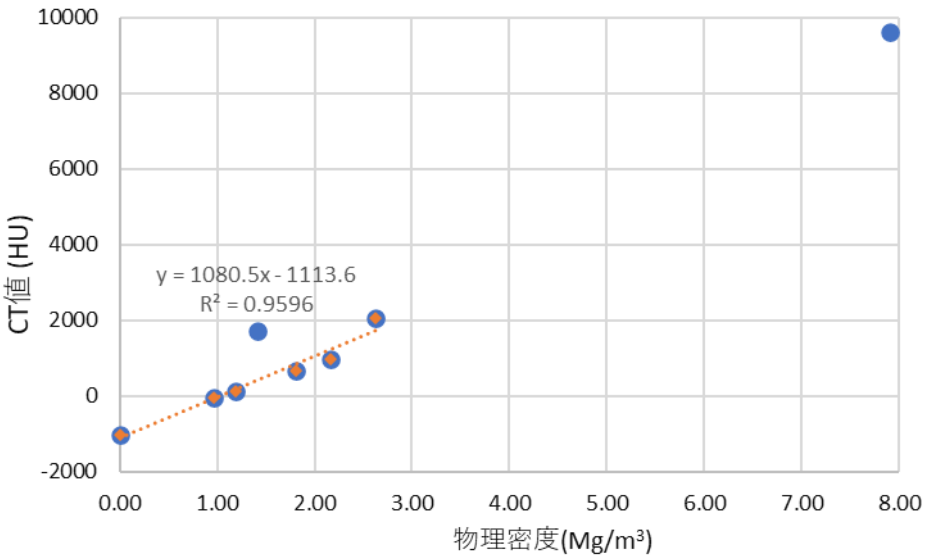


図 4-3- 70 試料の物理密度と CT 値の関係

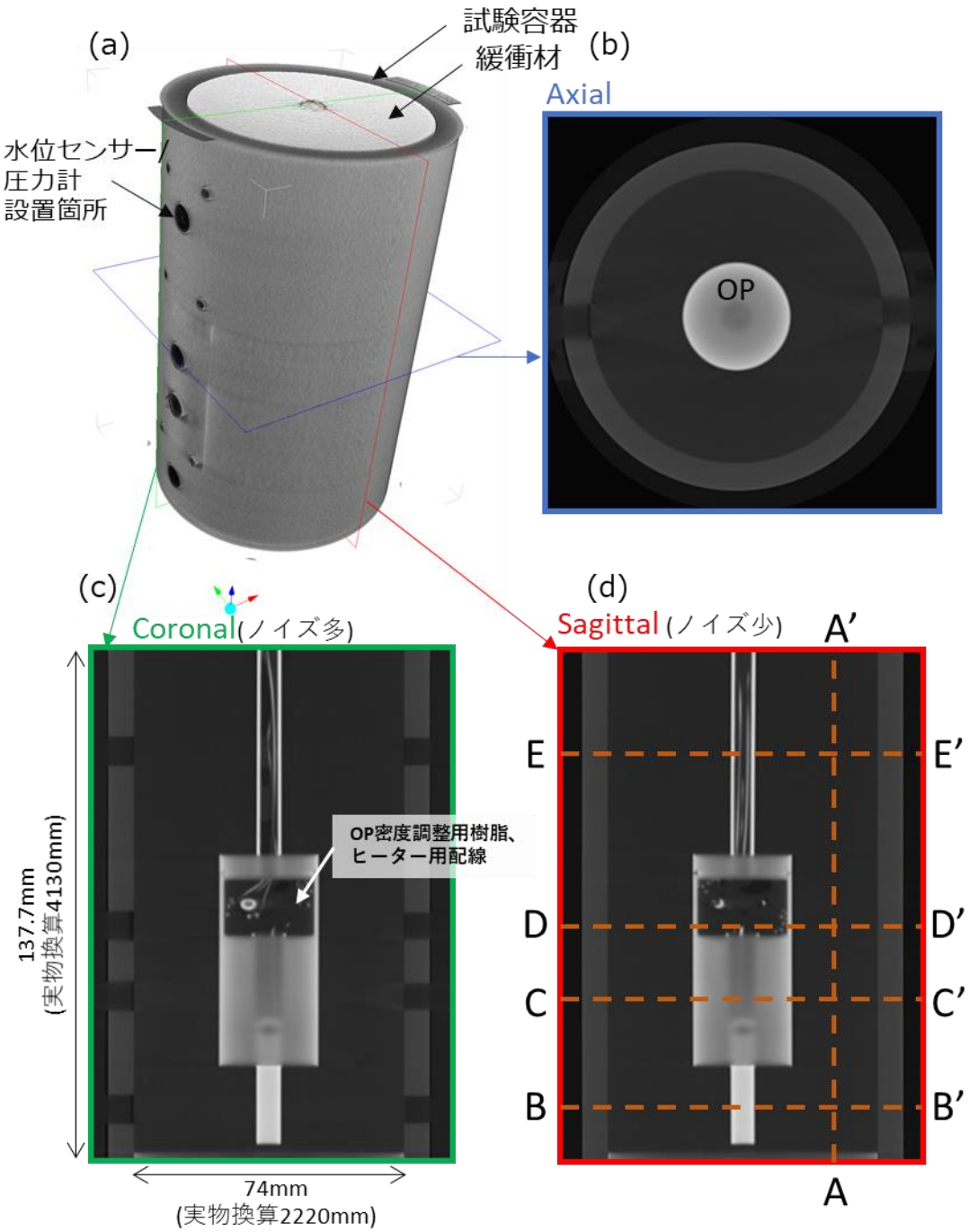


図 4-3- 71 Ca-5 の 3 次元 CT 画像

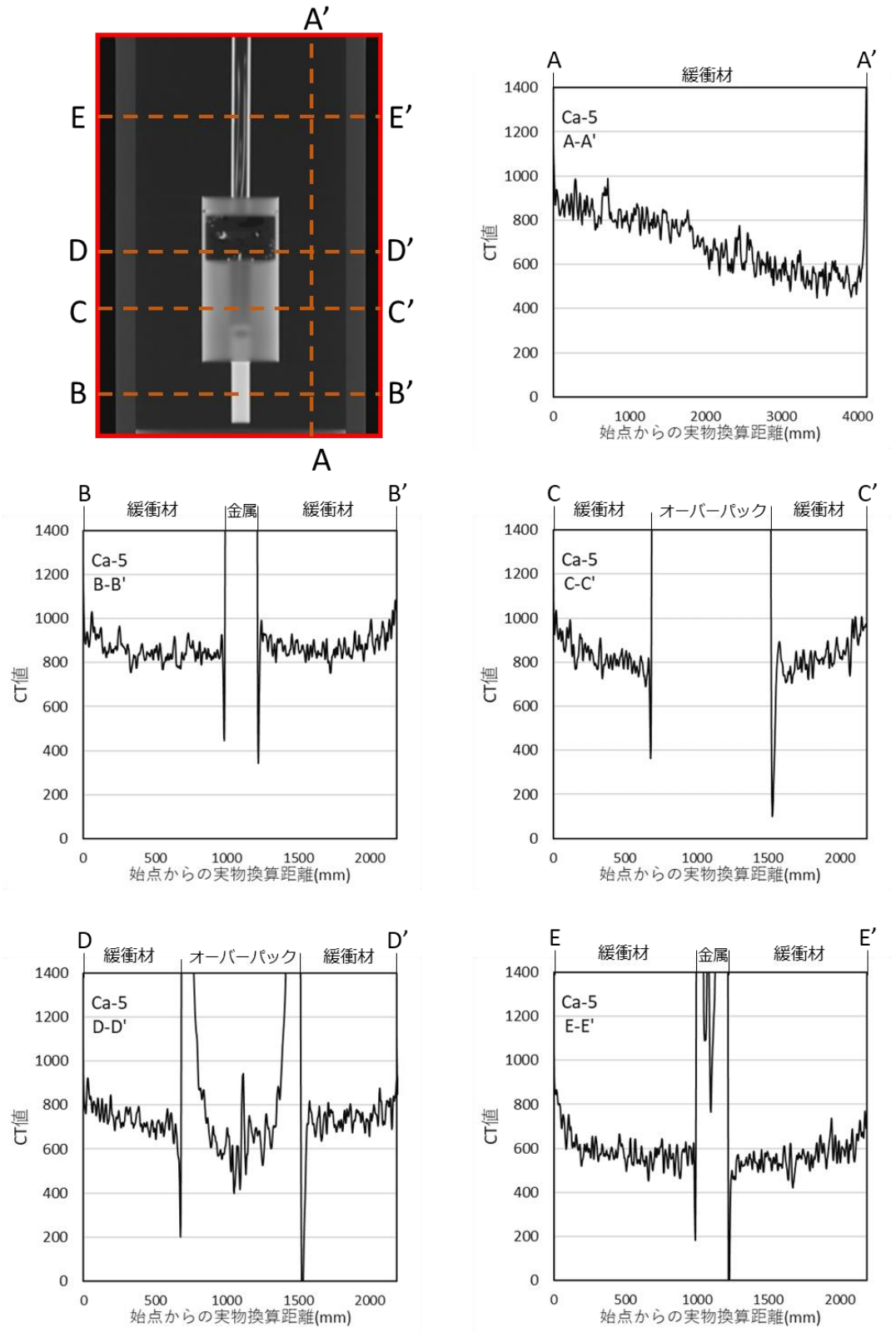


図 4-3- 72 Ca-5 の試験後の CT 値分布

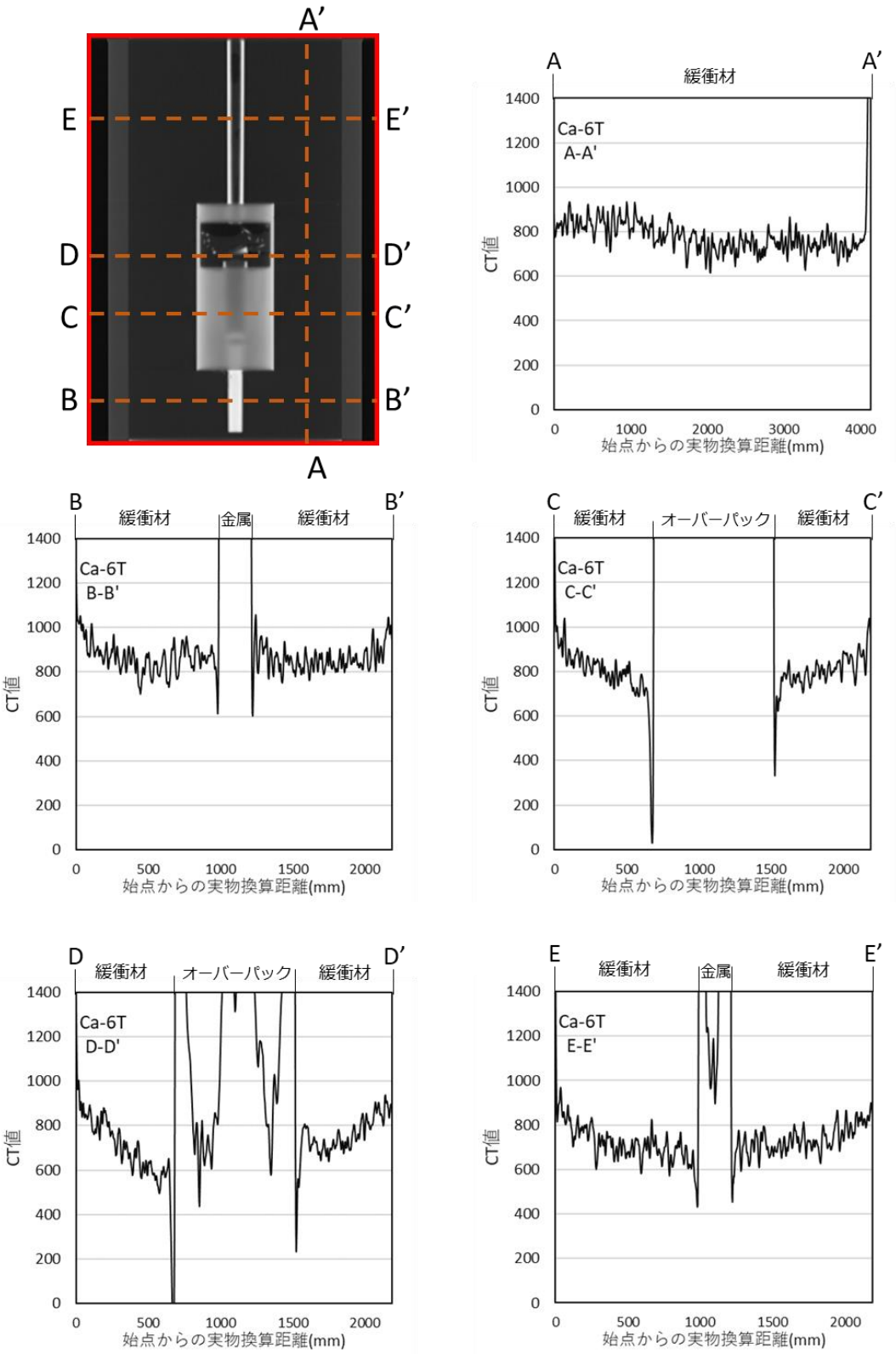


図 4-3- 73 Ca-6T の試験後の CT 値分布

(c) 遠心力模型試験後の飽和度測定結果

図 4-3-74 に、遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布を示す。図中の白抜きのマーカー箇所については、模型を試験容器から取り出す際に緩衝材部分が大きく変形してしまい、正確に体積を測ることができなかった箇所である。Ca-5、Ca-6T のどちらも緩衝材底面付近の飽和度は高かった。Ca-5 では実物換算距離約 1000 mm から上部にかけて徐々に飽和度が減少し、頂部では初期飽和度に近い値であった。Ca-6T も上部では飽和度が低下する傾向にあったが、上部でも約 50 %以上の飽和度を示した。また、全体的に Ca-5 よりも高い飽和度であった。

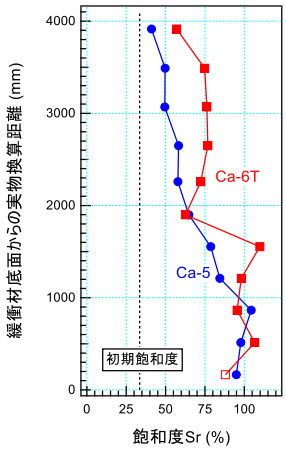


図 4-3- 74 遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布

(d) 浸出陽イオン量測定結果

本年度は令和 2 年度に行った遠心力模型試験後の浸出陽イオン量測定を行った。令和 2 年度の遠心力模型試験の条件は表 4-3- 11 の通りである。試験条件の詳細は令和 2 年度成果報告書（産業技術総合研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所、2021）の通りであるが、試料以外で本年度との違いは加熱をしていないことと、非排水条件で行ったこと、オーバーパック模型下部の形状が異なることである。遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布を図 4-3-75 に示す。クニゲル V1+砂混合条件では、緩衝材底面から頂部にかけて全体的に飽和度 75 %前後であった。クニボンド単体条件では、緩衝材底面付近では飽和に近い値であり、緩衝材上部に向かうにつれて飽和度は減少した。オーバーパックより上部（実物換算距離 2430 mm）では飽和度は 50 %に達していなかった。海水平衡クニゲル V1+砂混合条件では、底面付近ではほぼ飽和状態であったが、全体的にはクニゲル V1+砂混合条件と同様で飽和度 75 %前後であった。海水平衡クニボンド単体条件では、試験容器から緩衝材を取り出す段階で崩壊してしまった箇所が多く、十分な測定が行えなかったためにプロットが少ない。結果としては緩衝材底面から上部に向かうにつれ飽和度が減少する傾向であった。

図 4-3-76 に、各試験後の下部、中部、上部の浸出陽イオン量の割合と、遠心力模型試験に用いた緩衝材の材料の浸出陽イオン量の割合を示す。クニゲル V1+硅砂の条件では、下部で浸出 Na イオン量の割合が減少し、浸出 Mg イオン量の割合が増加した。また、中部と上部は試験未使用のクニゲル V1 と浸出陽イオン量の割合は大きく変わっておらず、イオン交換は模型下部のみで生じていたと考えられる。クニボンドの条件では試験未使用のクニボンド試料に対して、下部では浸出 Ca イオン量の割合が減少し、浸出 Na イオン量の割合が増加した。また、クニゲル V1+硅砂の条件と同様に模型中部及び上部は浸出イオン料の割合は大きくは変わっていなかった。令和 2 年度の遠心力模型試験は非排水条件で行ったため、模型上部まで飽和度が高かったとしても、緩衝材全体の浸出陽イオンを交換するのに十分な試験用水が通水されていなかったと考えられる。海水平衡クニゲル V1+硅砂及び海水平衡クニボンドの条件では、明瞭な浸出陽イオン量の割合の変化は見られなかった。

表 4-3- 11 令和 2 年度の試料及び試験条件（令和 2 年度成果報告書より引用）

実施年度	緩衝材に使用した試料	有効モンモリロナイト密度(Mg/m^3)	注入水	注水圧(MPa)	排水/非排水条件	試験期間（日）	実物換算期間(年)
2020	クニゲルV1+砂混合土	1.00	人工海水	1.0	非排水	34	83
2020	クニボンド	1.00	人工海水	1.0	非排水	34	83
2020	海水平衡クニゲルV1+砂混合土	1.00	人工海水	1.0	非排水	34	83
2020	海水平衡クニボンド	1.00	人工海水	1.0	非排水	34	83

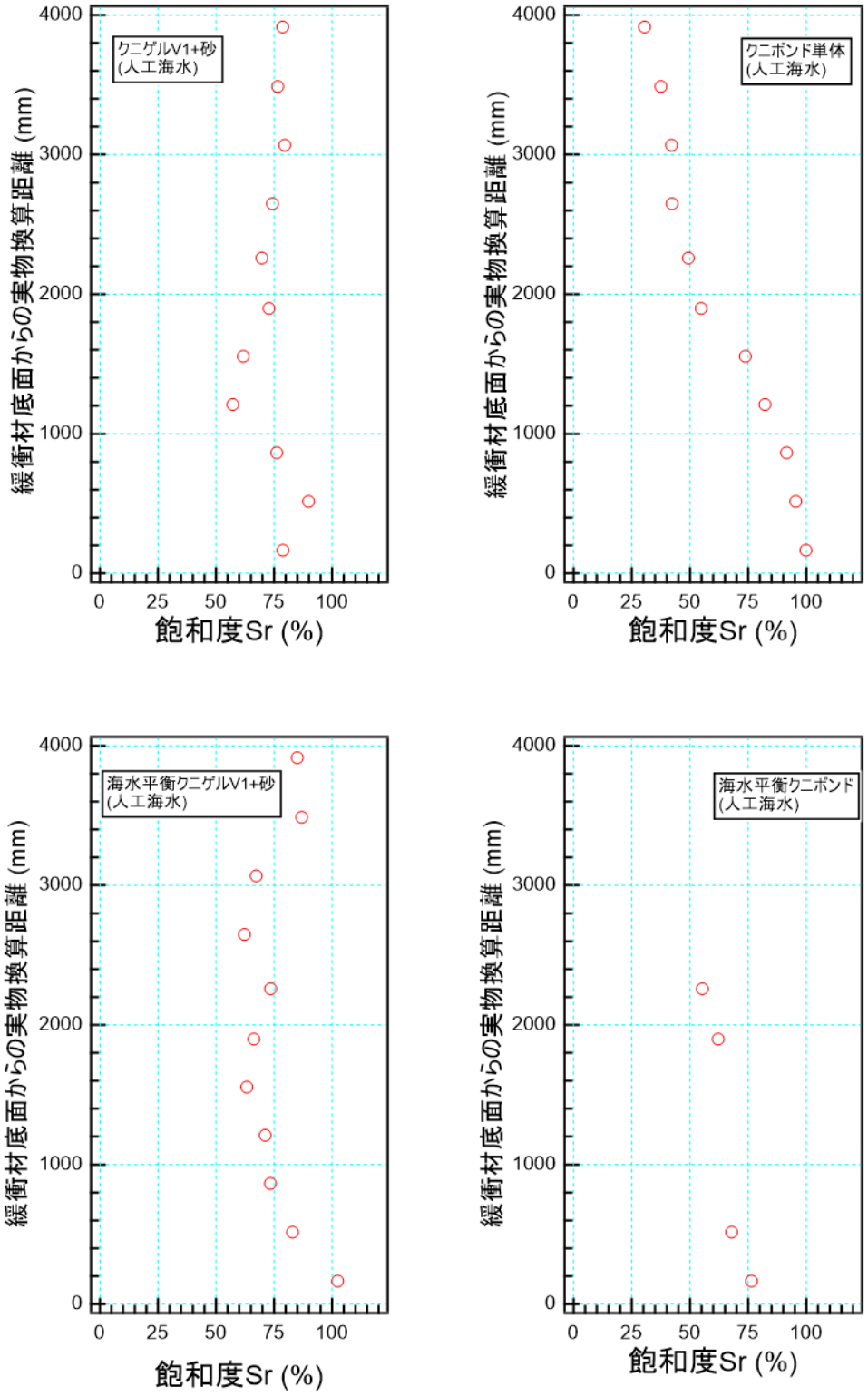


図 4-3- 75 遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布（令和 2 年度成果報告書より引用）

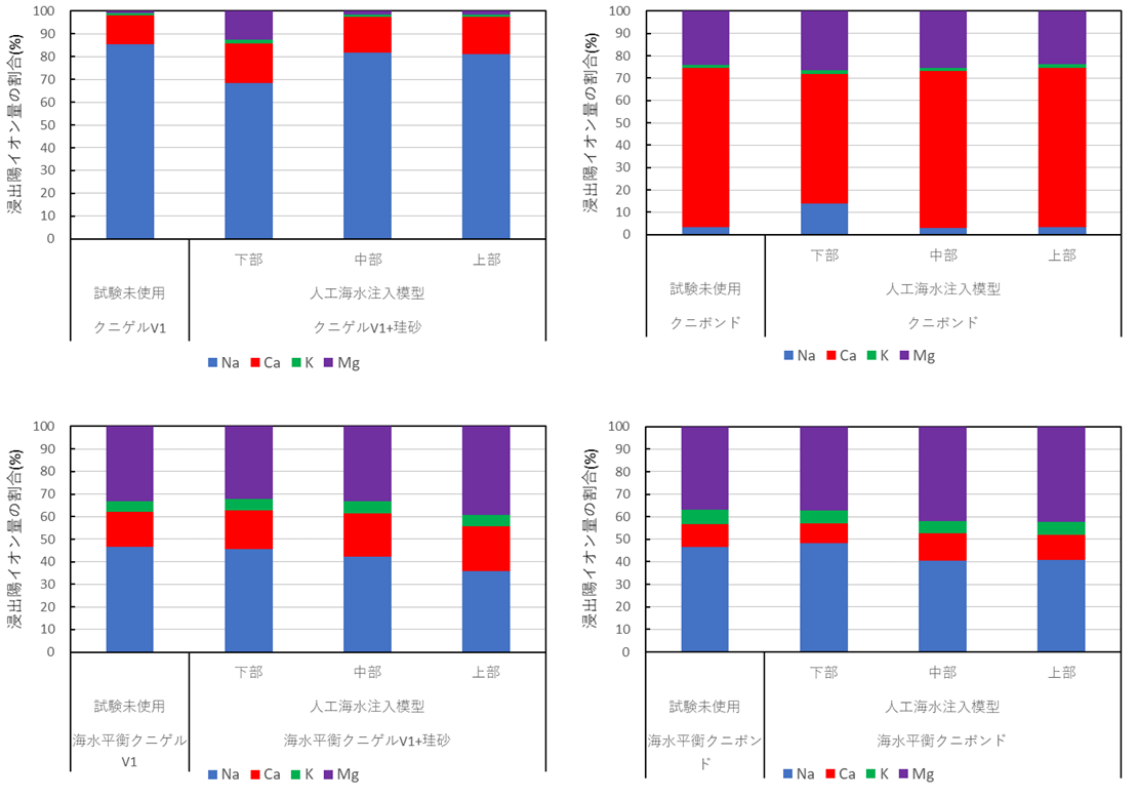


図 4-3- 76 遠心力模型試験後の緩衝材の高さごとの浸出陽イオン量の割合

⑦ 考察

(a) 遠心力模型試験の再現性

平成 31 年度、令和 2 年度には、本年度の研究の Ca-5 に近い条件で遠心力模型試験を行ったため、それぞれの試験結果の比較を行った。オーバーパック変位の経時変化をまとめたものを図 4-3-77 に示す。Ca-6T 以外の試験で共通している条件として、緩衝材の材料が Ca 型ベントナイト、有効モンモリロナイト密度は 1.0 Mg/m^3、注水する試験用水が人工海水、加熱なし条件である。異なる条件としては、平成 31 年度は試験容器がステンレス製で令和 2 年度及び Ca-5 はアルミ製であること、令和 2 年度は非排水条件で平成 31 年度と Ca-5 は排水条件、Ca-5 はオーバーパック変位量の計測を試験容器下部で行うためにオーバーパック模型の形状が異なることである。また、年度ごとに試験期間は異なる。加熱なしの 3 試験の結果を比較すると、試験初期を除き、オーバーパックの変位量、浮上から沈下及び沈下から浮上に移行するタイミングがほぼ同様であり、遠心力模型試験の再現性が示されたと言える。令和 2 年度は非排水条件であったが、いずれも試験終了時までに飽和に至っていなかったため、排水条件に近い試験結果となったと考えられる。また、Ca-5 のオーバーパック模型の形状の違いによる影響も小さいと考えられる。

次に、廃棄体の温度を 90 ℃とした Ca-6T と加熱なしの条件を比較する。図 4-3-77 から、Ca-6T は加熱なし条件に比べてオーバーパック変位量が大きく、オーバーパックが沈下して以降、浮上するタイミングが速いと言える。したがって廃棄体の熱が緩衝材の挙動や透水性などに変化をもたらしたと考えられるため、廃棄体の熱の影響について考察する。

(b) 加熱による試験用水の浸潤挙動の変化

遠心力模型試験後の CT 画像解析結果（図 4-3-72、図 4-3-73）及び飽和度分布（図 4-3-74）では、Ca-5 よりも Ca-6T のほうが緩衝材の上部まで試験用水が注水されていることを示しており、加熱したほうが試験用水の注水速度が速いことが考えられる。廃棄体が 90 ℃条件の場合、緩衝材及び間隙水の温度も上昇する。間隙水は温度が高くなることで粘度が減少し、緩衝材中の浸透率が上昇することが考えられる。温度によって流体の密度も変化するが、密度変化による浸透率の変化量は粘度による違いに比べて非常に小さい。また、温度の高いオーバーパック周辺では、蒸発量も多くなることが考えられる。これらのことから加熱なしの条件よりも、90 ℃条件のほうが緩衝材中の間隙流体の移動は速くなると考えられる。

一方で、CT 画像解析の結果から（図 4-3-73）、オーバーパック周囲の緩衝材の飽和度は試験容器付近よりも低い様子が示された。そこで、CT 画像の CT 値分布と試験後解体時の緩衝材の写真を比較する（図 4-3-78）。写真は比較しやすくするため全体の明るさを調整した。CT 画像の CT 値は緩衝材の初期密度（1.12 Mg/m^3）を黒色、初期密度+1.0 Mg/m^3 以上となる密度を白色で示した。締固め表面の影響や金属試験容器及びオーバーパックによる偽像の影響も見られるが、加熱なしの Ca-5 では下部から上部に向かい、比較

的均一に CT 値が減少していることがわかる。一方 Ca-6T では、上部まで試験用水が浸潤しつつあるが、ヒーターの位置からオーバーパック模型の上部にかけて、オーバーパック模型周囲に CT 値が低い領域が観察された。この CT 値が低い領域は飽和度が周囲よりも低いと考えられる。試験後の断面写真でも緩衝材の色が異なる領域が目視で確認できたため、オーバーパック模型周囲の緩衝材は、温度の影響により飽和度が低くなったと考えられる。

ここで、オーバーパック周囲の緩衝材の飽和度分布について考察するため、過去に行われた遠心力模型試験（西本ほか、2012、2014）を参照する。

西本ほか(2012、2014)では、処分施設周辺（ニアフィールド）の長期挙動評価のため、緩衝材の周辺岩盤を含めた 1/30 サイズの模型を用いて遠心力模型試験を行った。緩衝材の材料として Na 型ベントナイトであるクニゲル V1 を使用して、西本ほか 2012 では模擬廃棄体を加熱せず、西本ほか 2014 では 95℃に設定した。遠心力模型試験後はいずれも医療用マルチスライスヘリカル CT スキャナ（図 4-3-64）を用いて岩盤を含む模型全体の CT 画像を取得した。図 4-3-79 に 2 条件の遠心力模型試験後の CT 画像と CT 値分布を示す。図中の TG-17 は廃棄体温度 95 ℃であり、TG-10 は加熱なしの条件である。加熱なし条件では岩盤からベントナイト（Be、緩衝材模型）まで CT 値は大きな変化は見られないが、95 ℃条件ではベントナイトの CT 値が、外側の岩盤よりも低い様子がわかる。この CT 値分布となった理由として、廃棄体を 95 ℃と設定していることによる間隙水の蒸発による可能性が考察された。背圧は 0.5 MPa では間隙水が沸騰することは考えにくいが、温度の高いオーバーパック周辺のベントナイトでは周辺岩盤に比べ相対的に多くの水蒸気が発生し、間隙水がベントナイト部から岩盤部に移動する圧力が生じる可能性が考察された。

本研究結果も同様に、注水圧は 1 Mpa であり、廃棄体の温度は 90 ℃であるため、オーバーパック周囲の緩衝材中の間隙水が蒸発しやすい状況である。また、試験容器下部から注水しているため、オーバーパック下部は飽和に近い状態で、オーバーパック上部では飽和度が低い分布を形成していたと考えられる。

(c) オーバーパック変位挙動

これまでの遠心力模型試験の結果（図 4-3-77）、いずれの模型も試験開始から実物換算時間 10~20 年の間にオーバーパックが一度浮上し、その後沈下する挙動であった。これは、試験初期に底面から 1 MPa の注水圧が与えられたことによって下部からオーバーパックが押されて浮上し、ある程度緩衝材に試験用水が浸潤すると緩衝材の剛性が低下して沈下したと考えられる。さらにオーバーパックは加熱なし条件では約 70 年、90 ℃条件では約 55 年で浮上し始めた。この原因としては緩衝材の上部まで試験用水が注水され始め、オーバーパック上部の緩衝材も剛性が低下したことにより、上下の注水圧及び緩衝材の膨潤圧の関係から浮上した可能性がある。90 ℃条件のほうが、オーバーパックが沈下から浮上に切り替わるタイミングが速いのは、温度の影響により試験用水の粘性が低下

し、浸潤速度が速くなったためにオーバーパック上部の緩衝材の剛性低下も速くなったと考えられる。

緩衝材周囲を岩盤とした境界条件での THM 連成解析による研究（澤田ほか、2012）のうち、2 条件では実物換算時間 100 年間の間に、オーバーパックが浮上→沈下→浮上→沈下と複雑な挙動を示した。これは、処分孔の上部と下部で膨潤が進行する時期が異なるためと考察された。今回行った遠心力模型試験では緩衝材が飽和するまでに至れなかったため沈下後に浮上する挙動までしか追えなかったが、オーバーパックの複雑な変位挙動に関してこれまでの解析と似た挙動が得られた。

(d) CT 画像解析を用いた遠心力模型試験後の緩衝材の密度の推定

4-3（3）⑥（b）で示した CT 画像解析及びキャリブレーション結果から、遠心力模型試験後の緩衝材の密度の推定を試みた。比較としては、試験中に緩衝材の膨潤やオーバーパックの移動とともに緩衝材が変形していると考えられるため、飽和度ではなく試験後の含水比測定時に測定した緩衝材の密度、及び CT 値から換算した密度を比較した。CT 値は図 4-3-71 の測線 A の CT 値を使用し、キャリブレーションの値から密度に換算した。それぞれの取得方法による Ca-5、Ca-6T の鉛直方向の緩衝材の飽和度分布を図 4-3-80 に示す。

Ca-5 では全体的に測定値よりも CT 画像から換算した密度のほうが 0.1-0.2 Mg/m^3 程度大きい値を示したが、緩衝材下部の密度が高く上部で低くなる傾向は同じであった。Ca-5 では上部へと試験用水が浸潤する際に、水平方向に均等に近い状態で浸潤するため、実測値と CT 値から換算した密度の値の傾向が同じであったと考えられる。一方で Ca-6T では緩衝材下部では同程度の値を示しているが、底面からの実物換算距離約 2000 mm より上部では測定値のほうが低い傾向が得られた。これは、Ca-6T は廃棄体温度を 90 ℃に設定した条件であり、実測の際に図 4-3-78 の通りオーバーパック周囲の飽和度が低く、水平方向に平均的な値を測定したために CT 値から換算した密度より低くなったと考えられる。CT 値からの換算でも実測と同様にオーバーパック周囲から試験容器に近い部分までの平均値を取ることで実測値と近い値になると考えられるが、金属試験容器及びオーバーパックの境界に近い偽像を取り除く作業が必要となる。

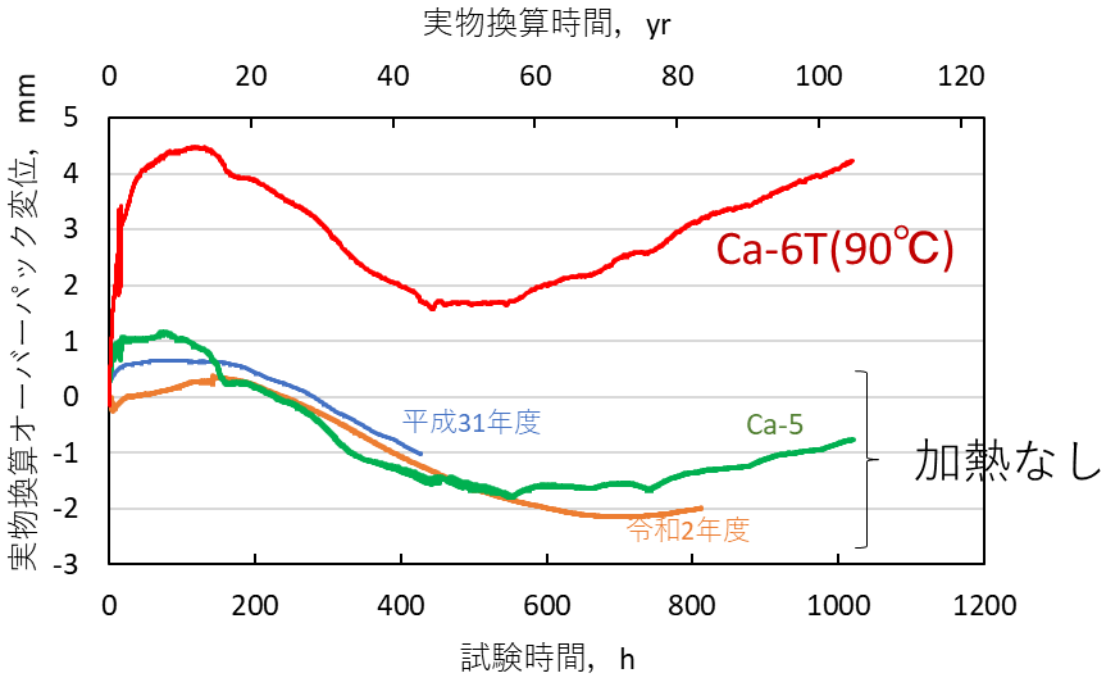


図 4-3- 77 Ca 型ベントナイトの緩衝材におけるオーバーパック変位挙動の比較

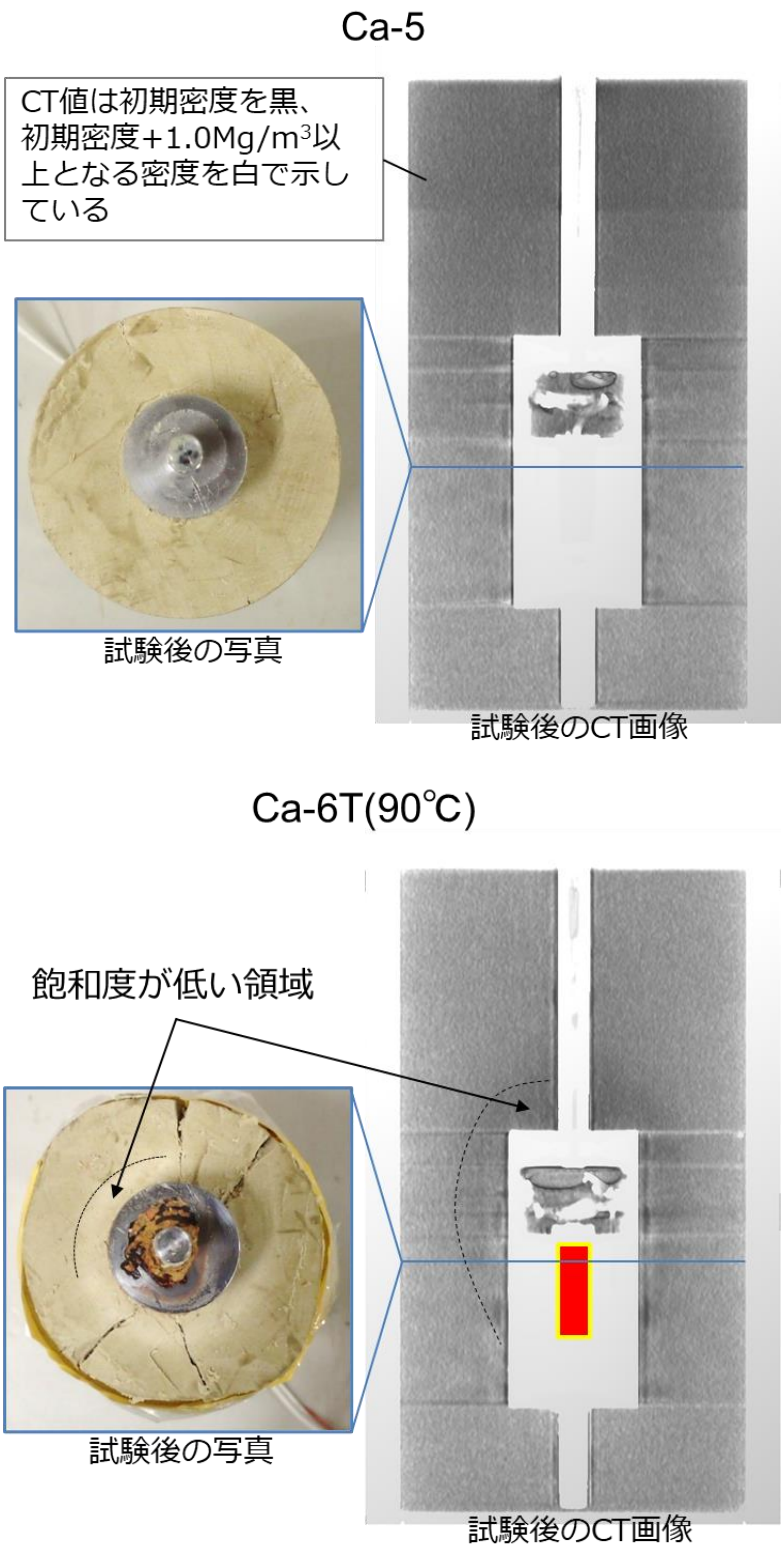


図 4-3- 78 模擬廃棄体の加熱によるオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度の違い

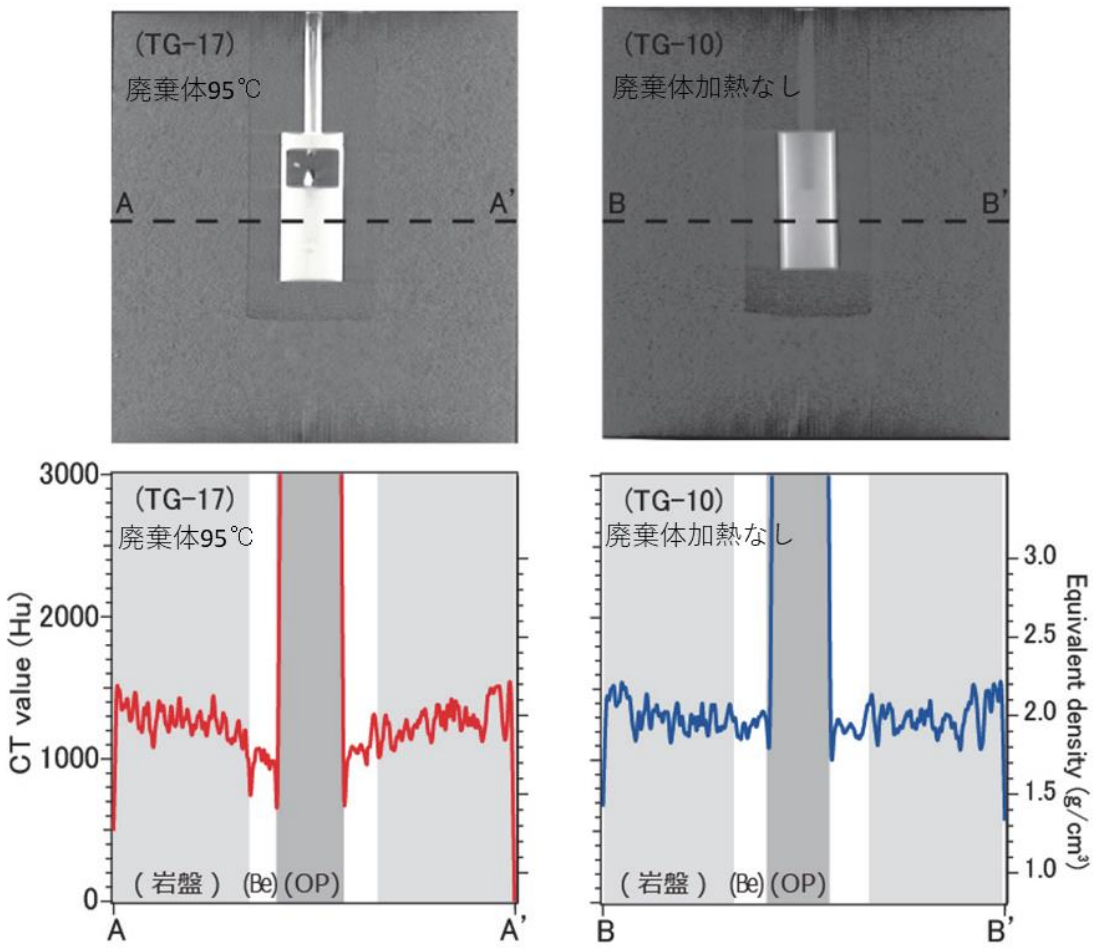


図 4-3- 79 遠心力模型試験後の CT 画像と測線の CT 値分布（西本ほか(2014)より引用、一部加筆）

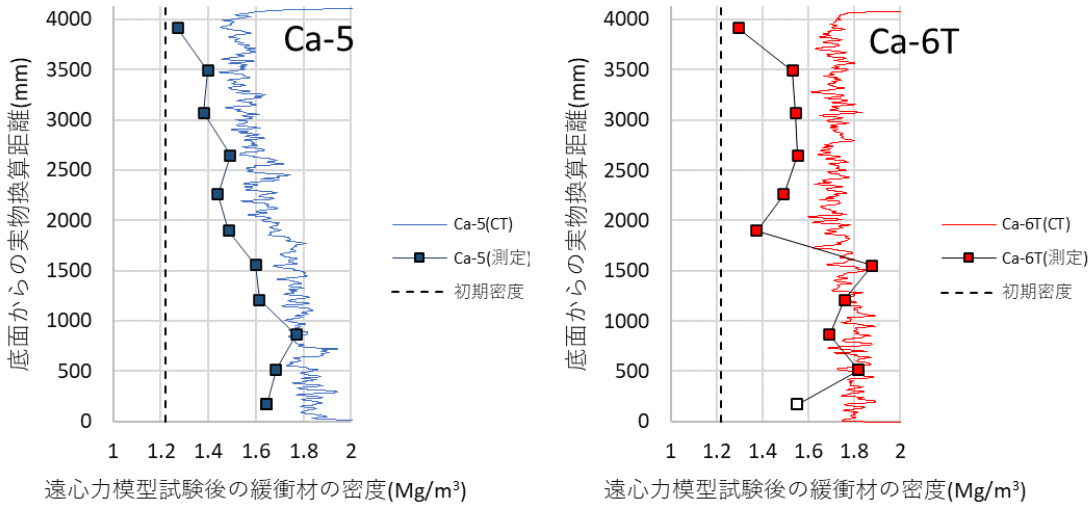


図 4-3- 80 遠心力模型試験後の緩衝材の密度分布の比較

⑧ 令和 3 年度のまとめ及び今後の課題

令和 3 年度の研究では、Ca 型ベントナイトであるクニボンドを緩衝材の材料とした条件で、廃棄体温度を 90 ℃とした場合の模型試験（実物換算時間約 105 年相当）を行い、緩衝材の変形やオーバーパックの変位挙動に対する廃棄体の熱の影響について調査した。

まず、平成 31 年度よりクニボンドを用いた廃棄体を加熱しない条件で遠心力模型試験を行ってきたため、それぞれのオーバーパック変位挙動の経時変化について比較した。その結果、平成 31 年度、令和 2 年度及び今回の Ca-5 ではほぼ同様なオーバーパック変位挙動が得られた。これにより遠心力模型試験の再現性は良いことが確認されたとともに、数値解析の検証データとしても利用可能であることを示した。

さらに、廃棄体模型の温度を 90 ℃とした Ca-6T の結果は、これまでの加熱なしの 3 条件と比較して有意に異なるオーバーパック変位挙動であった。また、浸潤速度に着目すると、水位センサーの出力応答、模型試験後の緩衝材の高さごとの飽和度、CT 画像解析から、90 ℃条件のほうが加熱なしの条件に比較して試験用水の浸潤速度が速かった。模型試験後の緩衝材の解体時、廃棄体模型の温度 90 ℃条件では、オーバーパックに近い緩衝材の内側と、試験容器に近い緩衝材の外側では緩衝材の色が異なることが肉眼で確認された。模型試験後の CT 画像でもオーバーパック周囲は相対的に CT 値が低い領域が見られたため、廃棄体模型の熱の影響によりオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度が低かったと考えられる。

平成 31 年度からの模型試験では、試験用水の浸潤速度が速く緩衝材がほぼ飽和となった条件もあるが、多くの条件において緩衝材が飽和に至るまでの試験は行えていない。また、再冠水時までのオーバーパックの浮上・沈下現象の原因については明確にはわかっていない。数値解析と模型試験の両方で飽和後までの長期的な緩衝材とオーバーパックの挙動を比較検討することで、より精度の高い評価が可能になると考えられる。そこで、今後の課題としては緩衝材飽和後までの遠心力模型試験の実施が挙げられる。今回と同様の 1/30 サイズの模型では十分な試験期間を確保することは困難であるため、1/50 サイズの模型に対して 50 G 場の遠心力模型試験を行うことで相似則により時間加速し、より長期的な緩衝材とオーバーパックの挙動を把握する予定である。

⑨ 平成 31 年度から令和 3 年度までのまとめ

沿岸部を地層処分施設のサイトとして想定した場合、長期にわたり人工バリアである緩衝材に海水成分を含有する地下水が浸透することが考えられる。処分施設閉鎖後の再冠水期間に緩衝材に地下水が浸透することで、緩衝材の剛性や間隙水圧の変化が生じ、オーバーパックが移動することが考えられる。再冠水後の長期にわたる緩衝材の健全性については数値解析による評価がなされているが、再冠水期間の緩衝材の変形とオーバーパックの変位挙動については評価が難しく、十分な考慮はされていない。再冠水期間における緩衝材の挙動は緩衝材の主な材料となるベントナイトのイオン型や密度、緩衝材に浸潤する地下水の組成によって異なり、さらには廃棄体の熱、緩衝材周囲の岩盤の剛性などの複合的な影響を受けると考えられる。そこで本研究では、相似則に基づいて物理現象を時間短縮して再現可能な遠心力模型試験によって、再冠水期間における緩衝材とオーバーパックの挙動に関するデータを取得した。

沿岸部及び沿岸海底部は特有の地質・地下環境であり、地層処分を想定した場合、化石海水を含む様々な組成の海水が再冠水の初期段階から緩衝材に接触、浸潤することが想定される。緩衝材は安全機能の確保に必要な設計要件及び作製施工性などの観点から仕様となる材料が設定されるが、海水の影響による不確実性の少ない材料が使用される可能性も視野に入れて材料の条件を検討した。3 カ年の研究では、いずれの模型も竪置き処分坑の 1/30 の縮尺とし、遠心加速度は 30 G とし、緩衝材の材料や緩衝材に注水する試験用水などの条件を変えた遠心力模型試験を行った。

平成 31 年度及びその追試験では、異なる地下水環境条件（純水/人工海水）と緩衝材条件（Na 型ベントナイトのクニゲル V1 とケイ砂の混合土/Ca 型ベントナイトのクニボンド及びクニボンドとケイ砂の混合土）における、緩衝材の膨潤変形とオーバーパック変位挙動について評価した。その結果、有効モンモリロナイト密度が 1.0 Mg/m^3 の条件では、クニボンドを用いた緩衝材の純水条件と人工海水条件の浸潤状況（試験後の飽和度分布）の差はクニゲル V1 のそれらよりも小さく、オーバーパックの変位も大きくは変わらなかった。一方、クニボンドを用いた緩衝材でも、ケイ砂を混合した有効モンモリロナイト密度が低い条件（0.79 Mg/m^3）の条件では純水よりも人工海水のほうが緩衝材への浸潤が速く、緩衝材の全応力が発生するまでの時間とオーバーパックの変位挙動も大きく異なった。また、人工海水とクニゲル V1 を用いた緩衝材条件の結果から、試験用水の浸潤にともなう緩衝材の変形（応力変化）とオーバーパック変位挙動を明らかにした。

令和 2 年度は、クニゲル V1 とケイ砂の混合土、クニボンド単体を用いた緩衝材に加え、長期的に緩衝材に海水成分を含む地下水が浸透した条件として、海水平衡させたベントナイト（海水平衡ベントナイト）を用いた緩衝材についても模型試験を行った。なお、試験用水はすべての条件で人工海水を用いた。結果として、緩衝材に使用するベントナイトのイオン組成により、再冠水期間におけるオーバーパック変位挙動が異なることを示した。オーバーパックの変位量としては、クニゲル V1 を用いた緩衝材の条件ではオーバー

パックの浮上量が比較的大きく、クニボンドを用いた緩衝材の条件ではオーバーパックの浮上量は小さく実物換算時間 83 年においても沈下傾向が見られた。海水平衡ベントナイトを用いた緩衝材では、通常のベントナイト（海水平衡未処理のクニゲル V1 及びクニボンド）を用いた緩衝材の中間的な挙動を示した。

令和 3 年度は、クニボンド単体を緩衝材の材料とした条件で、加熱なし条件と廃棄体温度を 90 ℃とした条件の模型試験を行い、緩衝材の変形やオーバーパックの変位挙動に対する廃棄体の熱の影響について把握する試験を行った。加熱なしの条件は、平成 31 年度より緩衝材及び試験用水が同じ条件（クニボンド単体、有効モンモリロナイト密度 1.0 Mg/m^3、人工海水を注水）で試験を行ってきたため、これらを比較した。その結果、オーバーパックの変位挙動に注目すると、ほぼ同様の経時変化が得られた。これにより遠心力模型試験の再現性が良いことが確認されたとともに、数値解析の検証データにも利用可能であることを示した。さらに、廃棄体模型の温度を 90 ℃とした結果は、加熱なしの条件と比較して有意に異なるオーバーパック変位挙動であった。また、浸潤速度に着目すると、水位センサーの出力応答、模型試験後の緩衝材の高さごとの飽和度、CT 画像解析から、90 ℃条件のほうが加熱なしの条件に比較して試験用水の浸潤速度が速かった。模型試験後の緩衝材の解体時、廃棄体模型の温度 90 ℃条件では、オーバーパックに近い緩衝材の内側と、試験容器に近い緩衝材の外側では緩衝材の色が異なることが肉眼で確認された。模型試験後の CT 画像でもオーバーパック周囲は相対的に CT 値が低い領域が見られたため、廃棄体模型の熱の影響によりオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度が低かったと考えられる。

以上の遠心力模型試験により、再冠水期間における緩衝材及びオーバーパック変位の挙動に関する、緩衝材の材料・試験用水・廃棄体の熱の影響に関する一連のデータを取得した。しかし平成 31 年度からの模型試験では、試験用水の浸潤速度が速く緩衝材がほぼ飽和となった条件もあるが、多くの条件において緩衝材が飽和に至る、再冠水完了までの試験は行えていない。そこで、今後の課題としては緩衝材が飽和後までの遠心力模型試験の実施が挙げられる。今回と同様の 1/30 サイズの模型では十分な試験期間を確保することは困難であるため、1/50 サイズの模型に対して 50 G 場の遠心力模型試験を行うことで相似則により時間加速し、より長期的な緩衝材とオーバーパックの挙動を把握する予定である。

（4） 力学的相互作用の数値解析

① 背景・目的

(a) 背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、人工バリア定置後に廃棄体の発熱や周辺岩盤から人工バリアへの地下水の浸入、地下水の浸入による緩衝材の膨潤などの現象が相互に影響する熱・水理・力学連成現象（THM 連成現象）が発生する。このような連成現象を予測評価することは、ニアフィールド環境の明確化、処分孔・緩衝材の設計の観点から重要な課題の一つであり、評価期間が長期に及ぶことから数値解析が不可欠となる。このような背景から、電力中央研究所において、緩衝材の膨潤特性に対する評価式を多様な条件の室内試験から導き、その評価式を数値モデル化した THM 連成解析コード LOSTUF（澤田ほか、2006）を開発した。

このような数値解析手法の適用は、これまで人工バリアの緩衝材として多くの研究例がある Na 型ベントナイトを対象として実施されているが、沿岸部への高レベル放射性廃棄物の地層処分を考慮した場合、海水との平衡を考慮したイオン型の異なる Ca 型ベントナイトに着目することも重要である。その際、検討すべき人工バリア性能評価上の不確実性の一つとして、膨潤性の異なる緩衝材に対するオーバーパックの変位挙動（緩衝材-オーバーパックの力学的相互作用）が挙げられる。このような観点から、Ca 型ベントナイトを含めて緩衝材や水質の異なる条件の数値解析により、膨潤性や透水性の異なる緩衝材を使用することで生じる影響を確認する必要がある。

(b) 目的

本年度から、高レベル放射性廃棄物の地層処分において緩衝材としての研究例の多い Na 型ベントナイトに加え、沿岸部の地層処分で有望と考えられる Ca 型ベントナイトを含め、緩衝材の仕様（Na 型/Ca 型/砂混合の有無）と水質（純水/人工海水）の組み合わせの異なる条件で既往実験を対象とした数値解析を行う。本年度は、平成 31 年度に実施された遠心力模型実験を対象とする。これにより、緩衝材条件による膨潤特性や透水性の違いによりオーバーパックの変位挙動に生じる影響を確認し、また実験結果との比較検証を行うことで沿岸部の地層処分におけるニアフィールド長期予測評価に対する数値解析の適用性を検討する。

② 解析コードの概要

本研究では数値解析に、電力中央研究所で開発した「放射性廃棄物地層処分における地下空洞長期安定性解析プログラム（LOSTUF)」を使用する。LOSTUF は熱・水理・力学（THM）連成解析コード（澤田ほか、2006）である。ここでは、LOSTUF の支配方程式及び解析に必要となるパラメータについて解説する。

(a) THM 連成の支配方程式

LOSTUF では、地盤を粒子骨格と水・空気で満たされた空隙で構成される多相システムとして取り扱い、地下水の連続式、エネルギーの保存則、力の釣り合い式と、応力－ひずみ関係、透水挙動に関するダルシー則、熱伝導に関するフーリエ則、水蒸気の拡散挙動に関するフィック則などの各種構成則から導かれた支配方程式を用いている。間隙ガス圧は一定で大気圧に等しいとしている。支配方程式は、Rutqvist et al. (2001)を参考に導出した。以下にその支配方程式について簡単に記す。以下の解説で「地盤」は固相、液相、気相を含めた多孔質媒体の系全体を表している。式の導出過程の詳細については文献（澤田ほか、2006）を参照されたい。

地下水の連続式から以下の式が導かれる。

$$\rho_l S_l \frac{\partial(\nabla\cdot\mathbf{u})}{\partial t} + \{\rho_{l0}\phi S_l\beta_{Pl} + (\rho_l - \rho_v)C_{lP} + \rho_l C_{vP}\}\frac{\partial P_l}{\partial t} - (\rho_{l0}\phi S_l\beta_{Tl} - \rho_l C_{vT})\frac{\partial T}{\partial t}$$
$$+\nabla\cdot\left\{\left(-\rho_l\frac{\mathbf{k}k_{rl}}{\mu_l} - \rho_l D_{Pv}\mathbf{I}\right)\nabla P_l\right\} + \nabla\cdot\{(-\rho_l D_{Tv}\mathbf{I})\nabla T\} = Q_B + \nabla\cdot\left(\rho_l\frac{\mathbf{k}k_{rl}}{\mu_l}\mathbf{g}\right) \quad (4\text{-}3\text{-}9)$$

ここで、ρ_lは水の密度、ρ_vは水蒸気の密度、S_lは飽和度、ρ_{l0}は初期条件の水の密度、ϕは間隙率、β_{Pl}は水の圧縮係数、β_{Tl}は水の熱膨張係数、$\mathbf{k}$は固有透過度テンソル、k_{rl}は相対透水係数、μ_lは水の粘性係数、$\mathbf{I}$は単位テンソル、Q_Bは水のソース項、$\mathbf{g}$は重力加速度ベクトルである。未知数は変位ベクトル$\mathbf{u}$、間隙水圧P_l、温度Tであり、変位ベクトル$\mathbf{u}$により、ひずみテンソル$\boldsymbol{\varepsilon}$及び体積ひずみε_Vが$\boldsymbol{\varepsilon} = 0.5(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^{tr})$、$\varepsilon_V = \nabla\cdot\mathbf{u}$と定義される。なお、不飽和状態において、サクションsは間隙水圧P_lと間隙ガス圧P_gにより、

$$s = P_g - P_l \quad (4\text{-}3\text{-}10)$$

と定義される。さらに LOSTUF では間隙ガス圧に大気圧を仮定しているので、$s = -P_l$となる。

また、C_{lP}は水分特性曲線（飽和度S_lとサクションsの関係を表す曲線）から算出される係数で比水分容量と呼ばれる。C_{vP}、C_{vT}はそれぞれ以下のように書ける。

$$C_{vP} = \frac{\phi S_g \rho_v}{\rho_l^2 R_v T} \quad (4\text{-}3\text{-}11)$$

$$C_{vT} = \frac{\phi S_g}{\rho_l}\frac{\partial\rho_{vS}}{\partial T}RH - \frac{\phi S_g P_l}{\rho_l^2 R_v T^2} \quad (4\text{-}3\text{-}12)$$

ここで、S_gは空隙中の気体の体積占有率（$=1-S_l$）、R_vは水蒸気の比気体定数（＝461.5 J/kg K）、ρ_{vS}は飽和水蒸気密度（温度の関数）、RHは相対湿度である。

D_{Pv}及びD_{Tv}は多孔質媒体中における等温下での水蒸気拡散係数、温度勾配による水蒸気拡散係数であり、水蒸気の拡散を表すフィック則を展開することで得られる。水蒸気の流束q_{rv}は、間隙ガス圧が一定であるという仮定のもと、以下のフィック則で表せる。

$$q_{rv} = -D_v I \nabla \rho_v \tag{4-3-13}$$

ここで、D_vは水蒸気の分散係数であり、

$$D_v = \phi S_g \tau D_m \tag{4-3-14}$$

と書ける。τは屈曲度を表す。D_mは大気圧下での水蒸気の分子拡散係数であり、温度の関数として以下の式を用いる。

$$D_m(\mathrm{m^2/s}) = 2.16 \times 10^{-5}(T/273)^{1.8} \tag{4-3-15}$$

水蒸気の密度ρ_vは以下のように書ける。

$$\rho_v = \rho_{vS}(T)RH = \rho_{vS} exp\left(\frac{P_l}{\rho_l R_v T}\right) \tag{4-3-16}$$

ここで、ρ_{vS}は飽和水蒸気密度であり温度の関数である。式(4-3-13)内の水蒸気密度の勾配は式(4-3-16)を用いて次のように展開できる。

$$\mathbf{q}_{rv} = -\rho_l (D_{Pv}\mathbf{I}\nabla P_l + D_{Tv}\mathbf{I}\nabla T) \tag{4-3-17}$$

ここで、

$$D_{Pv} = \frac{D_v \rho_v}{\rho_l^2 R_v T} \tag{4-3-18}$$

$$D_{Tv} = D_v\left(\frac{RH}{\rho_l}\frac{\partial \rho_{vS}}{\partial T} - \frac{\rho_v P_l}{\rho_l^2 R_v T^2}\right) \tag{4-3-19}$$

である。

式(4-3-9)において、左辺の第 1 項は多孔質体の骨格変化、第 2 項は飽和度の変化、第 3 項は温度変化による間隙流体の密度変化、第 4 項は水分移動（ダルシー則及びフィック則からの展開）、第 5 項は温度勾配による水分移動（フィック則からの展開）を表す。

エネルギー保存則からは次の支配方程式が導かれる。

$$(1-\phi)3K_D\beta_{TD}T\frac{\partial(\nabla\cdot\mathbf{u})}{\partial t} + (\rho c)_m\frac{\partial T}{\partial t} - \nabla\cdot\left\{T\left(\frac{\beta_{Tl}}{\beta_{Pl}}\right)\frac{\mathbf{k}k_{rl}}{\mu_l} + \rho_l L D_{Pv}\mathbf{I}\right\}\nabla P_l - \nabla \cdot (\lambda_m \mathbf{I}\nabla T) + (c_l \mathbf{q}_l)\cdot\nabla T = Q_{TB} \tag{4-3-20}$$

ここで、K_Dは固相の体積弾性係数（排水条件）、β_{TD}は固相の熱膨張係数（排水条件）、Lは単位体積あたりの水蒸気の潜熱、$\mathbf{q}_l$は流束ベクトル、Q_{TB}は熱量のソース項である。λ_m、$(\rho c)_m$はそれぞれ地盤の熱伝導率、熱容量であり、次式で求まる。

$$\lambda_m = S_l\lambda_{sat} + (1-S_l)\lambda_{dry} \tag{4-3-21}$$

$$(\rho c)_m = \phi S_l \rho_l c_l + (1-\phi)\rho_s c_s \tag{4-3-22}$$

ここで、λ_{sat}は飽和時の地盤の熱伝導率、λ_{dry}は絶乾時の地盤の熱伝導率、c_lは水の比熱、c_sは固相の比熱、ρ_sは固相の密度である。

式（4-3-20）において、左辺の第 1 項は多孔質体の変形による可逆的な内部エネルギーの変化、第 2 項は内部エネルギーの変化、第 3 項は間隙水圧の変化及び水蒸気に相変化することによる内部エネルギーの変化、第 4 項は熱伝導による内部エネルギーの変化（フーリエ則）、第 5 項は熱移流による内部エネルギーの変化を表す。

次に応力の釣り合い式について述べる。有効応力を次式で定義する。

$$\boldsymbol{\sigma} = \boldsymbol{\sigma}' - \mathbf{I}\bar{P} \tag{4-3-23}$$

ここで、$\boldsymbol{\sigma}$は応力テンソル、$\boldsymbol{\sigma}'$は有効応力テンソル、$\bar{P}$は間隙圧である。ここでは、間隙ガス圧が大気圧に等しいとしているので、

$$\bar{P} = \chi P_l + (1-\chi)P_g = \chi P_l \tag{4-3-24}$$

となる。χは Bishop の有効応力パラメータであり、通常飽和度の関数として定義する。本研究では、飽和時$\chi = 1$、不飽和時$\chi = 0$を仮定する。模型実験に用いるベントナイトは非常に大きなサクションを持つ材料であるため、サクションを独立な応力成分とした。不飽和段階においてサクションの減少に伴って進行するベントナイトの膨潤については、後述するように応力ひずみ関係とは別に等価な節点力を作用させることでモデル化する。この仮定により、不飽和時の間隙圧は大気圧に等しくなる。この有効応力を用いて力学構成式は以下のように書ける。

$$d\boldsymbol{\sigma}' = \mathbf{D}:(d\boldsymbol{\varepsilon} - d\boldsymbol{\varepsilon}_T) = \mathbf{D}:(d\boldsymbol{\varepsilon} - \mathbf{I}\beta_{TD}dT) \tag{4-3-25}$$

ここで、$\mathbf{D}$は固相の剛性テンソルで、等方線形弾性体を仮定する場合はヤング率Eとポアソン比νで定義できる。

また、式(4-3-23)及び式(4-3-25)を応力の釣り合い式に代入することで以下の支配方程式が得られる。

$$\nabla\cdot\left\{\mathbf{D}:\frac{\partial\boldsymbol{\varepsilon}}{\partial t}\right\} + \nabla\cdot\left(-\mathbf{I}\chi\frac{\partial P_l}{\partial t}\right) + \nabla\cdot\left\{(-\mathbf{D}:\mathbf{I}\beta_{TD})\frac{\partial T}{\partial t}\right\} = \frac{\partial}{\partial t}(\rho_m\mathbf{g}) + \mathbf{F}_B \tag{4-3-26}$$

ρ_mは地盤の湿潤密度、$\mathbf{F}_B$は外力ベクトルである。膨潤については外力項を与えることでその効果を導入する。次項でその取り扱いについて述べる。

式（4-3-26）において、左辺の第 1 項は弾性応力、第 2 項は間隙水圧、第 3 項は熱応力を表す。

(b) 緩衝材の膨潤モデル

LOSTUF に導入されている緩衝材の膨潤挙動モデルについて説明する。緩衝材の膨潤圧は、有効粘土密度の関数として表される（さらに同じ種類のベントナイト単体であれば、乾燥密度や間隙率の関数として表すことができる）。ある有効粘土密度の緩衝材について、与えられた平均応力σ_mにおける最大膨潤ひずみε_{smax}が得られる。その関係を式で表すと以下のようになる。

$$\sigma_m = f(\varepsilon_{smax}) \tag{4-3-27}$$

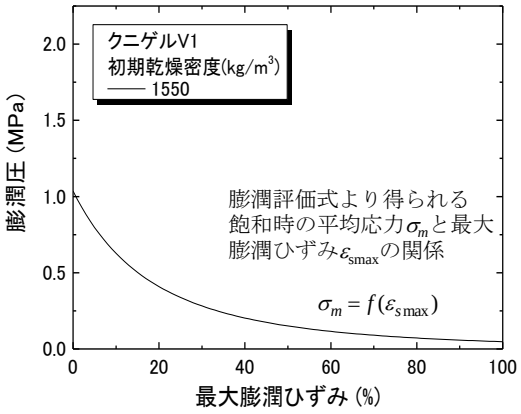
緩衝材の膨潤ひずみは外力項として取り扱う。水が浸透した要素（間隙水圧が上昇した要素）に対して膨潤計算を実施する（以下、膨潤要素と称す）。式(4-3-27)をグラフで表したものが図 4-3-81 の左上図である。これを用いて、膨潤要素に作用している応力状態から、その応力状態に対する飽和時の最大膨潤ひずみ$\varepsilon_{s\max}$を式(4-3-27)により算出する。また、間隙水圧の上昇（負値～ゼロ、サクションの低下）とともに膨潤が進行するとして、不飽和状態での最大膨潤ひずみ$\omega_{s\max}$を次式より算出する。

$$\omega_{s\max} = \varepsilon_{s\max}\left(\frac{|P_l - P_{l0}|}{|P_{l0}|}\right)^{l} \tag{4-3-28}$$

ここで、P_lは間隙水圧、P_{l0}は基準となる間隙水圧（負値）、lは不飽和時の膨潤の進行に関するパラメータである。これまでは$l = 1$を仮定し、間隙水圧の上昇量と線形に$\omega_{s\max}$の値が決めるようにしてきた。算出された最大膨潤ひずみ$\omega_{s\max}$を発生させるための等価な節点力$\mathbf{F}_p$を、膨潤要素を構成する節点に作用させ、変形、応力を計算する。計算された体積ひずみを累積膨潤ひずみε_{aw}とする。

$$\mathbf{F}_p = \int \mathbf{B}^T\mathbf{D}(\omega_{smax} - \varepsilon_{aw})\mathbf{I}dV \tag{4-3-29}$$

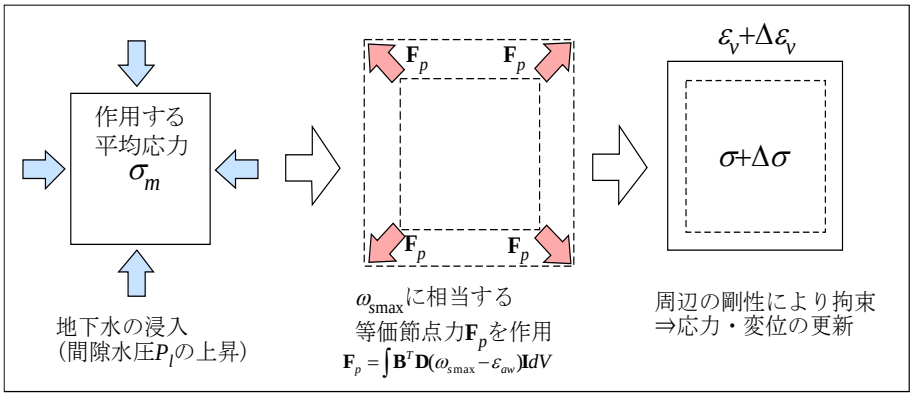
ここで、$\mathbf{B}$はひずみ－変位マトリクスである。最大膨潤ひずみが累積膨潤ひずみよりも大きければその差に相当するひずみを発生させるための等価な節点力を再び節点に作用させ、変形、応力を計算する。計算されたひずみを累積膨潤ひずみに加算する。以後、作用している応力での最大膨潤ひずみが累積膨潤ひずみを下回るまで膨潤計算を繰り返し、全膨潤要素において膨潤計算が終了したら次ステップへ移行する。この膨潤計算のフロー及び概念図を図 4-3-81 に示す。この膨潤計算の繰り返し中は温度及び間隙水圧は固定している。前ステップからの間隙水圧の上昇がない場合、飽和後、作用している平均応力時の最大膨潤ひずみが既に発生している場合、膨潤は発生しない。



不飽和段階での最大膨潤ひずみω_{sma}

$$\omega_{s\max}(P_l) = \varepsilon_{s\max}\left(\frac{|P_l - P_{l0}|}{|P_{l0}|}\right)^l$$

ε_{smax} : 飽和時の最大膨潤ひずみ
P_l : 間隙水圧（不飽和時は負値）
P_{l0} : 初期間隙水圧
l : 膨潤の進行に関するパラメータ



累積膨潤ひずみε_{aw}が不飽和段階での最大膨潤ひずみ$\omega_{smax}(P_l)$に達するまで繰り返し計算

図 4-3- 81 LOSTUF における緩衝材膨潤モデル

(c) THM 連成ジョイント要素

緩衝材とオーバーパック（O/P）や岩盤の間は接触面であり、ジョイント要素など不連続接触を取り扱える要素を用いてこれを表現する必要がある。地盤や岩盤と構造物の隙間や、断層面など弱層のモデル化に用いられる一般のジョイント要素では、THM 連成の現象は取り扱わないが、本研究におけるニアフィールドの長期挙動評価ではこれを考慮する必要がある。そこで、LOSTUF では熱・水と力学の相互作用を考慮した THM 連成ジョイント要素を導入している。この要素は、Zienkiewicz et al. (2013) によって導入されたジョイント要素と同様の定式化となっており、極薄いアイソパラメトリック要素に対して、前述の THM 連成系の支配方程式に基づく構成式を適用している。なお、ジョイント要素は本来、接触面をモデル化するものであることから、弾性体のポアソン効果がないことや、間隙率や熱膨張などの取り扱いについて、ソリッド要素とは幾つかの違いがある。しかし、基本的には剛性だけでなく水や熱の流れに対し、異方性の特性を設定可能なソリッド要素として導入されており、接触面のモデル化の他、剥離時に非線形性の高い小さな剛性を用いることで隙間のモデル化も可能である。

③ 解析モデルの諸元・解析条件

実施した検討の解析モデルと解析条件について以下に説明を行う。解析の対象は平成 31 年度の沿岸部処分システム評価確証技術開発（産業技術総合研究所ほか、2020）と佐藤・西本（2021）で実施した遠心模型試験を対象としており、Na 型ベントナイト（クニゲル V1）と Ca 型ベントナイト（クニボンド）及び砂混合土を掛け合わせて、間隙水についても純水と人工海水の場合を設定して実施されたものである。模型の寸法などは地層処分研究開発第 2 次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構、1999）で示されている処分孔竪置き方式の仕様例を 1/30 にしたものであり、30G の遠心力場で模型実験が行われた（図 4-3-82)。本研究の解析ではこれを実寸でモデル化したものを解析対象とする。

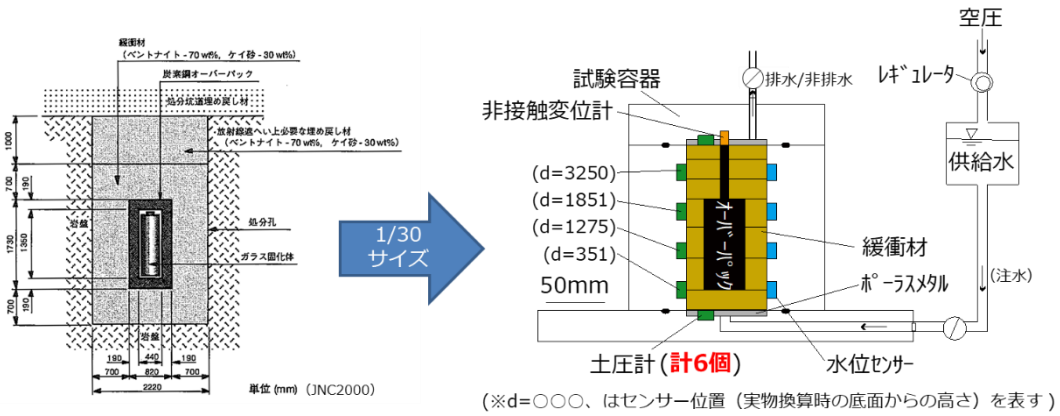


図 4-3- 82 対象とした遠心模型試験の概要

(a) 解析対象ケース

解析対象とした遠心模型試験の対応する実験ケースの内容を表 4-3- 12 に示す。混合土のケースはベントナイトと珪砂 6 号を 7：3 で混合したものであり、注水は下面から行い排水は上面から行っている。なお、Case 1 から 4 は平成 31 年度の沿岸部処分システム評価確証技術開発（産業技術総合研究所ほか、2020)、Case 5 と 6 については佐藤・西本（2021）において平成 31 年度事業の追加検討として実施されている。

表 4-3- 12 解析の対象とする実験ケース

ケース名	緩衝材に使用した試料	有効モンモリロナイト密度(Mg/m^3)	注入水	注水圧(MPa)	排水/非排水条件	試験期間(日)	実物換算期間(年)
Case 1	クニゲル V1+砂混合土	1.00	純水	1.0	排水	20	47
Case 2	クニゲル V1+砂混合土	1.00	人工海水	1.0	排水	20	47
Case 3	クニボンド+砂混合土	0.79	純水	1.0	排水	20	47
Case 4	クニボンド+砂混合土	0.79	人工海水	1.0	排水	20	47
Case 5	クニボンド	1.00	純水	1.0	排水	20	47
Case 6	クニボンド	1.00	人工海水	1.0	排水	20	47

(b) 解析モデル

対象は円筒容器内の現象であり、数値解析は軸対称解析として実施した。図 4-3-83 に実験に使用された小型圧力容器の概略図を示し、オーバーパック変位と緩衝材土圧及び水位と水分量センサーの設置位置と対応する解析上の出力位置の名称を紫色字で示す。解析では実寸換算（30 倍）で計測位置に対応する位置に要素節点が配置されるように解析メッシュを作成した。

解析メッシュは地層処分研究開発第 2 次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構、1999）で示されている処分孔竪置き方式の仕様例の寸法通りに作成し、4cm 強の格子幅となるようにメッシュを作成した。オーバーパックの内側は均質化したモデル化とし、また実験模型に含まれる計測のための芯棒を実寸換算し、直径 21cm としてモデル化した。図 4-3-84 に解析メッシュを示す。なお、緩衝材と小型圧力容器の境界面及びオーバーパック模型との境界面には THM 連成ジョイント要素を配置し、図中に黄緑色の線で示した。

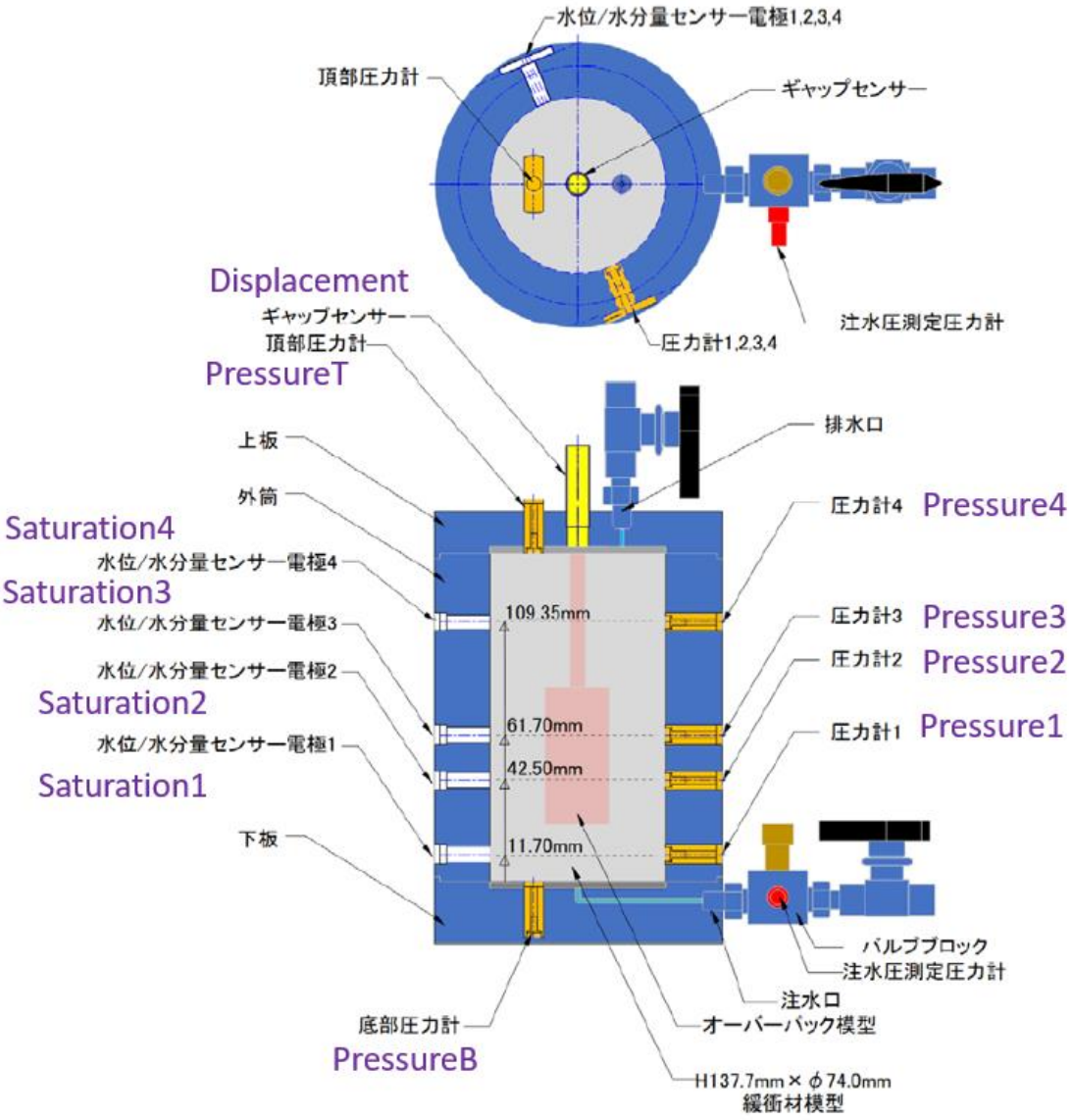


図 4-3- 83 小型圧力容器の概略図と計測位置

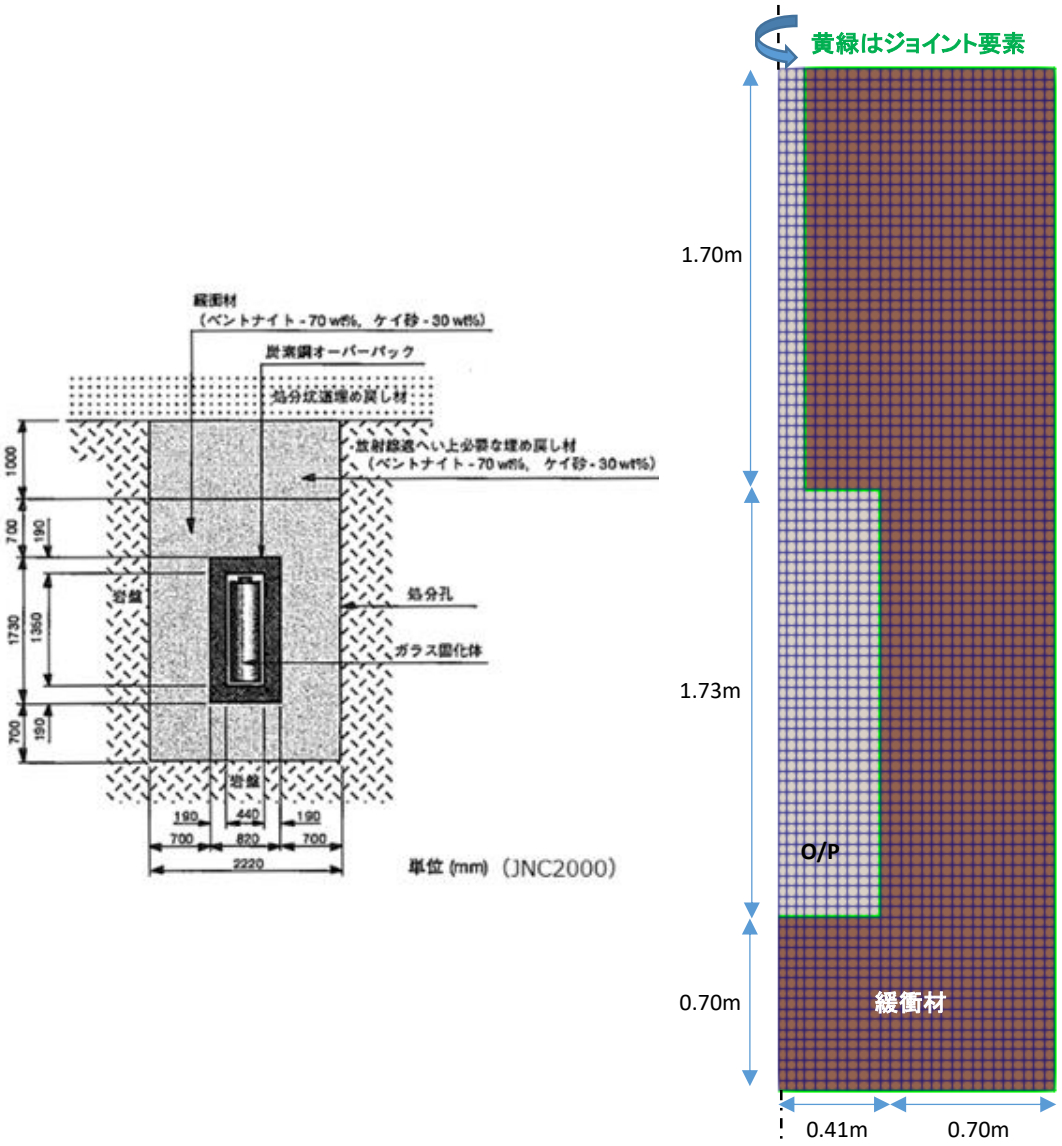


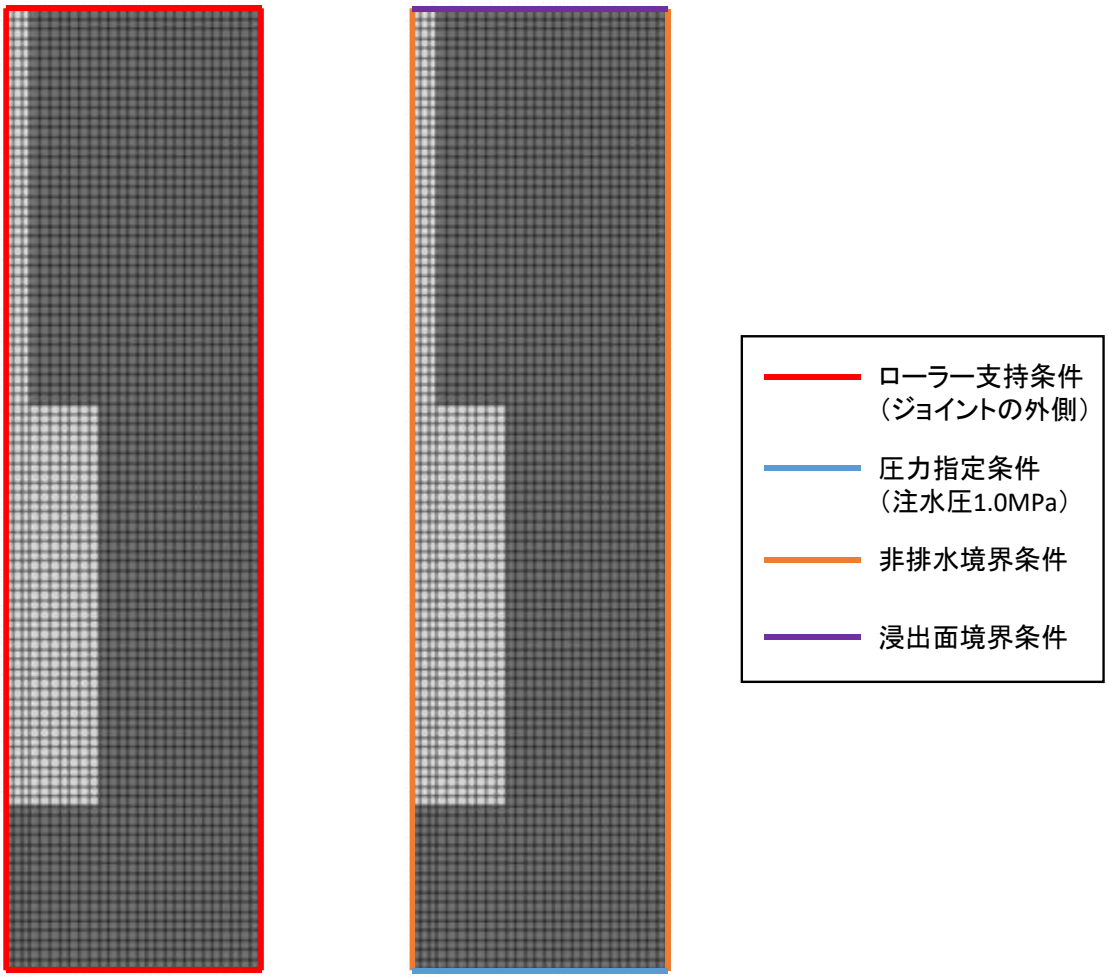
図 4-3- 84 軸対象解析に用いる解析メッシュ

(c)　解析条件

対象実験は加熱を考慮していないため数値解析は水理-力学（HM）連成解析として行い、設定上の温度としては模型試験実施中の平均室温から 25℃で一定とした。以降に、解析を行う上で設定した各種条件について説明する。

(i)境界条件

解析で設定した力学及び水理境界条件を図 4-3-85 に示す。力学境界は中心軸も含め全周ローラー支持条件であり、境界面にジョイント要素が配置されている箇所ではジョイント要素の境界面側の自由度を拘束した。水理境界条件は下面注水圧を 1.0MPa とし、上面は浸出面境界とすることで排水を行い、中心軸と外側面は非排水条件とした。なお、水理境界についてはジョイント要素の両面の節点に同じ設定を適用した。



(a) 力学境界条件　　(b) 水理境界条件

図 4-3- 85 解析上の境界条件

(ii)基本的な検討ケースで使用する力学特性値

解析検討では、全 6 ケースの試験条件を想定した基本検討を最初に行い、その後に結果を踏まえて追加検討を実施している。これらの解析対象とする緩衝材の諸条件を一覧にして表 4-3- 13 に示す。

基本的なケース検討では、緩衝材が飽和に近い条件で発揮する剛性をヤング率で 10MPa と仮定し、地盤材料の一般的なポアソン比として 0.3 を一律に設定して解析を実施した。表 4-3- 14 に基本的な検討ケースで設定した力学特性の一覧を示す。

膨潤特性としては要素試験結果より有効粘土密度ρ_cと飽和時に生じる最大膨潤圧P_sの関係を整理し（付録）、式(4-3-30)に示すパラメータpとqを設定している。

$$P_s = p \cdot exp\,(q \cdot \rho_c) \tag{4-3-30}$$

不飽和時に生じる膨潤圧の大きさは前述の通り、要素に生じる平均応力とサクションから計算し、その進行速度はパラメータlによって制御され、本研究では$l = 1$を仮定した。

有効粘土密度と膨潤圧の関係より、膨潤ひずみと最大膨潤圧の関係を整理したグラフを図 4-3-86 に示す。

この他、オーバーパック模型は鉄製であり、同様の模型試験と再現解析を実施した平成 28 年度の処分システム工学確証技術開発の報告（原子力環境整備促進・資金管理センター、2018）を参照し、表 4-3- 15 に示す力学特性を設定した。

表 4-3- 13 対象とする緩衝材の諸条件一覧

ベントナイトの種別		クニゲルV1砂混合		クニボンド砂混合		クニボンド	
間隙水の種別		純水	塩水	純水	塩水	純水	塩水
初期乾燥密度	Mg/m^3	1.60	1.60	1.12	1.12	1.12	1.12
初期間隙比	—	0.71	0.71	1.39	1.39	1.39	1.39
初期間隙率	—	0.42	0.42	0.58	0.58	0.58	0.58
ベントナイト混合率	%	70	70	70	70	100	100
初期有効粘土乾燥密度	Mg/m^3	1.37	1.37	0.89	0.89	1.12	1.12
モンモリロナイト含有率	%	57.9	57.9	81.3	81.3	81.3	81.3
有効モンモリロナイト乾燥密度	Mg/m^3	1.00	1.00	0.79	0.79	1.00	1.00
固相の密度	Mg/m^3	2.74	2.74	2.67	2.67	2.67	2.67
間隙水密度	Mg/m^3	1.00	1.02	1.00	1.02	1.00	1.02

表 4-3- 14 基本的なケース検討で使用する力学特性の一覧

ベントナイトの種別		クニゲルV1砂混合		クニボンド砂混合		クニボンド	
間隙水の種別		純水	塩水	純水	塩水	純水	塩水
ヤング率	MPa	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
ポアソン比	—	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
膨潤特性パラメータp (*1)	—	1.38E-03	1.50E-04	8.57E-04	1.21E-03	8.57E-04	1.21E-03
膨潤特性パラメータq (*1)	—	4.08	4.68	5.57	5.49	5.57	5.49
膨潤の進行速度パラメータl	—	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

※1 最大膨潤圧を設定する数式のパラメータ

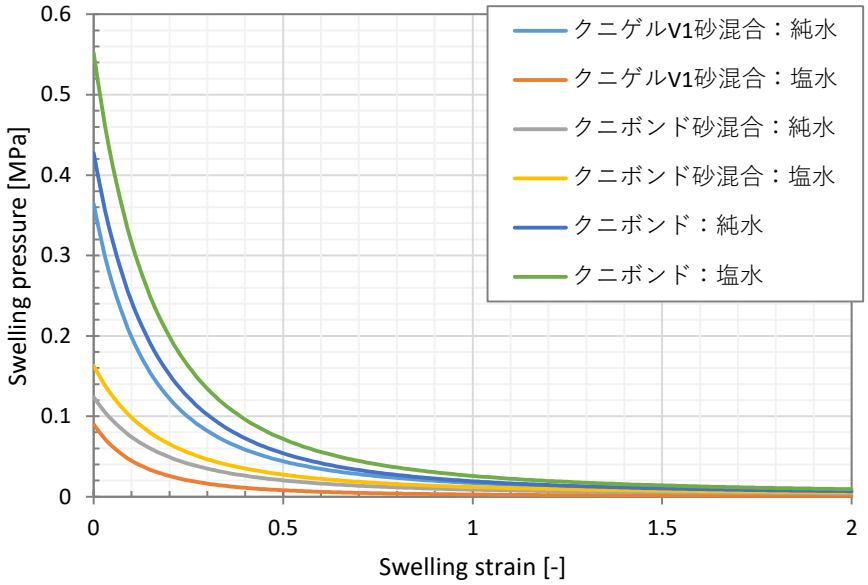


図 4-3- 86 各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係

表 4-3- 15 オーバーパック模型に設定した力学特性

密度（Mg/m³）		ヤング率（GPa）	ポアソン比（－）
6.35	193.0	0.30	

(iii)基本的な検討ケースで使用する水理特性値

水理特性は保水特性と透水試験結果を整理して設定し、

表 4-3- 16 に示す条件を設定した（付録）。水分特性曲線は式(4-3-31)に示す van Genuchten モデル（van Genuchten、1980）から設定し、$S_{l0} = 0.1$及び$S_{lmax} = 1.0$として計算した。なお、S_lは飽和度、sはサクションであり、P_0は水分特性曲線の骨格を制御する基準サクションである。また、透水係数は式（4-3-32）から有効粘土密度の関数として設定した（Appendix XXX）。

$$S_l = S_{l0} + (S_{lmax} - S_{l0})\left[1 + \left(\frac{s}{P_0}\right)^{\frac{1}{1-\lambda}}\right]^{-\lambda} \quad (4\text{-}3\text{-}31)$$

$$k_w = a \cdot exp\,(b \cdot \rho_c) \quad (4\text{-}3\text{-}32)$$

図 4-3-87 に各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係のグラフを示す。なお、初期サクションはクニゲル V1 を対象に取得された既往検討（原子力環境整備促進・資金管理センター、2018）を参照し、全ケースで一律に 55MPa とし、緩衝材の相対透水係数は三乗則から設定を行った。各緩衝材条件における初期飽和度の一覧を表 4-3- 17 に、水分特性曲線及び相対透水係数と飽和度の関係を図 4-3-88 に示す。

表 4-3- 16 基本的なケース検討で使用する水理特性の一覧

ベントナイトの種別		クニゲルV1砂混合		クニボンド砂混合		クニボンド	
間隙水の種別		純水	塩水	純水	塩水	純水	塩水
水分特性曲線P_0 (*1)	MPa	0.9	2.6	0.5	1.2	3.5	5.2
水分特性曲線λ (*1)	—	0.27	0.31	0.25	0.30	0.30	0.35
透水係数パラメータa (*2)	—	2.85E-10	4.84E-06	4.35E-05	4.35E-05	4.35E-05	4.35E-05
透水係数パラメータb (*2)	—	-4.8	-9.81	-14.6	-14.6	-14.6	-14.6
相対透水係数	—	S_l^3	S_l^3	S_l^3	S_l^3	S_l^3	S_l^3

※1 van Genuchten モデルのパラメータ

※2 透水係数を設定する数式のパラメータ

表 4-3- 17 各緩衝材条件における初期飽和度の一覧

ベントナイトの種別		クニゲルV1砂混合		クニボンド砂混合		クニボンド	
間隙水の種別		純水	塩水	純水	塩水	純水	塩水
初期飽和度	%	29.6	32.8	28.1	27.4	37.5	35.0

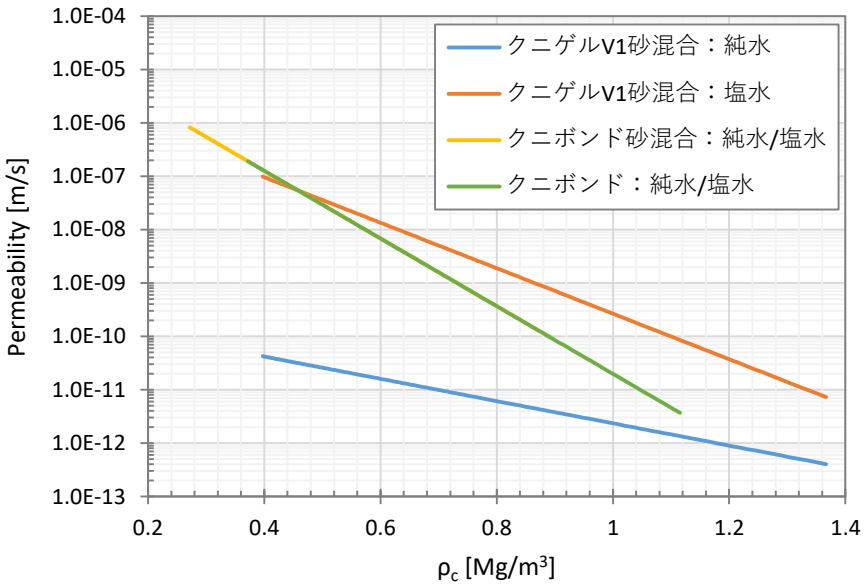


図 4-3- 87 各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係

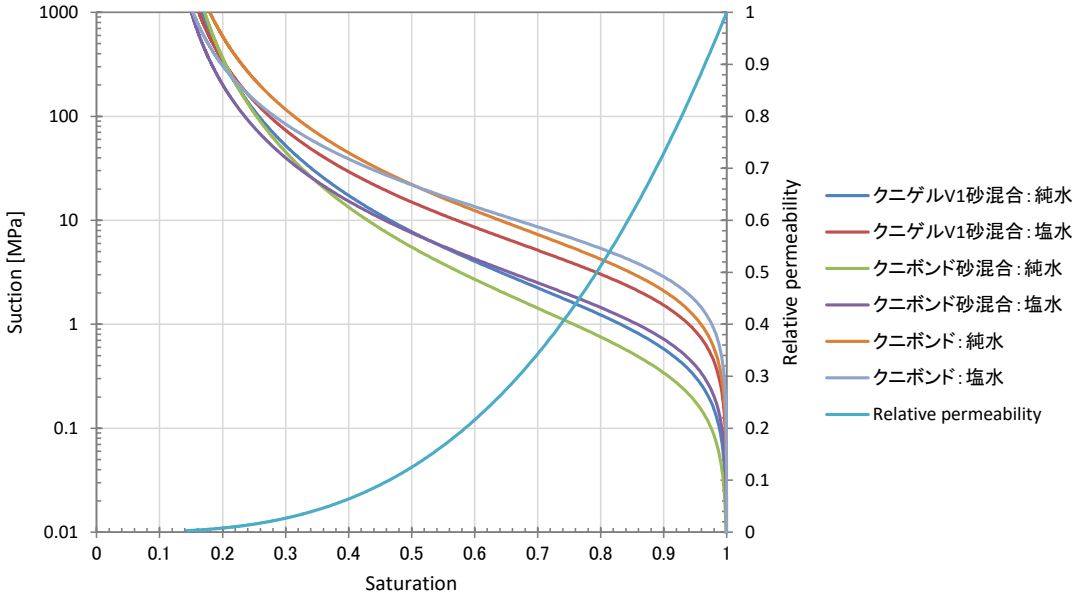


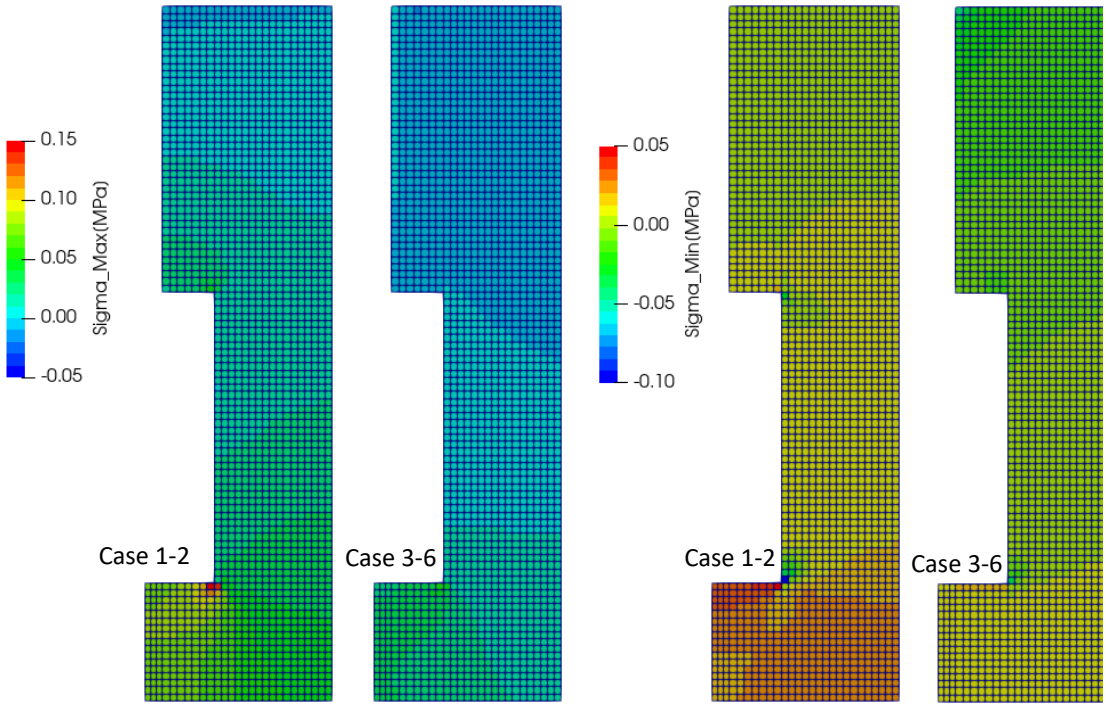
図 4-3- 88 各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数

(iv)接触面のモデル化

小型圧力容器及びオーバーパックと緩衝材の間にはジョイント要素を配置している。ジョイント要素は剥離や滑動が生じた際には剛性が消失する非線形要素であり、接着時の剛性は一般に両側の材料のより剛性の高い方を基準に設定する。本検討ではオーバーパックのヤング率と同じ条件とし（Zienkiewicz 型ジョイントの取り扱いはソリッド要素と同様である）、摩擦係数は既往検討（原子力環境整備促進・資金管理センター、2018）と同様に一律 0.3 とした。なお、LOSTUF で使用する THM 連成ジョイント要素では伝熱や水理特性を設定可能であるが、本検討では接触面を介した水分移動を考慮する必要がないため、透水性については 0 とした。

(v)初期応力

緩衝材の膨潤挙動には拘束圧が関係するため初期応力の設定は重要である。本検討では接触面の非線形挙動を考慮した初期応力解析を実施してこれを設定した。実施した解析結果より得られた各ケースの初期応力分布を圧縮正として図 4-3-89 に示す。



（a） 最大主応力分布　　（b） 最小主応力分布

図 4-3- 89 各ケースにおける初期応力分布（圧縮を正とする）

(d) 追加の検討ケース

本研究では既往の遠心模型試験 6 ケース（表 4-3- 12）を対象に数値解析を実施し、その結果を踏まえて追加の検討ケースを実施し、解析条件が結果にどの程度影響するか傾向を確認した。追加検討は実験結果との比較検討において見られた違いに着目し、オーバーパック変位が大きい点に着目した Case 1 と 2 及び浸潤速度が大きい Case 6 に対して実施した。

(i)追加検討ケースの一覧

Case 1 及び 2 に対する追加検討ケースは同様のものであり、平成 27 年度から平成 28 年度の処分システム工学確証技術開発（原子力環境整備・資金管理センター、2016、2017）で実施されたクニゲル V1・砂混合体に対する要素試験データより、緩衝材の弾性パラメータの飽和度依存性を考慮するものである。

表 4-3- 18 に Case 1 に対する追加検討ケースの一覧、表 4-3- 19 に Case 2 に対する追加検討ケースの一覧を示す。

Case 6 に対する追加検討ケースでは主に浸潤速度を小さくすることに着目し、飽和時の透水係数や相対透水係数を小さくする条件を設定している（付録）。なお、Case 1 や 2 と同様に変位を抑制するケースや、クニボンドの膨潤挙動に関する要素試験データが少ないことから膨潤特性に対する感度解析ケースも設定している。

表 4-3- 20 に Case 6 に対する追加検討ケースの一覧を示す。

表 4-3- 18 Case 1 に対する追加検討ケース一覧

ケース名	検討内容
Case 1-1	ヤング率の飽和度依存性を考慮し，初期剛性を大きくすることで変位を抑制する.
Case 1-2	Case 1-1 の修正に加えてポアソン比の飽和度依存性も考慮して変位を抑制する.

表 4-3- 19 Case 2 に対する追加検討ケース一覧

ケース名	検討内容
Case 2-1	ヤング率の飽和度依存性を考慮し，初期剛性を大きくすることで変位を抑制する.
Case 2-2	Case 2-1 の修正に加えてポアソン比の飽和度依存性も考慮して変位を抑制する.

表 4-3- 20 Case 6 に対する追加検討ケース一覧

ケース名	検討内容
Case 6-1	有効粘土密度依存の透水係数パラメータの見直しを行う（低透水性のデータを使用）.
Case 6-2	相対透水係数を 3 乗則でなく Mualem 式に変更する（Mualem van Genuchten モデル）.
Case 6-3	ヤング率とポアソン比の飽和度依存性を考慮する（クニゲル V1 ケースの特性を採用）.
Case 6-4	膨潤ひずみと膨潤圧の関係における膨潤ひずみを 1/2 倍にスケールする.
Case 6-5	透水係数を有効粘土密度に依存しない一定値 kw=7.06E-13[m/s]とする（試験最小値）.

(ii)緩衝材の弾性パラメータの飽和度依存性

地盤材料の弾塑性体としての特性は一般に飽和度の上昇に伴い、剛性は低下しポアソン比は上昇すると考えられる。これらは水分量の増加に伴い生じるもので、応力変形と間隙水圧の自由度を独立して考慮する有効応力解析では、適切な構成則を採用することで自ずと生じるものと考えられる。しかし、ベントナイトのような難透水性でサクションの大きい粘性土を対象とする場合、浸潤過程においては変形と水圧間の連成を考慮することが難しい（大き過ぎるサクションで要素が潰れてしまう）ため、本研究の解析検討では不飽和域における連成を考慮していない。また、基本検討では剛性については飽和時相当のヤング率を仮定し、ポアソン比は乾燥時の一般値を設定して弾性体として解析を行っているため膨潤変形量が大きくなっており、追加検討ケースではこの条件の見直しを行う。

平成 27～28 年度の処分システム工学確証技術開発（原子力環境整備・資金管理センター、2016、2017）では、クニゲル V1 と砂の混合土（7：3）の含水比を変えた各供試体の圧縮試験時に E_{50} 値を取得しており、図 4-3-90 に示すヤング率の飽和度依存性を用いた数値解析が行われている。なお、飽和近傍におけるデータは取得しておらず、ヤング率の下限値は 2000 年レポート（核燃料サイクル機構、1999）を参考に 10MPa としており、またポアソン比については妥当なデータの取得が難しく図 4-3-91 に示す絶乾時を 0.3、飽和時を 0.49 とする線形の関係を用いている。そこで、Case 1 と Case 2 の追加検討ケースでは図 4-3-90 と図 4-3-91 に示す飽和度依存性を採用し、浸潤過程で生じる剛性変化を増分解析により取り扱う。Case 2 における注入水は人工海水であるが同じ特性を使用した。また、Case 6 はクニボンドに対する検討ケースであるが、対応するデータが取得されていないため同じ特性をそのまま使用した。

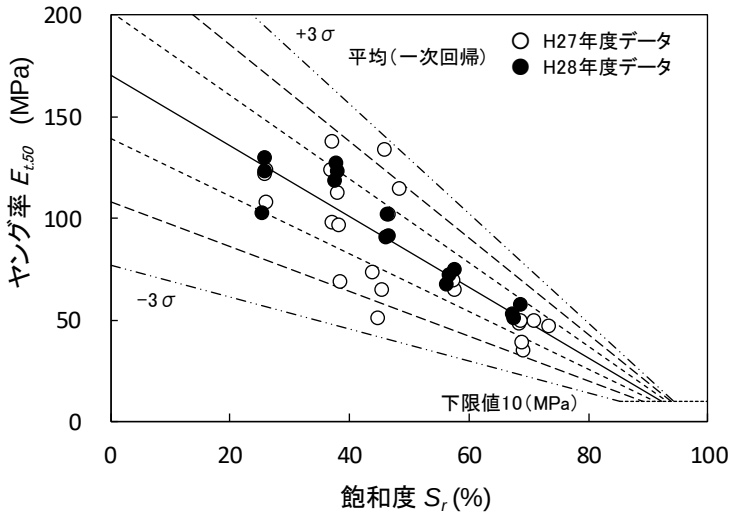


図 4-3- 90 緩衝材に設定するヤング率の飽和度依存性

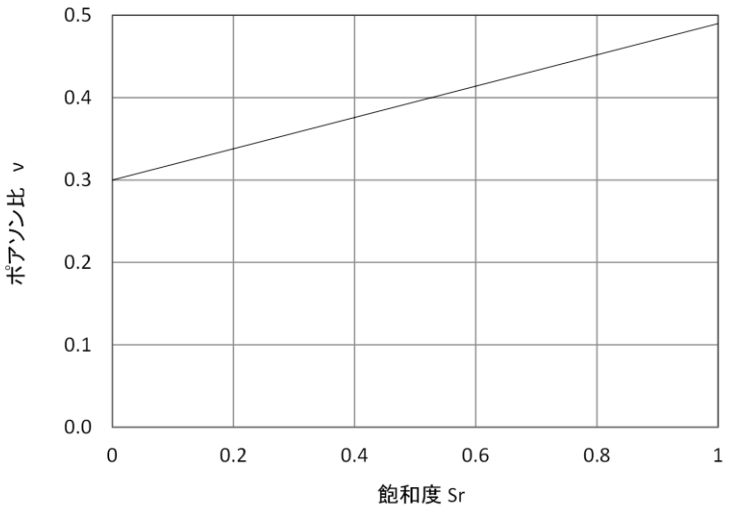


図 4-3- 91 緩衝材に設定するポアソン比の飽和度依存性

(iii)緩衝材の透水性の見直し

Case 6 では実験結果に比べて浸潤速度が大きい傾向があったことから透水性を小さくする見直しを行った。Case 6-1 では要素試験結果より透水性の小さいデータに着目し、透水係数を有効粘土密度の関数として定義した式(4-3-32)のパラメータの内、aを見直して 1.59E-5 とした。図 4-3-92 に追加検討の Case 6-1 を含む各緩衝材条件の有効粘土密度と透水係数の関係を示す。

また、Case 6-2 では他のケースと異なり、相対透水係数k_rを式(4-3-33)に示す Mualem の式（Mualem、1976）から設定した。

$$k_r = {S_l}^{\kappa}\left[1-\left(1-S_l^{\frac{1}{\lambda}}\right)^{\lambda}\right]^2 \tag{4-3-33}$$

ここで、κは間隙結合係数というパラメータであり、Mualem は 45 種類の土壌材料を対象にこれを経験的に求め、1/2 が広く一般に用いられている。なお、van Genuchten は Mualem のパラメータλを用いて水分特性曲線式をモデル化し（van Genuchten、1980）、相対透水係数と水分特性曲線の式を結合したこのモデルは Mualem van Genuchten モデルとして知られている。

図 4-3-93 に Case 6-2 に設定する Mualem 式と他ケースの 3 乗則で計算した相対透水係数の比較を示す。

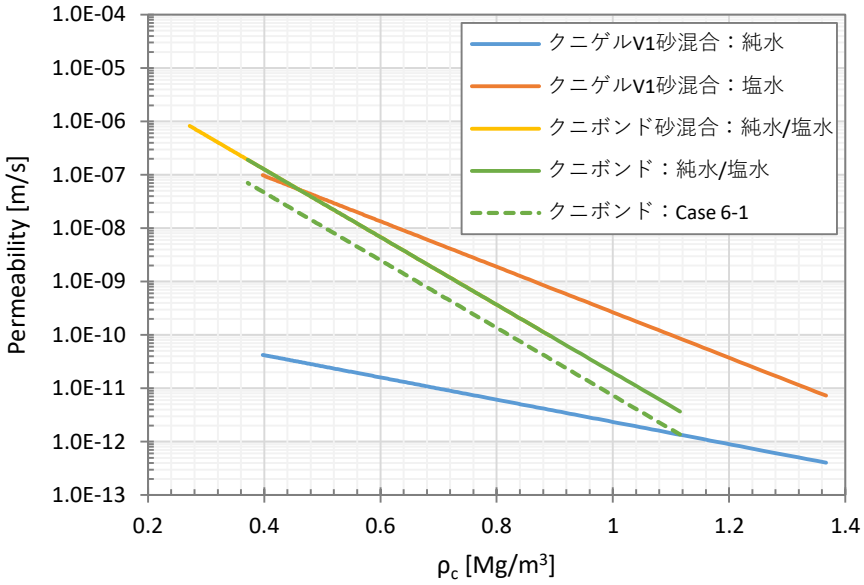


図 4-3- 92 追加検討を含む各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係

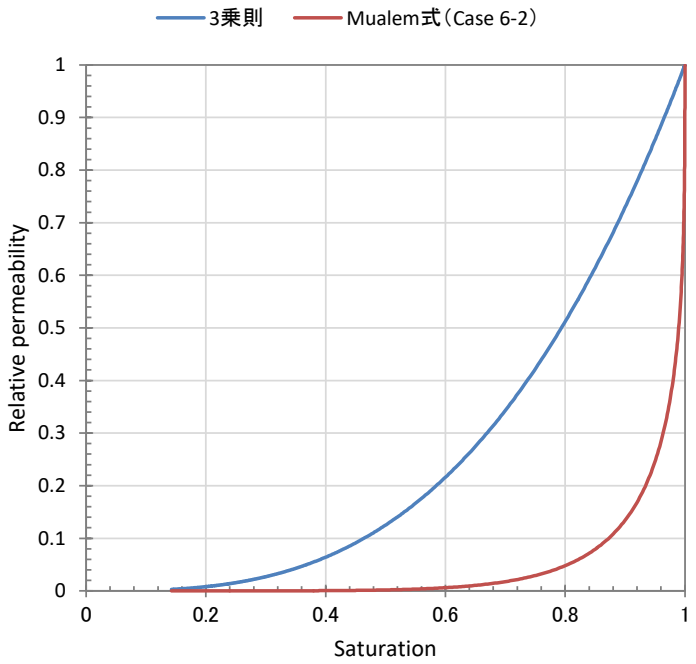


図 4-3- 93 各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数

(iv)緩衝材の膨潤特性の変更

Case 6-4 ではクニボンドの膨潤ひずみと最大膨潤圧の関係が挙動に及ぼす影響を確認するため、図 4-3-94 に示す膨潤ひずみを修正前の 1/2 倍にスケールする設定を行った。

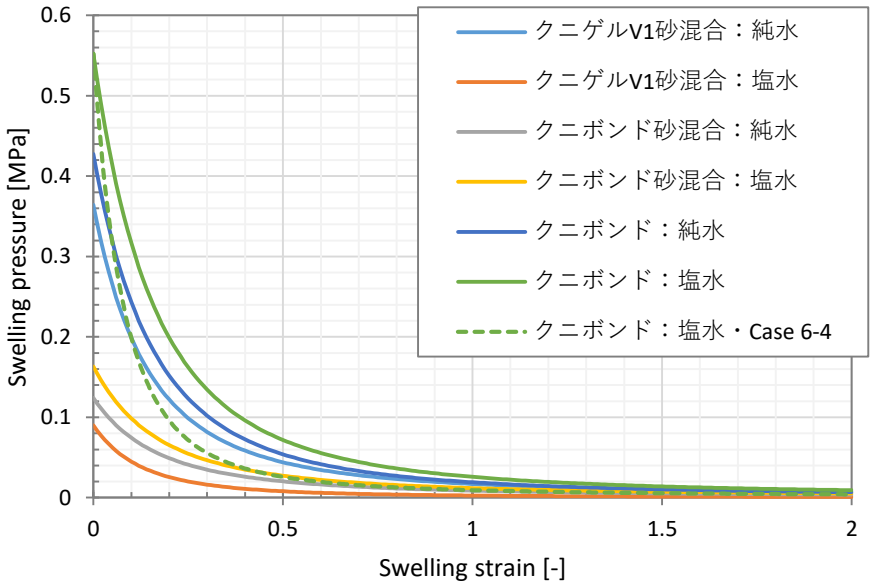


図 4-3- 94 追加検討を含む各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係

④ 解析結果（基本の検討ケース）

基本的なケースの解析結果より各ケースの 1000 年経過時における最終変位分布と変形の様子を図 4-3-95 に示す。また、以降の図 4-3-95 から図 4-3-137 に、オーバーパック変位、各位置の緩衝材土圧と飽和度の経過時間変化をグラフで示し、合わせて 1、10、50、100、1000 年経過時における緩衝材の飽和度、乾燥密度、含水比の分布図を示す。解析結果はケースごとにまとめて示し、各ケース結果の末尾に解析結果に対する考察を添えている。

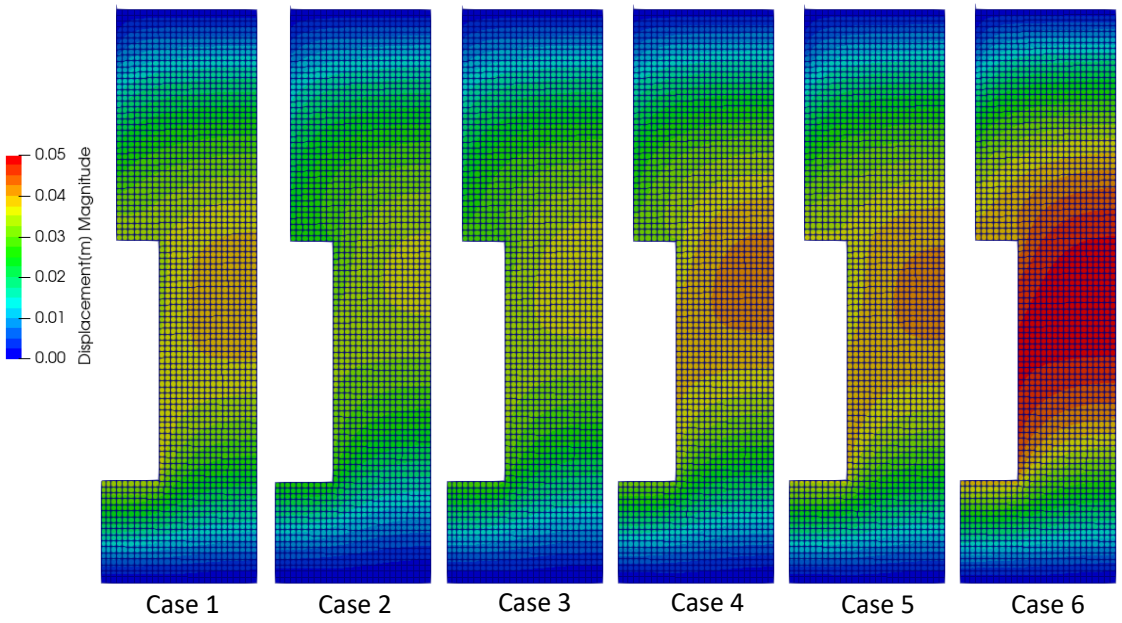


図 4-3- 95 各ケースの最終変位分布（等倍変形図）

(a)Case 1 の解析結果

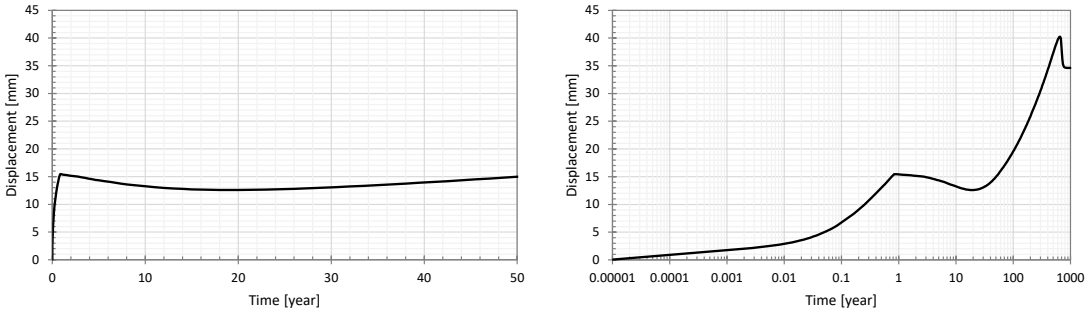


図 4-3- 96 Case 1 の O/P 変位の経過時変化

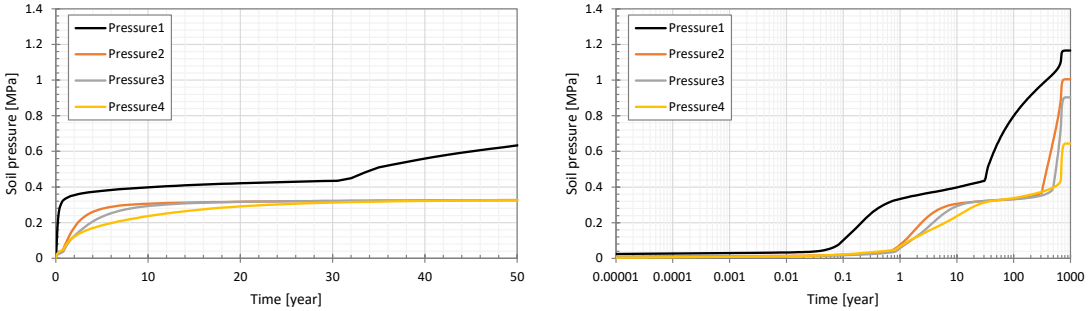


図 4-3- 97 Case 1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

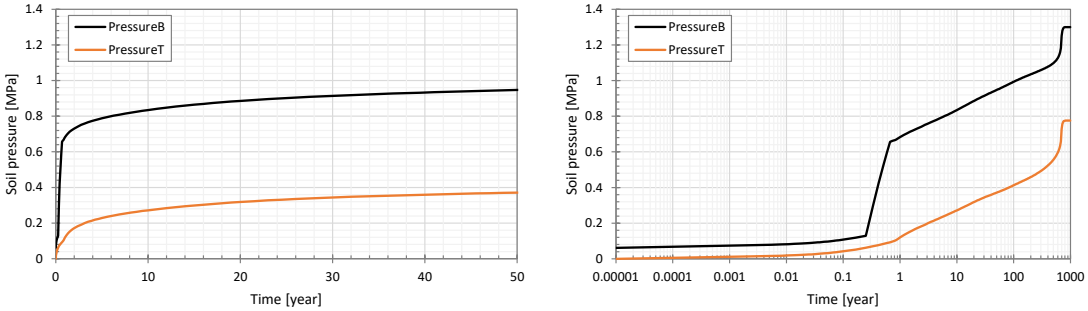


図 4-3- 98 Case 1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

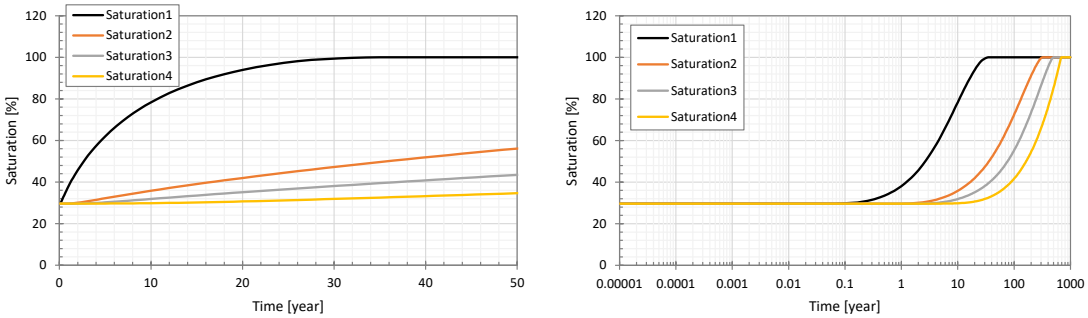


図 4-3- 99 Case 1 の各位置の飽和度の経過時変化

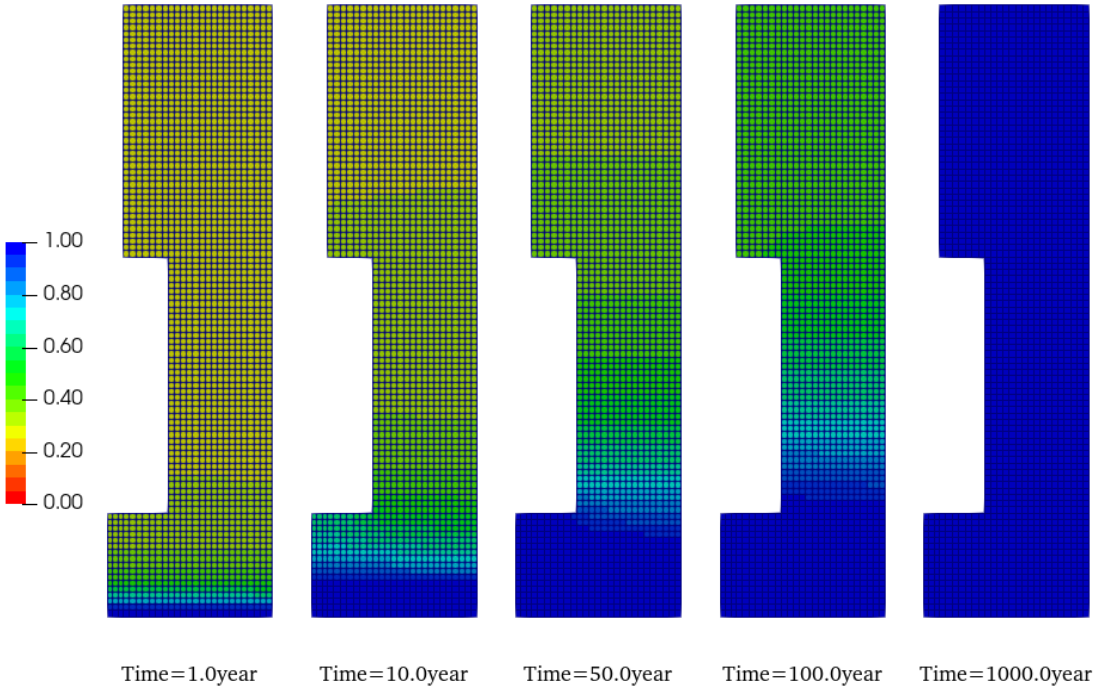


図 4-3- 100 Case 1 の飽和度分布の経過時変化

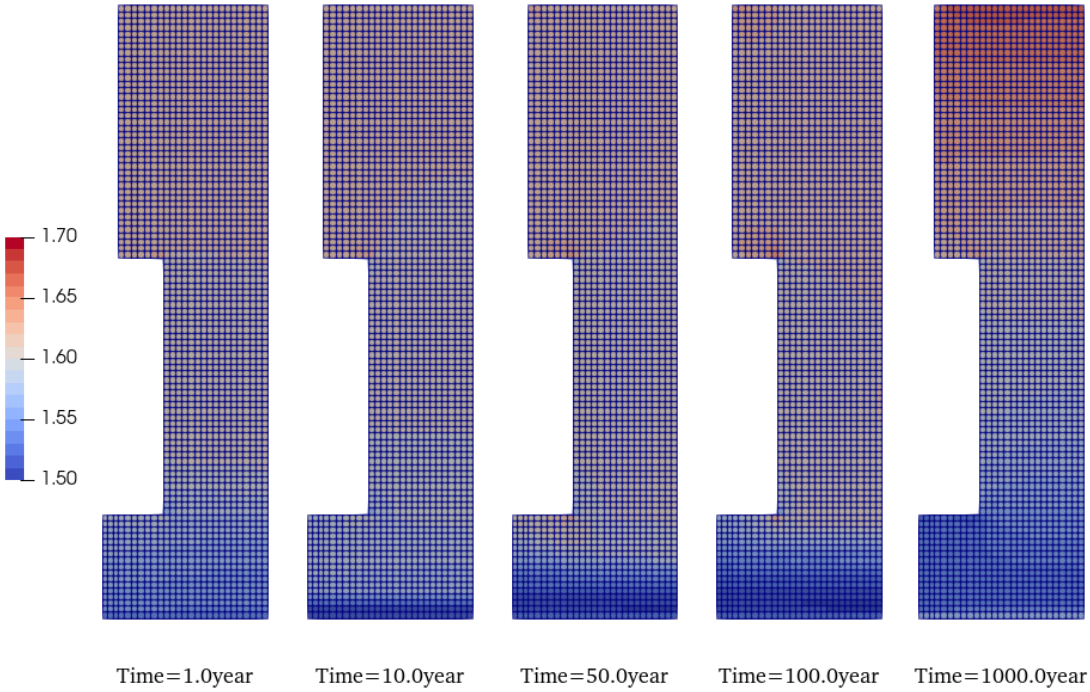


図 4-3- 101 Case 1 の乾燥密度分布の経過時変化

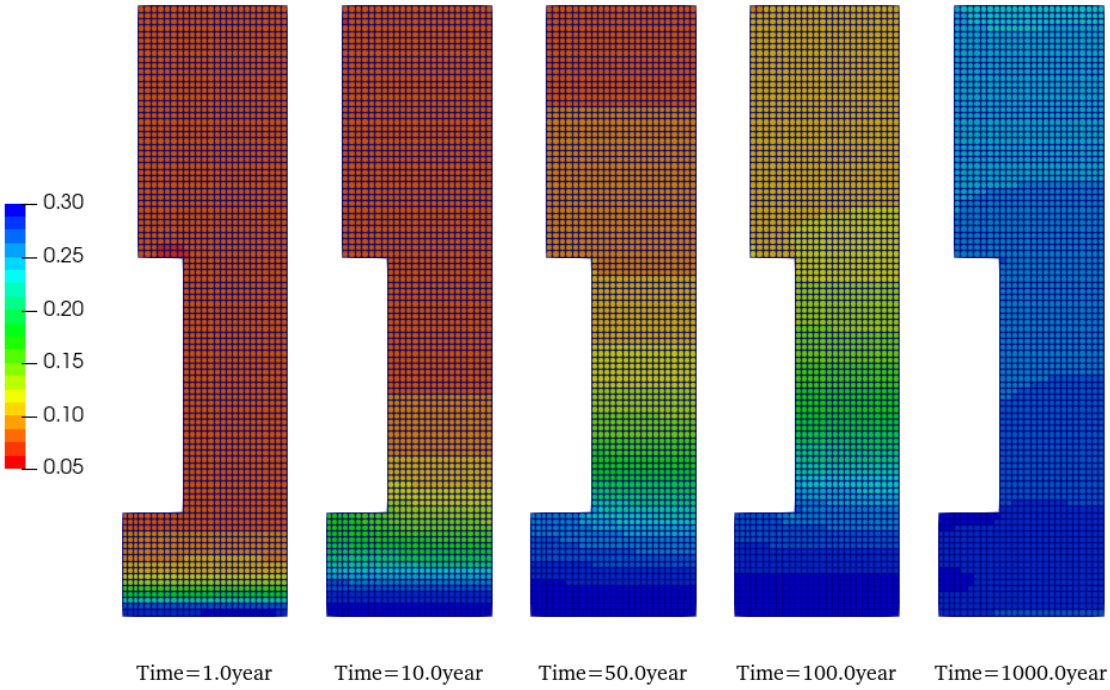


図 4-3- 102 Case 1 の含水比分布の経過時変化

このケースはクニゲル V1+砂混合土と純水を組み合わせた緩衝材条件であり、他と比べて浸潤速度が非常に小さいケースである。一方で底面は飽和に至るのが早いため膨潤作用の立ち上がりも早く、O/P の変位量は注水開始から直ぐにほぼ一定となっており、その後は 30 年経過時以降に下部から飽和に至ることで大きく変位が立ち上がっている。全体が飽和して冠水に至るのは 500 年以上を要する結果となっており、上部の緩衝材が飽和に至るころには全体の土圧が大きくなっており、ほとんど膨潤できないことや排水条件により生じる圧力勾配から乾燥密度にむらが残る結果となっている。最終的には冠水し、上部で生じた間隙水圧によって O/P は少し押し戻されている。

(b)Case 2 の解析結果

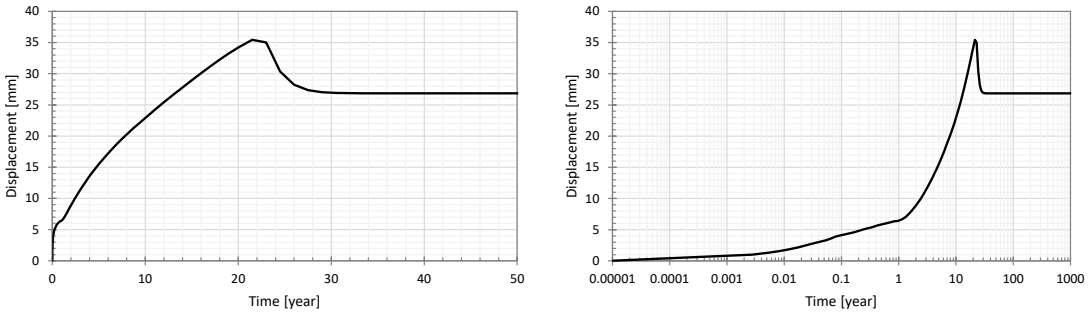


図 4-3- 103 Case 2 の O/P 変位の経過時変化

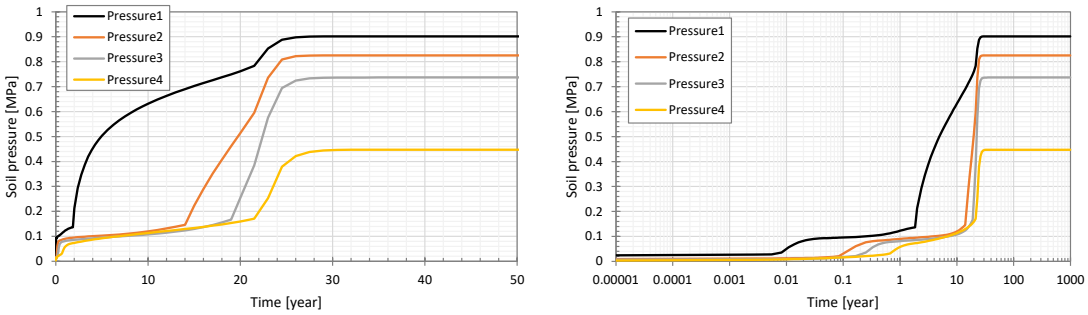


図 4-3- 104 Case 2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

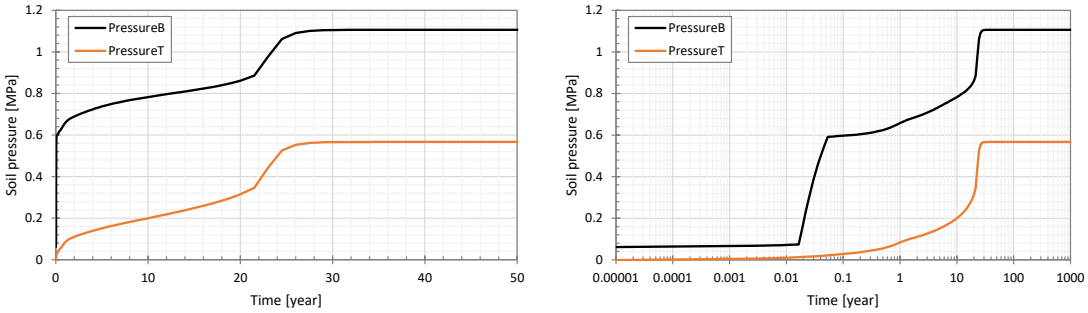


図 4-3- 105 Case 2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

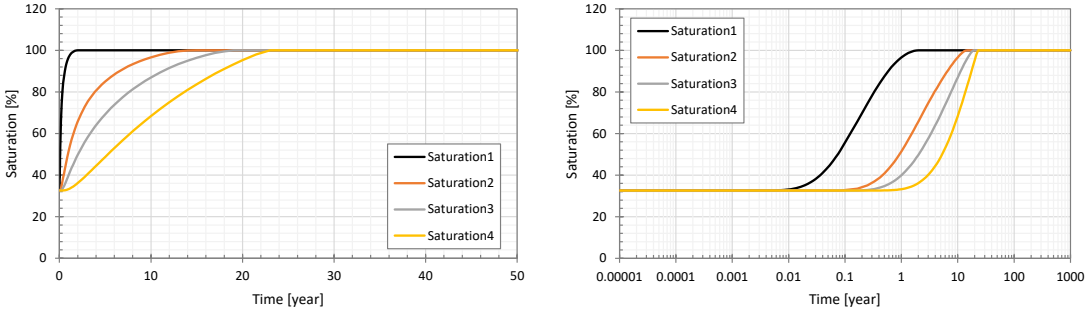


図 4-3- 106 Case 2 の各位置の飽和度の経過時変化

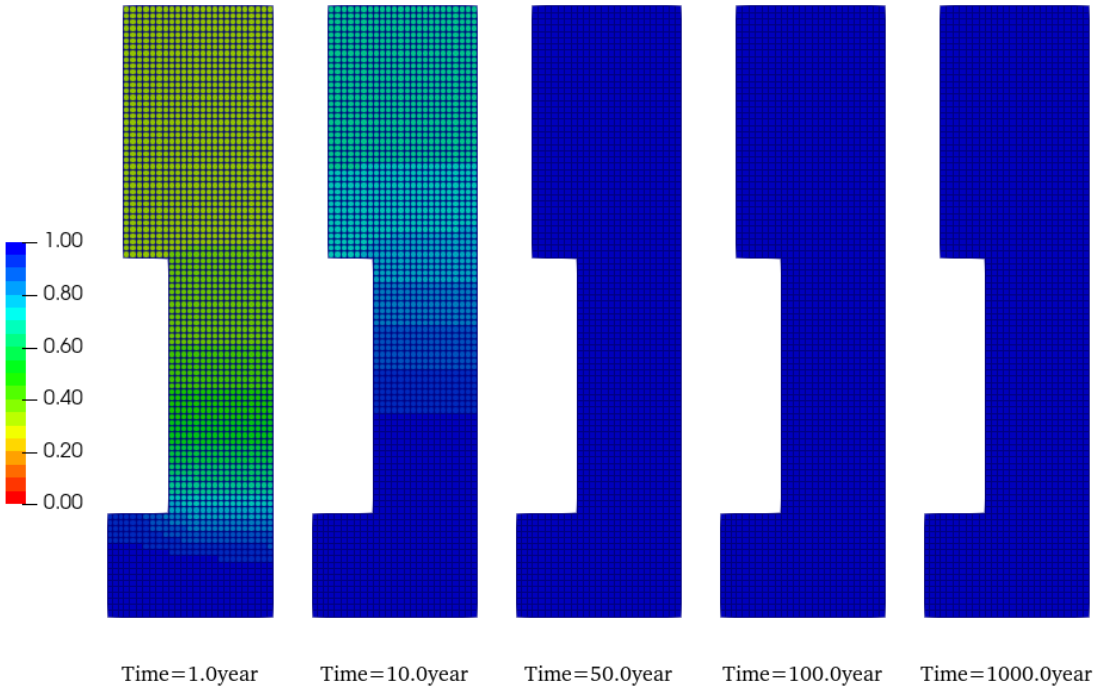


図 4-3- 107 Case 2 の飽和度分布の経過時変化

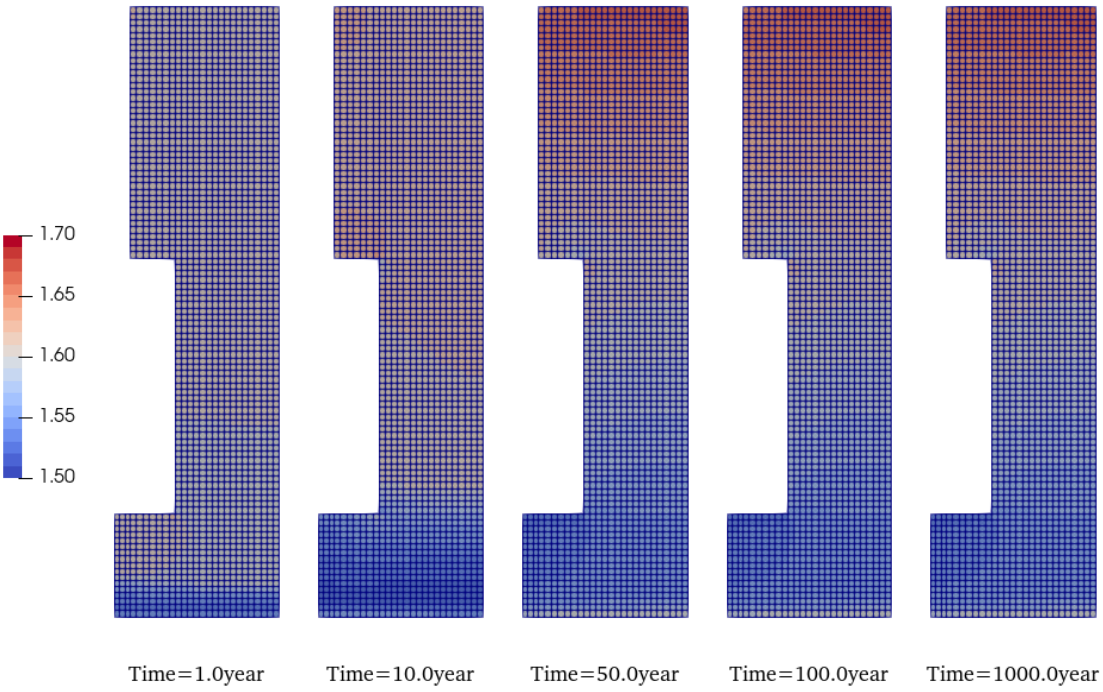


図 4-3- 108 Case 2 の乾燥密度分布の経過時変化

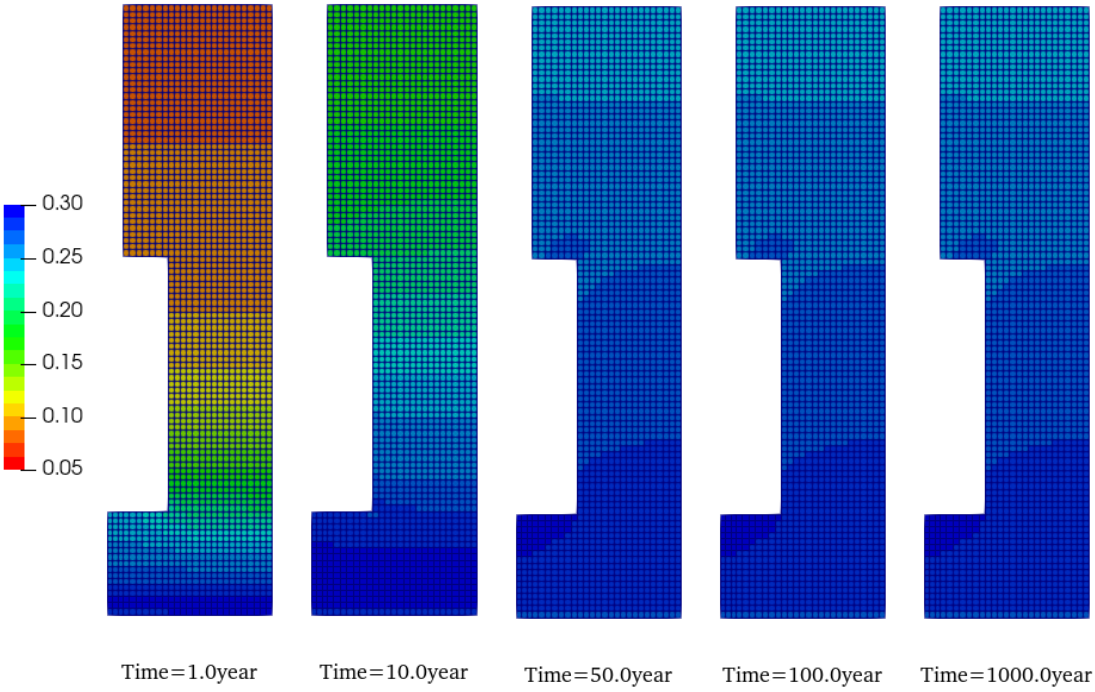


図 4-3- 109 Case 2 の含水比分布の経過時変化

このケースはクニゲル V1+砂混合土と人工海水を組み合わせた緩衝材条件であり、間隙水のみ異なる Case 1 と比べると浸潤速度が非常に大きいケースとなっている。一方で膨潤圧は小さいため、極初期に立ち上がりが見られて以降は間隙水圧によって O/P を押し上げており、その後冠水に至るのも早く、20 年経過時以降は O/P が押し戻されて過渡的な現象としては収束している。経時変化には大きな違いがあるが、最終的な状態としては Case 1 と似た結果となっている。

(c)Case 3 の解析結果

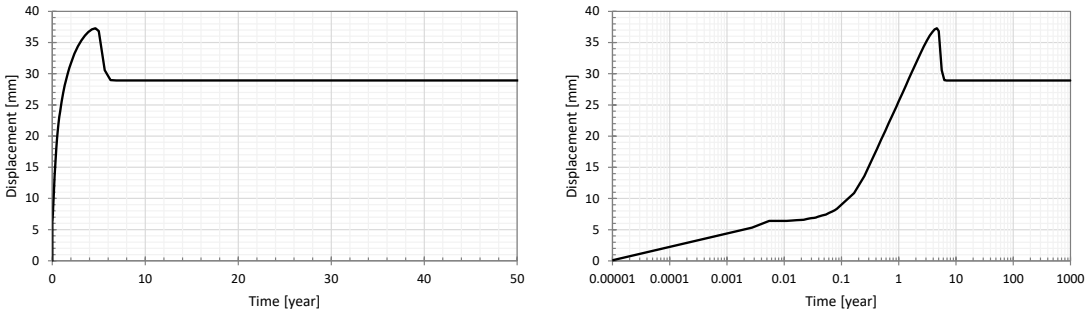


図 4-3- 110 Case 3 の O/P 変位の経過時変化

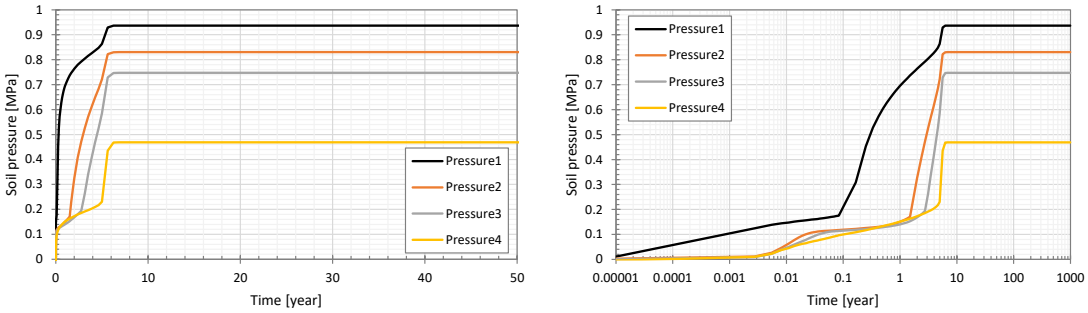


図 4-3- 111 Case 3 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

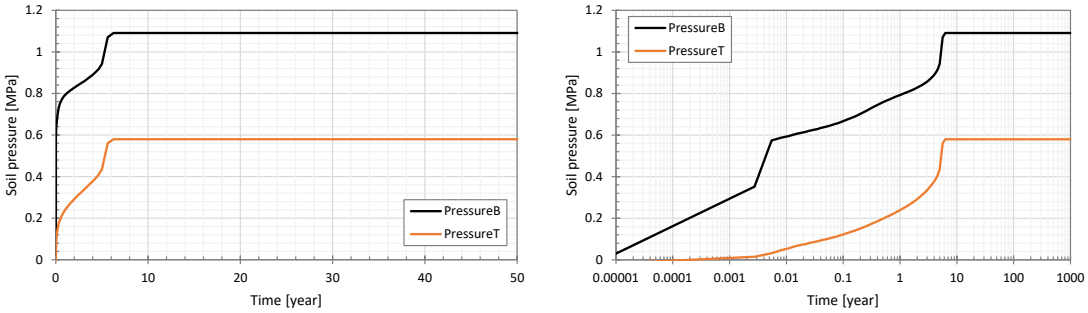


図 4-3- 112 Case 3 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

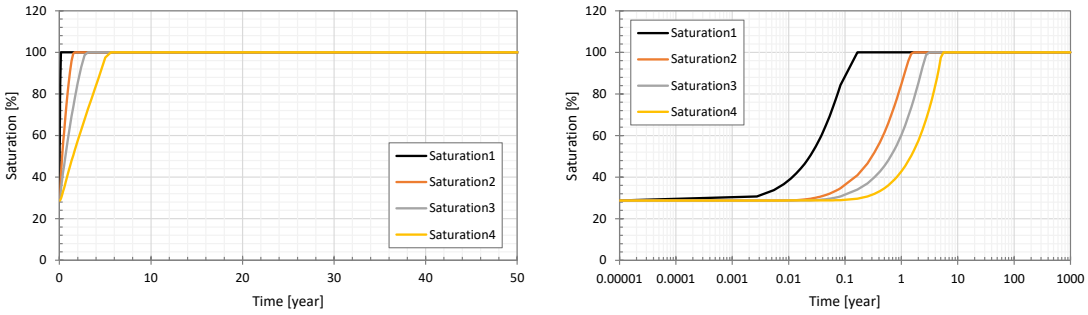


図 4-3- 113 Case 3 の各位置の飽和度の経過時変化

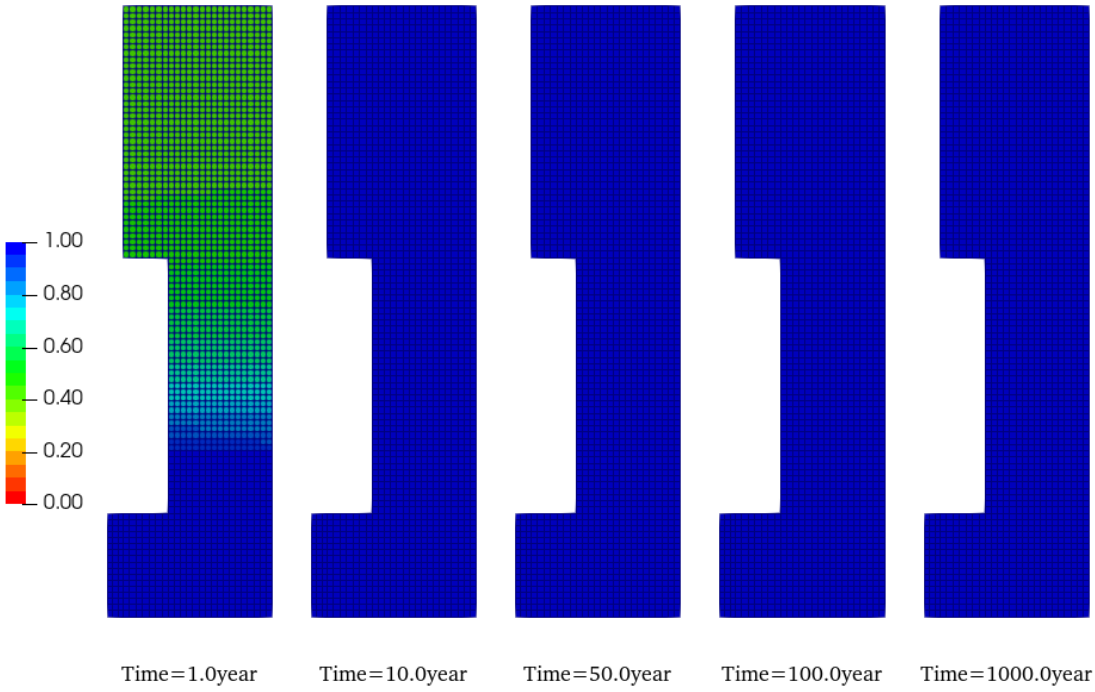


図 4-3- 114 Case 3 の飽和度分布の経過時変化

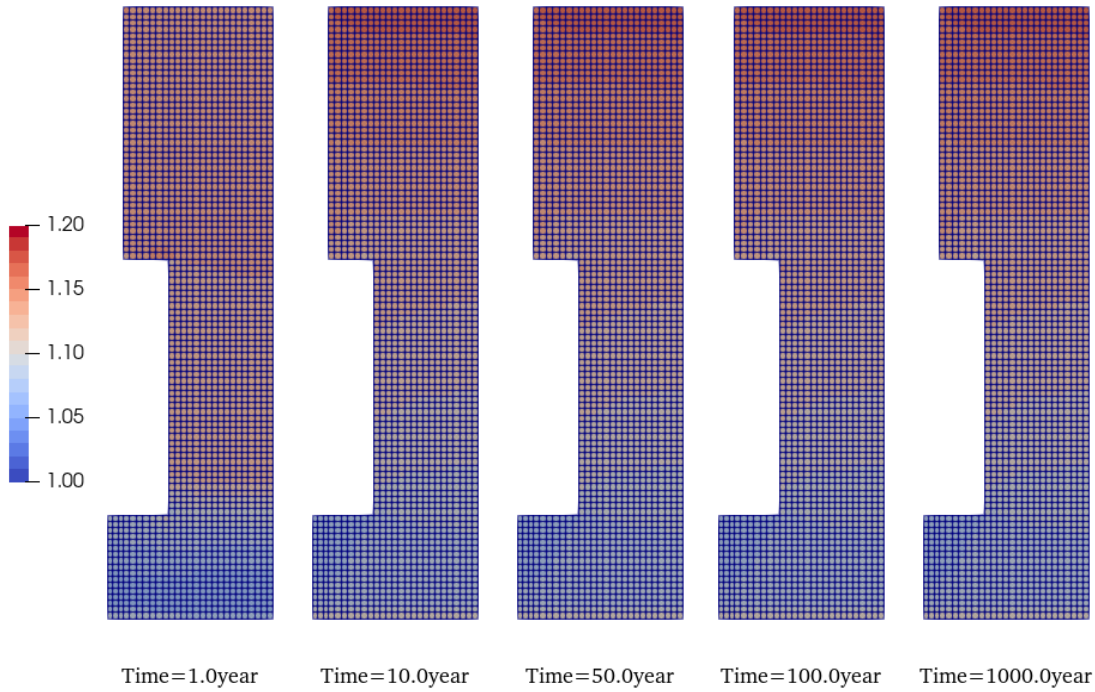


図 4-3- 115 Case 3 の乾燥密度分布の経過時変化

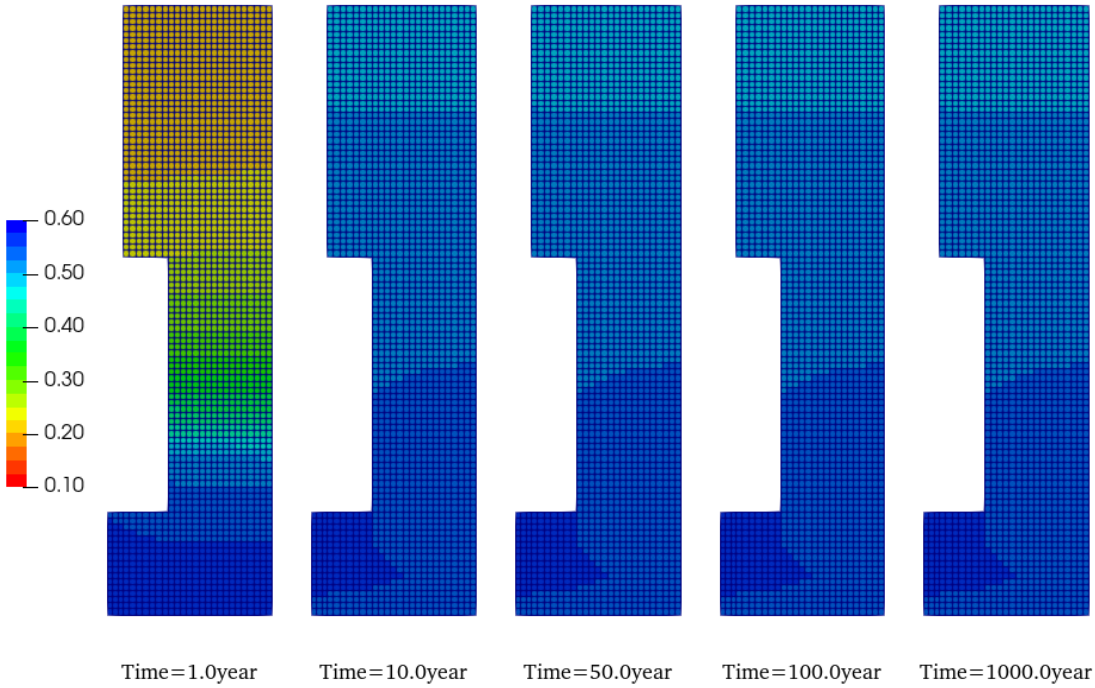


図 4-3- 116 Case 3 の含水比分布の経過時変化

このケースはクニボンド+砂混合土と純水を組み合わせた緩衝材条件であり、初期の有効粘土密度が小さいこともあり浸潤速度が非常に大きい。発生する膨潤圧も比較的小さく、傾向として Case 2 と似た結果となっているが浸潤速度は更に大きい。極初期に立ち上がりが見られて以降は間隙水圧によって O/P を押し上げており、数年で冠水に至り O/P が押し戻されて過渡的な現象としては終息している。最終的な乾燥密度分布は間隙水圧の分布に大きく影響を受けていると考えられる。

(d)Case 4 の解析結果

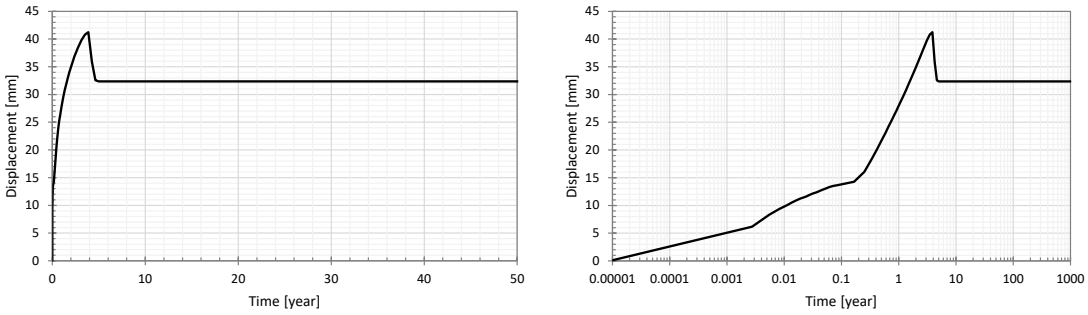


図 4-3- 117 Case 4 の O/P 変位の経過時変化

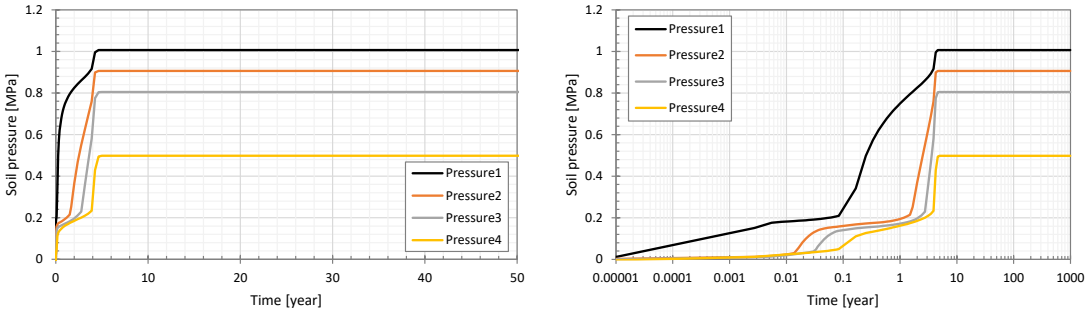


図 4-3- 118 Case 4 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

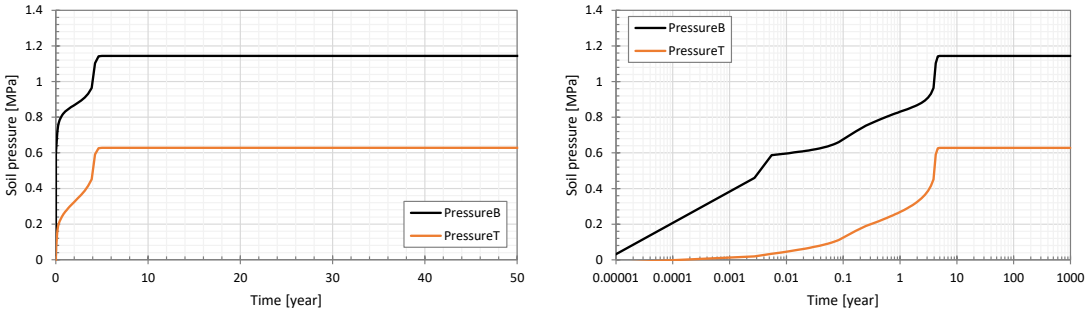


図 4-3- 119 Case 4 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

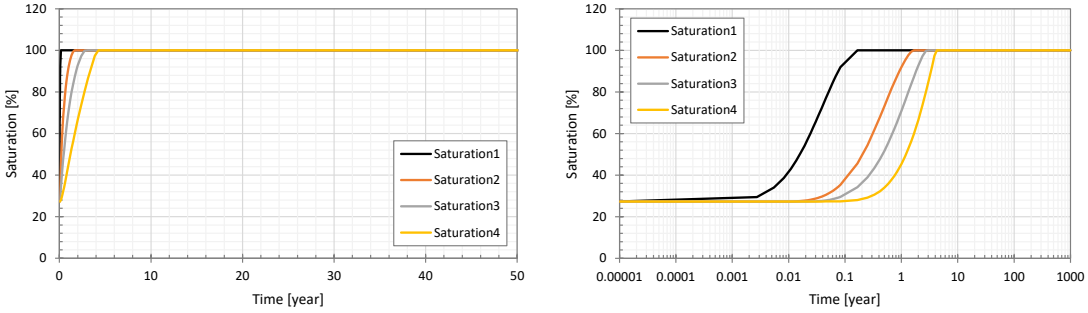


図 4-3- 120 Case 4 の各位置の飽和度の経過時変化

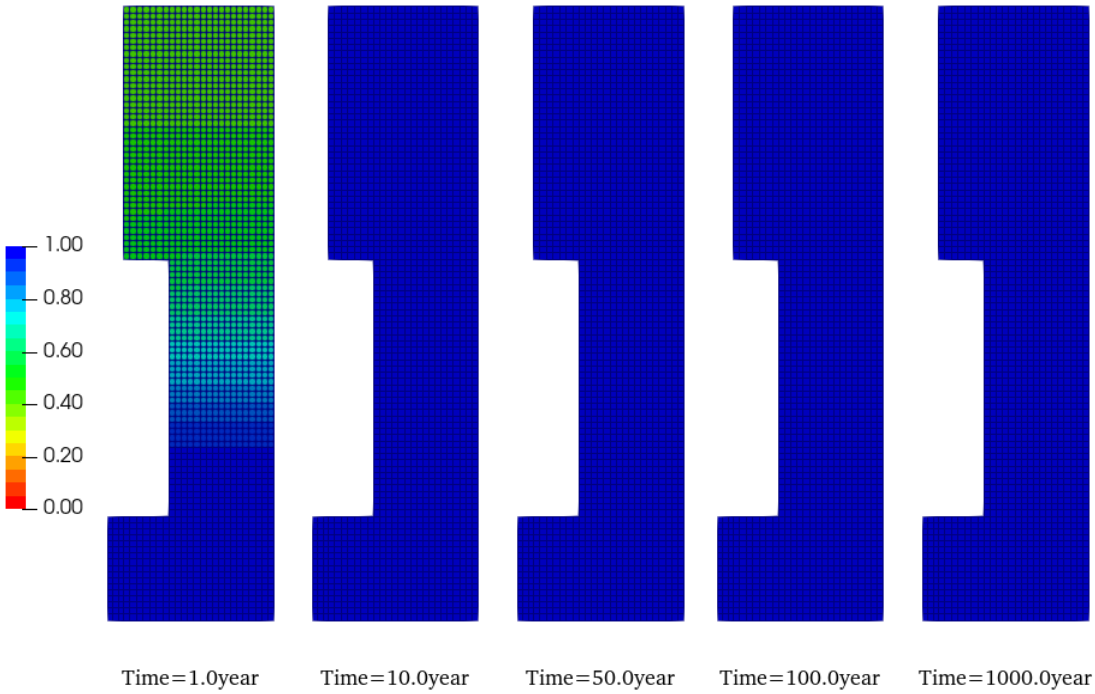


図 4-3- 121 Case 4 の飽和度分布の経過時変化

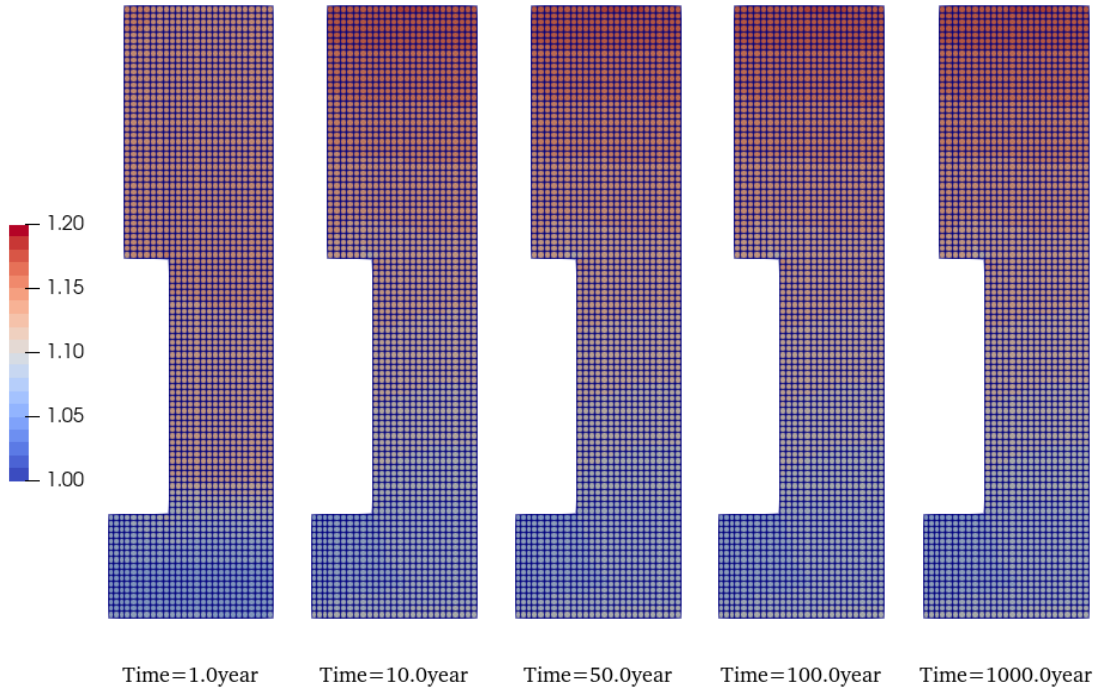


図 4-3- 122 Case 4 の乾燥密度分布の経過時変化

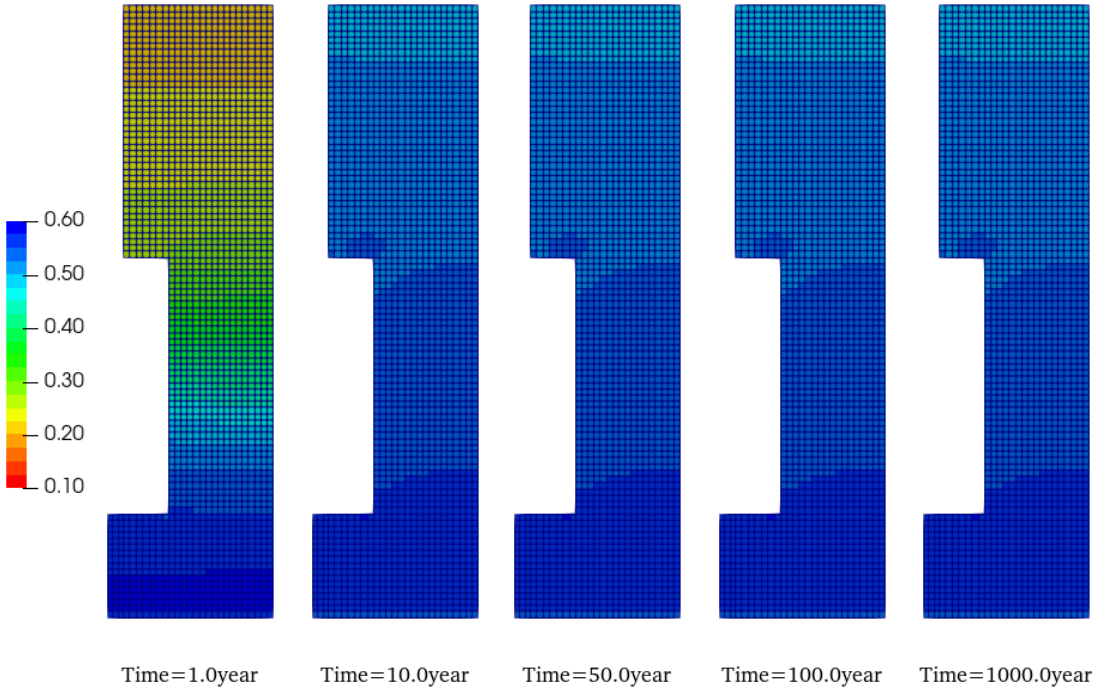


図 4-3- 123 Case 4 の含水比分布の経過時変化

このケースはクニボンド+砂混合土と人工海水を組み合わせた緩衝材条件であり、初期の有効粘土密度が小さいこともあり浸潤速度が非常に大きいのは Case 3 と同じである。発生する膨潤圧が Case 3 より大きいためか、初期の O/P 変位の立ち上がりが大きく、結果として透水性は更に大きくなり Case 3 より早く冠水している。全ての経時変化は 5 年経過時頃までに終息しており、結果としては Case 3 とほぼ同様である。

(e)Case 5 の解析結果

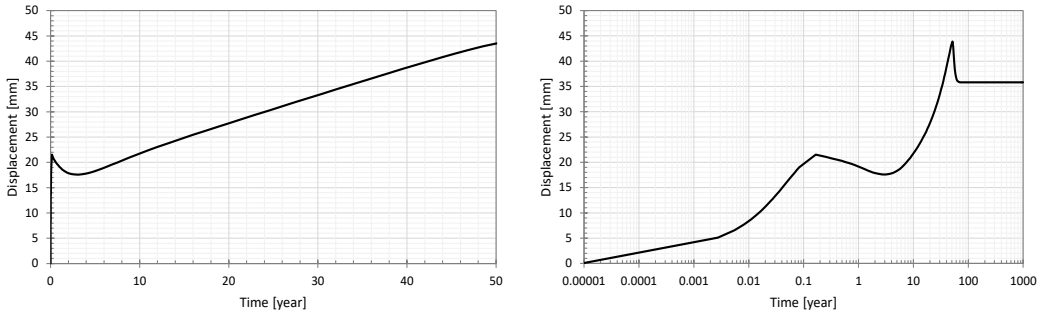


図 4-3- 124 Case 5 の O/P 変位の経過時変化

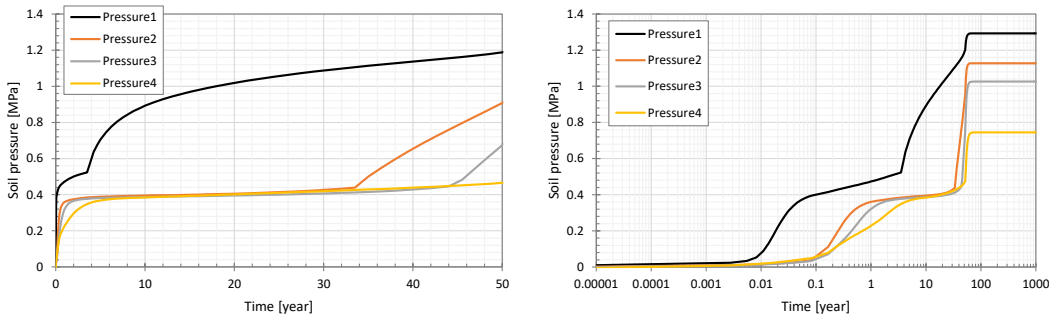


図 4-3- 125 Case 5 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

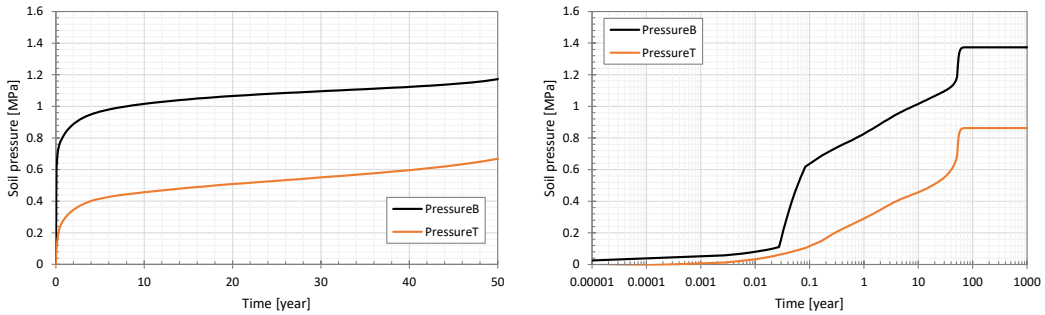


図 4-3- 126 Case 5 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

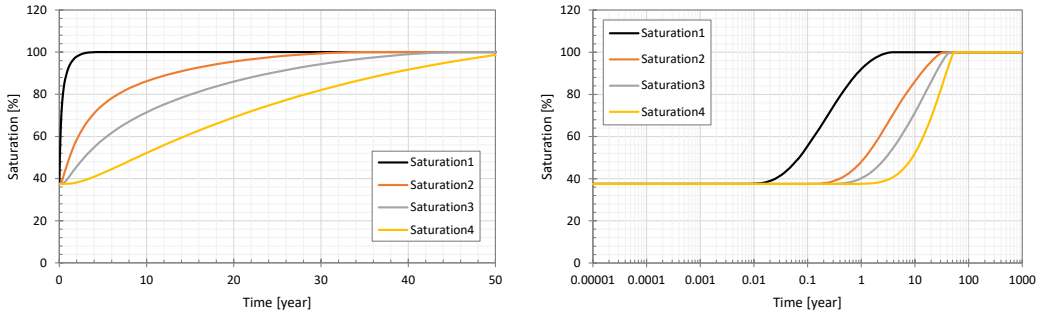


図 4-3- 127 Case 5 の各位置の飽和度の経過時変化

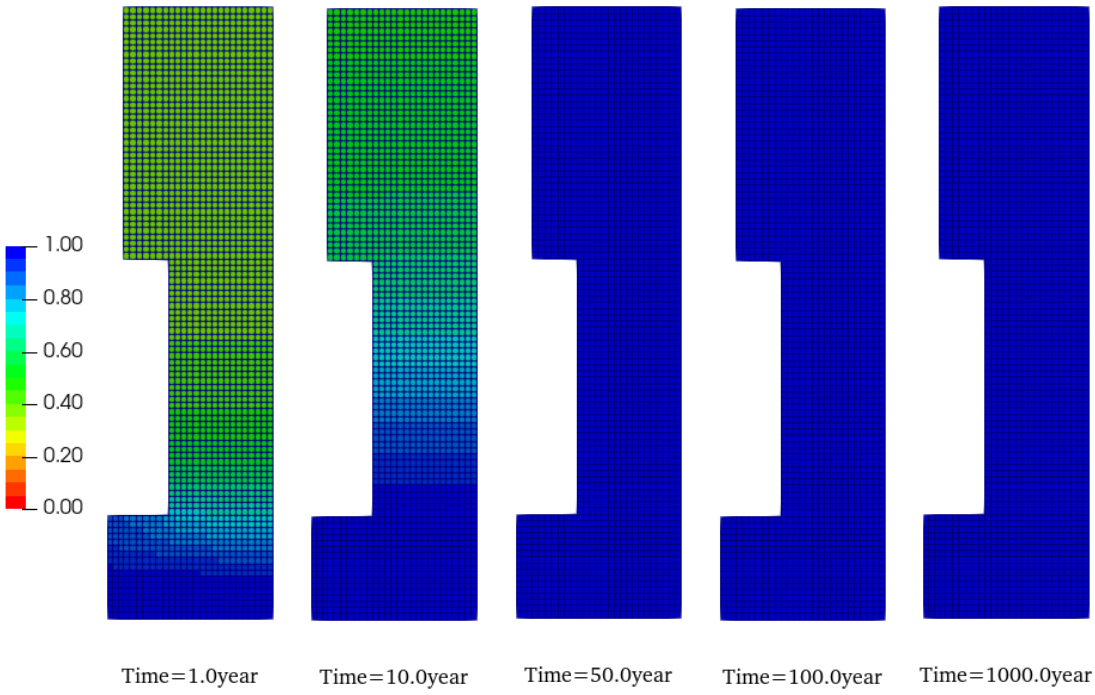


図 4-3- 128 Case 5 の飽和度分布の経過時変化

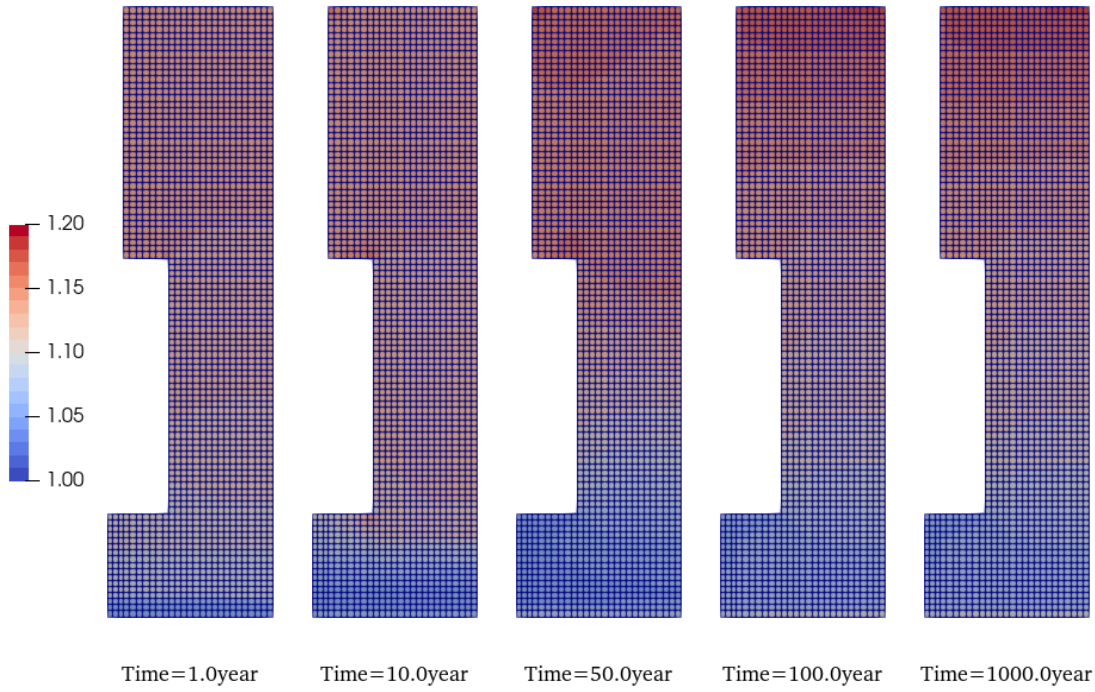


図 4-3- 129 Case 5 の乾燥密度分布の経過時変化

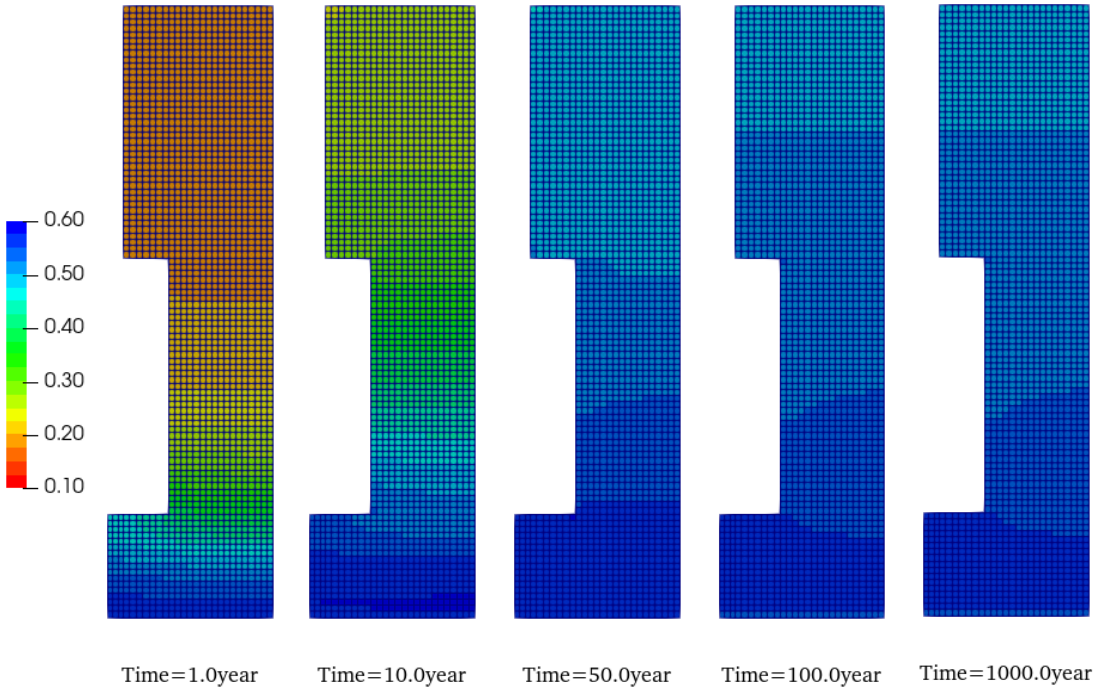


図 4-3- 130 Case 5 の含水比分布の経過時変化

このケースはクニボンドと純水を組み合わせた緩衝材条件であり、有効粘土密度と透水性の関係自体は砂混合条件や間隙水による違いはないが、砂混合条件に比べて初期の有効粘土密度が大きいため浸潤速度は小さくなっている。混合土ではないため発生する膨潤圧が大きく、初期の O/P 変位の立ち上がりは急激であり、その後は下部の飽和から間隙水圧の発生によって押し上げられ、50 年経過時以降に上部が飽和に至り押し戻されている。Case 1 と比べると浸潤速度は大きいが、他のケースと比べると冠水に時間を要するケースとなっている。

(f)Case 6 の解析結果

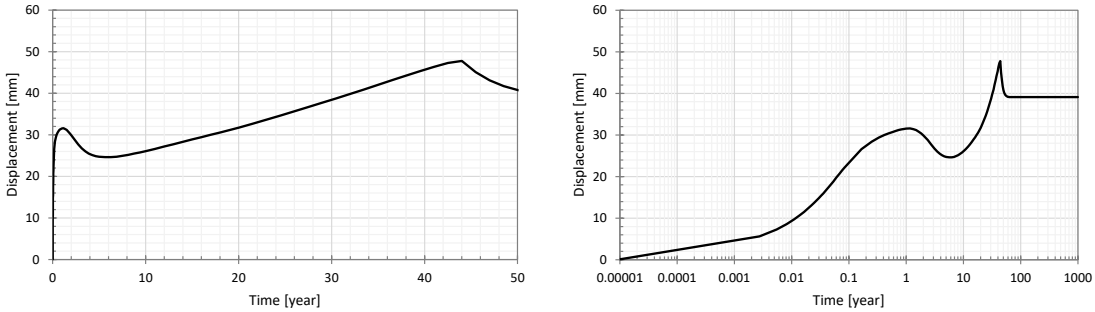


図 4-3- 131 Case 6 の O/P 変位の経過時変化

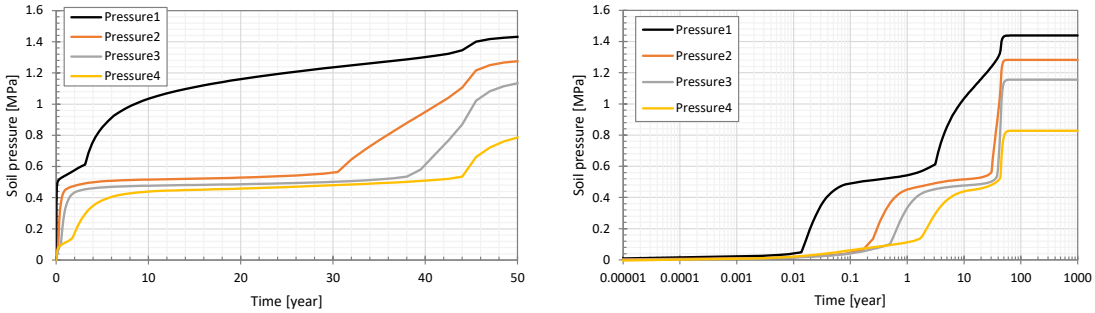


図 4-3- 132 Case 6 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

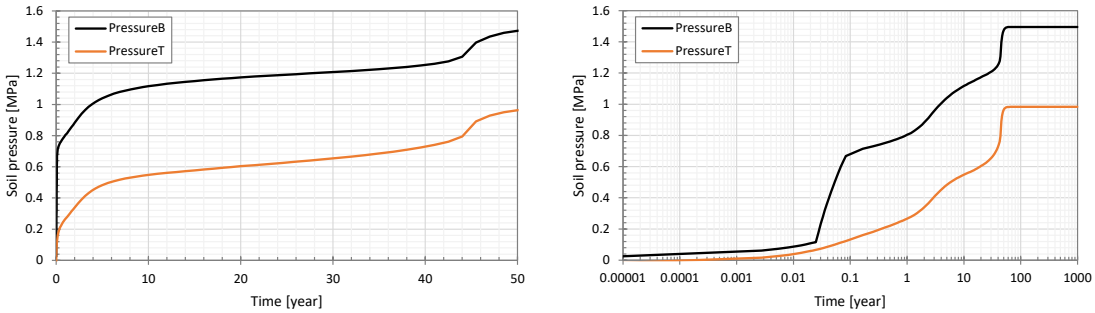


図 4-3- 133 Case 6 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

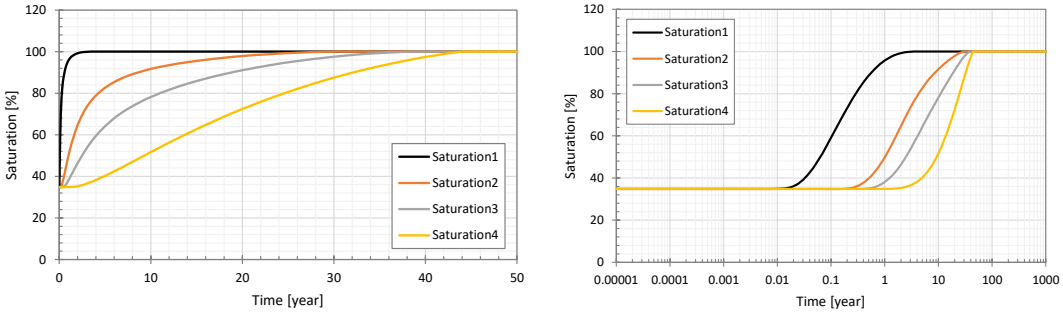


図 4-3- 134 Case 6 の各位置の飽和度の経過時変化

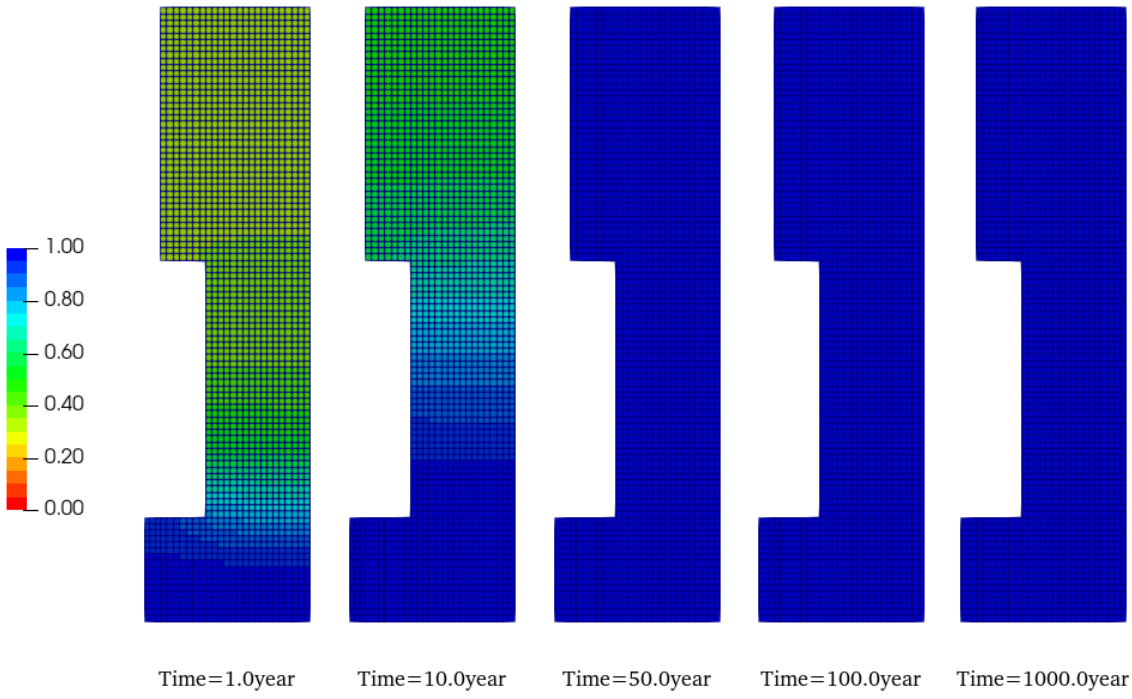


図 4-3- 135 Case 6 の飽和度分布の経過時変化

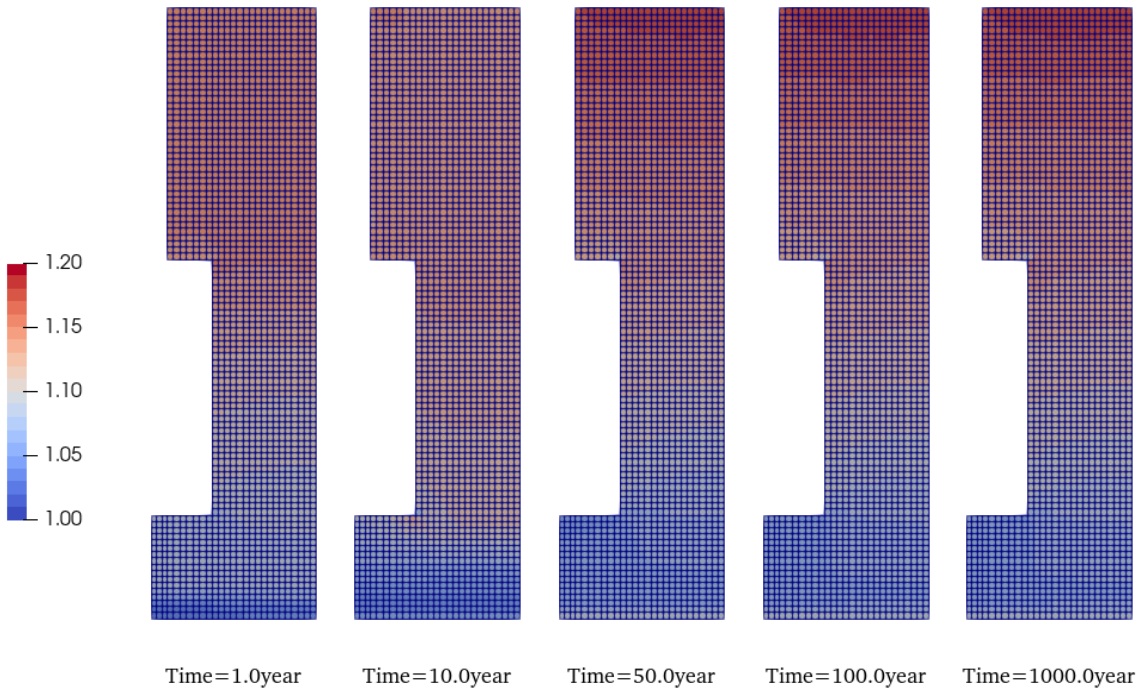


図 4-3- 136 Case 6 の乾燥密度分布の経過時変化

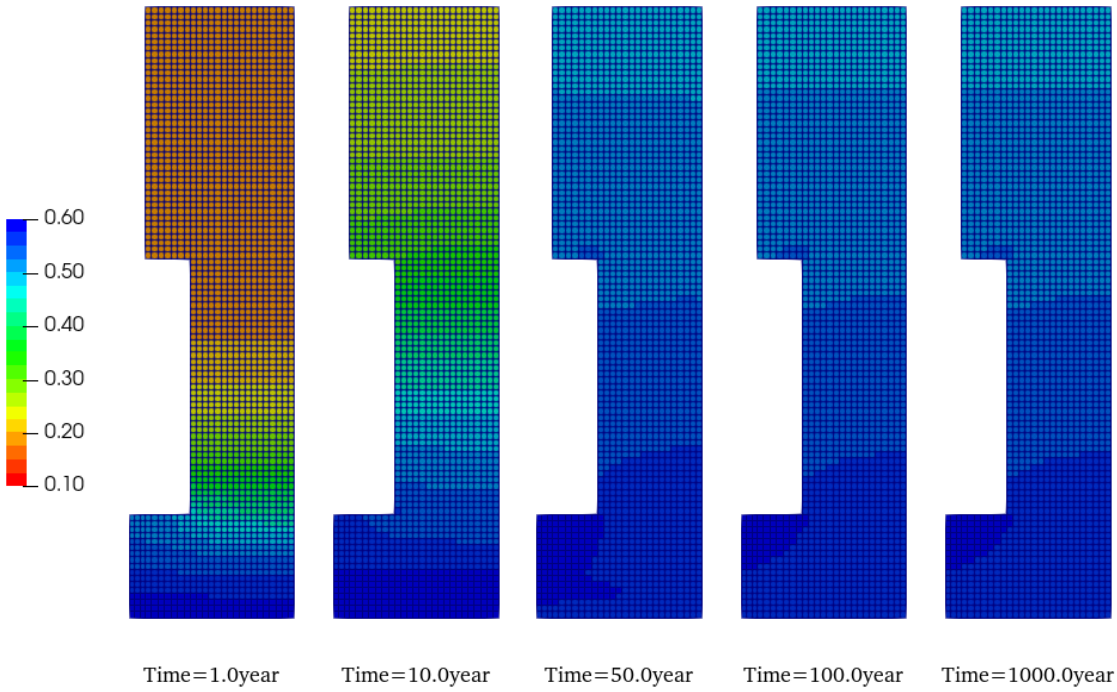


図 4-3- 137 Case 6 の含水比分布の経過時変化

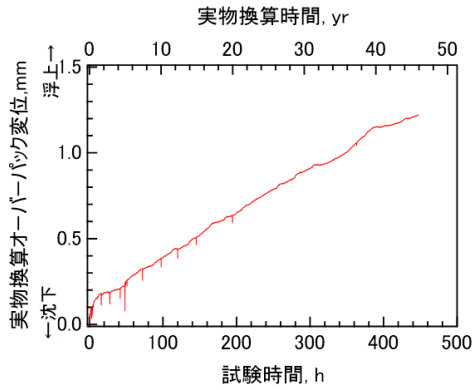
このケースはクニボンドと人工海水を組み合わせた緩衝材条件であり、有効粘土密度と透水性の関係自体は砂混合条件や間隙水による違いはないが、砂混合条件に比べて初期の有効粘土密度が大きいため浸潤速度は小さい点は Case 5 と同じである。また、混合土ではないため発生する膨潤圧が大きく、Case 5 と同様に O/P 変位の立ち上がりは急激である。膨潤圧としては Case 5 よりも更に大きく、浸潤速度としては大きくなる条件となっている。50 年経過時頃までには冠水し、過渡的な現象としては終息している。

(g) 遠心模型実験の計測結果との比較

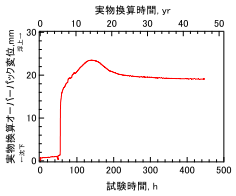
ここでは、数値解析の対象とした既往の遠心模型試験 6 ケース（表 4-3- 12）の計測結果を示し、数値解析結果との比較を行う。

図 4-3-138 にオーバーパック変位量の経時変化を示す。また、図 4-3-139 に実験終了後の緩衝材の飽和度を示す。実験期間は実規模換算で 47 年であったが、Case 2 のクニゲル V 1 ・砂混合体-人工海水、Case 3 のクニボンド・砂混合体-純水、Case 4 のクニボンド・砂混合体-人工海水の 3 ケースは実験終了時に飽和していたと考えられる。その他の 3 ケースは飽和したのは試験体下部のみであり、試験体上部は不飽和状態であった。Case 1 について、解析では 50 年経過時の飽和領域は試験体下部に限定されており、実験結果と整合している。Case 2～4 について、解析では 50 年経過時で試験体全体が飽和しており、実験結果と整合している。一方、クニボンド単体を用いた Case 5, Case 6 は実験では飽和に至らなかったが、解析では 50 年経過時に全体が飽和しており、解析の方が浸透が速い傾向が見られた。

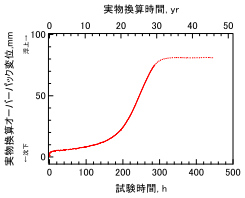
オーバーパック変位量を見ると、飽和が達成された Case 2～4 で上昇量が大きい傾向がある。上昇量の最大値は、Case 2 では約 23mm、Case 3 では約 80mm、Case 4 では約 8mm であった。その他の飽和が達成されなかったケースでは、上昇量は 5mm 以下である。一方、解析では飽和時に 35～50mm の上昇量となった。Case 3 以外の 5 ケースで、解析の方がオーバーパック上昇量が大幅に大きい傾向があった。原因としてはヤング率に飽和時の値を設定したので、試験体下部の膨潤時に上部の剛性を過小評価していると考えられる。さらに、Case 5 及び Case 6 については、解析において水の浸透が速いことも原因と考えられる。



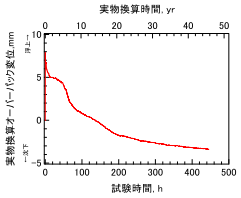
(a) クニゲル V1・砂-純水



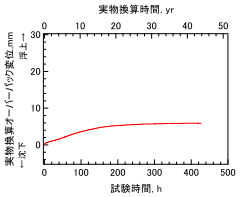
(b) クニゲル V1・砂-人工海水



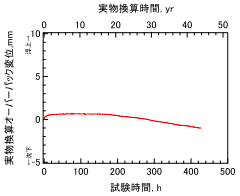
(c) クニボンド・砂-純水



(d) クニボンド・砂-人工海水

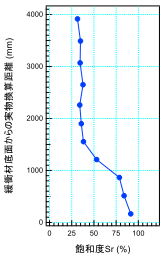


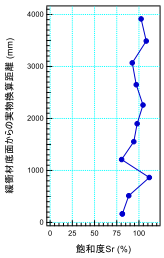
(e) クニボンド-純水

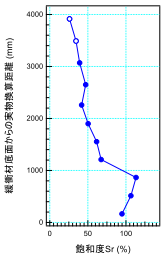


(f) クニボンド-人工海水

図 4-3- 138 オーバーパック変位量の経時変化

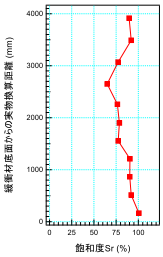


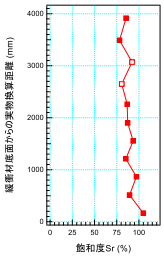


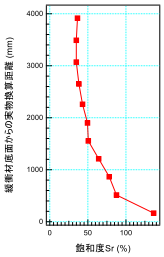


クニゲル V1・砂　　クニボンド・砂　　クニボンド

(a) 純水







クニゲル V1・砂　　クニボンド・砂　　クニボンド

(b) 人工海水

図 4-3- 139 実験終了後の緩衝材の飽和度

⑤ 解析結果（追加の検討ケース）

追加の検討ケースの解析結果より各ケースの 1000 年経過時における最終変位分布と変形の様子を図 4-3-140 と図 4-3-141 に示す。また、以降の図 4-3-142 から図 4-3-204 にオーバーパック変位、各位置の緩衝材土圧と飽和度の経過時間変化をグラフで示し、合わせて 1、10、50、100、1000 年経過時における緩衝材の飽和度、乾燥密度、含水比の分布図を示す。解析結果はケースごとにまとめて示し、各ケース結果の末尾に解析結果に対する考察を添えている。

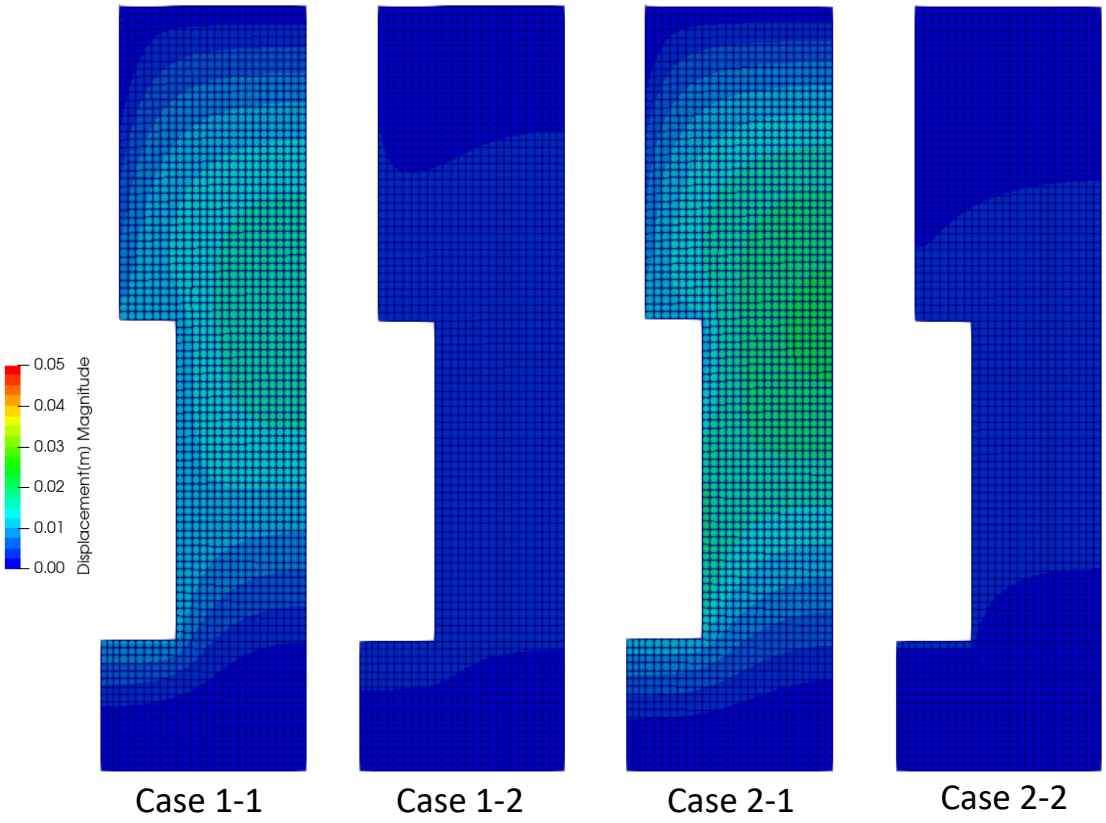


図 4-3- 140 Case 1 と 2 の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）

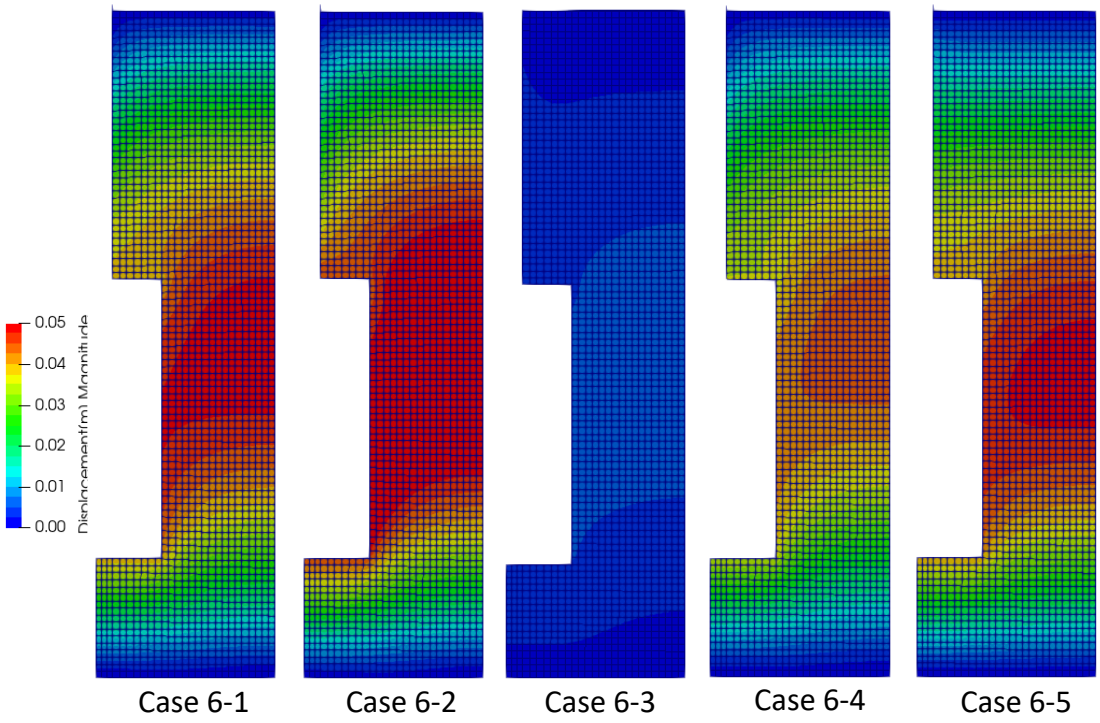


図 4-3- 141 Case 6 の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）

(a)Case 1-1 の解析結果

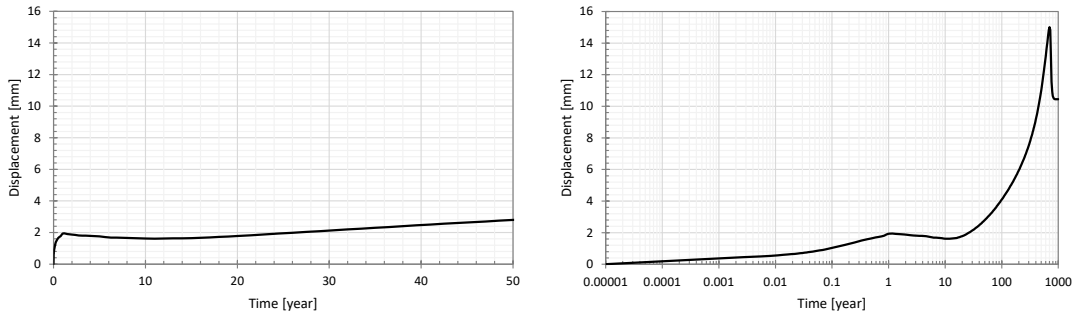


図 4-3- 142Case 1-1 の O/P 変位の経過時変化

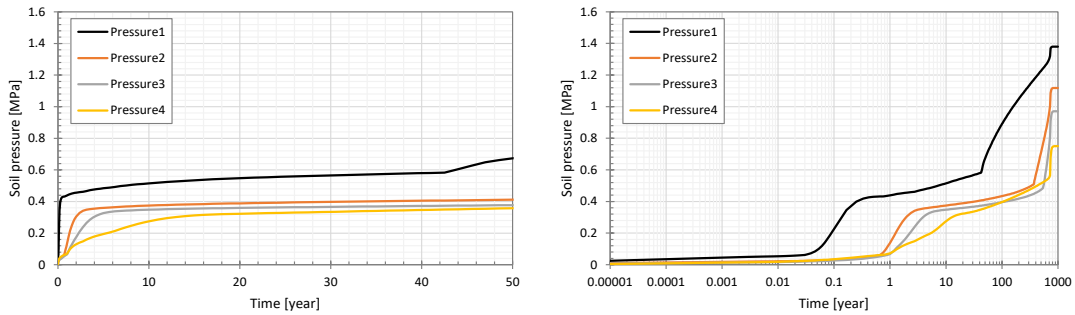


図 4-3- 143 Case 1-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

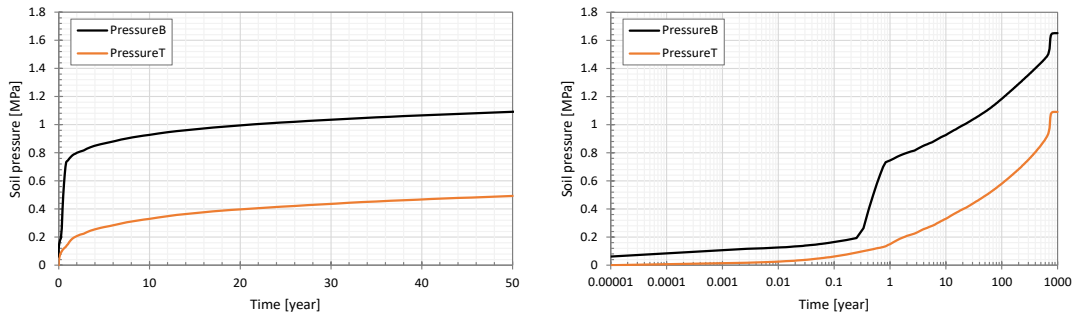


図 4-3- 144 Case 1-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

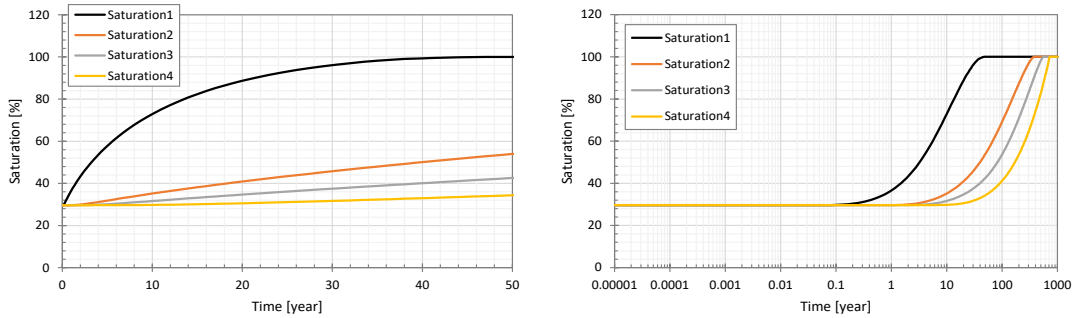


図 4-3- 145 Case 1-1 の各位置の飽和度の経過時変化

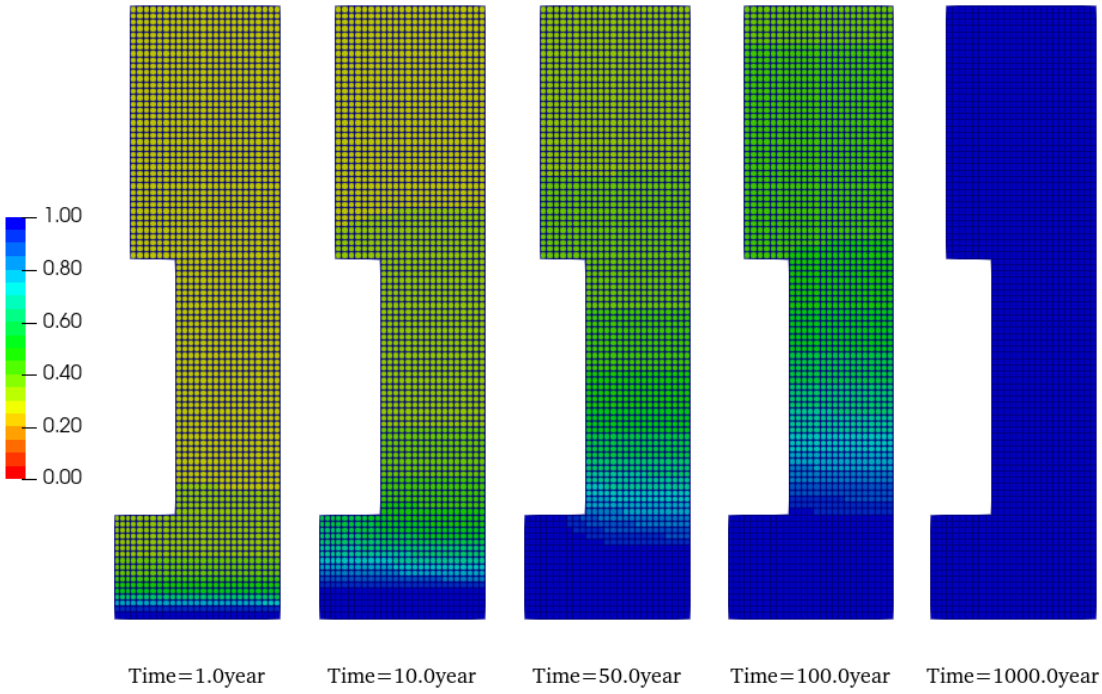


図 4-3- 146 Case 1-1 の飽和度分布の経過時変化

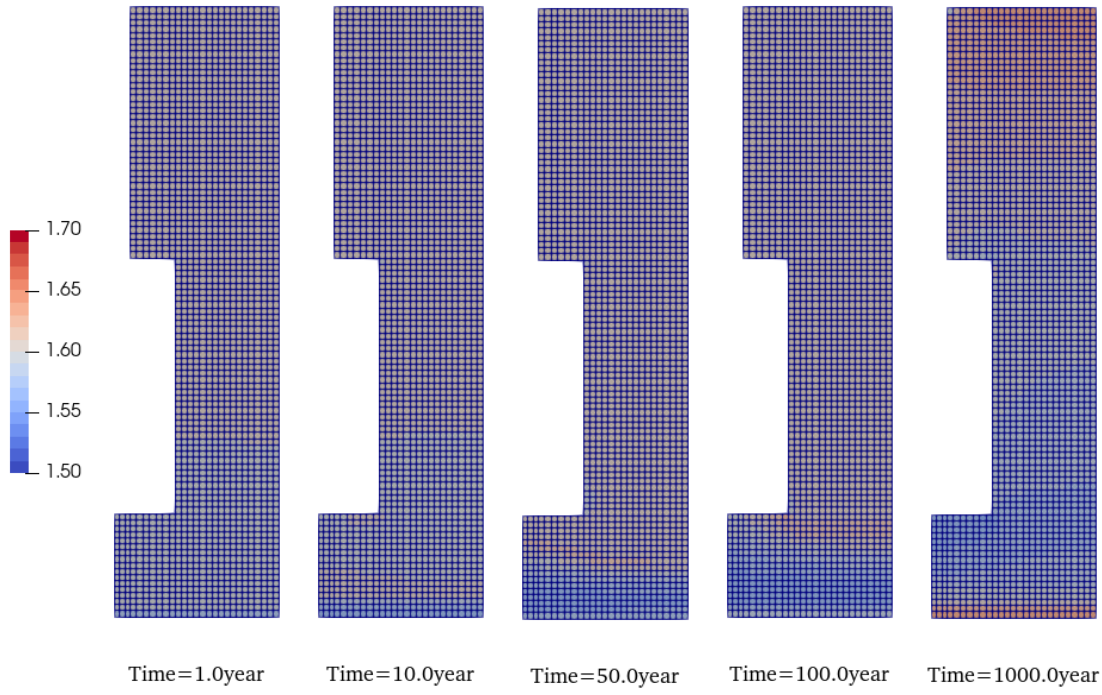


図 4-3- 147 Case 1-1 の乾燥密度分布の経過時変化

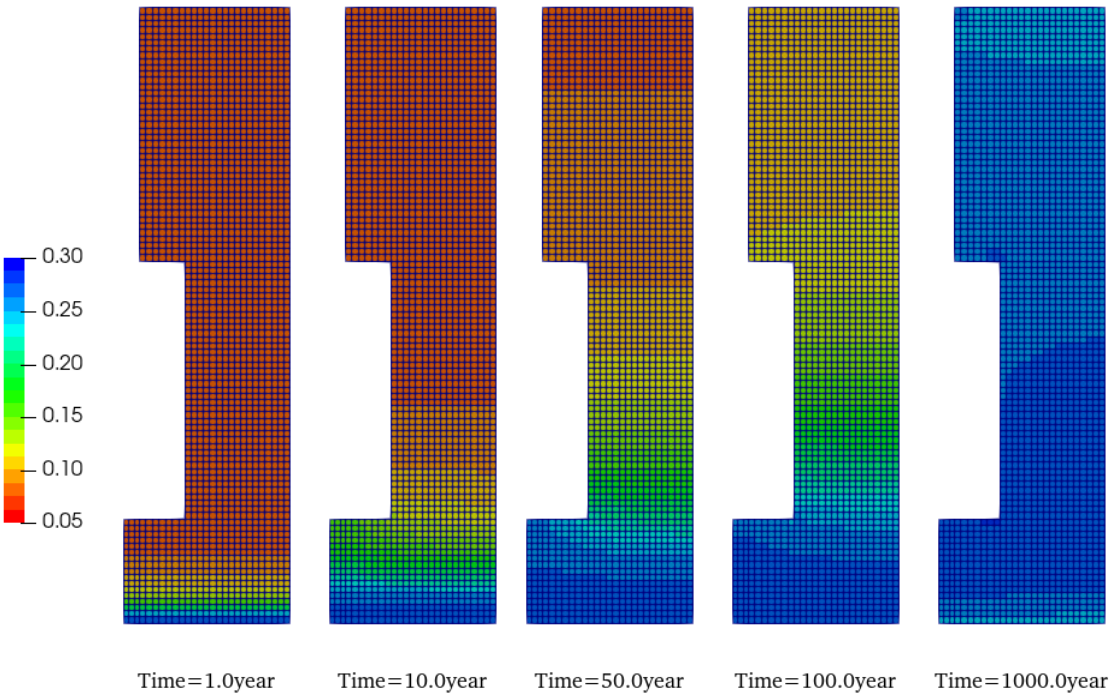


図 4-3- 148 Case 1-1 の含水比分布の経過時変化

Case 1（クニゲル V1 砂混合土+純水）に対してヤング率の飽和度依存性を考慮したケースであり、初期剛性が大幅に高いことから履歴平均の剛性が高まり、特に O/P 変位履歴に顕著な影響が見られる。O/P 変位は実験での計測値に近い値となった。浸潤履歴などには殆ど影響は見られないが、変形が抑制された結果透水性は少し小さくなっており、全応力としての土圧も少し大きくなっている。O/P 変位は大幅に抑制され、特に下部の緩衝材も飽和に至る前においては 1/7 未満の変位量にとどまっている。その後、間隙水圧の影響で大きく押し上げられ、上部が飽和に至ることで押し戻される傾向には変化はない。なお、変形が抑制された結果、乾燥密度分布に見られる斑は小さくなっている。

(b)Case 1-2 の解析結果

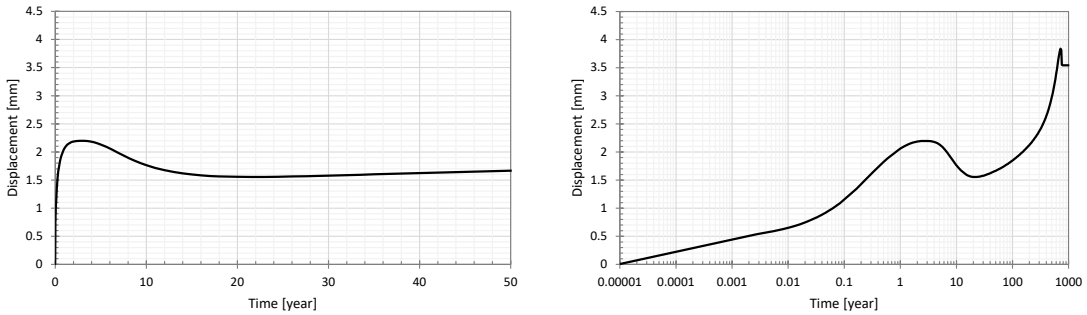


図 4-3- 149 Case 1-2 の O/P 変位の経過時変化

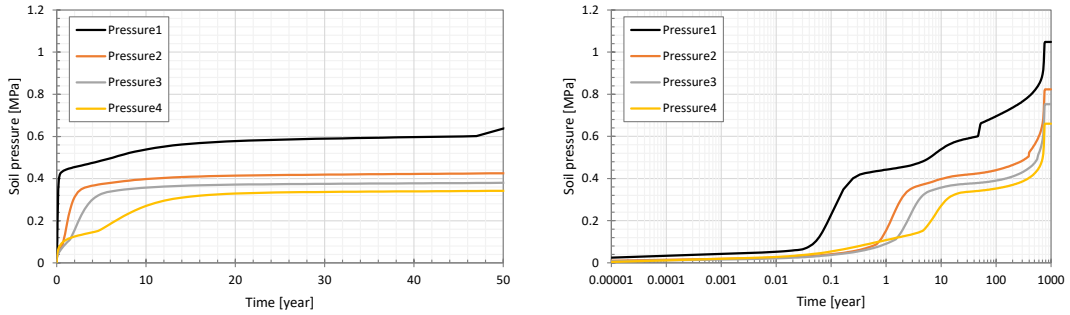


図 4-3- 150 Case 1-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

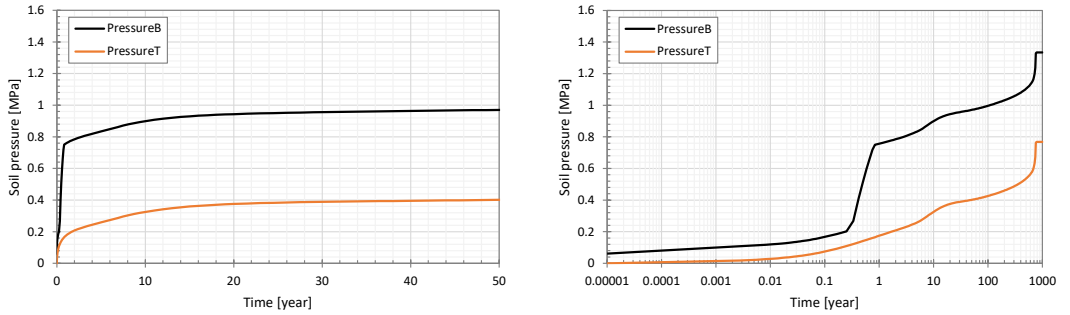


図 4-3- 151 Case 1-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

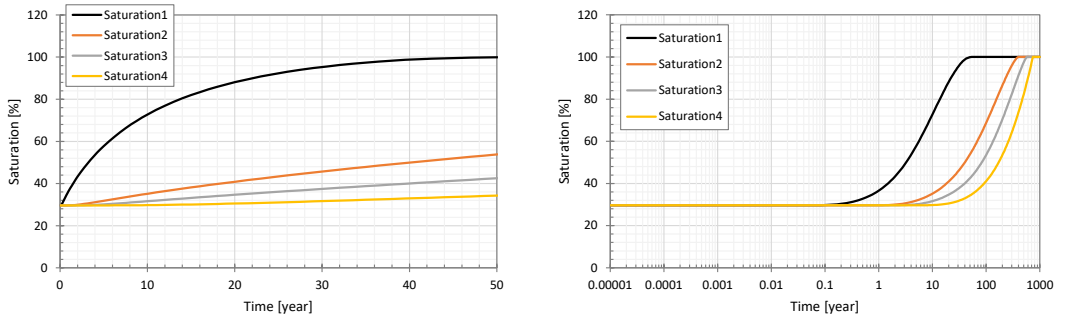


図 4-3- 152 Case 1-2 の各位置の飽和度の経過時変化

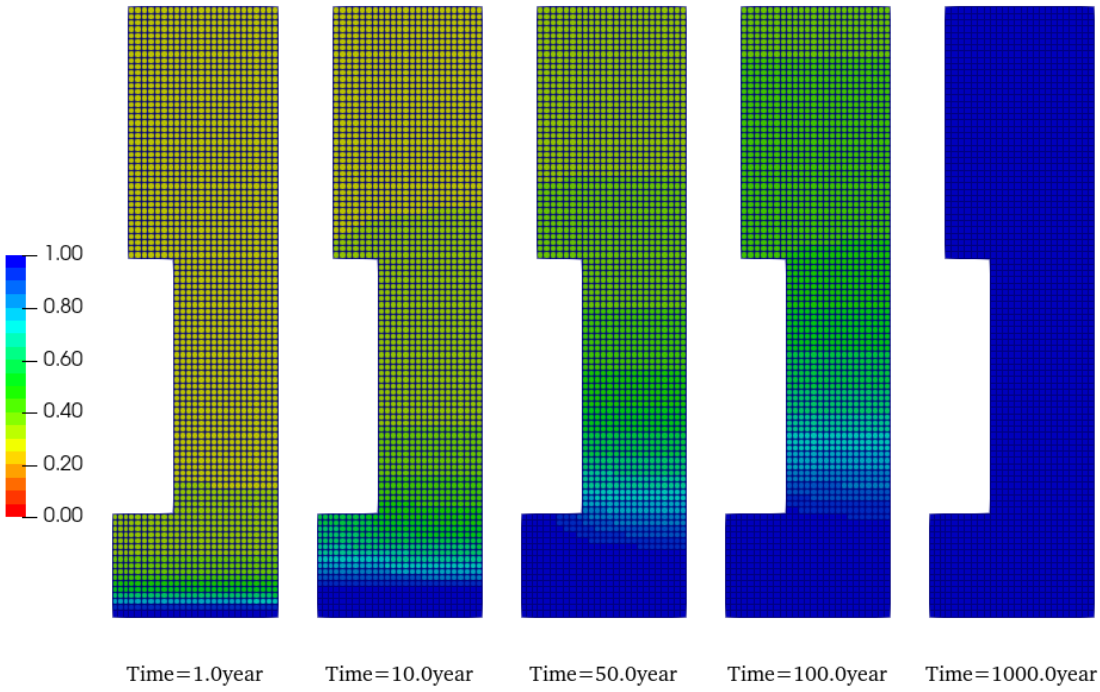


図 4-3- 153 Case 1-2 の飽和度分布の経過時変化

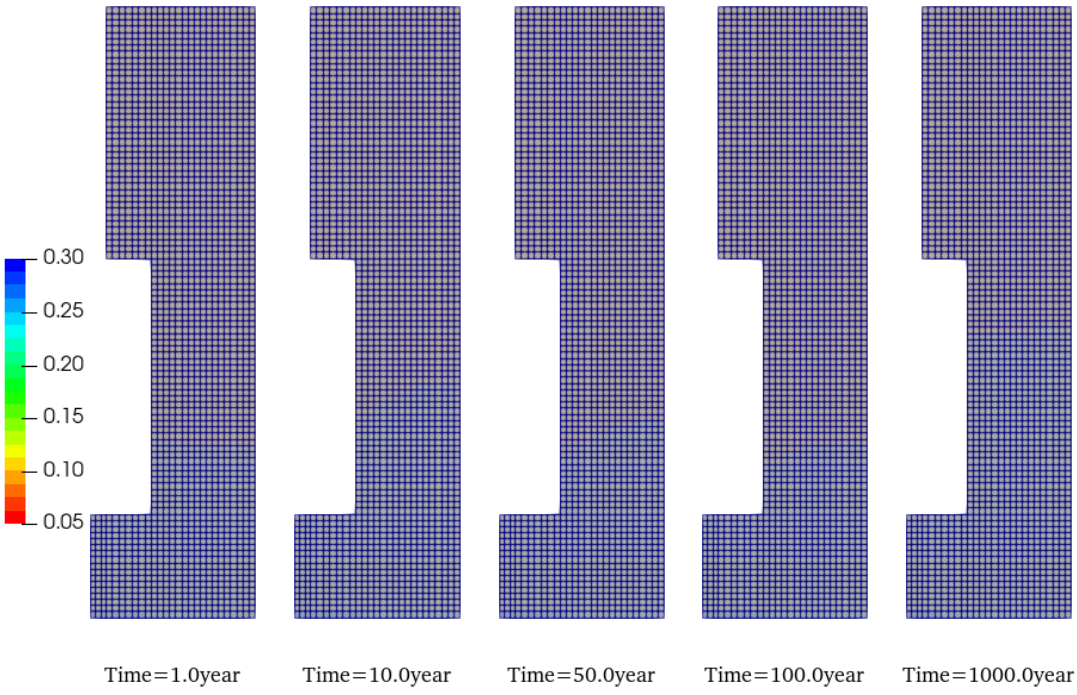


図 4-3- 154 Case 1-2 の乾燥密度分布の経過時変化

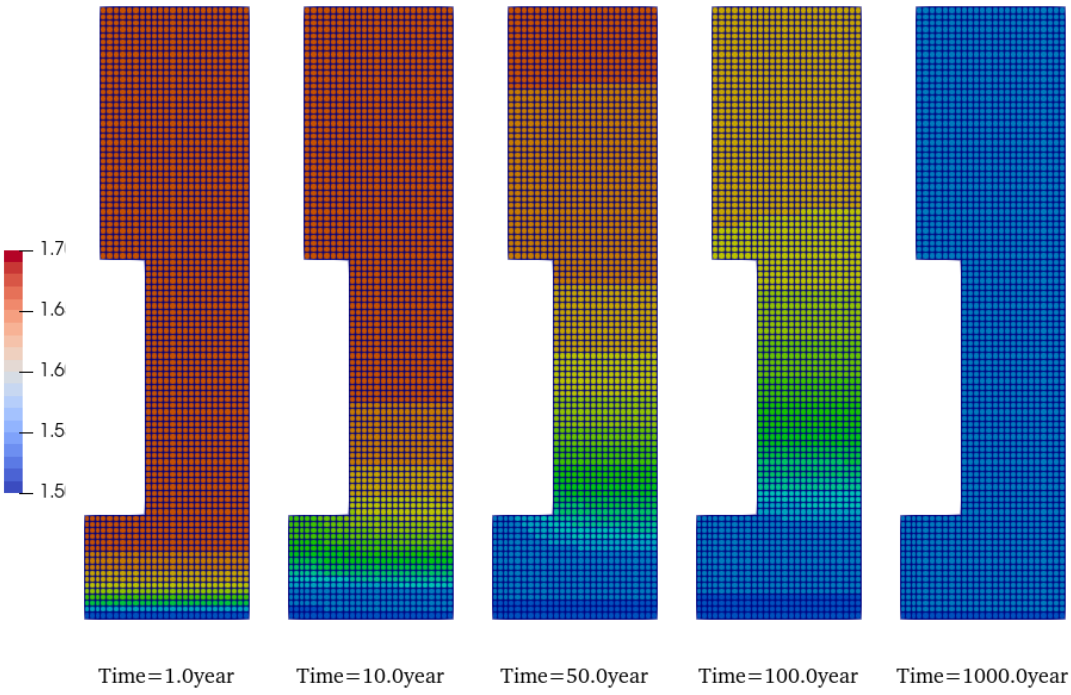


図 4-3- 155 Case 1-2 の含水比分布の経過時変化

Case 1（クニゲル V1 砂混合土+純水）に対してヤング率に加えてポアソン比の飽和度依存性も考慮したケースであり、初期剛性が大幅に高いことから履歴平均の剛性が高く、更に飽和に至る過程においても体積変化が抑制されることから、O/P 変位履歴が非常に小さくなっている。O/P 変位は実験での計測値に近い値となった。浸潤初期段階においては Case 1-1 と同様の傾向が見られるが、飽和に至る段階で体積変化が抑制された結果、土圧の上昇が早く、変形量は更に小さくなっている。浸潤履歴などには大きな影響は見られない。なお、全体の変形が抑制された結果、乾燥密度分布には殆ど変化が見られていない。

(c)Case 2-1 の解析結果

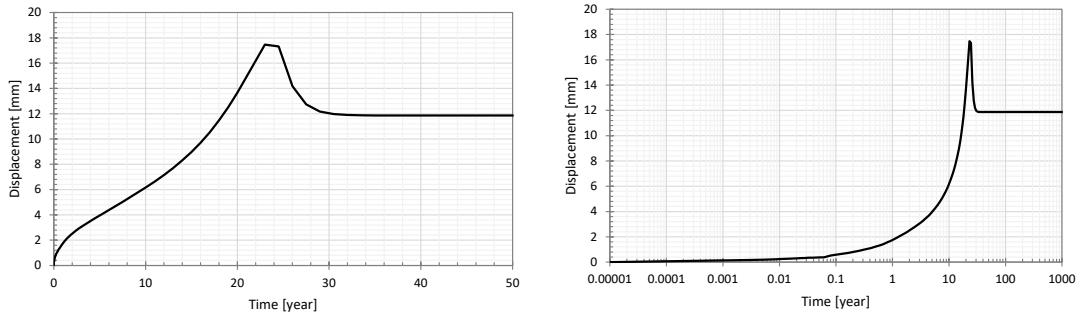


図 4-3- 156Case 2-1 の O/P 変位の経過時変化

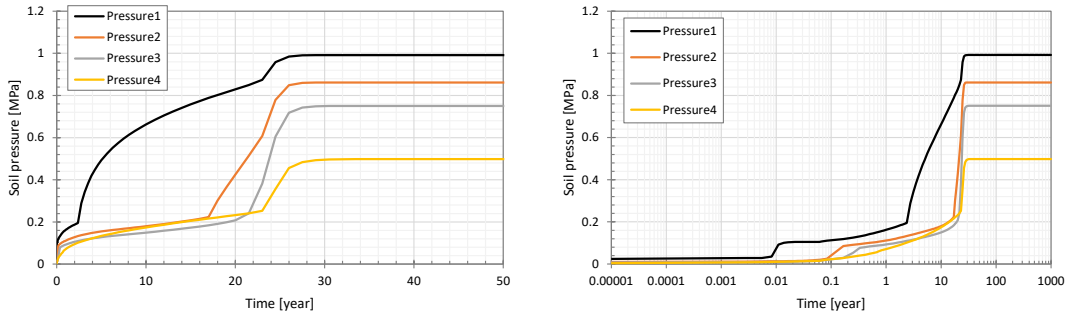


図 4-3- 157 Case 2-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

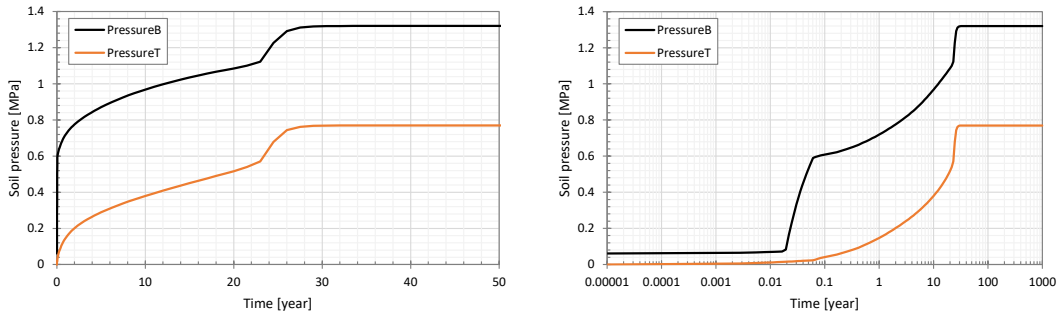


図 4-3- 158 Case 2-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

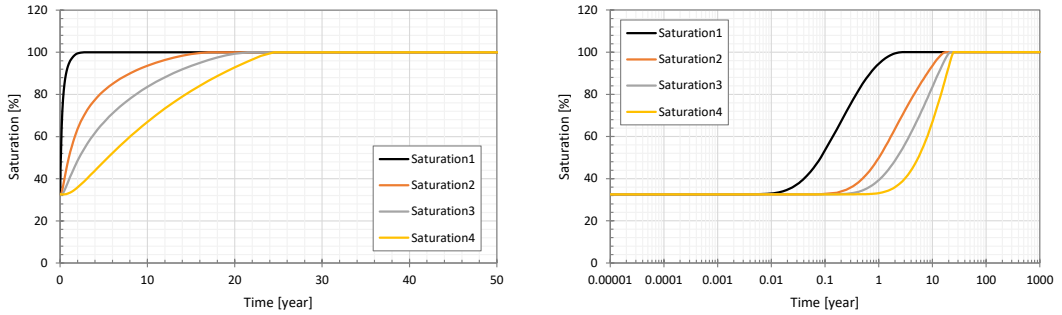


図 4-3- 159 Case 2-1 の各位置の飽和度の経過時変化

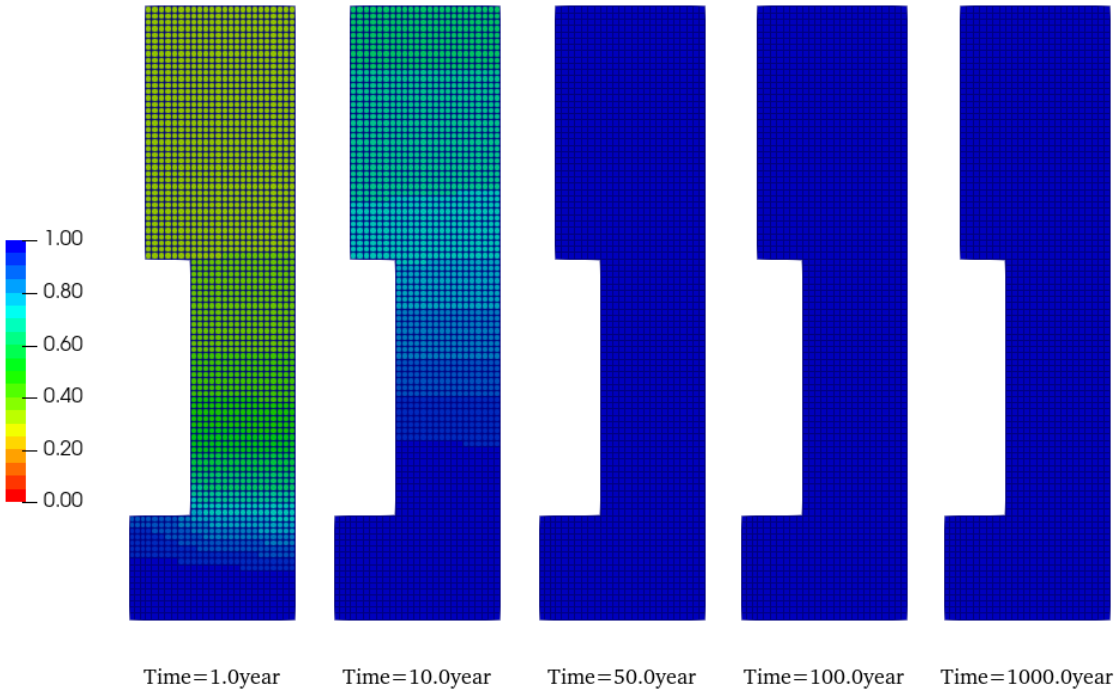


図 4-3- 160 Case 2-1 の飽和度分布の経過時変化

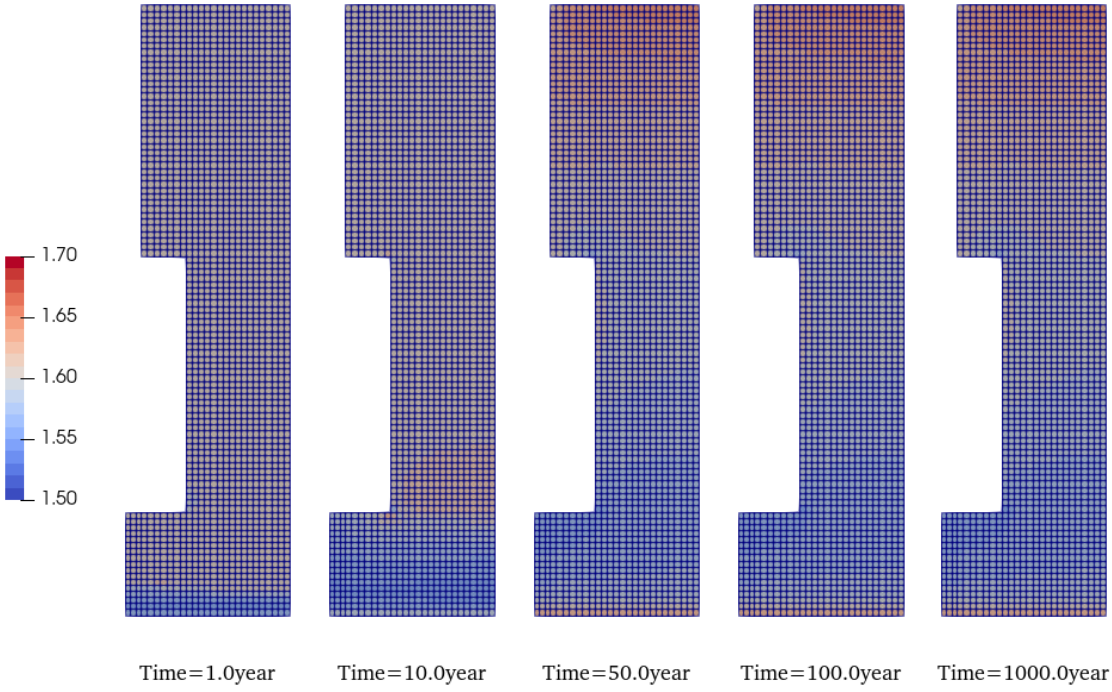


図 4-3- 161 Case 2-1 の乾燥密度分布の経過時変化

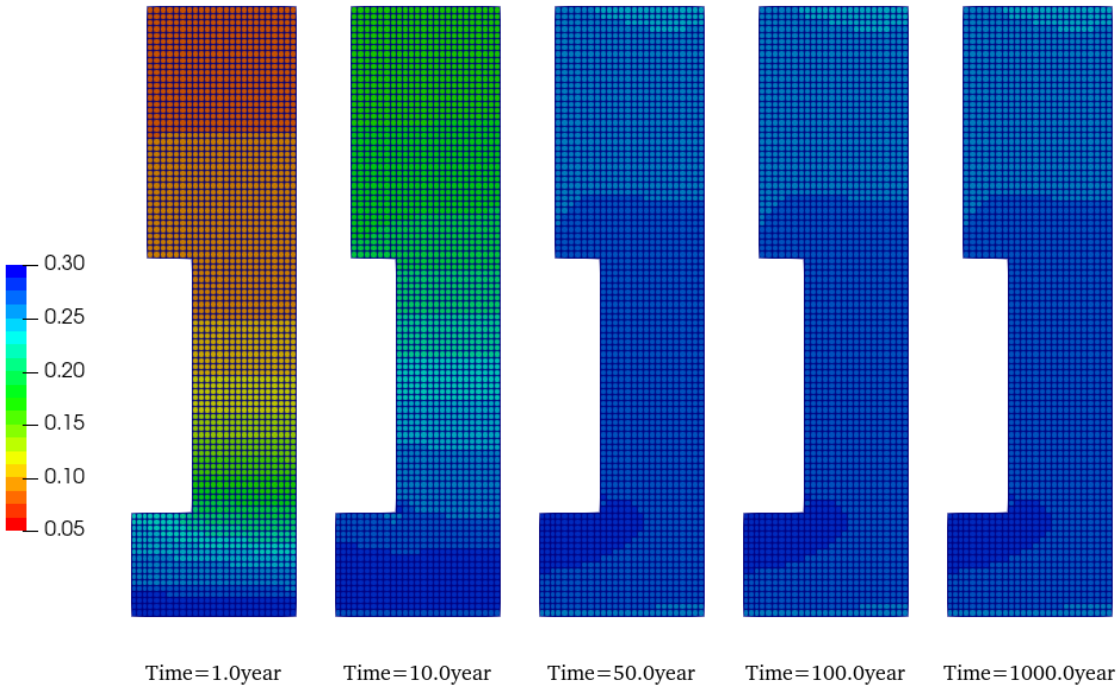


図 4-3- 162 Case 2-1 の含水比分布の経過時変化

Case 2（クニゲル V1 砂混合土+人工海水）に対してヤング率の飽和度依存性を考慮したケースであり、初期剛性が大幅に高いことから履歴平均の剛性が高まり、特に O/P 変位履歴に顕著な影響が見られる。しかし、人工海水のケースでは飽和に至るのが早いため、間隙水圧で O/P が押し上げられるのも早く、Case 1-1 ほどの変位の抑制効果は見られない。O/P 変位は実験での計測値を下回り、より近い値となった。浸潤履歴などには殆ど影響は見られないのも同様であり、変形が抑制された結果透水性は少し小さくなっており、全応力としての土圧も少し大きくなっている点も同様である。変形が抑制されているものの各履歴の傾向に変化はないが、変形が抑制された結果、乾燥密度分布に見られる斑は小さくなっている。

(d)Case 2-2 の解析結果

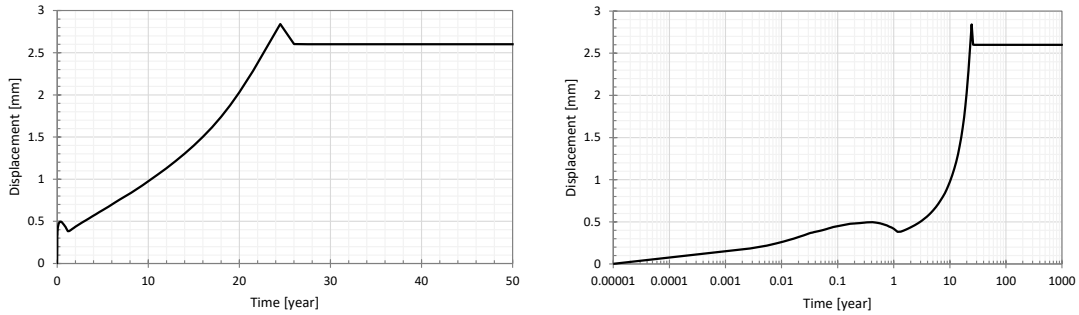


図 4-3- 163 Case 2-2 の O/P 変位の経過時変化

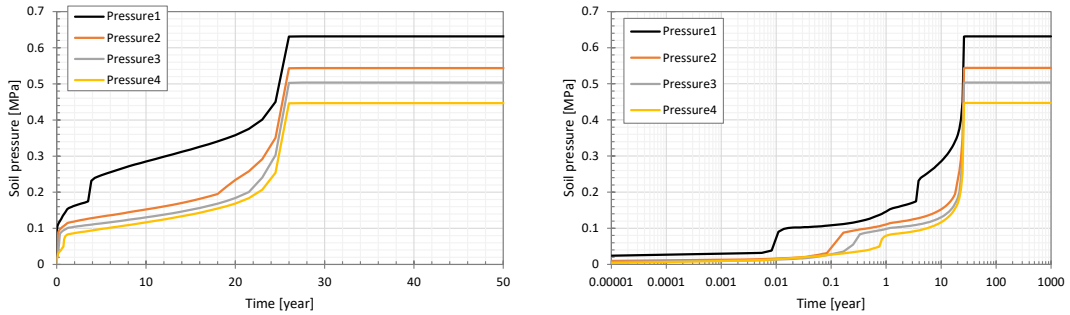


図 4-3- 164 Case 2-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

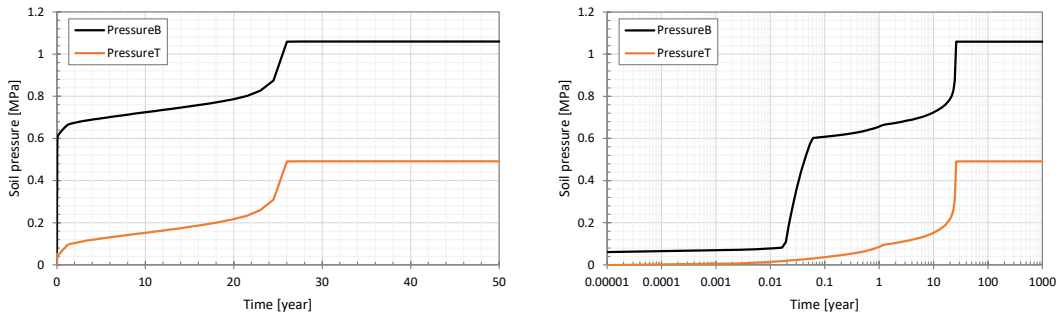


図 4-3- 165 Case 2-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

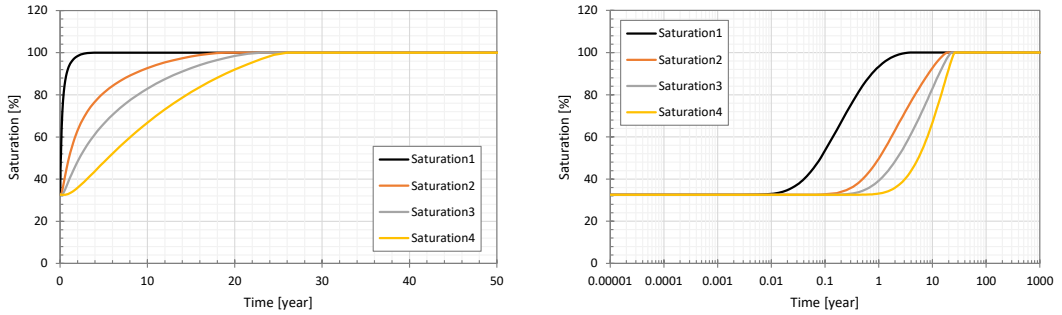


図 4-3- 166 Case 2-2 の各位置の飽和度の経過時変化

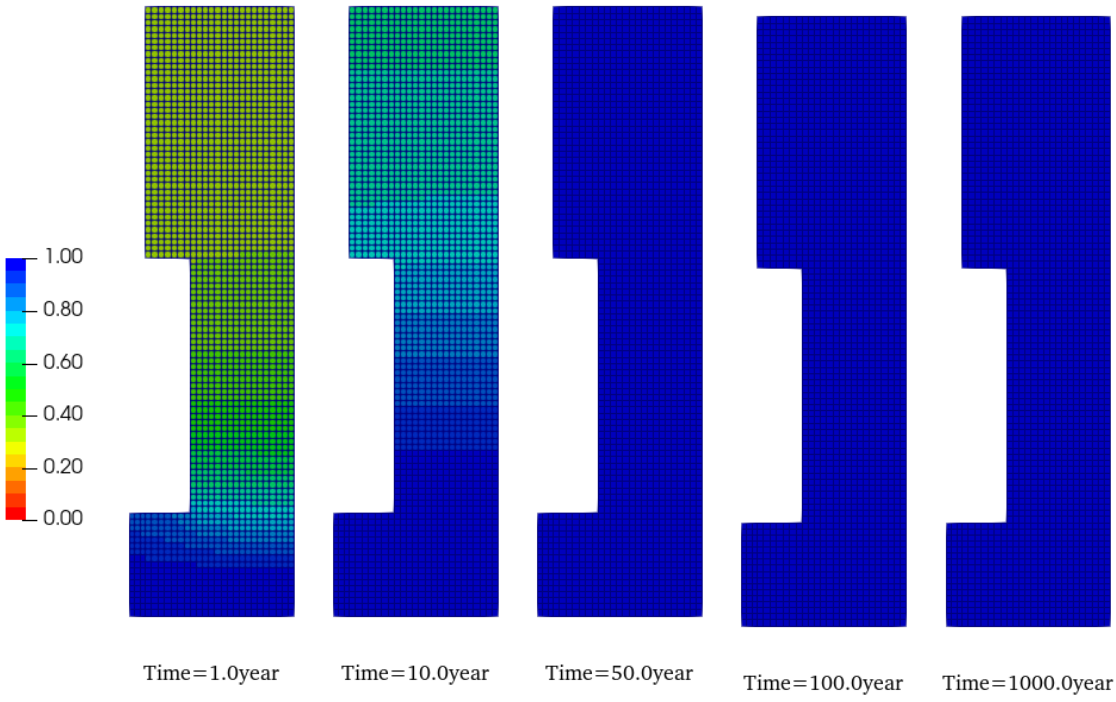


図 4-3- 167 Case 2-2 の飽和度分布の経過時変化

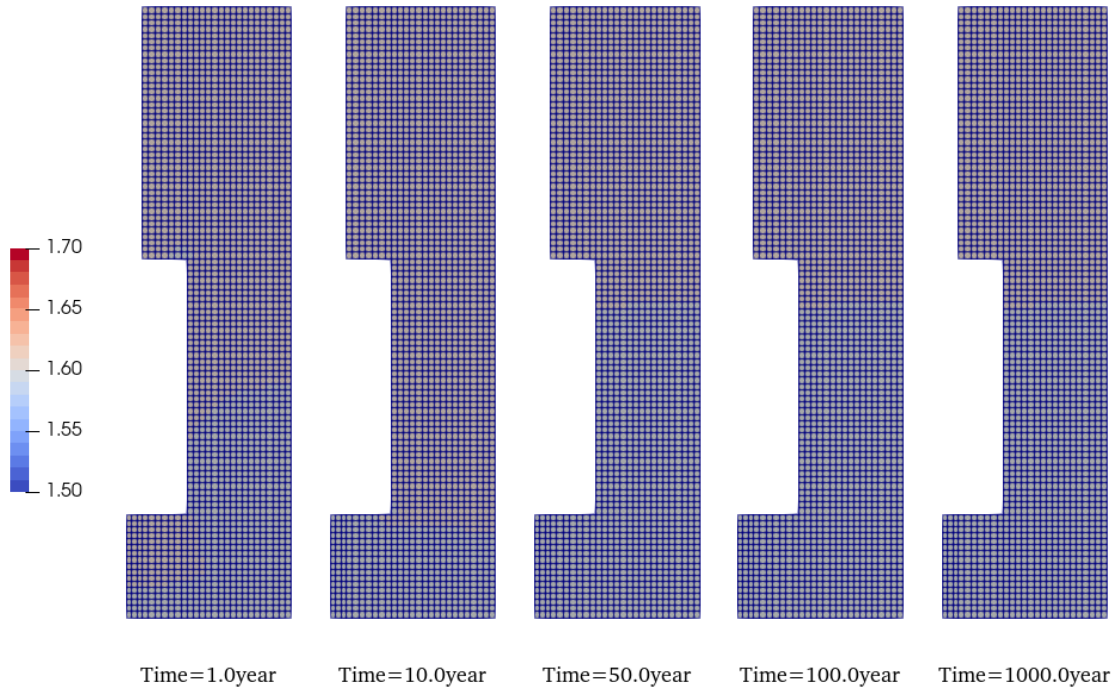


図 4-3- 168 Case 2-2 の乾燥密度分布の経過時変化

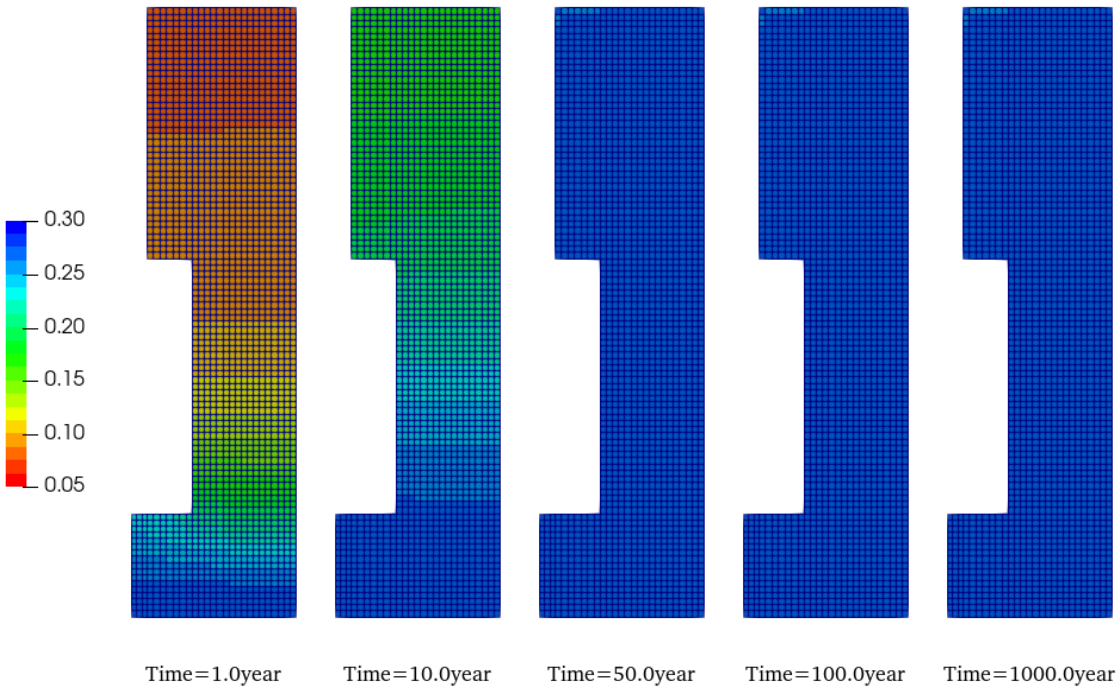


図 4-3- 169 Case 2-2 の含水比分布の経過時変化

Case 2（クニゲル V1 砂混合土+人工海水）に対してヤング率に加えてポアソン比の飽和度依存性も考慮したケースであり、初期剛性が大幅に高いことから履歴平均の剛性が高まり、特に O/P 変位履歴に顕著な影響が見られる。人工海水のケースでは飽和に至るのが早いため、直ぐに体積変化が抑制されて O/P 変位は非常に小さくなっている。O/P 変位は実験での計測値を下回った。浸潤履歴などには殆ど影響は見られない点は Case 2-1 と同様であり、各履歴の傾向には殆ど変化が見られない。また、変形が大幅に抑制された結果、乾燥密度分布は初期状態から殆ど変化していない。

(e)Case 6-1 の解析結果

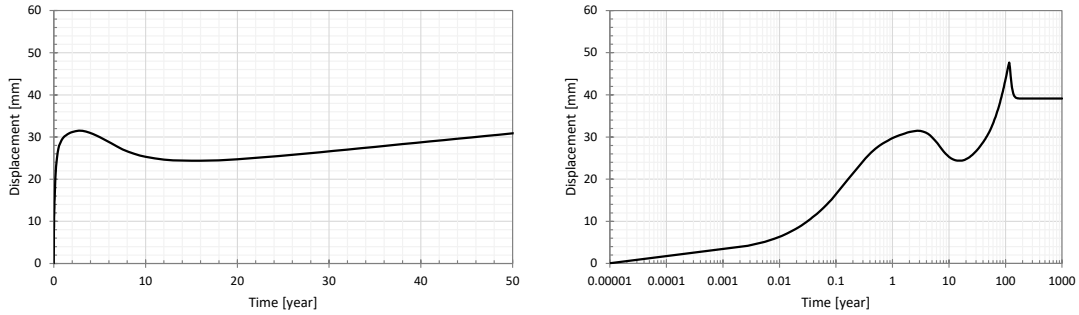


図 4-3- 170 Case 6-1 の O/P 変位の経過時変化

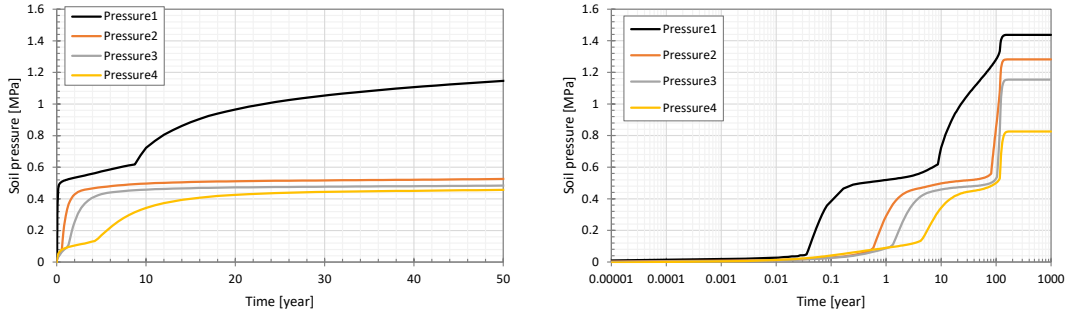


図 4-3- 171 Case 6-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

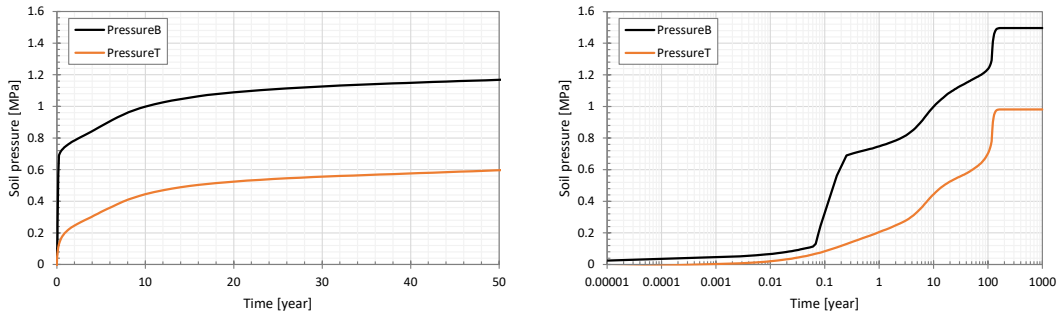


図 4-3- 172 Case 6-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

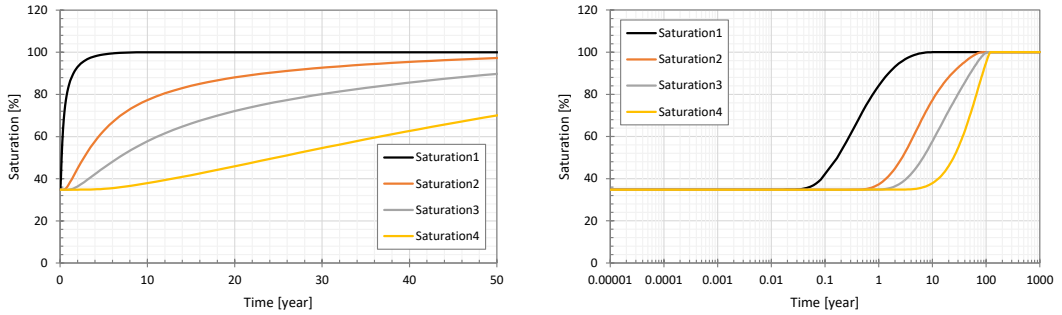


図 4-3- 173 Case 6-1 の各位置の飽和度の経過時変化

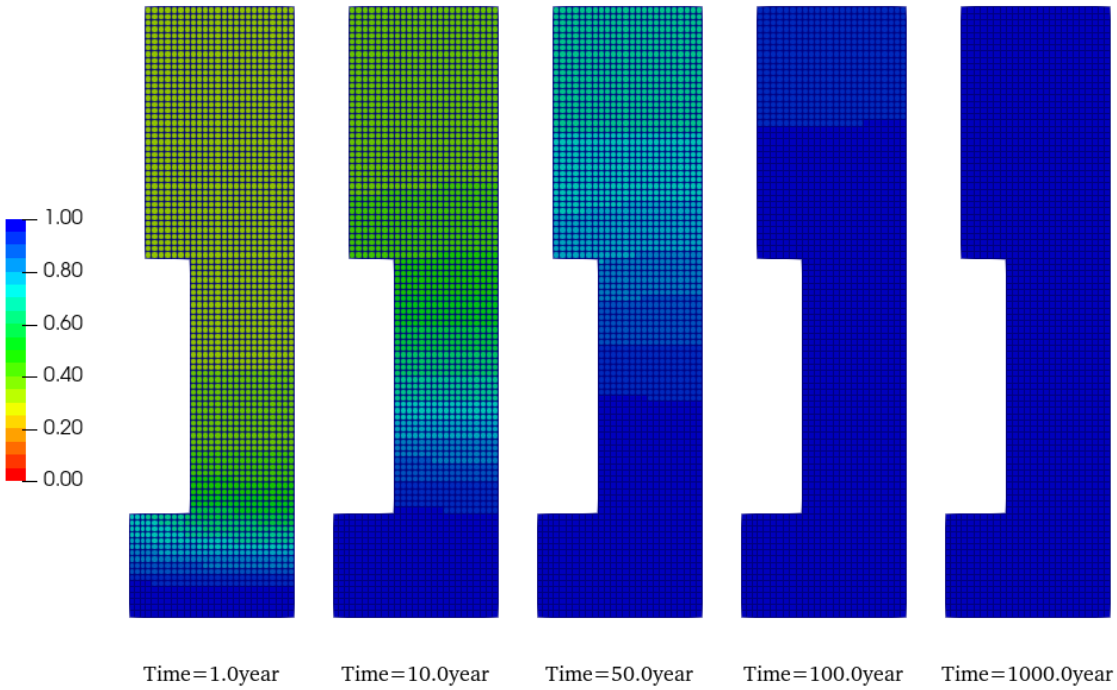


図 4-3- 174 Case 6-1 の飽和度分布の経過時変化

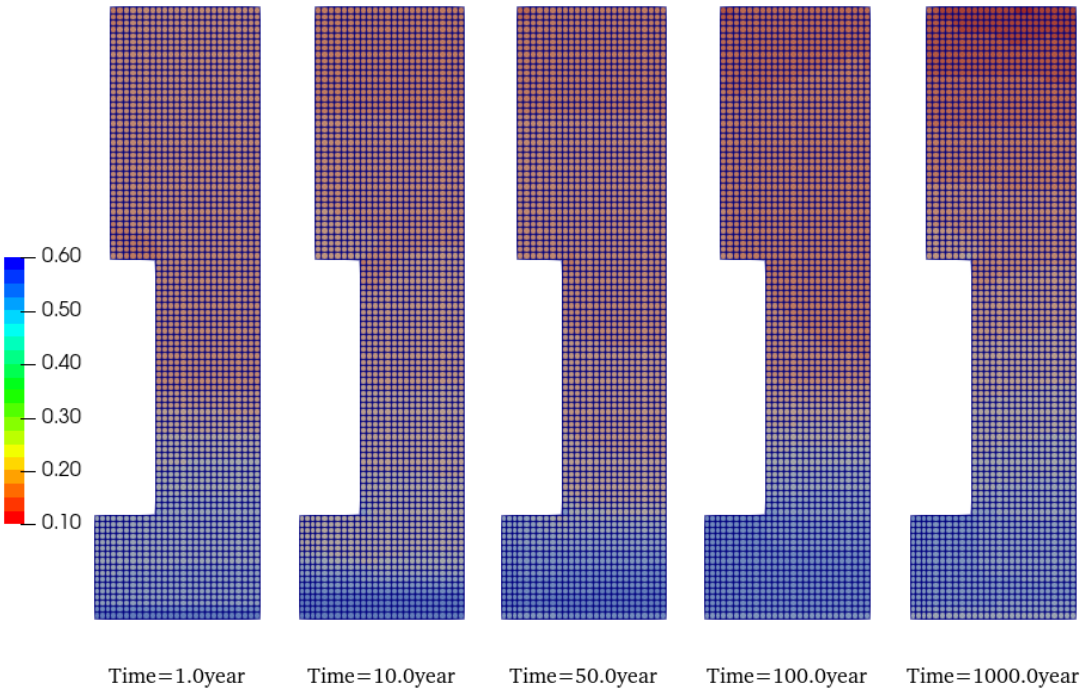


図 4-3- 175 Case 6-1 の乾燥密度分布の経過時変化

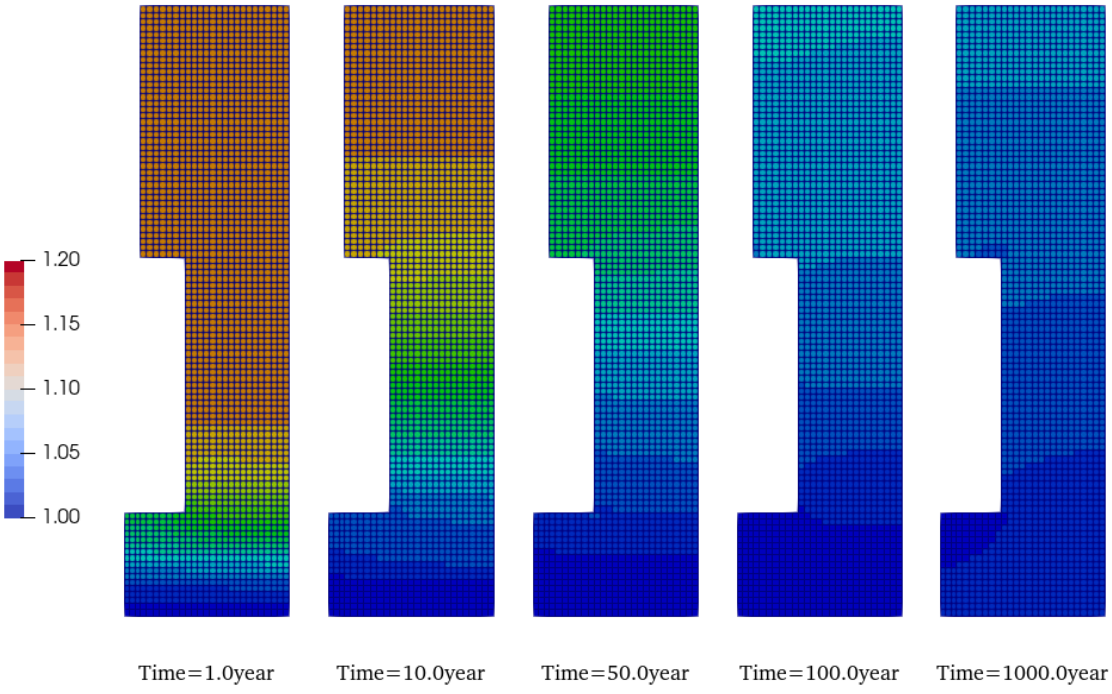


図 4-3- 176 Case 6-1 の含水比分布の経過時変化

Case 6（クニボンド+人工海水）に対して有効粘土密度に対する透水係数の関係を見直し、透水係数を小さく設定したケースである。その結果、浸潤過程が全体的に遅れており、経過時変化に顕著な影響が見られる。50 年経過時では上部に不飽和領域が残っており、実験結果に近づいた。その一方で最終的な O/P 変位量などには殆ど影響はなく、冠水に至るまでの時間が 2 倍程度長くなったケースと言える。初期段階の乾燥密度や含水比分布にはケース間の差異が見られるが、最終的な分布は基本ケースである Case 6 とほぼ同じものである。

(f)Case 6-2 の解析結果

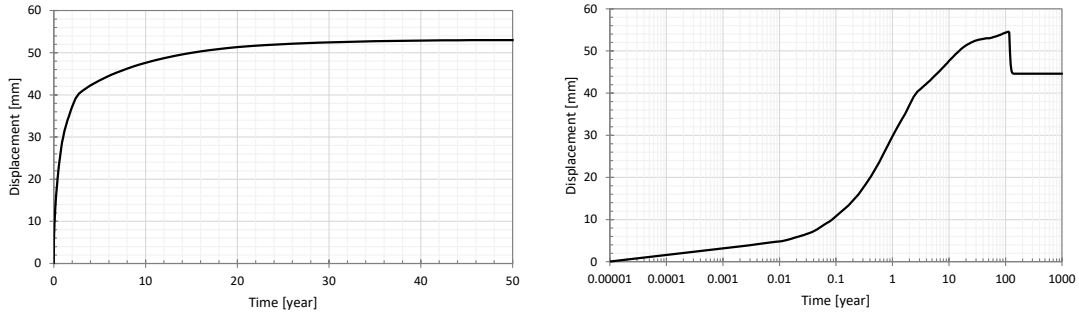


図 4-3- 177 Case 6-2 の O/P 変位の経過時変化

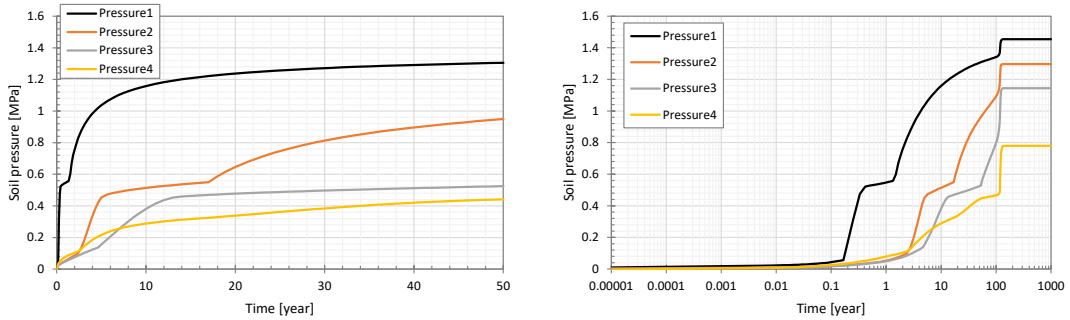


図 4-3- 178 Case 6-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

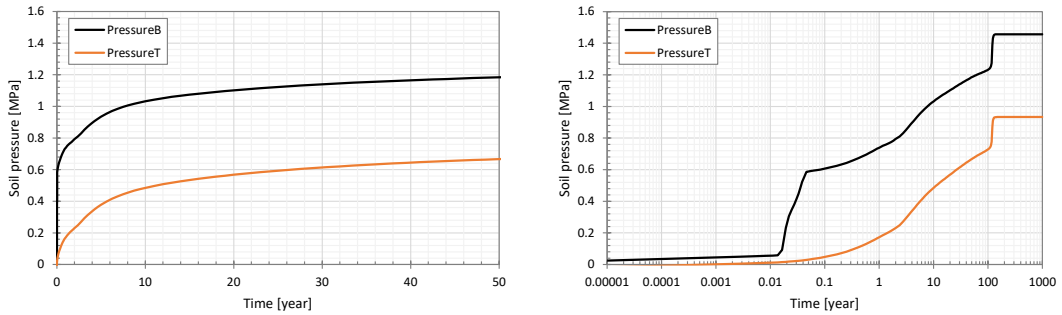


図 4-3- 179 Case 6-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

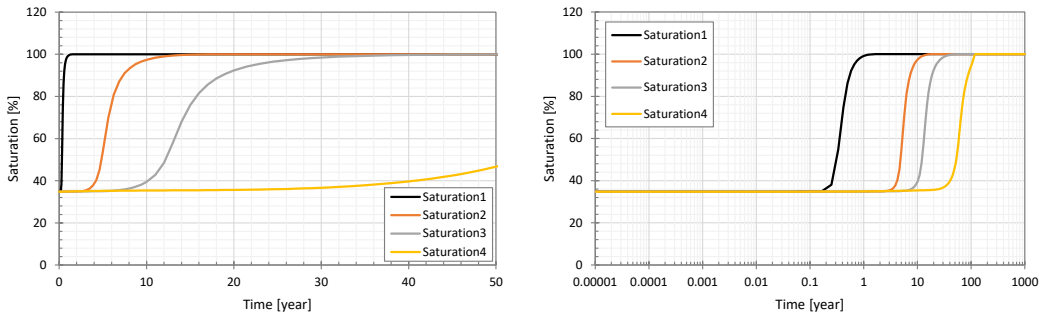


図 4-3- 180 Case 6-2 の各位置の飽和度の経過時変化

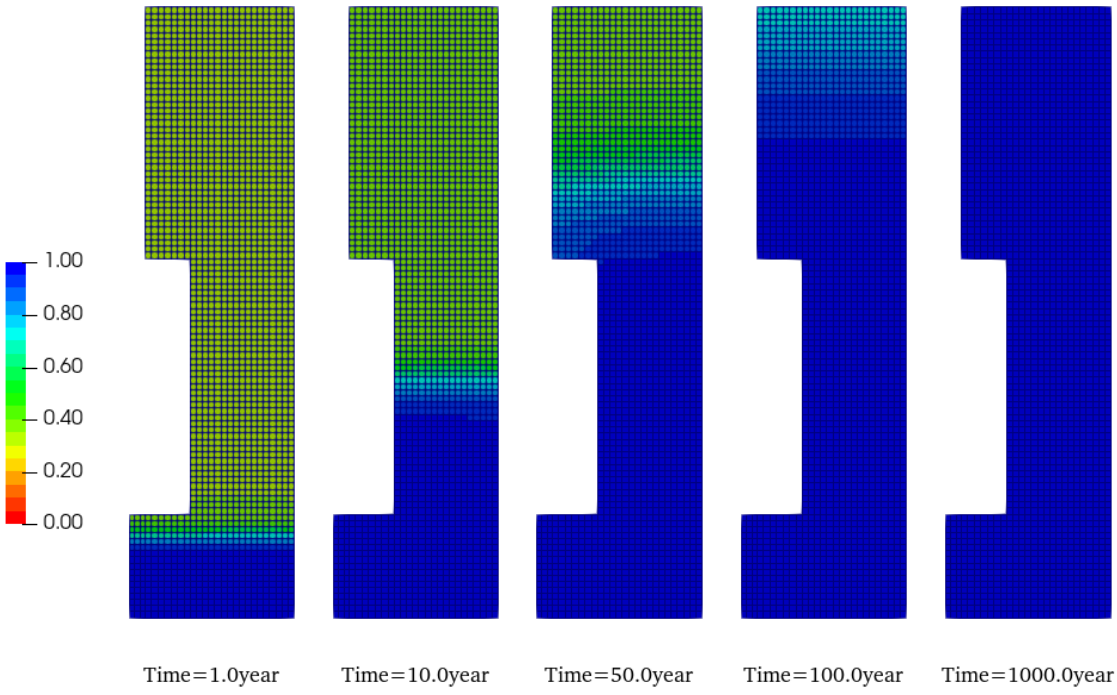


図 4-3- 181 Case 6-2 の飽和度分布の経過時変化

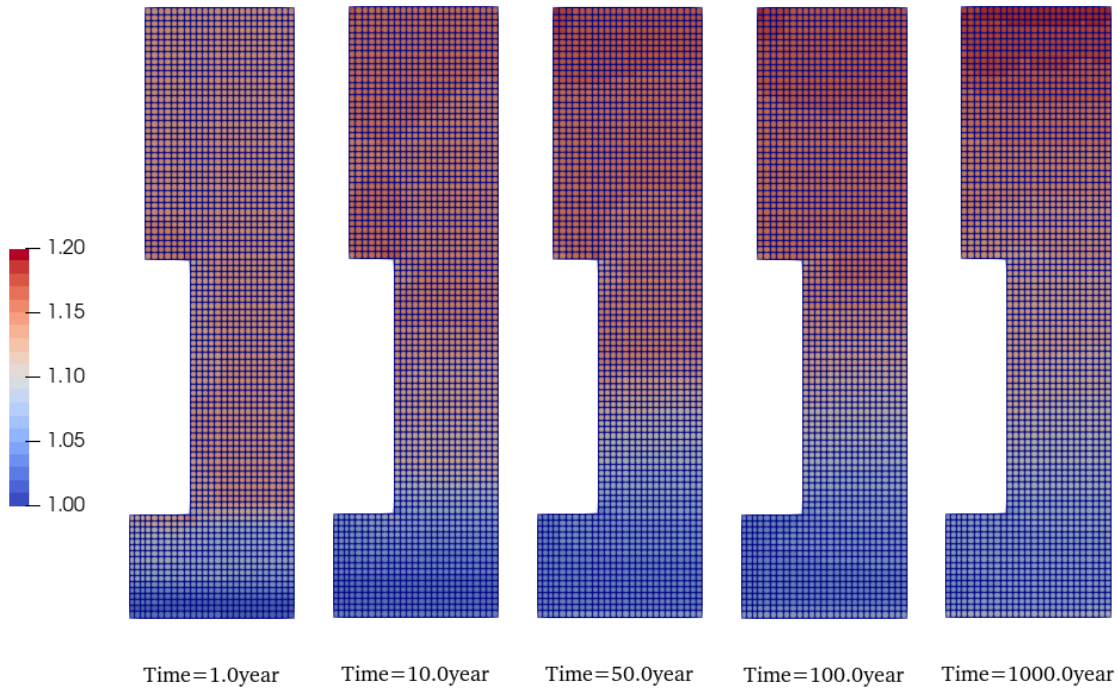


図 4-3- 182 Case 6-2 の乾燥密度分布の経過時変化

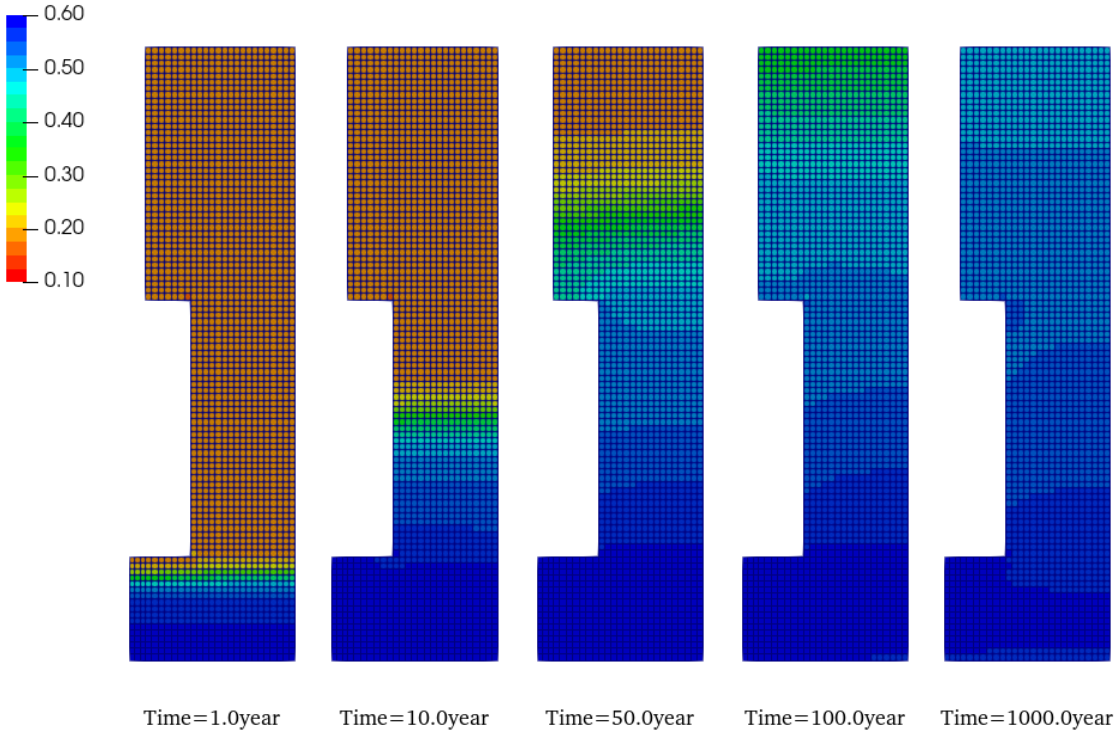


図 4-3- 183 Case 6-2 の含水比分布の経過時変化

Case 6（クニボンド+人工海水）に対して相対透水係数を見直し、三乗則ではなく Mualem の式を適用したものである（つまり、一般的な Mualem van Genuchten モデル）。その結果、飽和直前に至るまでは大幅に相対透水係数が小さくなる条件であるが、透水係数自体を小さく設定した Case 6-1 とは全く別の傾向が見られる。このケースでは各部位の飽和度の立ち上がりが急激であり、飽和度が変化しだすまでには長い時間を要するが、上昇開始してから飽和に至るまでの期間が短く、結果として下部の飽和は Case 6 より早くなっており、上部の飽和時期は遅くなっている。他のケースと各部位が飽和に至る履歴が大きく異なるため、O/P 変位にもその影響が見られ、基本ケースで見られる上部緩衝材の膨潤によって押し戻される挙動が見られなくなっている。全体が冠水に至る時期は Case 6-1 と同様に 2 倍程度遅れており、変位量自体は少し大きくなっている。

(g)Case 6-3 の解析結果

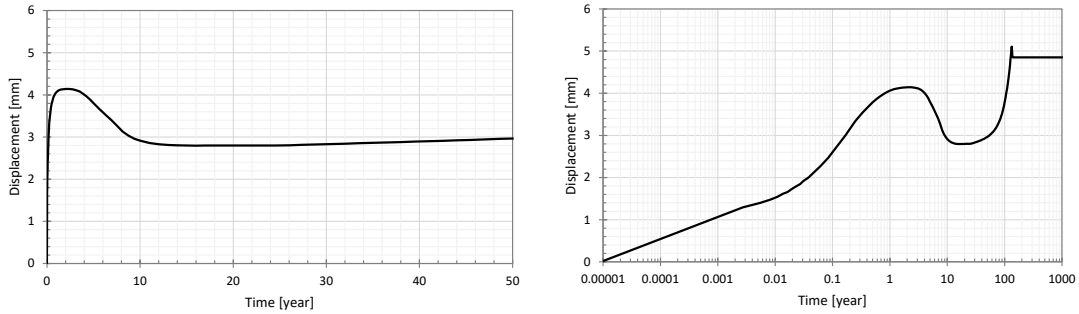


図 4-3- 184 Case 6-3 の O/P 変位の経過時変化

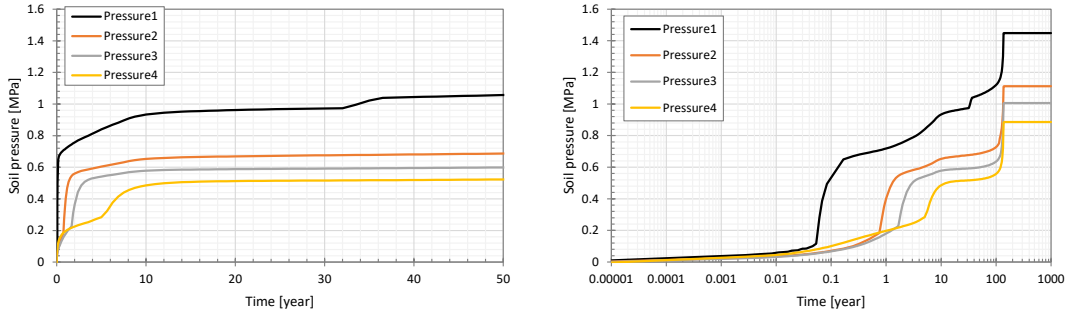


図 4-3- 185 Case 6-3 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

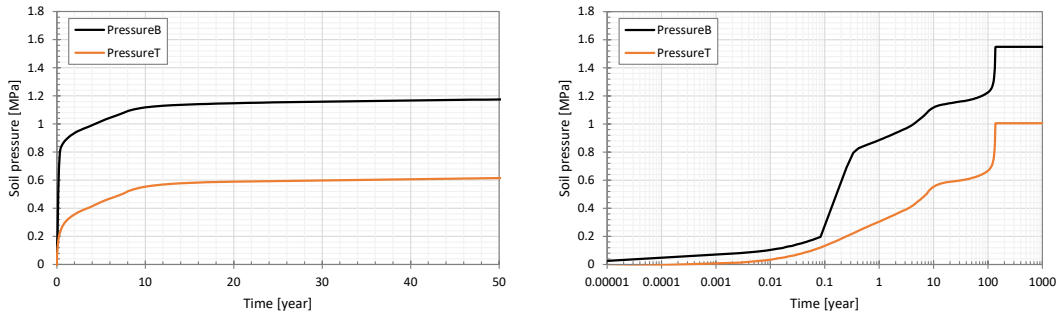


図 4-3- 186 Case 6-3 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

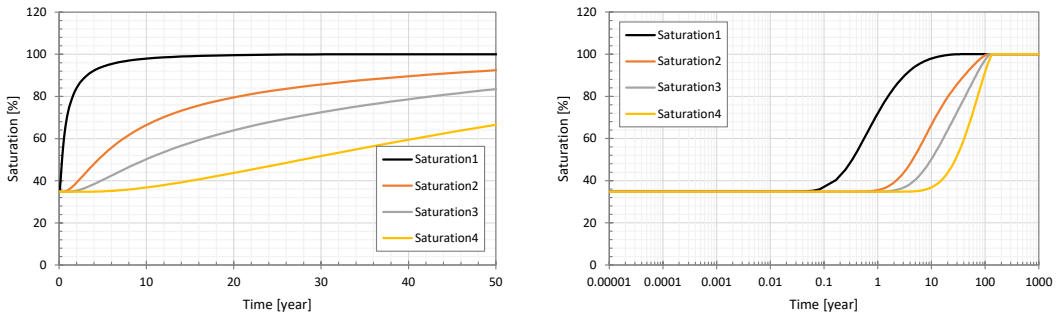


図 4-3- 187 Case 6-3 の各位置の飽和度の経過時変化

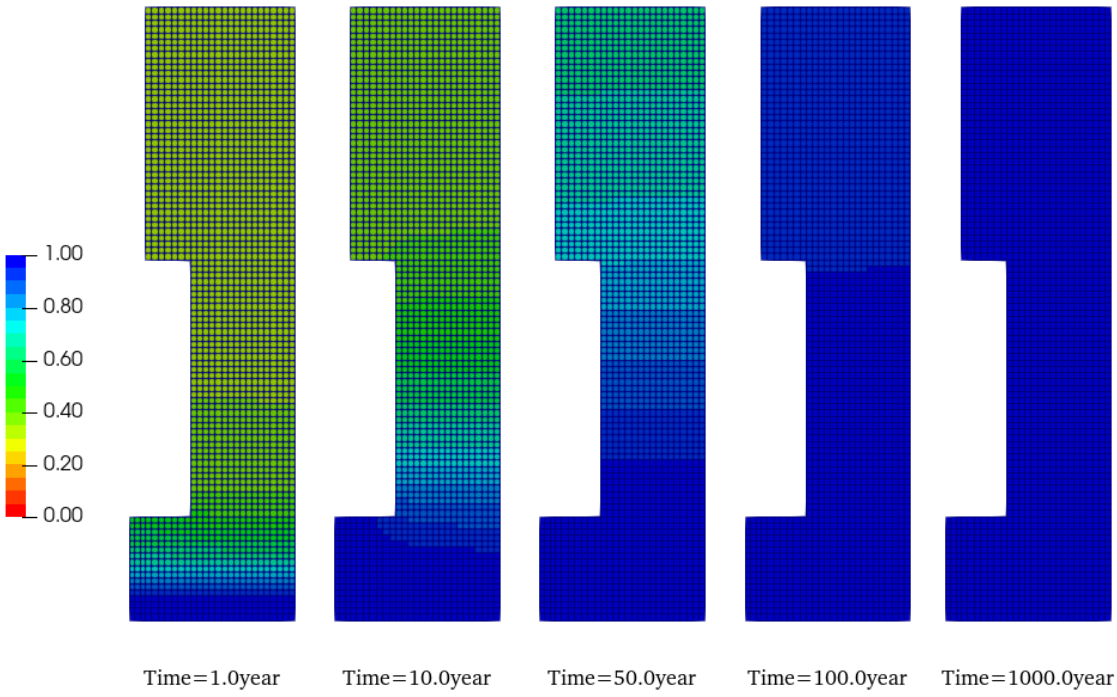


図 4-3- 188 Case 6-3 の飽和度分布の経過時変化

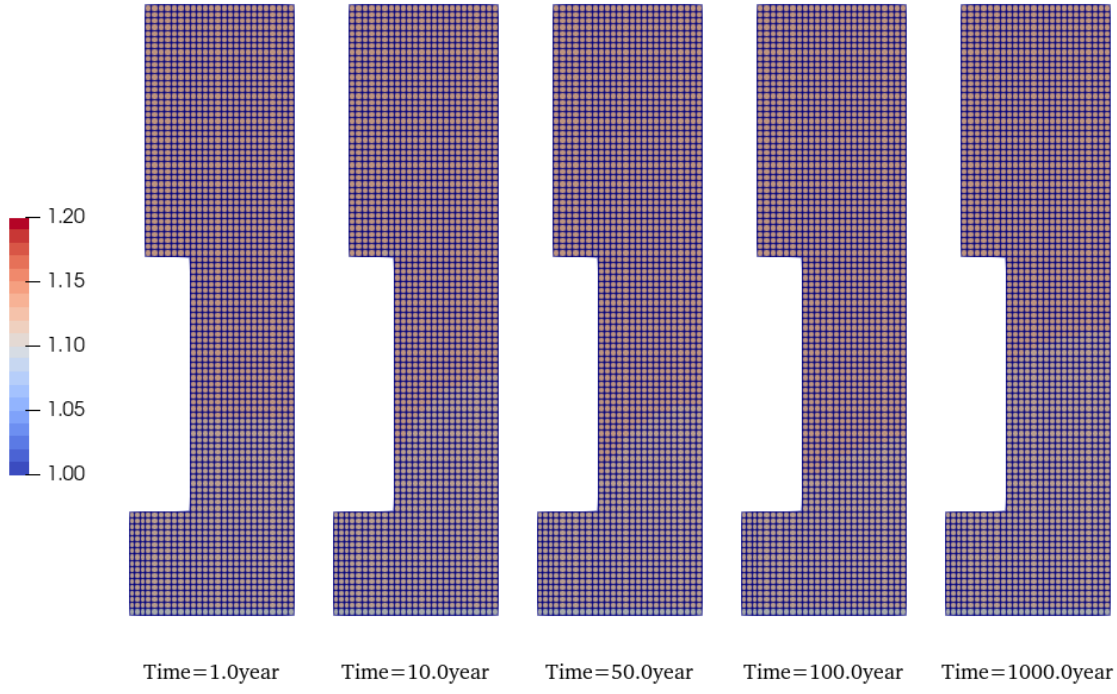


図 4-3- 189 Case 6-3 の乾燥密度分布の経過時変化

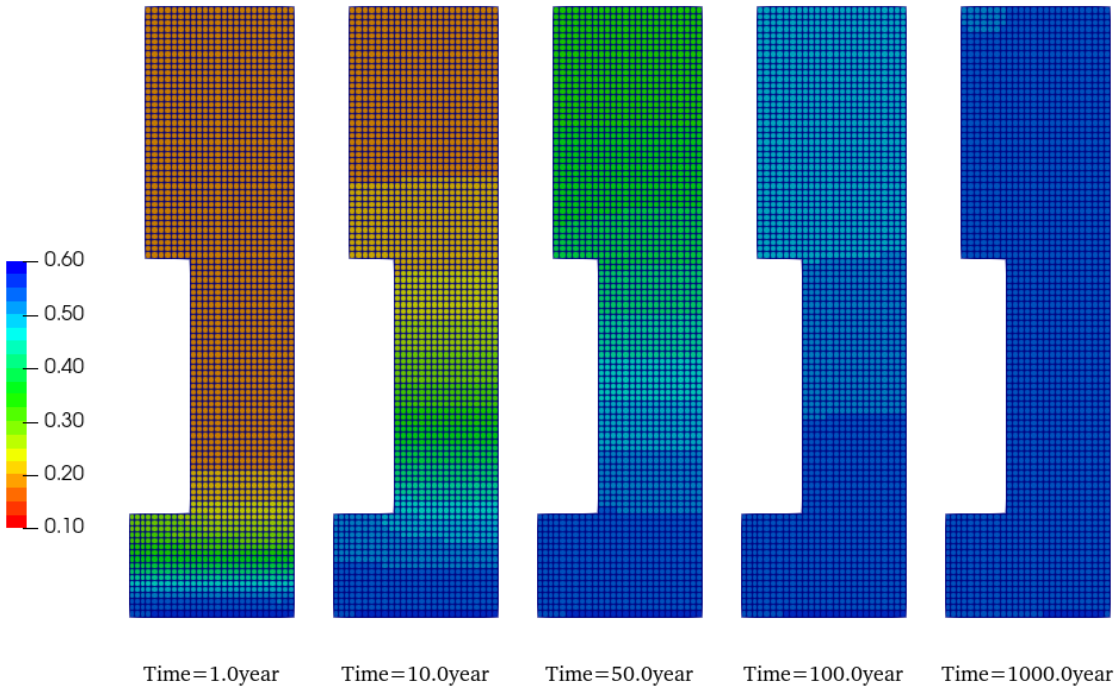


図 4-3- 190 Case 6-3 の含水比分布の経過時変化

Case 6（クニボンド+人工海水）に対してヤング率とポアソン比の飽和度依存性を考慮したケースであり、初期剛性や履歴平均の剛性が高くなり、また飽和度の上昇時には体積変化が抑制されることで O/P 変位量が大幅に小さくなっている。O/P 変位量は実験での計測値に近づいた。基本ケースと比べて O/P 変位の履歴に遅れが見られ、最終変位量は 1/8 程度となっている。変形が抑制された結果、乾燥密度の変化は殆ど生じていない。また、透水係数が小さくなっており、Case 6-1 や Case 6-2 と同様に冠水に至る期間が 2 倍程度長くなっている。Case 6 と比較して、実験終了時の飽和度分布により近くなった。

(h)Case 6-4 の解析結果

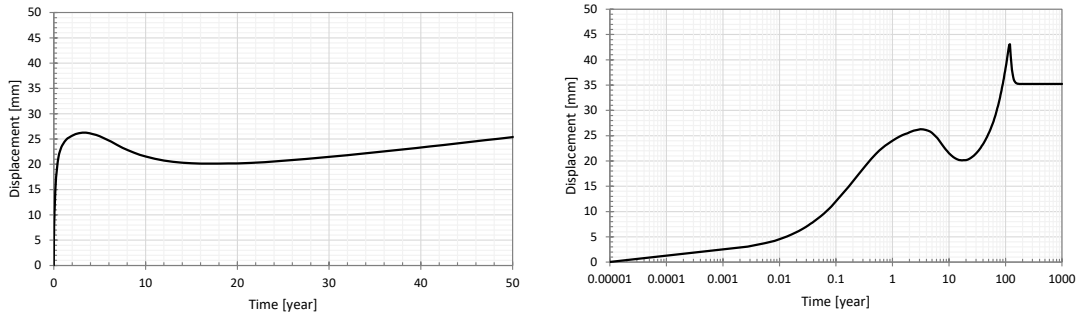


図 4-3- 191 Case 6-4 の O/P 変位の経過時変化

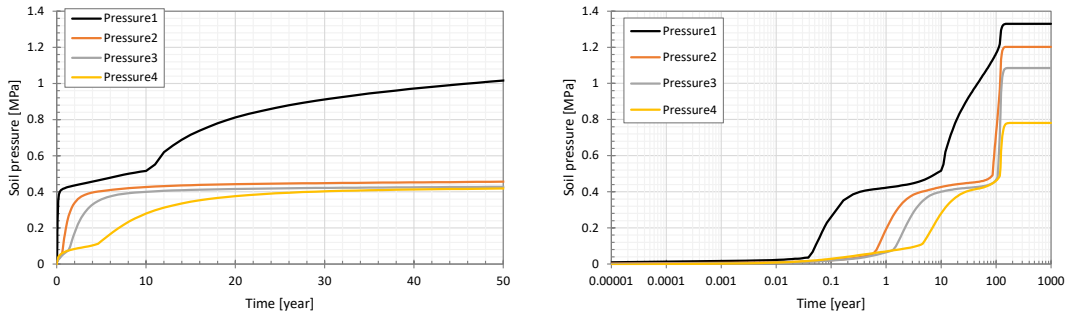


図 4-3- 192 Case 6-4 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

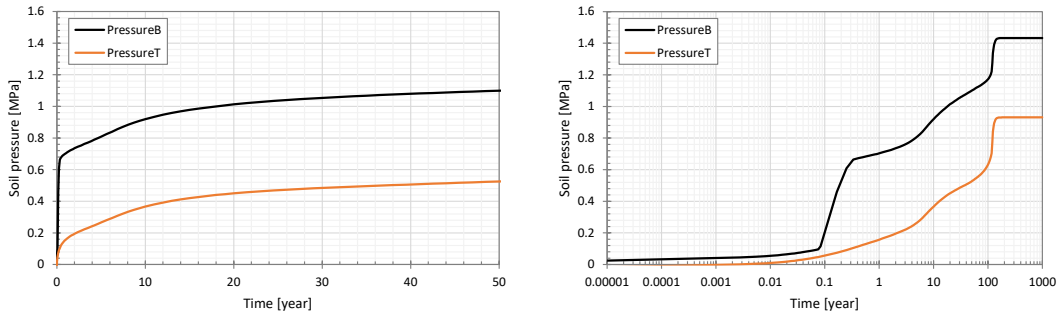


図 4-3- 193 Case 6-4 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

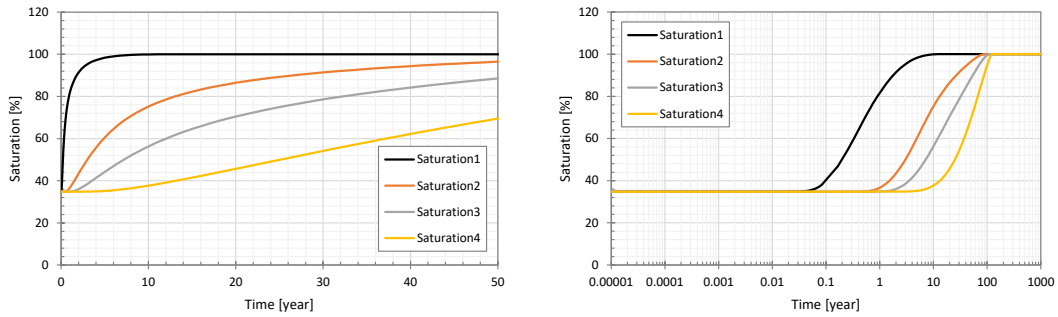


図 4-3- 194 Case 6-4 の各位置の飽和度の経過時変化

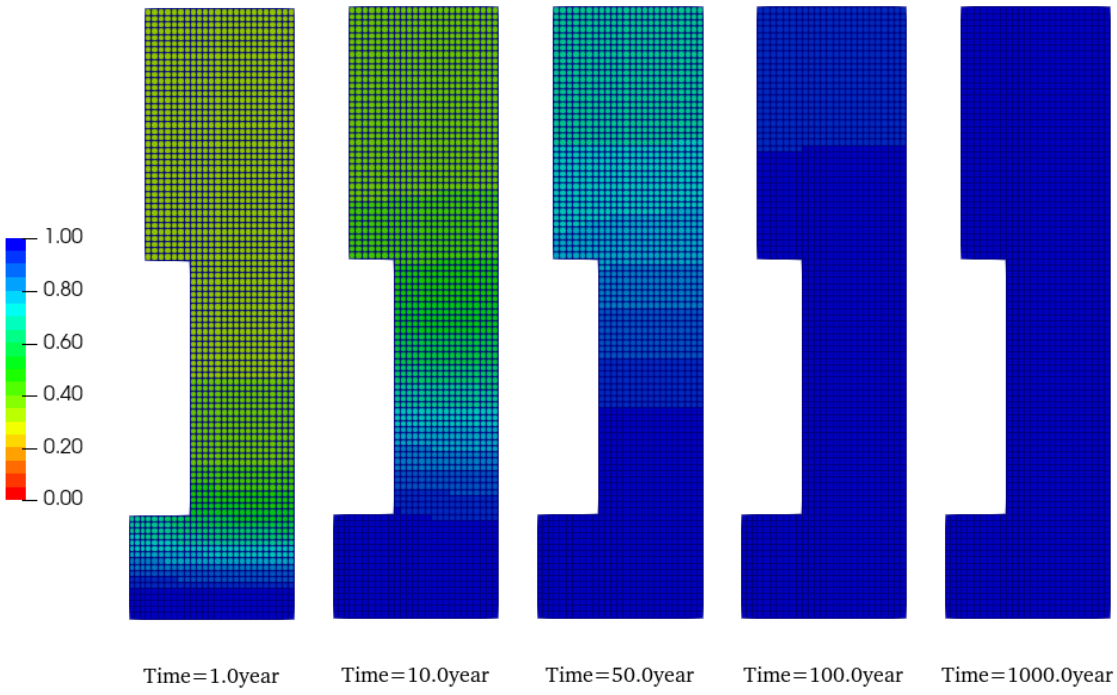


図 4-3- 195 Case 6-4 の飽和度分布の経過時変化

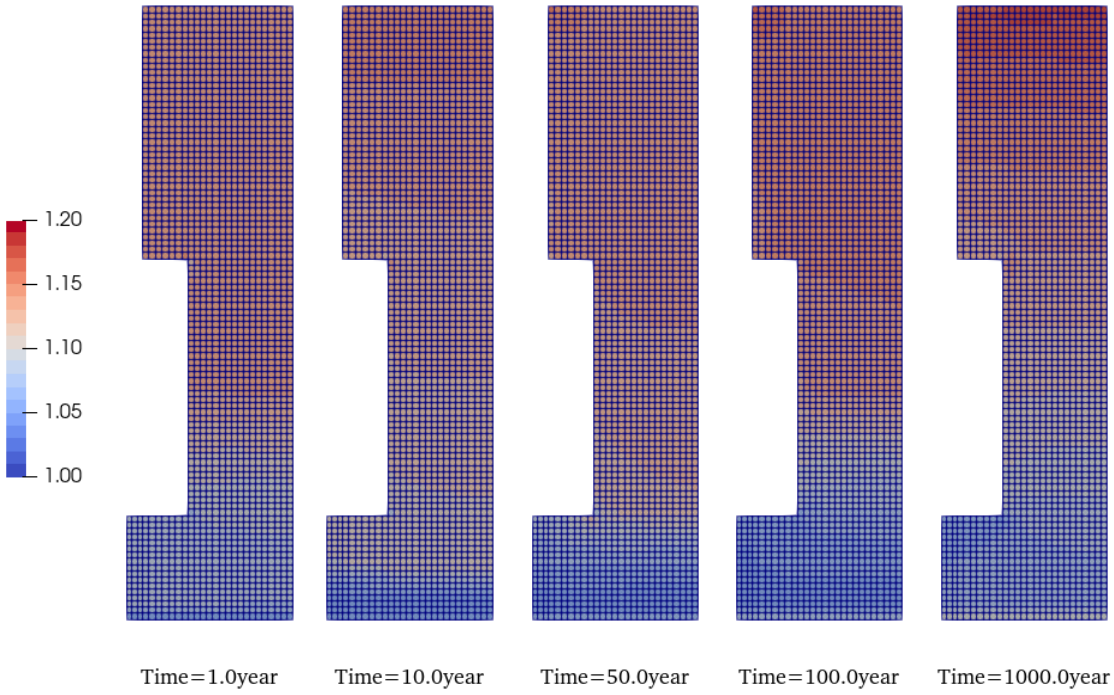


図 4-3- 196 Case 6-4 の乾燥密度分布の経過時変化

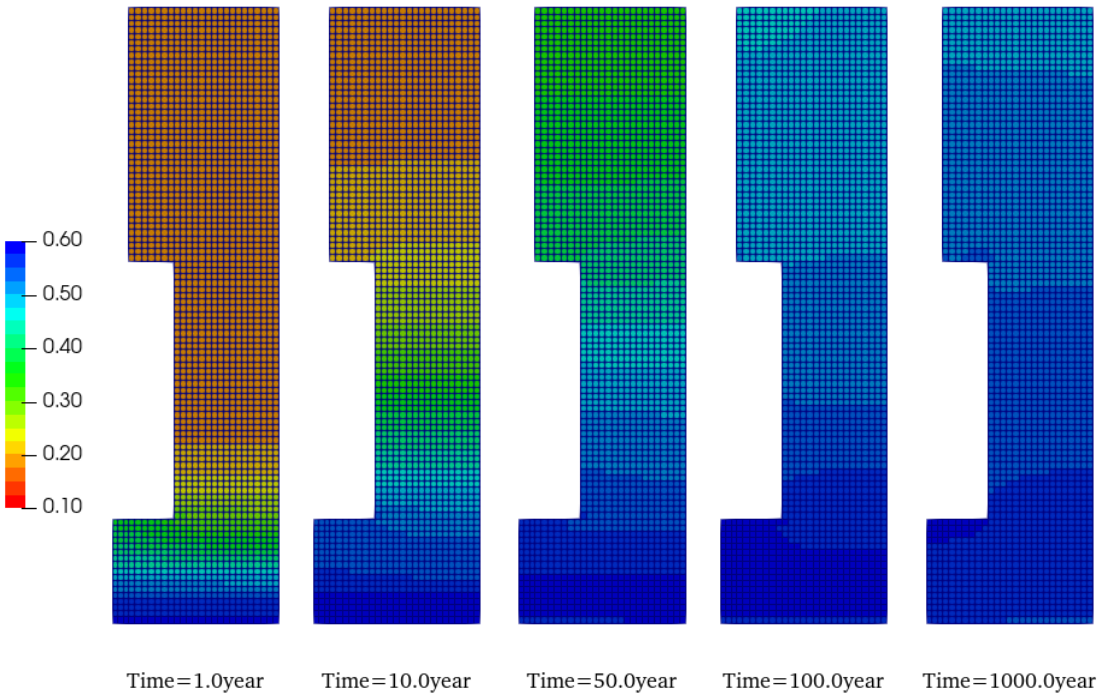


図 4-3- 197 Case 6-4 の含水比分布の経過時変化

Case 6（クニボンド+人工海水）に対して膨潤ひずみと膨潤圧の関係を修正したケースである。同じ拘束圧条件では膨潤ひずみ量が 1/2 となるため、変形が抑制される傾向にあり、変位量が小さくなるとともに透水性が低下している。全体的な応力-変位関係の履歴は基本ケースと同様の傾向であるが、浸潤速度は小さくなっており、冠水に至るまでの期間も他の検討ケースと同様に 2 倍程度長くなっている。変位量自体への影響はヤング率やポアソン比を直接修正するケースに比べると小さいため、1～2 割程度であり、最終的な乾燥密度分布などは基本ケースと似ている。

(i)Case 6-5 の解析結果

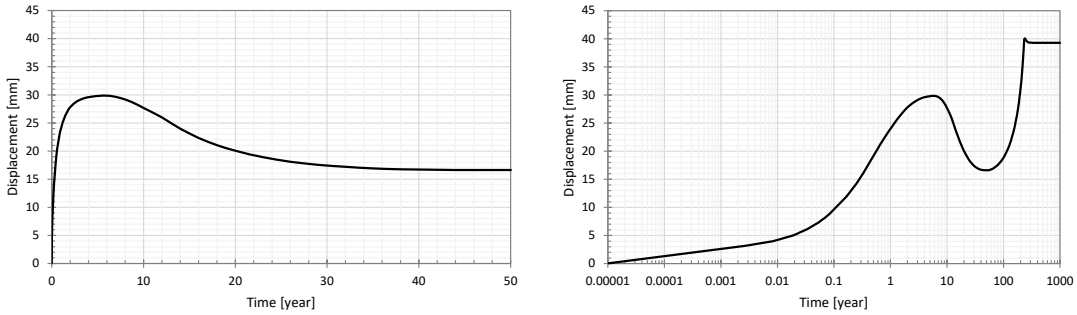


図 4-3- 198 Case 6-5 の O/P 変位の経過時変化

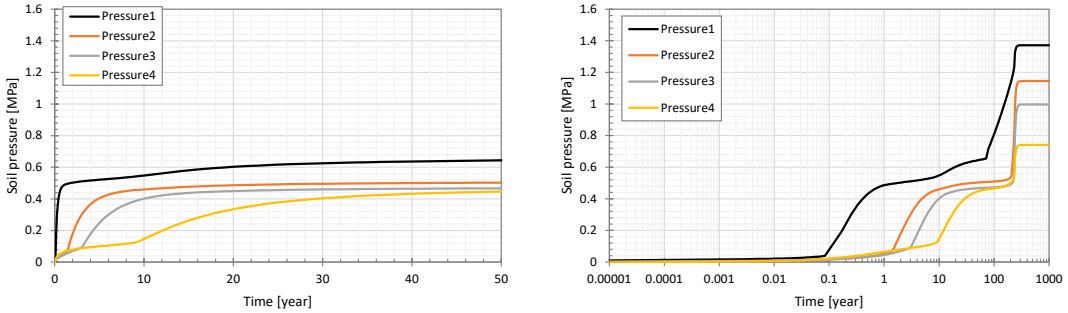


図 4-3- 199 Case 6-5 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化

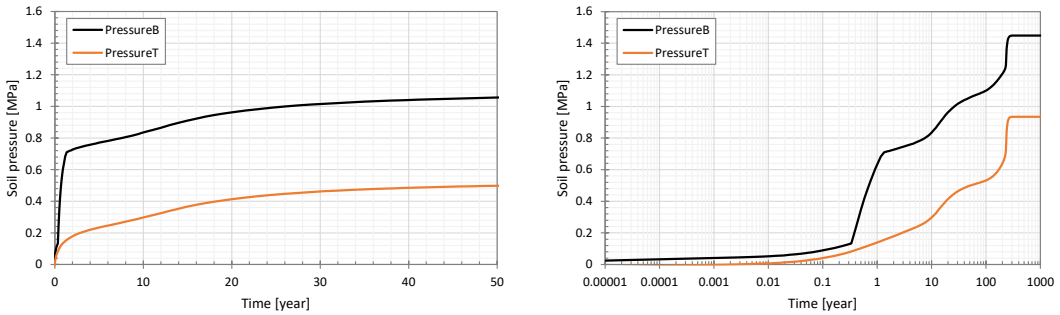


図 4-3- 200 Case 6-5 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化

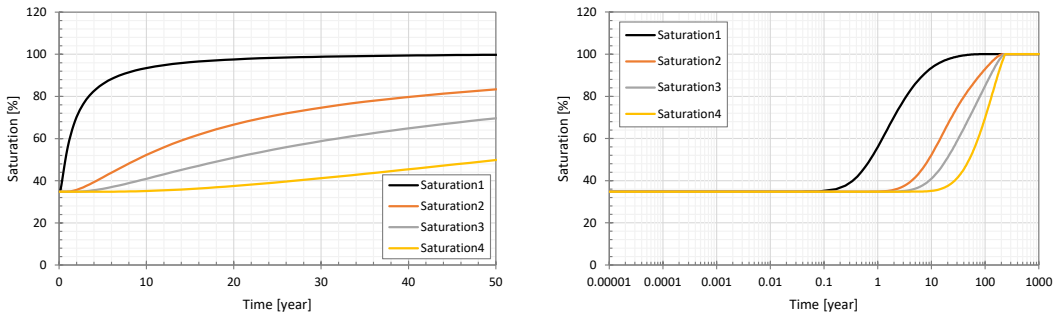


図 4-3- 201 Case 6-5 の各位置の飽和度の経過時変化

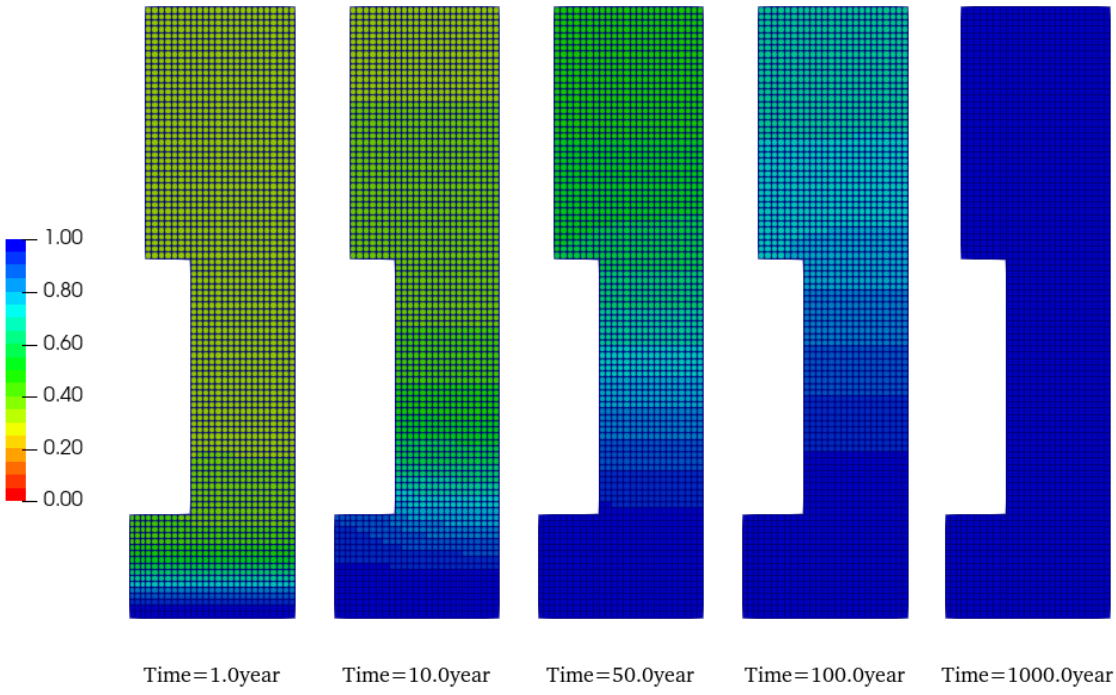


図 4-3- 202 Case 6-5 の飽和度分布の経過時変化

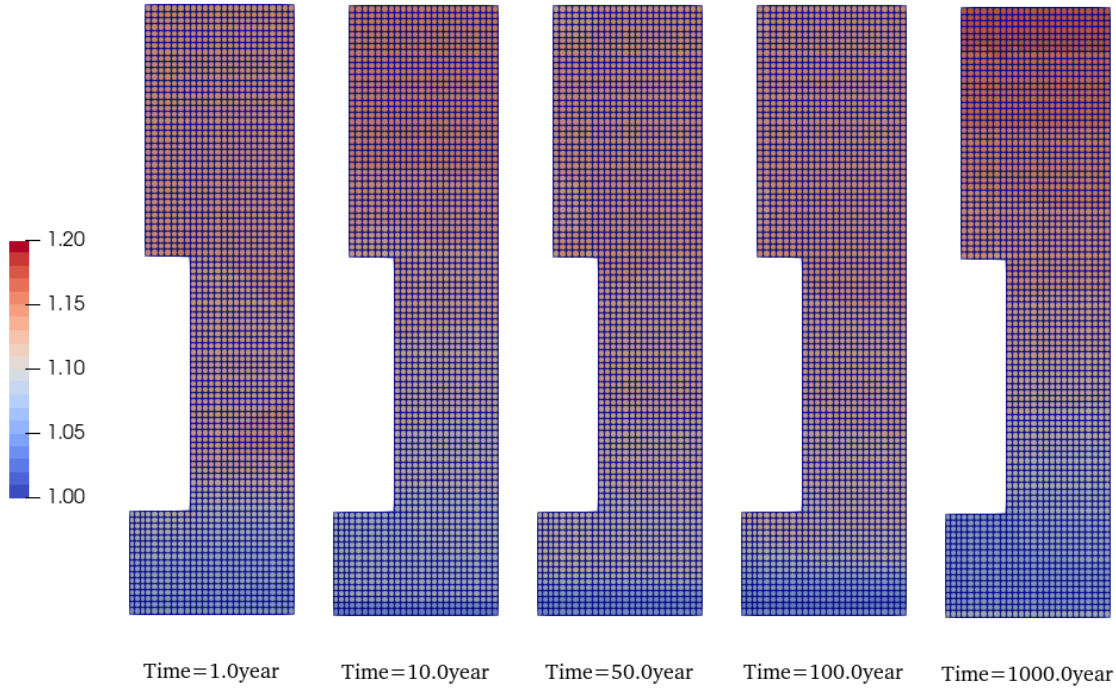


図 4-3- 203 Case 6-5 の乾燥密度分布の経過時変化

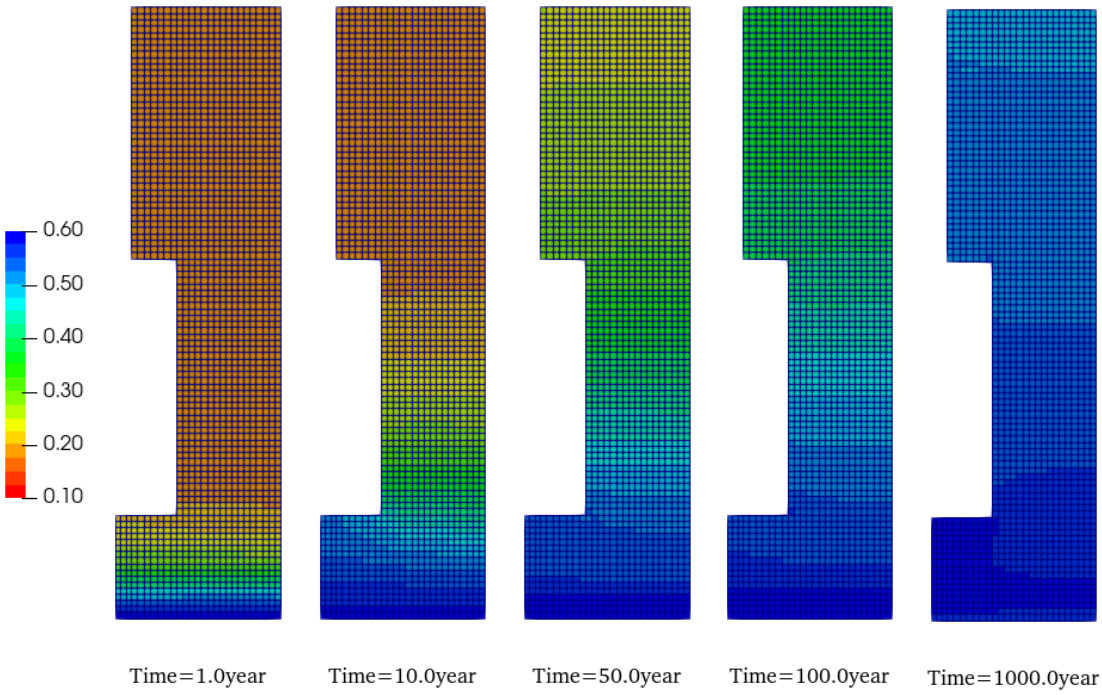


図 4-3- 204 Case 6-5 の含水比分布の経過時変化

Case 6（クニボンド+人工海水）に対して透水係数を修正したケースであり、有効粘土密度に関係なく試験最小値を設定しているため冠水時期は 200 年経過時より後にずれている。応力-変位挙動は全体的に遅れているが傾向に違いはなく、最終変位量は基本ケースとほぼ同じとなっている。そのため、乾燥密度や含水比の最終分布は殆ど同じである。

⑥ 令和3年度のまとめ

緩衝材の仕様（Na 型/Ca 型/砂混合）と水質（純水/人工海水）を組み合わせて実施された既往の遠心模型試験を対象に、実規模大の現象の数値解析を実施した。膨潤特性や透水性は要素試験データを有効粘土密度で整理して設定し、基本的な解析条件を統一して全 6 ケースの数値解析を実施し、緩衝材条件の違いによる影響を確認した。また、試験結果との比較の観点から、オーバーパック変位が大きいことや、一部ケースで浸潤速度が大きい傾向が見られ、これらの要因を分析する上で解析条件を変更した追加検討を実施し、その影響を確認した。本研究で得られた成果は以下のようにまとめられる。

(a) 緩衝材仕様と水質の違いによる影響

Na 型ベントナイトであるクニゲル V1 と砂の混合土と純水を組み合わせたケースでは、透水性が非常に小さいため浸潤期間が長く、O/P 変位が緩衝材下部の膨潤で押し上げられた後、上部の膨潤で押し戻され、下部で生じた間隙水圧により再上昇した後に冠水で押しも戻される挙動が確認できる（図 4-3-205）。一方で、緩衝材仕様が同じであっても人工海水を組み合わせた場合、透水性が大きくなるため浸潤期間が短く、緩衝材の膨潤による O/P 変位の押し上げと押し戻しは変位履歴の上で不明瞭となり、間隙水圧による変動が支配的となる。これは透水性の大きい Ca 型ベントナイトであるクニボンドと砂の混合土のケースでも同様である。砂を混合しない条件のクニボンドを使用したケースでは、浸潤期間がある程度長いためクニゲル V1 砂混合土と純水の組み合わせと同様の挙動が見られ、特に膨潤圧の大きい Case 6 では特徴的である。なお、クニボンドを使用したケースでは浸潤速度は実験結果に比べて大きい傾向にある（図 4-3-206）。

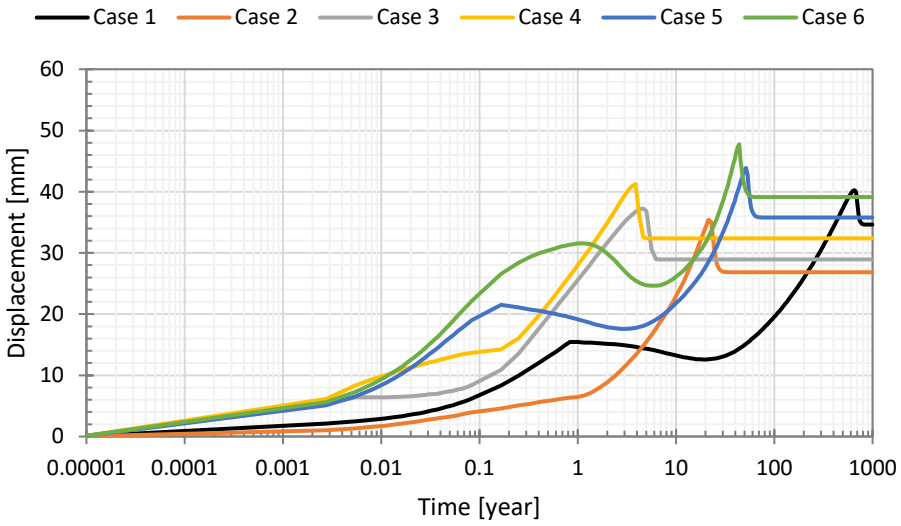


図 4-3- 205 O/P 変位の経時変化の基本ケース間の比較

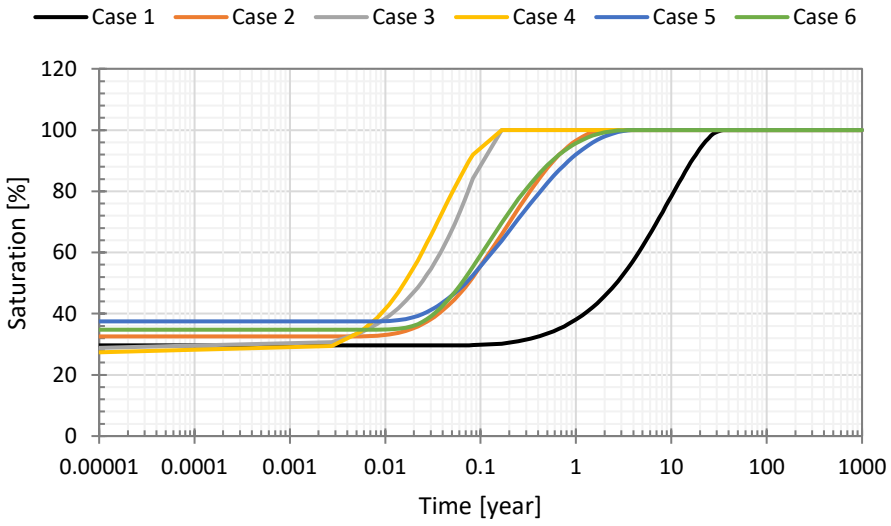


図 4-3- 206 緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の基本ケース間の比較

(b) 緩衝材の剛性や膨潤特性が及ぼす影響

緩衝材は浸潤過程で間隙水による影響が大きくなり、剛性の低下や見かけのポアソン比の変化が生じる。基本検討では緩衝材の剛性を飽和時相当とし、ポアソン比は乾燥時相当で一定値としているため、膨潤や間隙水圧による変形量が大きく生じていた。この条件に対し、緩衝材のヤング率やポアソン比を乾燥時から飽和時にかけて線形に変化させる検討を行い、履歴平均の剛性が高くなることや、剛性低下後も体積変化を抑制することで O/P 変位が小さくなり（図 4-3-207）、実験結果に近づくことを確認した。なお、変形が拘束されることで有効粘土密度が大きくなるため、透水性が小さくなる効果があり、緩衝材に生じる全応力も大きくなる。このことは、膨潤特性として膨潤圧に対する膨潤ひずみを小さく考慮する場合においても同様である。ただし、過渡的な現象進展の遅れは見られるものの、絶対的な変位の大きさに比べて浸潤の進行速度に力学特性の変更が与える影響は小さい（図 4-3-208）。

O/P 変位についての実験との比較から、緩衝材の剛性の飽和度依存を適切に設定する必要があることが明らかになった。飽和時のヤング率を定数で設定した場合は、O/P 変位量を過大に評価することになる。

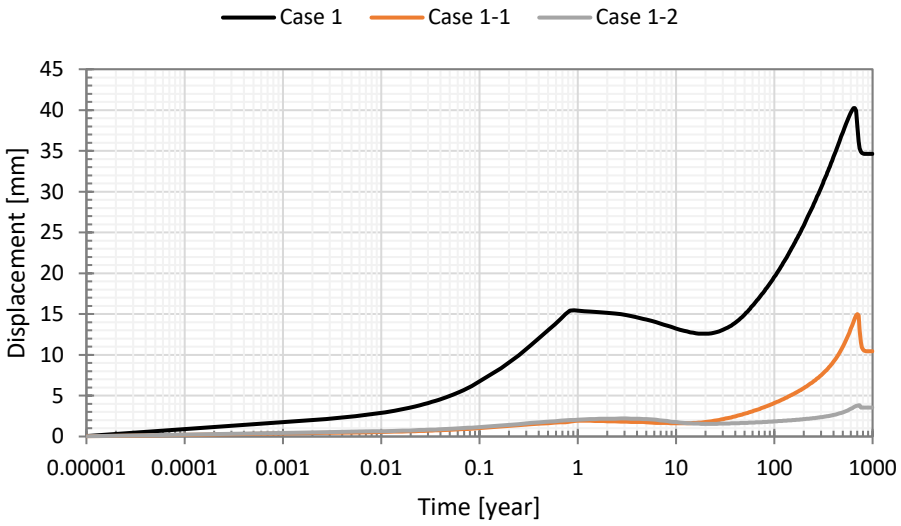


図 4-3- 207 Case1 と追加ケースの O/P 変位の経時変化の比較

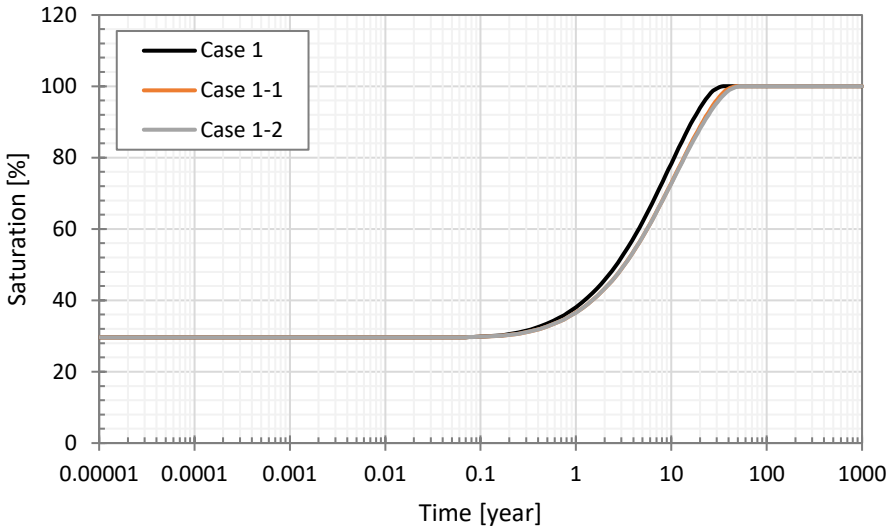


図 4-3- 208 Case1 と追加ケースの緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の比較

(c) 緩衝材の水理特性が及ぼす影響

クニボンドと人工海水を組み合わせた緩衝材条件を対象に、透水性の大きさを変更した検討を実施した。要素試験データのばらつきの範囲で、より透水係数を小さく設定することで浸潤速度を小さくした。これにより、冠水に至るまでの期間が長くなり、実験と整合する結果を得た。また、相対透水係数の見直すことで浸潤速度を小さくする検討も実施し、緩衝材の下部では早く飽和に至る結果が見られたものの、全体が冠水に至るまでの期間は長くなった。検討したケース内では透水係数を試験最小値から設定したケースを除いて、冠水までに概ね基本ケースの 2 倍程度の期間を要する結果となった。これらの水理特性に関する条件変更が O/P 変位などに与える影響は小さく、相対透水係数を変更したことで各部位の飽和度の経時変化が他ケースと大きく異なる Case 6-2 を除いて、過渡的な現象の遅れは生じるものの最終的な状態には殆ど影響が見られていない（図 4-3-209、図 4-3-210）。

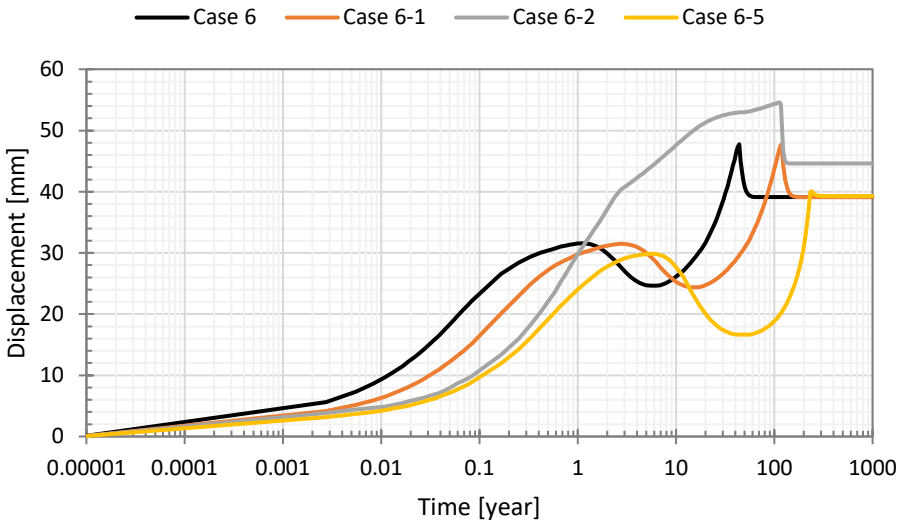


図 4-3- 209 Case6 と追加ケースの O/P 変位の経時変化の比較

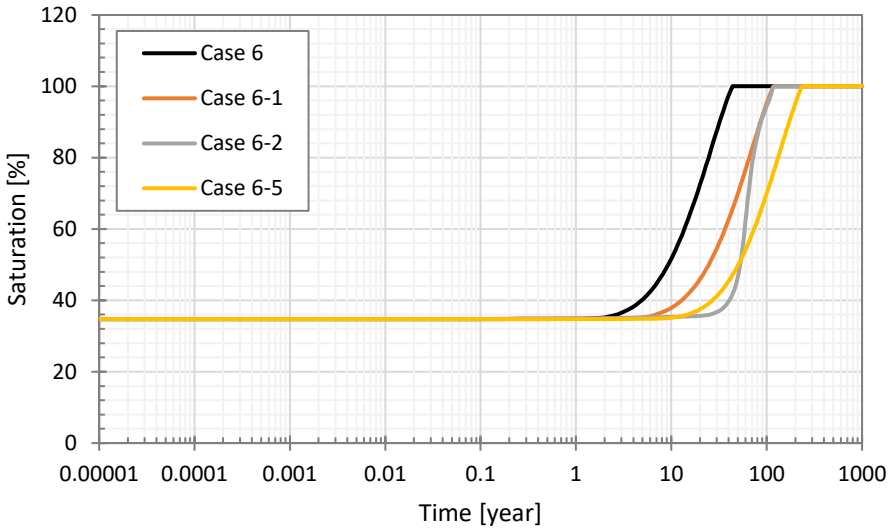


図 4-3- 210 Case6 と追加ケースの緩衝材最上部位置における飽和度の経時変化の比較

参考文献

ASTM International (2013): ASTM D6467-13 Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils.

Bishop, A. W., Green, G. E., Garga, V. K., Andresen, A., Brown, J. D. (1971): New Ring Shear Apparatus and Its Application to the Measurement of Residual Strength, Géotechnique, vol 21, pp. 273-328.

Craig, W. H., James, R. G., Schofield, A. N. (1988): Centrifuges in soil mechanics, Balkema Rotterdam.

Fukushima, Y. (1984): X-ray diffraction study of aqueous montmorillonite emulsions, Clays and Clay Minerals, vol. 32, pp. 320-326.

原子力発電環境整備機構 (2021): 包括的技術報告: わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－, NUMO-TR-20-03.

原子力環境整備促進・資金管理センター (2016): 平成 27 年度地層処分技術調査等事業「処分システム工学確証技術開発」報告書（第３分冊）－人工バリアと周辺岩盤の長期挙動評価手法の構築－.

原子力環境整備促進・資金管理センター (2017): 平成 28 年度地層処分技術調査等事業「処分システム工学確証技術開発」報告書（第３分冊）－人工バリアと周辺岩盤の長期挙動評価手法の構築－.

van Genuchten. M. Th. (1980): A closed-form equation for predicting hydraulic of unsaturated soils, Soil Science Society American Journal4-3, pp.892-898.

宜保清一 (1994): 残留強度測定のためのリングせん断試験装置とその測定精度, 地すべり学会誌, vol. 31, no. 3, pp. 24-30.

濵口拓, 神野郁夫 (2018): 電流モードエネルギー分解 CT による実効原子番号および電子数密度の測定, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 講演予稿集, 19a-A304-3.

長谷川琢磨 (2004): ベントナイトの透水・浸潤特性への海水影響, 電力中央研究所報告, N04005.

石原研而 (2018): 第 3 版土質力学, 丸善出版株式会社.

地盤工学会 (2006): 地盤工学用語辞典.

地盤工学会 (2009): 電子レンジを用いた土の含水比試験方法, 地盤材料試験の方法と解説, JGS 0122, 2009.

核燃料サイクル開発機構 (1999): わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性; 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ(分冊 2)地層処分の工学技術, JNC-TN1400-99-022.

金山素平, 肥山浩樹, 東孝寛, 高山昌照 (2001): 粘土の二次圧密係数, 農業土木学会論文集, no. 211, pp. 75-81.

河野伊一郎, 西垣誠 (1982): 室内透水試験法に関する 2, 3 の考察, 土質工学会論文報告集, vol. 22, no. 4, pp.181-190.

木村孟, 日下部治 (1987): 講座 遠心模型実験 2. 序論, 土と基礎, vol. 35, no. 11, pp. 68-74.

菊池広人, 棚井憲治 (2005): 幌延地下水を用いた緩衝材・埋め戻し材の基本特性試験(試験報告), JNC-TN8430 2004-005.

小峯秀雄, 緒方信英 (1999): 高レベル放射性廃棄物処分のための緩衝材･埋戻し材の膨潤評価式の提案－砂とベントナイトの配合割合およびベントナイト中の陽イオンの種類・組成の影響－, 電力中央研究所報告, U99013.

Kusakabe, O. (1995): 6. Foundations, Geotechnical Centrifuge Technology, R. N. Taylor, Ed. Blackie Academic & Professional, pp. 118–197.

Lupini, j. F., Skinner, A. E., Vaughan, P. R. (1981): The drained residual strength of cohesive soils, Géotechnique, vol.31, no. 2, pp. 181-213.

前田宗宏, 棚井憲治, 伊藤勝, 三原守弘, 田中益弘 (1998): カルシウム型化及びカルシウム型ベントナイトの基本特性－膨潤圧, 透水係数, 一軸圧縮強度及び弾性係数－, 動力炉・核燃料開発事業団報告書, PNC TN8410 98-021.

Mualem, Y. (1976): A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, Water Resources Research 12, No.3, pp.513-522, 1976.

村尾英彦, 釜井俊孝, 野坂徹 (2015): リングせん断試験のせん断面と地すべり面における微視的構造の比較, 地すべり学会誌, vol. 52, no. 3, pp. 11-19.

村松容一, 濱井昴弥, 山野恭, 千葉仁, 早稲田周 (2012): 千葉県房総半島および茨城県南東部における非火山性温泉の水質および安定同位体比とその地質鉱物学的解釈, 温泉科学, vol. 62, p. 112-134.

中村邦彦, 田中幸久 (2004): 高レベル放射性廃棄物処分孔での廃棄体の沈下挙動－遠心模型実験と簡易沈下予測法の提案－, 電力中央研究所報告 U03074.

直井優, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 百瀬和夫, 坂上武晴 (2005): 各種ベントナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす人工海水の影響, 土木学会論文集, No. 785/Ⅲ-70, pp.39-49, 2005.

日本工業規格 (2009a): JIS A 1202:2009 土粒子の密度試験方法.

日本工業規格 (2009b): JIS Z 2451:2019 ベントナイトなどのメチレンブルー吸着量の測定方法.

日本規格協会 (2019): JIS Z 2451, ベントナイトなどのメチレンブルー吸着量の測定方法, 2019.

西本壮志, 岡田哲実, 澤田昌孝 (2012): 遠心力載荷装置を用いた高レベル放射性廃棄物処分場周辺の長期挙動評価(その 2)－ニアフィールド模型試験法の確立と等方応力拘束条件下における長期挙動－, 電力中央研究所報告 N11040.

西本壮志, 岡田哲実, 澤田昌孝 (2014): 遠心力載荷装置を用いた高レベル放射性廃棄物処分場周辺の長期挙動評価(その 4)—加熱型廃棄体を用いた等方応力拘束条件下における熱－水－応力連成模型実験—, 電力中央研究所報告 N14003.

Nishimoto, S., Sawada, M., Okada, T. (2016): New Rapid Evaluation for Long-Term Behavior in Deep Geological Repository by Geotechnical Centrifuge. Part 1: Test of Physical Modeling in Near Field Under Isotropic Stress-Constraint Conditions, Rock Mechanics and Rock Engineering, vol. 49, pp. 3323-3341.

岡村未対, 竹村次朗, 上野勝利 (2004): 遠心模型実験－実験技術と実務への適用－ 2.遠心模型の相似則, 実験技術－利点と限界, 土と基礎, Vol. 52, No. 10, pp. 37–44.

Rutqvist, J., Börgesson, L., Chijimatsu, M., Kobayashi, A., Jing, L., Nguyen, T. S., Noorishad, J. and Tsang, C.-F. (2001): Thermohydromechanics of partially saturated geological media: governing equations and formulation of four finite element models, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.38, pp.105-127.

佐治慎一, 伊藤雅和, 柴田雅博, 神徳敬, 磯貝武司 (2005): 河川水と接触したベントナイト鉱床の化学特性変化—試料採取と分析結果—, 核燃料サイクル開発機構研究報告, JNC-TN8400 2005-017.

酒井直樹, 豊田浩史, 中村公一, 杉本光隆 (2003): リングせん断試験による残留状態の評価と残留強度測定法に関する検討, 土木学会論文集, no. 743, III-64, pp. 223-228.

酒井左武郎, 川北米良 (1958): 放射流式透水試験機の試作実験について, 土木学会論文集, vol. 64, pp. 39-47.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所 (2020): 平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(沿岸部処分システム評価確証技術開発)成果報告書.

産業技術総合研究所, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 電力中央研究所 (2021): 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発(沿岸部処分システム評価確証技術開発)成果報告書.

佐藤稔, 西本壮志 (2021): 沿岸部の地下水環境を想定した Ca 型/Na 型ベントナイト緩衝材中の廃棄体変位挙動評価, 電力中央研究所報告 N21003.

佐藤努 (1996): 粘土鉱物の水和と吸着層の構造, 鉱物学会誌, vol. 25, no. 3, pp. 99-110.

Sato, H., Suzuki, S. (2003): Fundamental study on the effect of an orientation of clay particles on diffusion pathway in compacted bentonite, Applied clay science, no. 23, pp. 51-60.

澤田昌孝, 岡田哲実, 長谷川琢磨 (2006): 高レベル放射性廃棄物処分地下施設の長期挙動予測評価プログラムの開発—緩衝材膨潤評価式の数値モデル化と熱・水・応力連成解析スキームの構築—, 電力中央研究所 研究報告, N05028.

澤田昌孝, 岡田哲実, 西本壮志 (2012): 遠心力載荷装置を用いた高レベル放射性廃棄物処

分場周辺の長期挙動評価(その 3)－等温条件の模型試験に対する水・応力連成解析－, N11037.
鈴木英明, 柴田雅弘, 山形順二, 広瀬郁郎, 寺門一馬 (1992): 菅商事の特性試験(I), 動力炉・核燃料開発事業団報告書, PNC TN8410 98-057.
鈴木英明, 藤田朝雄 (1999): 緩衝材の膨潤特性, JNC-TN8400 99-038.
高治一彦, 重野喜政, 下河内隆文 (2003): 幌延の地下水環境下におけるベントナイト混合材料の力学特性に関する研究, 核燃料サイクル機構 業務委託報告書, JNC-TJ5400 2003-007.
高村弘毅, 丸井敦尚 (2006): 地下鹹水の定義と事例, 日本海水学会誌, Vol. 60, no. 2, pp. 86-90.
高山裕介, 菊池広人 (2020): 塩水条件での緩衝材の力学挙動に対する弾塑性構成モデルの適用性に関する研究, 原子力バックエンド研究, vol.27, no.1, pp.12-21.
田中幸久, 中村邦彦 (2004): 海水の濃度と高温履歴がベントナイトの膨潤特性に及ぼす影響, 電力中央研究所報告, N04007.
Tatsuoka, F., Goto, S., Tanaka, T., Tani, K. and Kimura, Y. (1997): Particle size effects on bearing capacity of footing on granular material. Deformation and progressive failure in geomechanics. pp. 133–138.
Taylor, R. N. (1995): Geotechnical Centrifuge Technology. London, Blackie Academic & Professional.
渡邊保貴, 田中幸久, 中村邦彦, 廣永道彦 (2013): Ca 型ベントナイト混合土の透水試験方法(その 1)－室内締固め供試体に対する剛性容器を用いた方法－, 電力中央研究所報告, N13005.
渡邊保貴, 横山信吾 (2020): メチレンブルー吸着試験の測定精度を考慮したベントナイトのモンモリロナイト含有率の評価, 土木学会論文集 C, Vol. 76, No. 1, 23-39.
Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., Fox, D. D. (2013): The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics (7TH), Butterworth-Heinemann.

第５章　おわりに

５－１ 本研究の成果（まとめ）

（１） 海陸連続３次元地質環境モデルの構築手法の高度化

① 沿岸部地質環境データセットの構築と解析

本研究では日本国内の 55 地域の沿岸平野に関して、公的機関より発行されている地形・地質に関するデータを収録したデータセットを構築し、それらを用いて地球統計学的手法により海陸連続３次元地質モデル（具体的には、３次元地質環境概念モデル）を作成した。昨年度までに作成したモデルでは、地質図の断面図と地表面データの両方を情報をとりこんでいたが、地質図には専門家の判断（エキスパートジャッジ）が含まれるため、今年度は、断面図データのみで統計処理をおこなった数理統計学的なモデル（スタティスティカルモデル）を作成し、前年度までに作成したエキスパートモデルとスタティスティカルモデルの差異を検討した。その結果、断面図データの密度が小さい地域（データ密度が疎な地域）では、両者の違いが小さいが、データ密度が大きくなると、両者の違いは大きくなった。このことからデータ密度の小さな地域では地質の専門家によるエキスパートジャッジが地質環境モデルの精度に大きく影響を与えることが明らかとなった。また我が国の沿岸地域における、海陸連続の三次元温度密度流・塩分密度流に係る非定常連成解析を実施したことで、滞留時間（地下水年代）と塩分濃度、地下水流跡線、水頭圧分布を見える化できた。

② 地質環境モデルの構築と地下水流動解析の高度化

地質モデルの不確実性が地下水流動に与える影響を明らかにし、不確実性を低減するための方策を示すことを目的として、駿河湾沿岸部を対象とした地質モデル作成ならびに地下水流動解析の事例研究を実施している。

地質モデルの構築では、昨年度までに、事例研究地域に対して不確実性を考慮した複数の地質モデルを作成した。今年度は、昨年度までの実施内容・実施結果に基づいて、陸域・海域共通の地質情報の不確実性を考慮した３段階の地質モデル構築手順（データの収集と精査→地質概念モデルの作成→地質モデルの構築）を提示した。この構築手順の実例として、事例研究地域において、複数の地質概念モデルによって地質の不確実性を表現し、地質要素の分布の確からしさと地下水流動に与える影響の大きさの観点から概念モデルを絞りこみ、地質モデルを作成していくという一連のプロセスを示した。また、概要調査におけるボーリング調査の設計を事例として、不確実性低減のための地質調査の基本的な考え方を整理した。以上の検討内容にリスクマネジメントの視点を加味し、地質モデル構築の PDCA サイクルを示した。

地下水流動解析では、昨年度までに、想定される複数の地質モデルを用いて、透水係数の推定を試みた。しかしながら、文献で得られる地表付近で取得された観測値のみでは、

推定は上手くいかなかった。特に、深部や局所的な構造の水理特性の推定は、難しいことがわかった。今年度は、これらを踏まえて、地質モデルの不確実性を考慮し、貫入岩や断層について感度解析を実施した。この結果、局所的な構造である断層や貫入岩は感度が小さく、周辺に観測値がない場合、評価が難しいことがわかった。このため、文献の再収集を行い、空間的にデータが少ない部分を補って再度透水係数の推定を行った。この結果、推定誤差は小さくなり、推定値に深度依存性がある結果が得られた。ただし、深部の地層と局所的な貫入岩や断層については、推定が上手くいかなかった。このため、観測点の空間分布および地質構造との対応は、透水係数の推定に重要であることがわかった。

さらに、海水準変動を考慮した塩水解析を行った。透水係数が小さいほど、地下水流動は遅くなり、化石海水や氷期降水が沿岸部に残留する可能性が高いことがわかった。また、駿河湾のような急峻な地形の場合、海水準変動の影響は相対的に小さいと考えられた。

今後、ボーリング調査結果を反映して、地質モデルを更新し、ボーリング地点および周辺での地下水調査結果を更新して、地下水モデルの校正を行う。これにより、調査によるモデルの不確実性の低減と、モデルの校正に有効な指標を明らかにする。

（2） 海陸連続3次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得方法の高度化

① 陸域から海域にかけての地質環境特性の把握技術の高度化

海岸線から約 300m の距離にて昨年度から掘削中のボーリング孔（FGB-2 孔）では、昨年度到達深度 160m から深度 400m まで掘進した。本ボーリング調査の目的は、沿岸部地下水の特性把握の観点から、①陸域と海域の地下水の連続性の把握、②塩淡境界付近における地下水の流向・流速の確認、③塩水領域の地下水質と年代の把握、分野間連携の観点から④物理検層による地質情報や物理パラメータの取得とデータが持つ代表性の検証、⑤初期地圧測定のための新たな水平応力測定手法の検証とした。昨年度は⑤を実施したため、本年度は主に②③④に焦点を当てた。

本年度は基本的にノンコアボーリングとしたが、3 区間にてオールコアボーリングを実施するとともに、注意深くカッティングスを観察して地質状況の把握に努めた。最も注力したのは、良質の地下水試料の採取であり、深度約 170m、218m、283m、343m の 4 深度にて掘進を一旦停止して、裸孔区間から 2 日間以上の揚水をおこなった後に実施した。この際、同時に連続揚水試験等の水理試験を実施し、透水係数などの水理特性の変化を把握した。これに加えて種々の物理検層を実施し、本地点における淡水領域、塩淡境界、塩水領域を区分するとともに、カッティングから予想されていた地質上状況が正しかったことを確認した。なお、物理検層には地層処分研究では適用事例の少ない核磁気共鳴検層を加えた。上記のうち、塩淡境界（170m 付近）と塩水領域上部（218m 付近）にて流向流速計測定を実施したところ、両者ともに流速は定量限界の 10^{-7} m/s 以下であったが、塩淡境界では南東向きの流れの存在が認められた。

本年度の成果は以上であるが課題も残った。まずは、ここで得られた現場データが流動解析（密度流解析）によって再現が可能かどうか、という課題、深層の塩水の流速が遅く、特にその流向を測定できなかったという課題、核磁気共鳴検層にて評価される間隙率を実際のボーリングコアを用いて検証できなかったという課題である。特に我が国にて塩水の動きが最も速い地域の 1 つと考えられてきた駿河湾でもこれを直接測定できなかったため、他の地域においても同様の結果になると推定される。

その他、浜里試験地においては異なる深度を有する 4 本の観測井を用いた地下水位の連続観測、DD-2 孔の補修作業、DD-4 孔の洗浄作業をおこなった。

② 地下水の流出場及び海底地形把握技術の高度化

海底地形の詳細把握に係る技術と、陸域地下水の流出場の特定手法や海底湧出地下水から陸域地下水の化学的特徴の推定手法の高度化を目標として、特に ROV とサイドスキャンソナーなどで得られる音響画像の解析を組み合わせた湧出水の探査手法について検討を行った。令和 3 年度は前年度に引きつづき、効率的な湧出水の探査手法について検討を進めるとともに、実際の沿岸部海域での試験を通して、沿岸部海域のデータ収集と現地作業における課題の整理を進めた。また、地下水の流出場の特定や海底下の構造などを探査する技術について文献の収集および整理を行った。

具体的な成果として、実海域における潮流の影響によって ROV の航行速度が大きく変化した場合にも、音響画像から湧出水の検出が可能であることを実証した。また、駿河湾沿岸域を対象に、測線を 12 本設定して探査を行って湧出水の検出に成功するとともに、模擬実験で検討した湧出量と音響画像の反射面積の関係式から湧出量を見積もり、GIS 解析によって面的な湧出量を推定した。一方で陸域掘削孔（FGB-2）の周辺の水深 20～260m では明瞭な湧出水のシグナルは認められず、より広範囲での探査が必要や検証が必要と考えられる。

また、海域における地下水の湧出現象や、その探査法について文献の収集や整理を行った。浅い海域においては、地化学調査による湧出分布の把握、シーページメータによる実測など、適用事例も多く、ダイバーによる機器設置が可能であることが、調査手法の選択肢を増やしている実態が明らかとなった。物理探査については、浅海や深海あるいは広域や狭域を問わず適用事例が多いことが確認された。これらの物理探査は、沿岸部の地質構造、塩淡境界や断層の評価が挙げられ、物理探査と共にボーリング調査、地化学調査や数値解析などが行われている。一方で、湧出量の定量化は浅い海域が多いが、広域や深い場所では数値解析に頼らざるを得ない現状にあると言えるが、本事業で検討を進めている音響画像の解析を組み合わせた手法が有効であると考えられる。

③ 物理探査技術の高度化

大型の調査船舶が必要となるという調査上の制限から、定置網や岩礁への影響を避けるために、これまでデータの空白域となっていた沿岸部の水深 5～20m 程度の浅海域を対象とした新たな三次元音波探査手法の確立を目的として、マルチ振源音波探査手法の高度化を実施した。今年度は神奈川県横須賀市の金田湾においてこれまで論文における実証事例しか存在しなかったマルチ振源 3 次元音波探査手法について、浅海域調査への展開における可能性の確認と、海底下深度 500m程度の調査を想定した大型スピーカーの検証を実施した。今年度の成果としては、本手法の測定精度は船速や波浪状況、受信機（ストリーマーケーブル）の水深などに非常に大きく影響されるものの、既存のブーマーなどの発震器を利用した曳航式の調査手法の代替手法になりえる可能性があることが明らかとなった。一方で、より深部まで調査するための低周波数で高い音圧を出す大型スピーカーについては、検証の結果、音圧の安定性と共振によるノイズの発生に課題があり、今後、改良に取り組む必要があることが明らかとなった。

（3） 沿岸海底下特有の地質環境に着目した工学技術の高度化

① セメント系材料の短期的な変質挙動に関する知見拡充

処分場の坑道の支保工や覆工の操業から再冠水完了までの期間における空洞安定性を確保した設計時に反映すべき沿岸部の多様な組成の地下水に接触するセメント系材料の化学的な変質に伴う力学特性変化に関する情報の整備を目的とし、模擬地下水への浸漬等によりデータの取得を進め、解析的な特性変化の予測方法について検討した。沿岸部の多様な地下水組成に対するセメント系材料の化学組成の変化に関するデータが少ないことから、化学変質に影響が考えられる HCO_3、SO_3 および Mg 等に着目して沿岸部の地下水を類型化し、それらに基づいた模擬地下水による化学変質挙動とそれに伴う力学特性への地下水組成の影響に関するセメントペースト試料の浸漬試験や、化学変質に関連した特性変化に関するデータの少ないコンクリートにおいて地下環境を想定したフロースルーや浸漬による試験を実施した。加えて、これらの試験の検証のために、分野間連携の活動の一環として実地下水を使用した試験を実施した。その結果、試料の表面における CaO の溶脱や二次鉱物の生成等の化学変質は、浸漬期間が 3 か月や 10 か月と短いため少なく、ビッカース硬度による力学特性の変化は明確に認められていない。また、これまで課題であったセメント系材料の表層に二次鉱物が生成する挙動の解析方法について、固相外部に析出層を設定したモデル体系を構築して検討し、その予測が可能となる見通しを得た。今後は、浸漬試験等により化学変質の進行した状態での力学特性に関するデータを取得し、地下水組成やセメント系材料の種類（セメント種類やコンクリート種類）と化学変質と力学特性の関連に関する情報を体系的な整理を進め、処分施設の設計に必要な基礎情報とすると共

に、化学解析における外部の析出層の設定の見直しや強度の推定手法案の策定を進め、安全評価の初期状態の予測にも役立てる予定である。

② 緩衝材の機能変化に係るデータの拡充

沿岸部の地下水環境下における緩衝材の仕様成立範囲を決定する上で影響が大きい自己シール性に関する評価に必要な、多様な地下水の組成に応じた緩衝材の膨潤率の予測方法や基盤情報を整備することを目的とし、自己シール性に対する影響の大きい、モンモリロナイトの層間陽イオンの交換反応の進行及び陽イオン種とイオン強度の膨潤率への影響に関する試験等を実施した。これまでに整備されている緩衝材のイオン交換係数は、希薄溶液中での分散系での測定結果に基づいて設定されたものであるが、処分場において地下水が浸潤する過程では、緩衝材は圧縮された状態であること、圧縮時と希薄溶液中とでは間隙水の濃度が異なるためイオン交換係数が異なる可能性があることから、圧縮した緩衝材中での沿岸部で想定されるイオン強度でのイオン交換係数を算定するための試験データの取得や、解析によるイオン交換挙動の予測手法について検討している。膨潤率に関しては、これまでにセメント系材料からの影響による Ca 型化や海水での影響についてデータが整備されているが、沿岸部での多様な地下水組成を踏まえ、海水系と降水系の混合した地下水の組成における影響や、Mg や K 等の陽イオンの膨潤率への影響に関して検討をしている。令和 3 年度は、イオン強度 0.5 及び 0.25 の KCl と NaCl の混合溶液により圧縮状態での K-Na のイオン交換係数を通水試験結果より得ることができ、イオン交換係数を検証するための実地下水による通水試験を開始した。また、令和 2 年度に実施した通水試験の条件での従来のイオン交換係数を用いた解析により、概ね試験結果を再現でき、Ca-Na のイオン交換係数は従来よりも高い可能性があることも分かった。膨潤率に関しては、上載圧を施した膨潤量試験により、最大膨潤率はイオン強度の平方根に反比例して 0 から 0.2 までの間に大きく低下し、陽イオン種(Na、K、Ca 及び Mg)によらず整理できる可能性が高いことがわかった。実地下水による試験データも取得し、この膨潤率に関する整理と概ね同様な傾向にあることを確認した。今後は、Ca や Mg のイオン交換係数の取得を進めると共に、解析手法を令和 3 年度の通水試験の再現等により検証しイオン交換反応の進行の予測への適応性を高める検討や、膨潤率に関しては、イオン強度と陽イオン種の影響に関する試験を継続して体系的な整備を進め、沿岸域での地下水環境に適用した緩衝材の設計（仕様成立範囲）に関するデータ及び、イオン交換の結果や、冠水時の膨潤挙動を受けた、安全評価の初期状態の設定に係るデータを整備する予定である。

③ 緩衝材-オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充

緩衝材－オーバーパックの相互作用と緩衝材仕様に関わるデータの拡充では、沿岸部特有の地下水環境（海水）を考慮し、Na 型ベントナイトに加えて代替オプションとなり得る海水との平衡を考慮したイオン型の異なる材料（Ca 型/Ca 型化ベントナイト等）に着目

した検討を行った。すなわち、塩分を含む環境では、①緩衝材中のオーバーパックの変位（移動）挙動、②オーバーパックの変位に伴い緩衝材中に生じるせん断帯の自己修復性、等について、特にイオン型の異なるベントナイトではあまり検討されていない。このため、沿岸部特有の地下水環境下であることを考慮した人工バリア性能評価に資するデータの拡充を行うため、要素試験、模型試験、加えて本年度より数値解析を実施している。

要素試験では、昨年度までに、Na 型および Ca 型ベントナイトを用い、透水膨潤試験、せん断透水試験を実施した。海水のイオン濃度を 1～3 倍に変化させ膨潤圧および透水係数を計測した結果、Ca 型ベントナイトでは膨潤圧、透水係数ともにイオン濃度によらずほぼ一定の値を示したが Na 型ベントナイトでは、海水のイオン濃度を 3 倍まで増加させることで、膨潤圧の低下、透水係数の増加の傾向が明瞭にみられた。また、せん断を与えた状態においてもいずれのベントナイトもせん断前より透水係数の上昇は見られず、明確な水みちが生じないことが示唆された。本年度は、緩衝材が将来達すると見込まれる状態を想定し、海水平衡型ベントナイト混合土(Na 型および Ca 型)を用いて透水膨潤試験、せん断透水試験を行った。その結果、透水膨潤試験では、基本的に元の Na 型および Ca 型ベントナイトと類似した傾向を示したが、有意差や濃度依存性の検討が必要であると考えられる。またせん断透水試験では、定体積条件でせん断を受けた場合、透水性は増加せず、明確な水みち（短絡経路）は生じないと考えられる。

模型試験では、昨年度までに、Na 型、Ca 型、海水平衡型衝材を用いた縮尺 1/30 の緩衝材と模擬オーバーパックを用いた遠心力模型試験を実施した。その結果、ベントナイトのイオン組成により、再冠水期間におけるオーバーパック変位挙動が異なることを示し、Na 型ではオーバーパック浮上量が比較的大きく、Ca 型ではオーバーパックの浮上量は小さく、本研究の試験期間(実物換算時間 83 年)においても沈下傾向が見られた。海水平衡型では、海水平衡未処理のベントナイトを使用した緩衝材の中間的な挙動を示した。本年度は、同様に縮尺 1/30 の Ca 型衝材と模擬オーバーパックからなる模型を用い、ヒーターによりオーバーパックを 90℃一定に発熱させて、遠心加速度場 30G において 43 日間（実物換算時間約 105 年）の遠心力模型試験を実施した。その結果、発熱させなかった過年度の試験に比べ、オーバーパック変位量が大きく、沈下から浮上に移行するタイミングが速かった。また試験用水（人工海水）の浸潤速度も速い結果が得られた。

数値解析では、熱－水理―力学連成解析が可能なコードを用い、平成３１年度に実施した遠心力模型実験の再現解析を実施した。その結果、Na 型衝材を用いた遠心試験の透水挙動は概ね再現できた。一方、Ca 型衝材の水の浸透が実験よりも速く、また緩衝材中のオーバーパックの変位量が実験よりも大きかった。このため、Ca 型緩衝材の透水係数の試験値の範囲内での見直しや、緩衝材のヤング率の飽和度依存性を考慮した結果、解析結果の再現性が改善することが分かった。

５－２ 図目次

図 2-1- 1 GIS システム構成図、動作フロー 11
図 2-1- 2 データシートのリンク機能概念図 18
図 2-1- 3 データベースの初期画面、沿岸部の位置を指定すると 18
図 2-1- 4 海洋の表層地質図の表示例 19
図 2-1- 5 海洋の地質構造図の表示例 19
図 2-1- 6 海域の地形情報の表示例 21
図 2-1- 7 幌延におけるエキスパートモデルと統計モデルの比較 24
図 2-1- 8 幌延モデル引用データ位置 28
図 2-1- 9 幌延モデル　三次元メッシュ図 28
図 2-1- 10 ２地域の最適化解析結果　モデル図、流跡線図、メッシュ図 29
図 2-1- 11 幌延地域　塩分濃度の比較（上：解析結果、下：物理探査結果） 29
図 2-2- 1 繰り返しアプローチの概念図 33
図 2-2- 2 本研究のフローチャート 33
図 2-2- 3 地質概念モデルと地質モデル／地質図ならびに他の代表的な地質環境特性主題図との関係の例 36
図 2-2- 4 一次データの採否とそれが地質構造解釈（地質概念モデル）に与える影響の例／走向・傾斜 38
図 2-2- 5 事例研究の対象とした範囲 41
図 2-2- 6 一次データのマッピングの例（静岡県、富士川河口付近） 45
図 2-2- 7 地下水流動解析に向けた地質概念モデル（作業仮説）の検討のポイントの例 51
図 2-2- 8 事例研究地域における地質概念モデルの検討 54
図 2-2- 9 作成した三次元地質モデルの平面図および断面図 63
図 2-2- 10 地下水流動に影響を与える地質要素の調査における留意点 66
図 2-2- 11 地質モデル構築の PDCA サイクルの例 69
図 2-2- 12 研究対象地域の地下水流動の概念図 75
図 2-2- 13 ボーリング調査位置図　（産業総合研究所, 2016） 75
図 2-2- 14 SKB 孔の柱状図および揚水地下水（黄色）と間隙水（緑色・水色）の水質（産業総合研究所, 2016） 76
図 2-2- 15 沿岸部での地下水流動の概念図（Machida et al., 2016） 76
図 2-2- 16 富士山周辺での酸素同位体比の分布 79
図 2-2- 17 パラメータの推定過程 82
図 2-2- 18 観測値の位置 85
図 2-2- 19 感度解析の対象とした地質区分 87
図 2-2- 20 解析モデルの断面図 87
図 2-2- 21 感度解析結果 91

図 2-2- 22 SKB 地点における鉛直プロファイル 93
図 2-2- 23 深度 500 m おける変化量分布 95
図 2-2- 24 基本透水係数に対する地表面の変化量 97
図 2-2- 25 逆解析に使用した解析モデル 99
図 2-2- 26 透水係数の推定結果 102
図 2-2- 27 観測値と推定した透水係数での計算値 102
図 2-2- 28 合成観測値感度および観測値と計算値の比較 103
図 2-2- 29 目的関数（全水頭＋δ18O） 105
図 2-2- 30 目的関数の内訳（全水頭＋δ18O） 105
図 2-2- 31 SKB を追加した透水係数の逆解析 107
図 2-2- 32 透水係数の逆解析結果の比較 109
図 2-2- 33 数値実験の概要 111
図 2-2- 34 基本透水係数での解析結果 113
図 2-2- 35 数値実験の推定結果 115
図 2-2- 36 観測値と計算値の比較 115
図 2-2- 37 合成観測値感度　（全水頭＋δ18O） 117
図 2-2- 38 解析で考慮した海水準変動 119
図 2-2- 39 解析モデル 119
図 2-2- 40 海水準変動解析の結果（塩分） 122
図 2-2- 41 海水準変動解析の結果（滞留時間） 122
図 2-2- 42 駿河湾における海水準変動範囲 123
図 3-1- 1 地下地質ごとの地下水の区分 137
図 3-1- 2 調査地点 FGB-2 孔の位置図 137
図 3-1- 3 駿河湾における海水中の 222Rn 濃度分布 138
図 3-1- 4 駿河湾における音波の散乱域（産業技術総合研究所，2013 に加筆） 140
図 3-1- 5 SKB 孔における水質の深度プロファイル 140
図 3-1- 6 水質や地下水年代から想定される駿河湾沿岸部における地下水流動システム ... 141
図 3-1- 7 FGB-2 孔におけるケーシングプログラム 143
図 3-1- 8 採取したボーリングコア 144
図 3-1- 9 孔内物理検層で得られた物性値の深度分布 147
図 3-1- 10 （拡大：深度 280 m まで） 148
図 3-1- 11 （拡大：深度 280～400m） 149
図 3-1- 12 孔隙サイズによる緩和時間分布（T2）の例 152
図 3-1- 13 二重解放コア変形法により採取したボーリングコア 154
図 3-1- 14 応力解放部の測定値（右）と HQ コアの直径の測定値（左） 154
図 3-1- 15 水理試験の装置の概要 156

図 3-1- 16 地下水の水質.....158
図 3-1- 17 模擬地盤での実験 地盤中の流速を制御した模擬地盤にて実測。実流速は 0.7m/day（8.0×10-7 m/s）とした場合の実験（協力：アサノ大成基礎エンジニアリング）.....160
図 3-1- 18 浜里試験地における地下水位観測結果（昨年度と本年度の調査結果）.....162
図 3-1- 19 DD-4 井戸洗浄手順と井戸洗浄後の段階式揚水試験の結果.....164
図 3-1- 20 スピンドル型掘削（左）とロータリーテーブル型掘削（右）の概要.....173
図 3-1- 21 傾斜掘りの概念図（ジオパワー学園,2021）.....174
図 3-1- 22 電中研式コントロールボーリング概念図（木方ほか,2009）.....174
図 3-1- 23 弧状推進ボーリング概念図（JFE-Rapid 工法の例）.....176
図 3-1- 24 標準孔径挿入ケーシング概念図.....181
図 3-1- 25 地下水年代測定法と評価期間の適用範囲（長谷川ほか, 2013）.....186
図 3-1- 26 モデル地区 DD-1 孔のボーリング柱状図・地盤物性プロファイル.....194
図 3-1- 27 掘削軌跡の検討図.....198
図 3-1- 28 ウェルマンの作動（ウェルマン工法）.....206
図 3-1- 29(a) スーパーメックスビットの拡縮構造.....207
図 3-1- 30 小孔径管推進工法の一例（上段：オーケーモール工法,下段：SH 工法）.....208
図 3-1- 31 苫小牧における CCS 圧入井のイメージ図.....210
図 3-2- 1 計測バージに取り付けたフレームと高精度音響カメラの移動の様子.....215
図 3-2- 2 模擬水源と高精度音響カメラの位置関係を示した模式図.....215
図 3-2- 3 模擬実験における湧出量毎の音響画像.....217
図 3-2- 4 音響探査測線の位置図.....219
図 3-2- 5 探査測線 16 における音響探査の結果と湧出水の分布.....222
図 3-2- 6 測線 17 付近の海底面の様子.....223
図 3-2- 7 海底湧出地下水量の分布図.....223
図 3-2- 8 測線 6 における音響探査の結果.....224
図 3-2- 9 文献から得られた海底湧出地下水の空間分布.....228
図 3-3- 1 マルチ振源 3 次元音波探査のイメージ図.....236
図 3-3- 2 沿岸部における地下施設設置のイメージ（経済産業省，2016）.....236
図 3-3- 3 海上音波探査実施範囲（神奈川県金田湾）.....238
図 3-3- 4 データ処理のフローチャート(2D 記録).....243
図 3-3- 5 バンドパステスト（120～960Hz）.....244
図 3-3- 6 バンドパステスト（100～800Hz）.....244
図 3-3- 7 バンドパステスト（80～1280Hz）.....244
図 3-3- 8 バンドパステスト結果の比較.....245
図 3-3- 9 デコンボリューションフィルタ（短周期除去）処理の結果.....246

図 3-3- 10 ゴーストが発生する経路 249
図 3-3- 11 ゴースト除去処理の結果 250
図 3-3- 12 ウェーブレット処理の結果 250
図 3-3- 13 NMO 補正の概念図 251
図 3-3- 14 低速度走査法の概要(run37 の例) 251
図 3-3- 15 速度解析結果から作成した重合速度断面 252
図 3-3- 16 重合処理結果（時間断面）Run42 253
図 3-3- 17 重合処理結果（時間断面）Run21 253
図 3-3- 18 重合処理結果（時間断面）Run27 254
図 3-3- 19 重合処理結果（時間断面）Run37 254
図 3-3- 20 既存記録（森ほか，2015）の解釈図 256
図 3-3- 21 既存データとの比較 257
図 3-3- 22 データ処理フロー 260
図 3-3- 23 データ処理システムの構成 261
図 3-3- 24 作成した 3D Bin 261
図 3-3- 25　Bin 編集結果 262
図 3-3- 26　3D 重合速度断面図 263
図 3-3- 27　重合処理結果（3D モデル） 263
図 3-3- 28　Inline と Crossline の位置（ベースマップ） 265
図 3-3- 29　3 次元音波探査データの解釈記録 266
図 3-3- 30　Time Slice（T=0.085s） 266
図 3-3- 31　解釈した不整合面の深度分布（a）海底面（b）面 II 267
図 3-3- 32 海底面と面 II の鯨観図 268
図 3-3- 33　3 次元地質構造解釈図（表示区画は 220m x 820m、水平方向は Bin 番号、深度方向は時間軸) 268
図 3-3- 34 オフセット距離を調整した浅海域仕様の発振器と受振器の配置図 270
図 3-3- 35 スピーカー#4 のニアトレースギャザー 270
図 3-3- 36 スピーカー#4 の反射断面 271
図 3-3- 37 大型スピーカーの外観図 273
図 3-3- 38 大型スピーカーと小型スピーカーの周波数特性 273
図 3-3- 39 大型スピーカーと小型スピーカーのパワースペクトルの比較 274
図 3-3- 40 出力波形の実測値測定のレイアウト 274
図 3-3- 41 入力信号(青実線)と出力波形(赤実線)の比較 275
図 3-3- 42 小型スピーカーの相関関数の計算結果 275
図 3-3- 43 小型スピーカーの相関関数の計算結果 276
図 4-1- 1 坑道の支保工及び覆工の状態変遷と維持期間のイメージ 294

図 4-1- 2 今フェーズの検討課題と研究のアプローチ及び成果の目標 299
図 4-1- 3 地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例 ... 299
図 4-1- 4 地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例 ... 300
図 4-1- 5 各部材で想定した環境条件 302
図 4-1- 6 ヘキサダイヤグラムの図の表示例 304
図 4-1- 7 ヘキサダイヤグラムによる整理結果の例 304
図 4-1- 8 コンクリートの力学特性に影響を与える地下水の成分の整理 306
図 4-1- 9 分類した地下水の組成 308
図 4-1- 10 希釈した人工海水と比較した実地下水のヘキサダイヤグラム 311
図 4-1- 11 簡易浸漬試験の模式図 314
図 4-1- 12 EPMA 測定結果：平均濃度プロファイル（吹付け BFSC ペースト） 316
図 4-1- 13 EPMA 測定結果：平均濃度プロファイル（セグメント BFSC ペースト） 317
図 4-1- 14 詳細浸漬試験の模式図 320
図 4-1- 15 人工海水浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係 327
図 4-1- 16 海水 B 浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係 328
図 4-1- 17 降水 A 浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係 329
図 4-1- 18 フロースルー試験の模式図 336
図 4-1- 19 フロースルー試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係 340
図 4-1- 20 セグメントの浸漬試験の模式図 343
図 4-1- 21 浸漬試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係 347
図 4-1- 22 コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験の概略図 349
図 4-1- 23 相平衡多元素移動計算コードの模式図 361
図 4-1- 24 必要となる入力条件と解析フロー 361
図 4-1- 25 NaCl 拡散試験再現計算結果 366
図 4-1- 26 外部析出物生成を考慮したモデル体系 369
図 4-1- 27 外部析出物生成を考慮した解析対象の模式図 369
図 4-1- 28 NaHCO3 拡散試験の外部析出層及び硬化体内部の鉱物相組成の解析結果 370
図 4-1- 29 人工海水拡散の再現計算結果 374
図 4-1- 30 降水 A 拡散の再現計算結果 375
図 4-1- 31 実地下水 FGB-2_214.75～220.52m 拡散の再現計算結果 376
図 4-2- 1 沿岸部地下水（産業技術総合研究所ほか、2019）のイオン強度 387
図 4-2- 2 沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70~171.78 m）及び沿岸部地下水（産総研ほか、2019）の成分中の陽イオン量 392
図 4-2- 3 試験装置 394
図 4-2- 4 排水中のイオンの濃度の経時変化 396
図 4-2- 5 試験後の圧縮ベントナイト供試体の層間陽イオン量 396

図 4-2- 6 検討の流れ 401
図 4-2- 7 解析に使用した水分特性曲線と比透水係数 404
図 4-2- 8 排水中のイオン濃度の経時変化 407
図 4-2- 9 試験終了時の層間陽イオンの当量分率 407
図 4-2- 10 排水中の Na+及び K+イオンの濃度の経時変化（Ca2+の選択係数の影響） 410
図 4-2- 11 排水中の Ca2+及び Mg2+イオンの濃度の経時変化（Ca2+の選択係数の影響） 411
図 4-2- 12 試験終了時の層間陽イオンの当量分率（Ca2+イオンの選択係数の影響） 411
図 4-2- 13 排水中の Na+及び K+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響） 412
図 4-2- 14 排水中の Ca2+及び Mg2+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響） ... 412
図 4-2- 15 本検討で使用する緩衝材膨潤量に係る試験装置のイメージ 416
図 4-2- 16 イオン強度と最大膨潤率の関係（初期有効乾燥粘土密度 1.6Mg/m3） 420
図 4-2- 17 膨潤率の経時変化（試験ⒸⒹ） (a)KCl 溶液、(b)CaCl2 溶液、(c)MgCl2 溶液、(d)CaCl2 と NaCl の混合溶液、(e)FGB-2 孔 167.70~171.78 m 421
図 4-2- 18 ベントナイトの層間の Ca2+当量分率と最大膨潤率 422
図 4-3- 1 透水－膨潤圧試験装置の概略 436
図 4-3- 2 せん断透水試験装置の概略 438
図 4-3- 3 せん断透水試験装置の写真 439
図 4-3- 4 せん断透水試験において透水試験を実施するせん断変位の考え方 444
図 4-3- 5 リングせん断試験の実施フローチャート 444
図 4-3- 6 スリットの調整手順 445
図 4-3- 7 供試体未設置時のスリット幅とトルク及び透水係数の関係 445
図 4-3- 8 供試体に対する通水方向の概略図 448
図 4-3- 9 回転角度とせん断変位の関係 448
図 4-3- 10 水平方向の見かけの透水係数に関する通水経路のイメージ 449
図 4-3- 11 リングせん断試験後の供試体の分割方法のイメージ 449
図 4-3- 12 イオン交換処理前後の浸出陽イオン量 451
図 4-3- 13 人工海水のイオン濃度倍率と平衡膨潤圧の関係 454
図 4-3- 14 人工海水のイオン濃度倍率と透水係数の関係 454
図 4-3- 15 透水膨潤圧試験後の浸出陽イオンの割合 455
図 4-3- 16 カオリン粘土供試体の圧縮曲線 457
図 4-3- 17 カオリン粘土供試体のせん断に伴う供試体高さの変化 457
図 4-3- 18 カオリン粘土供試体のせん断に伴うせん断応力の変化 458
図 4-3- 19 せん断に伴うカオリン粘土（イオン交換水）の透水性の変化 459
図 4-3- 20 オリン粘土（イオン交換水）のせん断後の供試体（側方）の写真（左）及びその拡大写真（右） 460

図 4-3- 21 せん断位置において上下に分割したカオリン供試体のせん断面の写真 460
図 4-3- 22 クニゲル V1－砂混合土（イオン交換水、人工海水 1 倍）の膨潤圧 463
図 4-3- 23 海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍、2 倍）の膨潤圧 463
図 4-3- 24 クニボンド単体（イオン交換水）の膨潤圧 464
図 4-3- 25 海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の膨潤圧 464
図 4-3- 26 せん断透水試験及び透水膨潤圧試験における平衡膨潤圧の比較 465
図 4-3- 27 各供試体のせん断に伴う供試体高さの変化 468
図 4-3- 28 クニゲル V1－砂混合土のせん断に伴うせん断応力の変化 468
図 4-3- 29 海水平衡クニゲル V1－砂混合土せん断に伴うせん断応力の変化 469
図 4-3- 30 クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化 469
図 4-3- 31 海水平衡クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化 470
図 4-3- 32 クニゲル V1－砂混合土の有効応力経路 470
図 4-3- 33 海水平衡クニゲル V1－砂混合土の有効応力経路 471
図 4-3- 34 クニボンド単体の有効応力経路 471
図 4-3- 35 海水平衡クニボンド単体の有効応力経路 472
図 4-3- 36 せん断に伴うクニゲル V1－砂混合土の透水性の変化 474
図 4-3- 37 せん断に伴う海水平衡クニゲル V1－砂混合土の透水性の変化 475
図 4-3- 38 せん断に伴うクニボンド単体の透水性の変化 476
図 4-3- 39 せん断に伴う海水平衡クニボンド単体の透水性の変化 477
図 4-3- 40 せん断透水試験後の供試体の含水比分布 480
図 4-3- 41 せん断透水試験後のクニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合） 481
図 4-3- 42 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合） 482
図 4-3- 43 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍、途中透水なし）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合） 483
図 4-3- 44 せん断透水試験後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 2 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合） 484
図 4-3- 45 せん断透水試験後の海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の浸出陽イオン分布（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合） 485
図 4-3- 46 せん断透水後の各供試体側方の写真 486
図 4-3- 47 せん断透水後の各供試体側方の写真 487
図 4-3- 48 せん断透水後に凍結乾燥した試料のせん断位置付近の写真（クニゲル系：凍結乾燥後に分割した断面、クニボンド系：供試体側面） 488
図 4-3- 49 せん断後のクニゲル V1－砂混合土（イオン交換水）の供試体断面の 489
図 4-3- 50 せん断後のクニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の 490

図 4-3- 51 せん断後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 1 倍）の 491
図 4-3- 52 せん断後の海水平衡クニゲル V1－砂混合土（人工海水 2 倍）の 492
図 4-3- 53 せん断後のクニボンド単体（イオン交換水）の 493
図 4-3- 54 せん断後の海水平衡クニボンド単体（人工海水 1 倍）の 494
図 4-3- 55 せん断後のクニゲル V1-砂混合土（イオン交換水）の 495
図 4-3- 56 せん断後のクニゲル V1-砂混合土（イオン交換水）の 496
図 4-3- 57 せん断後の海水平衡クニゲル V1-砂混合土（人工海水 2 倍）の 497
図 4-3- 58 せん断後の海水平衡クニゲル V1-砂混合土（人工海水 2 倍）の 498
図 4-3- 59 緩衝材再冠水過程で生じる現象のイメージ 504
図 4-3- 60 遠心力載荷試験装置を用いた模型試験による研究例 504
図 4-3- 61 超長期遠心載荷岩盤実験装置の概略図（上）と装置全景（下） 507
図 4-3- 62 試験容器の概略、模型及びセンサー配置 509
図 4-3- 63 注水ポンプの概略 511
図 4-3- 64 医療用マルチスライスヘリカル CT スキャナ 513
図 4-3- 65 模型作製の様子 517
図 4-3- 66 キャリブレーション試料の CT 画像撮影の様子 519
図 4-3- 67 Ca-5、Ca-6T の試験結果 522
図 4-3- 68 各試験のオーバーパックの温度測定結果 523
図 4-3- 69 キャリブレーション用試料の CT 画像と測線（赤線）の CT 値 526
図 4-3- 70 試料の物理密度と CT 値の関係 527
図 4-3- 71 Ca-5 の 3 次元 CT 画像 528
図 4-3- 72 Ca-5 の試験後の CT 値分布 529
図 4-3- 73 Ca-6T の試験後の CT 値分布 530
図 4-3- 74 遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布 532
図 4-3- 75 遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布（令和 2 年度成果報告書より引用） .534
図 4-3- 76 遠心力模型試験後の緩衝材の高さごとの浸出陽イオン量の割合 535
図 4-3- 77 Ca 型ベントナイトの緩衝材におけるオーバーパック変位挙動の比較 539
図 4-3- 78 模擬廃棄体の加熱によるオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度の違い 540
図 4-3- 79 遠心力模型試験後の CT 画像と測線の CT 値分布（西本ほか(2014)より引用、一部加筆） 541
図 4-3- 80 遠心力模型試験後の緩衝材の密度分布の比較 541
図 4-3- 81 LOSTUF における緩衝材膨潤モデル 550
図 4-3- 82 対象とした遠心模型試験の概要 553
図 4-3- 83 小型圧力容器の概略図と計測位置 556
図 4-3- 84 軸対象解析に用いる解析メッシュ 556
図 4-3- 85 解析上の境界条件 557

図 4-3- 86 各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係 560
図 4-3- 87 各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係 562
図 4-3- 88 各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数 563
図 4-3- 89 各ケースにおける初期応力分布（圧縮を正とする） 565
図 4-3- 90 緩衝材に設定するヤング率の飽和度依存性 569
図 4-3- 91 緩衝材に設定するポアソン比の飽和度依存性 569
図 4-3- 92 追加検討を含む各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係 571
図 4-3- 93 各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数 571
図 4-3- 94 追加検討を含む各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係 572
図 4-3- 95 各ケースの最終変位分布（等倍変形図） 574
図 4-3- 96 Case 1 の O/P 変位の経過時変化 575
図 4-3- 97 Case 1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 575
図 4-3- 98 Case 1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 575
図 4-3- 99 Case 1 の各位置の飽和度の経過時変化 575
図 4-3- 100 Case 1 の飽和度分布の経過時変化 576
図 4-3- 101 Case 1 の乾燥密度分布の経過時変化 576
図 4-3- 102 Case 1 の含水比分布の経過時変化 577
図 4-3- 103 Case 2 の O/P 変位の経過時変化 579
図 4-3- 104 Case 2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 579
図 4-3- 105 Case 2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 579
図 4-3- 106 Case 2 の各位置の飽和度の経過時変化 579
図 4-3- 107 Case 2 の飽和度分布の経過時変化 580
図 4-3- 108 Case 2 の乾燥密度分布の経過時変化 580
図 4-3- 109 Case 2 の含水比分布の経過時変化 581
図 4-3- 110 Case 3 の O/P 変位の経過時変化 583
図 4-3- 111 Case 3 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 583
図 4-3- 112 Case 3 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 583
図 4-3- 113 Case 3 の各位置の飽和度の経過時変化 583
図 4-3- 114 Case 3 の飽和度分布の経過時変化 584
図 4-3- 115 Case 3 の乾燥密度分布の経過時変化 584
図 4-3- 116 Case 3 の含水比分布の経過時変化 585
図 4-3- 117 Case 4 の O/P 変位の経過時変化 587
図 4-3- 118 Case 4 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 587
図 4-3- 119 Case 4 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 587
図 4-3- 120 Case 4 の各位置の飽和度の経過時変化 587
図 4-3- 121 Case 4 の飽和度分布の経過時変化 588

図 4-3- 122 Case 4 の乾燥密度分布の経過時変化 588
図 4-3- 123 Case 4 の含水比分布の経過時変化 589
図 4-3- 124 Case 5 の O/P 変位の経過時変化 591
図 4-3- 125 Case 5 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 591
図 4-3- 126 Case 5 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 591
図 4-3- 127 Case 5 の各位置の飽和度の経過時変化 591
図 4-3- 128 Case 5 の飽和度分布の経過時変化 592
図 4-3- 129 Case 5 の乾燥密度分布の経過時変化 592
図 4-3- 130 Case 5 の含水比分布の経過時変化 593
図 4-3- 131 Case 6 の O/P 変位の経過時変化 595
図 4-3- 132 Case 6 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 595
図 4-3- 133 Case 6 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 595
図 4-3- 134 Case 6 の各位置の飽和度の経過時変化 595
図 4-3- 135 Case 6 の飽和度分布の経過時変化 596
図 4-3- 136 Case 6 の乾燥密度分布の経過時変化 596
図 4-3- 137 Case 6 の含水比分布の経過時変化 597
図 4-3- 138 オーバーパック変位量の経時変化 600
図 4-3- 139 実験終了後の緩衝材の飽和度 601
図 4-3- 140 Case 1 と 2 の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図） 603
図 4-3- 141 Case 6 の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図） 604
図 4-3- 142Case 1-1 の O/P 変位の経過時変化 605
図 4-3- 143 Case 1-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 605
図 4-3- 144 Case 1-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 605
図 4-3- 145 Case 1-1 の各位置の飽和度の経過時変化 605
図 4-3- 146 Case 1-1 の飽和度分布の経過時変化 606
図 4-3- 147 Case 1-1 の乾燥密度分布の経過時変化 606
図 4-3- 148 Case 1-1 の含水比分布の経過時変化 607
図 4-3- 149 Case 1-2 の O/P 変位の経過時変化 609
図 4-3- 150 Case 1-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 609
図 4-3- 151 Case 1-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 609
図 4-3- 152 Case 1-2 の各位置の飽和度の経過時変化 609
図 4-3- 153 Case 1-2 の飽和度分布の経過時変化 610
図 4-3- 154 Case 1-2 の乾燥密度分布の経過時変化 611
図 4-3- 155 Case 1-2 の含水比分布の経過時変化 611
図 4-3- 156Case 2-1 の O/P 変位の経過時変化 613
図 4-3- 157 Case 2-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 613

図 4-3- 158 Case 2-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 613
図 4-3- 159 Case 2-1 の各位置の飽和度の経過時変化 613
図 4-3- 160 Case 2-1 の飽和度分布の経過時変化 614
図 4-3- 161 Case 2-1 の乾燥密度分布の経過時変化 614
図 4-3- 162 Case 2-1 の含水比分布の経過時変化 615
図 4-3- 163 Case 2-2 の O/P 変位の経過時変化 617
図 4-3- 164 Case 2-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 617
図 4-3- 165 Case 2-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 617
図 4-3- 166 Case 2-2 の各位置の飽和度の経過時変化 617
図 4-3- 167 Case 2-2 の飽和度分布の経過時変化 618
図 4-3- 168 Case 2-2 の乾燥密度分布の経過時変化 618
図 4-3- 169 Case 2-2 の含水比分布の経過時変化 619
図 4-3- 170 Case 6-1 の O/P 変位の経過時変化 621
図 4-3- 171 Case 6-1 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 621
図 4-3- 172 Case 6-1 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 621
図 4-3- 173 Case 6-1 の各位置の飽和度の経過時変化 621
図 4-3- 174 Case 6-1 の飽和度分布の経過時変化 622
図 4-3- 175 Case 6-1 の乾燥密度分布の経過時変化 623
図 4-3- 176 Case 6-1 の含水比分布の経過時変化 623
図 4-3- 177 Case 6-2 の O/P 変位の経過時変化 625
図 4-3- 178 Case 6-2 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 625
図 4-3- 179 Case 6-2 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 625
図 4-3- 180 Case 6-2 の各位置の飽和度の経過時変化 625
図 4-3- 181 Case 6-2 の飽和度分布の経過時変化 626
図 4-3- 182 Case 6-2 の乾燥密度分布の経過時変化 626
図 4-3- 183 Case 6-2 の含水比分布の経過時変化 627
図 4-3- 184 Case 6-3 の O/P 変位の経過時変化 629
図 4-3- 185 Case 6-3 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 629
図 4-3- 186 Case 6-3 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 629
図 4-3- 187 Case 6-3 の各位置の飽和度の経過時変化 629
図 4-3- 188 Case 6-3 の飽和度分布の経過時変化 630
図 4-3- 189 Case 6-3 の乾燥密度分布の経過時変化 630
図 4-3- 190 Case 6-3 の含水比分布の経過時変化 631
図 4-3- 191 Case 6-4 の O/P 変位の経過時変化 633
図 4-3- 192 Case 6-4 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 633
図 4-3- 193 Case 6-4 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 633

図 4-3- 194 Case 6-4 の各位置の飽和度の経過時変化 633
図 4-3- 195 Case 6-4 の飽和度分布の経過時変化 634
図 4-3- 196 Case 6-4 の乾燥密度分布の経過時変化 634
図 4-3- 197 Case 6-4 の含水比分布の経過時変化 635
図 4-3- 198 Case 6-5 の O/P 変位の経過時変化 637
図 4-3- 199 Case 6-5 の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化 637
図 4-3- 200 Case 6-5 の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化 637
図 4-3- 201 Case 6-5 の各位置の飽和度の経過時変化 637
図 4-3- 202 Case 6-5 の飽和度分布の経過時変化 638
図 4-3- 203 Case 6-5 の乾燥密度分布の経過時変化 638
図 4-3- 204 Case 6-5 の含水比分布の経過時変化 639
図 4-3- 205 O/P 変位の経時変化の基本ケース間の比較 642
図 4-3- 206 緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の基本ケース間の比較 642
図 4-3- 207 Case1 と追加ケースの O/P 変位の経時変化の比較 644
図 4-3- 208 Case1 と追加ケースの緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の比較 ... 644
図 4-3- 209 Case6 と追加ケースの O/P 変位の経時変化の比較 646
図 4-3- 210 Case6 と追加ケースの緩衝材最上部位置における飽和度の経時変化の比較 ... 646

5－3 表目次

表 2-1- 1 統計モデルとエキスパートモデルの比較 12
表 2-1- 2 地質モデル検証用データ 1 14
表 2-1- 3 地質モデル検証用データ 2 15
表 2-1- 4 材料定数設定例 25
表 2-1- 5 幌延地域の材料定数最適値 25
表 2-1- 6 要素長別の計算時間目安 27
表 2-1- 7 幌延モデル境界条件 27
表 2-2- 1 **一次データ（解釈無し）と二次データ（解釈を含む）の例** 43
表 2-2- 2 **収集文献に含まれる一次・二次データの整理例** 47
表 2-2- 3 **事例研究地域における地質概念モデルの絞り込み** 53
表 2-2- 4 **地質の水理特性** 78
表 2-2- 5 **感度解析の対象地層と基本透水係数** 88
表 2-2- 6 **地下水流動・物質移行の解析条件** 89
表 2-2- 7 **逆解析の項目** 99
表 2-2- 8 **数値実験で検討した地質区分と透水係数** 111
表 2-2- 9 **数値実験の項目** 112
表 2-2- 10 **海水準変動解析の解析条件** 120

表 3-1- 1 孔内物理検層の実施概要 145
表 3-1- 2 孔内物理検層の実施工程 146
表 3-1- 3 水理試験の実施概要 155
表 3-1- 4 水理試験で得られた水理定数 157
表 3-1- 5 地下水の水質 158
表 3-1- 6 流向流速測定で得られた流向流速 160
表 3-1- 7 ボーリングマシンの分類（全地連, 2013） 169
表 3-1- 8 コントロールボーリングの種類（全地連,2013） 171
表 3-1- 9 代表的な水系泥水と機能（全地連,2013） 177
表 3-1- 10 各種泥水タイプの基本組成と性質（全地連,2013） 178
表 3-1- 11 泥水調整剤の種類と機能（全地連,2013） 178
表 3-1- 12 非常用の調整剤（全地連,2013） 179
表 3-1- 13 セメント添加剤の種類と目的（全地連,2013） 183
表 3-1- 14 ヒアリング結果のとりまとめ 188
表 3-1- 15 軟弱地盤と傾斜孔掘削における問題と課題の整理表 191
表 3-1- 16 掘削軌跡諸元比較表 197
表 3-1- 17 各掘削方式の実現可能性の評価結果表 200
表 3-1- 18 ヒアリング調査における各掘削方式の実現可能性の評価結果表 202
表 3-2- 1 測線における音響探査の実績と湧出水の検出結果 225
表 3-2- 2 測線 17 の湧水、駿河湾の海水および陸域地下水の分析結果 226
表 3-2- 3 海底湧出地下水、海底下地下水、海底地形・地質に関する 228
表 3-3- 1 主な使用機材の一覧表 239
表 3-3- 2 データ取得の仕様 240
表 3-3- 3 簡易処理をした側線の受振器の平均水深 249
表 3-4- 1 両サイトにおける水文地質特性と調査実施項目 279
表 4-1- 1 FGB-2 ボーリング孔の実地下水の一覧（分析結果） 298
表 4-1- 2 本フェーズの年度展開 300
表 4-1- 3 模擬地下水の化学組成 309
表 4-1- 4 簡易浸漬試験の実施水準 313
表 4-1- 5 簡易浸漬試験の試験条件 314
表 4-1- 6 詳細浸漬試験の試験水準 319
表 4-1- 7 詳細浸漬試験試料の構成割合 319
表 4-1- 8 詳細浸漬試験の試験条件 320
表 4-1- 9 ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（吹付けコンクリート） 325
表 4-1- 10 ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（セグメント） 326
表 4-1- 11 吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合 333

表 4-1- 12 セグメントの配合 333
表 4-1- 13 吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準 335
表 4-1- 14 吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験条件 335
表 4-1- 15 フロースルー試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧 . 339
表 4-1- 16 セグメントの浸漬試験の試験水準 342
表 4-1- 17 セグメントの浸漬試験条件 342
表 4-1- 18 浸漬試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧 346
表 4-1- 19 コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準 349
表 4-1- 20 コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験条件 349
表 4-1- 21 コンクリートの接液面への二次鉱物生成確認（目視観察） 351
表 4-1- 22 化学変質と力学特性推定手法の検討工程 354
表 4-1- 23 各鉱物の反応式とその熱力学的平衡定数 358
表 4-1- 24 解析コードに反映した M-S-H の反応式とその熱力学的平衡定数 359
表 4-1- 25 C-A-S-H 溶解平衡モデルの反応式とその熱力学的平衡定数 359
表 4-1- 26 細川らの C-A-S-H の Na、K 収着モデル 360
表 4-1- 27 解析コードの検証のための拡散試験条件 364
表 4-1- 28 塩素拡散試験後の鉱物定性結果 365
表 4-1- 29 外部析出層計算モデルを用いて比較する実験条件 373
表 4-2- 1 緩衝材の安全機能（放射性物質の移行抑制）の確保に必要な緩衝材の設計要件 387
表 4-2- 2 通水試験のスケジュール 391
表 4-2- 3 沿岸部実地下水（FGB-2 孔_167.70~171.78 m）の組成 391
表 4-2- 4 クニピア F の充填量（作製数 各ケース n=2） 394
表 4-2- 5 試験条件 394
表 4-2- 6 本試験において算出した K-Na のイオン交換選択係数（LogKGT　K-Na） 399
表 4-2- 7 飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（1/2） 404
表 4-2- 8 飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（2/2） 404
表 4-2- 9 移流・分散解析用パラメータの設定値 405
表 4-2- 10 試解析に用いたイオン交換選択係数と初期状態におけるイオン交換サイト組成 405
表 4-2- 11 試解析に用いた初期間隙水組成 405
表 4-2- 12 感度解析に用いたイオン交換選択係数と初期のイオン交換サイトの組成（Ca2+ の選択係数の影響） 410
表 4-2- 13 膨潤量試験の試験ケース 414
表 4-2- 14 供試体の諸元 416
表 4-2- 15 本検討の試験ケースにおける最大膨潤率 419
表 4-3- 1 本研究に関わる全体の試験計画 428

表 4-3- 2 人工海水（マリンアート SF-1）の成分表 431
表 4-3- 3 要素試験における供試体条件 434
表 4-3- 4 令和 3 年度までの要素試験における実施状況の一覧 436
表 4-3- 5 せん断透水試験の試験条件 441
表 4-3- 6 本研究で使用したベントナイトの基礎物性 451
表 4-3- 7 透水膨潤圧試験において使用した人工海水の成分及び pH 453
表 4-3- 8 せん断透水試験の各ベントナイト供試体の初期乾燥密度 461
表 4-3- 9 遠心力模型試験で用いた緩衝材の材料と条件 515
表 4-3- 10 キャリブレーション用試料の物理密度と平均値、標準偏差 526
表 4-3- 11 令和 2 年度の試料及び試験条件（令和 2 年度成果報告書より引用） 533
表 4-3- 12 解析の対象とする実験ケース 554
表 4-3- 13 対象とする緩衝材の諸条件一覧 559
表 4-3- 14 基本的なケース検討で使用する力学特性の一覧 559
表 4-3- 15 オーバーパック模型に設定した力学特性 560
表 4-3- 16 基本的なケース検討で使用する水理特性の一覧 561
表 4-3- 17 各緩衝材条件における初期飽和度の一覧 562
表 4-3- 18 Case 1 に対する追加検討ケース一覧 567
表 4-3- 19 Case 2 に対する追加検討ケース一覧 567
表 4-3- 20 Case 6 に対する追加検討ケース一覧 567

5 － 4 写真目次

写真 3-3- 1 発振器（左：小型スピーカー　右：大型スピーカー） 241
写真 3-3- 2 受信 241
写真 3-3- 3 受信機の設置作業の様子 241
写真 3-3- 4 船位測定用 GPS アンテナ 241
写真 3-3- 5 水中音速計 241

ページ番号	図表番号	タイトル	転載不可	二次利用不可
11	図 2-1-1	GIS システム構成図、動作フロー		○
19	図 2-1-2	データシートのリンク機能概念図		○
19	図 2-1-3	データベースの初期画面	○	○
20	図 2-1-4	海洋の表層地質図の表示例	○	○
20	図 2-1-5	海洋の地質構造図の表示例	○	○
22	図 2-1-6	海域の地形情報の表示例	○	○
25	図 2-1-7	幌延におけるエキスパートモデルと統計モデルの比較	○	○
29	図 2-1-8	幌延モデル引用データ位置	○	○
29	図 2-1-9	幌延モデル　三次元メッシュ図	○	○
30	図 2-1-10	２地域の最適化解析結果　モデル図、流跡線図、メッシュ図	○	○
30	図 2-1-11	幌延地域　塩分濃度の比較（上：解析結果、下：物理探査結果）	○	○
12	表 2-1-1	統計モデルとエキスパートモデルの比較	○	○
14	表 2-1-2	地質モデル検証用データ1	○	○
15	表 2-1-3	地質モデル検証用データ2	○	○
25	表 2-1-4	材料定数設定例		○
25	表 2-1-5	幌延地域の材料定数最適値	○	○
27	表 2-1-6	要素長別の計算時間目安		○
27	表 2-1-7	幌延モデル境界条件	○	○
33	図2-2-1	繰り返しアプローチの概念図		
33	図2-2-2	本研究のフローチャート		
36	図2-2-3	地質概念モデルと地質モデル／地質図ならびに他の代表的な地質環境特性主題図との関係の例	○	○
38	図2-2-4	一次データの採否とそれが地質構造解釈（地質概念モデル）に与える影響の例／走向・傾斜	○	○
41	図2-2-5	事例研究の対象とした範囲	○	○
45	図2-2-6	一次データのマッピングの例（静岡県、富士川河口付近）	○	○
51	図2-2-7	地下水流動解析に向けた地質概念モデル（作業仮説）の検討のポイントの例	○	○
54	図2-2-8	事例研究地域における地質概念モデルの検討	○	○
63	図2-2-9	作成した三次元地質モデルの平面図および断面図	○	○
66	図2-2-10	地下水流動に影響を与える地質要素の調査における留意点	○	○
69	図2-2-11	地質モデル構築のPDCAサイクルの例	○	○
75	図2-2-12	研究対象地域の地下水流動の概念図	○	○
75	図2-2-13	ボーリング調査位置図　（産業総合研究所、2016）		
76	図2-2-14	SKB孔の柱状図および揚水地下水（黄色）と間隙水（緑色・水色）の水質（産業総合研究所、2016）		
76	図2-2-15	沿岸部での地下水流動の概念図（Machida et al., 2016）		
79	図2-2-16	富士山周辺での酸素同位体比の分布　水文環境図No.9「富士山」（小野ほか、2016）に加筆		
82	図2-2-17	パラメータの推定過程	○	○
85	図2-2-18	観測値の位置	○	○
87	図2-2-19	感度解析の対象とした地質区分	○	○
87	図2-2-20	解析モデルの断面図	○	○
91	図2-2-21	感度解析結果	○	○
93	図2-2-22	SKB地点における鉛直プロファイル	○	○
95	図2-2-23	深度500 mおける変化量分布	○	○
97	図2-2-24	基本透水係数に対する地表面の変化量	○	○
99	図2-2-25	逆解析に使用した解析モデル	○	○
102	図2-2-26	透水係数の推定結果	○	○
102	図2-2-27	観測値と推定した透水係数での計算値	○	○
103	図2-2-28	合成観測値感度および観測値と計算値の比較	○	○
105	図2-2-29	目的関数（全水頭＋δ18O）	○	○
105	図2-2-30	目的関数の内訳（全水頭＋δ18O）	○	○
107	図2-2-31	SKBを追加した透水係数の逆解析	○	○
109	図2-2-32	透水係数の逆解析結果の比較	○	○
111	図2-2-33	数値実験の概要	○	○
113	図2-2-34	基本透水係数での解析結果	○	○
115	図2-2-35	数値実験の推定結果	○	○
115	図2-2-36	観測値と計算値の比較	○	○
117	図2-2-37	合成観測値感度　（全水頭＋δ18O）	○	○
119	図2-2-38	解析で考慮した海水準変動	○	○
119	図2-2-39	解析モデル	○	○
122	図2-2-40	海水準変動解析の結果（塩分）	○	○
122	図2-2-41	海水準変動解析の結果（滞留時間）	○	○
123	図2-2-42	駿河湾における海水準変動範囲	○	○
44	表2-2-1	一次データ（解釈無し）と二次データ（解釈を含む）の例	○	○
48	表2-2-2	収集文献に含まれる一次・二次データの整理例	○	○
54	表2-2-3	事例研究地域における地質概念モデルの絞り込み	○	○
79	表2-2-4	地質の水理特性	○	○
89	表2-2-5	感度解析の対象地層と基本透水係数	○	○

90	表2-2-6	地下水流動・物質移行の解析条件	○	○
100	表2-2-7	逆解析の項目	○	○
112	表2-2-8	数値実験で検討した地質区分と透水係数	○	○
113	表2-2-9	数値実験の項目	○	○
121	表2-2-10	海水準変動解析の解析条件	○	○
137	図3-1-1	地下地質ごとの地下水の区分		
137	図3-1-2	調査地点FGB-2孔の位置図		
138	図3-1-3	駿河湾における海水中の222Rn濃度分布		
140	図3-1-4	駿河湾における音波の散乱域（産業技術総合研究所，2013に加筆）		
140	図3-1-5	SKB孔における水質の深度プロファイル		
141	図3-1-6	水質や地下水年代から想定される駿河湾沿岸部における地下水流動システム（Machida et al., 2016を一部変更）		
143	図3-1-7	FGB-2孔におけるケーシングプログラム		
144	図3-1-8	採取したボーリングコア		
147	図3-1-9	孔内物理検層で得られた物性値の深度分布		○
148	図3-1-10	（拡大：深度280 mまで）		
149	図3-1-11	（拡大：深度280～400m）		
152	図3-1-12	孔隙サイズによる緩和時間分布（T2）の例		
154	図3-1-13	二重解放コア変形法により採取したボーリングコア		
154	図3-1-14	応力解放部の測定値（右）とHQコアの直径の測定値（左）		
156	図3-1-15	水理試験の装置の概要		
158	図3-1-16	地下水の水質		○
160	図3-1-17	模擬地盤での実験		
162	図3-1-18	浜里試験地における地下水位観測結果（昨年度と本年度の調査結果）		○
164	図3-1-19	DD-4井戸洗浄手順と井戸洗浄後の段階式揚水試験の結果		○
173	図3-1-20	スピンドル型掘削（左）とロータリーテーブル型掘削（右）の概要 （ジオパワー学園,2021）		
174	図3-1-21	傾斜掘りの概念図（ジオパワー学園,2021）		
174	図3-1-22	電中研式コントロールボーリング概念図（木方ほか,2009）		○
176	図3-1-23	弧状推進ボーリング概念図（JFE-Rapid工法の例） （※JFEエンジニアリングカタログより引用）		
181	図3-1-24	標準孔径挿入ケーシング概念図		
186	図3-1-25	地下水年代測定法と評価期間の適用範囲（長谷川ほか, 2013）		
194	図3-1-26	モデル地区DD-1孔のボーリング柱状図・地盤物性プロファイル（丸井・町田・井川,2021に加筆）		○
198	図3-1-27	掘削軌跡の検討図		
206	図3-1-28	ウェルマンの作動（ウェルマン工法		
207	図3-1-29(a)	スーパーメックスビットの拡縮構造		
207	図3-1-29(b)	スーパージョーズの拡縮構造		
208	図3-1-30	小孔径管推進工法の一例（上段：オーケーモール工法,下段：SH工法）		
210	図3-1-31	**苫小牧におけるCCS圧入井のイメージ図（日本CCS株式会社，2014より抜粋）**		
145	表3-1-1	孔内物理検層の実施概要		
146	表3-1-2	孔内物理検層の実施工程		
155	表3-1-3	水理試験の実施概要		
157	表3-1-4	水理試験で得られた水理定数	○	○
158	表3-1-5	**地下水の水質**		
160	表3-1-6	流向流速測定で得られた流向流速	○	○
169	表3-1-7	**ボーリングマシンの分類（全地連, 2013）**		
171	表3-1-8	**コントロールボーリングの種類（全地連,2013）**		
177	表3-1-9	表的な水系泥水と機能（全地連,2013）		
178	表3-1-10	**各種泥水タイプの基本組成と性質（全地連, 2013）**		
178	表3-1-11	**泥水調整剤の種類と機能（全地連,2013）**		
179	表3-1-12	**非常用の調整剤（全地連, 2013）**		
183	表3-1-13	**セメント添加剤の種類と目的（全地連, 2013）**		
188	表3-1-14	**ヒアリング結果のとりまとめ**		○
191	表3-1-15	**軟弱地盤と傾斜孔掘削における問題と課題の整理表**		○
197	表3-1-16	掘削軌跡諸元比較表		○
200	表3-1-17	各掘削方式の実現可能性の評価結果表		○
202	表3-1-18	ヒアリング調査における各掘削方式の実現可能性の評価結果表		○
215	図 3-2-1	計測バージに取り付けたフレームと高精度音響カメラの移動の様子	○	○
215	図 3-2-2	模擬水源と高精度音響カメラの位置関係を示した模式図	○	○
217	図 3-2-3	模擬実験における湧出量毎の音響画像	○	○
219	図 3-2-4	音響探査測線の位置図	○	○
222	図 3-2-5	探査測線16における音響探査の結果と湧出水の分布	○	○
223	図 3-2-6	測線17付近の海底面の様子	○	○
223	図 3-2-7	海底湧出地下水量の分布図	○	○
224	図 3-2-8	測線6における音響探査の結果	○	○

228	図 3-2-9	文献から得られた海底湧出地下水の空間分布	○	○
225	表 3-2-1	測線における音響探査の実績と湧出水の検出結果	○	○
226	表 3-2-2	測線17の湧水、駿河湾の海水および陸域地下水の分析結果	○	○
228	表 3-2-3	海底湧出地下水、海底下地下水、海底地形・地質に関する調査手法のとりまとめ	○	○
236	図 3-3-1	マルチ振源3次元音波探査のイメージ図		
236	図 3-3-2	沿岸部における地下施設設置のイメージ		
238	図 3-3-3	海上音波探査実施範囲（神奈川県金田湾）		
243	図 3-3-4	データ処理のフローチャート(2D記録)		
244	図 3-3-5	バンドパステスト（120～960Hz）	○	○
244	図 3-3-6	バンドパステスト（100～800Hz）	○	○
244	図 3-3-7	バンドパステスト（80～1280Hz）	○	○
245	図 3-3-8	バンドパステスト結果の比較	○	○
246	図 3-3-9	デコンボリューションフィルタ（短周期除去）処理の結果	○	○
249	図 3-3-10	ゴーストが発生する経路	○	○
250	図 3-3-11	ゴースト除去処理の結果	○	○
250	図 3-3-12	ウェーブレット処理の結果	○	○
251	図 3-3-13	NMO補正の概念図	○	○
251	図 3-3-14	低速度走査法の概要(run37の例)	○	○
252	図 3-3-15	速度解析結果から作成した重合速度断面	○	○
253	図 3-3-16	重合処理結果（時間断面）Run42	○	○
253	図 3-3-17	重合処理結果（時間断面）Run21	○	○
254	図 3-3-18	重合処理結果（時間断面）Run27	○	○
254	図 3-3-19	重合処理結果（時間断面）Run37	○	○
256	図 3-3-20	既存記録（森ほか，2015）の解釈図	○	○
257	図 3-3-21	既存データとの比較	○	○
260	図 3-3-22	データ処理フロー		
261	図 3-3-23	データ処理システムの構成	○	○
261	図 3-3-24	オフセット距離を調整した浅海域仕様の発振器と受振器の配置図	○	○
262	図 3-3-25	Bin編集結果	○	○
263	図 3-3-26	3D重合速度断面図	○	○
263	図 3-3-27	重合処理結果（3Dモデル）	○	○
265	図 3-3-28	InlineとCrosslineの位置（ベースマップ）	○	○
266	図 3-3-29	3次元音波探査データの解釈記録	○	○
266	図 3-3-30	Time Slice（T=0.085s）	○	○
267	図 3-3-31	解釈した不整合面の深度分布（a）海底面（b）面II	○	○
268	図 3-3-32	海底面と面IIの鯨観図	○	○
268	図 3-3-33	3次元地質構造解釈図	○	○
270	図 3-3-34	オフセット距離を調整した浅海域仕様の発振器と受振器の配置図	○	○
270	図 3-3-35	スピーカー#4のニアトレースギャザー	○	○
271	図 3-3-36	スピーカー#4の反射断面	○	○
273	図 3-3-37	大型スピーカーの外観図	○	○
273	図 3-3-38	大型スピーカーと小型スピーカーの周波数特性	○	○
274	図 3-3-39	大型スピーカーと小型スピーカーのパワースペクトルの比較	○	○
274	図 3-3-40	出力波形の実測値測定のレイアウト		○
275	図 3-3-41	入力信号(青実線)と出力波形(赤実線)の比較	○	○
275	図 3-3-42	小型スピーカーの相関関数の計算結果	○	○
276	図 3-3-43	小型スピーカーの相関関数の計算結果	○	○
239	表 3-3-1	主な使用機材の一覧表		○
240	表 3-3-2	データ取得の仕様		○
249	表 3-3-3	簡易処理をした側線の受振器の平均水深	○	○
279	表 3-4-1	両サイトにおける水文地質特性と調査実施項目		
294	図 4-1-1	坑道の支保工及び覆工の状態変遷と維持期間のイメージ		○
299	図 4-1-2	今フェーズの検討課題と研究のアプローチ及び成果の目標		○
299	図 4-1-3	地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例その1(関連図型)		○
300	図 4-1-4	地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例その2(マップ型)		○
302	図 4-1-5	各部材で想定した環境条件		○
304	図 4-1-6	ヘキサダイヤグラムの図の表示例		○
304	図 4-1-7	ヘキサダイヤグラムによる整理結果の例		○
306	図 4-1-8	コンクリートの力学特性に影響を与える地下水の成分の整理		○
308	図 4-1-9	分類した地下水の組成		○
311	図 4-1-10	希釈した人工海水と比較した実地下水のヘキサダイヤグラム		○
314	図 4-1-11	簡易浸漬試験の模式図		○
316	図 4-1-12	EPMA測定結果：平均濃度プロファイル(吹付けBFSCペースト)		○
317	図 4-1-13	EPMA測定結果：平均濃度プロファイル(セグメントBFSCペースト)		○
320	図 4-1-14	詳細浸漬試験の模式図		○
327	図 4-1-15	人工海水浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○

328	図 4-1-16	海水B浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○
329	図 4-1-17	降水A浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○
336	図 4-1-18	フロースルー試験の模式図		○
340	図 4-1-19	フロースルー試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係		○
343	図 4-1-20	セグメントの浸漬試験の模式図		○
347	図 4-1-21	浸漬試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係		○
349	図 4-1-22	コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験の概略図		○
361	図 4-1-23	相平衡多元素移動計算コードの模式図		○
361	図 4-1-24	必要となる入力条件と解析フロー		○
366	図 4-1-25	NaCl拡散試験再現計算結果		○
369	図 4-1-26	外部析出物生成を考慮したモデル体系		○
369	図 4-1-27	外部析出物生成を考慮した解析対象の模式図		○
370	図 4-1-28	$NaHCO_3$拡散試験の外部析出層及び硬化体内部の鉱物相組成の解析結果		○
374	図 4-1-29	人工海水拡散の再現計算結果		○
375	図 4-1-30	降水A拡散の再現計算結果		○
376	図 4-1-31	実地下水FGB-2_214.75～220.52m拡散の再現計算結果		○
298	表 4-1-1	FGB-2ボーリング孔の実地下水の一覧（分析結果）		○
300	表 4-1-2	本フェーズの年度展開		○
309	表 4-1-3	模擬地下水の化学組成		○
313	表 4-1-4	簡易浸漬試験の実施水準		○
314	表 4-1-5	簡易浸漬試験の試験条件		○
319	表 4-1-6	詳細浸漬試験の試験水準		○
319	表 4-1-7	詳細浸漬試験試料の構成割合		○
320	表 4-1-8	詳細浸漬試験の試験条件		○
325	表 4-1-9	ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（吹付けコンクリート）		○
326	表 4-1-10	ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（セグメント）		○
333	表 4-1-11	吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合		○
333	表 4-1-12	セグメントの配合		○
335	表 4-1-13	吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準		○
335	表 4-1-14	吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験条件		○
339	表 4-1-15	フロースルー試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧		○
342	表 4-1-16	セグメントの浸漬試験の試験水準		○
342	表 4-1-17	セグメントの浸漬試験条件		○
346	表 4-1-18	浸漬試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧		○
349	表 4-1-19	コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準		○
349	表 4-1-20	コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験条件		○
351	表 4-1-21	コンクリートの接液面への二次鉱物生成確認(目視観察)		○
354	表 4-1-22	化学変質と力学特性推定手法の検討工程		○
358	表 4-1-23	各鉱物の反応式とその熱力学的平衡定数		○
359	表 4-1-24	解析コードに反映したM-S-Hの反応式とその熱力学的平衡定数		○
359	表 4-1-25	C-A-S-H溶解平衡モデルの反応式とその熱力学的平衡定数		○
360	表 4-1-26	細川らのC-A-S-HのNa、K収着モデル		○
364	表 4-1-27	解析コードの検証のための拡散試験条件		○
365	表 4-1-28	塩素拡散試験後の鉱物定性結果		○
373	表 4-1-29	外部析出層計算モデルを用いて比較する実験条件		○
387	図 4-2-1	沿岸部地下水（産業技術総合研究所ほか、2019）のイオン強度		○
392	図 4-2-2	沿岸部実地下水（FGB-2孔_167.70~171.78m）及び沿岸部地下水（産総研ほか、2019）の成分中の陽イオン量		○
394	図 4-2-3	試験装置		○
396	図 4-2-4	排水中のイオンの濃度の経時変化		○
396	図 4-2-5	試験後の圧縮ベントナイト供試体の層間陽イオン量		○
401	図 4-2-6	検討の流れ		○
404	図 4-2-7	解析に使用した水分特性曲線と比透水係数		○
407	図 4-2-8	排水中のイオン濃度の経時変化		○
407	図 4-2-9	試験終了時の層間陽イオンの当量分率		○
410	図 4-2-10	排水中のNa^+及びK^+イオンの濃度の経時変化（Ca^{2+}の選択係数の影響）		○
411	図 4-2-11	排水中のCa^{2+}及びMg^{2+}イオンの濃度の経時変化（Ca^{2+}の選択係数の影響）		○
411	図 4-2-12	試験終了時の層間陽イオンの当量分率（Ca^{2+}イオンの選択係数の影響）		○
412	図 4-2-13	排水中のNa^+及びK^+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）		○
412	図 4-2-14	排水中のCa2+及びMg2+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）		○
416	図 4-2-15	本検討で使用する緩衝材膨潤量に係る試験装置のイメージ		○
420	図 4-2-16	イオン強度と最大膨潤率の関係（初期有効乾燥粘土密度1.6Mg/m^3）		○
421	図 4-2-17	膨潤率の経時変化（試験ⓒⒹ） (a)KCl溶液、(b)$CaCl_2$溶液、(c)$MgCl_2$溶液、(d)$CaCl_2$とNaClの混合溶液、(e)FGB-2孔167.70~171.78m		○

422	図 4-2-18	ベントナイトの層間のCa2+当量分率と最大膨潤率 (a) $CaCl_2$溶液におけるベントナイトの層間陽イオン量及び(b) 固相のCa^{2+}当量分率及びイオン強度と最大膨潤率の関係		○
387	表 4-2-1	緩衝材の安全機能（放射性物質の移行抑制）の確保に必要な緩衝材の設計要件		○
391	表 4-2-2	通水試験のスケジュール		○
391	表 4-2-3	沿岸部実地下水（FGB-2孔_167.70~171.78m）の組成		○
394	表 4-2-4	クニピアFの充填量（作製数 各ケースn=2）		○
394	表 4-2-5	試験条件		○
399	表 4-2-6	本試験において算出したK-Naのイオン交換選択係数（$LogK_{GT}$　K-Na）		○
404	表 4-2-7	飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（1/2）		○
404	表 4-2-8	飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（2/2）		○
405	表 4-2-9	移流・分散解析用パラメータの設定値		○
405	表 4-2-10	試解析に用いたイオン交換選択係数と初期状態におけるイオン交換サイト組成		○
405	表 4-2-11	試解析に用いた初期間隙水組成		○
410	表 4-2-12	感度解析に用いたイオン交換選択係数と初期のイオン交換サイトの組成（Ca^{2+}の選択係数の影響）		○
414	表 4-2-13	膨潤量試験の試験ケース		○
416	表 4-2-14	供試体の諸元		○
419	表 4-2-15	本検討の試験ケースにおける最大膨潤率		○
436	図 4-3-1	透水－膨潤圧試験装置の概略	○	○
438	図 4-3-2	せん断透水試験装置の概略	○	○
439	図 4-3-3	せん断透水試験装置の写真	○	○
444	図 4-3-4	せん断透水試験において透水試験を実施するせん断変位の考え方		
444	図 4-3-5	リングせん断試験の実施フローチャート	○	○
445	図 4-3-6	スリットの調整手順	○	○
445	図 4-3-7	供試体未設置時のスリット幅とトルクおよび及び透水係数の関係	○	○
448	図 4-3-8	供試体に対する通水方向の概略図	○	○
448	図 4-3-9	回転角度とせん断変位の関係	○	○
449	図 4-3-10	水平方向の見かけの透水係数に関する通水経路のイメージ	○	○
449	図 4-3-11	リングせん断試験後の供試体の分割方法のイメージ	○	○
451	図 4-3-12	イオン交換処理前後の浸出陽イオン量	○	○
454	図 4-3-13	人工海水のイオン濃度倍率と平衡膨潤圧の関係	○	○
454	図 4-3-14	人工海水のイオン濃度倍率と透水係数の関係	○	○
455	図 4-3-15	透水膨潤圧試験後の浸出陽イオンの割合(（上：海水平衡処理前、下：海水平衡処理後))	○	○
457	図 4-3-16	カオリン粘土供試体の圧縮曲線	○	○
457	図 4-3-17	カオリン粘土供試体のせん断に伴う供試体高さの変化	○	○
458	図 4-3-18	カオリン粘土供試体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
459	図 4-3-19	せん断に伴うカオリン粘土(（イオン交換水)) の透水性の変化	○	○
460	図 4-3-20	オリン粘土(（イオン交換水)) のせん断後の供試体(（側方)) の写真(（左)) および及びその拡大写真(（右))	○	○
460	図 4-3-21	せん断位置において上下に分割したカオリン供試体のせん断面の写真	○	○
463	図 4-3-22	クニゲルV1－砂混合土(（イオン交換水、人工海水1倍)) の膨潤圧	○	○
463	図 4-3-23	海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍、2倍)) の膨潤圧	○	○
464	図 4-3-24	クニボンド単体(（イオン交換水)) の膨潤圧	○	○
464	図 4-3-25	海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)) の膨潤圧	○	○
465	図 4-3-26	せん断透水試験及び透水膨潤圧試験における平衡膨潤圧の比較	○	○
468	図 4-3-27	各供試体のせん断に伴う供試体高さの変化	○	○
468	図 4-3-28	クニゲルV1－砂混合土のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
469	図 4-3-29	海水平衡クニゲルV1－砂混合土せん断に伴うせん断応力の変化	○	○
469	図 4-3-30	クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
470	図 4-3-31	海水平衡クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
470	図 4-3-32	クニゲルV1－砂混合土の有効応力経路	○	○
471	図 4-3-33	海水平衡クニゲルV1－砂混合土の有効応力経路	○	○
471	図 4-3-34	クニボンド単体の有効応力経路	○	○
472	図 4-3-35	海水平衡クニボンド単体の有効応力経路	○	○
474	図 4-3-36	せん断に伴うクニゲルV1－砂混合土の透水性の変化	○	○
475	図 4-3-37	せん断に伴う海水平衡クニゲルV1－砂混合土の透水性の変化	○	○
476	図 4-3-38	せん断に伴うクニボンド単体の透水性の変化	○	○
477	図 4-3-39	せん断に伴う海水平衡クニボンド単体の透水性の変化	○	○
480	図 4-3-40	せん断透水試験後の供試体の含水比分布	○	○
481	図 4-3-41	せん断透水試験後のクニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
482	図 4-3-42	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
483	図 4-3-43	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍、途中透水なし)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○

484	図 4-3-44	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水2倍)）の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
485	図 4-3-45	せん断透水試験後の海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)）の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
486	図 4-3-46	せん断透水後の各供試体側方の写真	○	○
487	図 4-3-47	せん断透水後の各供試体側方の写真	○	○
488	図 4-3-48	せん断透水後に凍結乾燥した試料のせん断位置付近の写真(（クニゲル系：凍結乾燥後に分割した断面、クニボンド系：供試体側面))	○	○
489	図 4-3-49	せん断後のクニゲルV1－砂混合土(（イオン交換水)）の供試体断面のSEM観察画像（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
490	図 4-3-50	せん断後のクニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
491	図 4-3-51	せん断後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)）の供試体断面のSEM観察画像（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
492	図 4-3-52	せん断後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水2倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
493	図 4-3-53	せん断後のクニボンド単体(（イオン交換水)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
494	図 4-3-54	せん断後の海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
495	図 4-3-55	せん断後のクニゲルV1-砂混合土(（イオン交換水)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：40倍）	○	○
496	図 4-3-56	せん断後のクニゲルV1-砂混合土(（イオン交換水)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：80倍）（右）及び元素マッピング画像（左）	○	○
497	図 4-3-57	せん断後の海水平衡クニゲルV1-砂混合土(（人工海水2倍)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：40倍）	○	○
498	図 4-3-58	せん断後の海水平衡クニゲルV1-砂混合土(（人工海水2倍)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：80倍）（右）及び元素マッピング画像（左）	○	○
504	図 4-3-59	緩衝材再冠水過程で生じる現象のイメージ	○	○
504	図 4-3-60	遠心力載荷試験装置を用いた模型試験による研究例		
507	図 4-3-61	超長期遠心載荷岩盤実験装置の概略図(（上)）と装置全景(（下))		○
509	図 4-3-62	試験容器の概略、および模型、及びセンサー配置		○
511	図 4-3-63	注水ポンプの概略		○
513	図 4-3-64	医療用マルチスライスヘリカルCTスキャナ		○
517	図 4-3-65	模型作製の様子		○
519	図 4-3-66	キャリブレーション試料のCT画像撮影の様子		○
522	図 4-3-67	Ca-5、Ca-6Tの試験結果	○	○
523	図 4-3-68	各試験のオーバーパックの温度測定結果	○	○
526	図 4-3-69	キャリブレーション用試料のCT画像と測線(（赤線)）のCT値	○	○
527	図 4-3-70	試料の物理密度とCT値の関係	○	○
528	図 4-3-71	Ca-5の3次元CT画像	○	○
529	図 4-3-72	Ca-5の試験後のCT値分布	○	○
530	図 4-3-73	Ca-6Tの試験後のCT値分布	○	○
532	図 4-3-74	遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布	○	○
534	図 4-3-75	遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布(（令和2年度成果報告書より引用))	○	○
535	図 4-3-76	遠心力模型試験後の緩衝材の高さごとの浸出陽イオン量の割合	○	○
539	図 4-3-77	Ca型ベントナイトの緩衝材におけるオーバーパック変位挙動の比較	○	○
540	図 4-3-78	模擬廃棄体の加熱によるオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度の違い	○	○
541	図 4-3-79	遠心力模型試験後のCT画像と測線のCT値分布(（西本ほか ((2014))より引用、一部加筆))		
541	図 4-3-80	遠心力模型試験後の緩衝材の密度分布の比較	○	○
550	図 4-3-81	LOSTUFにおける緩衝材膨潤モデル	○	○
553	図 4-3-82	対象とした遠心模型試験の概要		
556	図 4-3-83	小型圧力容器の概略図と計測位置		○
556	図 4-3-84	軸対象解析に用いる解析メッシュ		○
557	図 4-3-85	解析上の境界条件		○
560	図 4-3-86	各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係	○	○
562	図 4-3-87	各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係	○	○
563	図 4-3-88	各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数	○	○
565	図 4-3-89	各ケースにおける初期応力分布（圧縮を正とする）	○	○
569	図 4-3-90	緩衝材に設定するヤング率の飽和度依存性	○	○
569	図 4-3-91	緩衝材に設定するポアソン比の飽和度依存性	○	○
571	図 4-3-92	追加検討を含む各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係	○	○
571	図 4-3-93	各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数	○	○
572	図 4-3-94	追加検討を含む各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係	○	○
574	図 4-3-95	各ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
575	図 4-3-96	Case1のO/P変位の経過時変化	○	○
575	図 4-3-97	Case1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
575	図 4-3-98	Case1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○

575	図 4-3-99	Case1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
576	図 4-3-100	Case1の飽和度分布の経過時変化	○	○
576	図 4-3-101	Case1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
577	図 4-3-102	Case1の含水比分布の経過時変化	○	○
579	図 4-3-103	Case2のO/P変位の経過時変化	○	○
579	図 4-3-104	Case2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
579	図 4-3-105	Case2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
579	図 4-3-106	Case2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
580	図 4-3-107	Case2の飽和度分布の経過時変化	○	○
580	図 4-3-108	Case2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
581	図 4-3-109	Case2の含水比分布の経過時変化	○	○
581	図 4-3-110	Case3のO/P変位の経過時変化	○	○
583	図 4-3-111	Case3の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
583	図 4-3-112	Case3の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
583	図 4-3-113	Case3の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
584	図 4-3-114	Case3の飽和度分布の経過時変化	○	○
584	図 4-3-115	Case3の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
585	図 4-3-116	Case3の含水比分布の経過時変化	○	○
587	図 4-3-117	Case4のO/P変位の経過時変化	○	○
587	図 4-3-118	Case4の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
587	図 4-3-119	Case4の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
587	図 4-3-120	Case4の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
588	図 4-3-121	Case4の飽和度分布の経過時変化	○	○
588	図 4-3-122	Case4の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
589	図 4-3-123	Case4の含水比分布の経過時変化	○	○
591	図 4-3-124	Case5のO/P変位の経過時変化	○	○
591	図 4-3-125	Case5の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
591	図 4-3-126	Case5の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
591	図 4-3-127	Case5の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
592	図 4-3-128	Case5の飽和度分布の経過時変化	○	○
592	図 4-3-129	Case5の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
593	図 4-3-130	Case5の含水比分布の経過時変化	○	○
593	図 4-3-131	Case6のO/P変位の経過時変化	○	○
595	図 4-3-132	Case6の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
595	図 4-3-133	Case6の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
595	図 4-3-134	Case6の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
596	図 4-3-135	Case6の飽和度分布の経過時変化	○	○
596	図 4-3-136	Case6の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
597	図 4-3-137	Case6の含水比分布の経過時変化	○	○
600	図 4-3-138	オーバーパック変位量の経時変化	○	○
601	図 4-3-139	実験終了後の緩衝材の飽和度	○	○
603	図 4-3-140	Case1と2の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
604	図 4-3-141	Case6の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
605	図 4-3-142	Case1-1のO/P変位の経過時変化	○	○
605	図 4-3-143	Case1-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
605	図 4-3-144	Case1-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
605	図 4-3-145	Case1-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
606	図 4-3-146	Case1-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
606	図 4-3-147	Case1-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
607	図 4-3-148	Case1-1の含水比分布の経過時変化	○	○
609	図 4-3-149	Case1-2のO/P変位の経過時変化	○	○
609	図 4-3-150	Case1-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
609	図 4-3-151	Case1-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
609	図 4-3-152	Case1-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
610	図 4-3-153	Case1-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
611	図 4-3-154	Case1-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
611	図 4-3-155	Case1-2の含水比分布の経過時変化	○	○
613	図 4-3-156	Case2-1のO/P変位の経過時変化	○	○
613	図 4-3-157	Case2-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
613	図 4-3-158	Case2-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
613	図 4-3-159	Case2-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
614	図 4-3-160	Case2-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
614	図 4-3-161	Case2-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
615	図 4-3-162	Case2-1の含水比分布の経過時変化	○	○
617	図 4-3-163	Case2-2のO/P変位の経過時変化	○	○
617	図 4-3-164	Case2-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○

617	図 4-3-165	Case2-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
617	図 4-3-166	Case2-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
618	図 4-3-167	Case2-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
618	図 4-3-168	Case2-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
619	図 4-3-169	Case2-2の含水比分布の経過時変化	○	○
621	図 4-3-170	Case6-1のO/P変位の経過時変化	○	○
621	図 4-3-171	Case6-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
621	図 4-3-172	Case6-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
621	図 4-3-173	Case6-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
622	図 4-3-174	Case6-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
623	図 4-3-175	Case6-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
623	図 4-3-176	Case6-1の含水比分布の経過時変化	○	○
625	図 4-3-177	Case6-2のO/P変位の経過時変化	○	○
625	図 4-3-178	Case6-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
625	図 4-3-179	Case6-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
625	図 4-3-180	Case6-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
626	図 4-3-181	Case6-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
626	図 4-3-182	Case6-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
627	図 4-3-183	Case6-2の含水比分布の経過時変化	○	○
629	図 4-3-184	Case6-3のO/P変位の経過時変化	○	○
629	図 4-3-185	Case6-3の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
629	図 4-3-186	Case6-3の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
629	図 4-3-187	Case6-3の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
630	図 4-3-188	Case6-3の飽和度分布の経過時変化	○	○
630	図 4-3-189	Case6-3の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
631	図 4-3-190	Case6-3の含水比分布の経過時変化	○	○
633	図 4-3-191	Case6-4のO/P変位の経過時変化	○	○
633	図 4-3-192	Case6-4の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
633	図 4-3-193	Case6-4の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
633	図 4-3-194	Case6-4の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
634	図 4-3-195	Case6-4の飽和度分布の経過時変化	○	○
634	図 4-3-196	Case6-4の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
635	図 4-3-197	Case6-4の含水比分布の経過時変化	○	○
637	図 4-3-198	Case6-5のO/P変位の経過時変化	○	○
637	図 4-3-199	Case6-5の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
637	図 4-3-200	Case6-5の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
637	図 4-3-201	Case6-5の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
638	図 4-3-202	Case6-5の飽和度分布の経過時変化	○	○
638	図 4-3-203	Case6-5の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
639	図 4-3-204	Case6-5の含水比分布の経過時変化	○	○
642	図 4-3-205	O/P変位の経時変化の基本ケース間の比較	○	○
642	図 4-3-206	緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の基本ケース間の比較	○	○
644	図 4-3-207	Case1と追加ケースのO/P変位の経時変化の比較	○	○
644	図 4-3-208	Case1と追加ケースの緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の比較	○	○
646	図 4-3-209	Case6と追加ケースのO/P変位の経時変化の比較	○	○
646	図 4-3-210	Case6と追加ケースの緩衝材最上部位置における飽和度の経時変化の比較	○	○
428	表 4-3-1	本研究に関わる全体の試験計画		
431	表 4-3-2	人工海水（マリンアートSF-1）の成分表		
434	表 4-3-3	要素試験における供試体条件		
436	表 4-3-4	令和3年度までの要素試験における実施状況の一覧		
441	表 4-3-5	せん断透水試験の試験条件		
451	表 4-3-6	本研究で使用したベントナイトの基礎物性		
453	表 4-3-7	透水膨潤圧試験において使用した人工海水の成分およびpH	○	○
461	表 4-3-8	せん断透水試験の各ベントナイト供試体の初期乾燥密度	○	○
515	表 4-3-9	遠心力模型試験で用いた緩衝材の材料と条件	○	○
526	表 4-3-10	キャリブレーション用試料の物理密度と平均値、標準偏差	○	○
533	表 4-3-11	令和2年度の試料および試験条件(令和2年度成果報告書より引用)		
554	表 4-3-12	解析の対象とする実験ケース		
559	表 4-3-13	対象とする緩衝材の諸条件一覧	○	○
559	表 4-3-14	基本的なケース検討で使用する力学特性の一覧	○	○
560	表 4-3-15	オーバーパック模型に設定した力学特性	○	○
561	表 4-3-16	基本的なケース検討で使用する水理特性の一覧	○	○
562	表 4-3-17	各緩衝材条件における初期飽和度の一覧	○	○
567	表 4-3-18	Case 1に対する追加検討ケース一覧	○	○
567	表 4-3-19	Case 2に対する追加検討ケース一覧	○	○
567	表 4-3-20	Case 6に対する追加検討ケース一覧	○	○

ページ番号	図表番号	タイトル	転載不可	二次利用不可
11	図 2-1-1	GIS システム構成図、動作フロー		○
18	図 2-1-2	データシートのリンク機能概念図		○
18	図 2-1-3	データベースの初期画面	○	○
19	図 2-1-4	海洋の表層地質図の表示例	○	○
19	図 2-1-5	海洋の地質構造図の表示例	○	○
21	図 2-1-6	海域の地形情報の表示例	○	○
24	図 2-1-7	幌延におけるエキスパートモデルと統計モデルの比較	○	○
28	図 2-1-8	幌延モデル引用データ位置	○	○
28	図 2-1-9	幌延モデル　三次元メッシュ図	○	○
29	図 2-1-10	２地域の最適化解析結果　モデル図、流跡線図、メッシュ図	○	○
29	図 2-1-11	幌延地域　塩分濃度の比較（上：解析結果、下：物理探査結果）	○	○
12	表 2-1-1	統計モデルとエキスパートモデルの比較	○	○
14	表 2-1-2	地質モデル検証用データ1	○	○
15	表 2-1-3	地質モデル検証用データ2	○	○
25	表 2-1-4	材料定数設定例		○
25	表 2-1-5	幌延地域の材料定数最適値	○	○
27	表 2-1-6	要素長別の計算時間目安		○
27	表 2-1-7	幌延モデル境界条件	○	○
33	図2-2-1	繰り返しアプローチの概念図		
33	図2-2-2	本研究のフローチャート		
36	図2-2-3	地質概念モデルと地質モデル／地質図ならびに他の代表的な地質環境特性主題図との関係の例	○	○
38	図2-2-4	一次データの採否とそれが地質構造解釈（地質概念モデル）に与える影響の例／走向・傾斜	○	○
41	図2-2-5	事例研究の対象とした範囲	○	○
45	図2-2-6	一次データのマッピングの例（静岡県、富士川河口付近）	○	○
51	図2-2-7	地下水流動解析に向けた地質概念モデル（作業仮説）の検討のポイントの例	○	○
54	図2-2-8	事例研究地域における地質概念モデルの検討	○	○
63	図2-2-9	作成した三次元地質モデルの平面図および断面図	○	○
66	図2-2-10	地下水流動に影響を与える地質要素の調査における留意点	○	○
69	図2-2-11	地質モデル構築のPDCAサイクルの例	○	○
75	図2-2-12	研究対象地域の地下水流動の概念図	○	○
75	図2-2-13	ボーリング調査位置図　（産業総合研究所,2016）		
76	図2-2-14	SKB孔の柱状図および揚水地下水（黄色）と間隙水（緑色・水色）の水質（産業総合研究所, 2016）		
76	図2-2-15	沿岸部での地下水流動の概念図（Machida et al., 2016）		
79	図2-2-16	富士山周辺での酸素同位体比の分布　水文環境図No.9「富士山」（小野ほか,2016）に加筆		
82	図2-2-17	パラメータの推定過程	○	○
85	図2-2-18	観測値の位置	○	○
87	図2-2-19	感度解析の対象とした地質区分	○	○
87	図2-2-20	解析モデルの断面図	○	○
91	図2-2-21	感度解析結果	○	○
93	図2-2-22	SKB地点における鉛直プロファイル	○	○
95	図2-2-23	深度500 mおける変化量分布	○	○
97	図2-2-24	基本透水係数に対する地表面の変化量	○	○
99	図2-2-25	逆解析に使用した解析モデル	○	○
102	図2-2-26	透水係数の推定結果	○	○
102	図2-2-27	観測値と推定した透水係数での計算値	○	○
103	図2-2-28	合成観測値感度および観測値と計算値の比較	○	○
105	図2-2-29	目的関数（全水頭＋δ18O）	○	○
105	図2-2-30	目的関数の内訳（全水頭＋δ18O）	○	○
107	図2-2-31	SKBを追加した透水係数の逆解析	○	○
109	図2-2-32	透水係数の逆解析結果の比較	○	○
111	図2-2-33	数値実験の概要	○	○
113	図2-2-34	基本透水係数での解析結果	○	○
115	図2-2-35	数値実験の推定結果	○	○
115	図2-2-36	観測値と計算値の比較	○	○
117	図2-2-37	合成観測値感度　（全水頭＋δ18O）	○	○
119	図2-2-38	解析で考慮した海水準変動	○	○
119	図2-2-39	解析モデル	○	○
122	図2-2-40	海水準変動解析の結果（塩分）	○	○
122	図2-2-41	海水準変動解析の結果（滞留時間）	○	○
123	図2-2-42	駿河湾における海水準変動範囲	○	○
43	表2-2-1	一次データ（解釈無し）と二次データ（解釈を含む）の例	○	○
47	表2-2-2	収集文献に含まれる一次・二次データの整理例	○	○
53	表2-2-3	事例研究地域における地質概念モデルの絞り込み	○	○
78	表2-2-4	地質の水理特性	○	○
88	表2-2-5	感度解析の対象地層と基本透水係数	○	○

89	表2-2-6	地下水流動・物質移行の解析条件	○	○
99	表2-2-7	逆解析の項目	○	○
111	表2-2-8	数値実験で検討した地質区分と透水係数	○	○
112	表2-2-9	数値実験の項目	○	○
120	表2-2-10	海水準変動解析の解析条件	○	○
137	図3-1-1	地下地質ごとの地下水の区分		
137	図3-1-2	調査地点FGB-2孔の位置図		
138	図3-1-3	駿河湾における海水中の222Rn濃度分布		
140	図3-1-4	駿河湾における音波の散乱域（産業技術総合研究所,2013に加筆）		
140	図3-1-5	SKB孔における水質の深度プロファイル		
141	図3-1-6	水質や地下水年代から想定される駿河湾沿岸部における地下水流動システム（Machida et al., 2016を一部変更）		
143	図3-1-7	FGB-2孔におけるケーシングプログラム		
144	図3-1-8	採取したボーリングコア		
147	図3-1-9	孔内物理検層で得られた物性値の深度分布		○
148	図3-1-10	（拡大：深度280 mまで）		
149	図3-1-11	（拡大：深度280～400m）		
152	図3-1-12	孔隙サイズによる緩和時間分布（T2）の例		
154	図3-1-13	二重解放コア変形法により採取したボーリングコア		
154	図3-1-14	応力解放部の測定値（右）とHQコアの直径の測定値（左）		
156	図3-1-15	水理試験の装置の概要		
158	図3-1-16	地下水の水質		○
160	図3-1-17	模擬地盤での実験　地盤中の流速を制御した模擬地盤にて実測。実測流は0.7m/day (8.0×10-7 m/s) とした場合の実験 (協力：アサノ大成基礎エンジニアリング)		
162	図3-1-18	浜里試験地における地下水位観測結果（昨年度と本年度の調査結果）		○
164	図3-1-19	DD-4井戸洗浄手順と井戸洗浄後の段階式揚水試験の結果		○
173	図3-1-20	スピンドル型掘削（左）とロータリーテーブル型掘削（右）の概要 （ジオパワー学園,2021）		
174	図3-1-21	傾斜掘りの概念図（ジオパワー学園,2021）		
174	図3-1-22	電中研式コントロールボーリング概念図（木方ほか,2009）		○
176	図3-1-23	弧状推進ボーリング概念図（JFE-Rapid工法の例） （※JFEエンジニアリングカタログより引用）		
181	図3-1-24	標準孔径挿入ケーシング概念図		
186	図3-1-25	地下水年代測定法と評価期間の適用範囲（長谷川ほか, 2013）		
194	図3-1-26	モデル地区DD-1孔のボーリング柱状図・地盤物性プロファイル（丸井・町田・井川,2021に加筆）		○
198	図3-1-27	掘削軌跡の検討図		
206	図3-1-28	ウェルマンの作動（ウェルマン工法）		
207	図3-1-29(a)	スーパーメックスビットの拡縮構造		
207	図3-1-29(b)	スーパージョーズの拡縮構造		
208	図3-1-30	小孔径管推進工法の一例（上段：オーケーモール工法,下段：SH工法）		
210	図3-1-31	苫小牧におけるCCS圧入井のイメージ図（日本CCS株式会社,2014より抜粋）		
145	表3-1-1	孔内物理検層の実施概要		
146	表3-1-2	孔内物理検層の実施工程		
155	表3-1-3	水理試験の実施概要		
157	表3-1-4	水理試験で得られた水理定数	○	○
158	表3-1-5	地下水の水質		
160	表3-1-6	流向流速測定で得られた流向流速	○	○
169	表3-1-7	ボーリングマシンの分類（全地連, 2013）		
171	表3-1-8	コントロールボーリングの種類（全地連,2013）		
177	表3-1-9	表的な水系泥水と機能（全地連,2013）		
178	表3-1-10	各種泥水タイプの基本組成と性質（全地連,2013）		
178	表3-1-11	泥水調整剤の種類と機能（全地連,2013）		
179	表3-1-12	非常用の調整剤（全地連,2013）		
183	表3-1-13	セメント添加剤の種類と目的（全地連,2013）		
188	表3-1-14	ヒアリング結果のとりまとめ		○
191	表3-1-15	軟弱地盤と傾斜孔掘削における問題と課題の整理表		○
197	表3-1-16	掘削軌跡諸元比較表		○
200	表3-1-17	各掘削方式の実現可能性の評価結果表		○
202	表3-1-18	ヒアリング調査における各掘削方式の実現可能性の評価結果表		○
215	図 3-2-1	計測バージに取り付けたフレームと高精度音響カメラの移動の様子	○	○
215	図 3-2-2	模擬水源と高精度音響カメラの位置関係を示した模式図	○	○
217	図 3-2-3	模擬実験における湧出量毎の音響画像	○	○
219	図 3-2-4	音響探査測線の位置図	○	○
222	図 3-2-5	探査測線16における音響探査の結果と湧出水の分布	○	○
223	図 3-2-6	測線17付近の海底面の様子	○	○
223	図 3-2-7	海底湧出地下水量の分布図	○	○

224	図 3-2-8	測線6における音響探査の結果	○	○
228	図 3-2-9	文献から得られた海底湧出地下水の空間分布	○	○
225	表 3-2-1	測線における音響探査の実績と湧出水の検出結果	○	○
226	表 3-2-2	測線17の湧水、駿河湾の海水および陸域地下水の分析結果	○	○
228	表 3-2-3	海底湧出地下水、海底下地下水、海底地形・地質に関する調査手法のとりまとめ	○	○
236	図 3-3-1	マルチ振源3次元音波探査のイメージ図		
236	図 3-3-2	沿岸部における地下施設設置のイメージ		
238	図 3-3-3	海上音波探査実施範囲（神奈川県金田湾）		
243	図 3-3-4	データ処理のフローチャート(2D記録)		
244	図 3-3-5	バンドパステスト（120～960Hz）	○	○
244	図 3-3-6	バンドパステスト（100～800Hz）	○	○
244	図 3-3-7	バンドパステスト（80～1280Hz）	○	○
245	図 3-3-8	バンドパステスト結果の比較	○	○
246	図 3-3-9	デコンボリューションフィルタ（短周期除去）処理の結果	○	○
249	図 3-3-10	ゴーストが発生する経路	○	○
250	図 3-3-11	ゴースト除去処理の結果	○	○
250	図 3-3-12	ウェーブレット処理の結果	○	○
251	図 3-3-13	NMO補正の概念図	○	○
251	図 3-3-14	低速度走査法の概要(run37の例)	○	○
252	図 3-3-15	速度解析結果から作成した重合速度断面	○	○
253	図 3-3-16	重合処理結果（時間断面）Run42	○	○
253	図 3-3-17	重合処理結果（時間断面）Run21	○	○
254	図 3-3-18	重合処理結果（時間断面）Run27	○	○
254	図 3-3-19	重合処理結果（時間断面）Run37	○	○
256	図 3-3-20	既存記録（森ほか,2015）の解釈図	○	○
257	図 3-3-21	既存データとの比較	○	○
260	図 3-3-22	データ処理フロー		
261	図 3-3-23	データ処理システムの構成	○	○
261	図 3-3-24	作成した 3D Bin	○	○
262	図 3-3-25	Bin編集結果	○	○
263	図 3-3-26	3D重合速度断面図	○	○
263	図 3-3-27	重合処理結果（3Dモデル）	○	○
265	図 3-3-28	InlineとCrosslineの位置（ベースマップ）	○	○
266	図 3-3-29	3次元音波探査データの解釈記録	○	○
266	図 3-3-30	Time Slice（T=0.085s）	○	○
267	図 3-3-31	解釈した不整合面の深度分布（a）海底面（b）面II	○	○
268	図 3-3-32	海底面と面IIの鯨観図	○	○
268	図 3-3-33	3次元地質構造解釈図(表示区画は220m x 820m、水平方向はBin番号、深度方向は時間軸)	○	○
270	図 3-3-34	オフセット距離を調整した浅海域仕様の発振器と受振器の配置図	○	○
270	図 3-3-35	スピーカー#4のニアトレースギャザー	○	○
271	図 3-3-36	スピーカー#4の反射断面	○	○
273	図 3-3-37	大型スピーカーの外観図	○	○
273	図 3-3-38	大型スピーカーと小型スピーカーの周波数特性	○	○
274	図 3-3-39	大型スピーカーと小型スピーカーのパワースペクトルの比較	○	○
274	図 3-3-40	出力波形の実測値測定のレイアウト		○
275	図 3-3-41	入力信号(青実線)と出力波形(赤実線)の比較	○	○
275	図 3-3-42	小型スピーカーの相関関数の計算結果	○	○
276	図 3-3-43	小型スピーカーの相関関数の計算結果	○	○
239	表 3-3-1	主な使用機材の一覧表		○
240	表 3-3-2	データ取得の仕様		○
249	表 3-3-3	簡易処理をした側線の受振器の平均水深	○	○
279	表 3-4-1	両サイトにおける水文地質特性と調査実施項目		
294	図 4-1-1	坑道の支保工及び覆工の状態変遷と維持期間のイメージ		○
299	図 4-1-2	今フェーズの検討課題と研究のアプローチ及び成果の目標		○
299	図 4-1-3	地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例その1(関連図型)		○
300	図 4-1-4	地下水組成とセメント系材料の化学変質と力学特性の関連整理のイメージ例その2(マップ型)		○
302	図 4-1-5	各部材で想定した環境条件		○
304	図 4-1-6	ヘキサダイヤグラムの図の表示例		○
304	図 4-1-7	ヘキサダイヤグラムによる整理結果の例		○
306	図 4-1-8	コンクリートの力学特性に影響を与える地下水の成分の整理		○
308	図 4-1-9	分類した地下水の組成		○
311	図 4-1-10	希釈した人工海水と比較した実地下水のヘキサダイヤグラム		○
314	図 4-1-11	簡易浸漬試験の模式図		○
316	図 4-1-12	EPMA測定結果：平均濃度プロファイル(吹付けBFSCペースト)		○
317	図 4-1-13	EPMA測定結果：平均濃度プロファイル(セグメントBFSCペースト)		○
320	図 4-1-14	詳細浸漬試験の模式図		○

327	図 4-1-15	人工海水浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○
328	図 4-1-16	海水B浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○
329	図 4-1-17	降水A浸漬試料（ペースト）のビッカース硬度と組成分布の関係		○
336	図 4-1-18	フロースルー試験の模式図		○
340	図 4-1-19	フロースルー試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係		○
343	図 4-1-20	セグメントの浸漬試験の模式図		○
347	図 4-1-21	浸漬試験（人工海水）後のビッカース硬度と組成分布の関係		○
349	図 4-1-22	コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験の概略図		○
361	図 4-1-23	相平衡多元素移動計算コードの模式図		○
361	図 4-1-24	必要となる入力条件と解析フロー		○
366	図 4-1-25	NaCl拡散試験再現計算結果		○
369	図 4-1-26	外部析出物生成を考慮したモデル体系		○
369	図 4-1-27	外部析出物生成を考慮した解析対象の模式図		○
370	図 4-1-28	$NaHCO_3$拡散試験の外部析出層及び硬化体内部の鉱物相組成の解析結果		○
374	図 4-1-29	人工海水拡散の再現計算結果		○
375	図 4-1-30	降水A拡散の再現計算結果		○
376	図 4-1-31	実地下水FGB-2_214.75～220.52m拡散の再現計算結果		○
298	表 4-1-1	FGB-2ボーリング孔の実地下水の一覧（分析結果）		○
300	表 4-1-2	本フェーズの年度展開		○
309	表 4-1-3	模擬地下水の化学組成		○
313	表 4-1-4	簡易浸漬試験の実施水準		○
314	表 4-1-5	簡易浸漬試験の試験条件		○
319	表 4-1-6	詳細浸漬試験の試験水準		○
319	表 4-1-7	詳細浸漬試験試料の構成割合		○
320	表 4-1-8	詳細浸漬試験の試験条件		○
325	表 4-1-9	ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（吹付けコンクリート）		○
326	表 4-1-10	ペースト試料の鉱物の同定結果一覧（セグメント）		○
333	表 4-1-11	吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合		○
333	表 4-1-12	セグメントの配合		○
335	表 4-1-13	吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準		○
335	表 4-1-14	吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験条件		○
339	表 4-1-15	フロースルー試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧		○
342	表 4-1-16	セグメントの浸漬試験の試験水準		○
342	表 4-1-17	セグメントの浸漬試験条件		○
346	表 4-1-18	浸漬試験（人工海水）後のコンクリート試料の鉱物の同定結果一覧		○
349	表 4-1-19	コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準		○
349	表 4-1-20	コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験条件		○
351	表 4-1-21	コンクリートの接液面への二次鉱物生成確認(目視観察)		○
354	表 4-1-22	化学変質と力学特性推定手法の検討工程		○
358	表 4-1-23	各鉱物の反応式とその熱力学的平衡定数		○
359	表 4-1-24	解析コードに反映したM-S-Hの反応式とその熱力学的平衡定数		○
359	表 4-1-25	C-A-S-H溶解平衡モデルの反応式とその熱力学的平衡定数		○
360	表 4-1-26	細川らのC-A-S-HのNa、K収着モデル		○
364	表 4-1-27	解析コードの検証のための拡散試験条件		○
365	表 4-1-28	塩素拡散試験後の鉱物定性結果		○
373	表 4-1-29	外部析出層計算モデルを用いて比較する実験条件		○
387	図 4-2-1	沿岸部地下水（産業技術総合研究所ほか,2019）のイオン強度		○
392	図 4-2-2	沿岸部実地下水（FGB-2孔_167.70~171.78m）及び沿岸部地下水（産総研ほか,2019）の成分中の陽イオン量		○
394	図 4-2-3	試験装置		○
396	図 4-2-4	排水中のイオンの濃度の経時変化		○
396	図 4-2-5	試験後の圧縮ベントナイト供試体の層間陽イオン量		○
401	図 4-2-6	検討の流れ		○
404	図 4-2-7	解析に使用した水分特性曲線と比透水係数		○
407	図 4-2-8	排水中のイオン濃度の経時変化		○
407	図 4-2-9	試験終了時の層間陽イオンの当量分率		○
410	図 4-2-10	排水中のNa+及びK+イオンの濃度の経時変化（Ca2+の選択係数の影響）		○
411	図 4-2-11	排水中のCa2+及びMg2+イオンの濃度の経時変化（Ca2+の選択係数の影響）		○
411	図 4-2-12	試験終了時の層間陽イオンの当量分率（Ca2+イオンの選択係数の影響）		○
412	図 4-2-13	排水中のNa+及びK+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）		○
412	図 4-2-14	排水中のCa2+及びMg2+イオンの濃度の経時変化（分子拡散係数の影響）		○
416	図 4-2-15	本検討で使用する緩衝材膨潤量に係る試験装置のイメージ		○
420	図 4-2-16	イオン強度と最大膨潤率の関係（初期有効乾燥粘土密度1.6Mg/m^3）		○
421	図 4-2-17	膨潤率の経時変化（試験ⓒⒹ） (a)KCl溶液、(b)$CaCl_2$溶液、(c)$MgCl_2$溶液、(d)$CaCl_2$とNaClの混合溶液、(e)FGB-2孔167.70~171.78m		○

422	図 4-2-18	ベントナイトの層間のCa2+当量分率と最大膨潤率 (a) $CaCl_2$溶液におけるベントナイトの層間陽イオン量及び(b) 固相のCa^{2+}当量分率及びイオン強度と最大膨潤率の関係		○
387	表 4-2-1	緩衝材の安全機能（放射性物質の移行抑制）の確保に必要な緩衝材の設計要件		○
391	表 4-2-2	通水試験のスケジュール		○
391	表 4-2-3	沿岸部実地下水（FGB-2孔_167.70~171.78m）の組成		○
394	表 4-2-4	クニピアFの充填量（作製数 各ケースn=2）		○
394	表 4-2-5	試験条件		○
399	表 4-2-6	本試験において算出したK-Naのイオン交換選択係数（$LogK_{GT}$　K-Na）		○
404	表 4-2-7	飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（1/2）		○
404	表 4-2-8	飽和・不飽和浸透流解析用パラメータ設定値（2/2）		○
405	表 4-2-9	移流・分散解析用パラメータの設定値		○
405	表 4-2-10	試解析に用いたイオン交換選択係数と初期状態におけるイオン交換サイト組成		○
405	表 4-2-11	試解析に用いた初期間隙水組成		○
410	表 4-2-12	感度解析に用いたイオン交換選択係数と初期のイオン交換サイトの組成（Ca2+の選択係数の影響）		○
414	表 4-2-13	膨潤量試験の試験ケース		○
416	表 4-2-14	供試体の諸元		○
419	表 4-2-15	本検討の試験ケースにおける最大膨潤率		○
436	図 4-3-1	透水－膨潤圧試験装置の概略	○	○
438	図 4-3-2	せん断透水試験装置の概略	○	○
439	図 4-3-3	せん断透水試験装置の写真	○	○
444	図 4-3-4	せん断透水試験において透水試験を実施するせん断変位の考え方		
444	図 4-3-5	リングせん断試験の実施フローチャート	○	○
445	図 4-3-6	スリットの調整手順	○	○
445	図 4-3-7	供試体未設置時のスリット幅とトルクおよび及び透水係数の関係	○	○
448	図 4-3-8	供試体に対する通水方向の概略図	○	○
448	図 4-3-9	回転角度とせん断変位の関係	○	○
449	図 4-3-10	水平方向の見かけの透水係数に関する通水経路のイメージ	○	○
449	図 4-3-11	リングせん断試験後の供試体の分割方法のイメージ	○	○
451	図 4-3-12	イオン交換処理前後の浸出陽イオン量	○	○
454	図 4-3-13	人工海水のイオン濃度倍率と平衡膨潤圧の関係	○	○
454	図 4-3-14	人工海水のイオン濃度倍率と透水係数の関係	○	○
455	図 4-3-15	透水膨潤圧試験後の浸出陽イオンの割合(（上：海水平衡処理前、下：海水平衡処理後))	○	○
457	図 4-3-16	カオリン粘土供試体の圧縮曲線	○	○
457	図 4-3-17	カオリン粘土供試体のせん断に伴う供試体高さの変化	○	○
458	図 4-3-18	カオリン粘土供試体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
459	図 4-3-19	せん断に伴うカオリン粘土(（イオン交換水)) の透水性の変化	○	○
460	図 4-3-20	オリン粘土(（イオン交換水)) のせん断後の供試体(（側方)) の写真(（左)) および及びその拡大写真(（右))	○	○
460	図 4-3-21	せん断位置において上下に分割したカオリン供試体のせん断面の写真	○	○
463	図 4-3-22	クニゲルV1－砂混合土(（イオン交換水、人工海水1倍)) の膨潤圧	○	○
463	図 4-3-23	海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍、2倍)) の膨潤圧	○	○
464	図 4-3-24	クニボンド単体(（イオン交換水)) の膨潤圧	○	○
464	図 4-3-25	海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)) の膨潤圧	○	○
465	図 4-3-26	せん断透水試験及び透水膨潤圧試験における平衡膨潤圧の比較	○	○
468	図 4-3-27	各供試体のせん断に伴う供試体高さの変化	○	○
468	図 4-3-28	クニゲルV1－砂混合土のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
469	図 4-3-29	海水平衡クニゲルV1－砂混合土せん断に伴うせん断応力の変化	○	○
469	図 4-3-30	クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
470	図 4-3-31	海水平衡クニボンド単体のせん断に伴うせん断応力の変化	○	○
470	図 4-3-32	クニゲルV1－砂混合土の有効応力経路	○	○
471	図 4-3-33	海水平衡クニゲルV1－砂混合土の有効応力経路	○	○
471	図 4-3-34	クニボンド単体の有効応力経路	○	○
472	図 4-3-35	海水平衡クニボンド単体の有効応力経路	○	○
474	図 4-3-36	せん断に伴うクニゲルV1－砂混合土の透水性の変化	○	○
475	図 4-3-37	せん断に伴う海水平衡クニゲルV1－砂混合土の透水性の変化	○	○
476	図 4-3-38	せん断に伴うクニボンド単体の透水性の変化	○	○
477	図 4-3-39	せん断に伴う海水平衡クニボンド単体の透水性の変化	○	○
480	図 4-3-40	せん断透水試験後の供試体の含水比分布	○	○
481	図 4-3-41	せん断透水試験後のクニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
482	図 4-3-42	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
483	図 4-3-43	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍、途中透水なし)) の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○

484	図 4-3-44	せん断透水試験後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水2倍)）の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
485	図 4-3-45	せん断透水試験後の海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)）の浸出陽イオン分布(（上：浸出陽イオン量、下：浸出陽イオン量の割合))	○	○
486	図 4-3-46	せん断透水後の各供試体側方の写真	○	○
487	図 4-3-47	せん断透水後の各供試体側方の写真	○	○
488	図 4-3-48	せん断透水後に凍結乾燥した試料のせん断位置付近の写真(（クニゲル系：凍結乾燥後に分割した断面、クニボンド系：供試体側面))	○	○
489	図 4-3-49	せん断後のクニゲルV1－砂混合土(（イオン交換水)）の供試体断面のSEM観察画像（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
490	図 4-3-50	せん断後のクニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
491	図 4-3-51	せん断後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水1倍)）の供試体断面のSEM観察画像（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
492	図 4-3-52	せん断後の海水平衡クニゲルV1－砂混合土(（人工海水2倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
493	図 4-3-53	せん断後のクニボンド単体(（イオン交換水)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
494	図 4-3-54	せん断後の海水平衡クニボンド単体(（人工海水1倍)）の供試体断面の写真（電子顕微鏡倍率：100倍）	○	○
495	図 4-3-55	せん断後のクニゲルV1-砂混合土(（イオン交換水)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：40倍）	○	○
496	図 4-3-56	せん断後のクニゲルV1-砂混合土(（イオン交換水)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：80倍）（右）及び元素マッピング画像（左）	○	○
497	図 4-3-57	せん断後の海水平衡クニゲルV1-砂混合土(（人工海水2倍)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：40倍）	○	○
498	図 4-3-58	せん断後の海水平衡クニゲルV1-砂混合土(（人工海水2倍)）の薄片試料のFE-SEM観察画像（電子顕微鏡倍率：80倍）（右）及び元素マッピング画像（左）	○	○
504	図 4-3-59	緩衝材再冠水過程で生じる現象のイメージ	○	○
504	図 4-3-60	遠心力載荷試験装置を用いた模型試験による研究例		
507	図 4-3-61	超長期遠心載荷岩盤実験装置の概略図(（上)）と装置全景(（下))		○
509	図 4-3-62	試験容器の概略、および模型、及びセンサー配置		○
511	図 4-3-63	注水ポンプの概略		○
513	図 4-3-64	医療用マルチスライスヘリカルCTスキャナ		○
517	図 4-3-65	模型作製の様子		○
519	図 4-3-66	キャリブレーション試料のCT画像撮影の様子		○
522	図 4-3-67	Ca-5、Ca-6Tの試験結果	○	○
523	図 4-3-68	各試験のオーバーパックの温度測定結果	○	○
526	図 4-3-69	キャリブレーション用試料のCT画像と測線(（赤線)）のCT値	○	○
527	図 4-3-70	試料の物理密度とCT値の関係	○	○
528	図 4-3-71	Ca-5の3次元CT画像	○	○
529	図 4-3-72	Ca-5の試験後のCT値分布	○	○
530	図 4-3-73	Ca-6Tの試験後のCT値分布	○	○
532	図 4-3-74	遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布	○	○
534	図 4-3-75	遠心力模型試験後の緩衝材の飽和度分布(（令和2年度成果報告書より引用))	○	○
535	図 4-3-76	遠心力模型試験後の緩衝材の高さごとの浸出陽イオン量の割合	○	○
539	図 4-3-77	Ca型ベントナイトの緩衝材におけるオーバーパック変位挙動の比較	○	○
540	図 4-3-78	模擬廃棄体の加熱によるオーバーパック周囲の緩衝材の飽和度の違い	○	○
541	図 4-3-79	遠心力模型試験後のCT画像と測線のCT値分布(（西本ほか（(2014）)より引用、一部加筆))		
541	図 4-3-80	遠心力模型試験後の緩衝材の密度分布の比較	○	○
550	図 4-3-81	LOSTUFにおける緩衝材膨潤モデル	○	○
553	図 4-3-82	対象とした遠心模型試験の概要		
555	図 4-3-83	小型圧力容器の概略図と計測位置		○
556	図 4-3-84	軸対象解析に用いる解析メッシュ		○
557	図 4-3-85	解析上の境界条件		○
560	図 4-3-86	各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係	○	○
562	図 4-3-87	各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係	○	○
562	図 4-3-88	各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数	○	○
564	図 4-3-89	各ケースにおける初期応力分布（圧縮を正とする）	○	○
568	図 4-3-90	緩衝材に設定するヤング率の飽和度依存性	○	○
568	図 4-3-91	緩衝材に設定するポアソン比の飽和度依存性	○	○
570	図 4-3-92	追加検討を含む各緩衝材条件における有効粘土密度と透水係数の関係	○	○
570	図 4-3-93	各緩衝材条件における水分特性曲線と相対透水係数	○	○
571	図 4-3-94	追加検討を含む各緩衝材条件における膨潤ひずみと膨潤圧の関係	○	○
573	図 4-3-95	各ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
574	図 4-3-96	Case1のO/P変位の経過時変化	○	○
574	図 4-3-97	Case1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
574	図 4-3-98	Case1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○

574	図 4-3-99	Case1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
575	図 4-3-100	Case1の飽和度分布の経過時変化	○	○
575	図 4-3-101	Case1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
576	図 4-3-102	Case1の含水比分布の経過時変化	○	○
578	図 4-3-103	Case2のO/P変位の経過時変化	○	○
578	図 4-3-104	Case2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
578	図 4-3-105	Case2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
578	図 4-3-106	Case2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
579	図 4-3-107	Case2の飽和度分布の経過時変化	○	○
579	図 4-3-108	Case2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
580	図 4-3-109	Case2の含水比分布の経過時変化	○	○
582	図 4-3-110	Case3のO/P変位の経過時変化	○	○
582	図 4-3-111	Case3の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
582	図 4-3-112	Case3の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
582	図 4-3-113	Case3の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
583	図 4-3-114	Case3の飽和度分布の経過時変化	○	○
583	図 4-3-115	Case3の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
584	図 4-3-116	Case3の含水比分布の経過時変化	○	○
586	図 4-3-117	Case4のO/P変位の経過時変化	○	○
586	図 4-3-118	Case4の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
586	図 4-3-119	Case4の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
586	図 4-3-120	Case4の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
587	図 4-3-121	Case4の飽和度分布の経過時変化	○	○
587	図 4-3-122	Case4の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
588	図 4-3-123	Case4の含水比分布の経過時変化	○	○
590	図 4-3-124	Case5のO/P変位の経過時変化	○	○
590	図 4-3-125	Case5の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
590	図 4-3-126	Case5の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
590	図 4-3-127	Case5の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
591	図 4-3-128	Case5の飽和度分布の経過時変化	○	○
591	図 4-3-129	Case5の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
592	図 4-3-130	Case5の含水比分布の経過時変化	○	○
594	図 4-3-131	Case6のO/P変位の経過時変化	○	○
594	図 4-3-132	Case6の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
594	図 4-3-133	Case6の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
594	図 4-3-134	Case6の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
595	図 4-3-135	Case6の飽和度分布の経過時変化	○	○
595	図 4-3-136	Case6の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
596	図 4-3-137	Case6の含水比分布の経過時変化	○	○
599	図 4-3-138	オーバーパック変位量の経時変化	○	○
600	図 4-3-139	実験終了後の緩衝材の飽和度	○	○
602	図 4-3-140	Case1と2の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
603	図 4-3-141	Case6の追加検討ケースの最終変位分布（等倍変形図）	○	○
604	図 4-3-142	Case1-1のO/P変位の経過時変化	○	○
604	図 4-3-143	Case1-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
604	図 4-3-144	Case1-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
604	図 4-3-145	Case1-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
605	図 4-3-146	Case1-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
605	図 4-3-147	Case1-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
606	図 4-3-148	Case1-1の含水比分布の経過時変化	○	○
608	図 4-3-149	Case1-2のO/P変位の経過時変化	○	○
608	図 4-3-150	Case1-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
608	図 4-3-151	Case1-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
608	図 4-3-152	Case1-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
609	図 4-3-153	Case1-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
610	図 4-3-154	Case1-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
610	図 4-3-155	Case1-2の含水比分布の経過時変化	○	○
612	図 4-3-156	Case2-1のO/P変位の経過時変化	○	○
612	図 4-3-157	Case2-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
612	図 4-3-158	Case2-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
612	図 4-3-159	Case2-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
613	図 4-3-160	Case2-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
613	図 4-3-161	Case2-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
614	図 4-3-162	Case2-1の含水比分布の経過時変化	○	○
616	図 4-3-163	Case2-2のO/P変位の経過時変化	○	○
616	図 4-3-164	Case2-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○

616	図 4-3-165	Case2-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
616	図 4-3-166	Case2-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
617	図 4-3-167	Case2-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
617	図 4-3-168	Case2-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
618	図 4-3-169	Case2-2の含水比分布の経過時変化	○	○
620	図 4-3-170	Case6-1のO/P変位の経過時変化	○	○
620	図 4-3-171	Case6-1の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
620	図 4-3-172	Case6-1の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
620	図 4-3-173	Case6-1の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
621	図 4-3-174	Case6-1の飽和度分布の経過時変化	○	○
622	図 4-3-175	Case6-1の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
622	図 4-3-176	Case6-1の含水比分布の経過時変化	○	○
624	図 4-3-177	Case6-2のO/P変位の経過時変化	○	○
624	図 4-3-178	Case6-2の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
624	図 4-3-179	Case6-2の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
624	図 4-3-180	Case6-2の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
625	図 4-3-181	Case6-2の飽和度分布の経過時変化	○	○
625	図 4-3-182	Case6-2の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
626	図 4-3-183	Case6-2の含水比分布の経過時変化	○	○
628	図 4-3-184	Case6-3のO/P変位の経過時変化	○	○
628	図 4-3-185	Case6-3の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
628	図 4-3-186	Case6-3の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
628	図 4-3-187	Case6-3の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
629	図 4-3-188	Case6-3の飽和度分布の経過時変化	○	○
629	図 4-3-189	Case6-3の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
630	図 4-3-190	Case6-3の含水比分布の経過時変化	○	○
632	図 4-3-191	Case6-4のO/P変位の経過時変化	○	○
632	図 4-3-192	Case6-4の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
632	図 4-3-193	Case6-4の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
632	図 4-3-194	Case6-4の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
633	図 4-3-195	Case6-4の飽和度分布の経過時変化	○	○
633	図 4-3-196	Case6-4の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
634	図 4-3-197	Case6-4の含水比分布の経過時変化	○	○
636	図 4-3-198	Case6-5のO/P変位の経過時変化	○	○
636	図 4-3-199	Case6-5の各位置の緩衝材土圧（水平方向）の経過時変化	○	○
636	図 4-3-200	Case6-5の各位置の緩衝材土圧（鉛直方向）の経過時変化	○	○
636	図 4-3-201	Case6-5の各位置の飽和度の経過時変化	○	○
637	図 4-3-202	Case6-5の飽和度分布の経過時変化	○	○
637	図 4-3-203	Case6-5の乾燥密度分布の経過時変化	○	○
638	図 4-3-204	Case6-5の含水比分布の経過時変化	○	○
641	図 4-3-205	O/P変位の経時変化の基本ケース間の比較	○	○
641	図 4-3-206	緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の基本ケース間の比較	○	○
643	図 4-3-207	Case1と追加ケースのO/P変位の経時変化の比較	○	○
643	図 4-3-208	Case1と追加ケースの緩衝材最下部位置における飽和度の経時変化の比較	○	○
645	図 4-3-209	Case6と追加ケースのO/P変位の経時変化の比較	○	○
645	図 4-3-210	Case6と追加ケースの緩衝材最上部位置における飽和度の経時変化の比較	○	○
428	表 4-3-1	本研究に関わる全体の試験計画		
431	表 4-3-2	人工海水（マリンアートSF-1）の成分表		
434	表 4-3-3	要素試験における供試体条件		
436	表 4-3-4	令和3年度までの要素試験における実施状況の一覧		
441	表 4-3-5	せん断透水試験の試験条件		
451	表 4-3-6	本研究で使用したベントナイトの基礎物性		
453	表 4-3-7	透水膨潤圧試験において使用した人工海水の成分およびpH	○	○
461	表 4-3-8	せん断透水試験の各ベントナイト供試体の初期乾燥密度	○	○
515	表 4-3-9	遠心力模型試験で用いた緩衝材の材料と条件	○	○
526	表 4-3-10	キャリブレーション用試料の物理密度と平均値、標準偏差	○	○
533	表 4-3-11	令和2年度の試料および試験条件(令和2年度成果報告書より引用)		
554	表 4-3-12	解析の対象とする実験ケース		
559	表 4-3-13	対象とする緩衝材の諸条件一覧	○	○
559	表 4-3-14	基本的なケース検討で使用する力学特性の一覧	○	○
560	表 4-3-15	オーバーパック模型に設定した力学特性	○	○
561	表 4-3-16	基本的なケース検討で使用する水理特性の一覧	○	○
562	表 4-3-17	各緩衝材条件における初期飽和度の一覧	○	○
566	表 4-3-18	Case 1に対する追加検討ケース一覧	○	○
566	表 4-3-19	Case 2に対する追加検討ケース一覧	○	○
566	表 4-3-20	Case 6に対する追加検討ケース一覧	○	○

令和３年度

高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発

（沿岸部処分システム評価確証技術開発）

成果報告書　分冊

APPENDIX

SDM

20

GIS

3 CM

GIS 1 -1 GIS

GIS

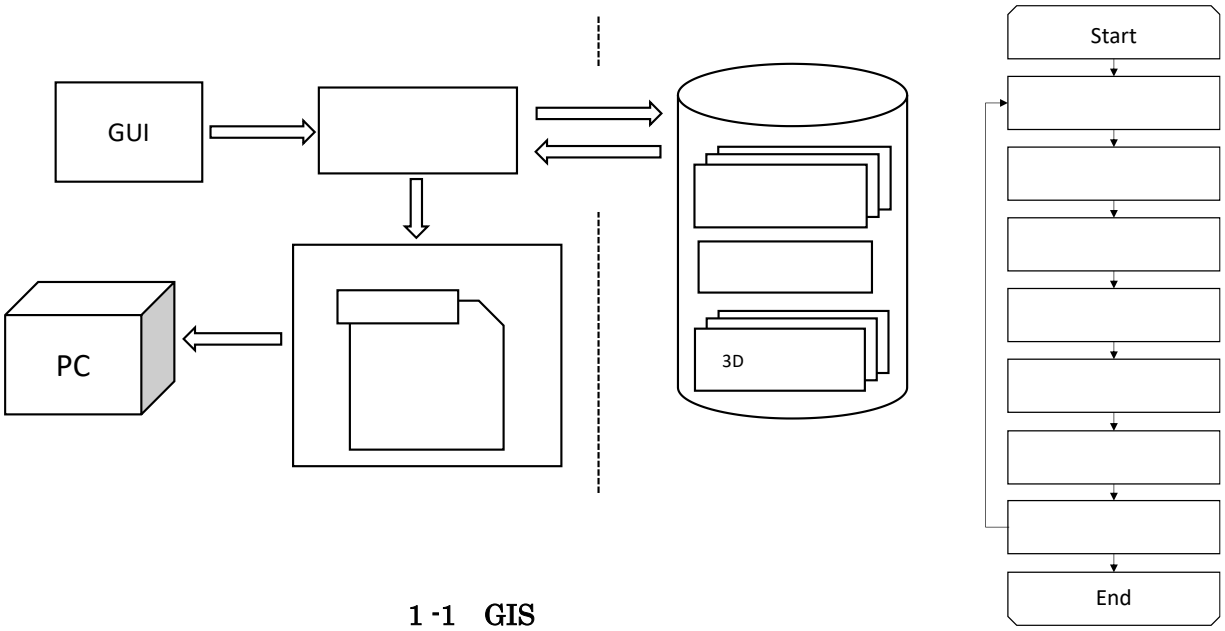
PC

GUI Graphical User Interface 1 -2

55 64

1 -1

1 -2 1 -3



1-1 GIS

1 -1

			Statistical Model	Expert Model
		1		
			( )	( )
		1	-	
	( )			
	( )			
	( )			
	( )			
	( )			
			5km	

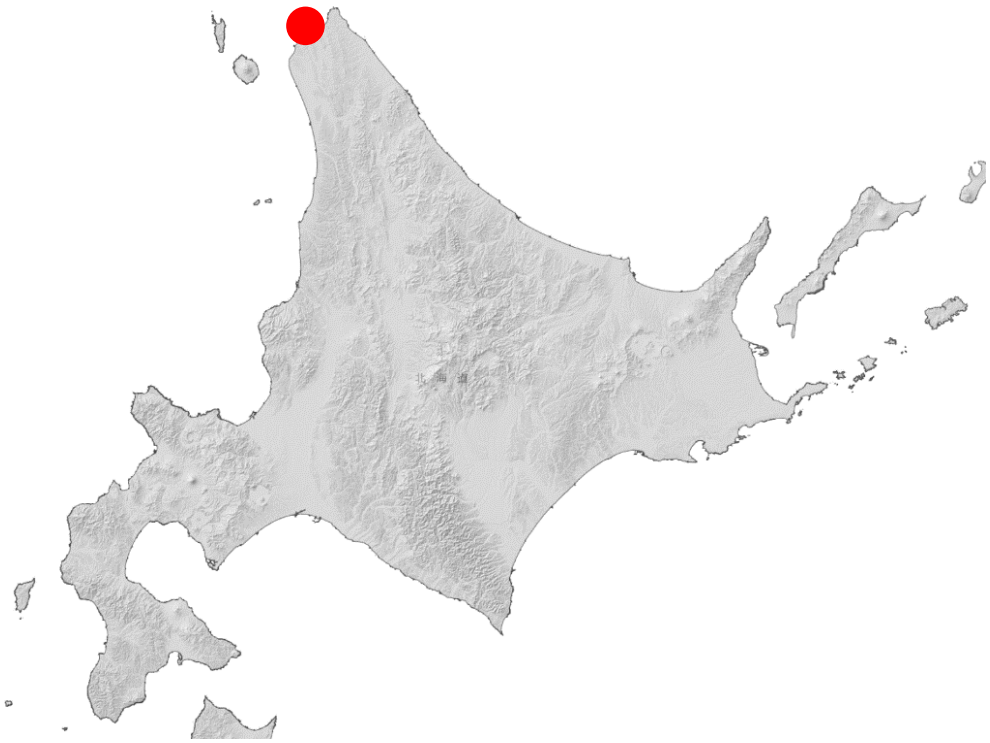
	AI		
	1		

1 -3 2

ID.1 稚内

モデル化位置

1-2



1-2 ID1 ( )

地域概要

10~70m

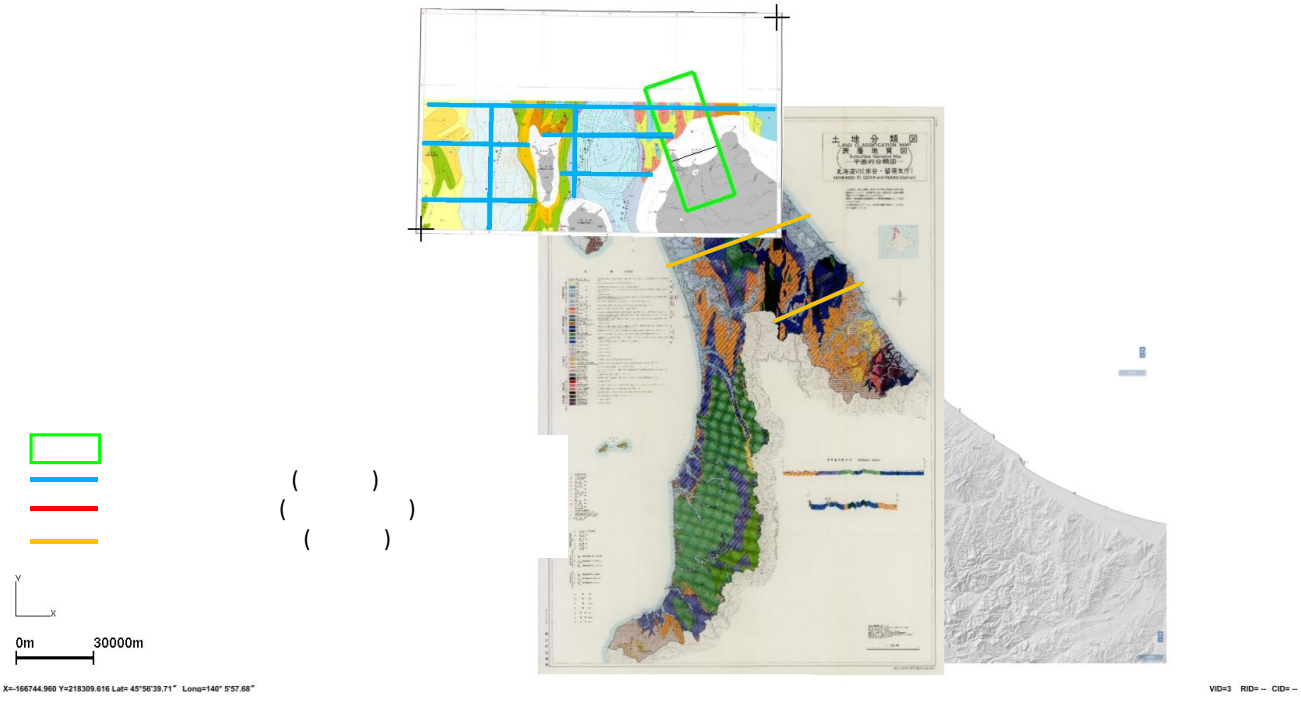
1m

引用データ

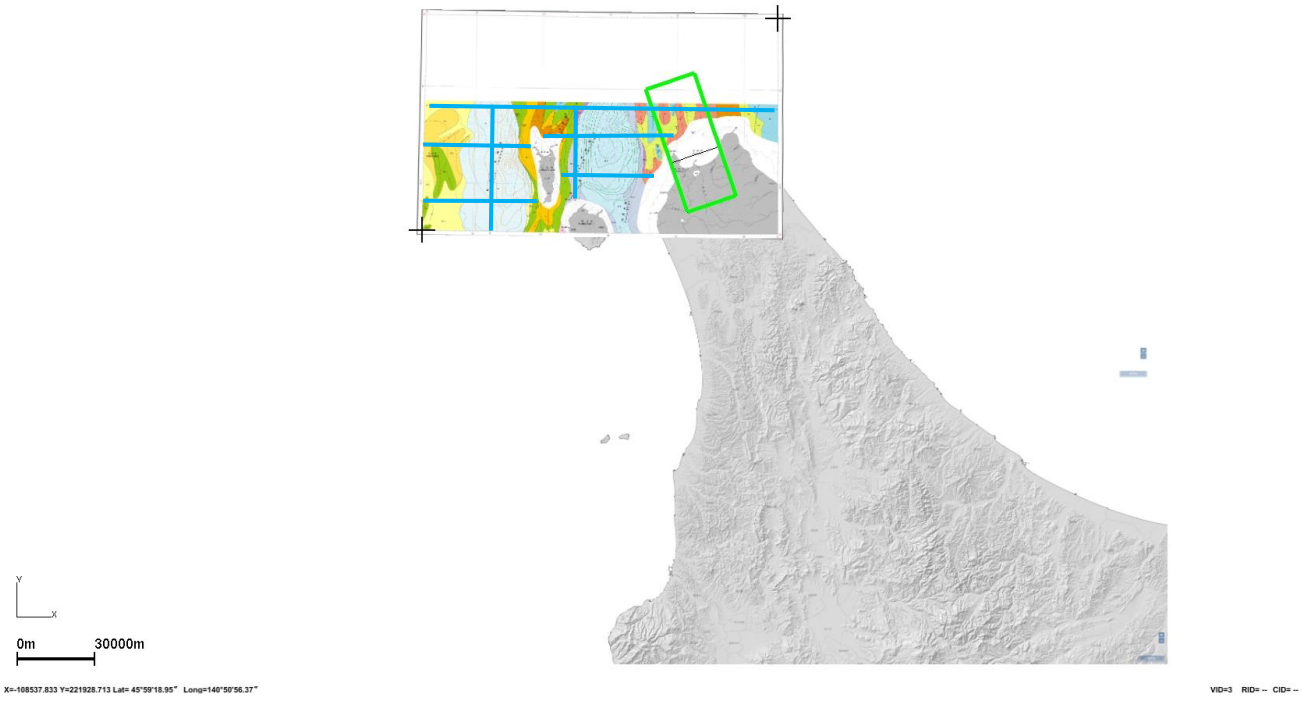
1 -1 1 -3

1 -6 1 -7

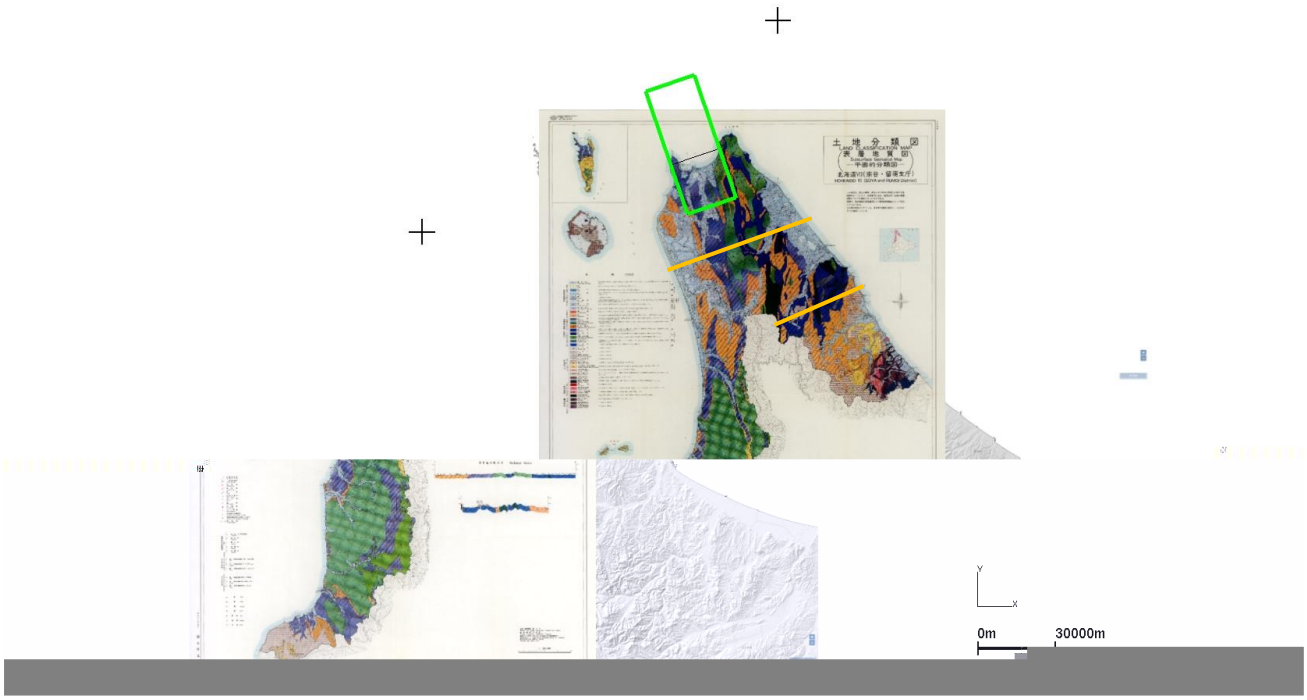
1 -4 ID1.



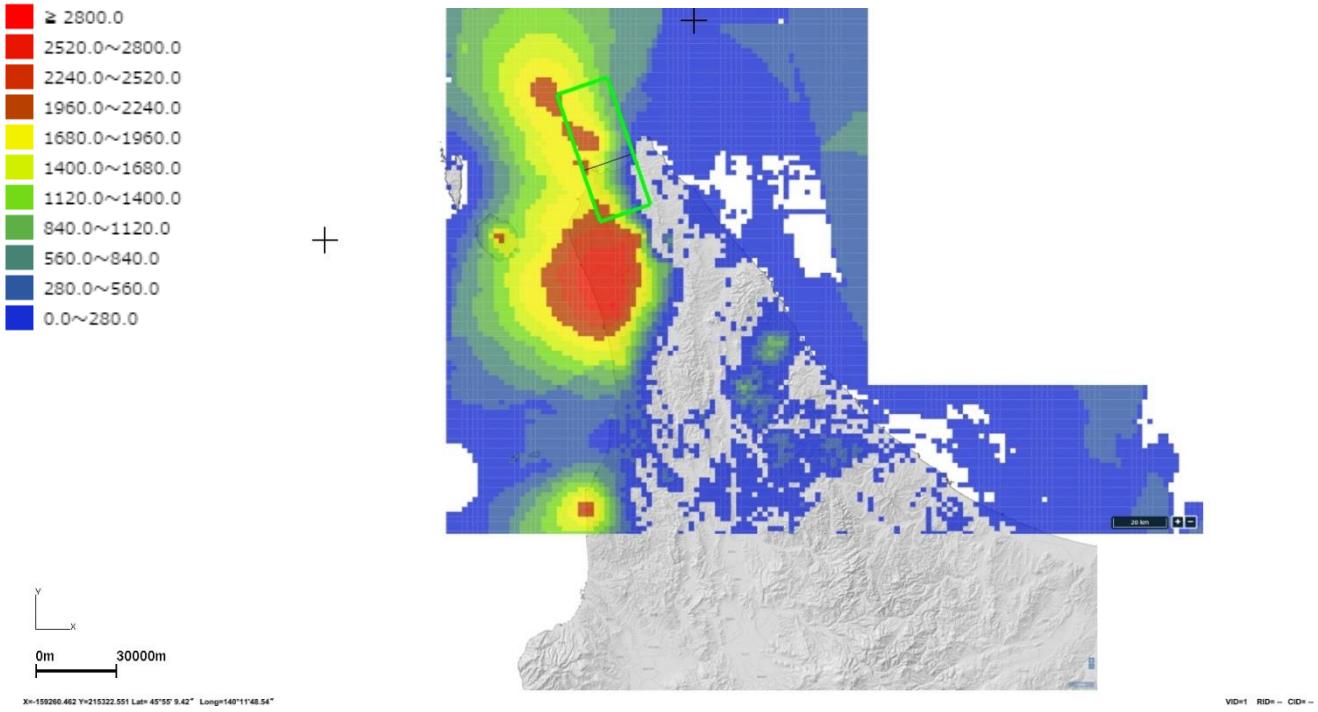
1 -3 ID1.


0m
30000m
X=-108537.833 Y=221928.713 Lat= 45°59'18.95" Long=140°50'56.37"
VID=3 RID=-- CID=--

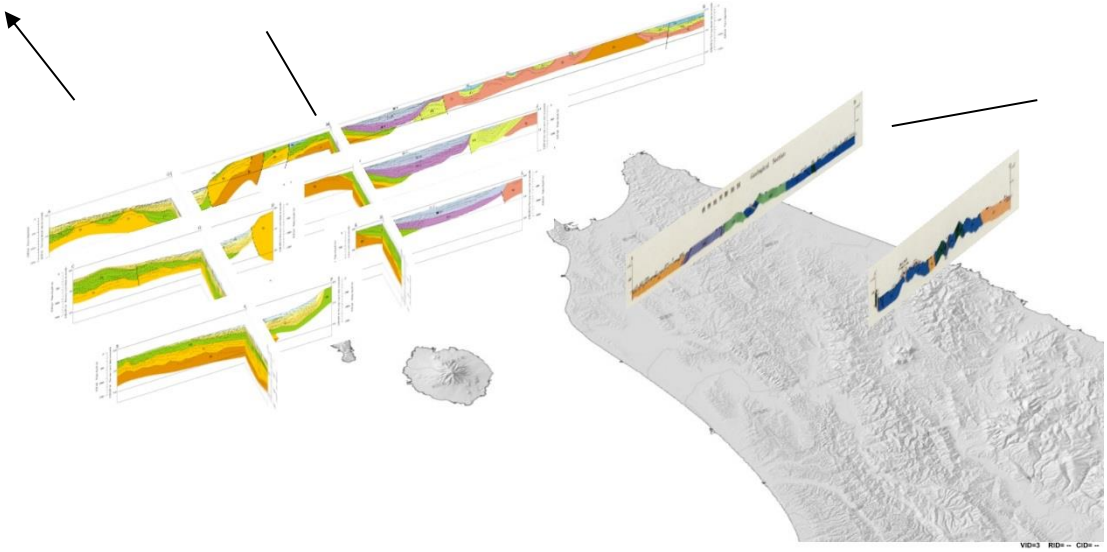
1 -4 ID1. ( )


0m
30000m

1 -5 ID1. ( )


≧ 2800.0
2520.0～2800.0
2240.0～2520.0
1960.0～2240.0
1680.0～1960.0
1400.0～1680.0
1120.0～1400.0
840.0～1120.0
560.0～840.0
280.0～560.0
0.0～280.0
0m
30000m

1 -6 ID1. ( )



1 -7 ID1.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -8　　3　　1 -9

1 -13　　1 -5

1 -11

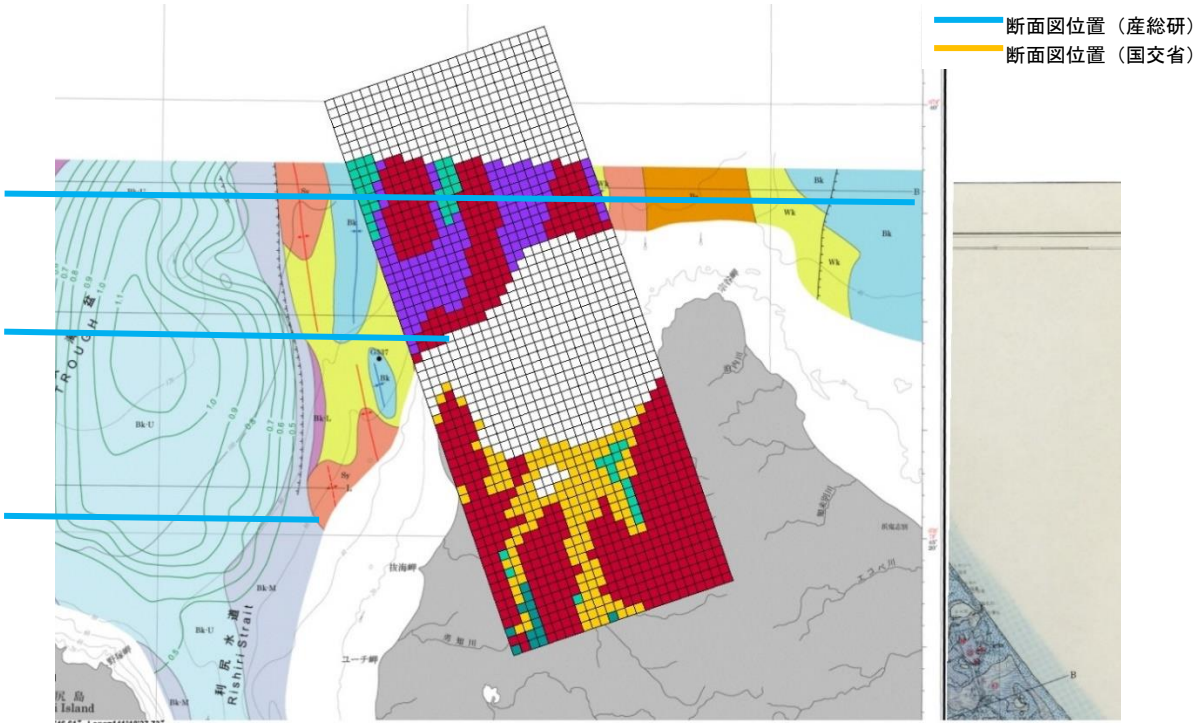
1 -5　ID1.　　AI

1-9 1-8 AI

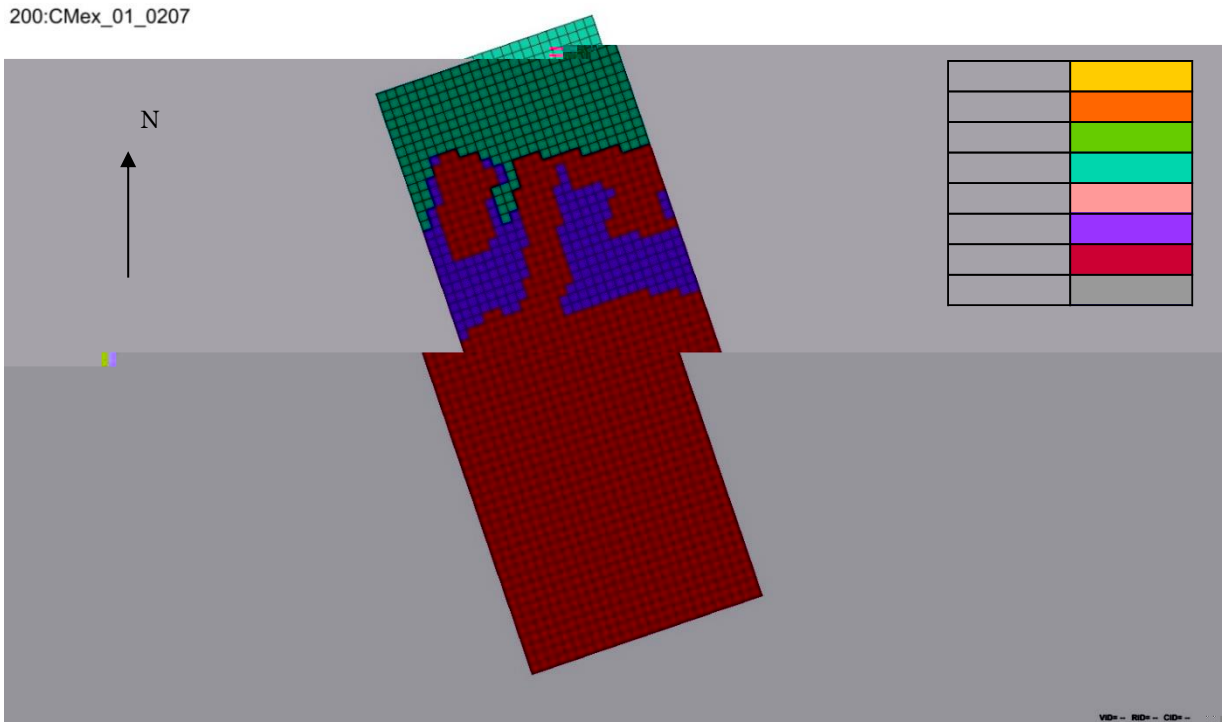
ID

1-10 1-11 Sy,Bs

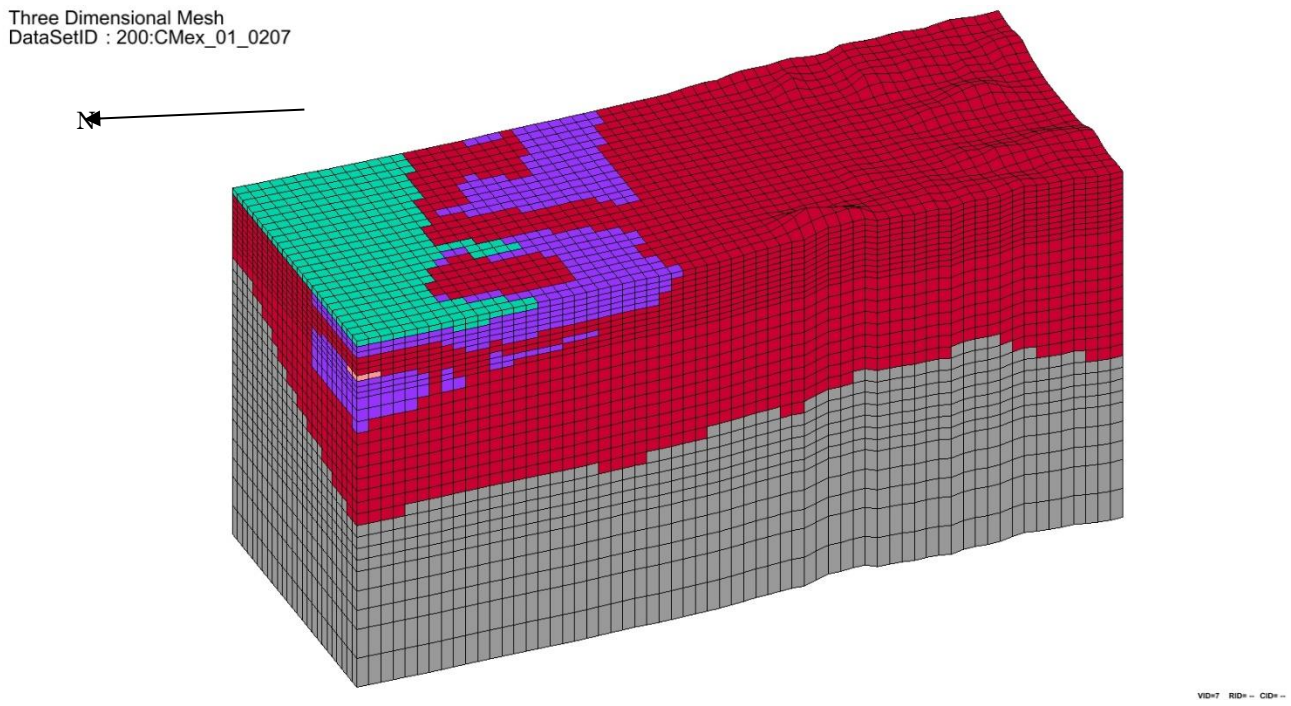
N2 1-12 1-13



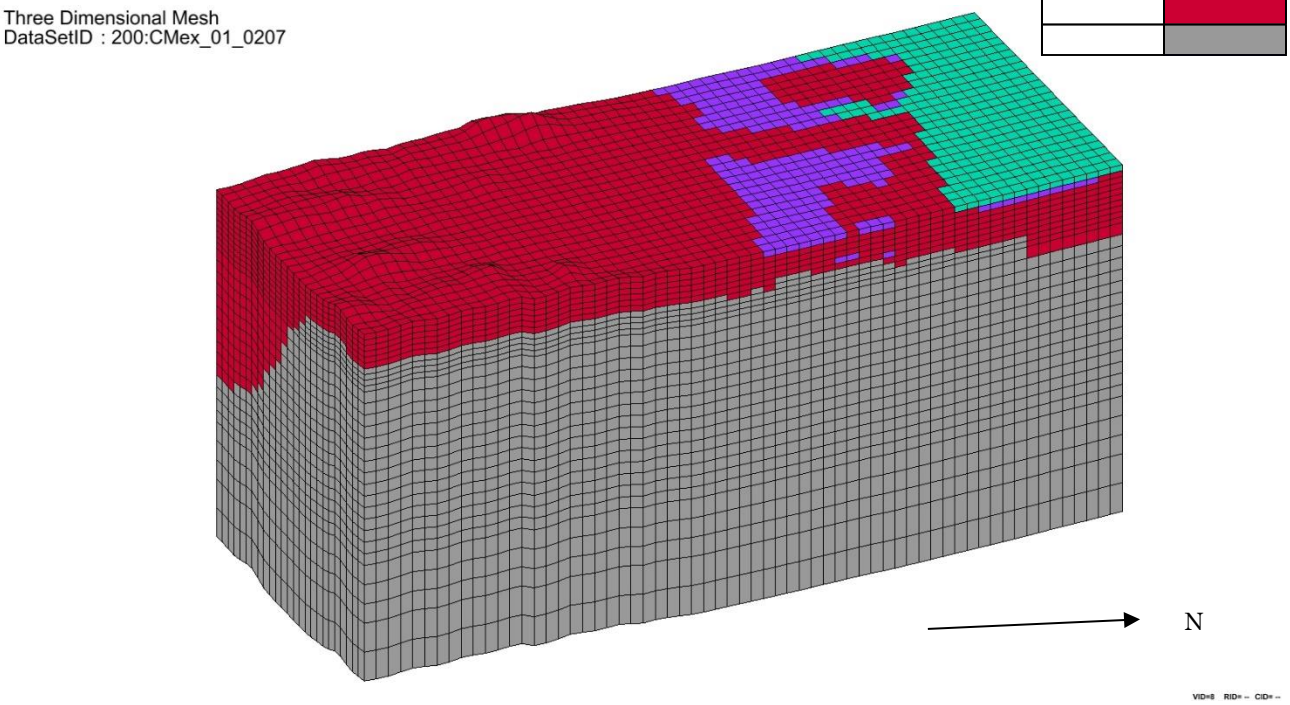
1 -8　ID1.



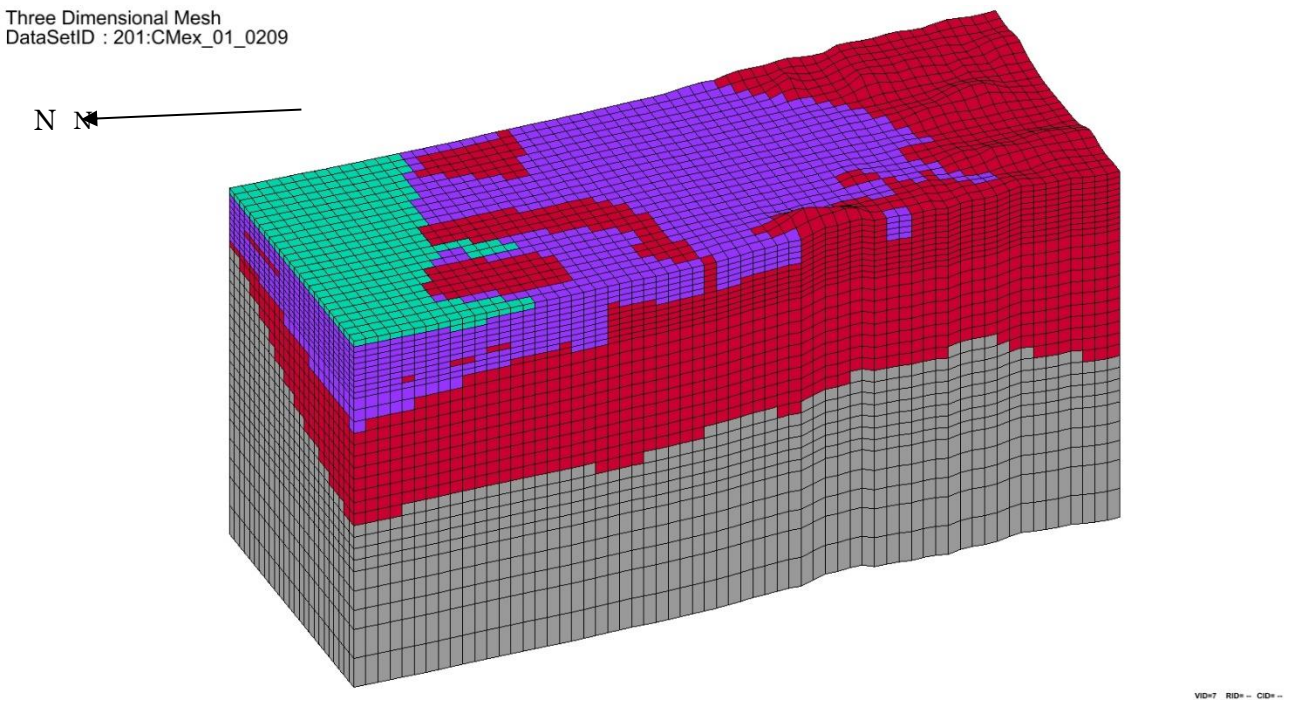
1 -9　ID1.　　AI



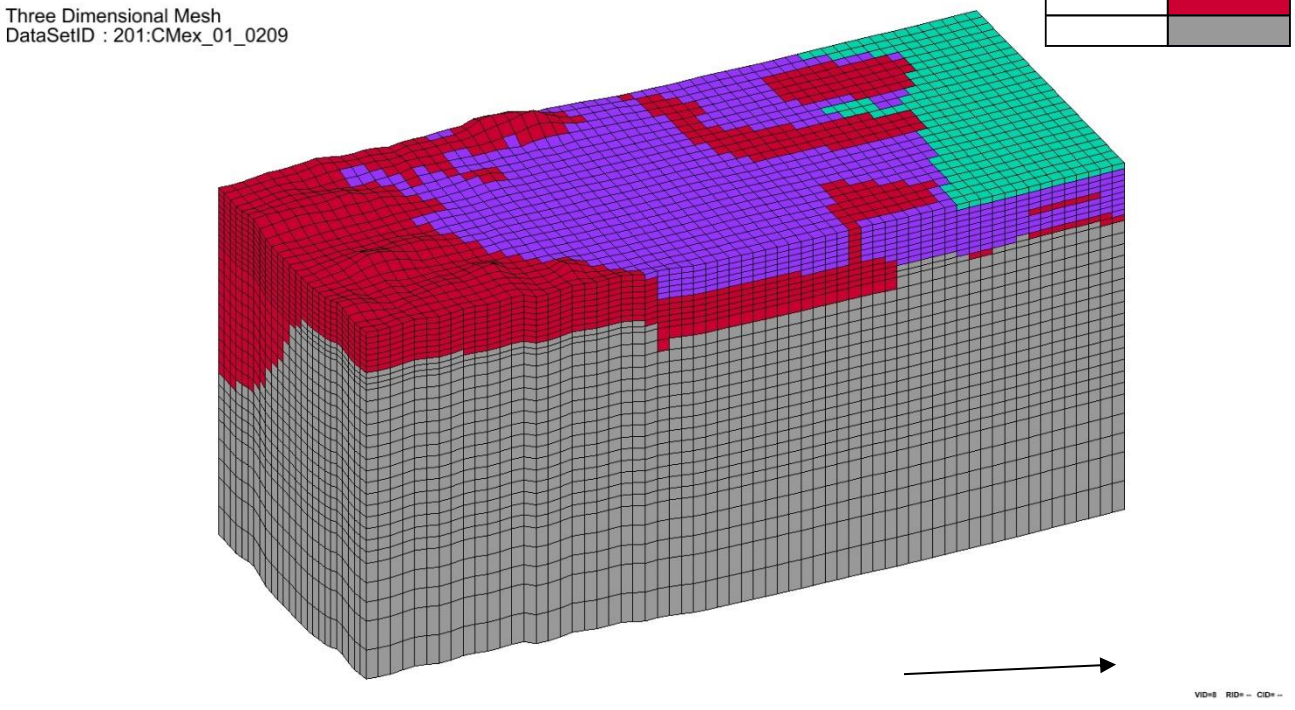
1 -10 ID1. AI 3 (1)



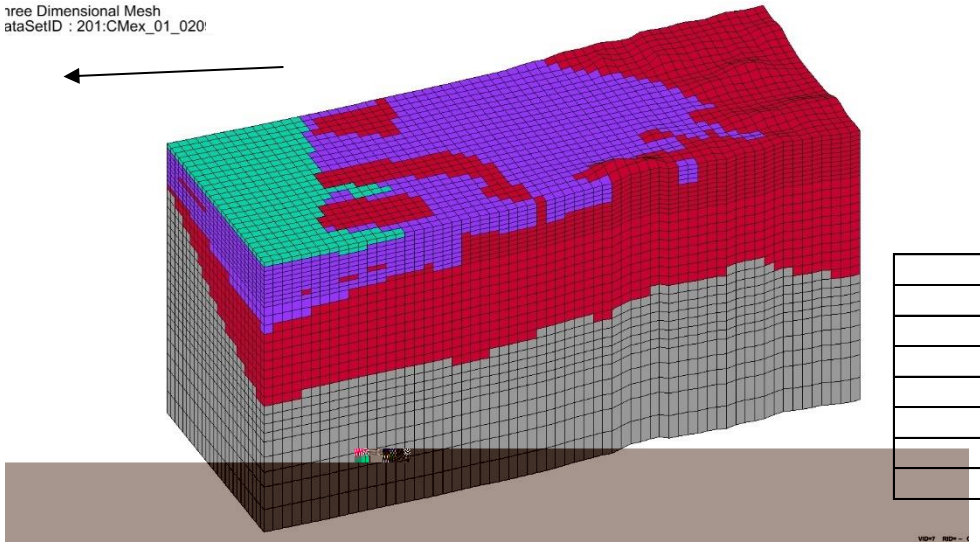
1 -11 ID1. AI 3 (2)

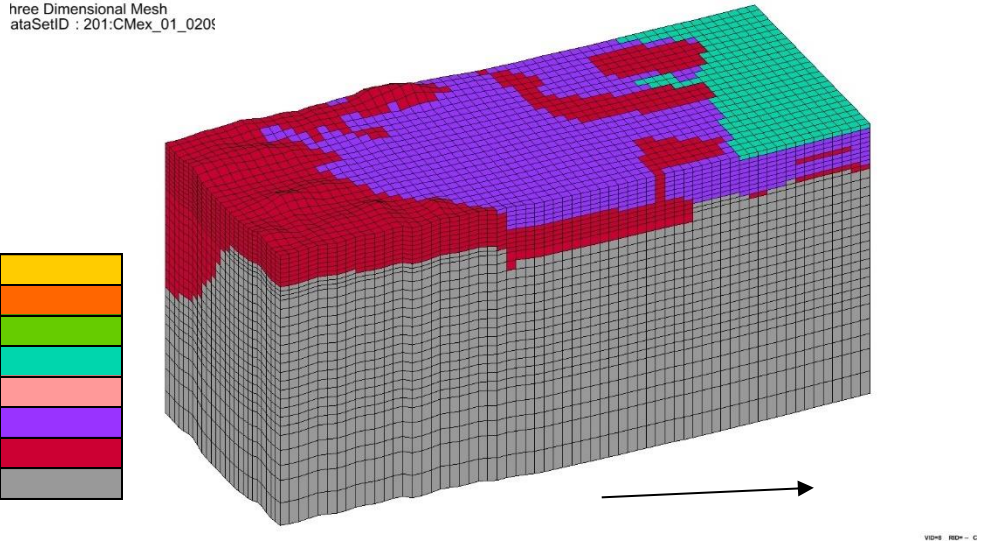


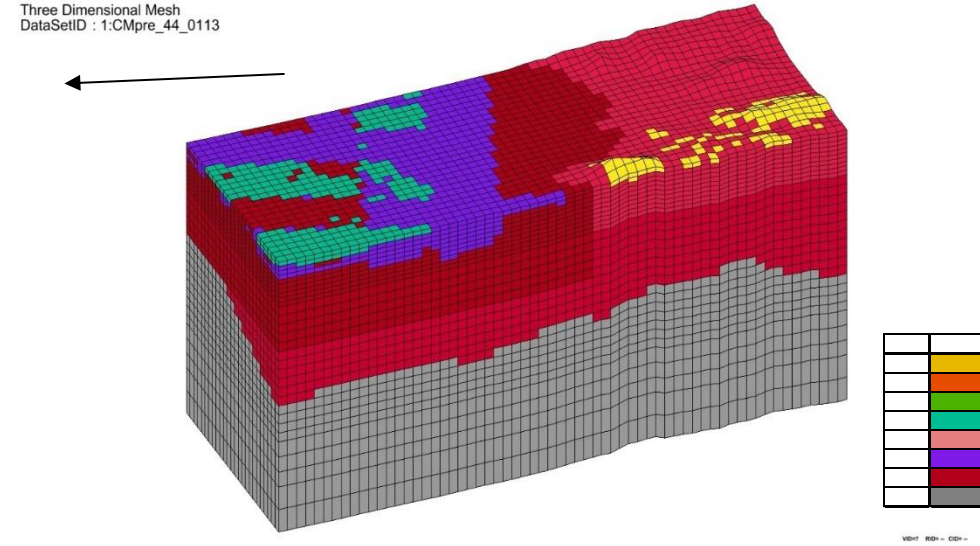
1 -12 ID1. AI 3 (1)

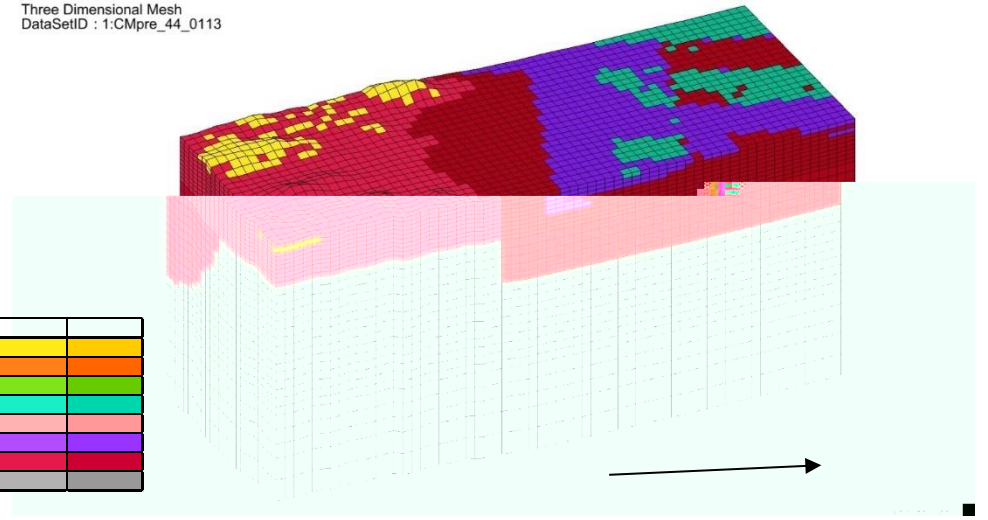


1 -13 ID1. AI 3 (2)


ree Dimensional Mesh
ataSetID : 201:CMex_01_020


hree Dimensional Mesh
ataSetID : 201:CMex_01_020


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_44_0113

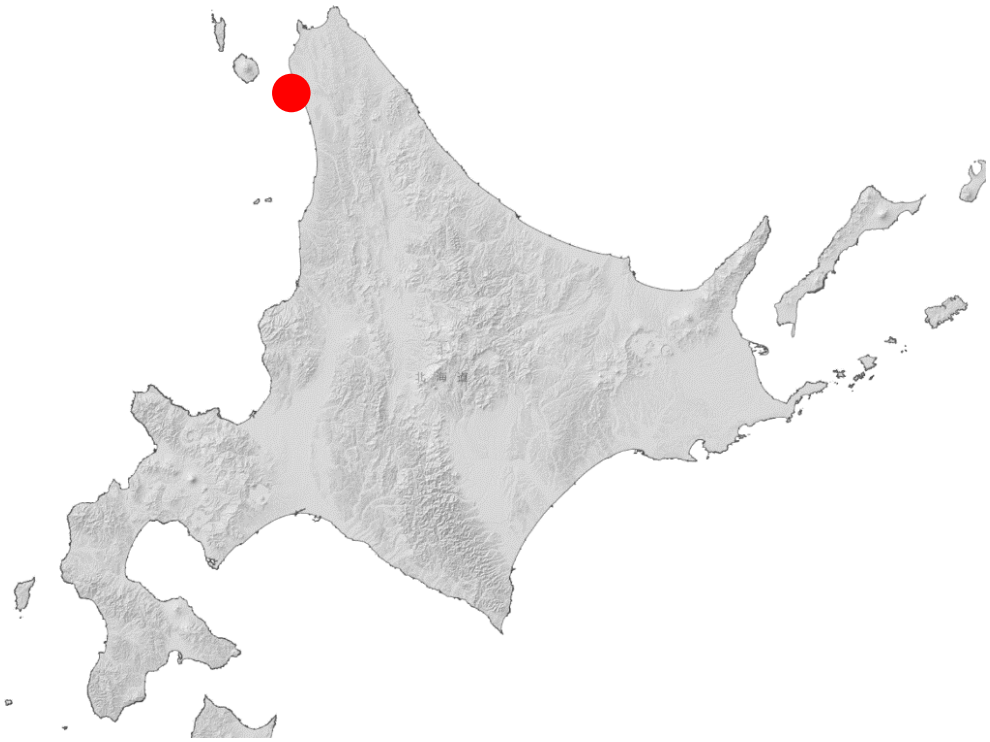

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_44_0113

1 -14 ID1. 3

ID.2 幌延

モデル化位置

1 -15



1 -15 ID2. ( )

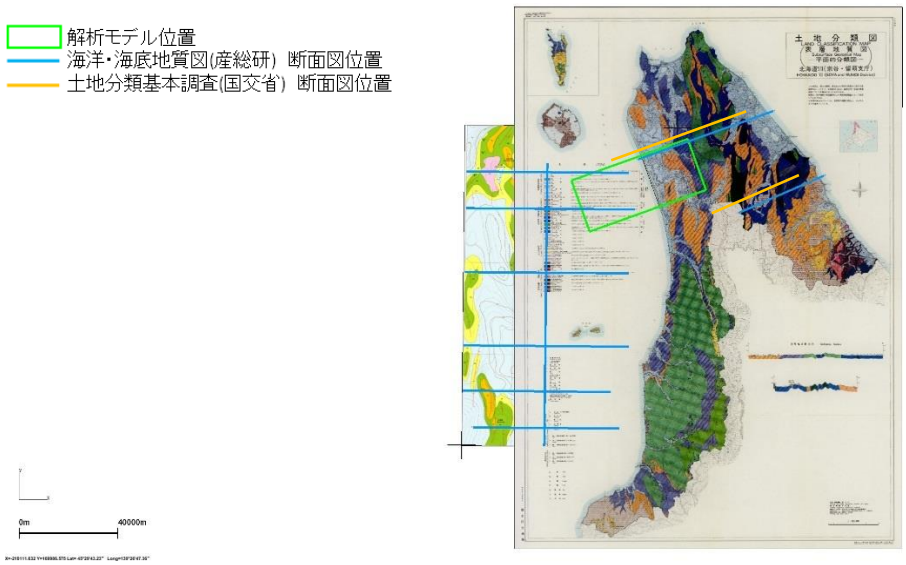
地域概要

引用データ

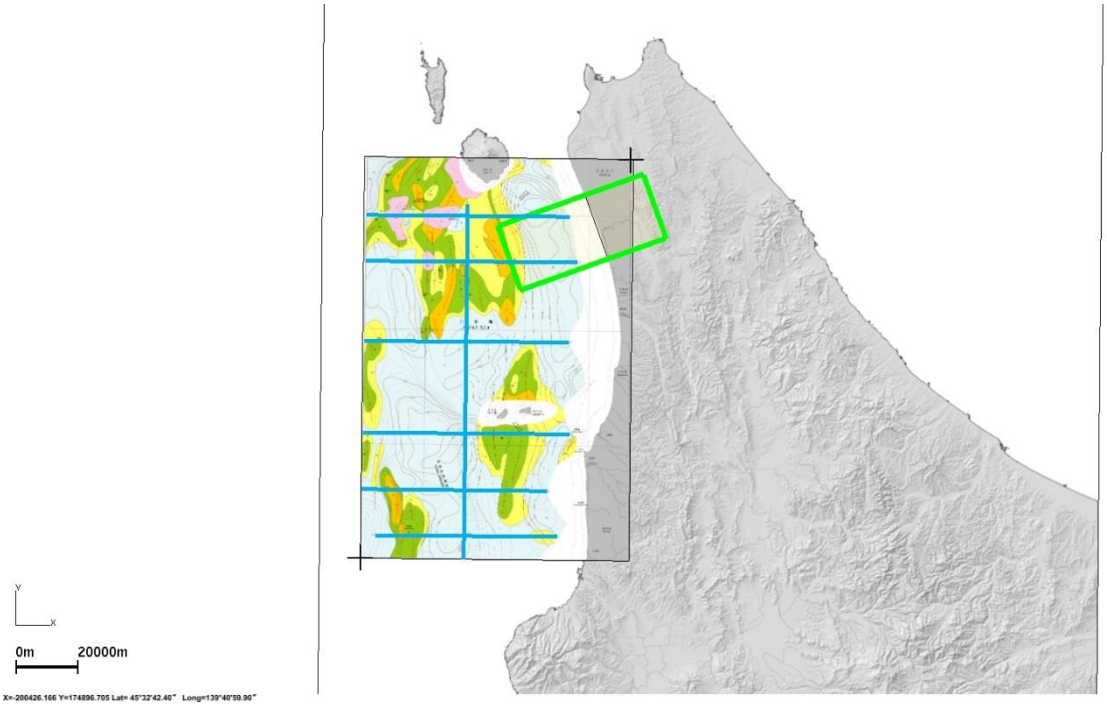
1 -6　　1 -16

1 -19　　1 -20

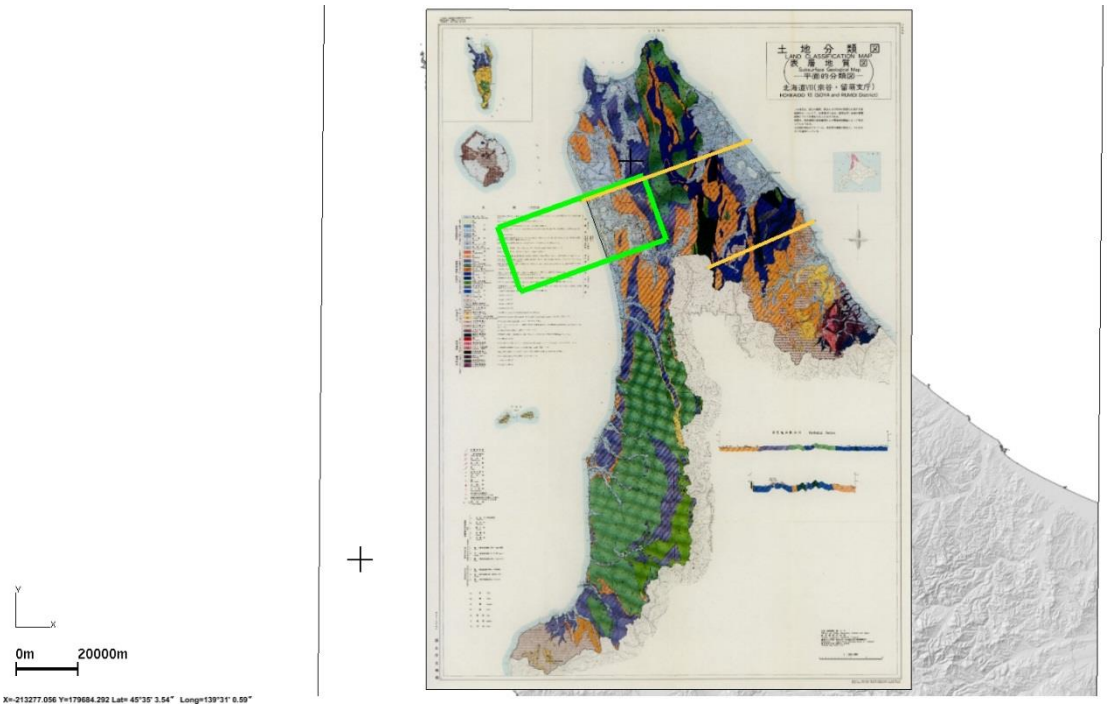
1 -6　ID2.



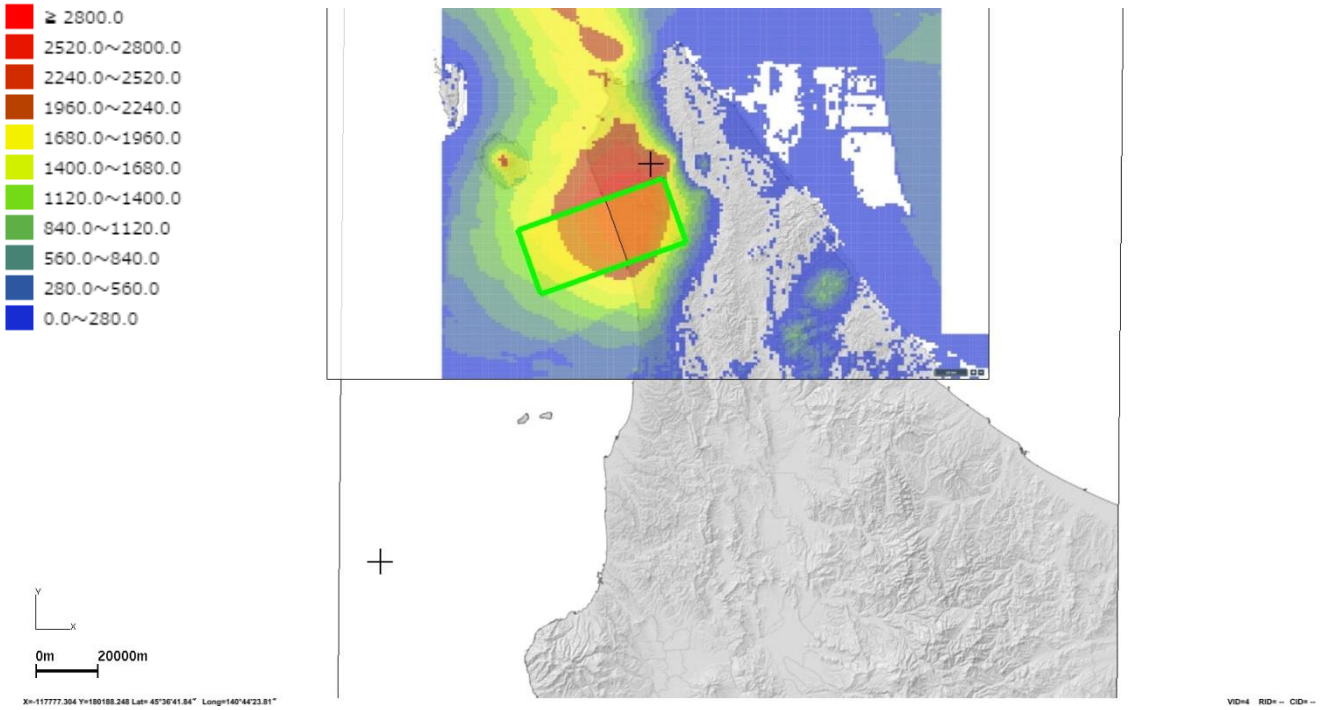
1 -16　ID2.



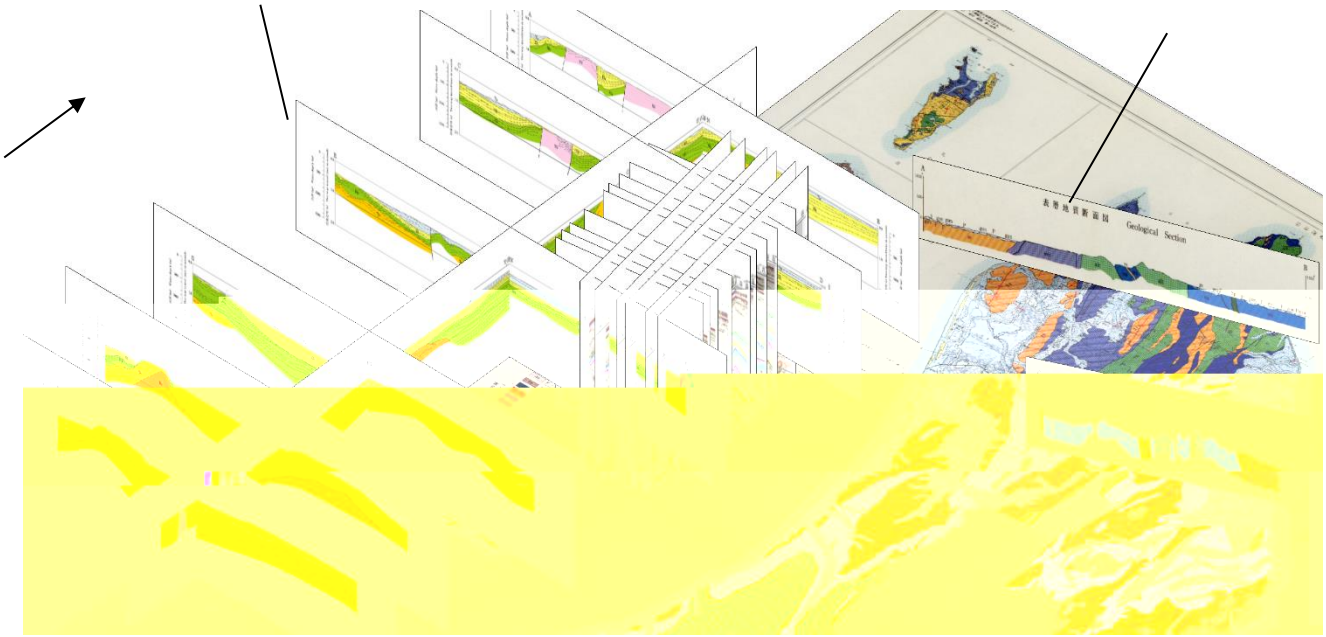
1 -17 ID2. ( )



1 -18 ID2. ( )



1 -19 ID2. ( )



1 -20 ID2.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

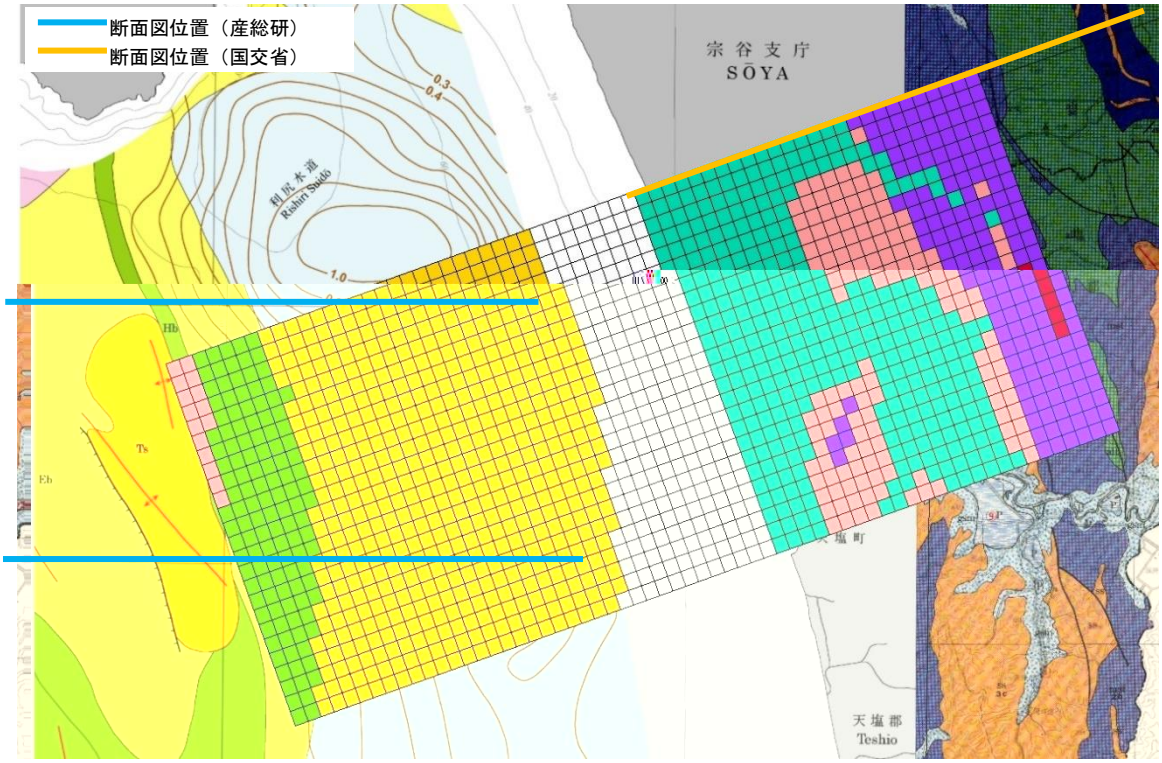
AI 学習・予測

AI 1 -21 3 1 -22

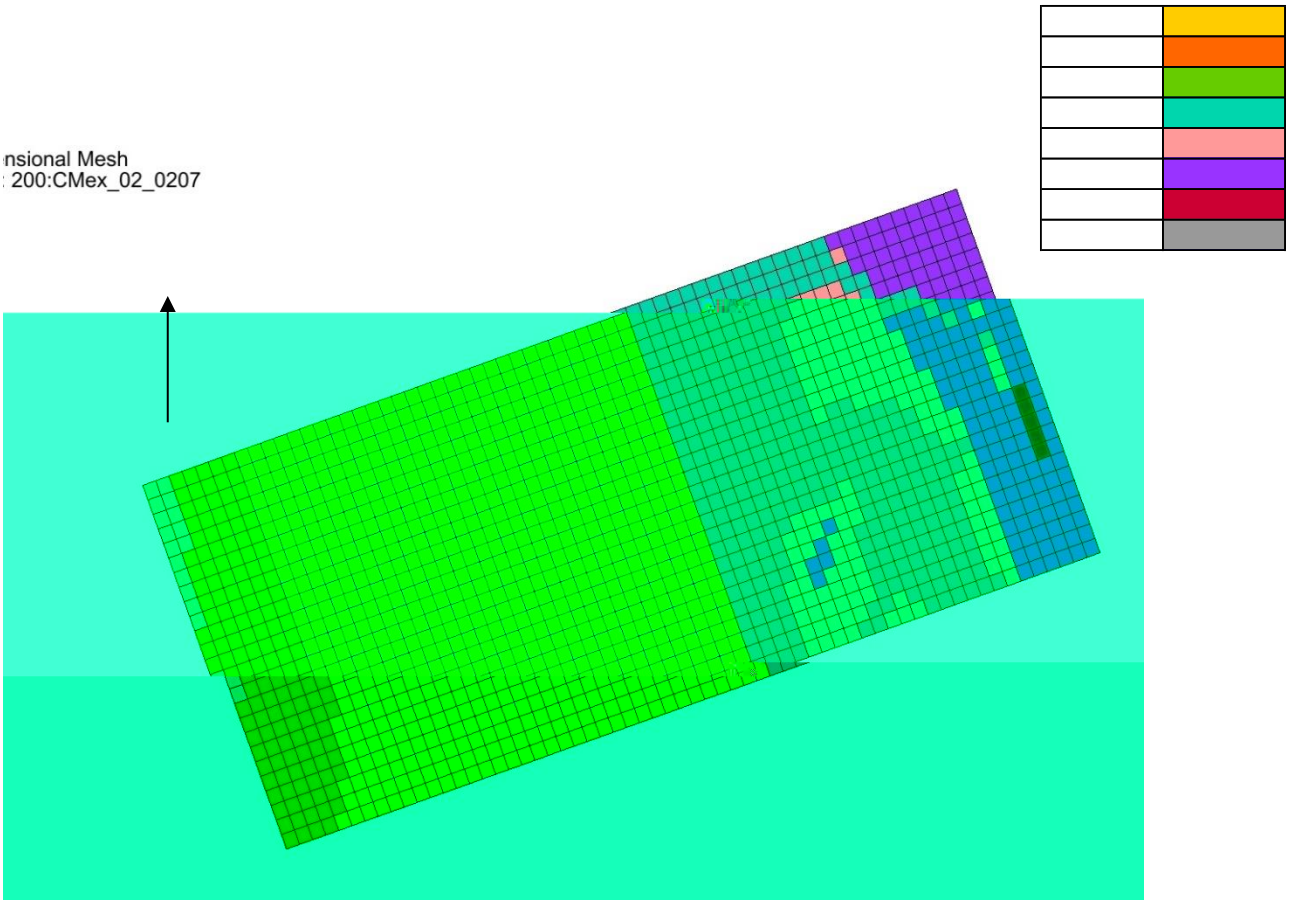
1 -21 1 -7

1 -25

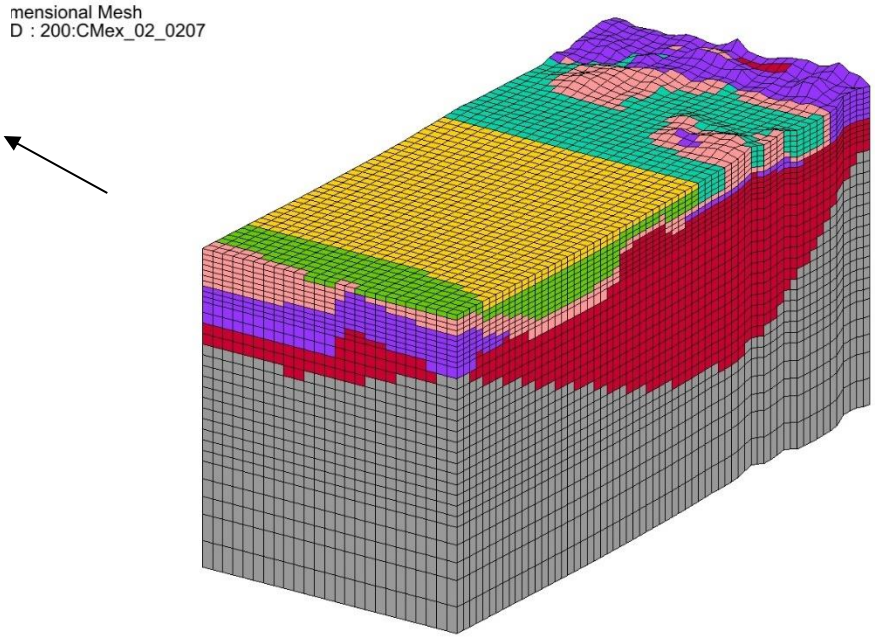
1 -7 ID2. AI



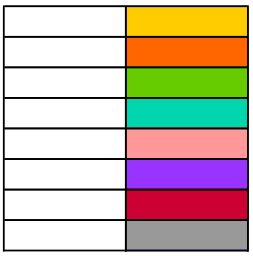
1 -21　ID2

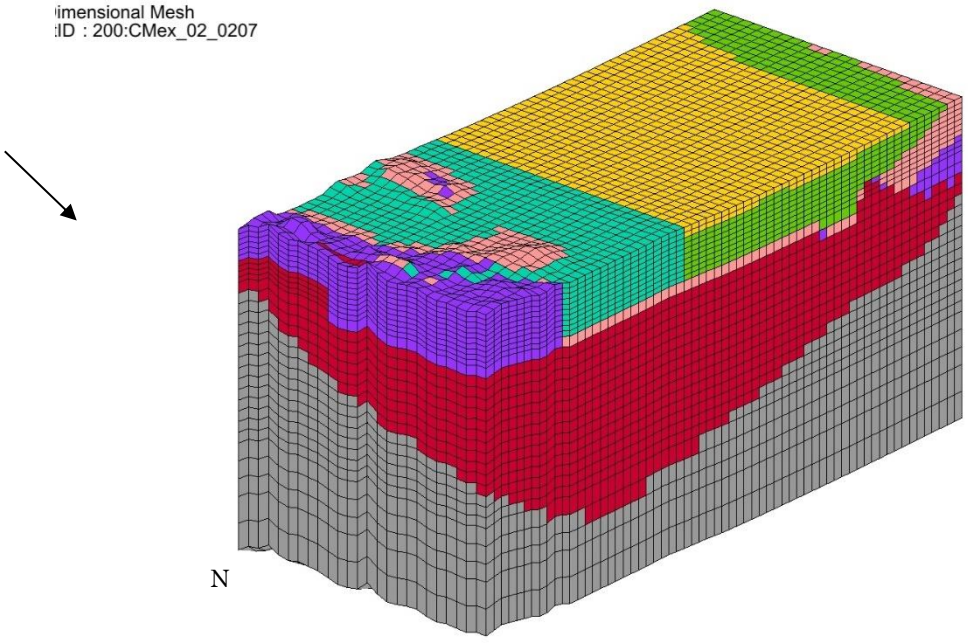


1 -22　ID2　　AI

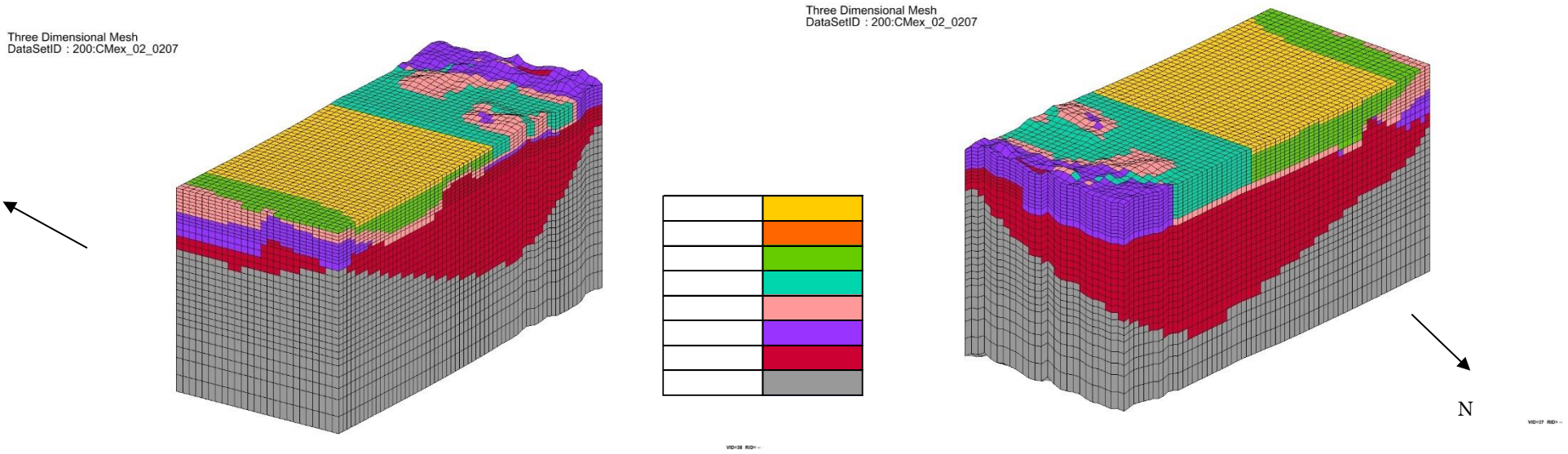


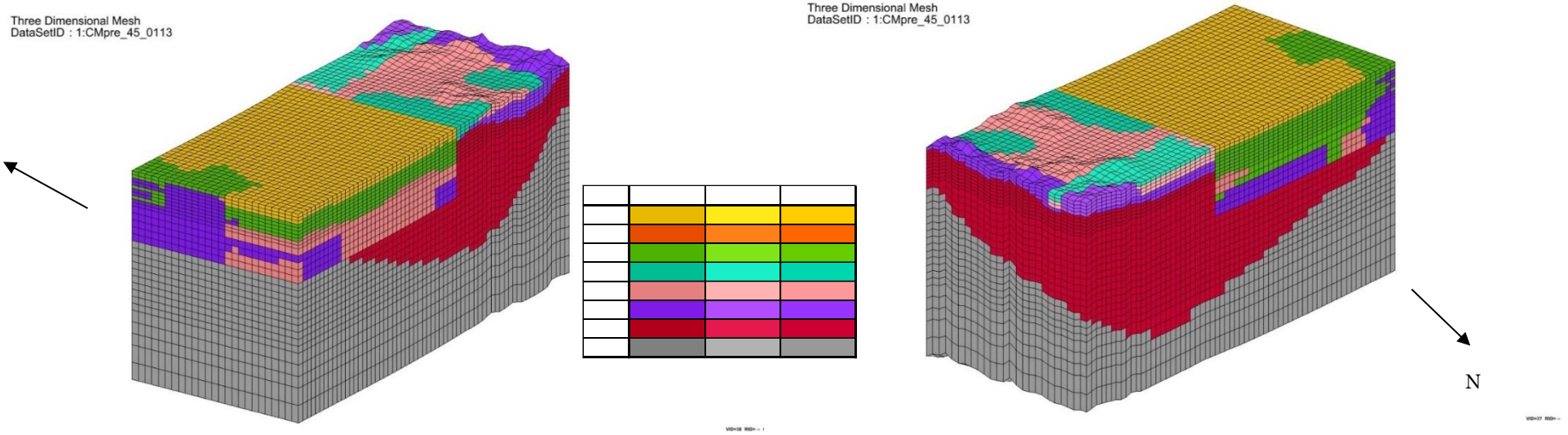
1 -23 ID2. AI 3 (1)





1 -24 ID2. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_02_0207
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_02_0207
N

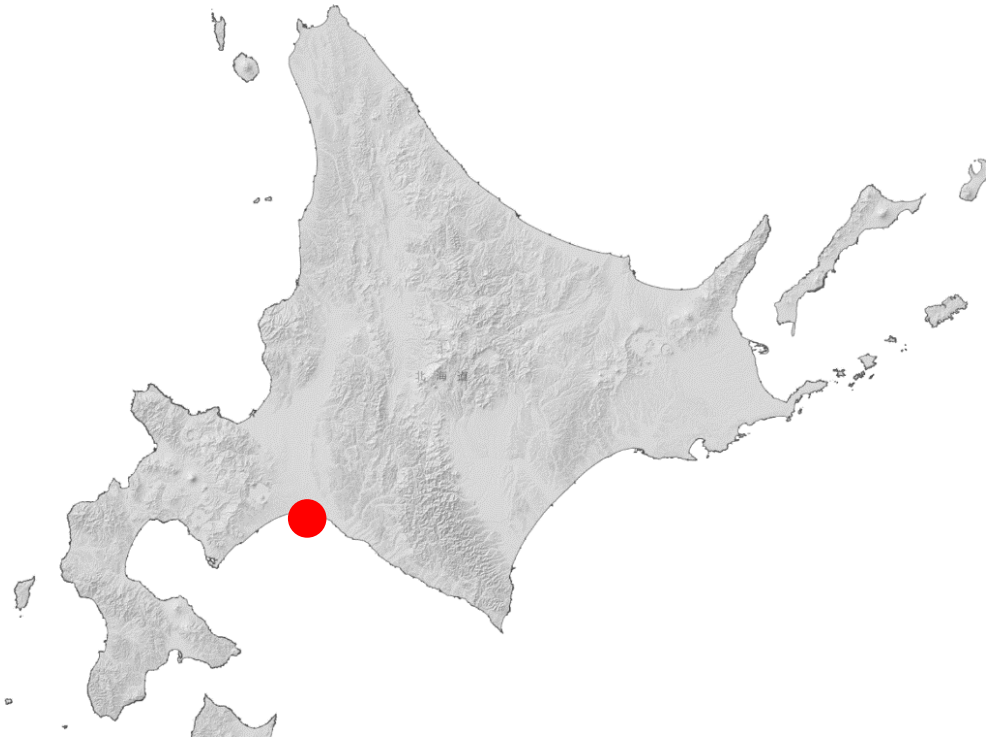

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_45_0113
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_45_0113
N

1 -25 ID2. 3

ID.3 勇払

モデル化位置

1 -26



1 -26 ID3. ( )

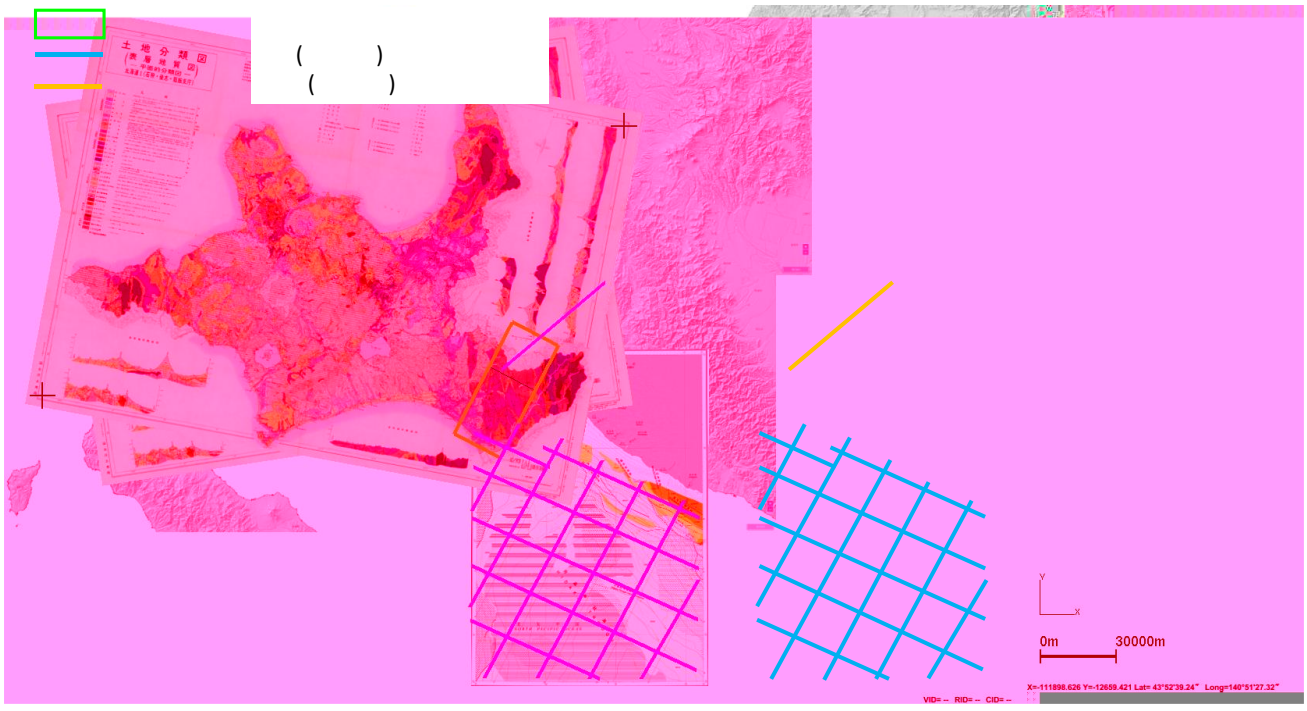
地域概要

引用データ

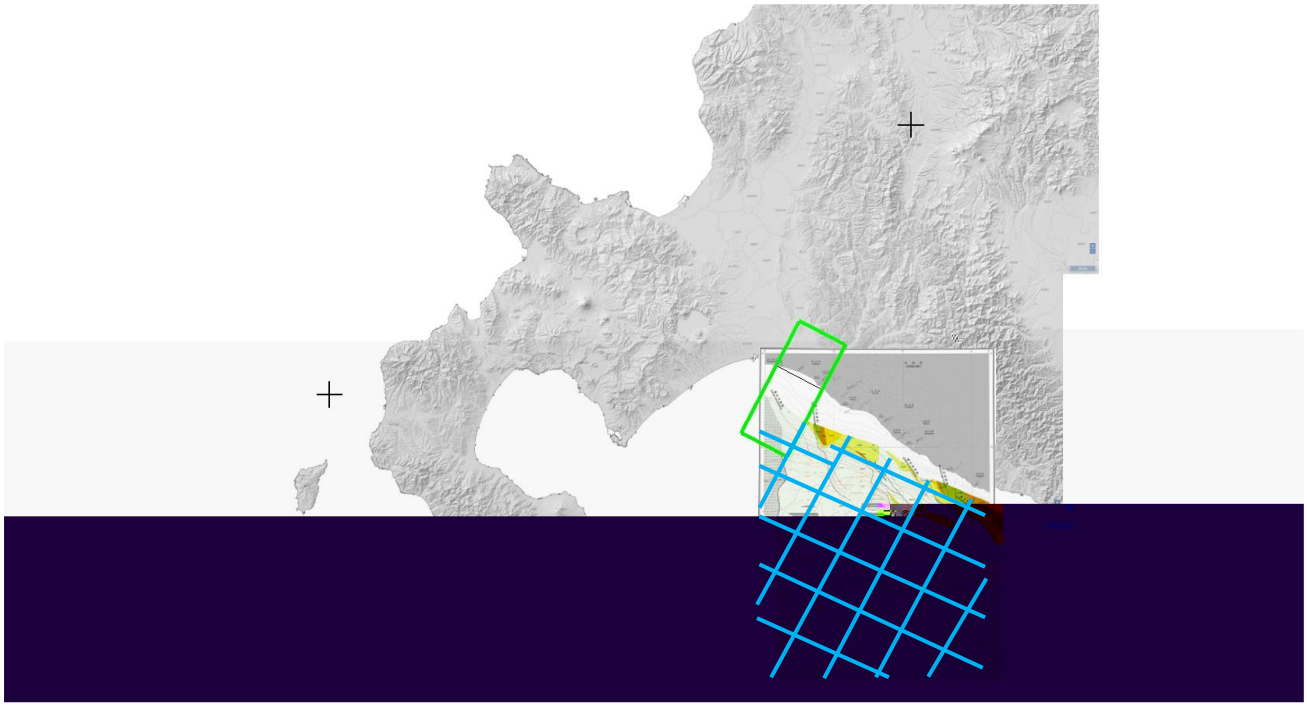
1 -8　　1 -27

1 -30　　1 -31

1 -8　ID3.

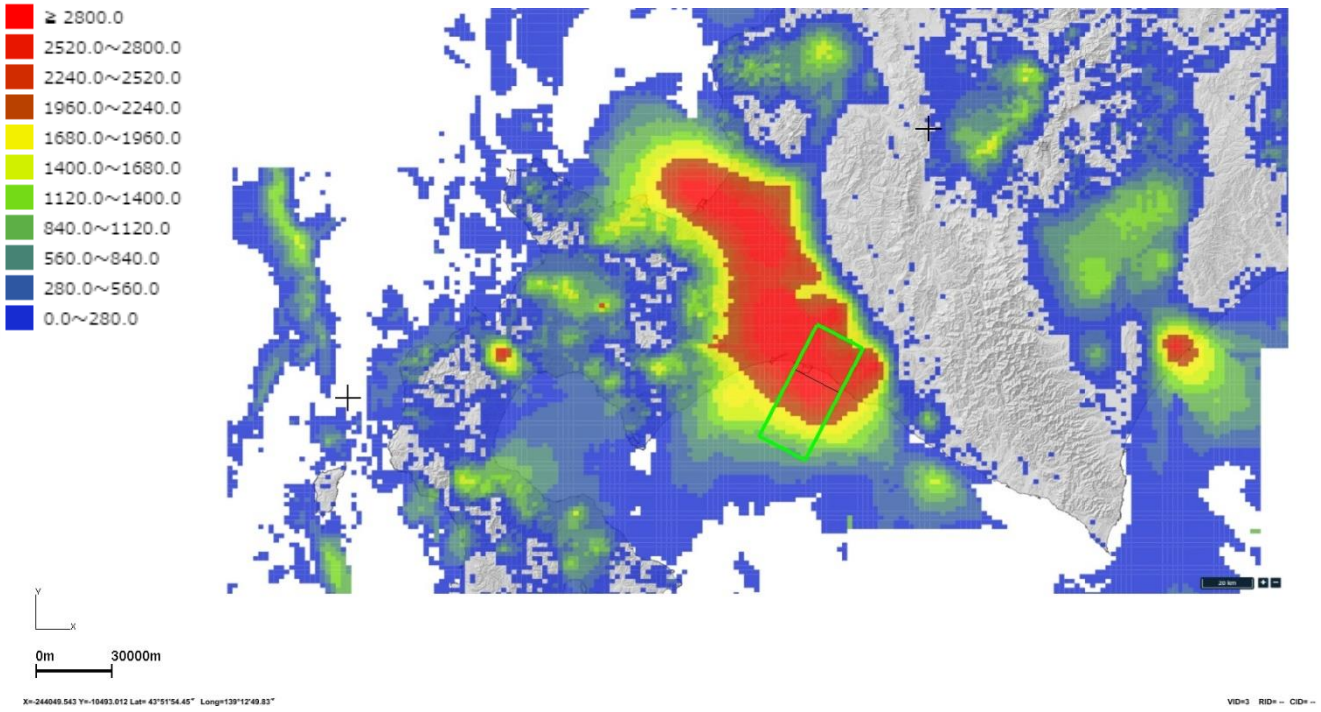


1 -27　ID3.

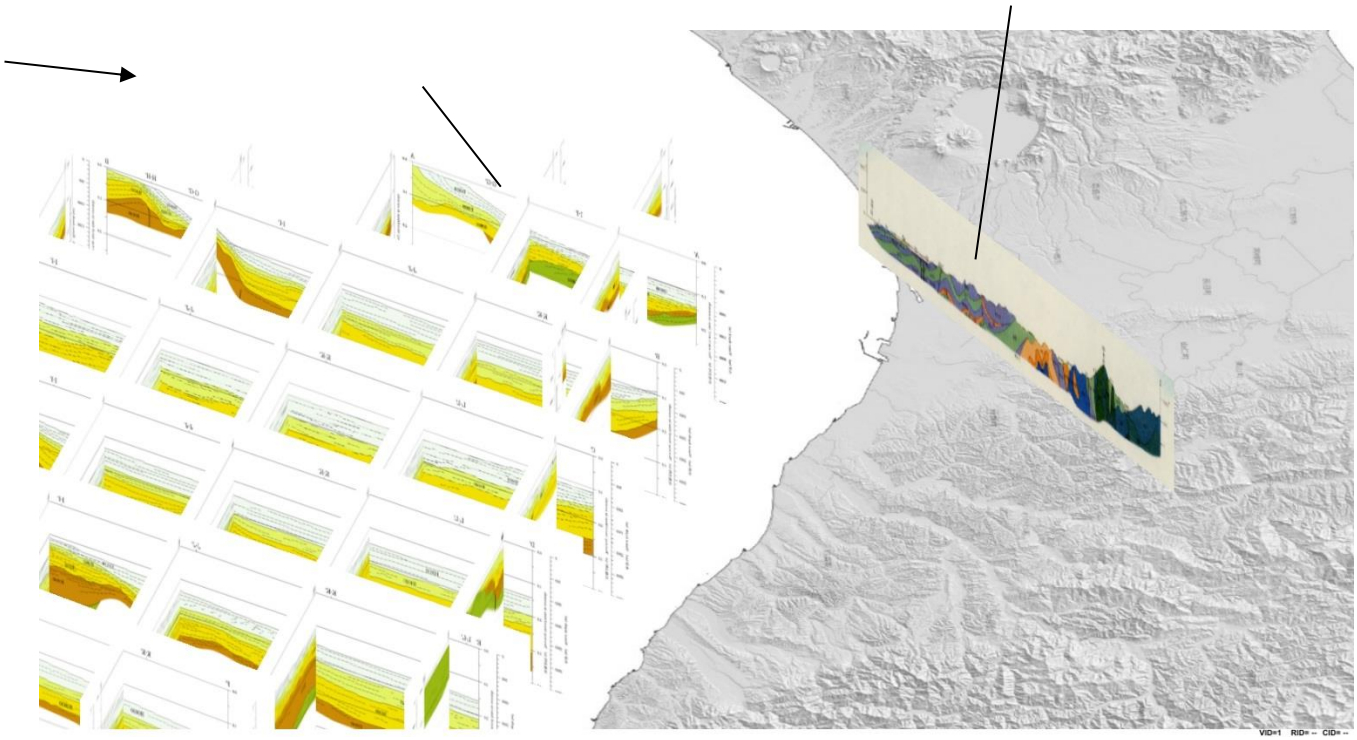


1 -28 ID3. ( )

1 -29 ID3. ( )



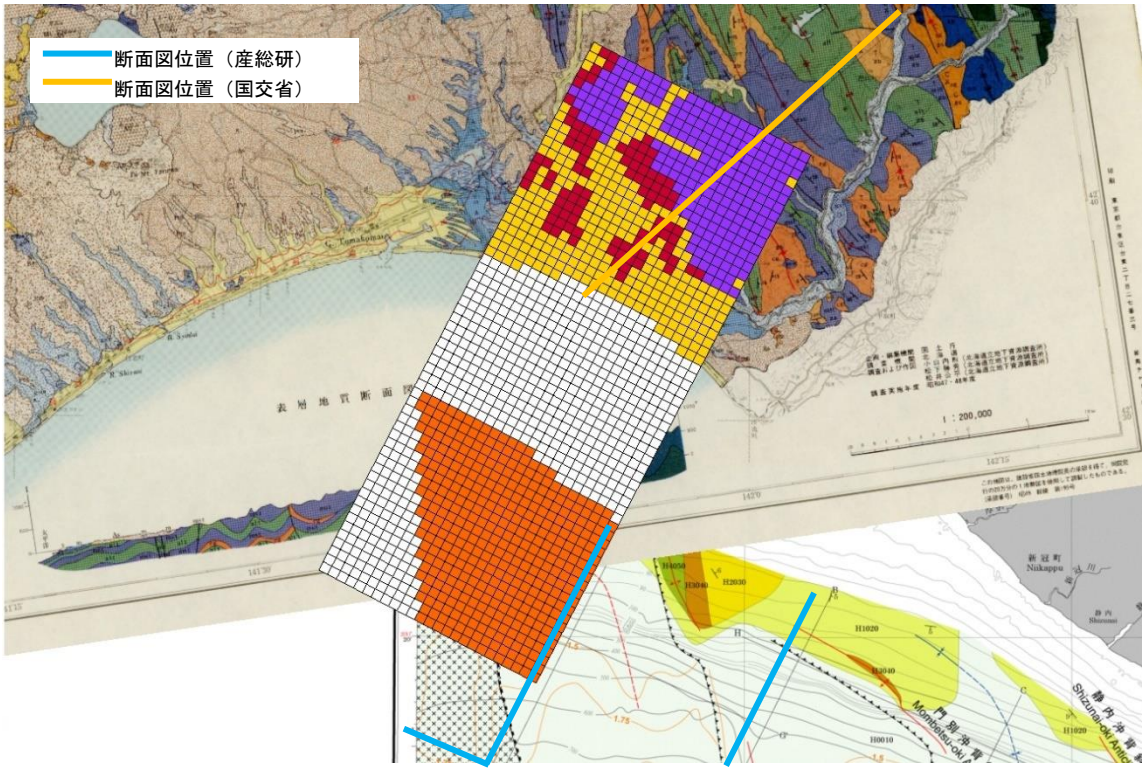
1 -30 ID3. ( )



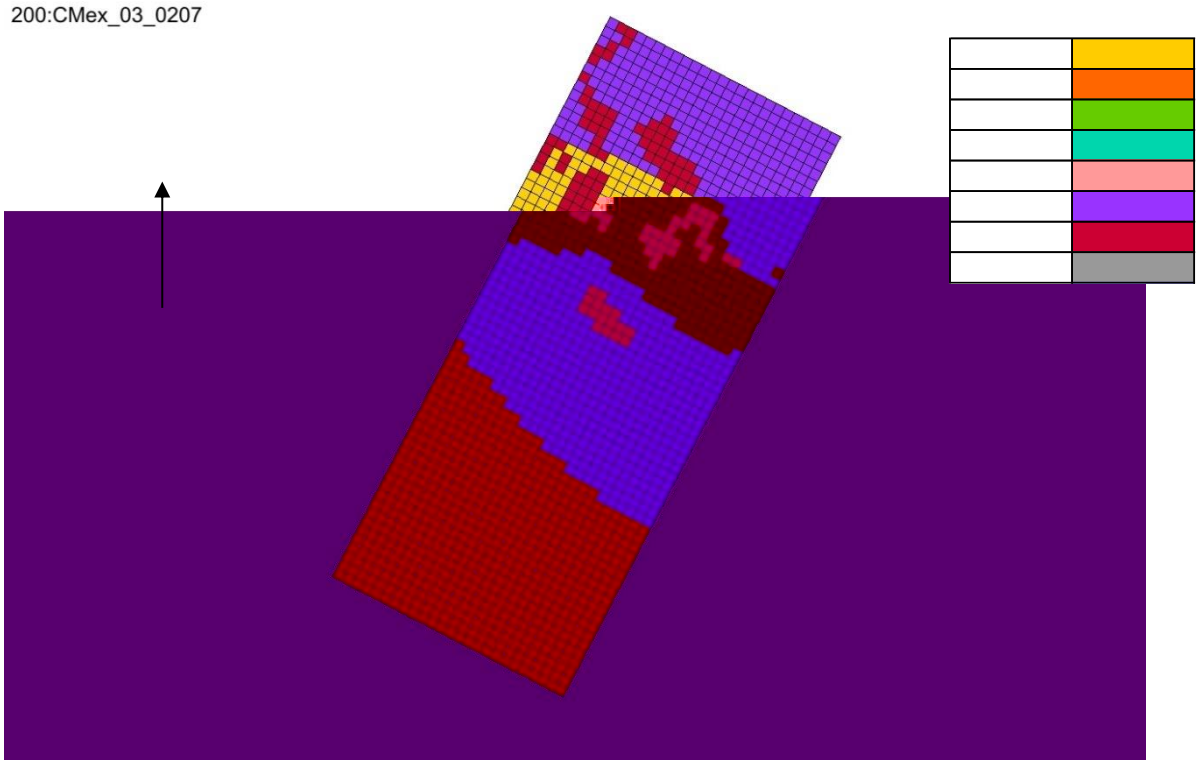
1 -31 ID3.

1 -9 ID3. AI

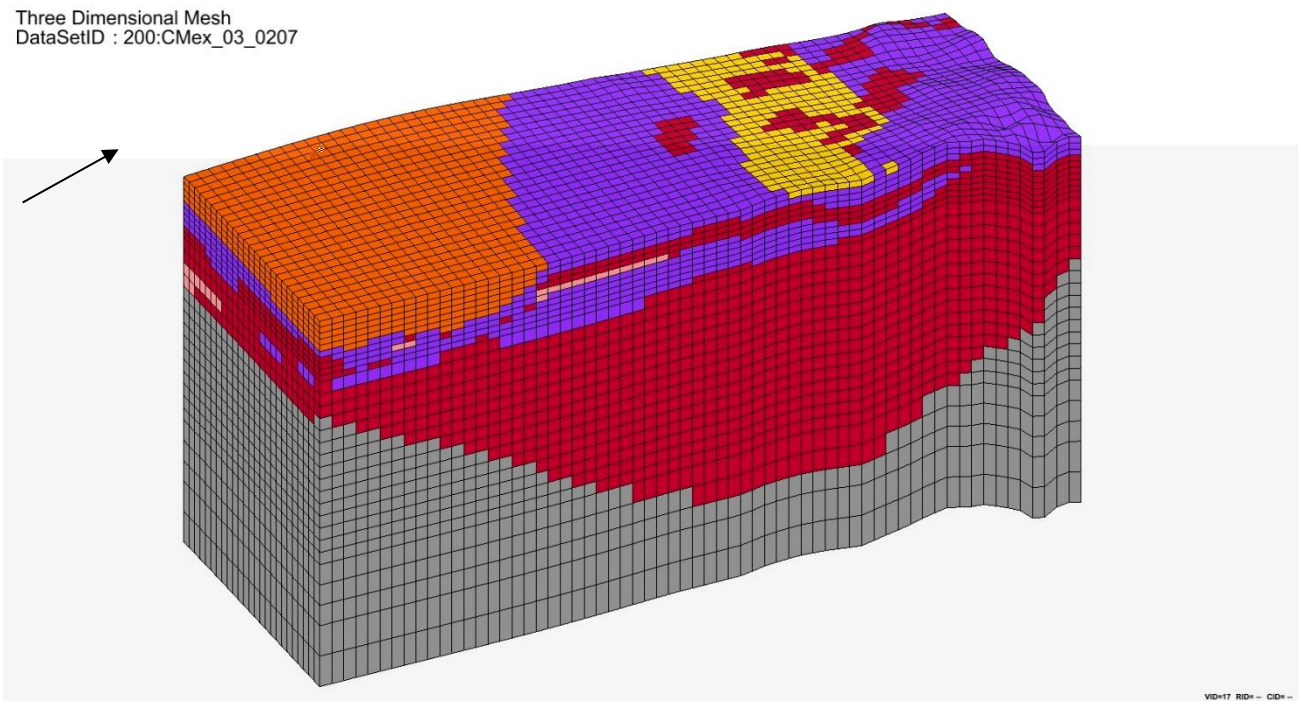
1 -31　　1 -35　　N2　N1
N3　　1 -36　　1 -37



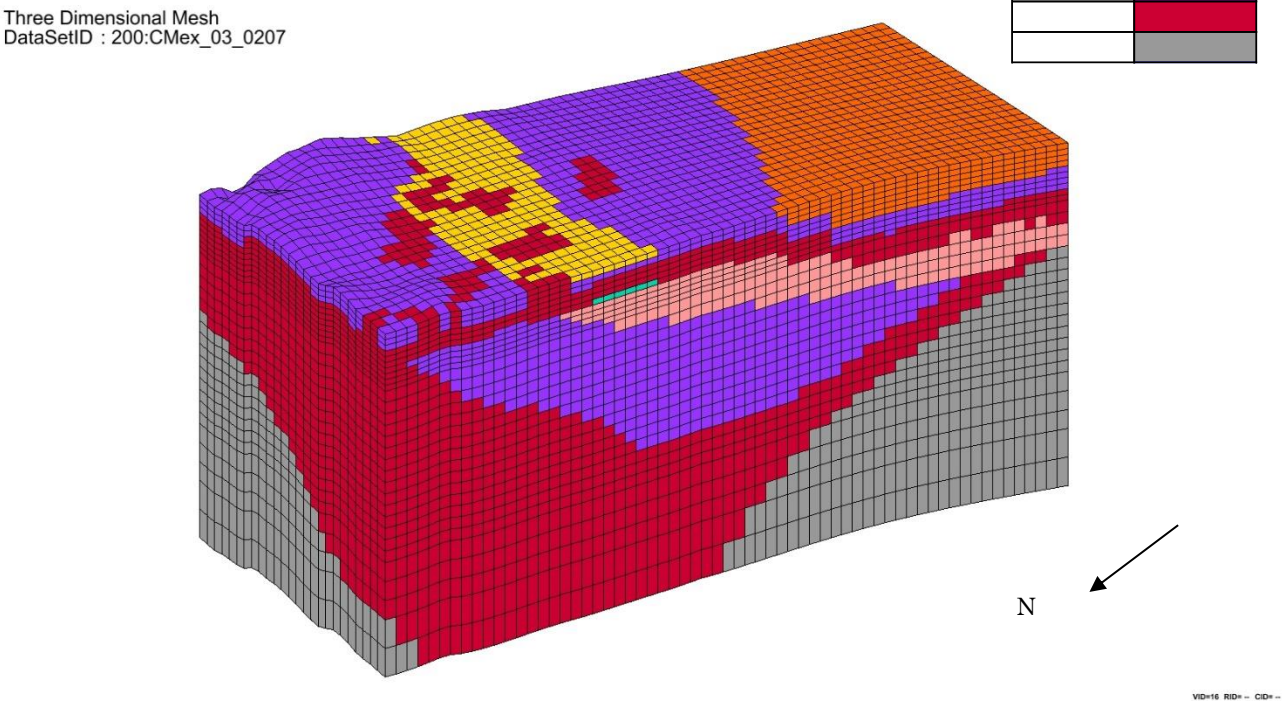
1 -32　ID3



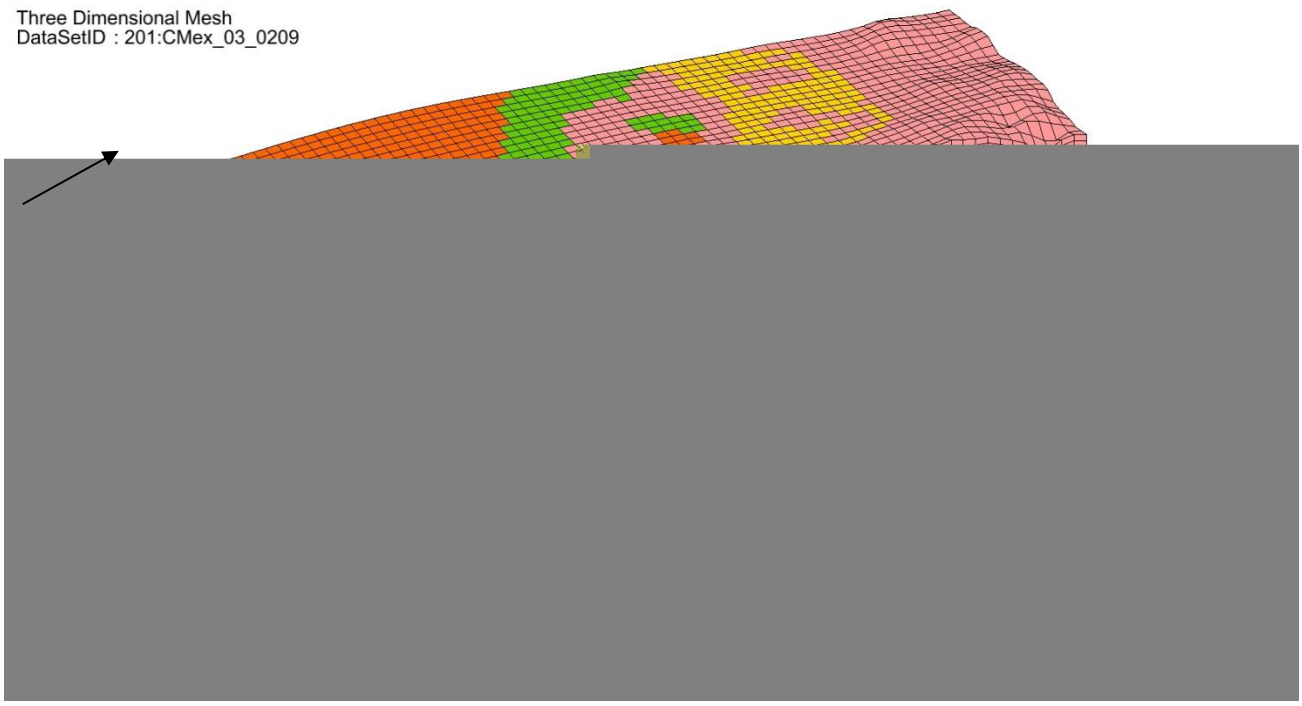
1 -33　ID3　　AI



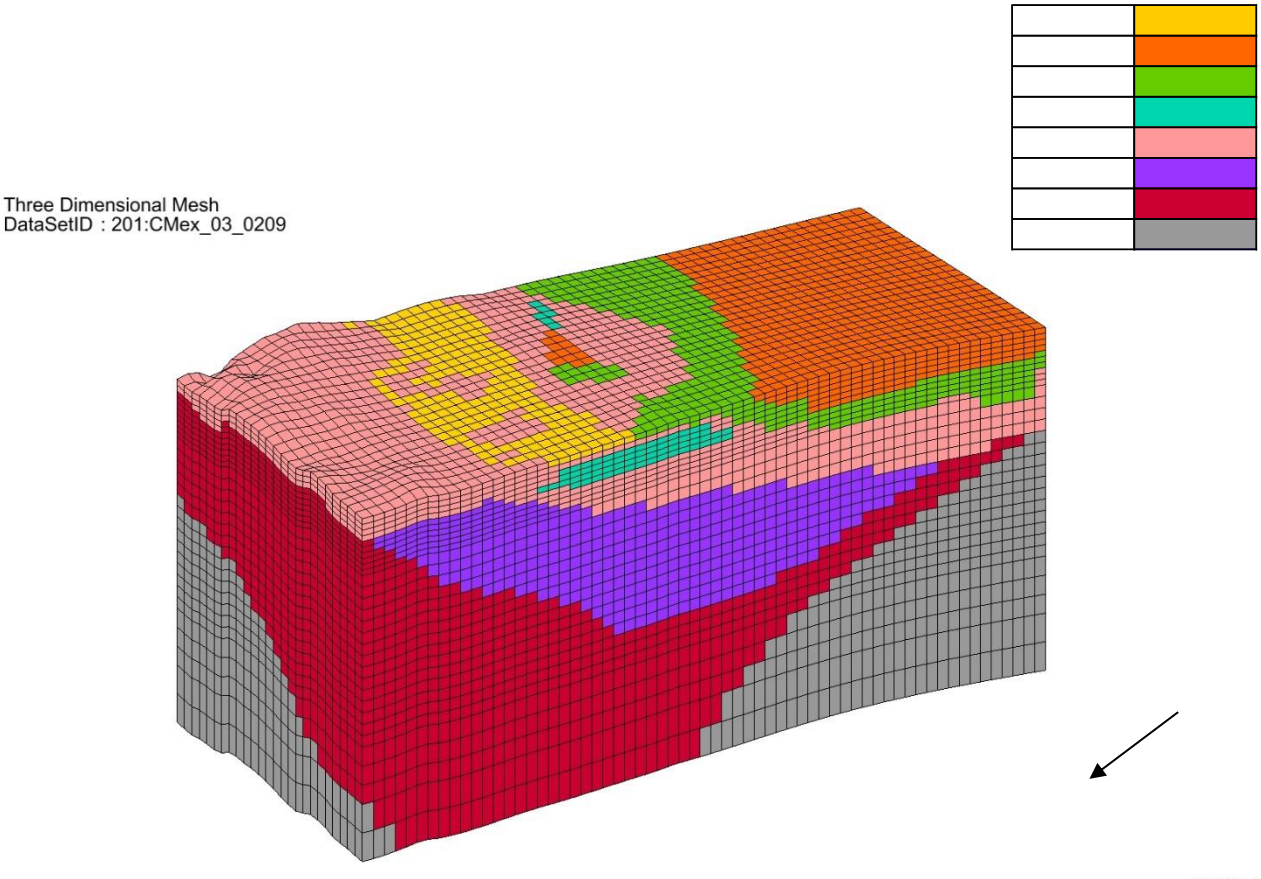
1 -34 ID3. AI 3 (1)



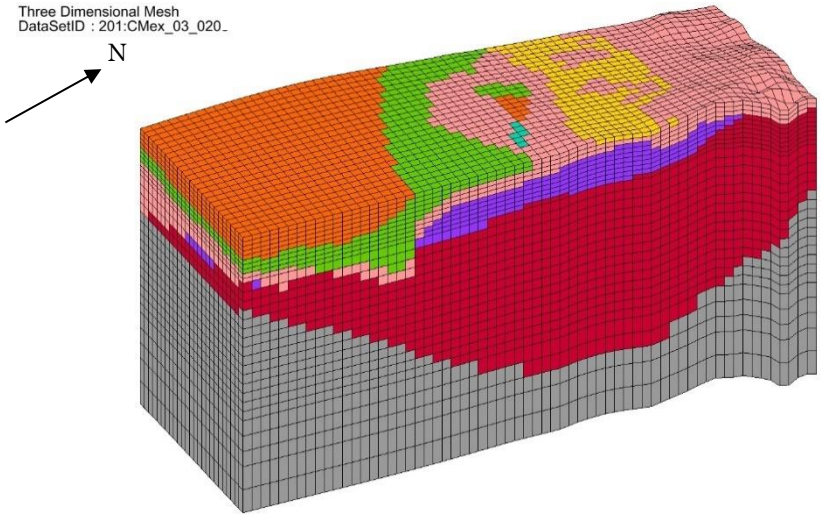
1 -35 ID3. AI 3 (2)

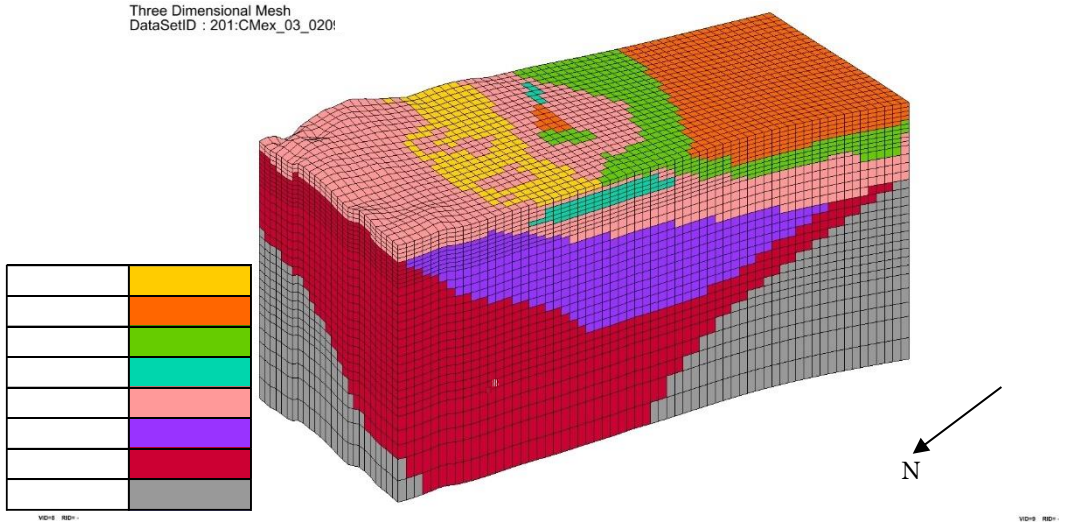


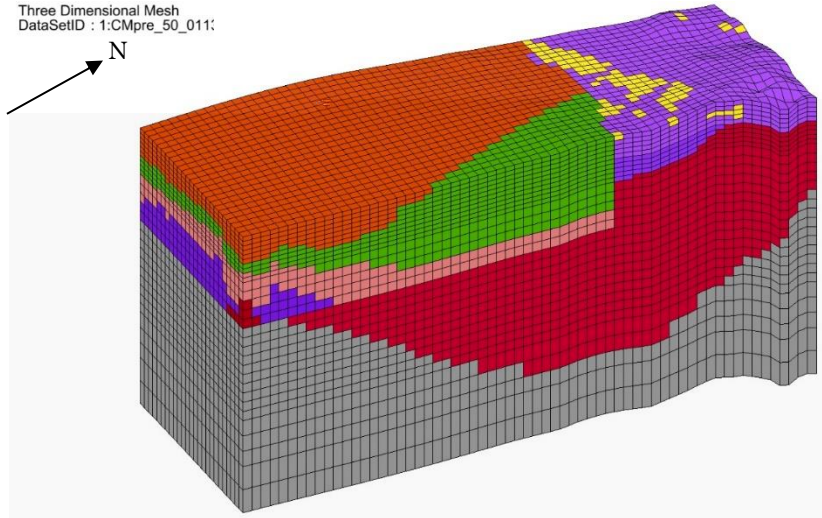
1 -36 ID3. AI 3 (1)

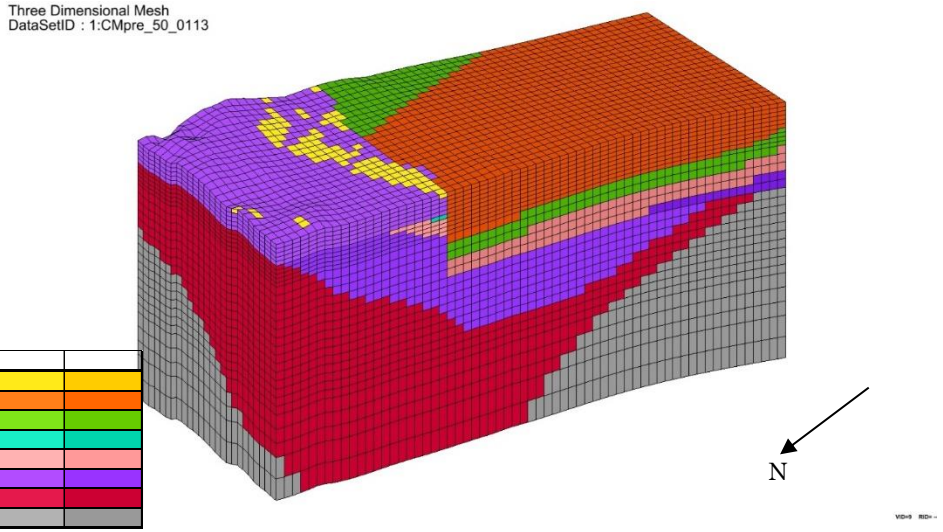


1 -37 ID3. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_03_020_
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_03_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_50_011
N

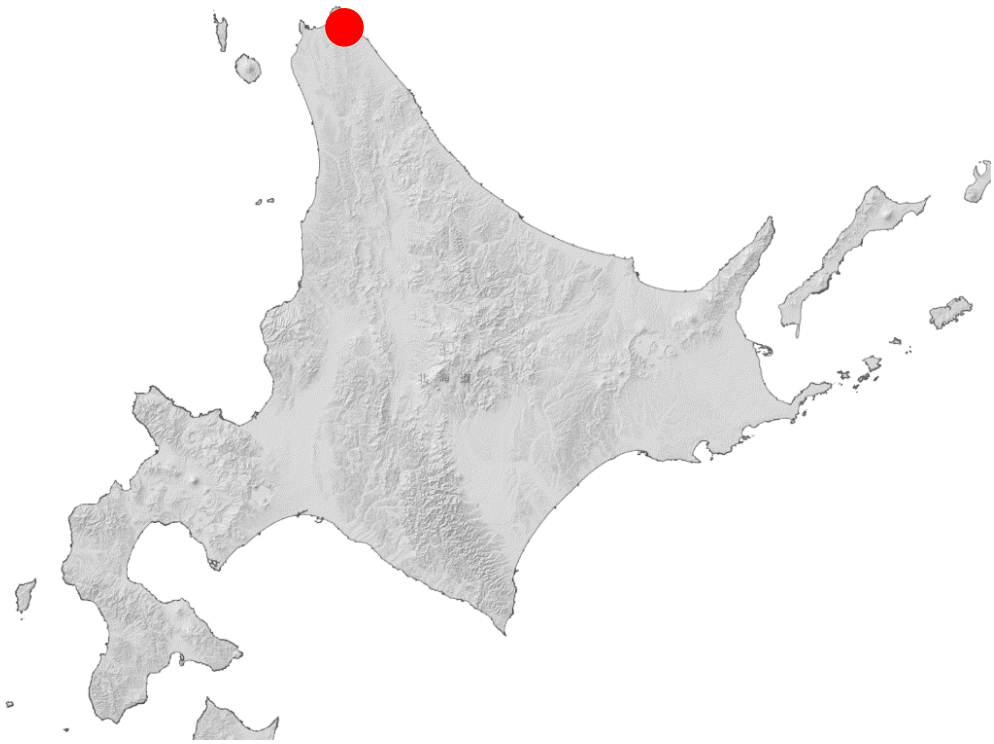

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_50_0113
N

1 -38 ID3. 3

ID.４　頓別

モデル化位置

1 -39



1 -39　ID4 .

地域概要

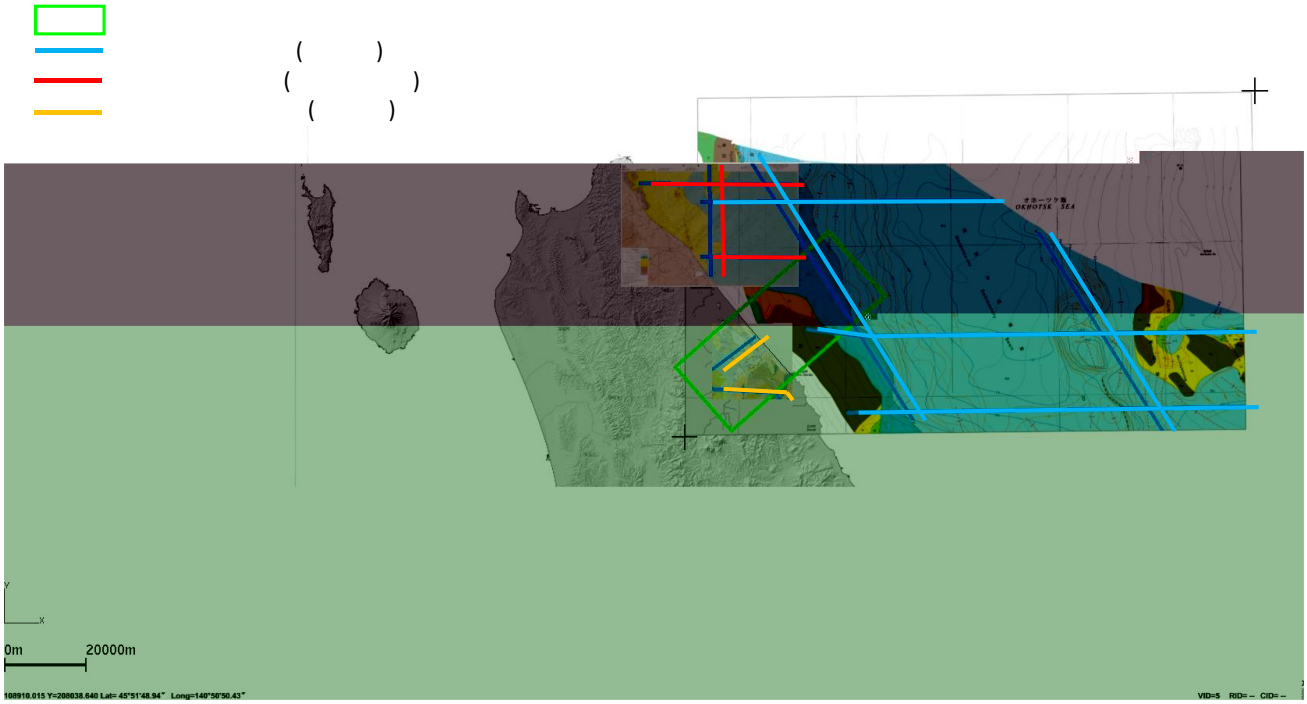
200　300m

引用データ

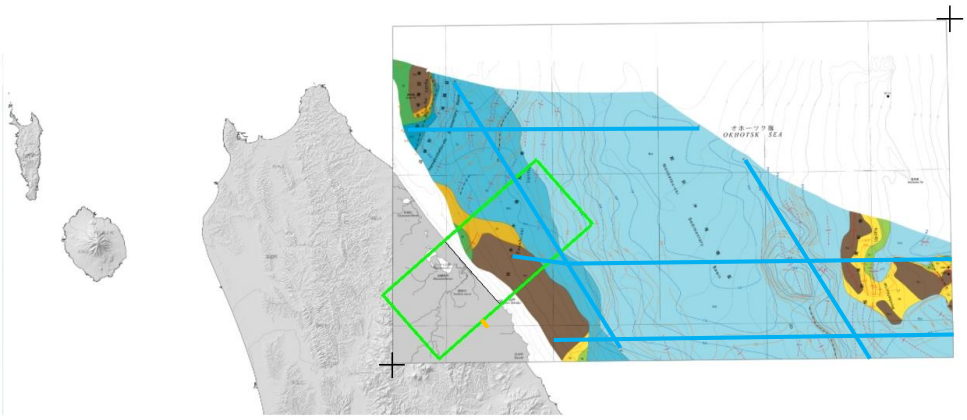
1 -10　　1 -1 0

1 -1 1　　1 -1 5

1 -10　ID4 .



1 -4 0 ID4 .

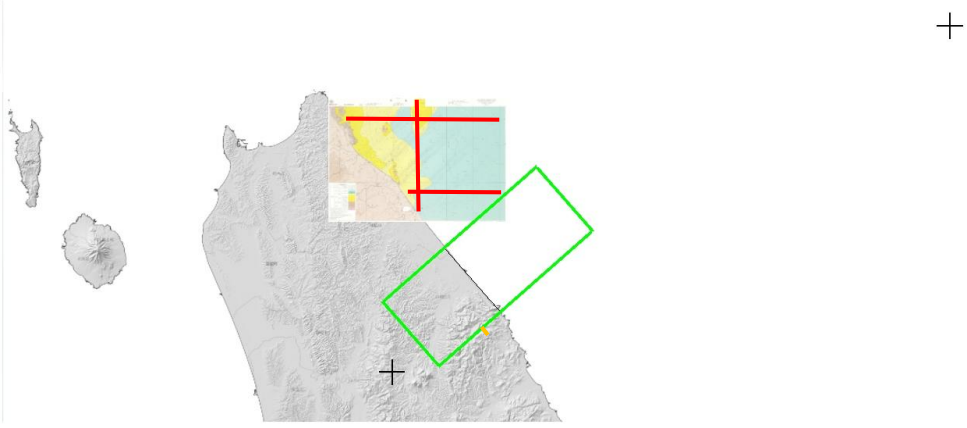


0m 20000m

X=-109864.096 Y=208229.456 Lat= 45°51'54.58" Long=140°50' 6.05"

VID=5 RID= -- CID= --

1 -41 ID4 . ( )

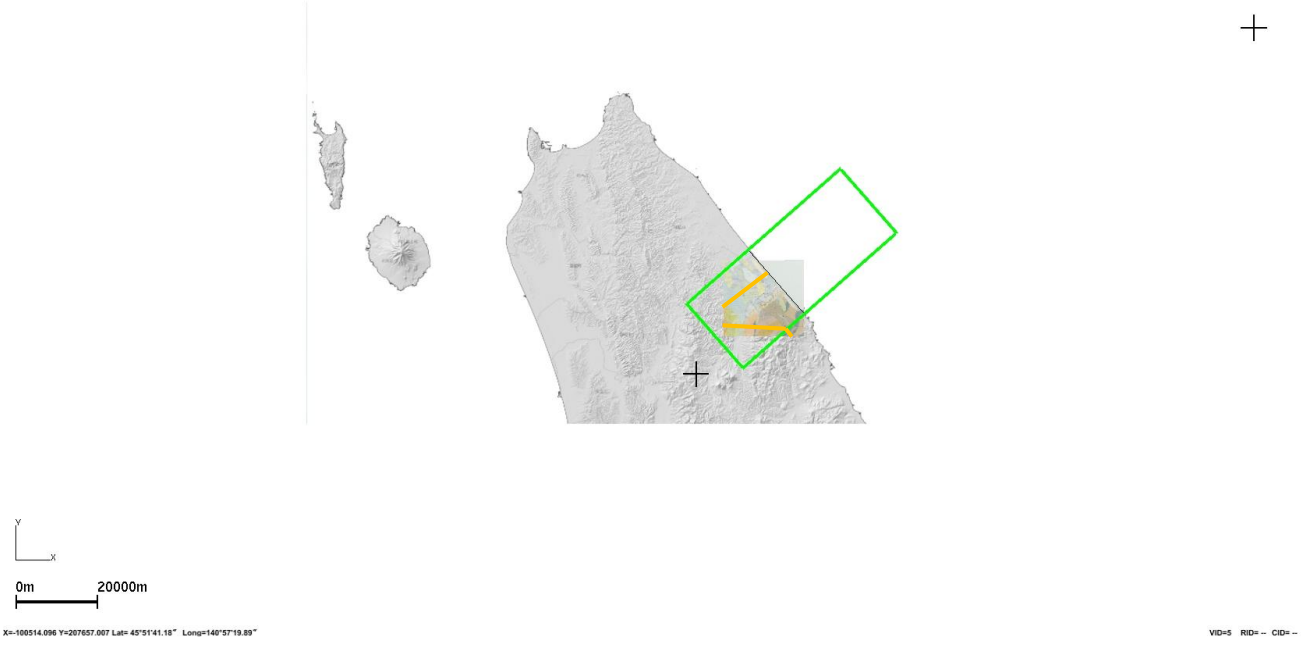


0m 20000m

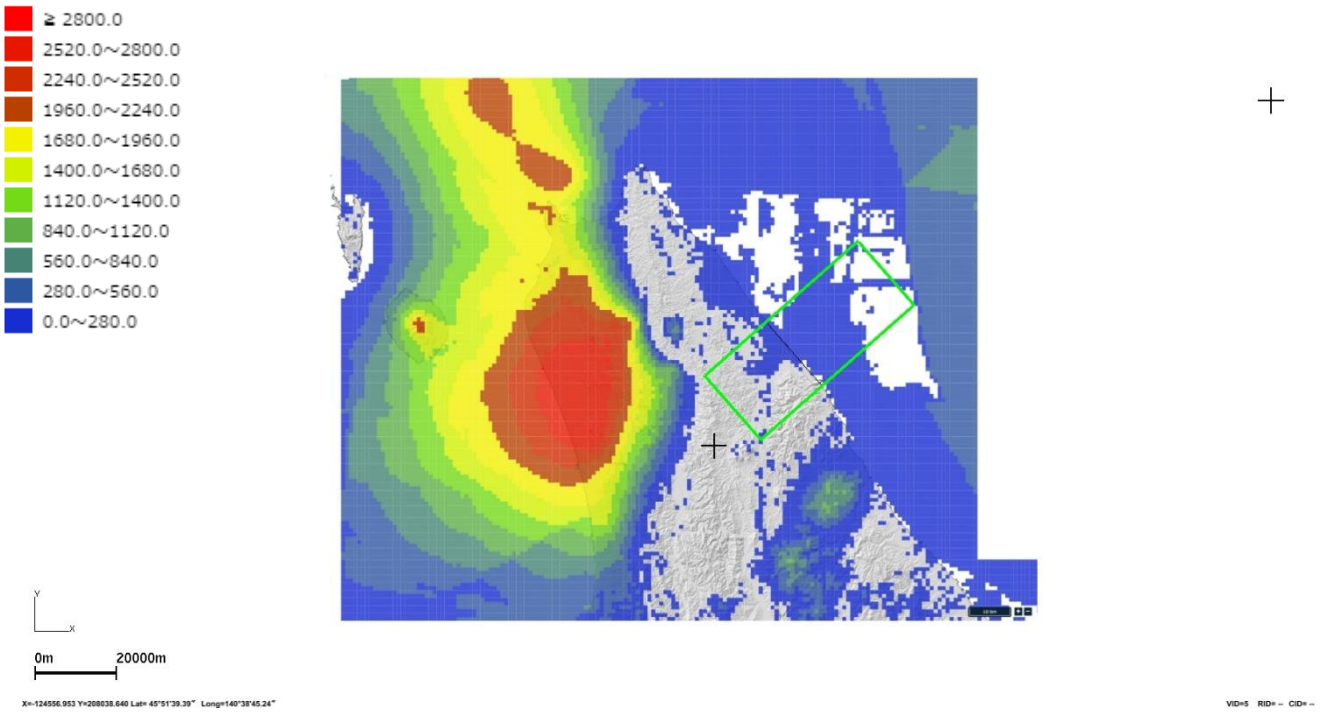
X=-103376.341 Y=207847.823 Lat= 45°51'45.83" Long=140°55' 7.07"

VID=5 RID= -- CID= --

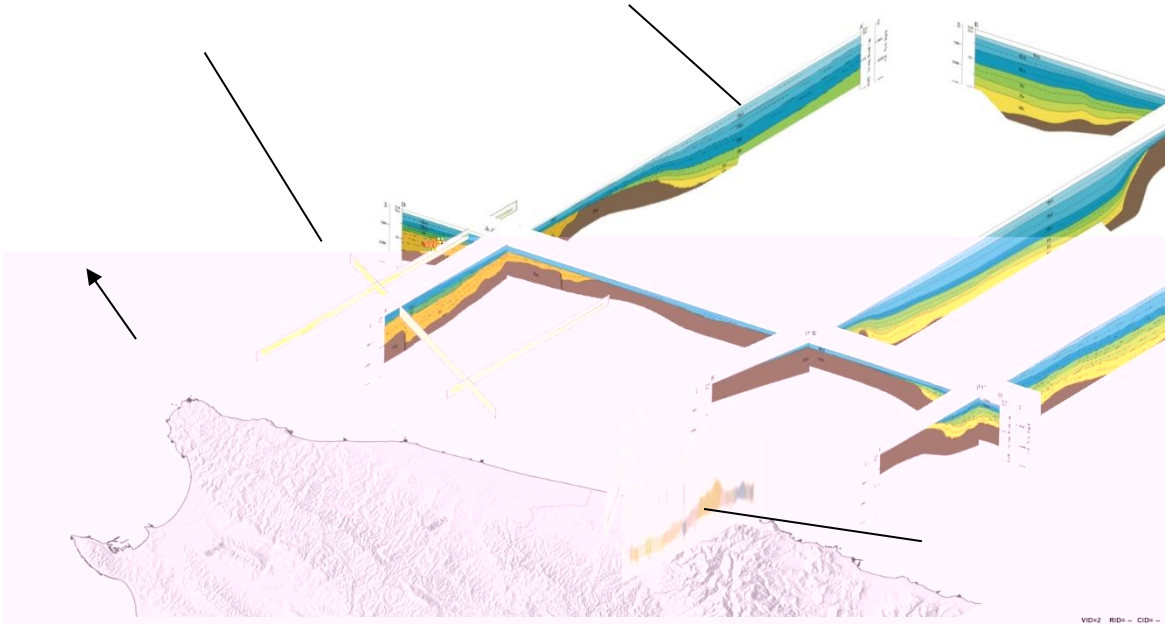
1 -42 ID4 . ( )



1 -43 ID4 . ( )



1 -44 ID4 . ( )



1 - 5　ID4 .

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -1 6　　3　　1 -1 7

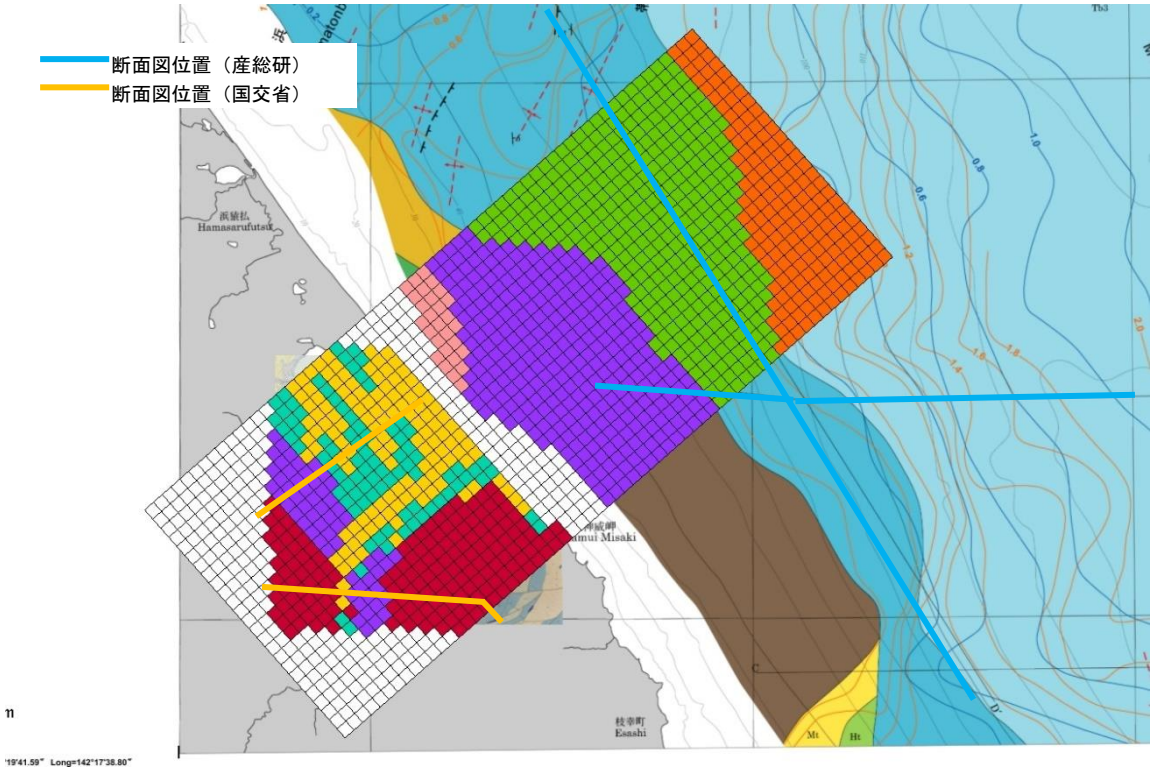
1 -1 9　　1 -11

1 -50

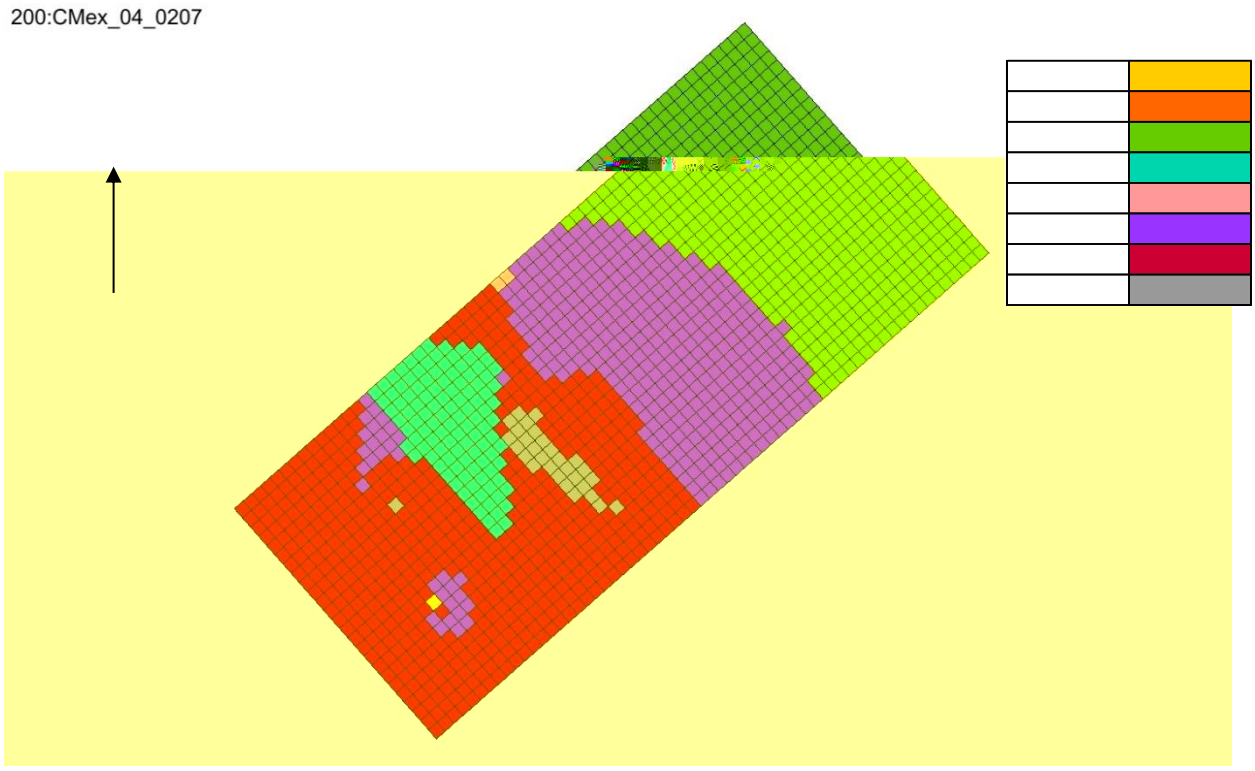
1 -11 ID4 . AI

1 -1 7 1 -1 6 AI

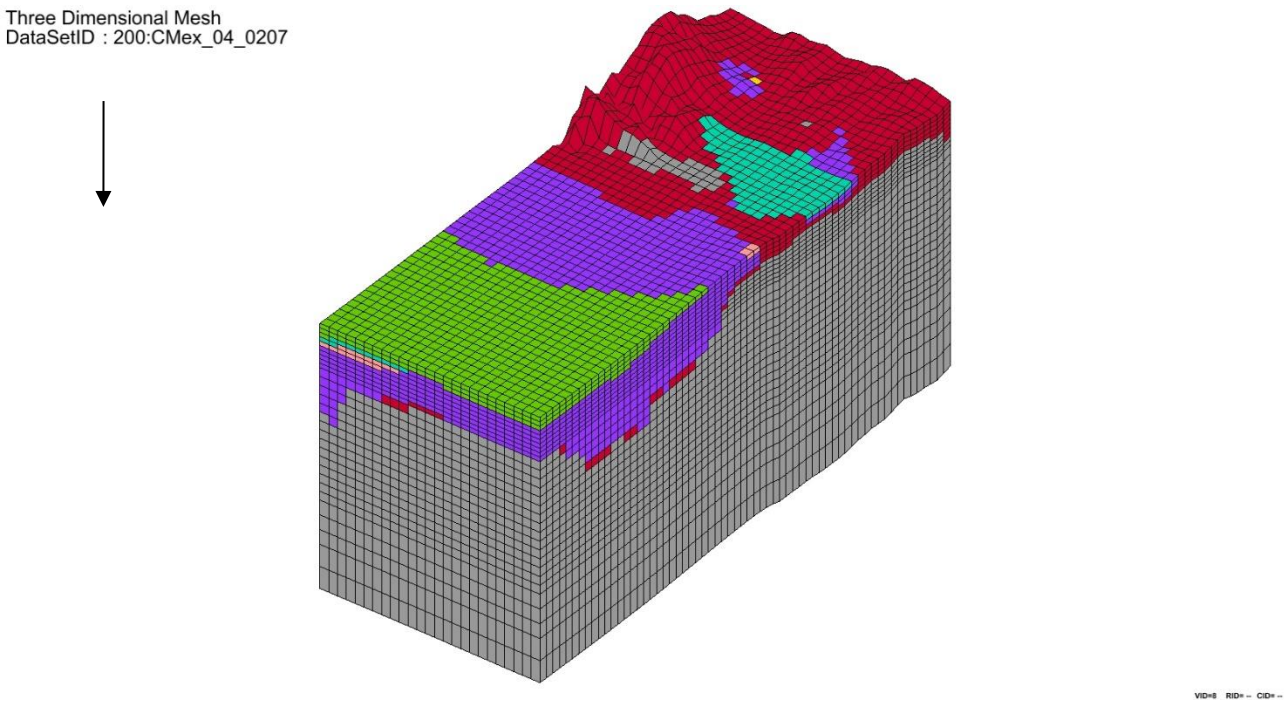
ID



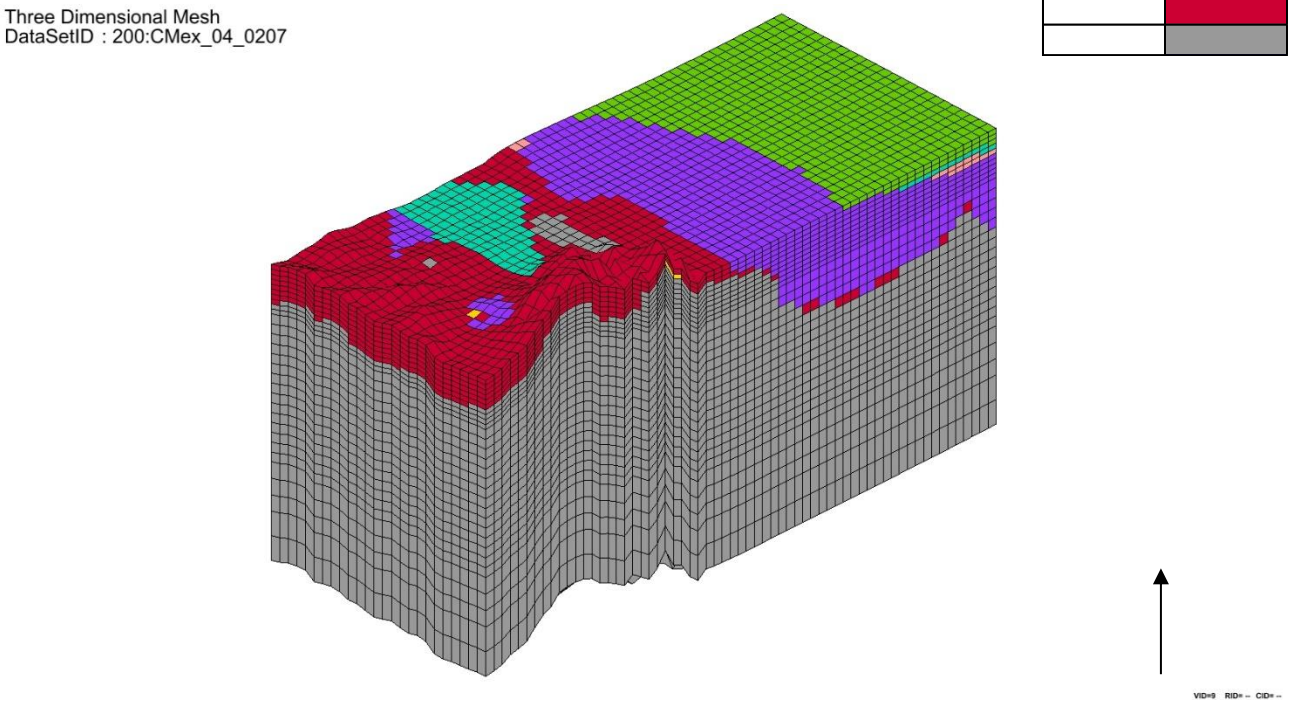
1 -4 6 ID4 .



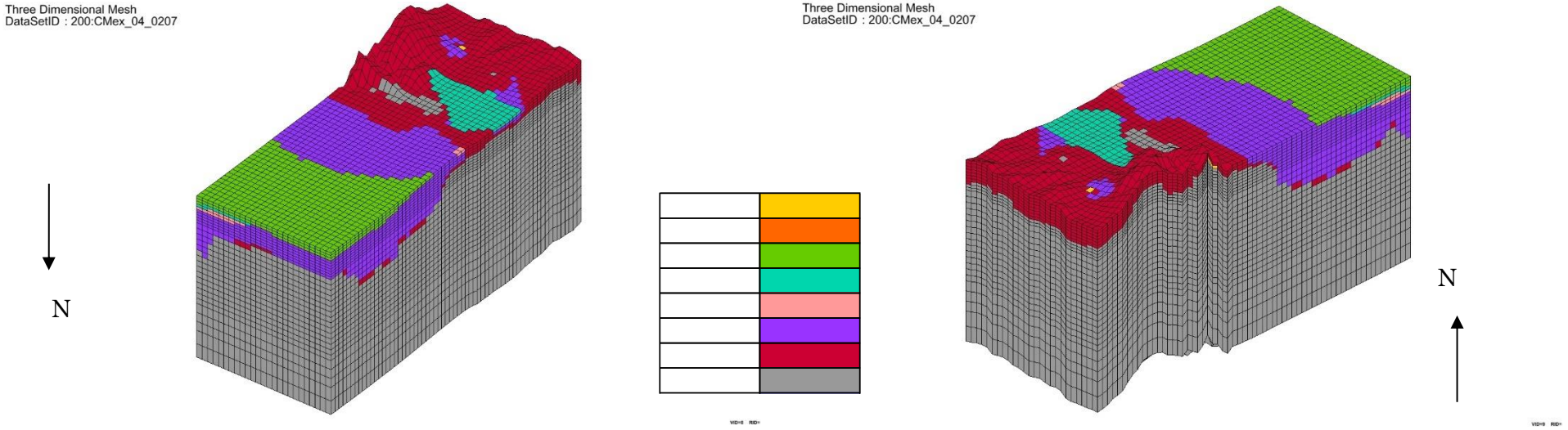
1 -4 7 ID4 . AI

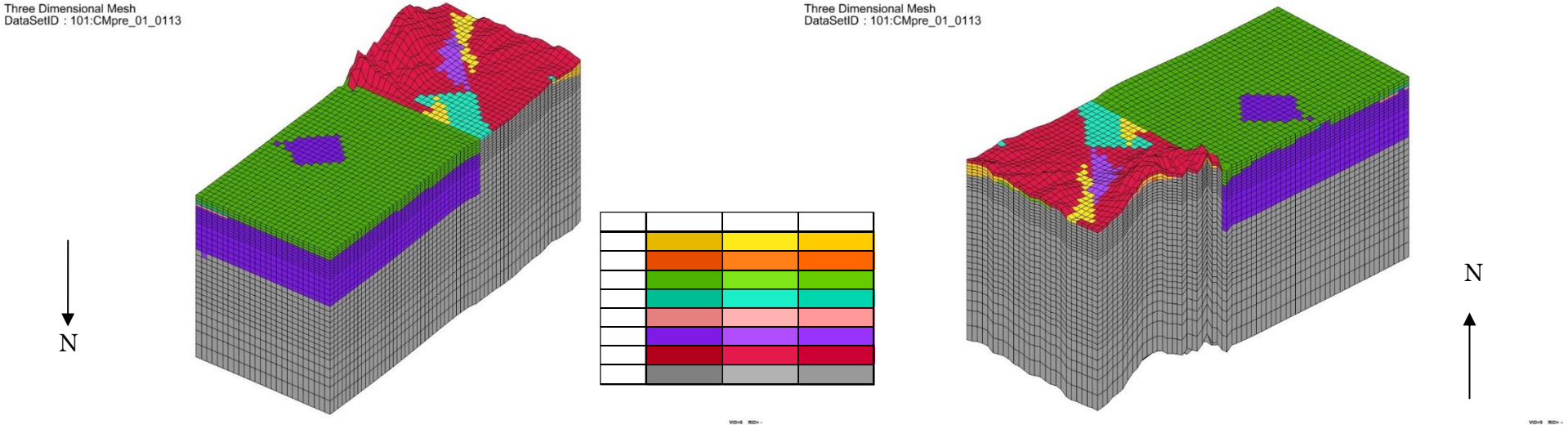


1 -4 8 ID4 . AI 3 (1)



1 -4 9 ID4 . AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_04_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_04_0207
N

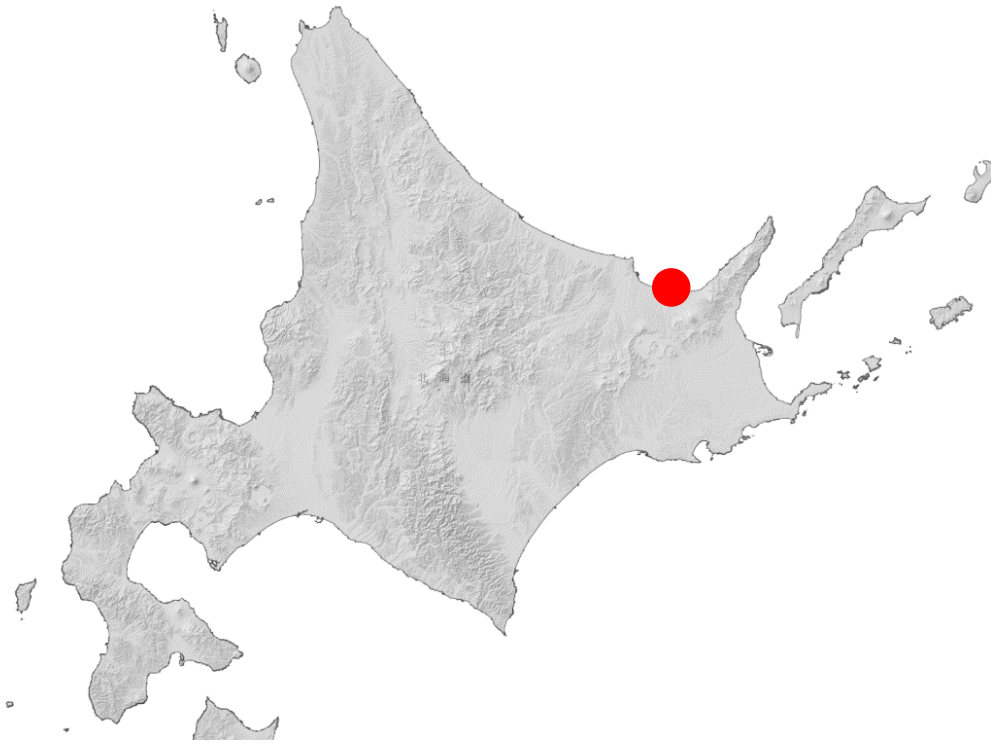

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 101:CMpre_01_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 101:CMpre_01_0113
N

1 -50 ID4 . 3

ID.5 美幌・斜里

モデル化位置

1 -51



1 -51 ID5.

地域概要

引用データ

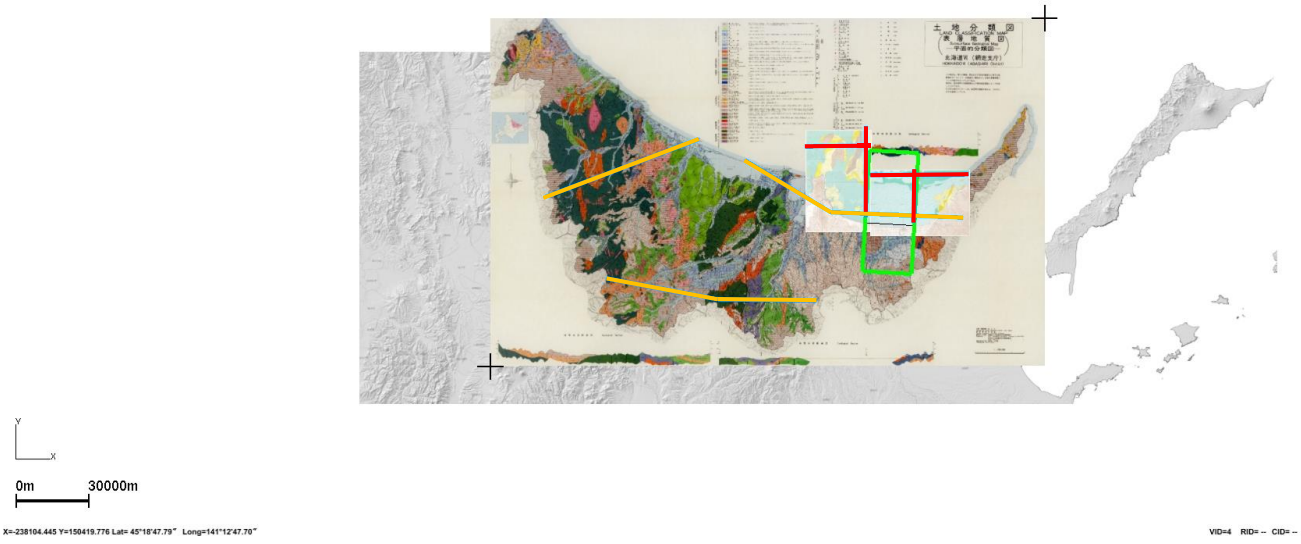
1 -12 1 -52

1 -55 1 -56

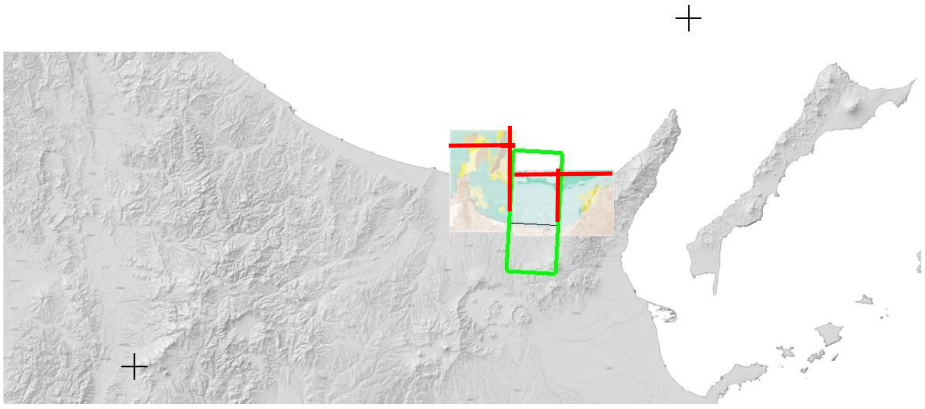
1 -12 ID5.

( )

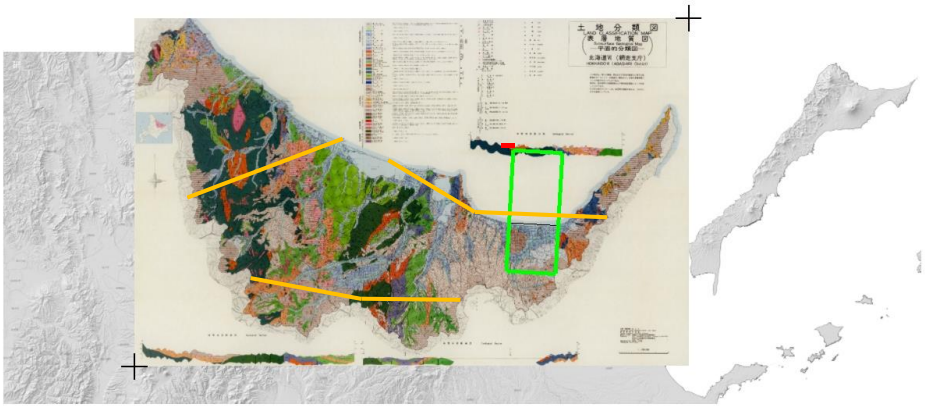
( )



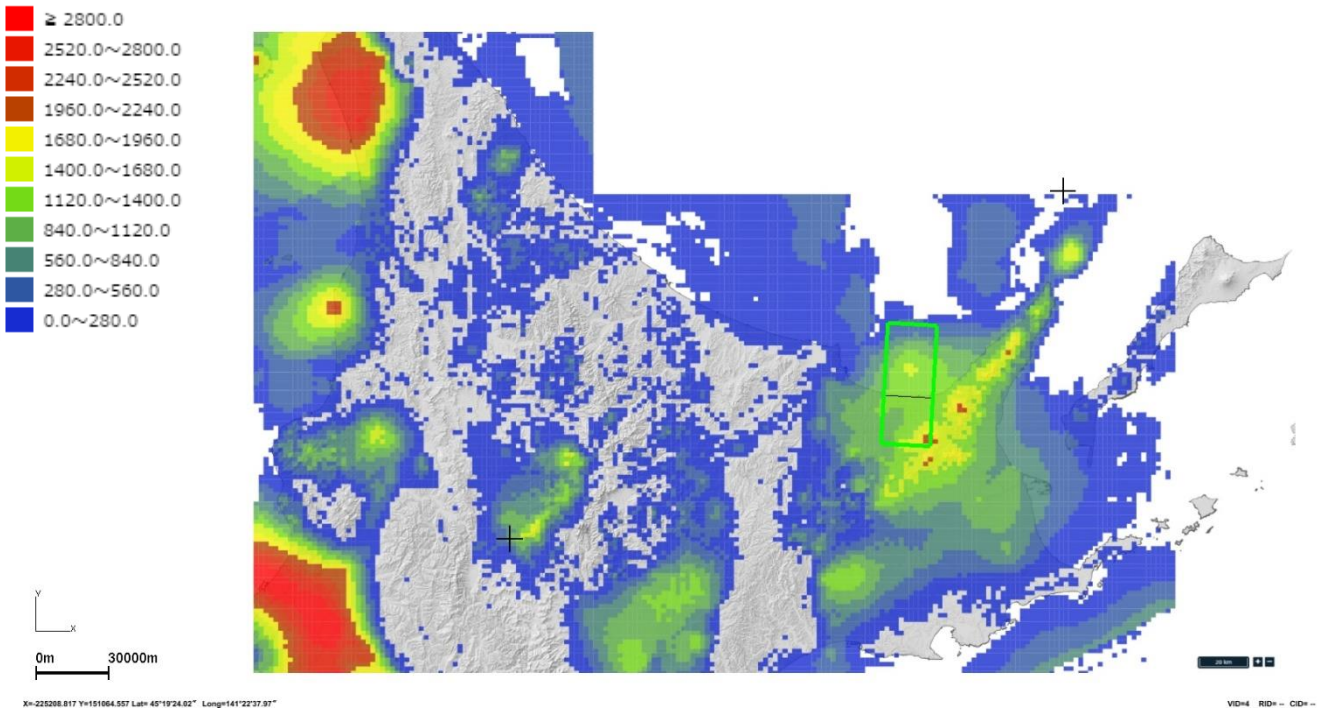
1 -52 ID5.



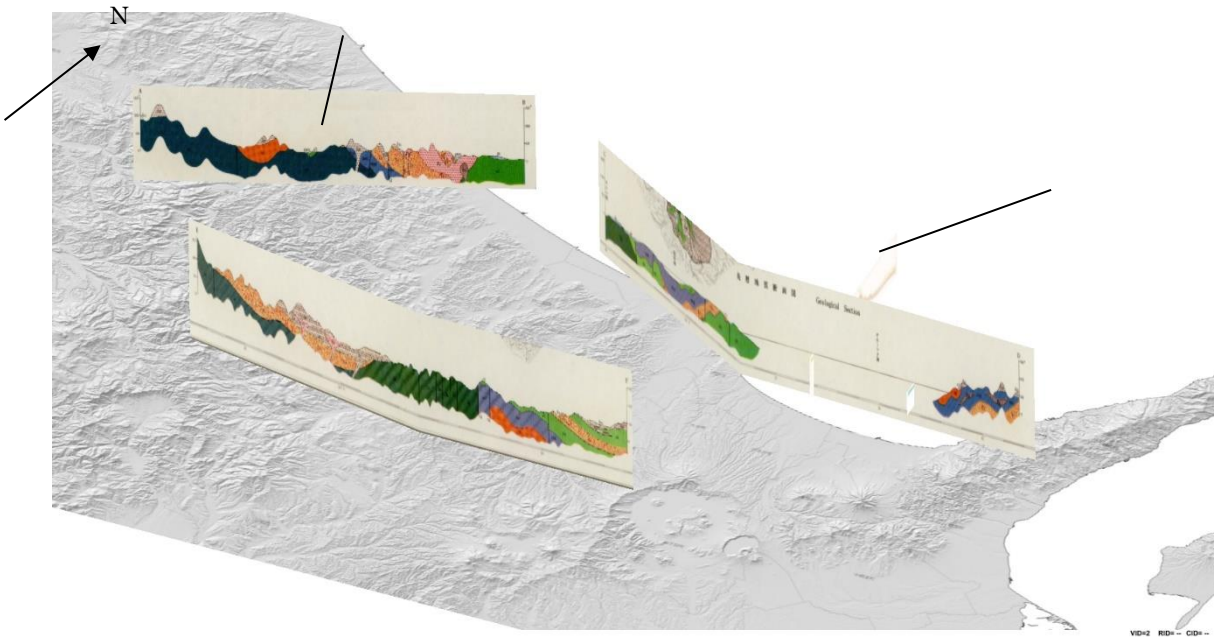
1 -53 ID5. ( )



1 -54 ID5. ( )



1 -55 ID5. ( )



1 -56 ID5.

20km 20km 30km

AI学習・予測

AI 1 -57 3 1 -58

1 -62 1 -13

1 -63

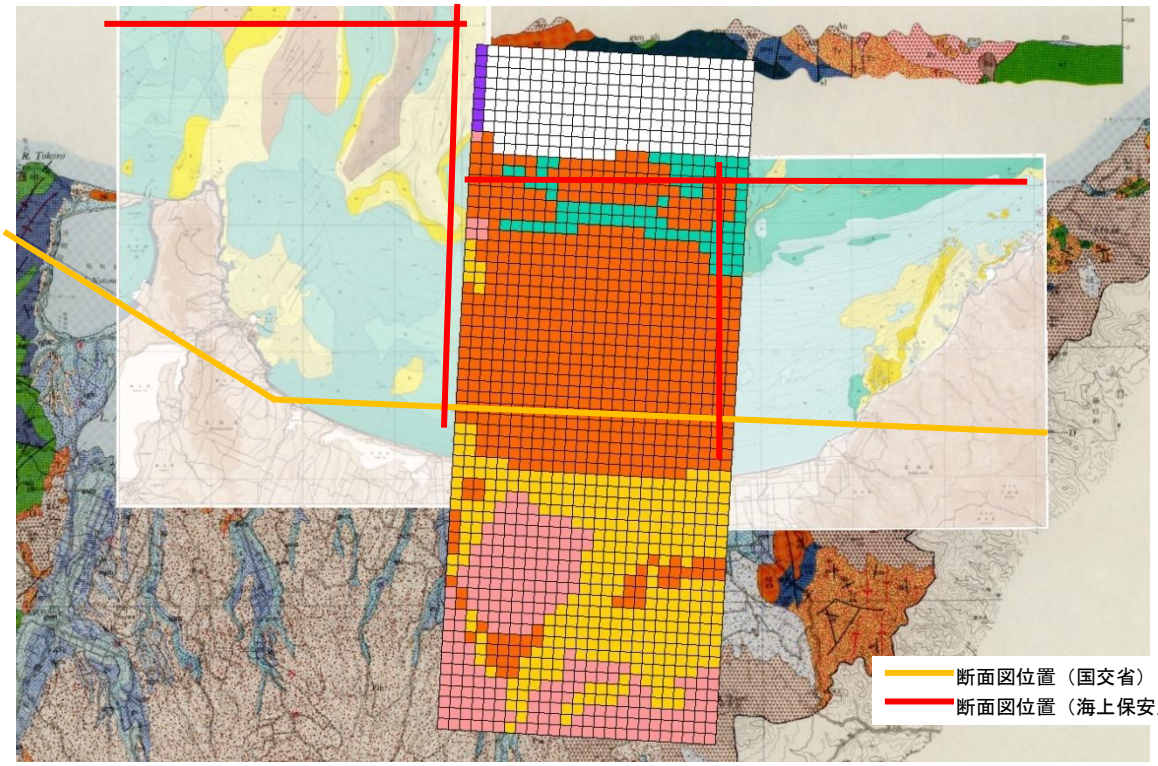
1 -13 ID5. AI

1-58 1-57 AI

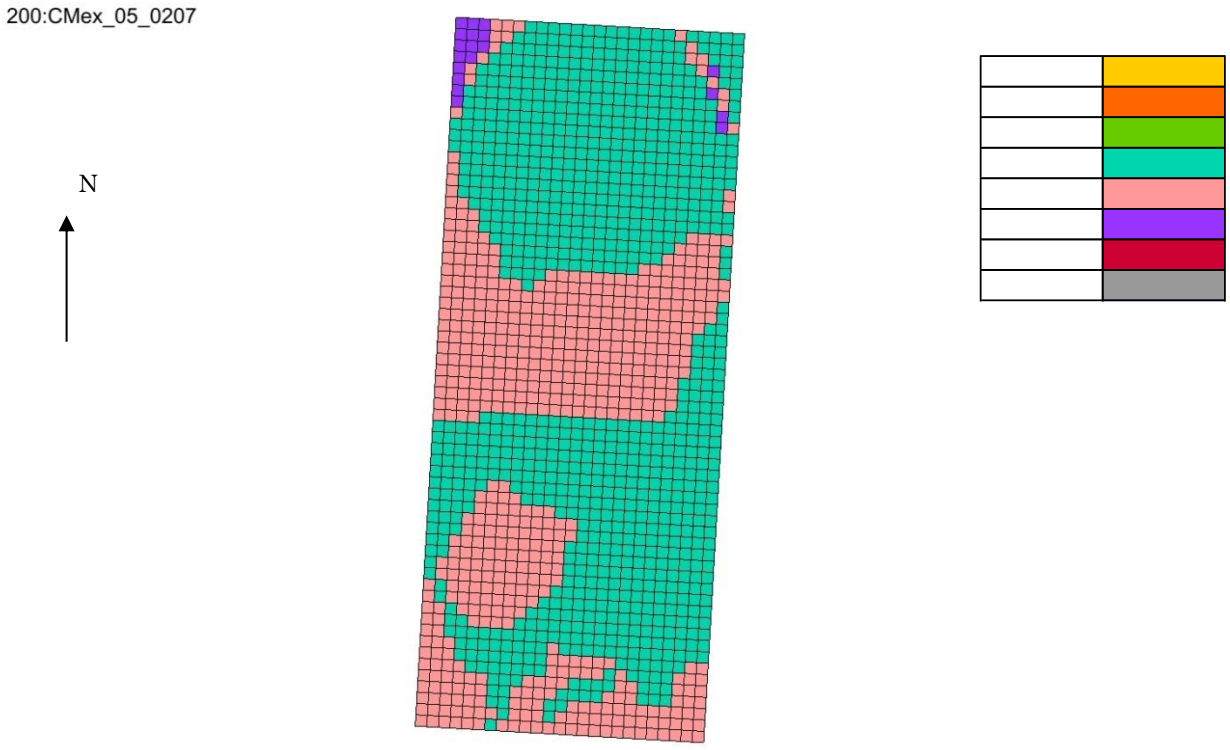
ID

1-59 1-60 N2 N1

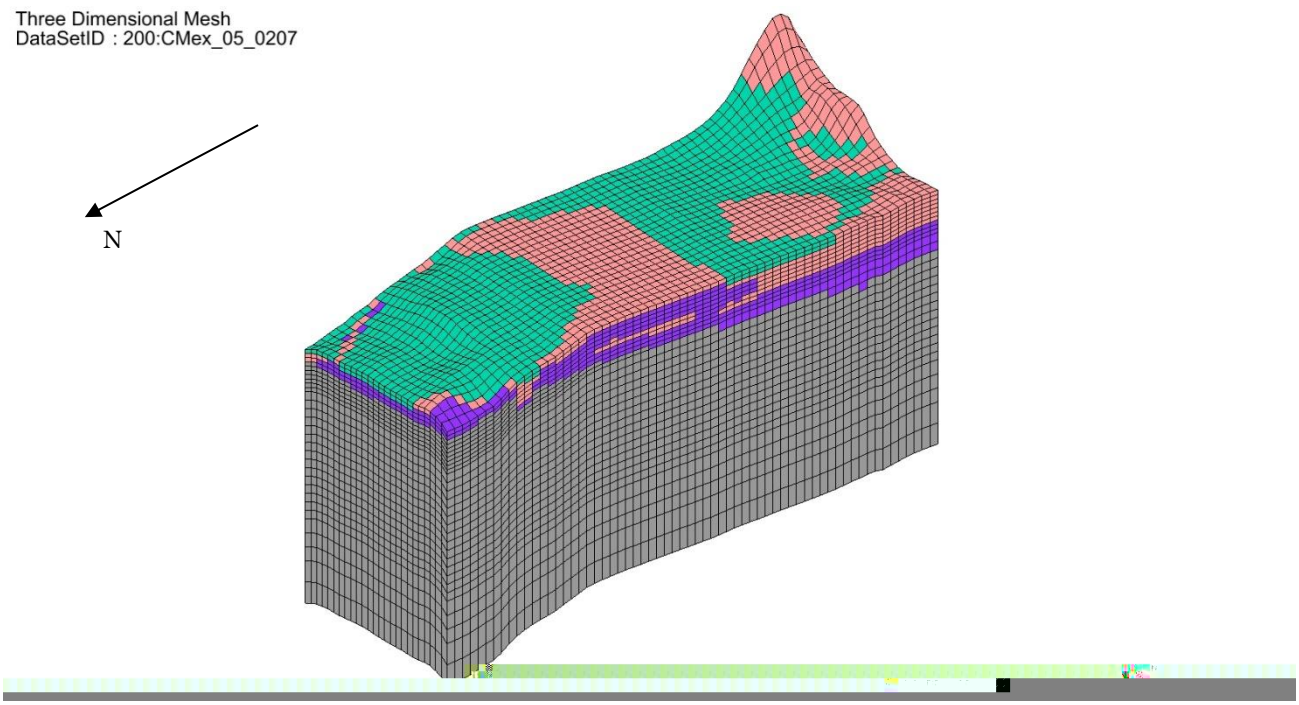
N3 1-61 1-62



1 -57 ID5.

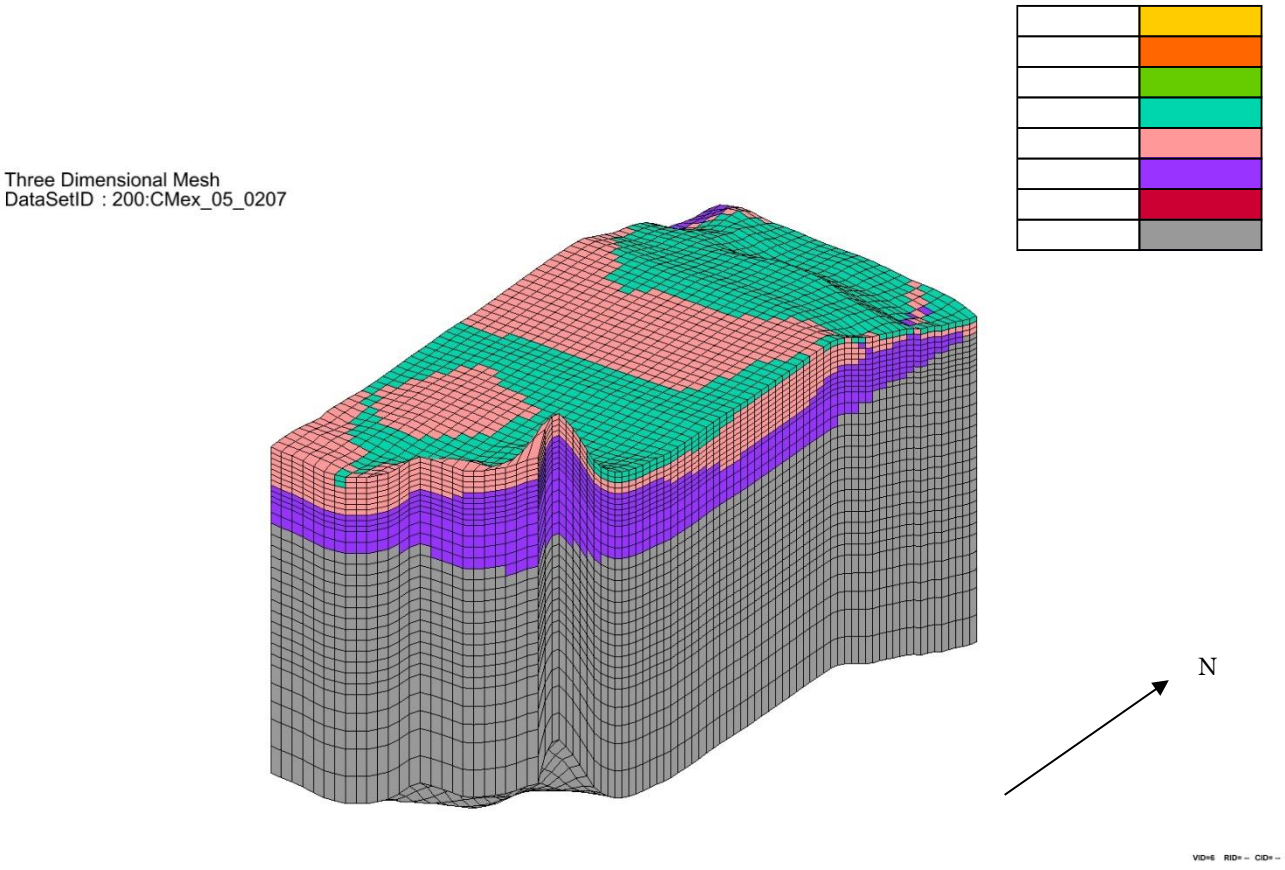


1 -58 ID5. AI



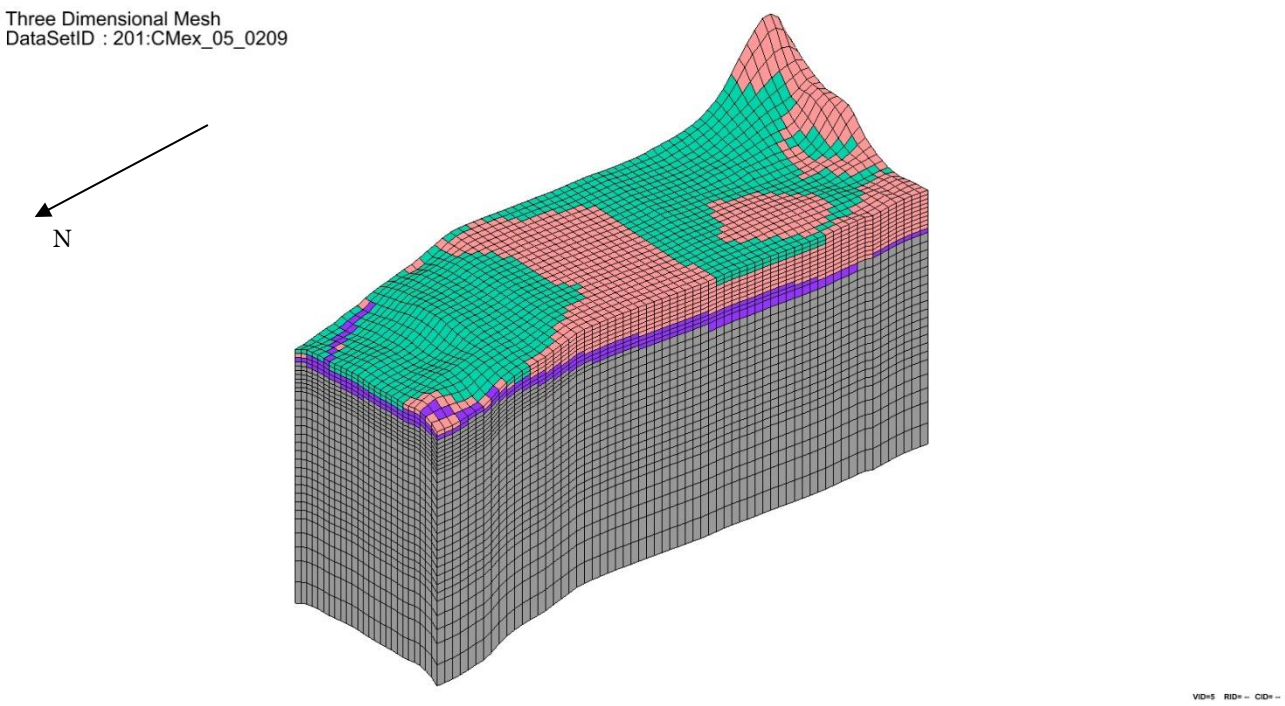
1 -59 ID5. AI

3 (1)



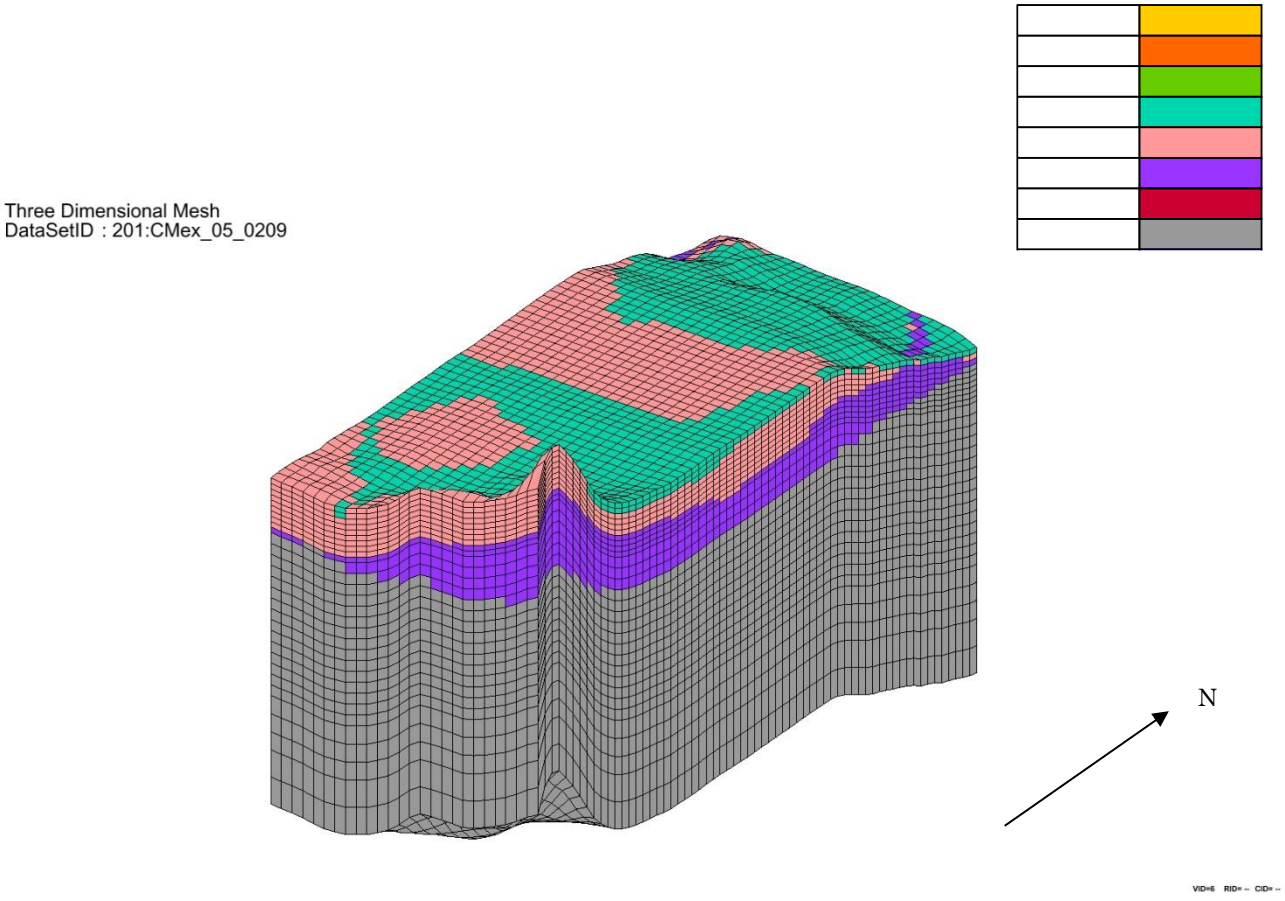
1 -60 ID5. AI

3 (2)



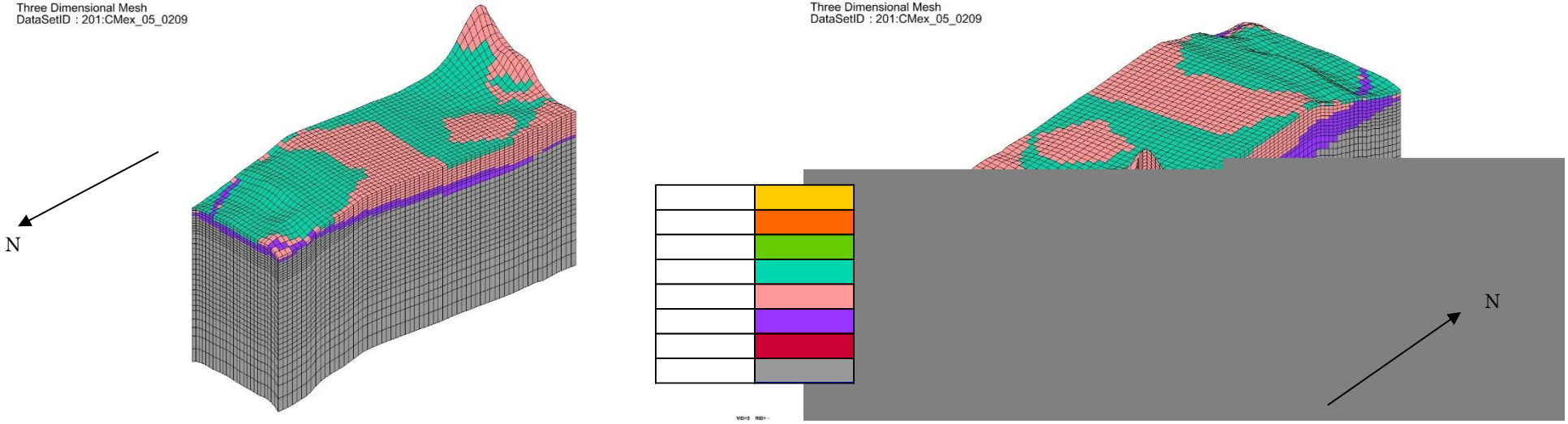
1 -61 ID5. AI

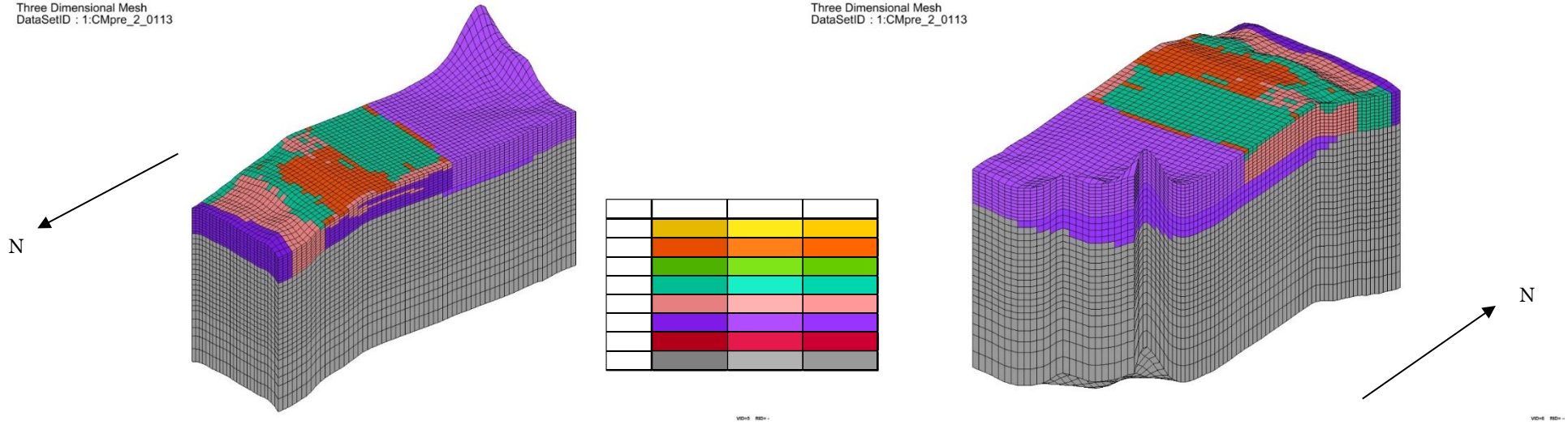
3 (1)



1 -62 ID5. AI

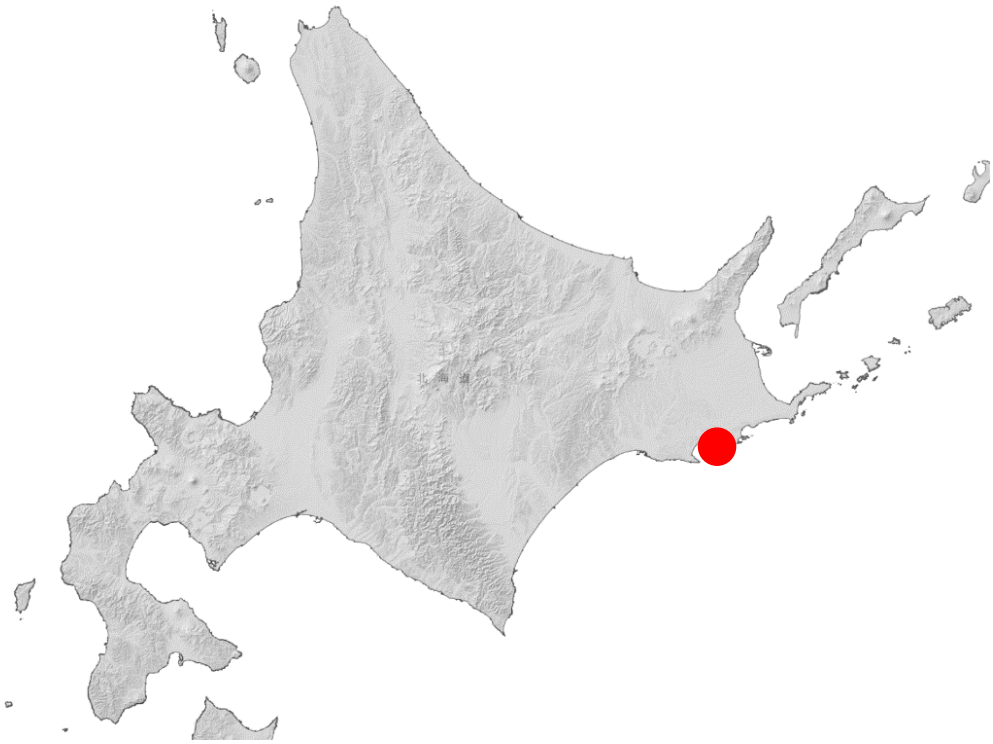
3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_05_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_05_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_2_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_2_0113
N

1 -63ID5. 3

ID.6 釧路



1 -64 ID6.

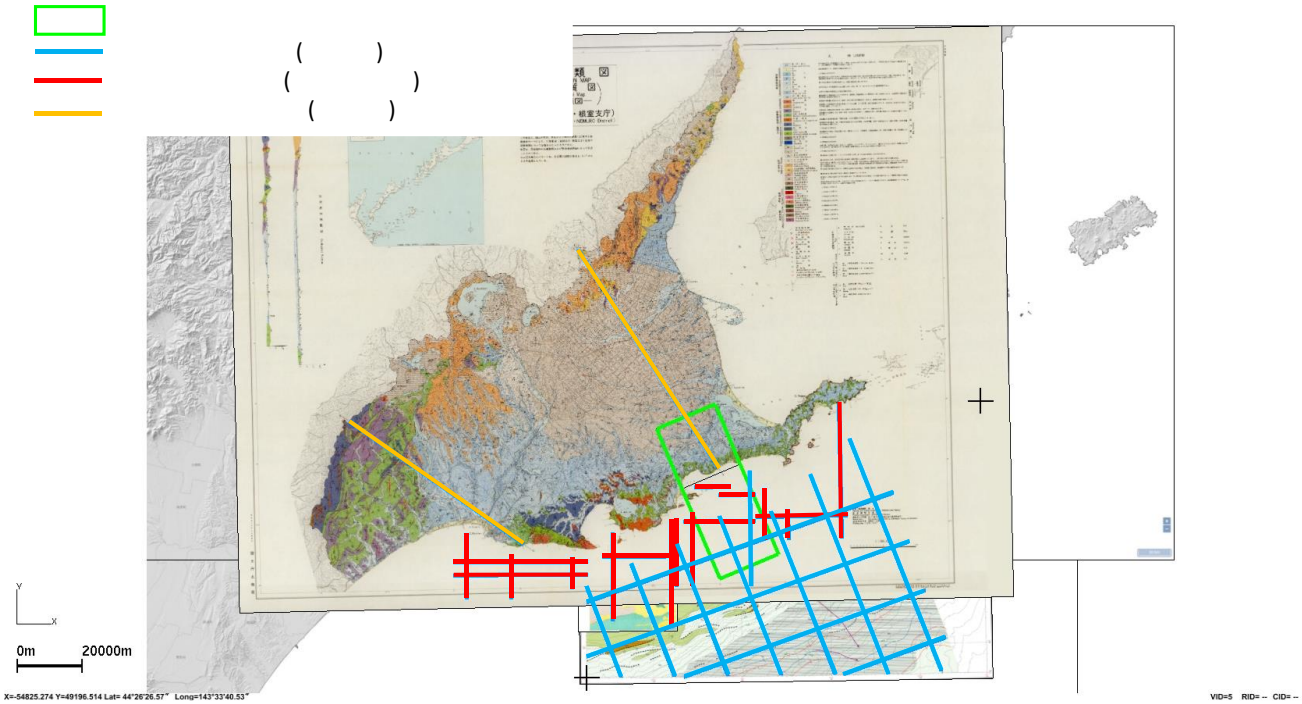
地域概要

引用データ

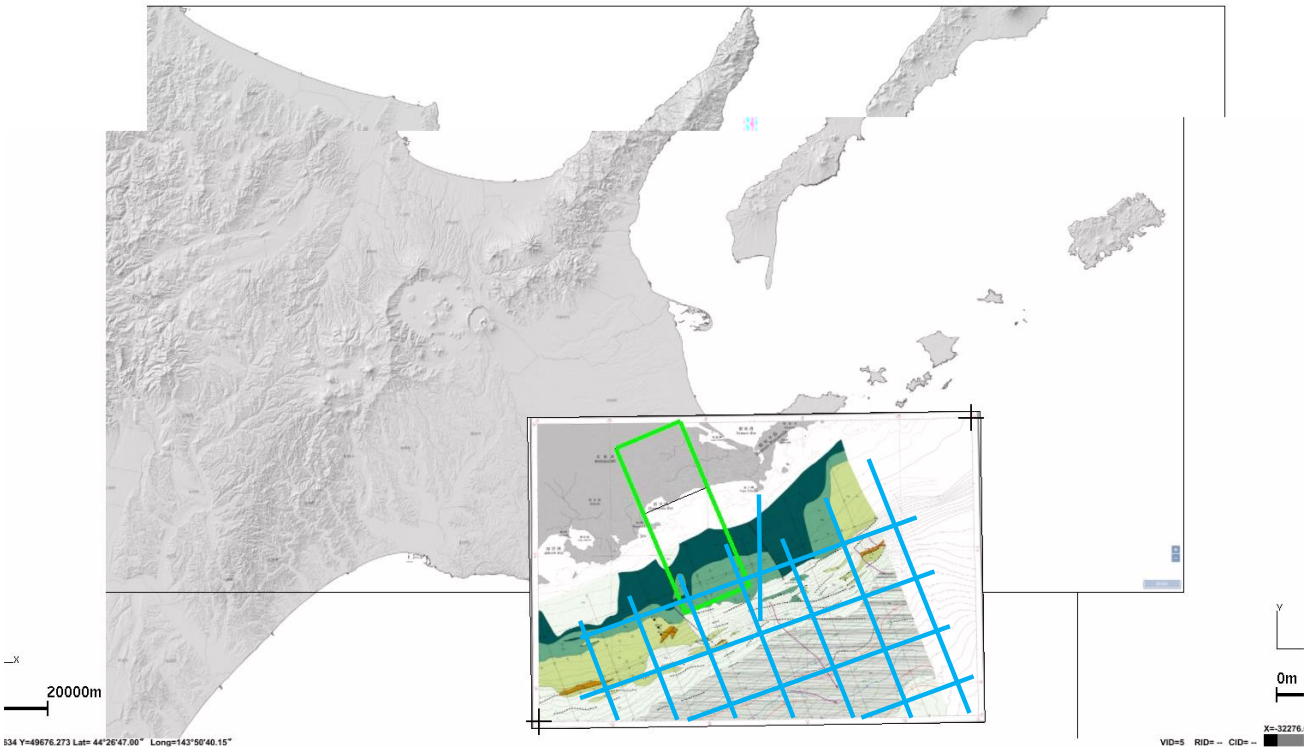
1 -14 1 -65

1 -69 1 -70

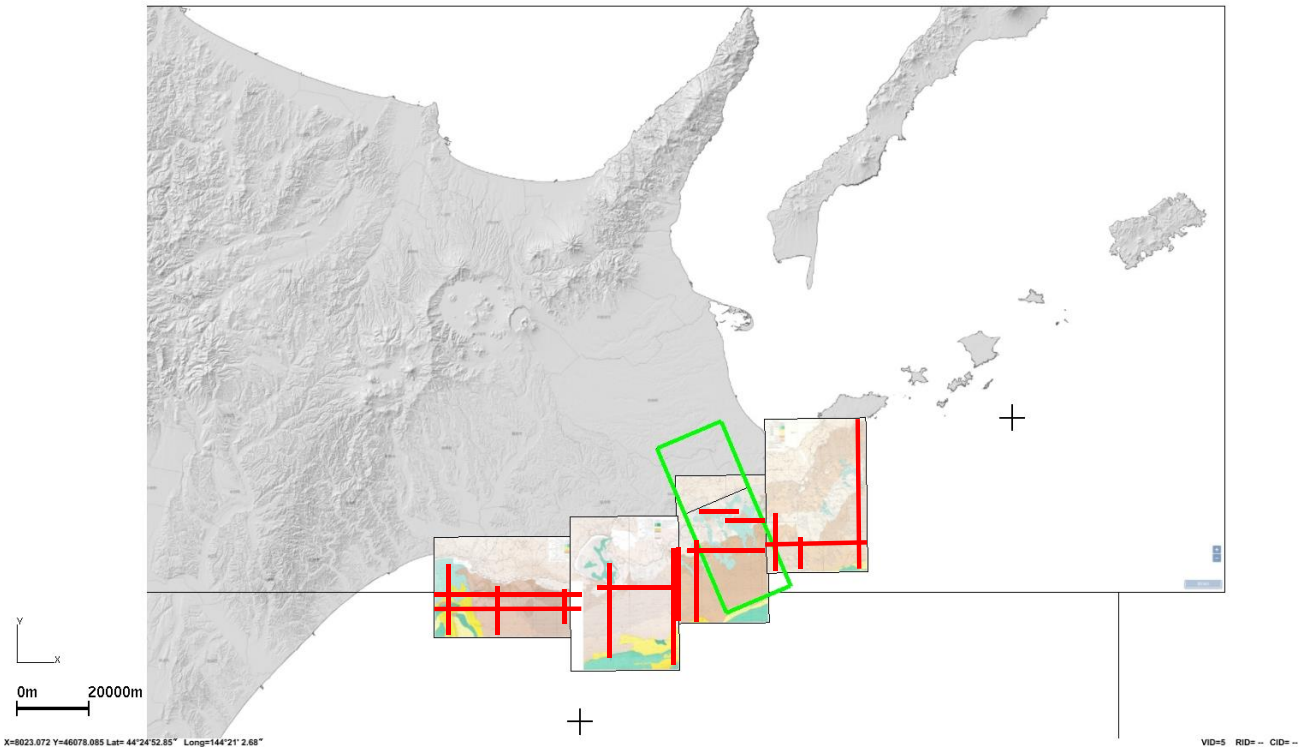
1 -14 ID6.



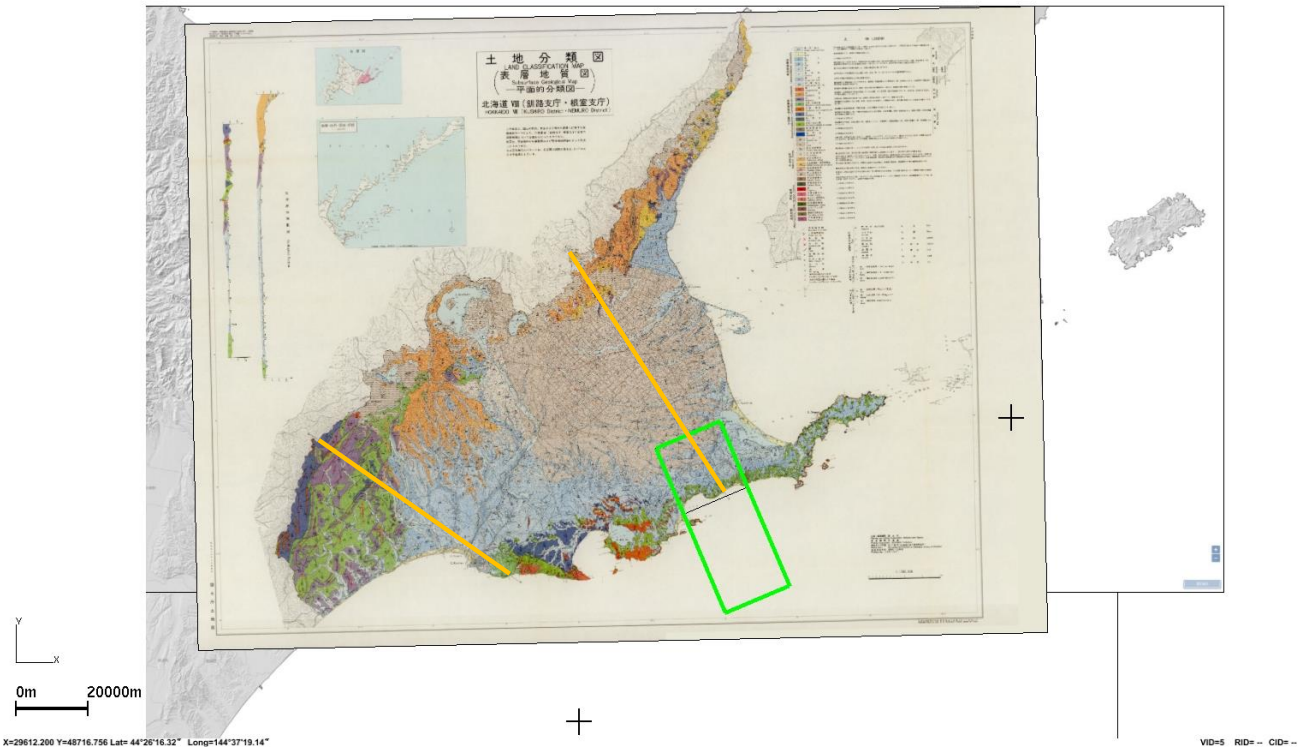
1 -65 ID6.



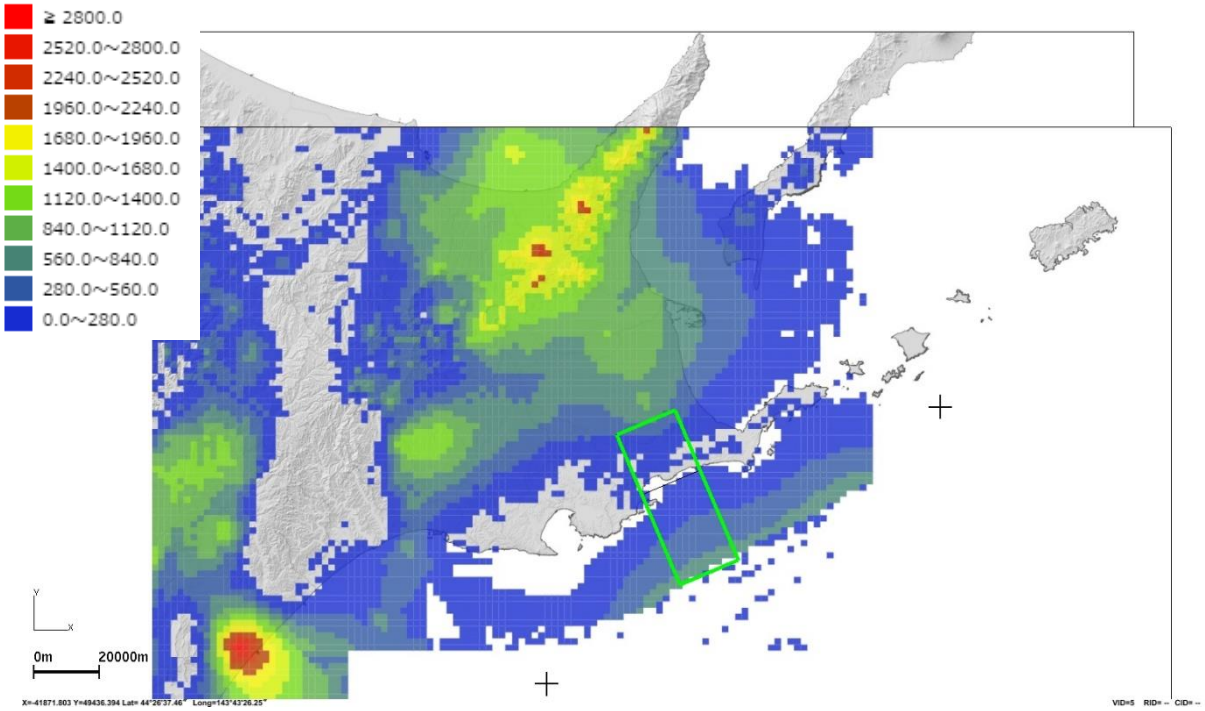
1 -66 ID6. ( )



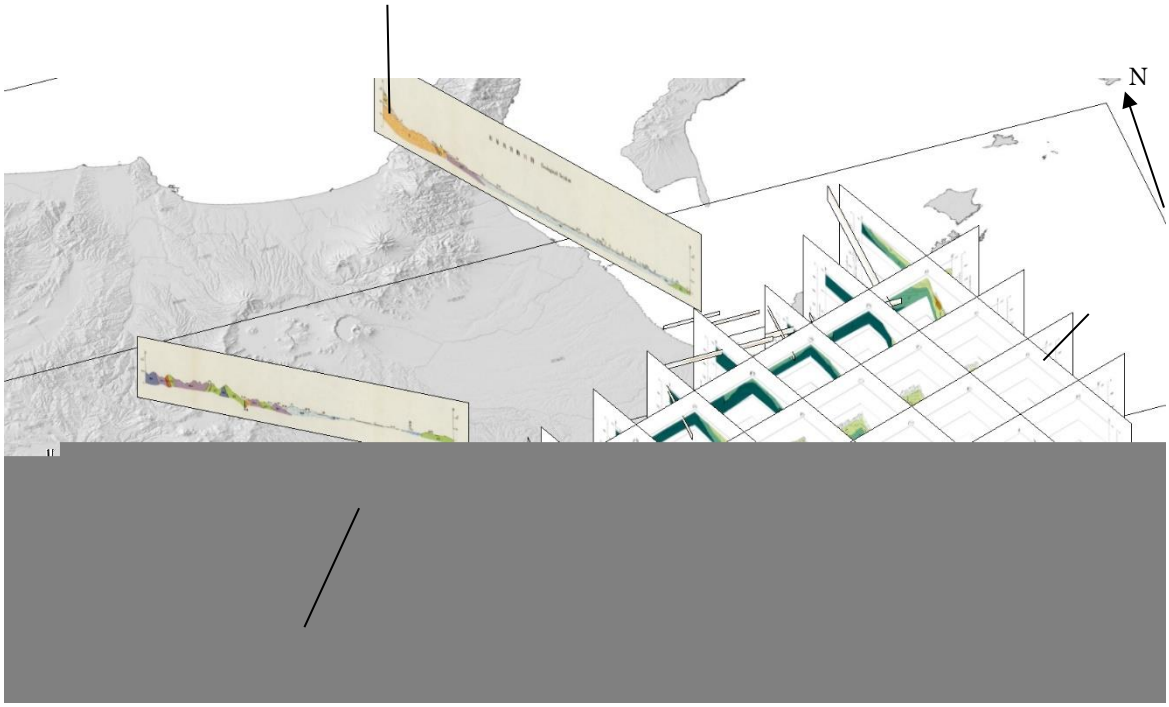
1 -67 ID6. ( )



1 -68 ID6. ( )



1 -69 ID6. ( )



1 -70 ID6.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1 -71 3 1 -72

1 -76 1 -15

1 -77

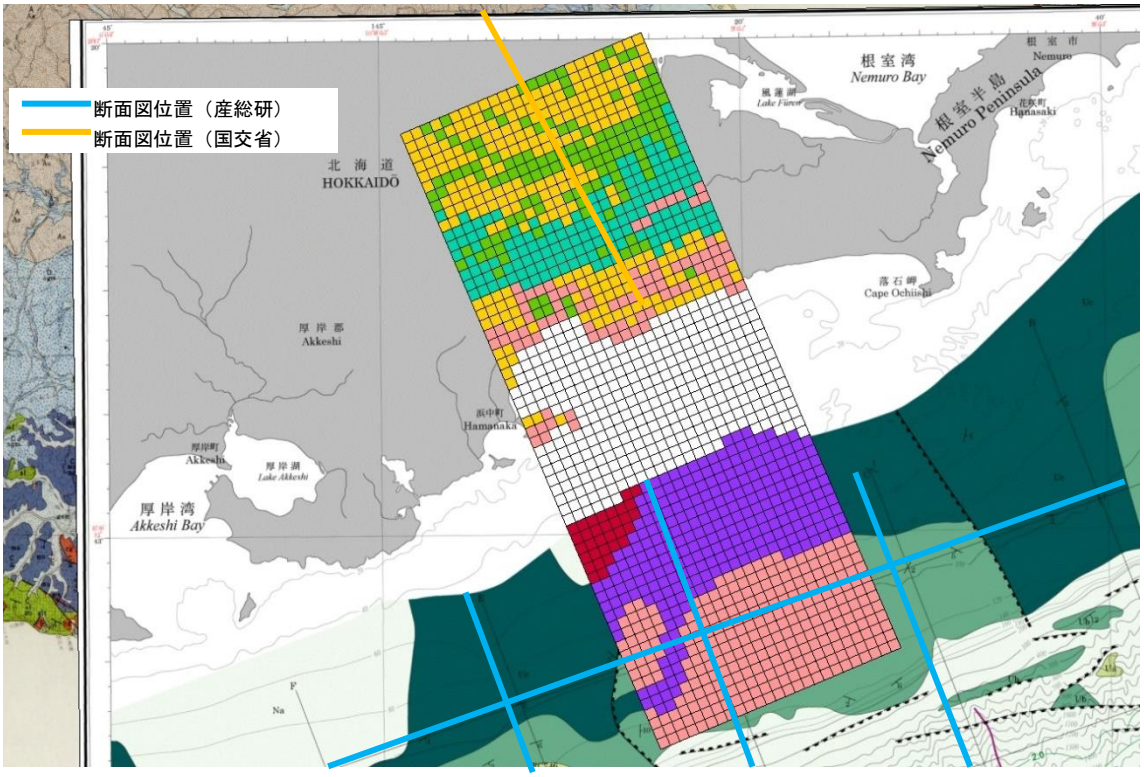
1 -15 ID6. AI

1 -72 1 -71 AI

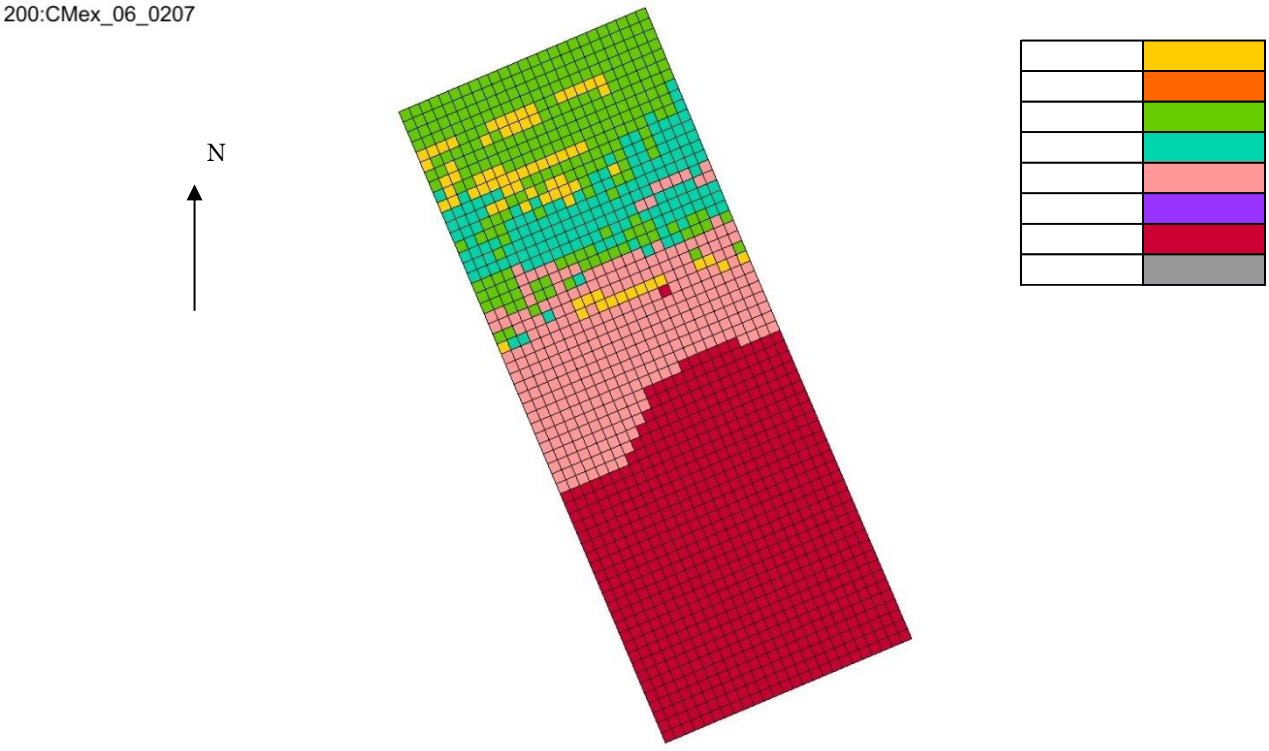
ID

1 -73 1 -74 Na Nb

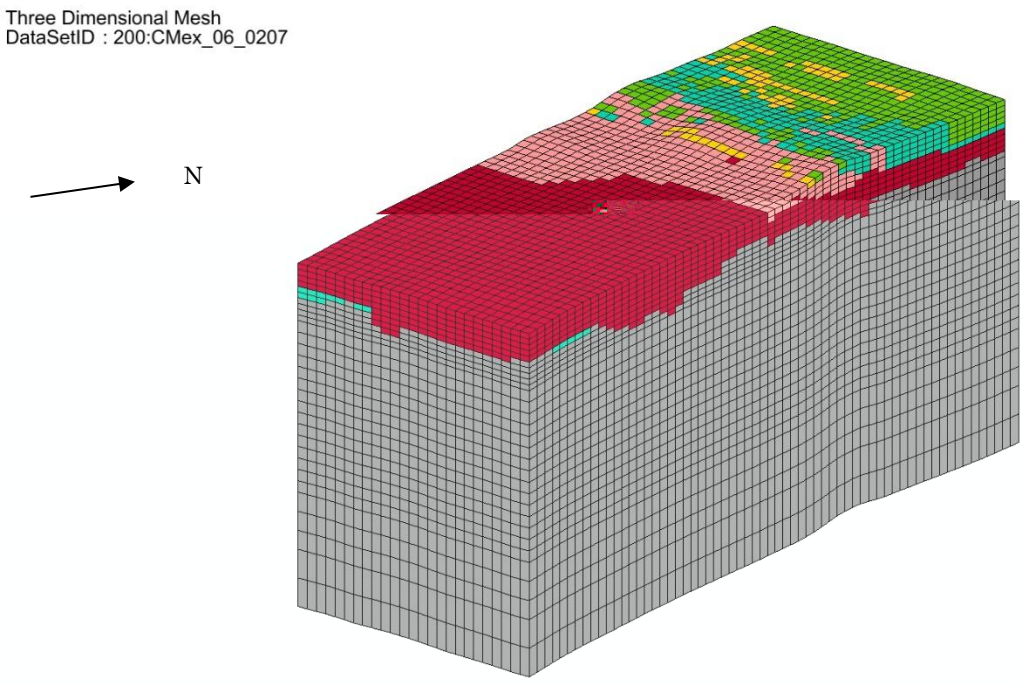
N1 1 -75 1 -76



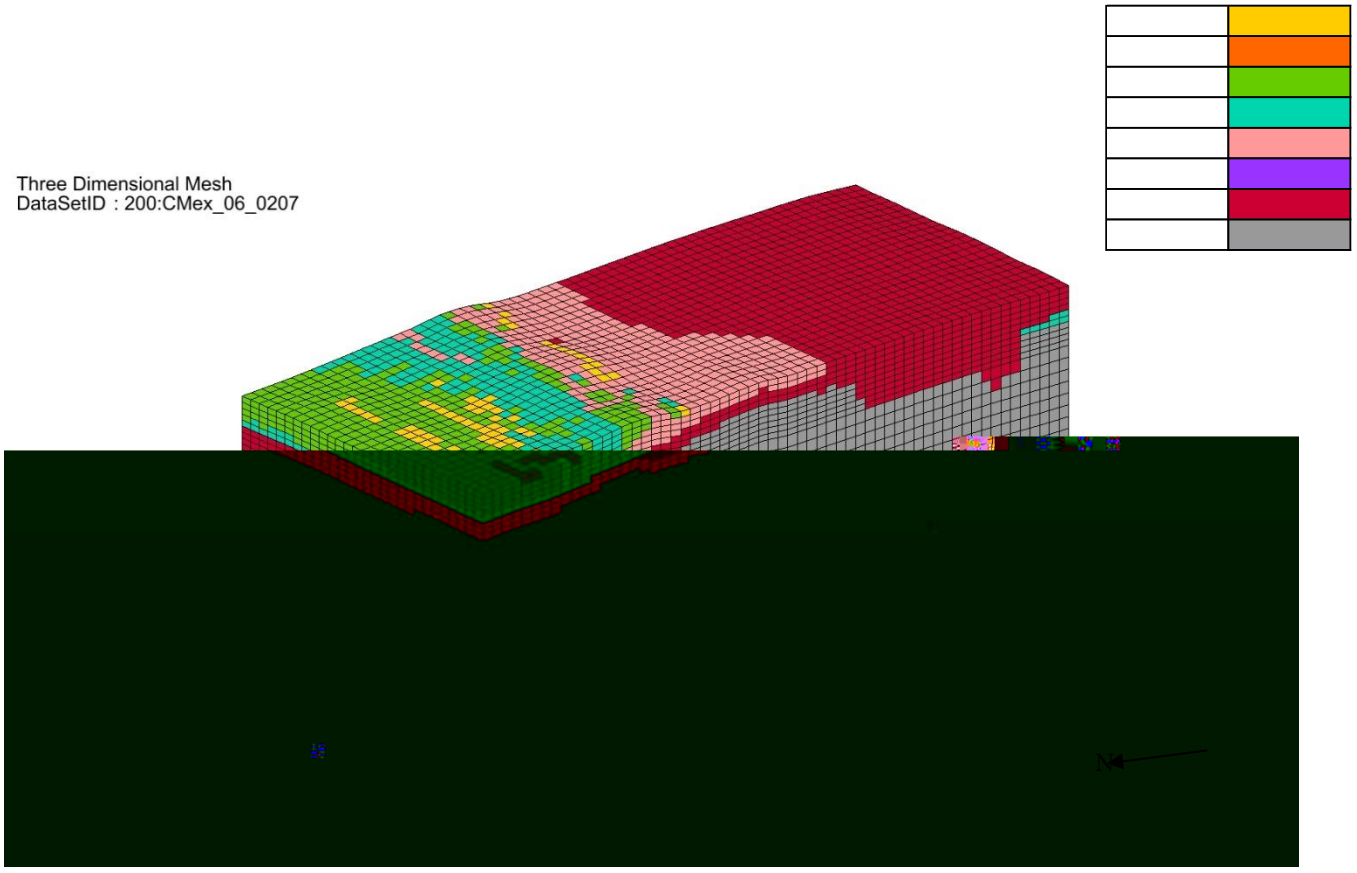
1 -71 ID6.



1 -72ID6. AI

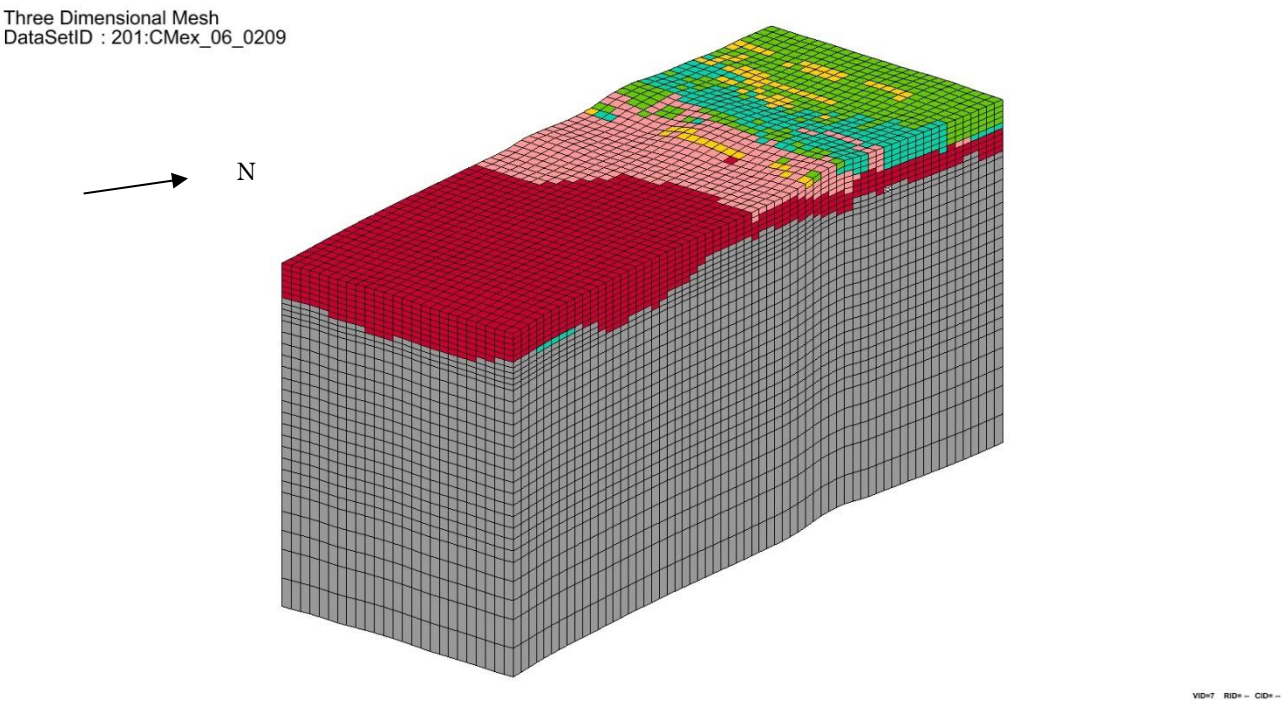


1 -73 ID6. AI 3 (1)

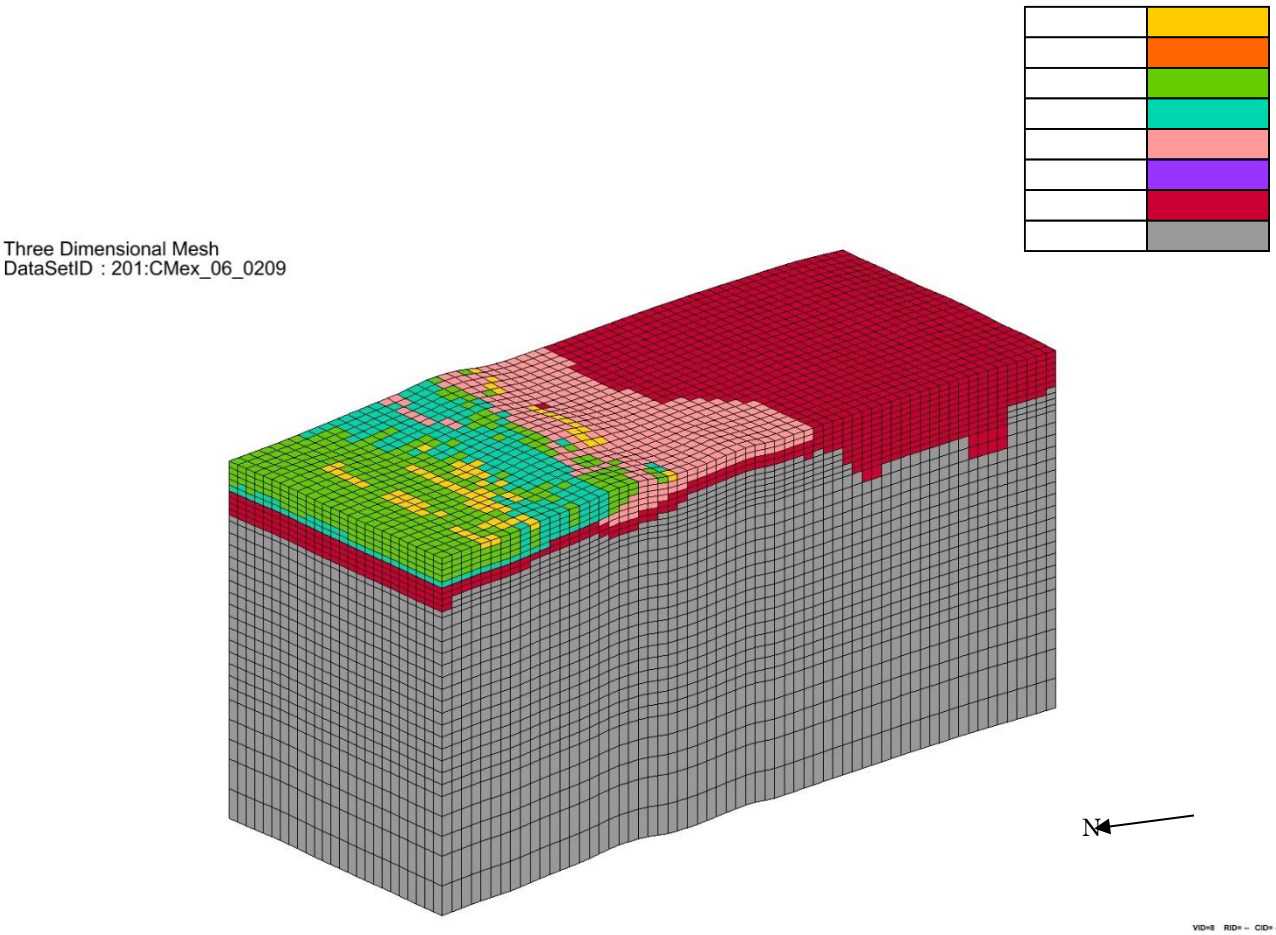


1 -74 ID6. AI 3 (

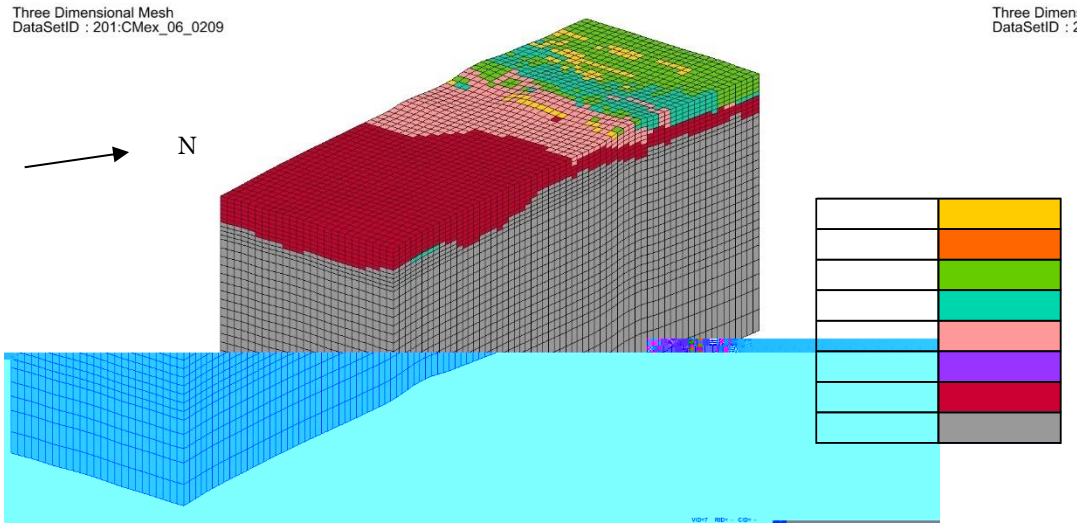
2)

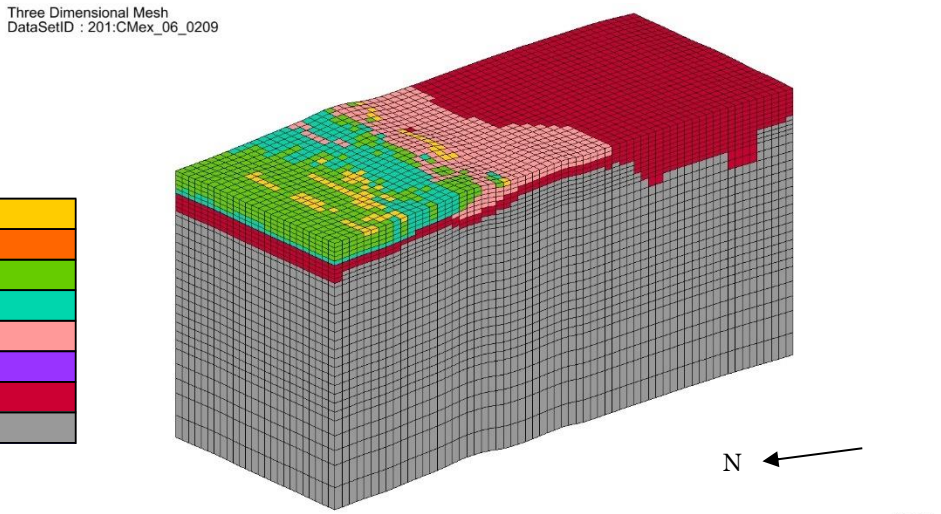


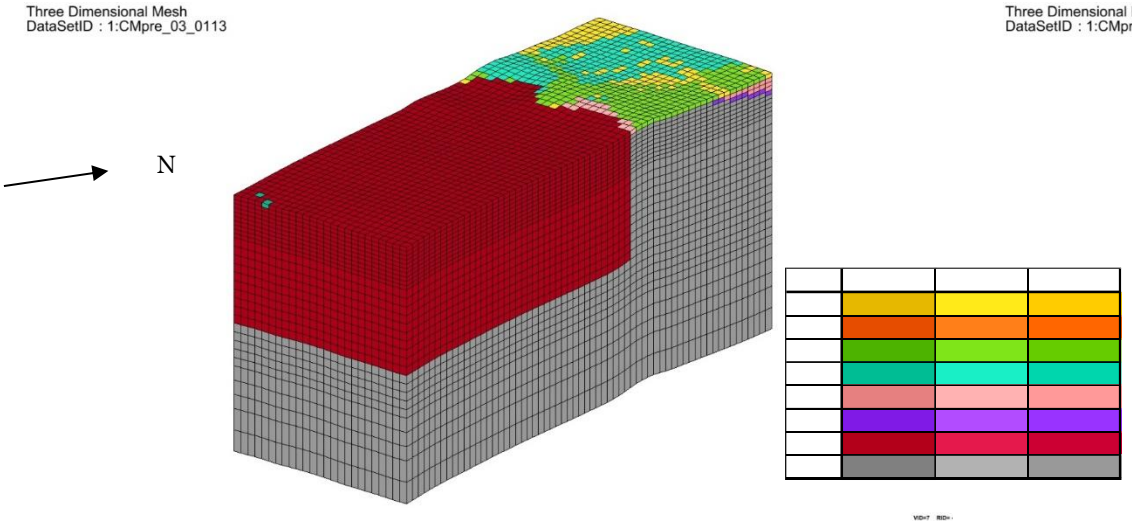
1 -75 ID6. AI 3 (1)

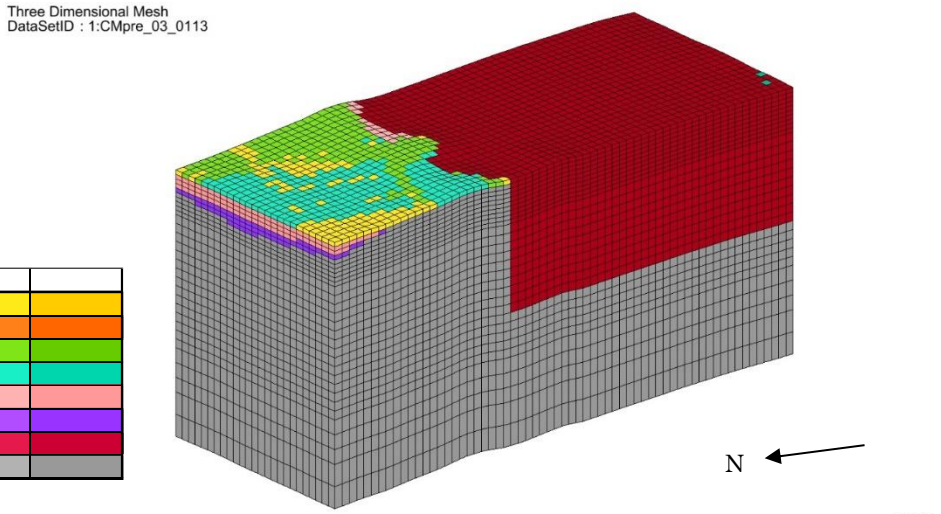


1 -76 ID6. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_06_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_06_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_03_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_03_0113
N

1 -77 ID6. 3

ID.7 十勝

モデル化位置

1 -78

1 -78　ID7.

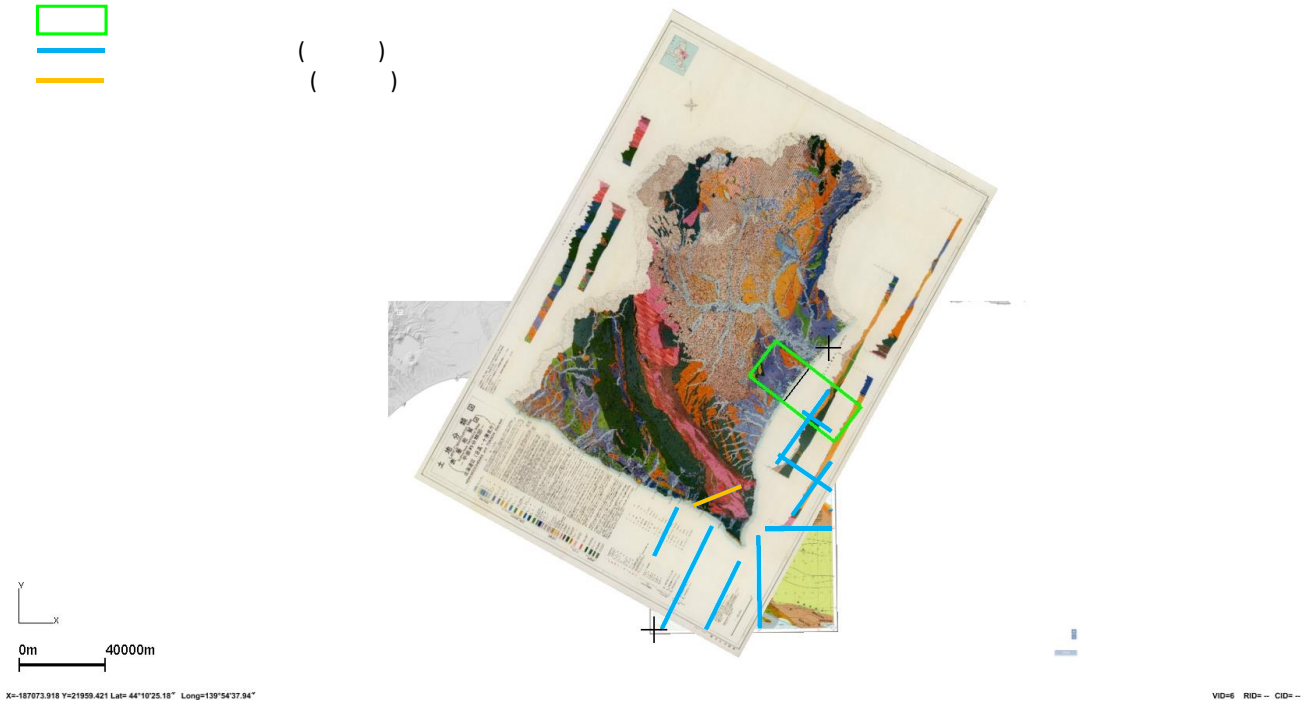
地域概要

引用データ

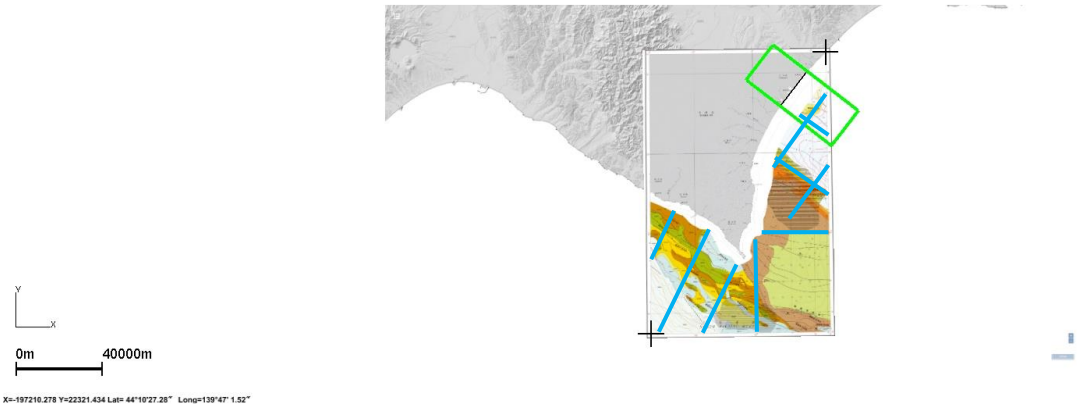
1 -16　　1 -79

1 -82　　1 -83

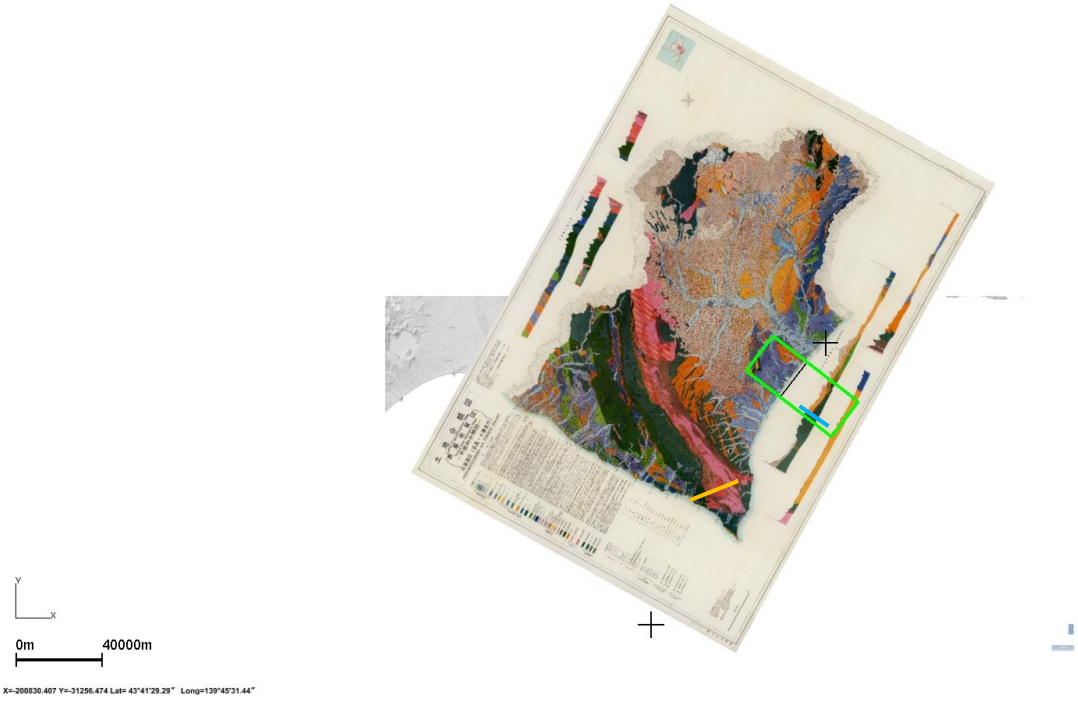
1 -16 ID7.



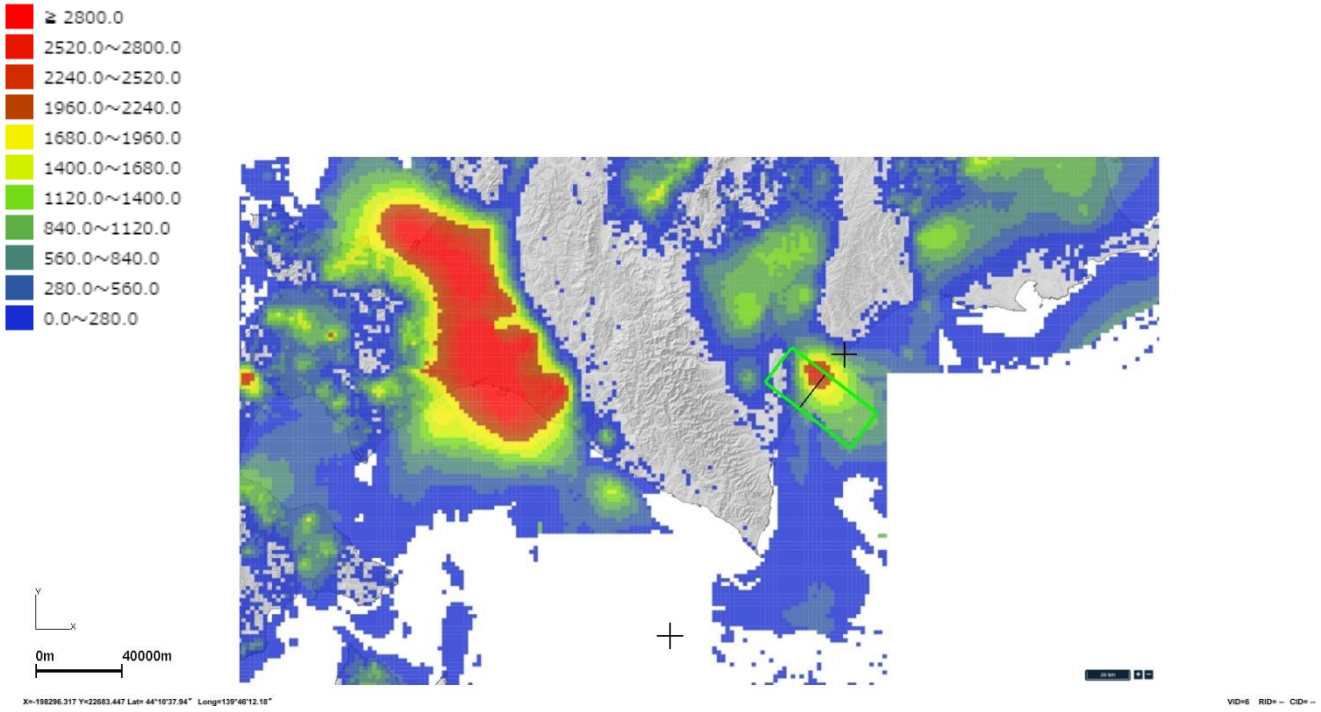
1 -79 ID7.



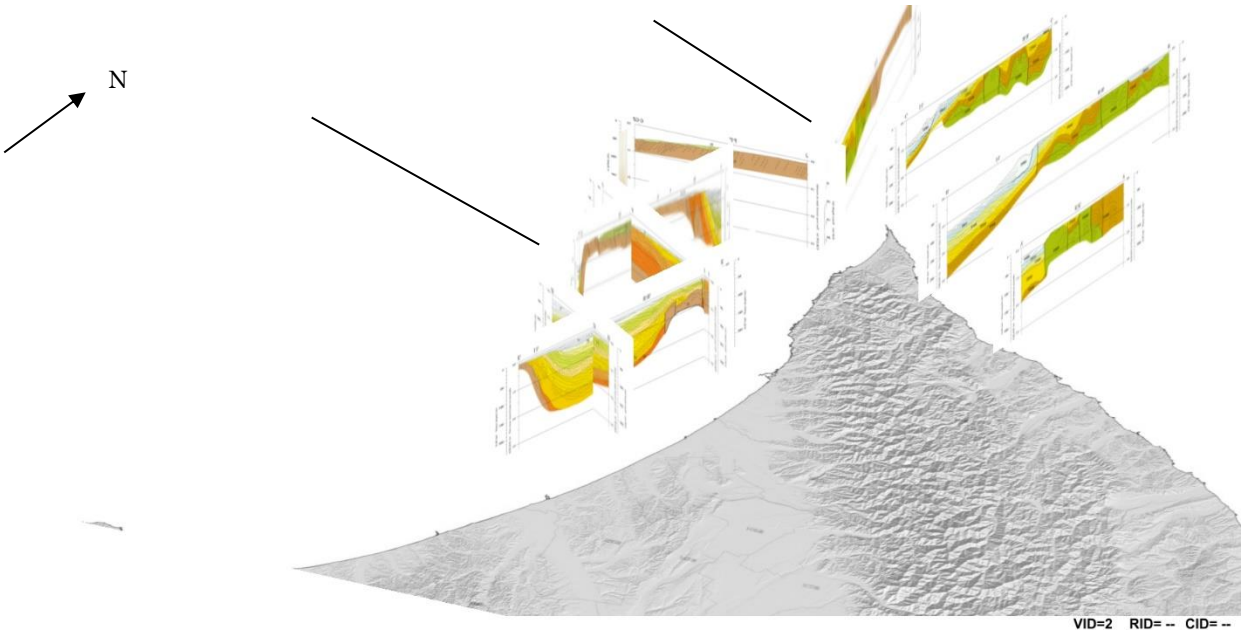
1 -80 ID7. ( )



1 -81 ID7. ( )



1 -82 ID7. ( )



1 -83 ID7.

解析モデル作成方針

20km 20km

30km

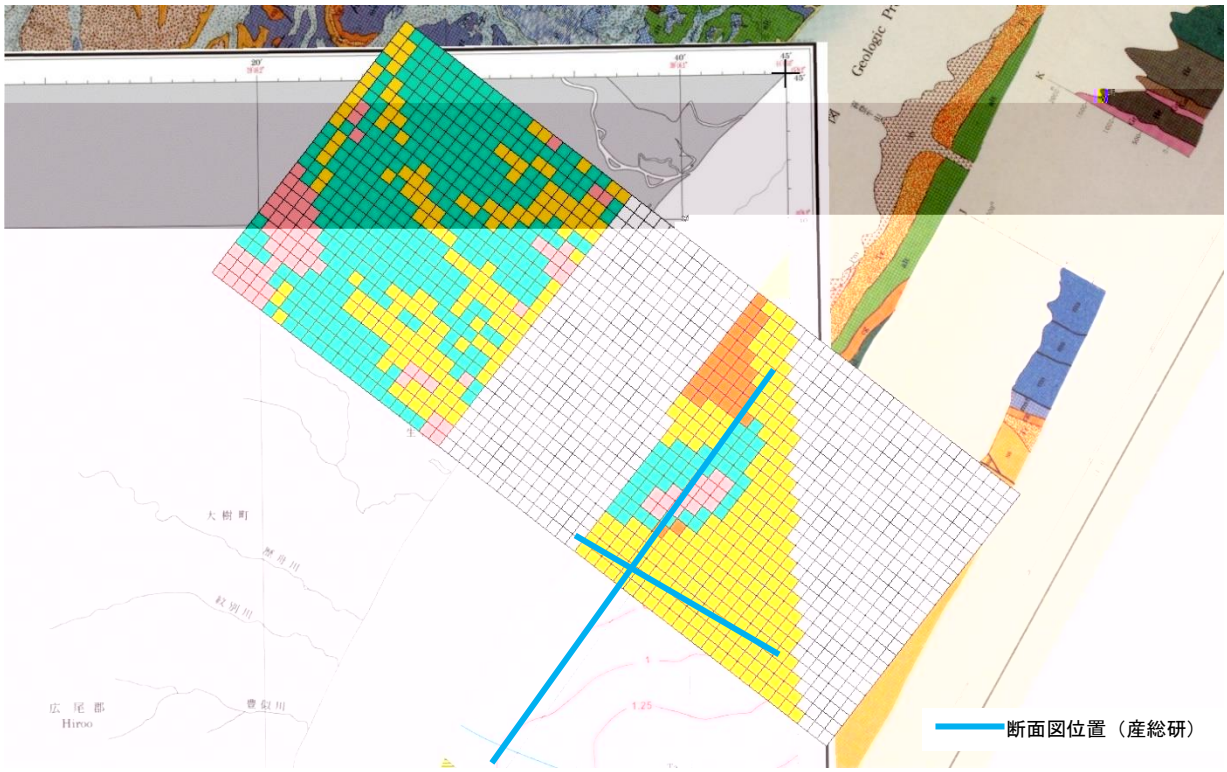
AI 学習・予測

AI 1 -81 3 1 -85

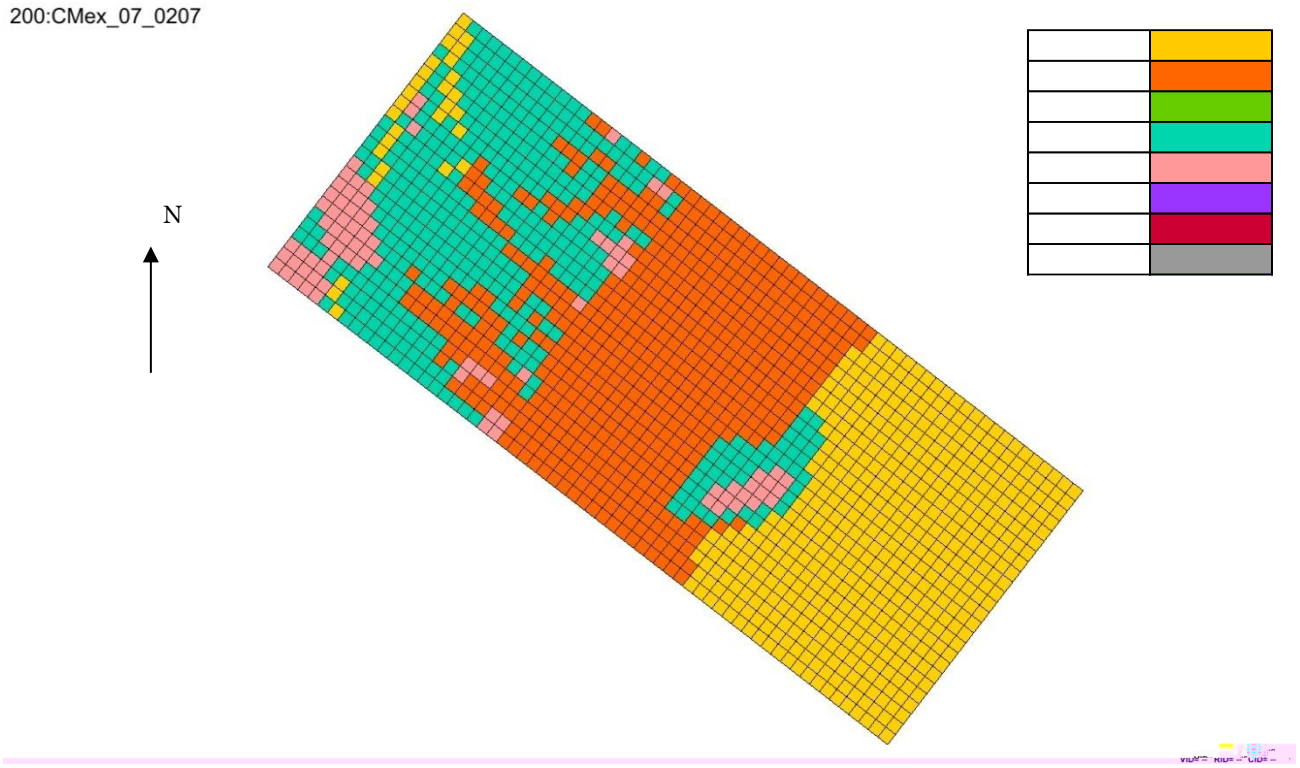
1 -87 1 -17

1 -88

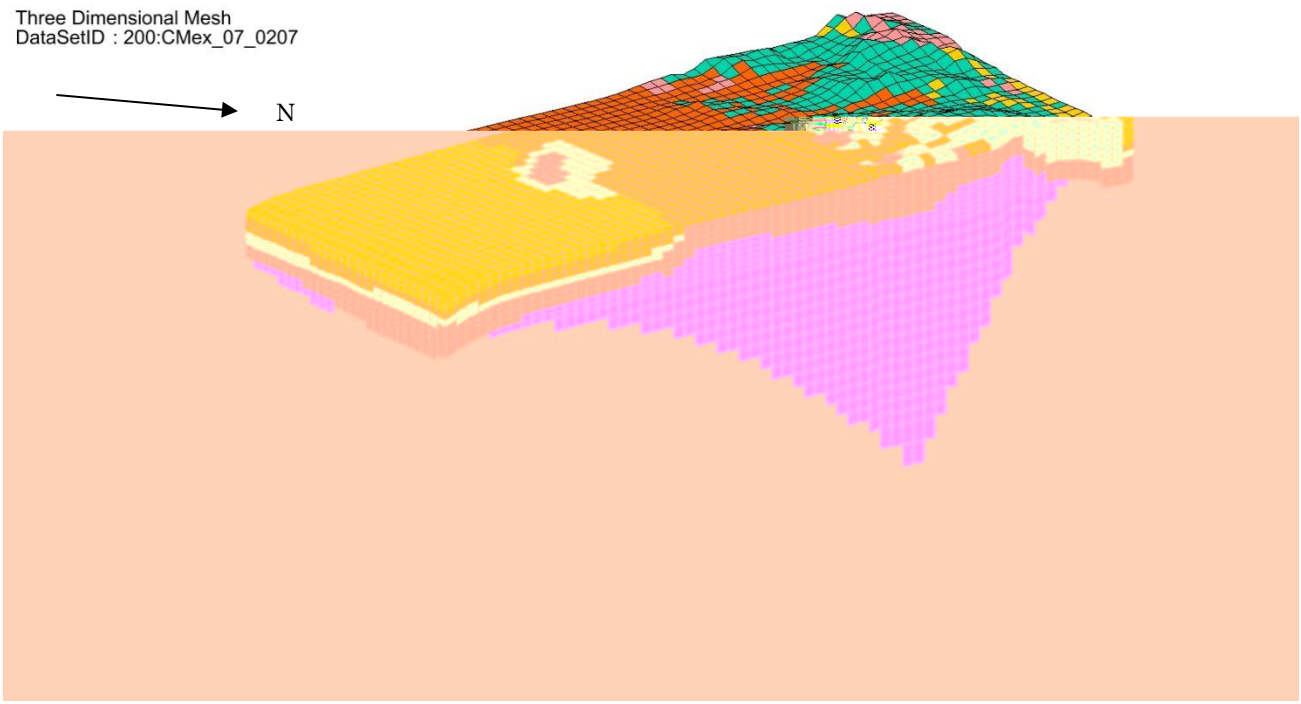
1 -17 ID7. AI



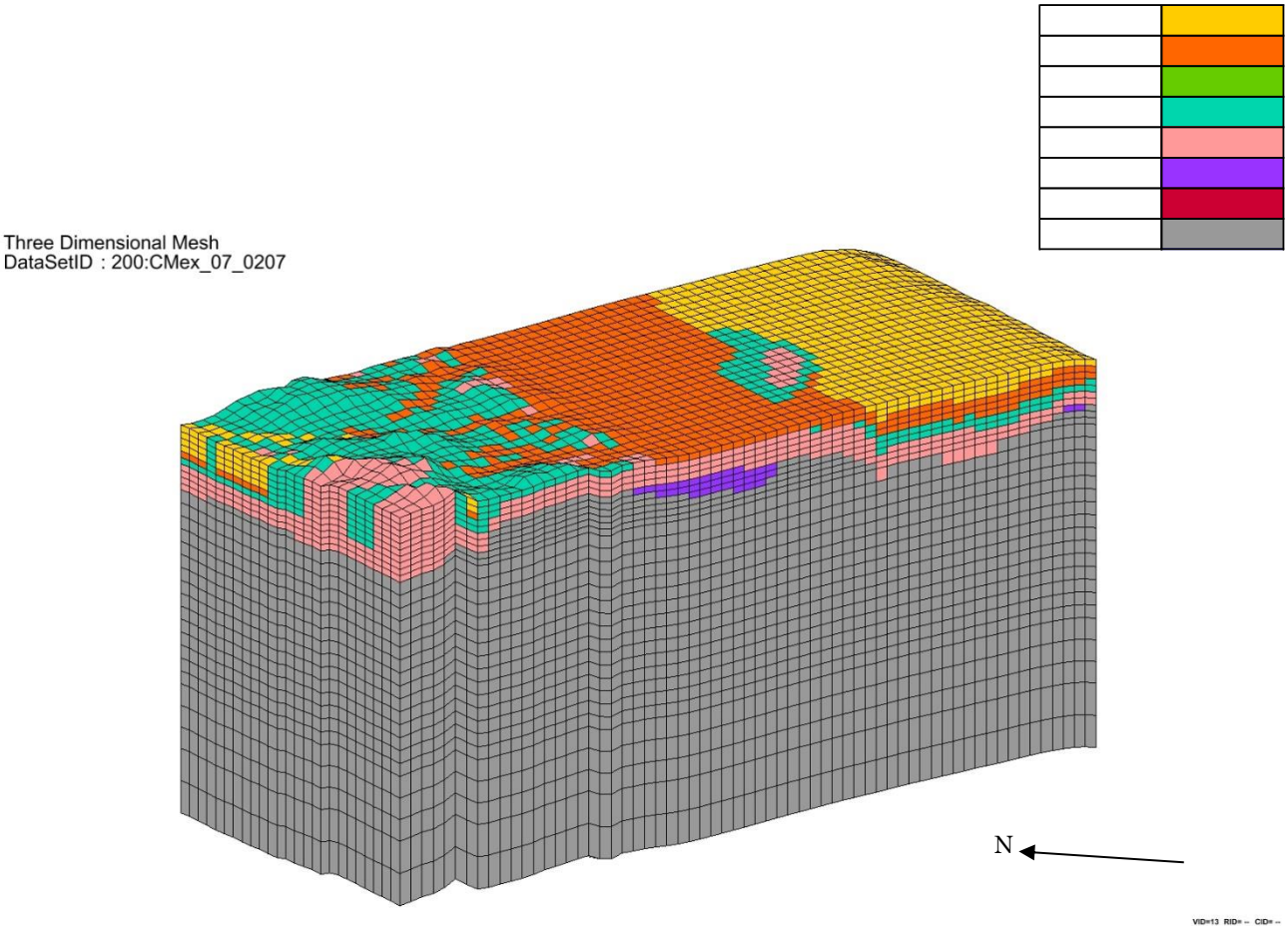
1 -84　　ID7.



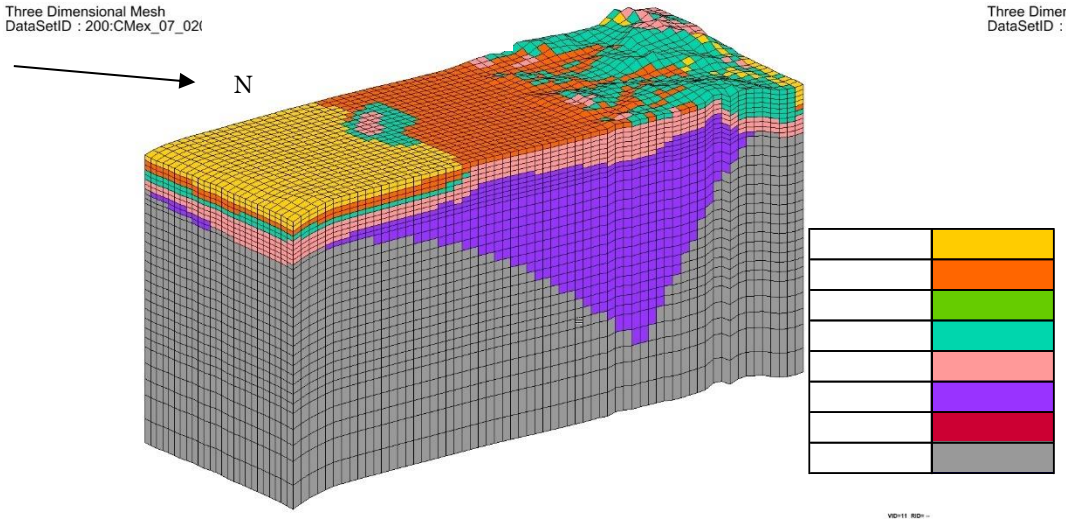
1 -85 ID7. AI

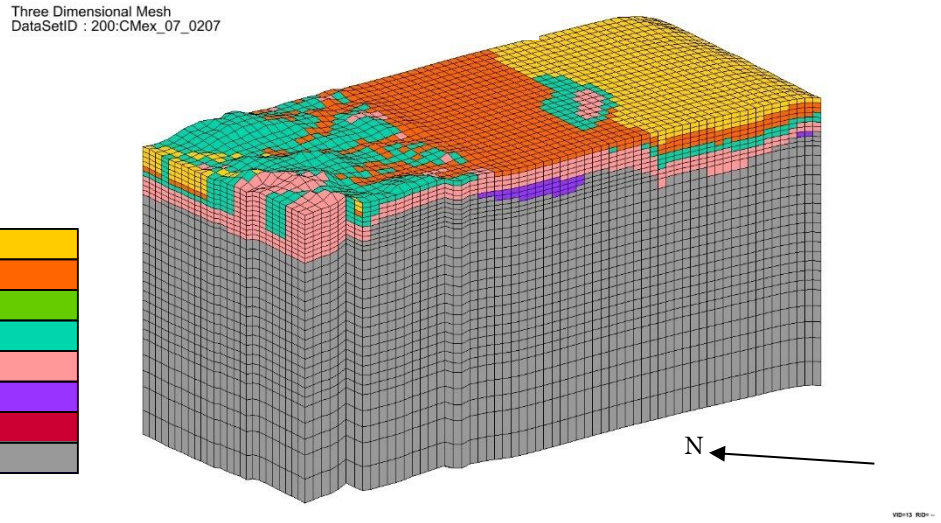


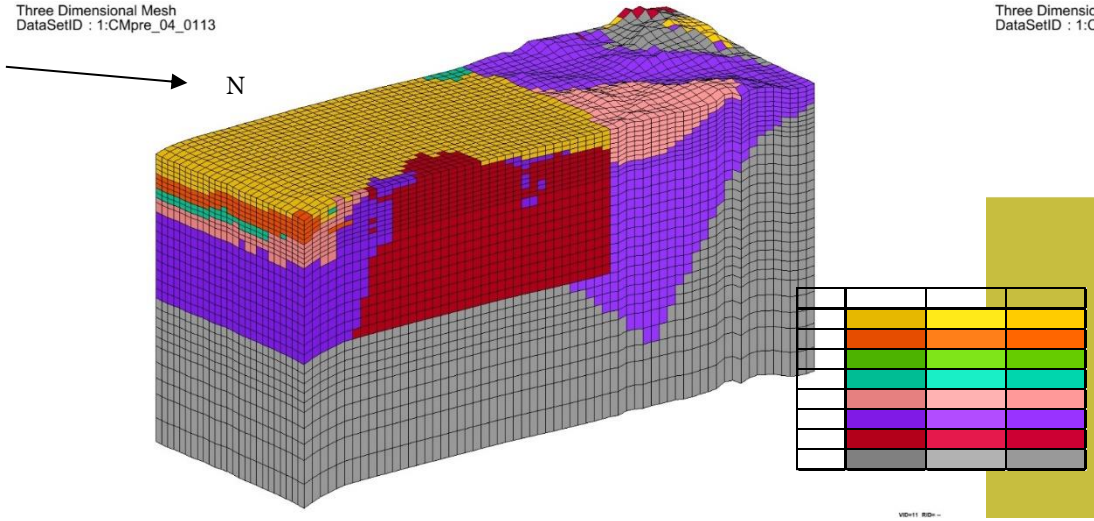
1 -86 ID7. AI 3 (1)

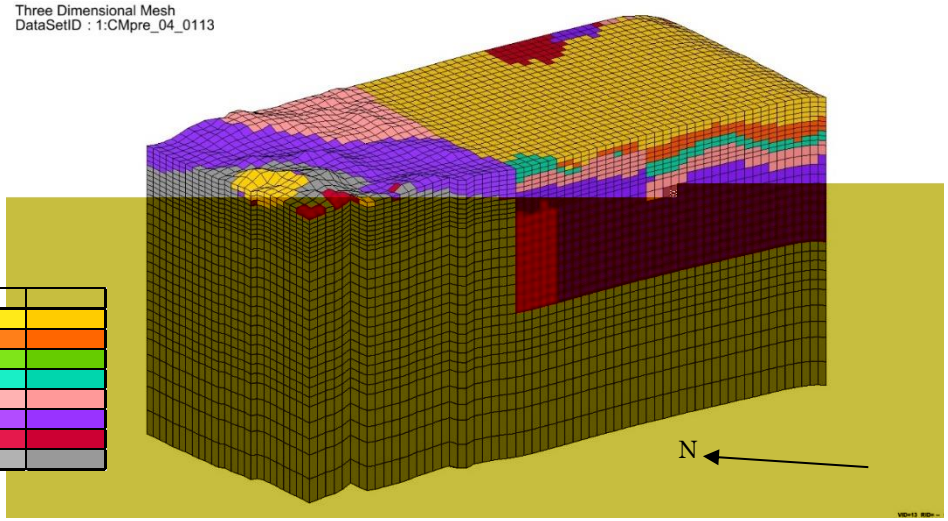


1 -87 ID7. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_07_02(
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_07_0207
N

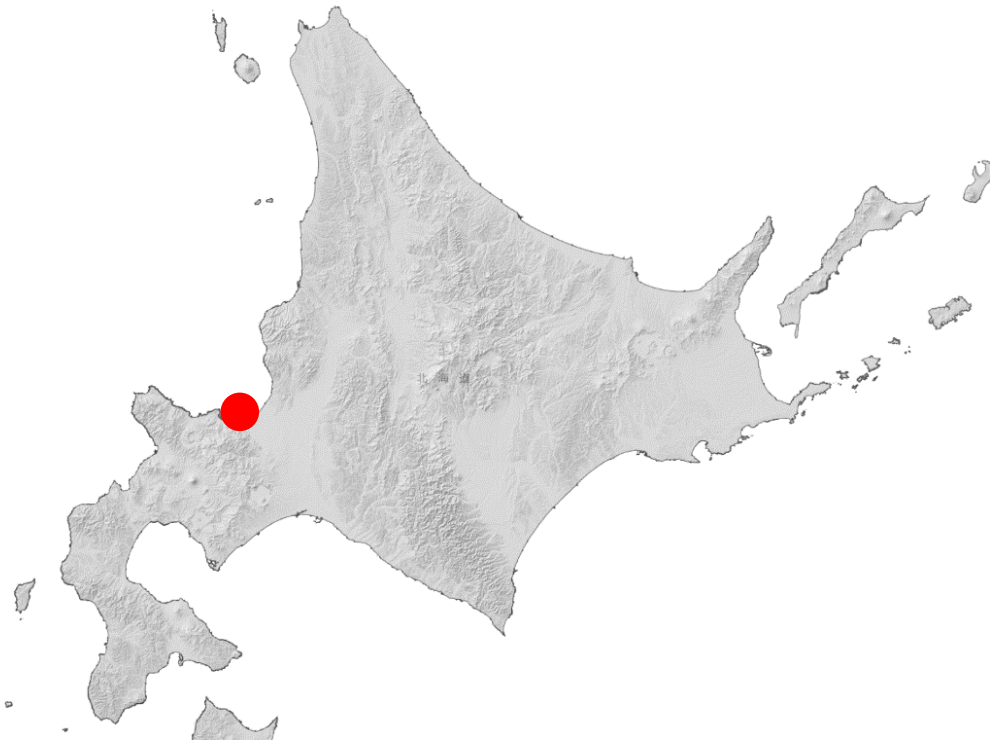

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_04_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_04_0113
N

1 -88 ID7. 3

ID.8 石狩

モデル化位置



1 -89　ID8.

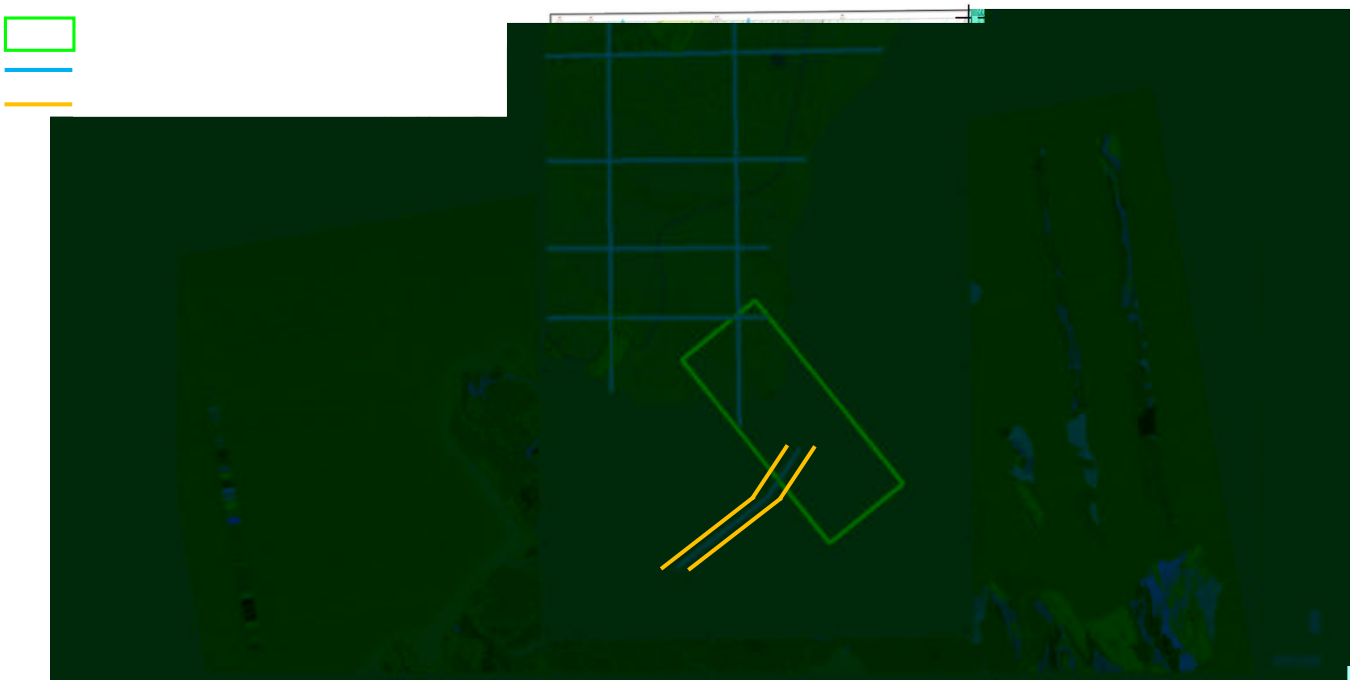
地域概要

引用データ

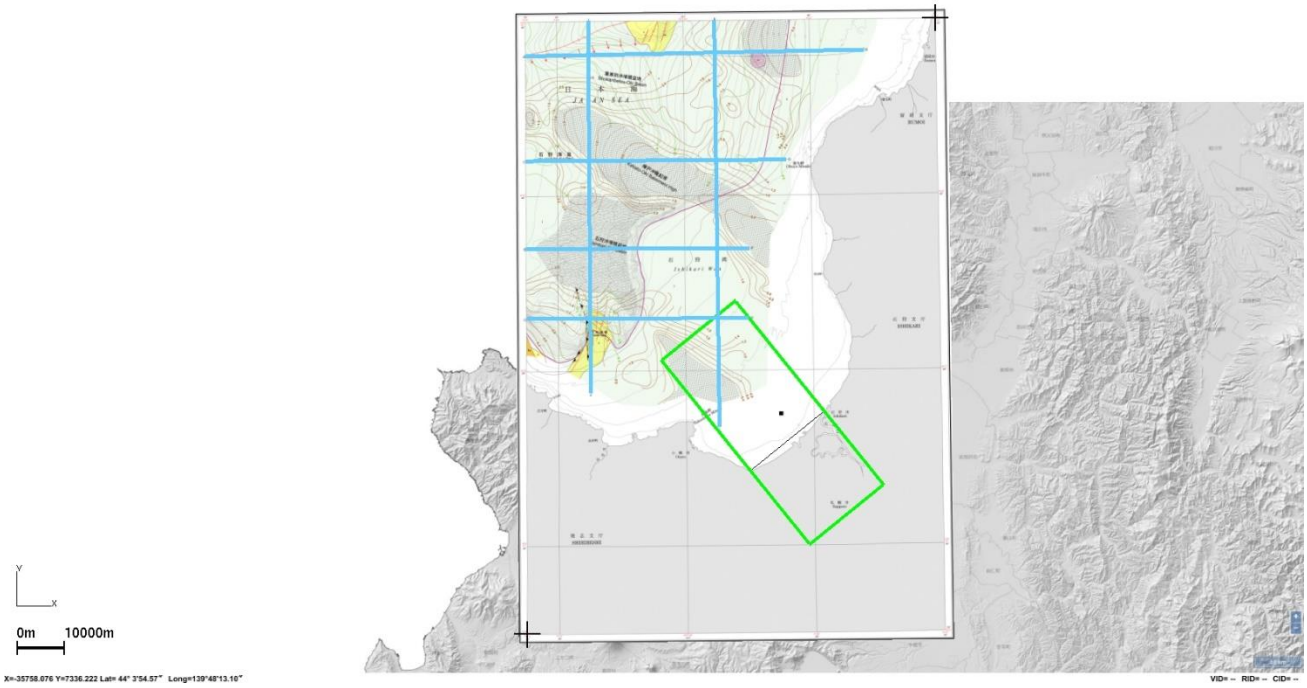
1 -18 1 -90

1 -93 1 -91

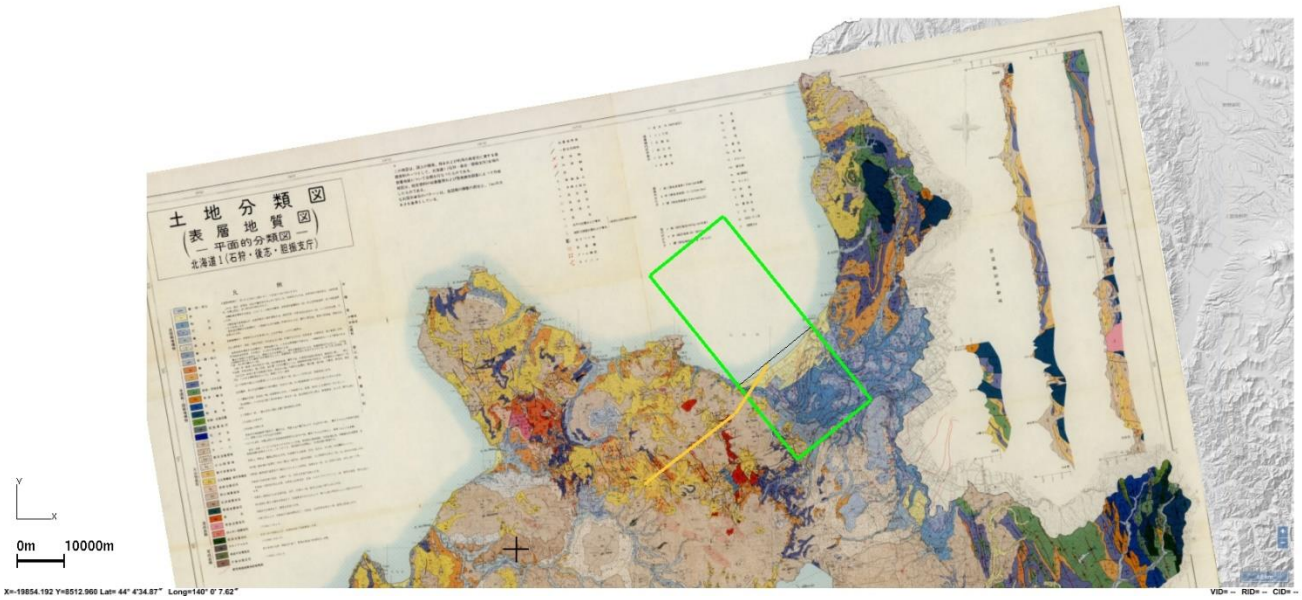
1 -18 ID8.



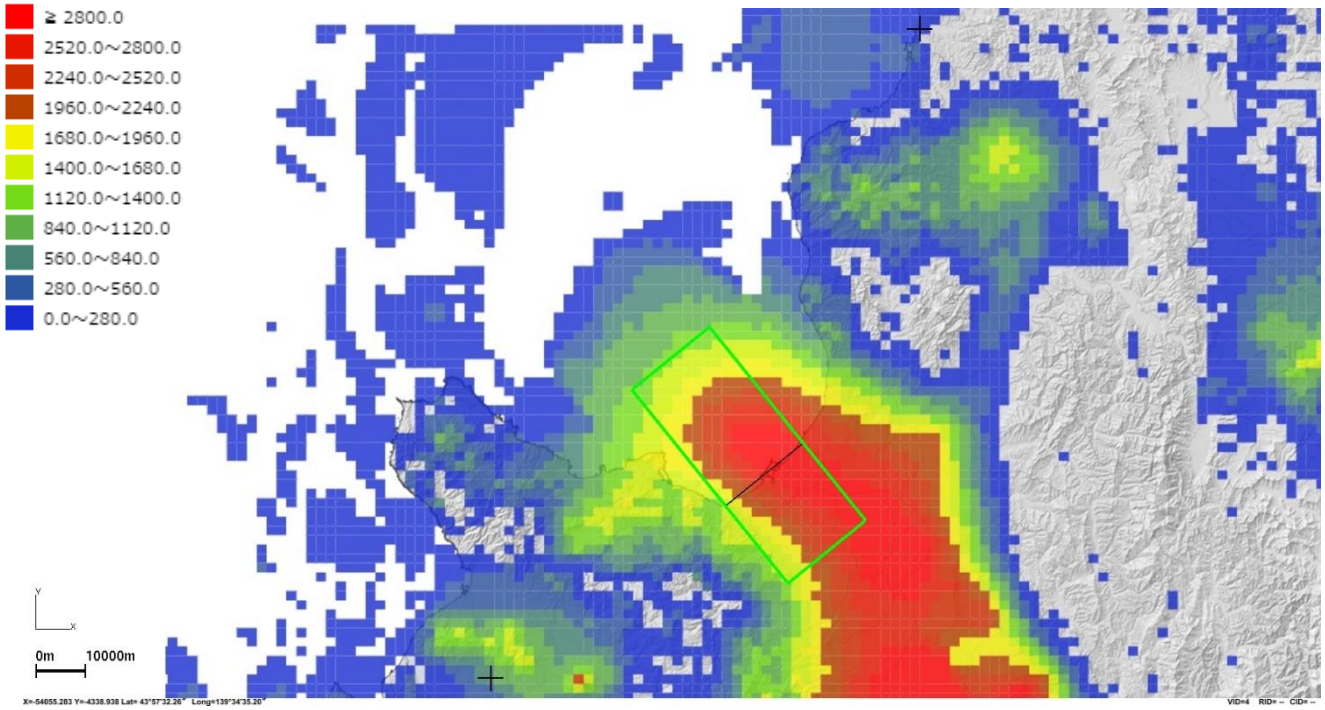
1 -90 ID8.



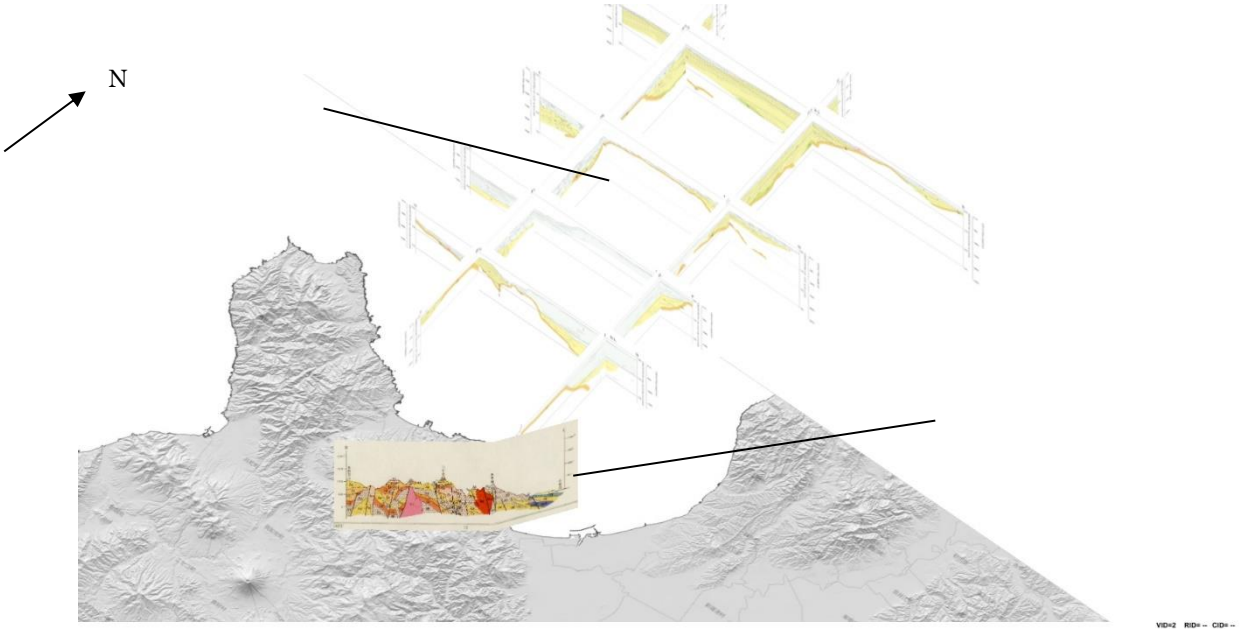
1 -91　ID8.　　(　　)



1 -92　ID8.　　(　　)



1 -93 ID8. ( )



1 -94 ID8.

解析モデル作成方針

20km 20km

30km

AI 学習・予測

AI 1 -95 3 1 -96

1 -100 1 -19

1 -101

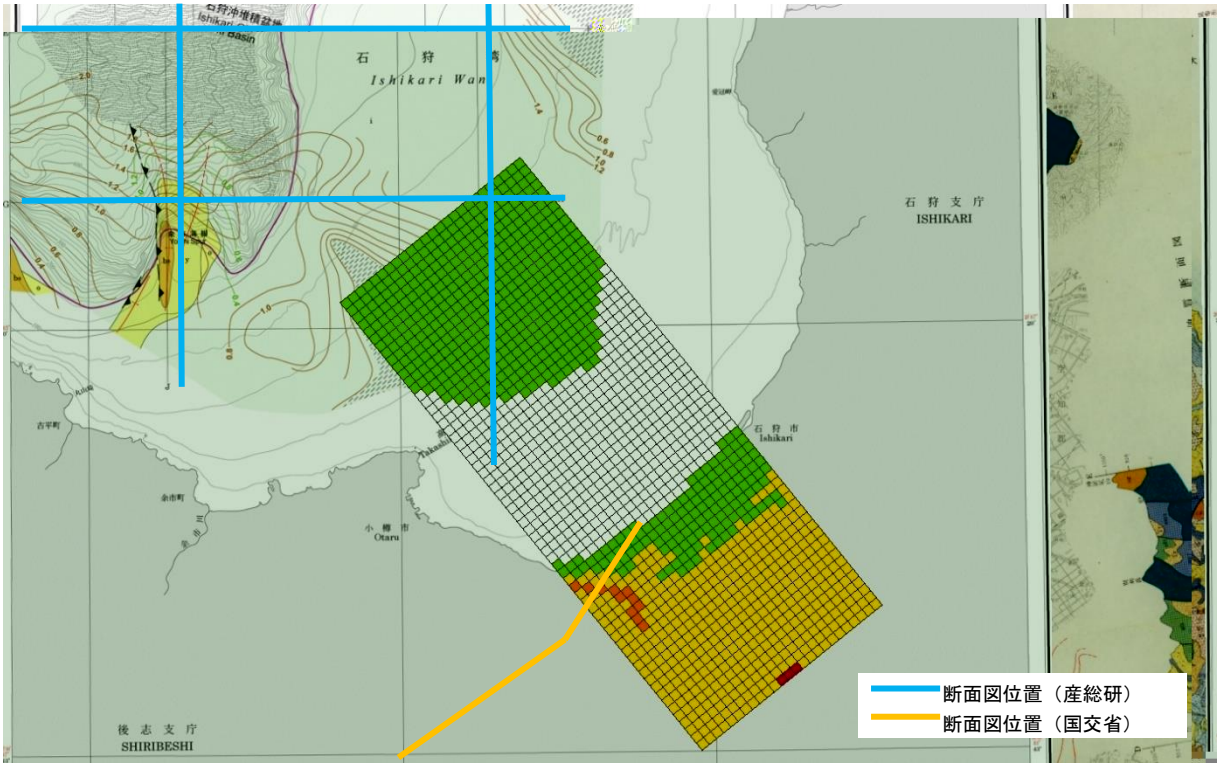
1 -19 ID8. AI

1 -96 1 -95 AI

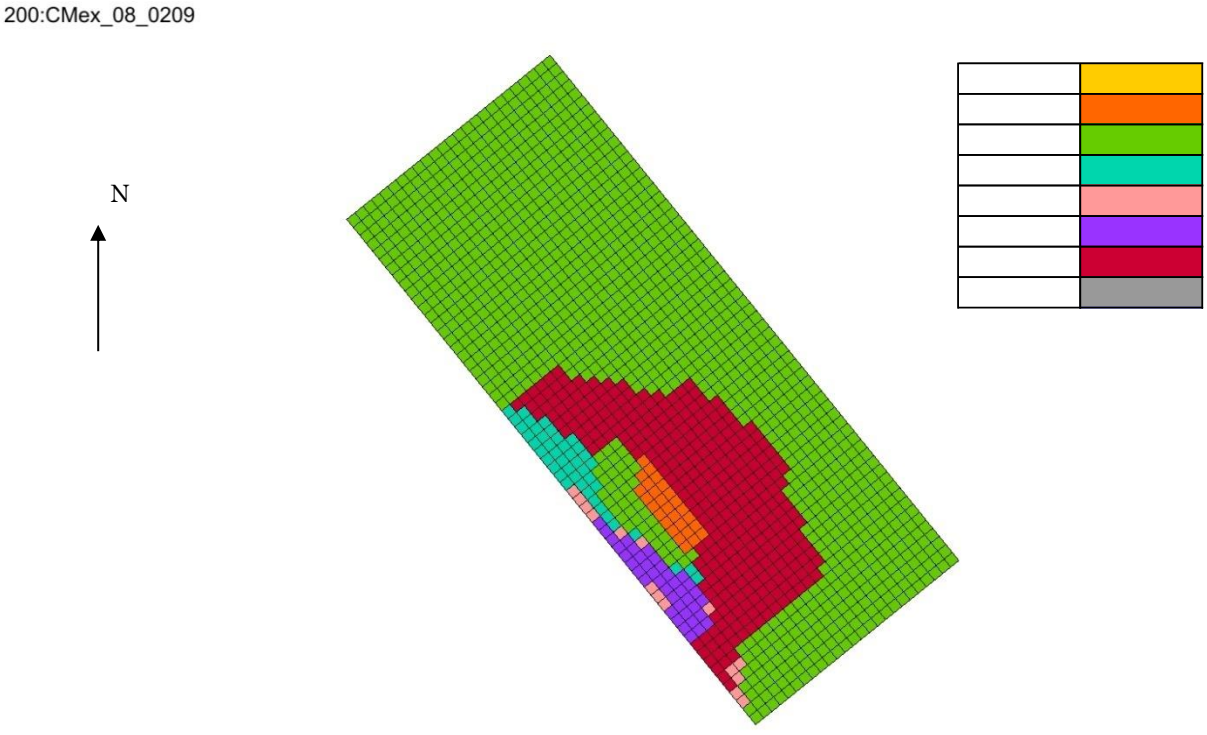
ID

1 -97 1 -98 o y bs

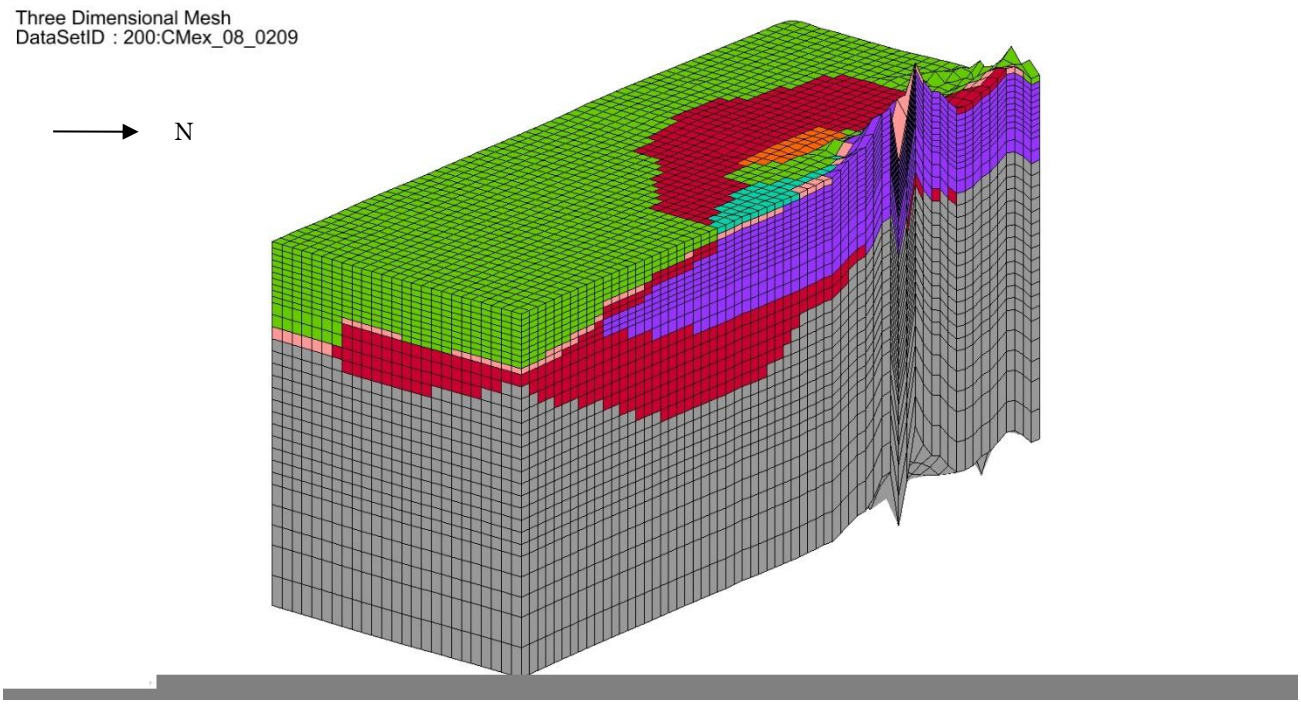
Q1 s i H 1 -99 1 -100



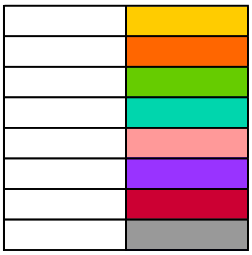
1 -95 ID8.

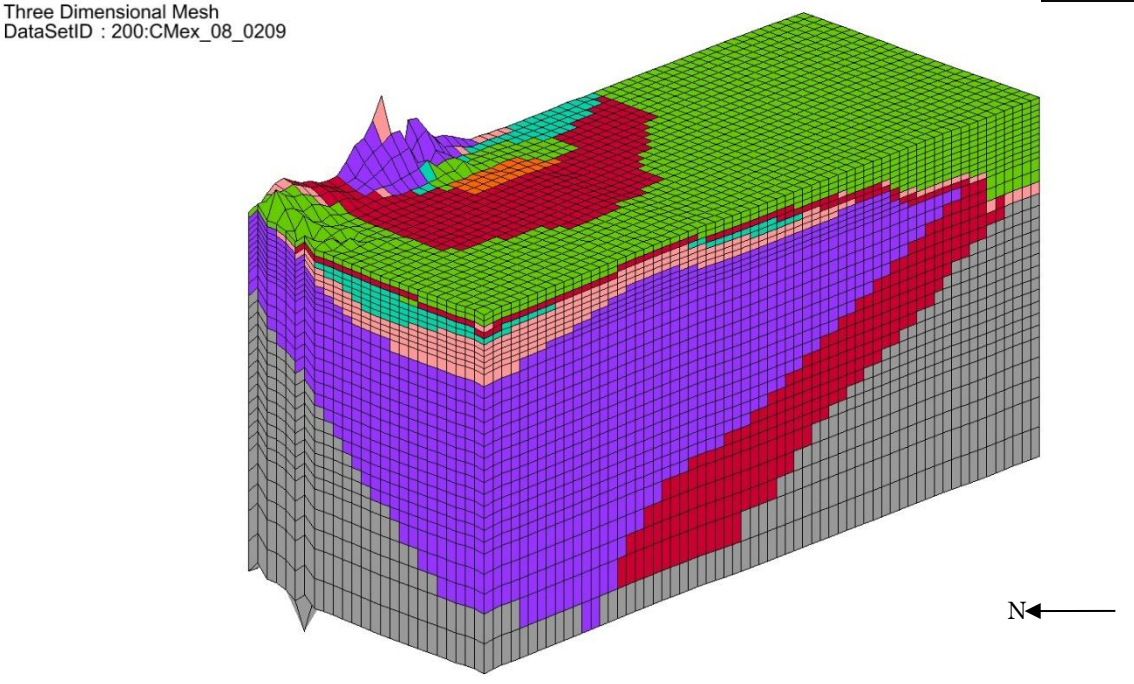


1 -96 ID8. AI

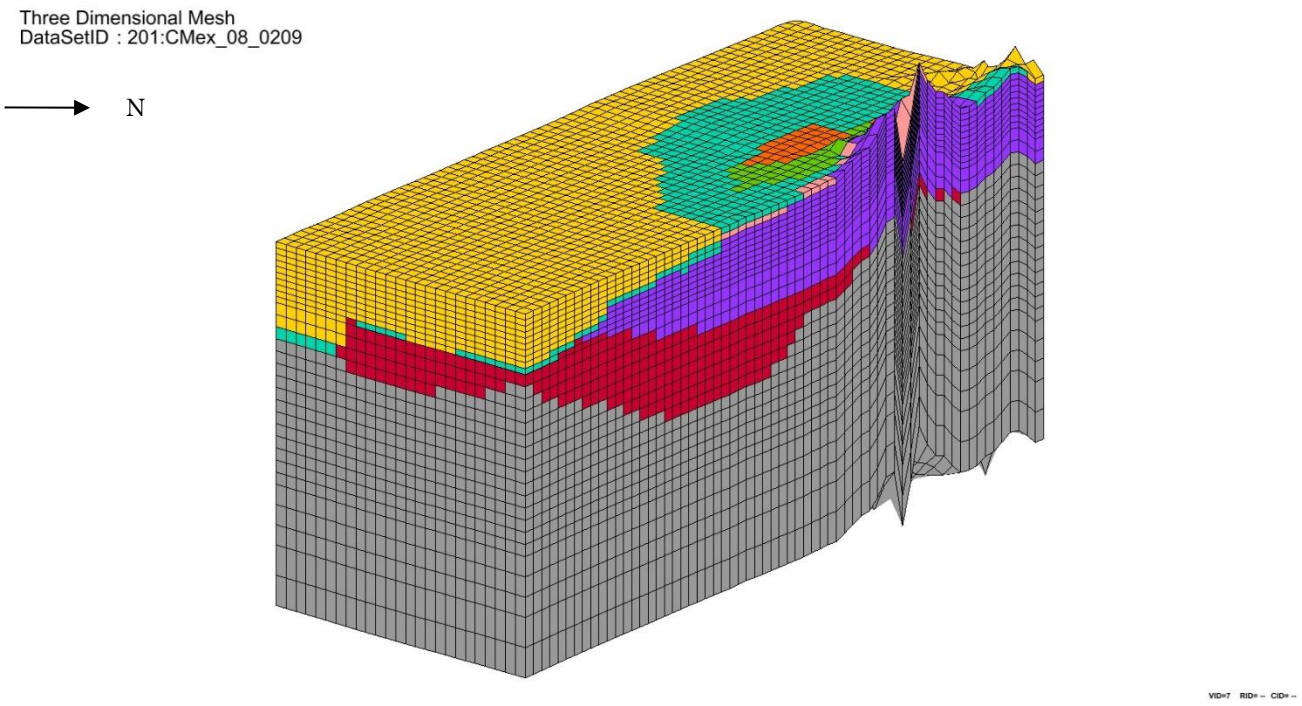


1 -97 ID8. AI 3 (1)

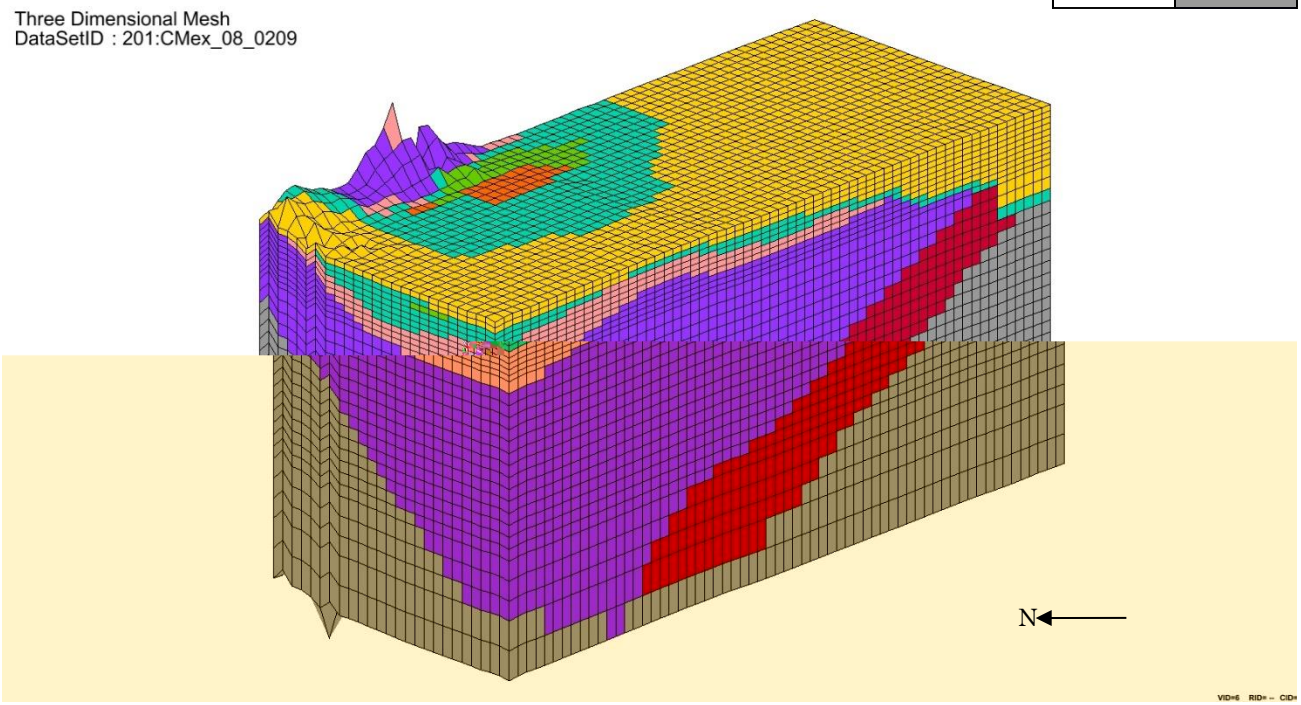




1 -98 ID8. AI 3 (2)

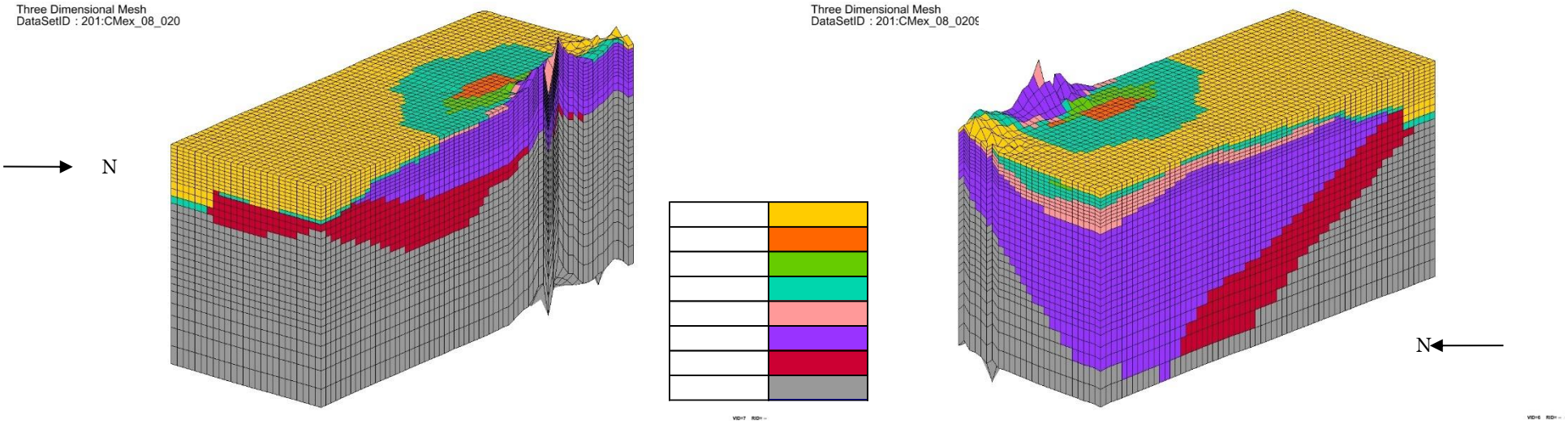


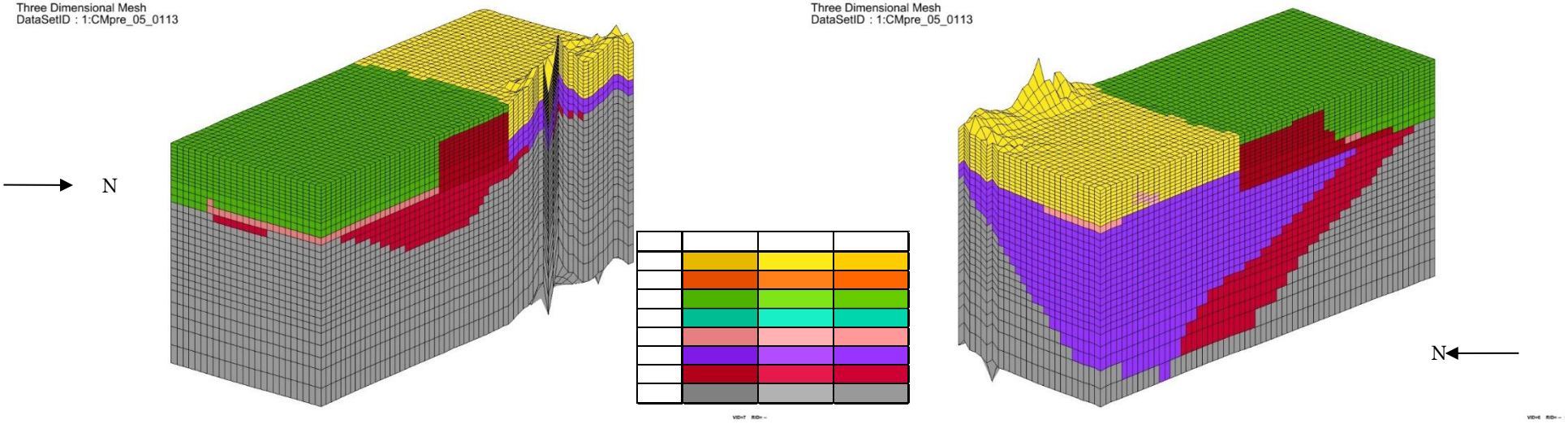
1 -99 ID8. AI 3 (1)



1 -100 ID8. AI 3 (

2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_08_020
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_08_020
N

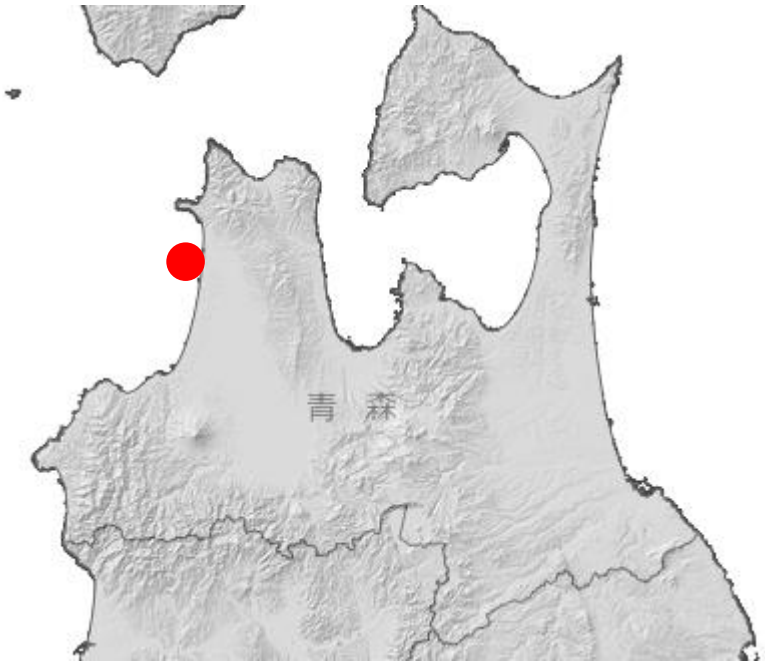

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_05_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_05_0113
N

1 -101 ID8. 3

ID.9 津軽

モデル化位置

1 -102



1 -102　ID9.

地域概要

1 km

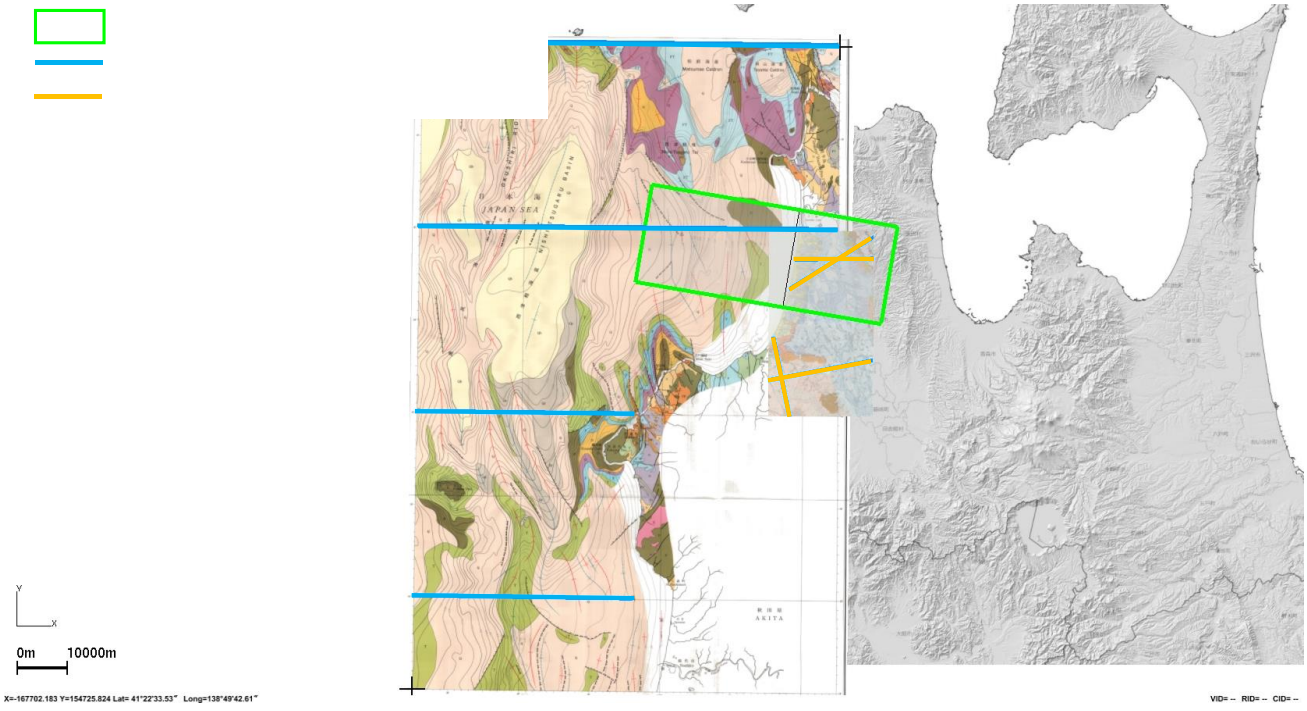
3.5km

引用データ

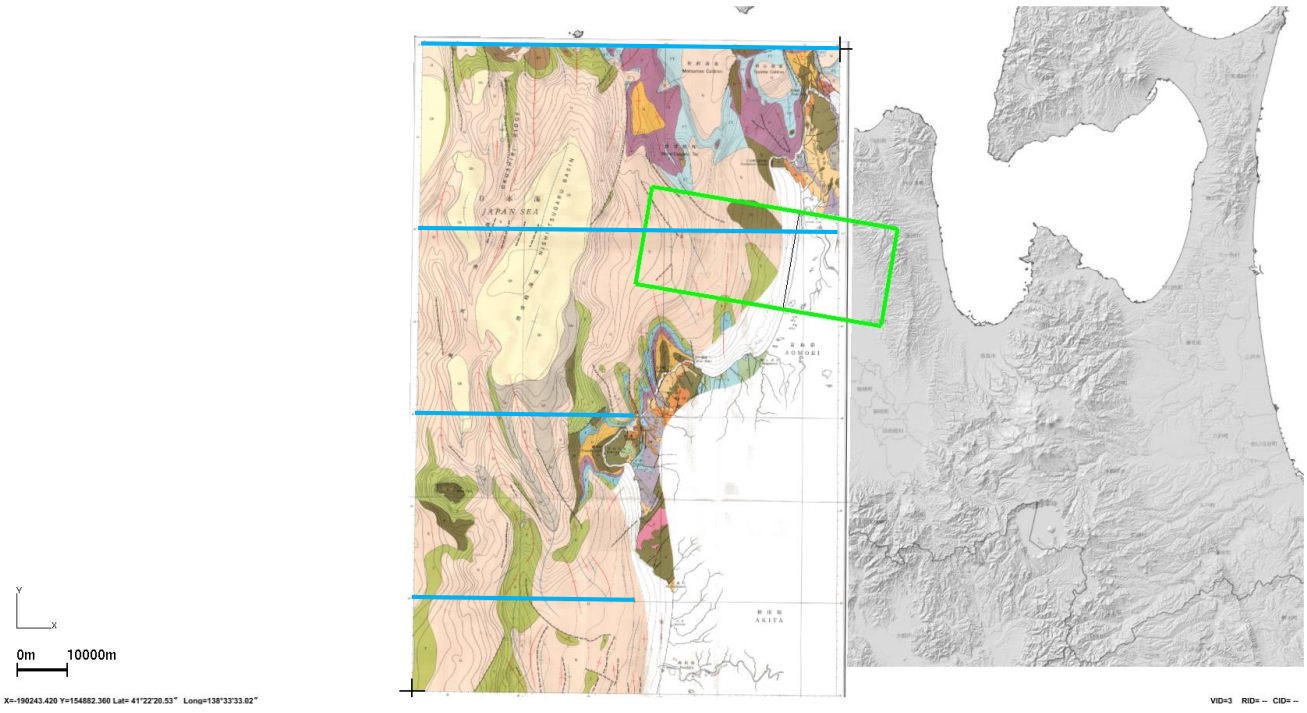
1 -20　　1 -103

1 -106　　1 -107

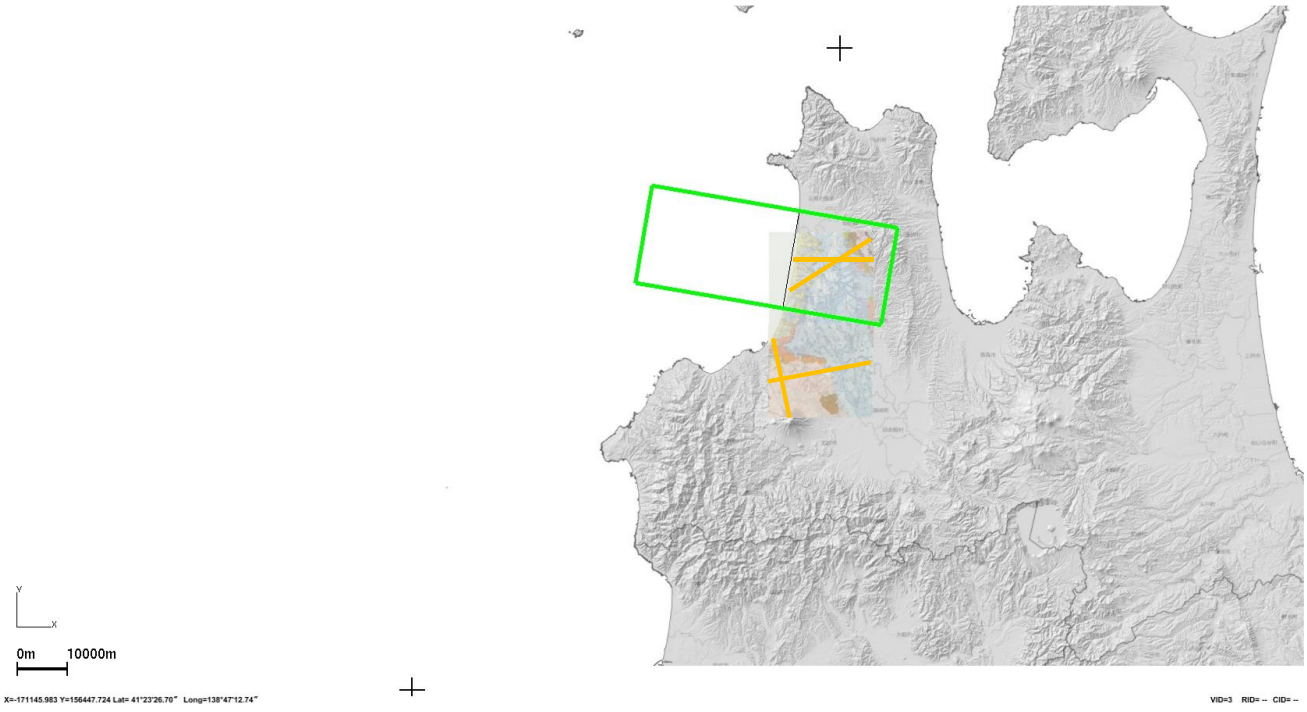
1 -20　ID9.



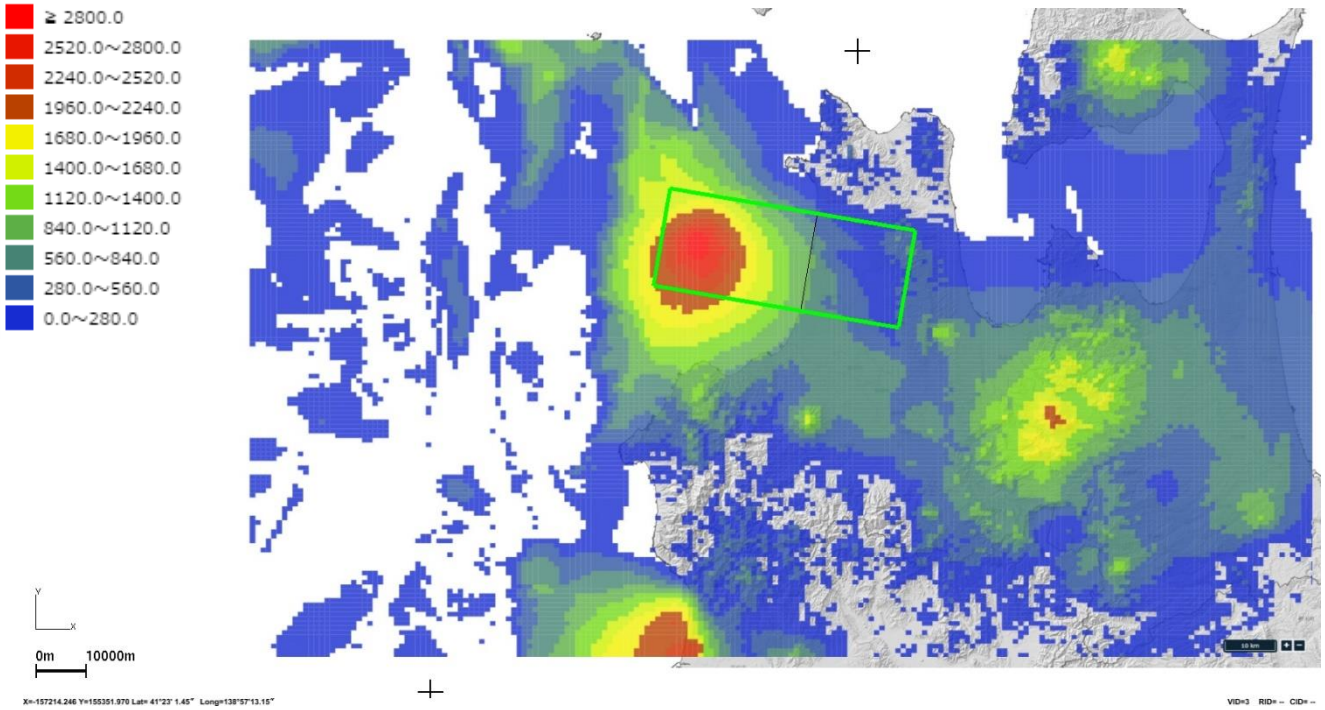
1 -103　ID9.



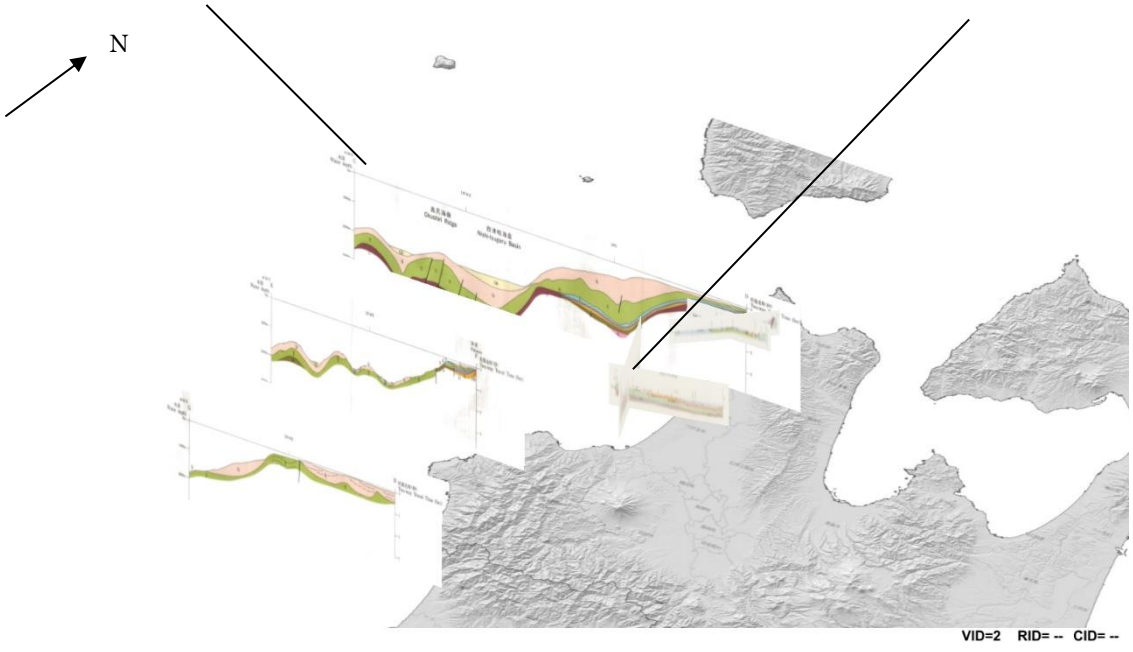
1 -104 ID9. ( )



1 -105 ID9. ( )



1 -106 ID9. ( )



1 -107 ID9.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -108 3 1 -109

1 -113 1 -21 1 -22

1 -111

1 -21 ID9. AI 1

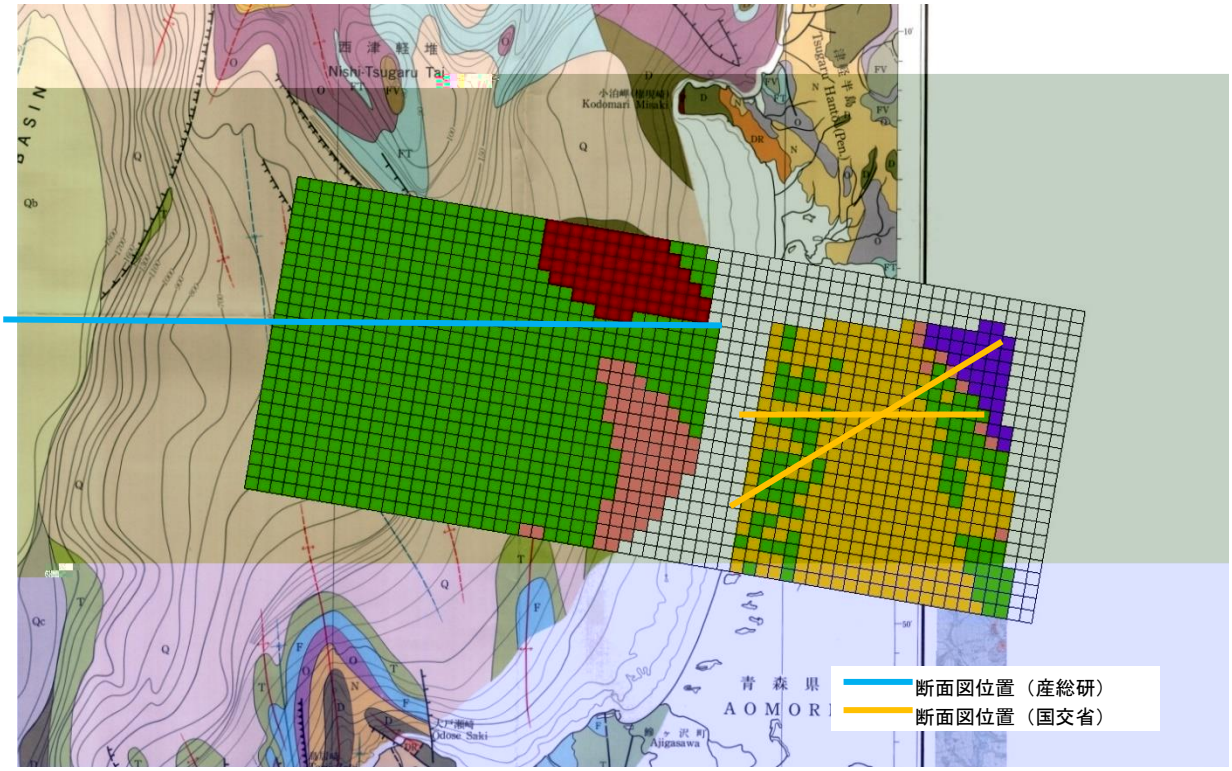
1 -22 ID9. AI 2

1 -109 1 -108 AI

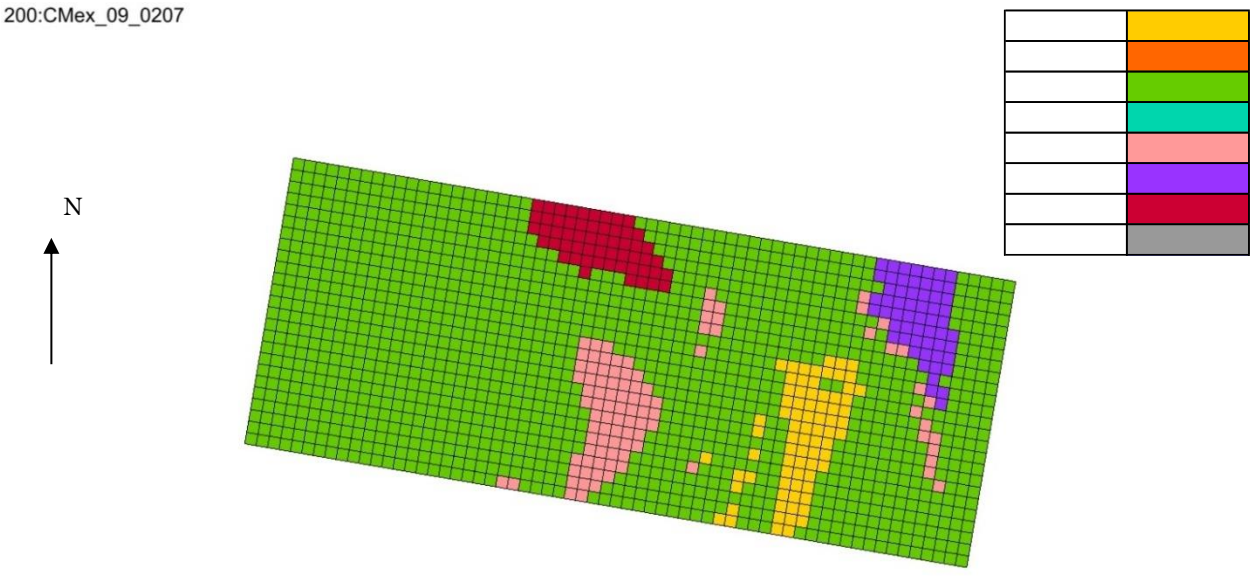
ID

1 -110 1 -111 N2

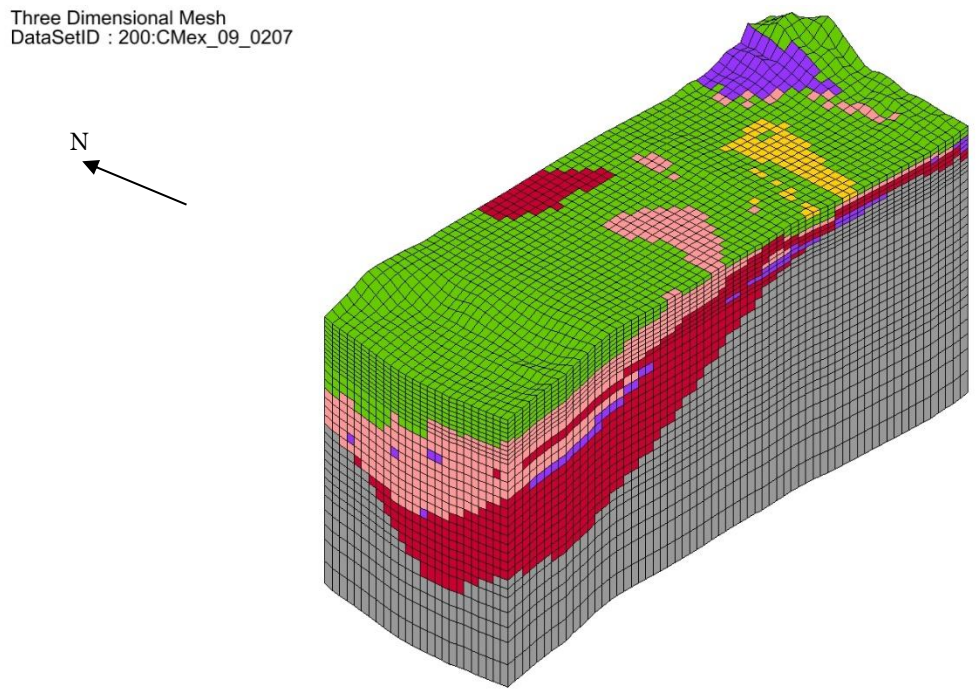
N3 1 -112 1 -113



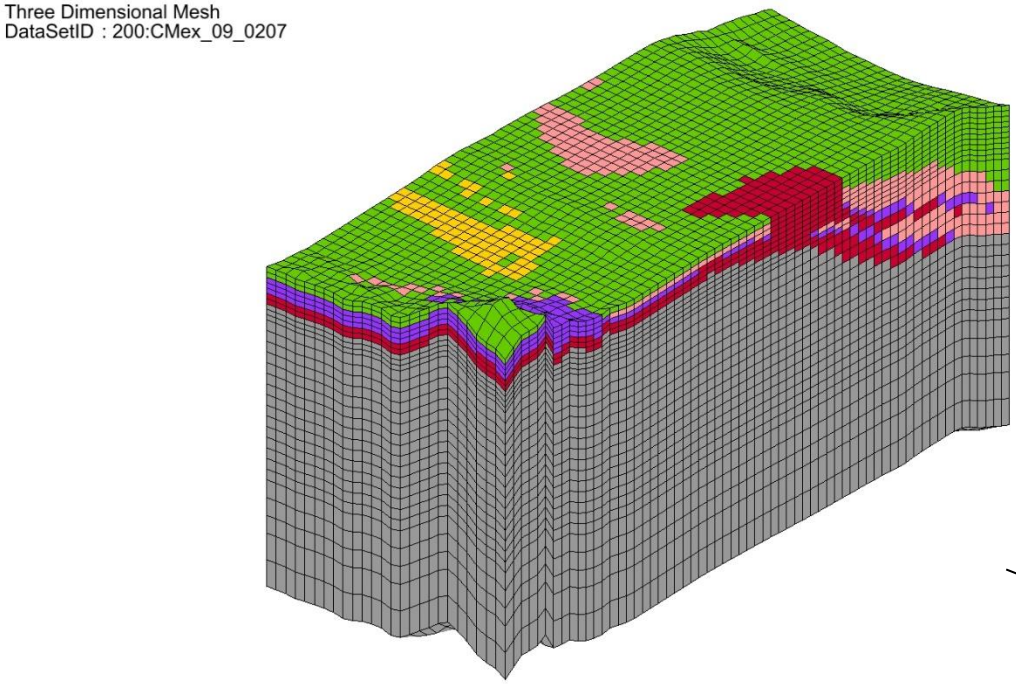
1 -108 ID9.



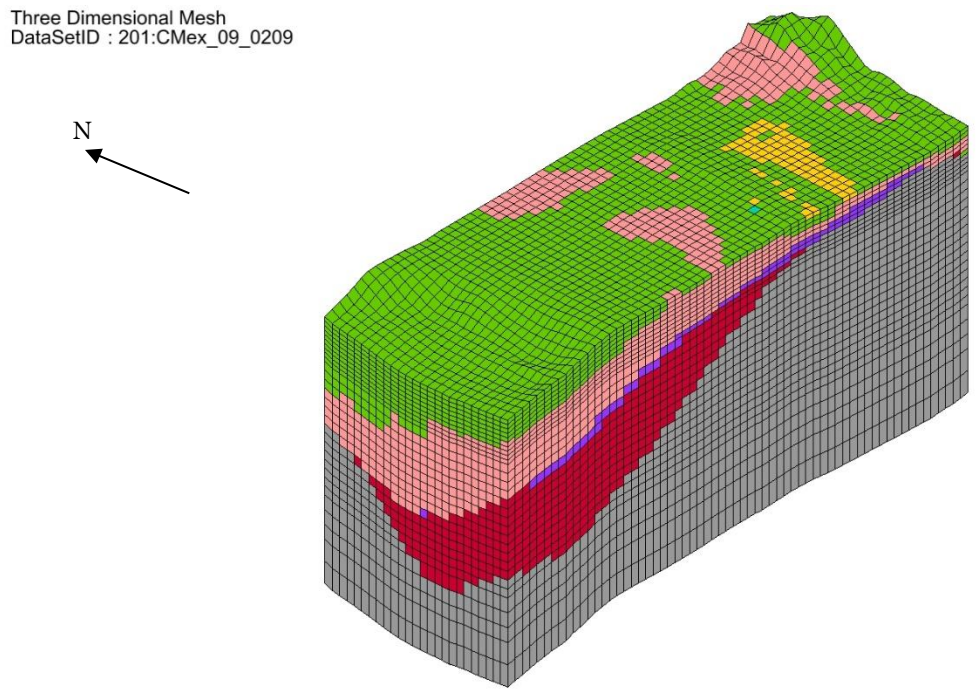
1 -109 ID9. AI



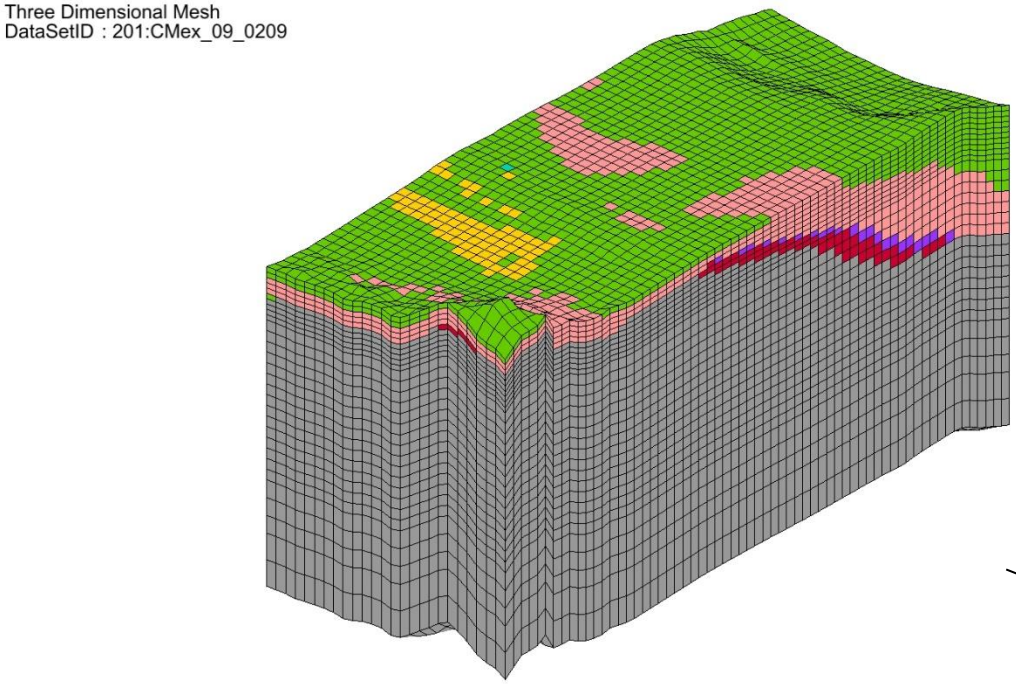
1 -110 ID9. AI 3 (1)



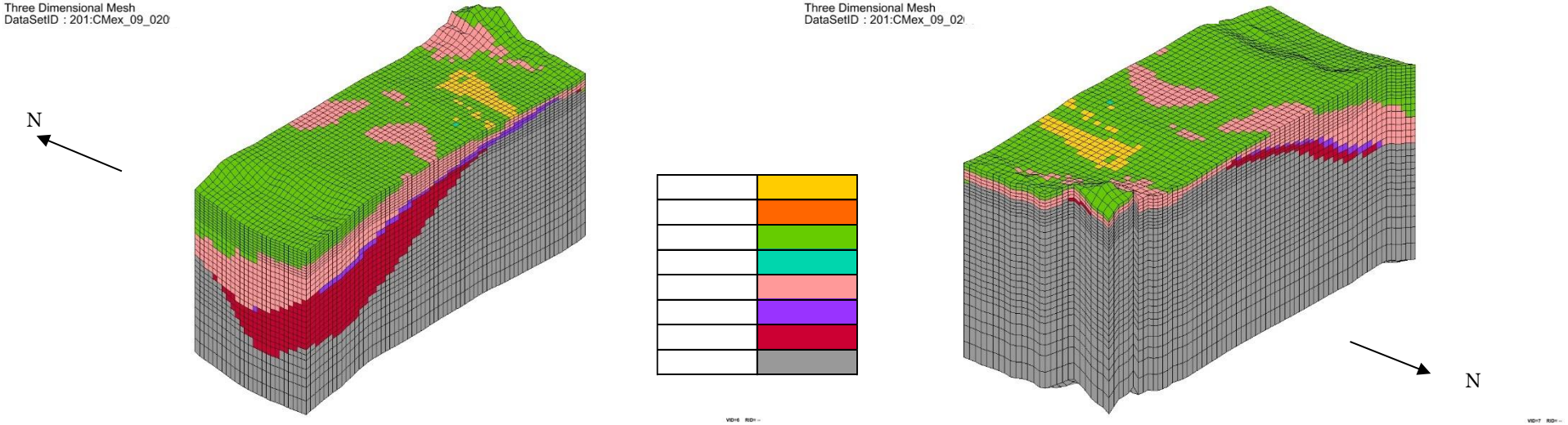
1 -111 ID9. AI 3 (2)

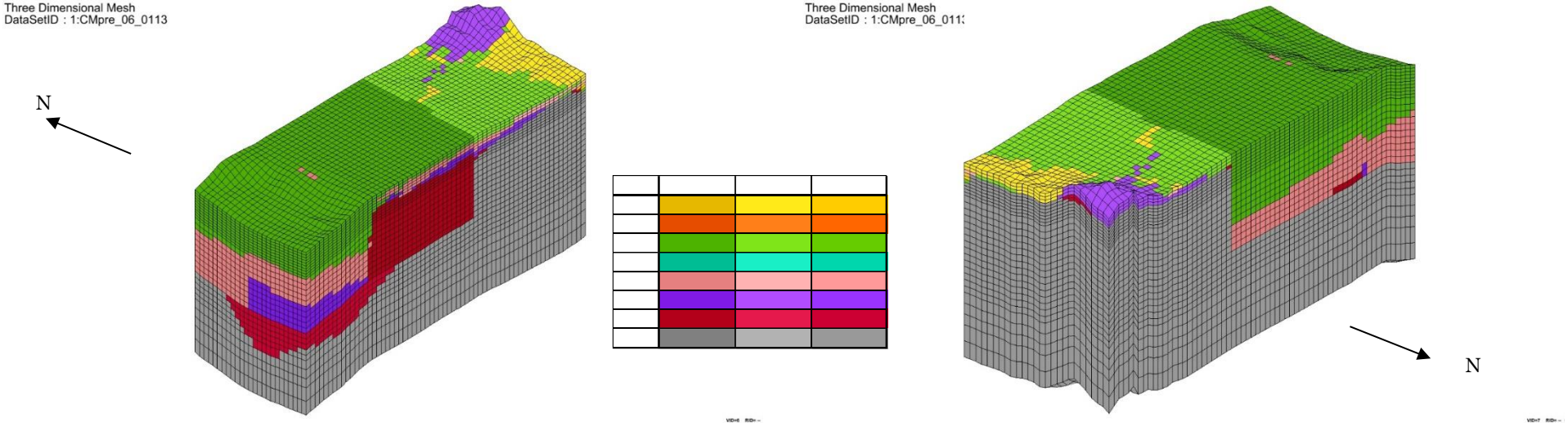


1 -112 ID9. AI 3 (1)



1 -113 ID9. AI 3 (2)

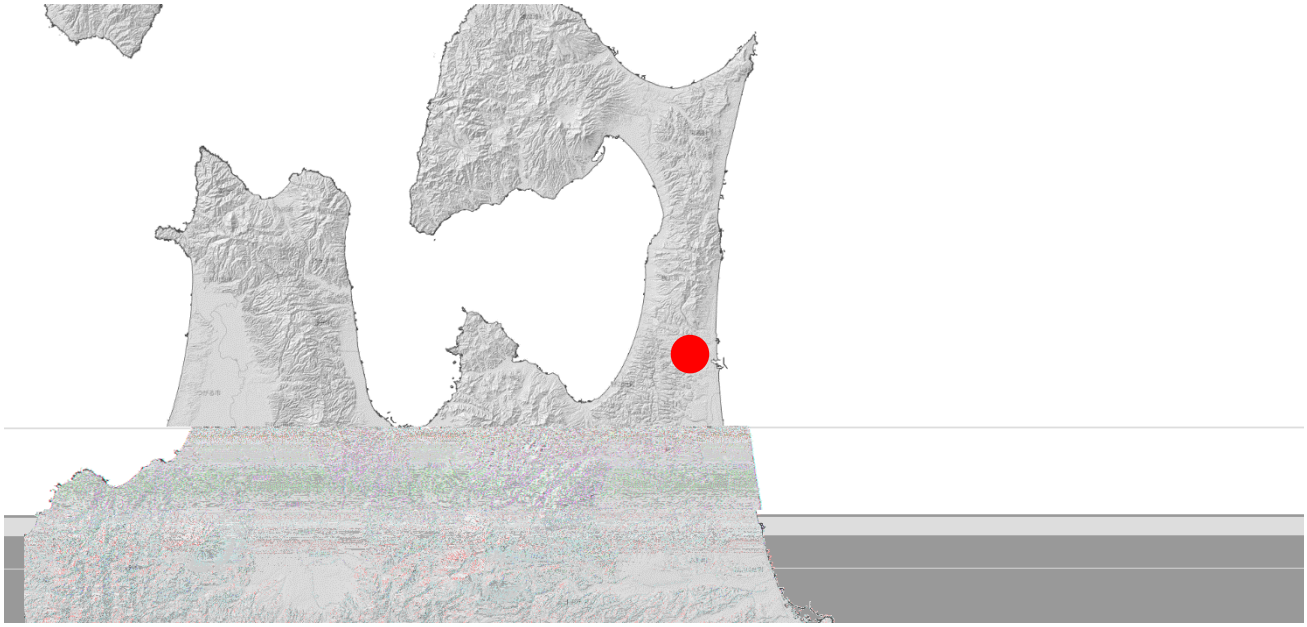

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_09_020
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_09_02
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_06_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_06_011
N

1 -114 ID9. 3

ID.10 下北

モデル化位置



1 -115　ID10.

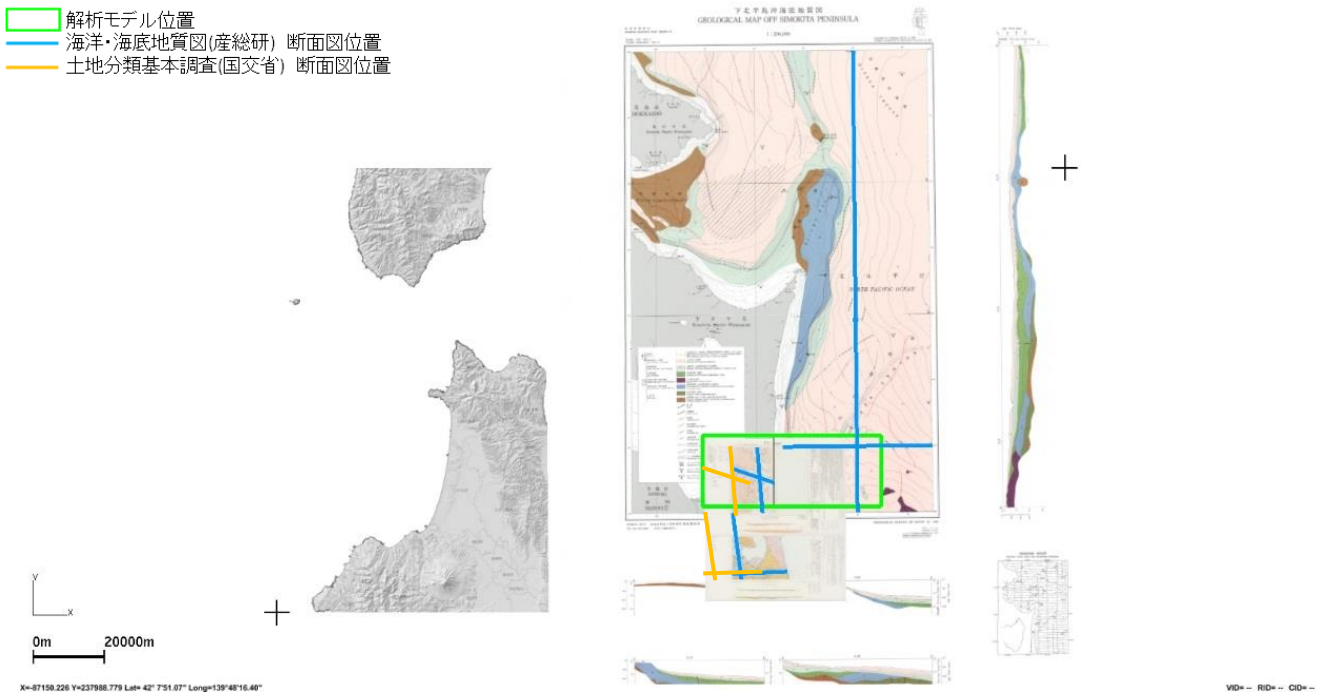
地域概要

引用データ

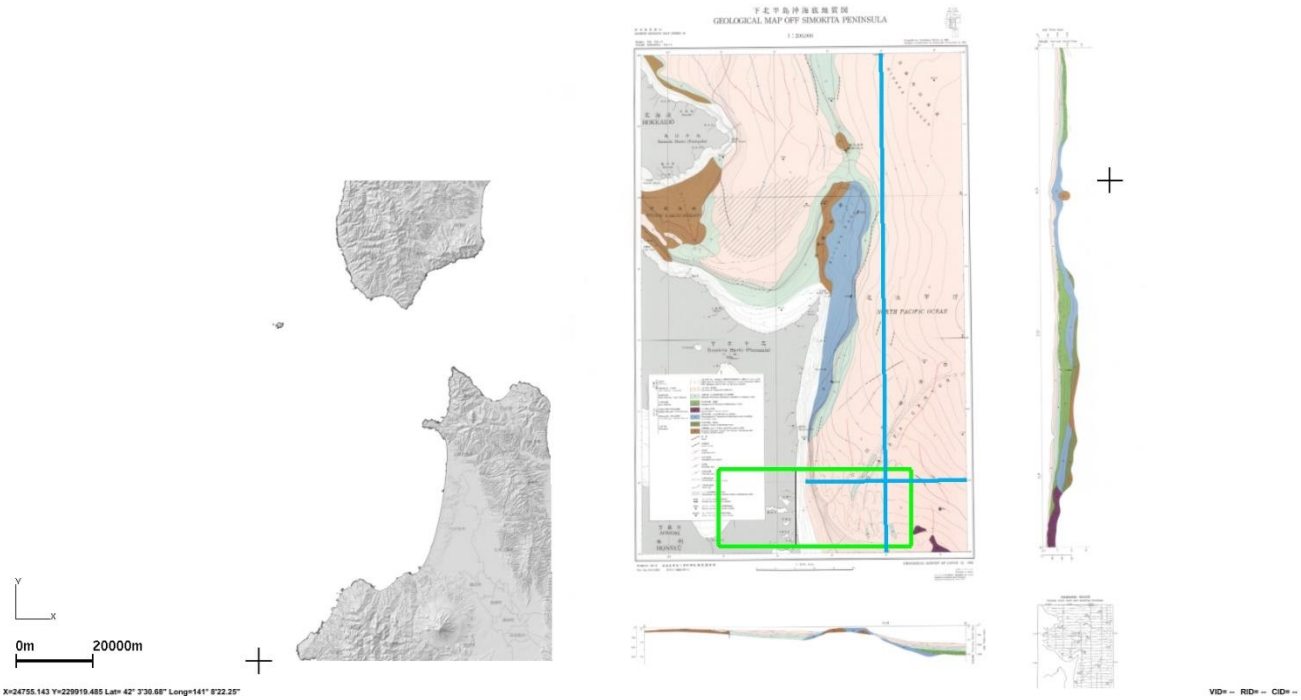
1 -31　　1 -153

1 -157　　1 -158

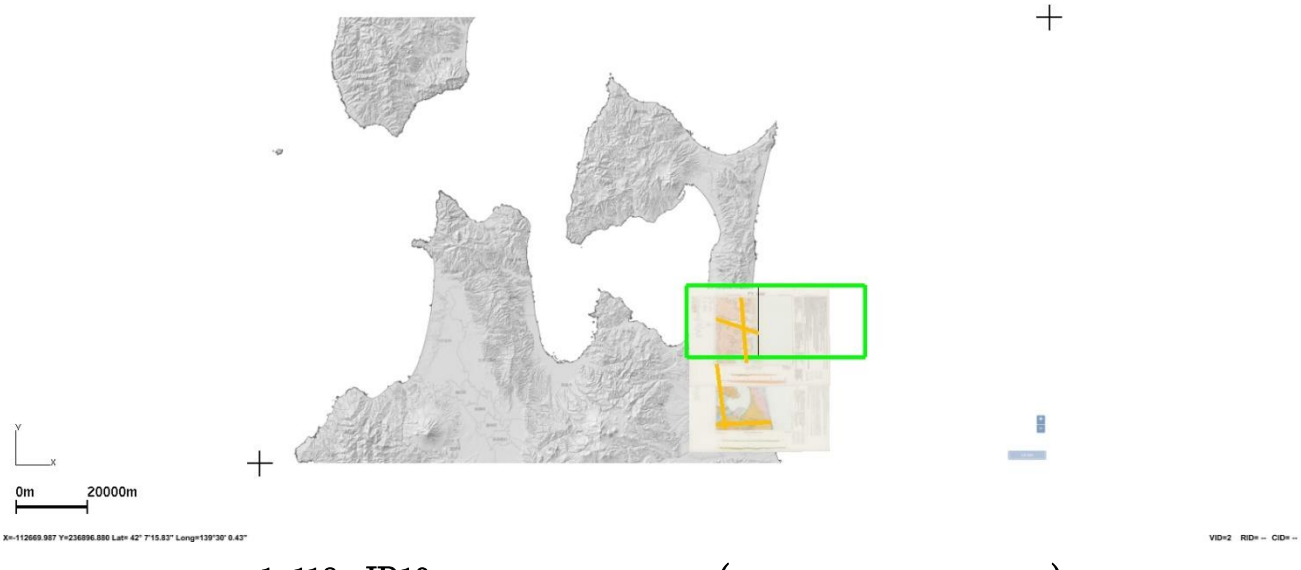
1 -23　ID10.



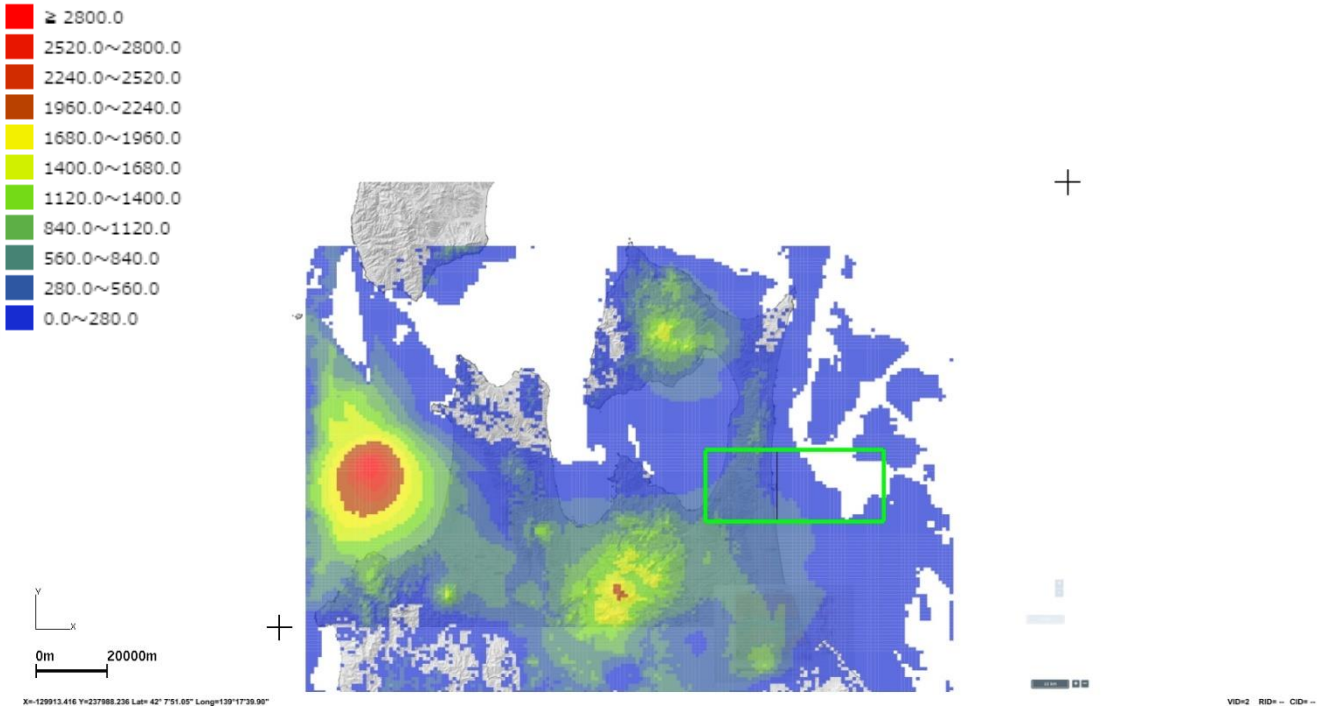
1 -116　ID10.



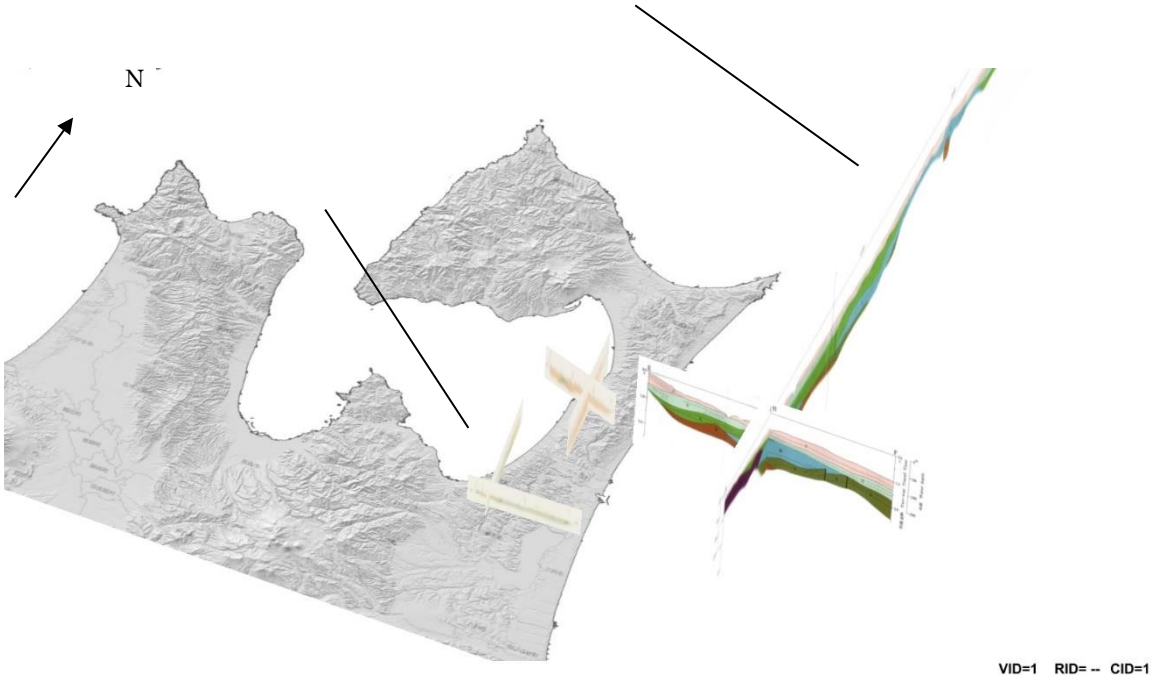
1 -117 ID10. ( )



1 -118 ID10. ( )



1 -119 ID10. ( )



1 -120 ID10.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -121 3 1 -122

1 -126 1 -24 1 -25

1 -24 ID10. AI 1

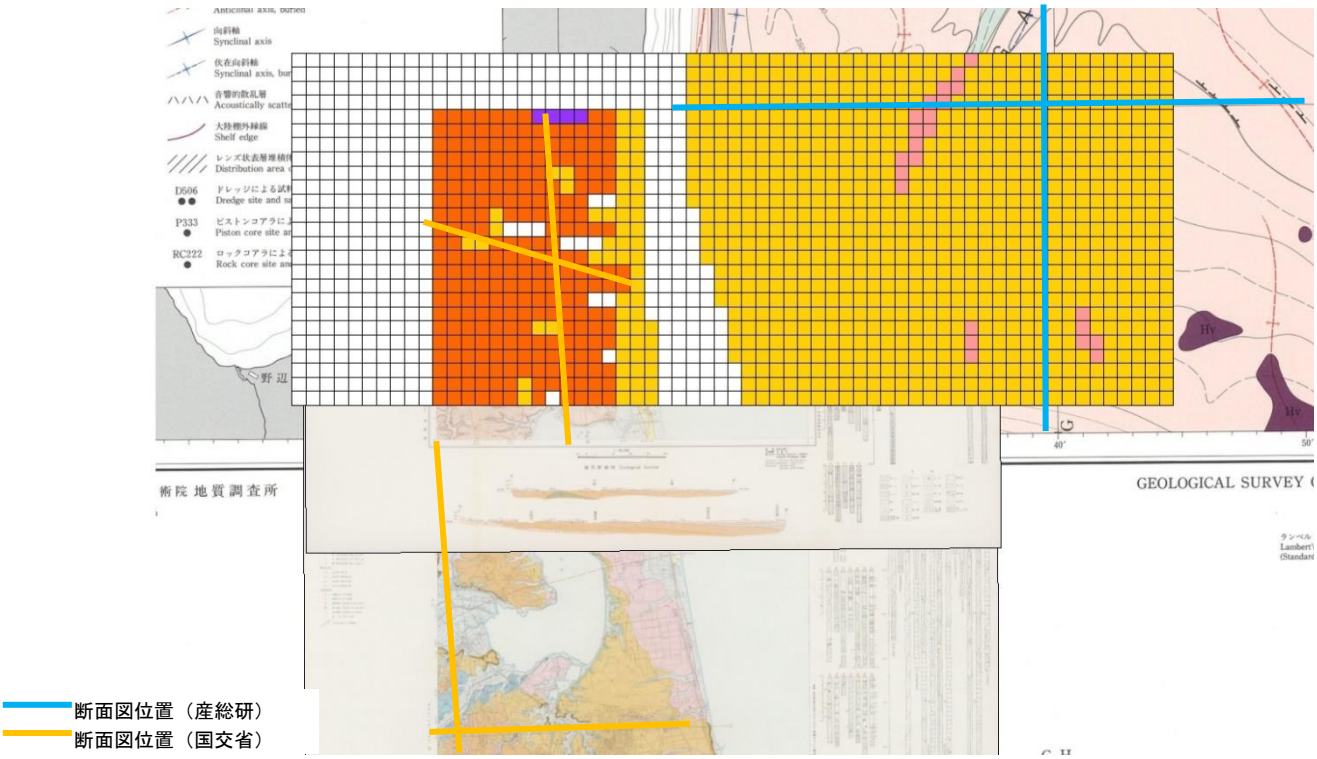
1 -25 ID10. AI 1

1 -122　　1 -121　　AI

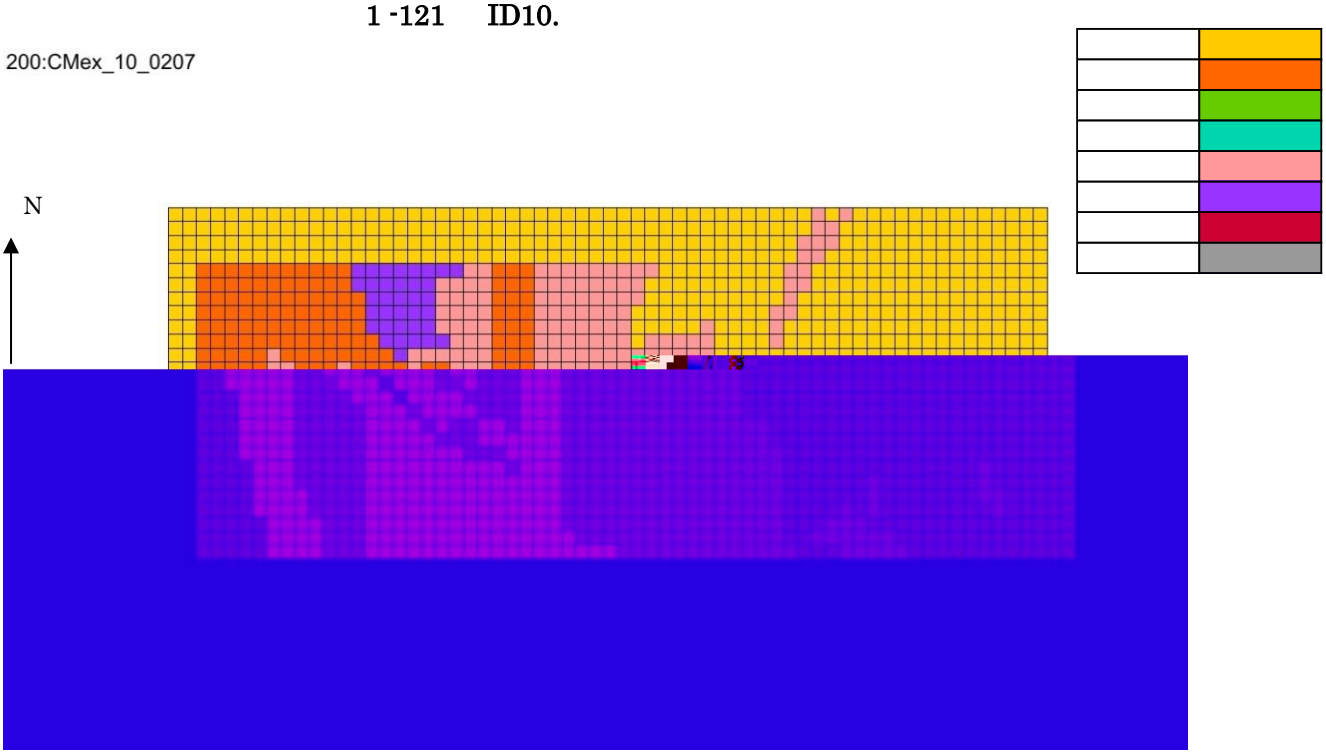
ID

1 -123　　1 -121　　ss2

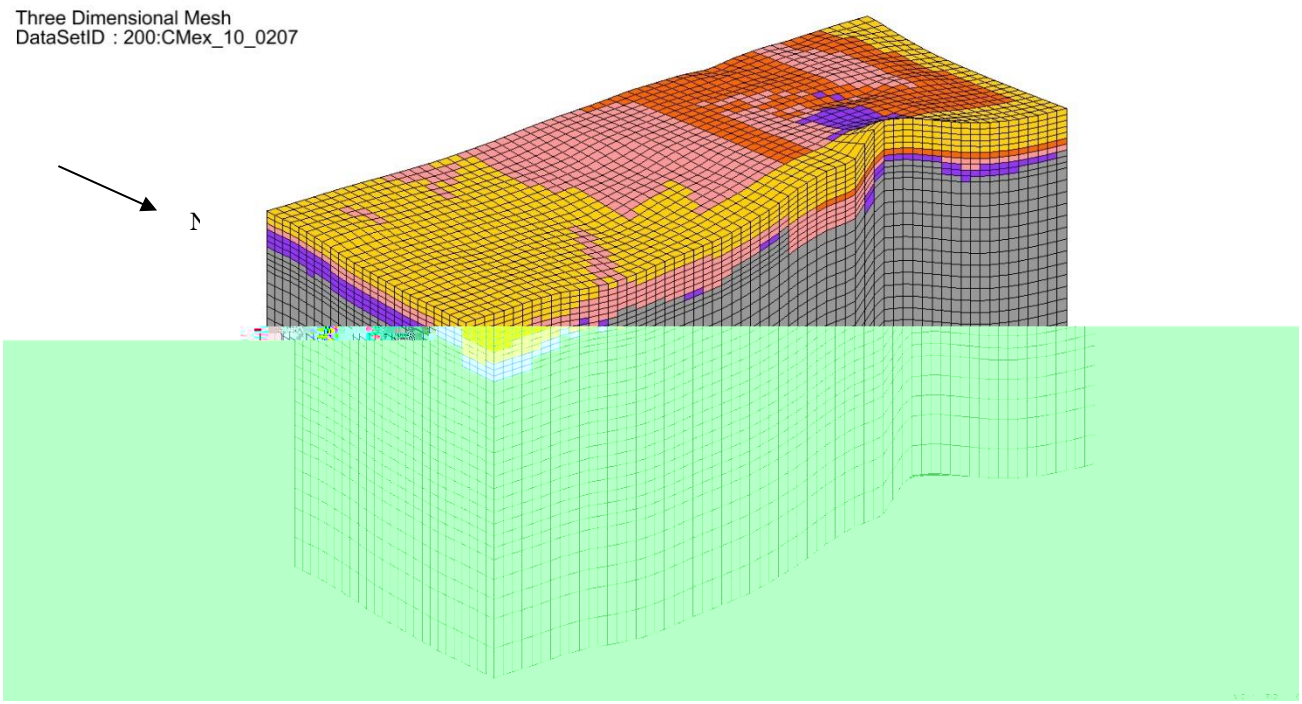
N3　　1 -125　　1 -126



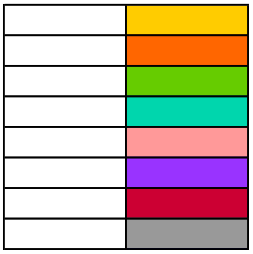
1 -121　　ID10.

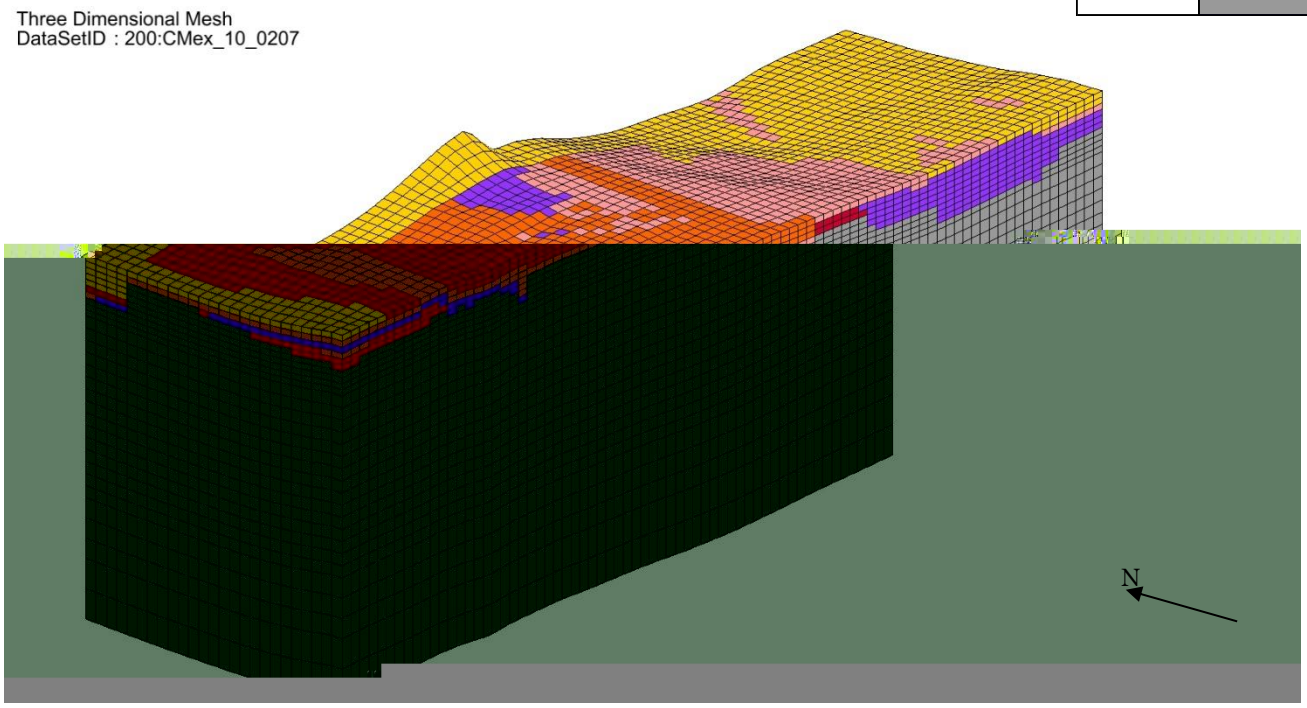


1 -122　　ID10.　　AI

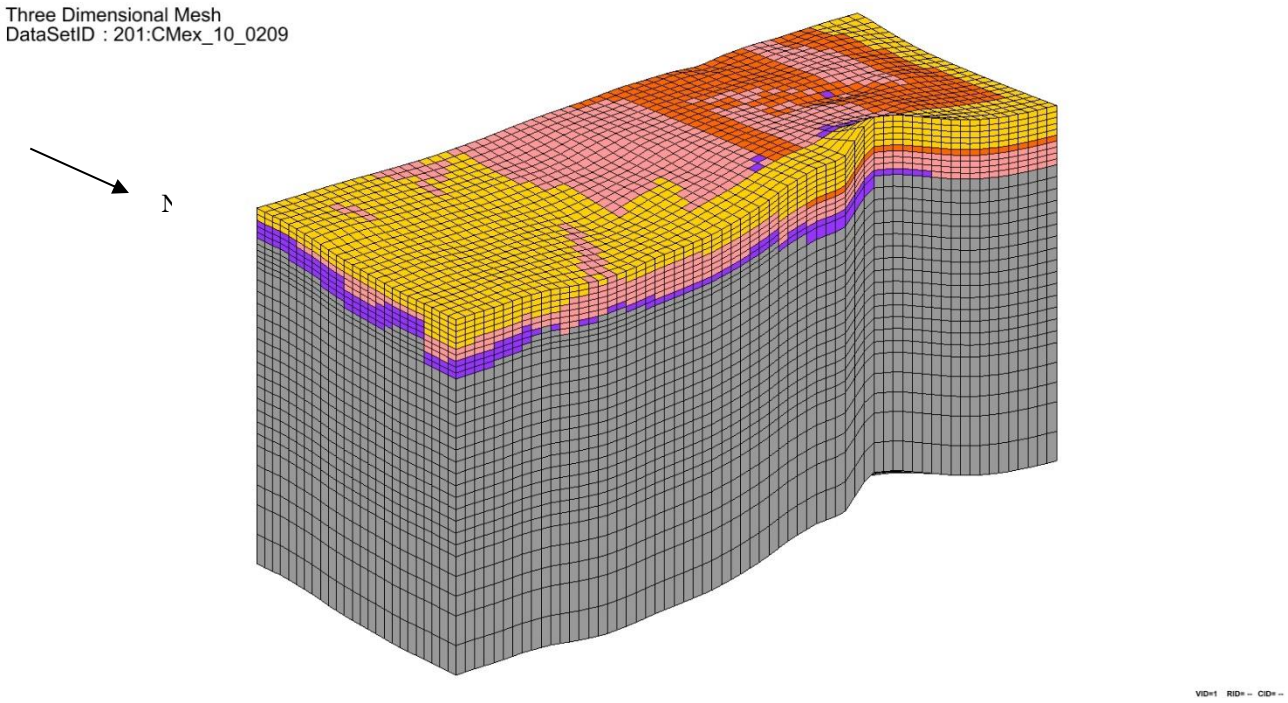


1 -123 ID10. AI 3 (1)

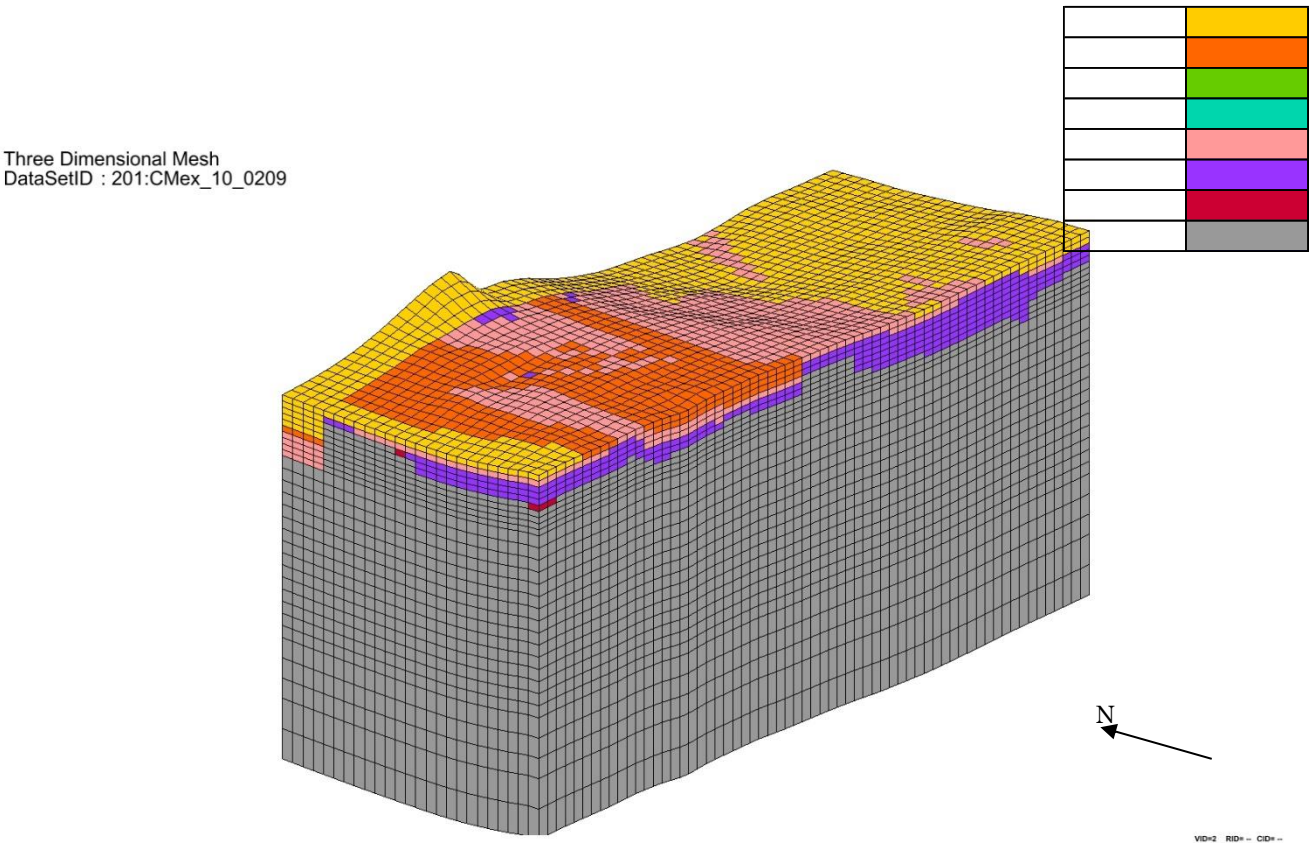




1 -124 ID10. AI 3 (2)



1 -125ID10. AI 3 (1)

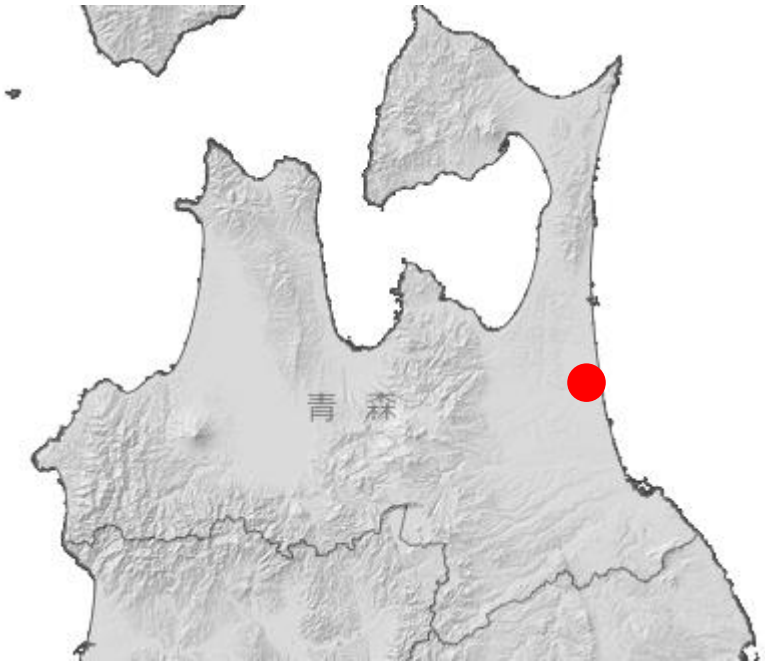


1 -126 ID10. AI 3 (2)

ID.11 三本木

モデル化位置

1 -127



1 -127 ID11.

地域概要

10 70m

2

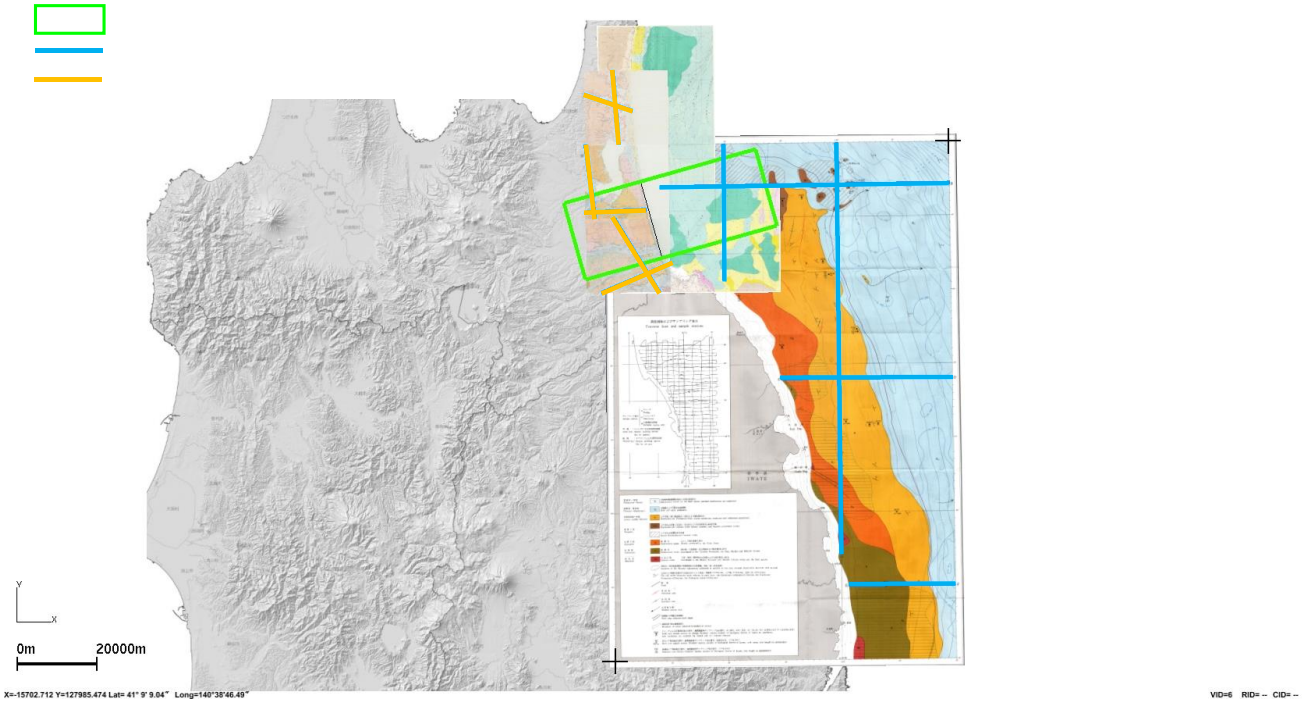
10m

引用データ

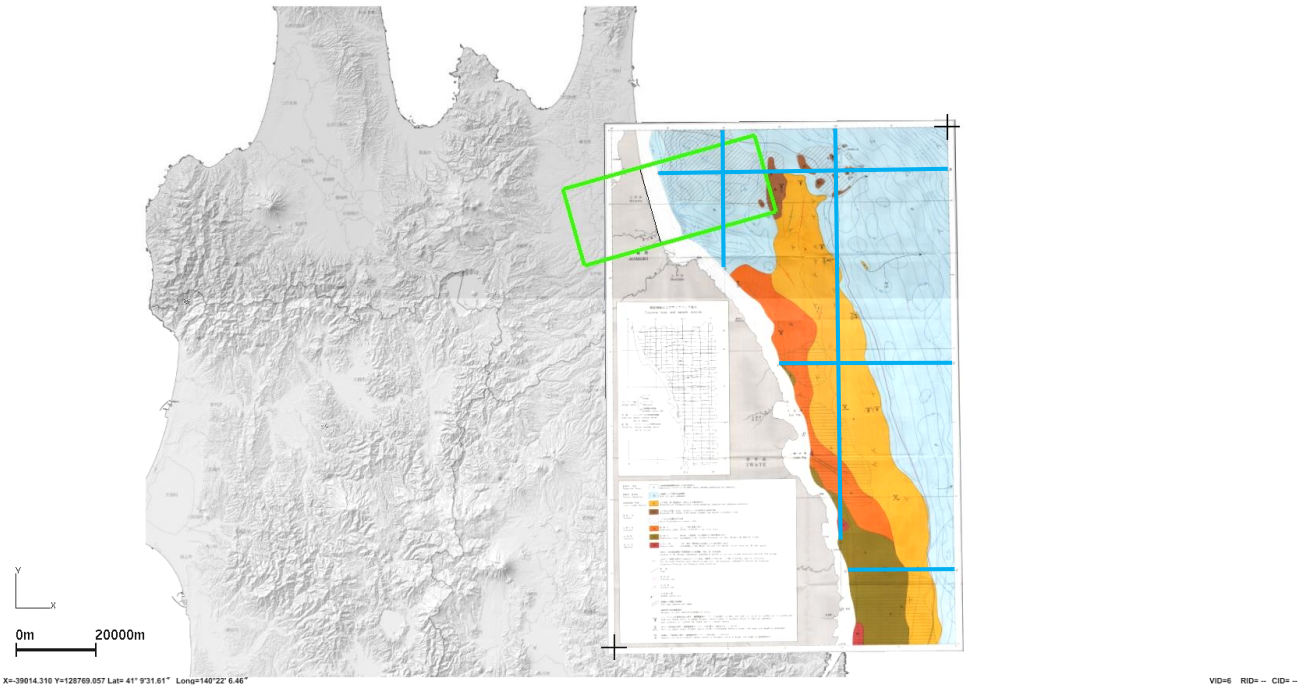
1 -26　　1 -128

1 -131　　1 -132

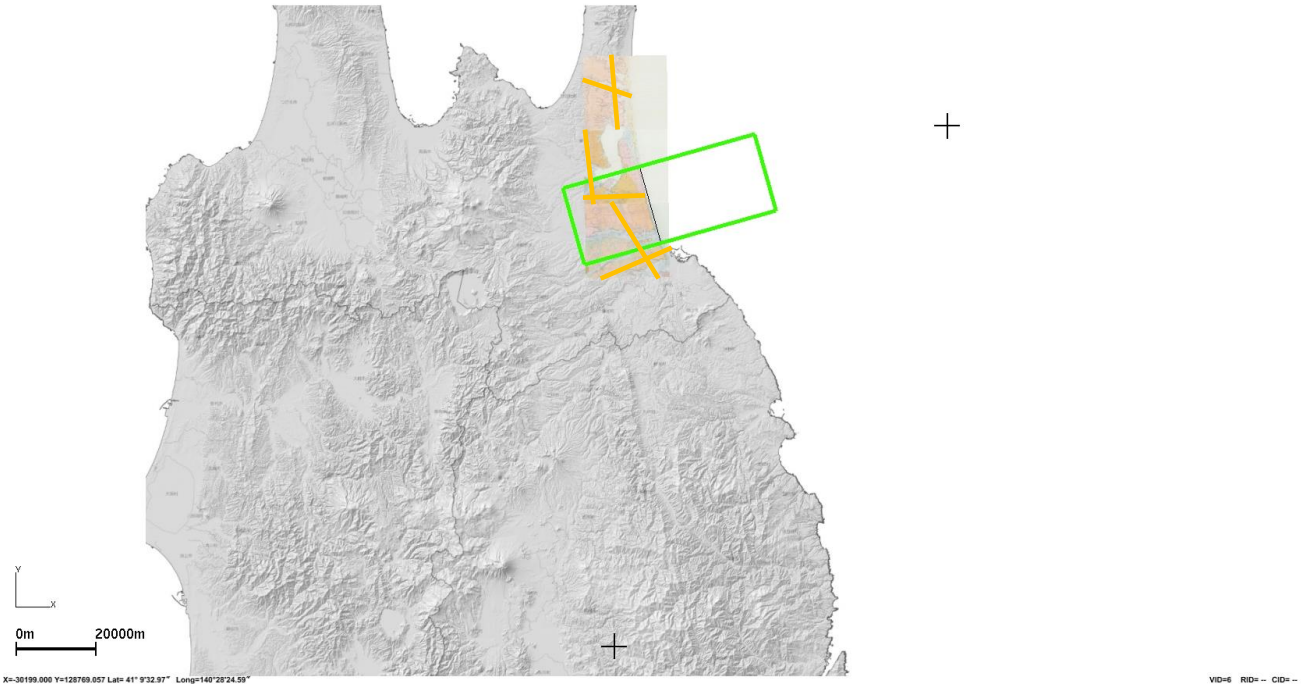
1 -26　ID11.



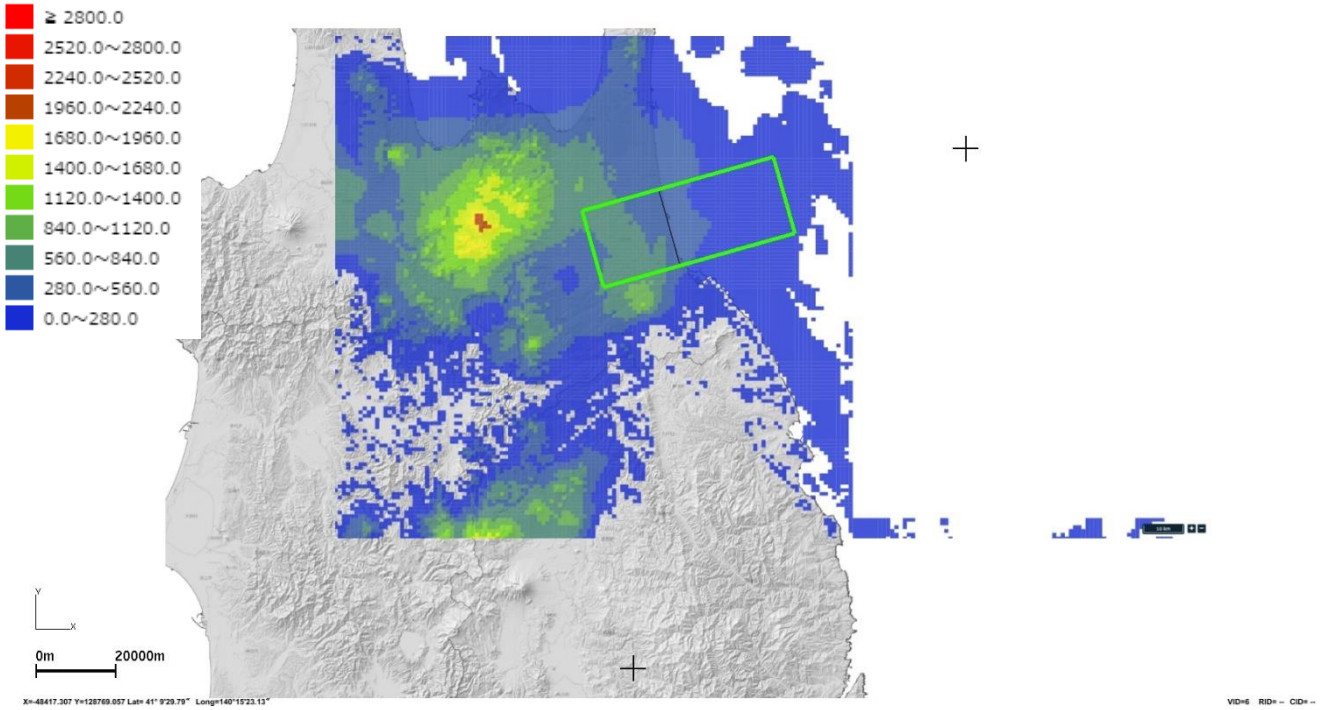
1 -128　ID11.



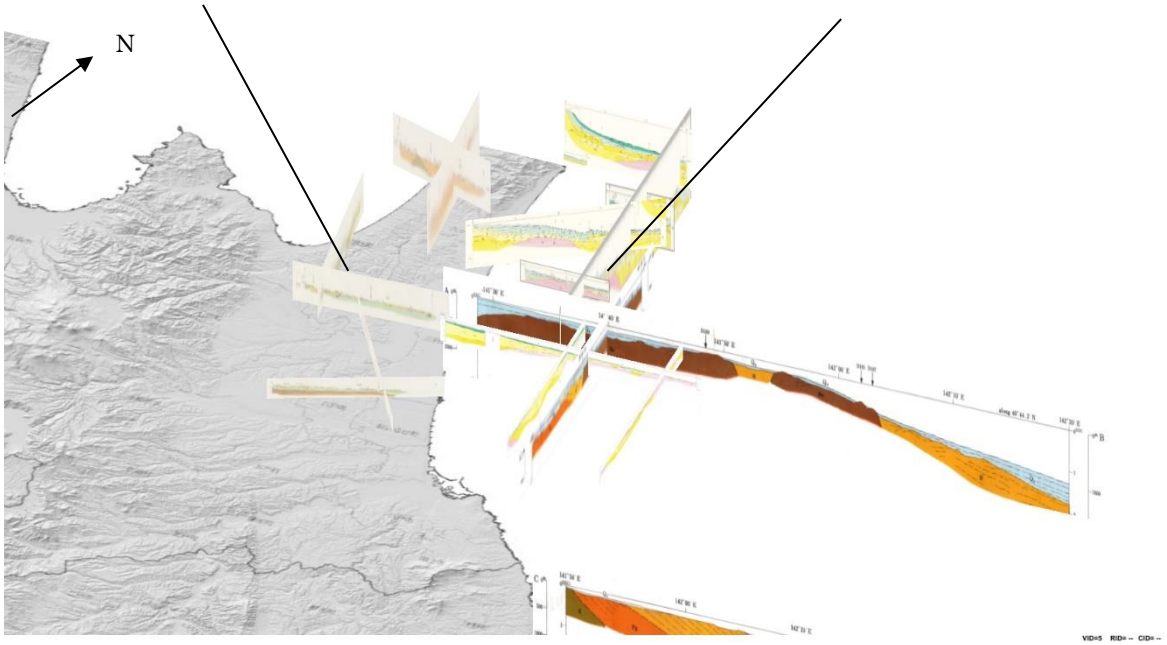
1 -129 ID11. ( )



1 -130 ID11. ( )



1 -131　ID11.　　(　　)



1 -132　ID11.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1 -133 3 1 -131

1 -138 1 -27

1 -139

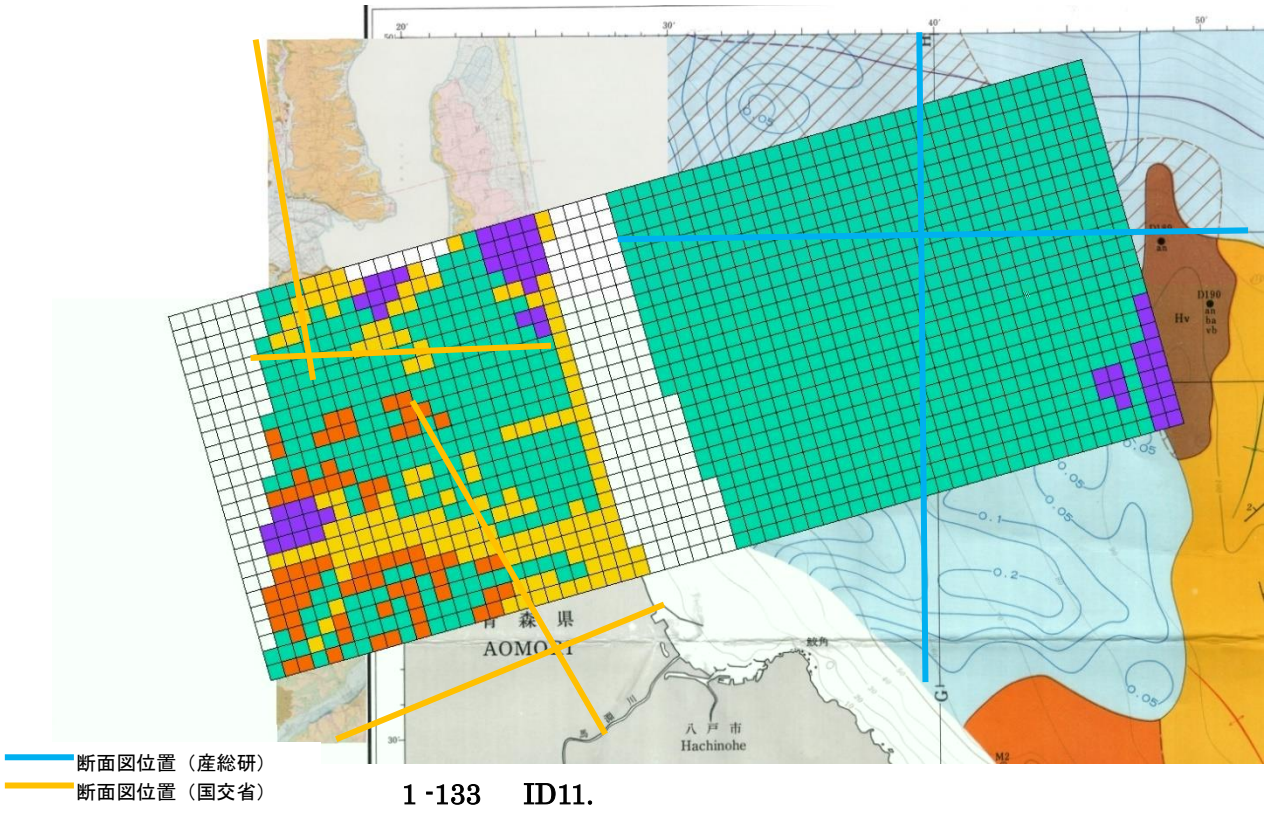
1 -27 ID11. AI

1 -131 1 -133 AI

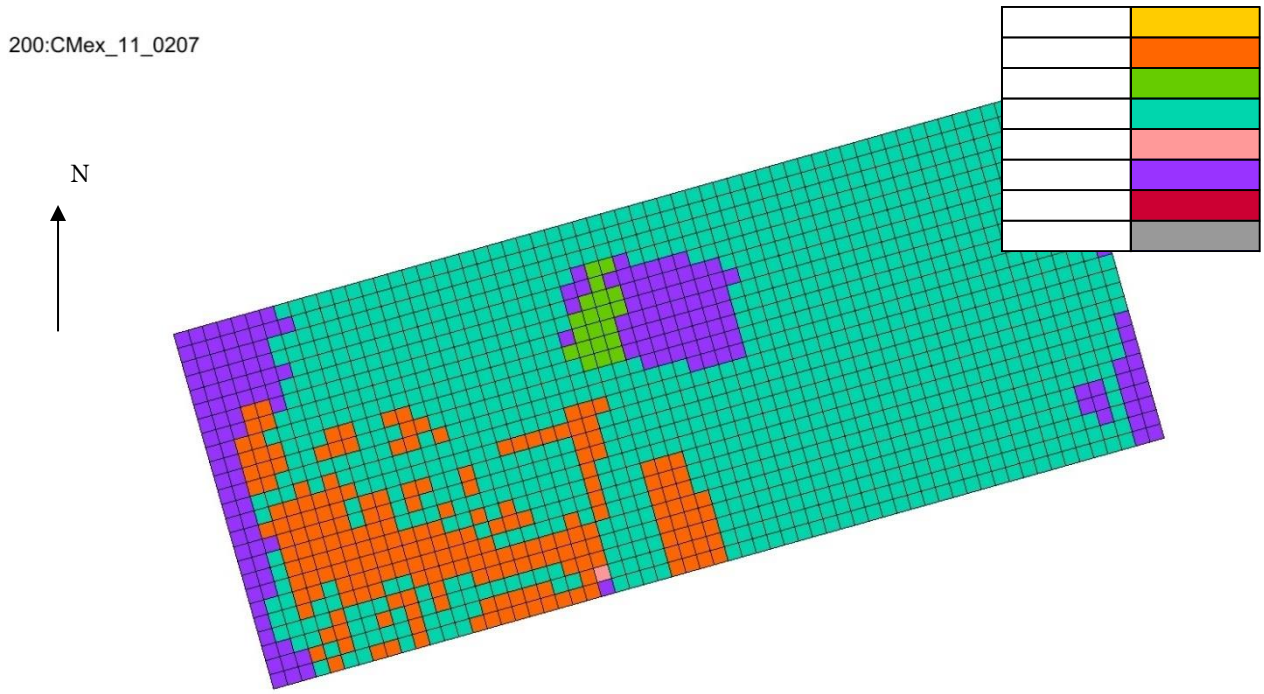
ID

1 -135 1 -136 Cp

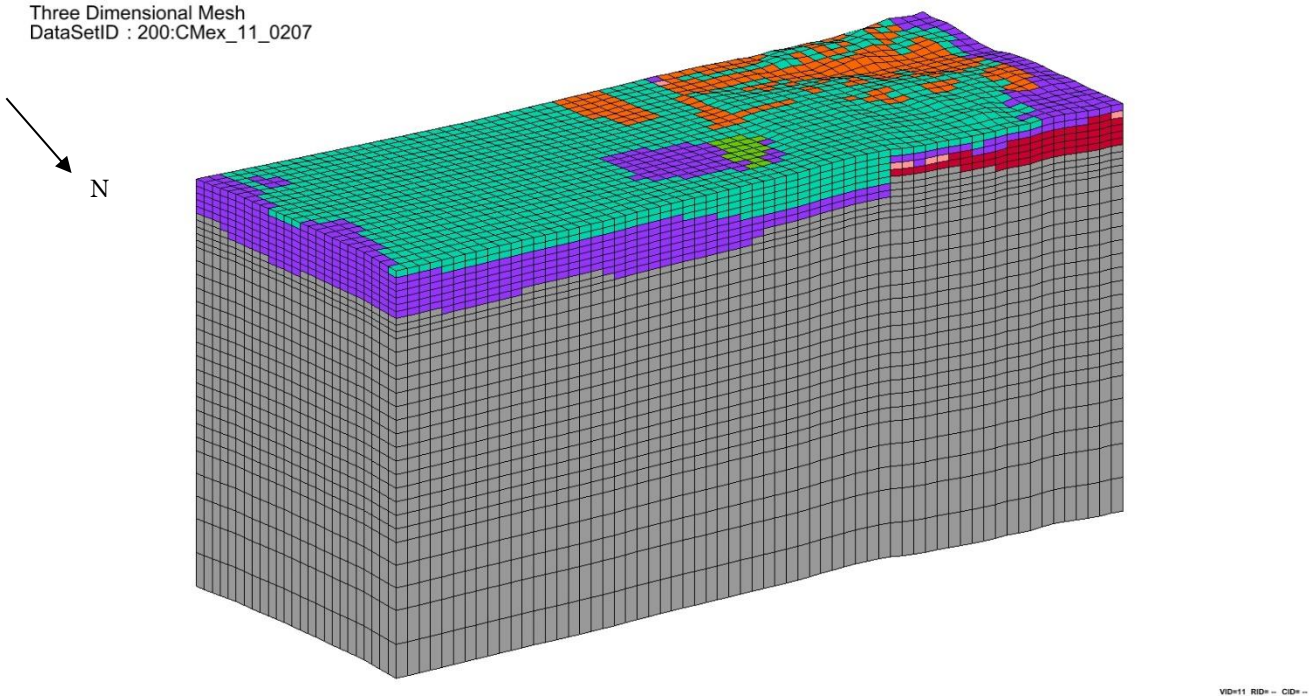
N2 S N3 1 -137 1 -138



1 -133 ID11.

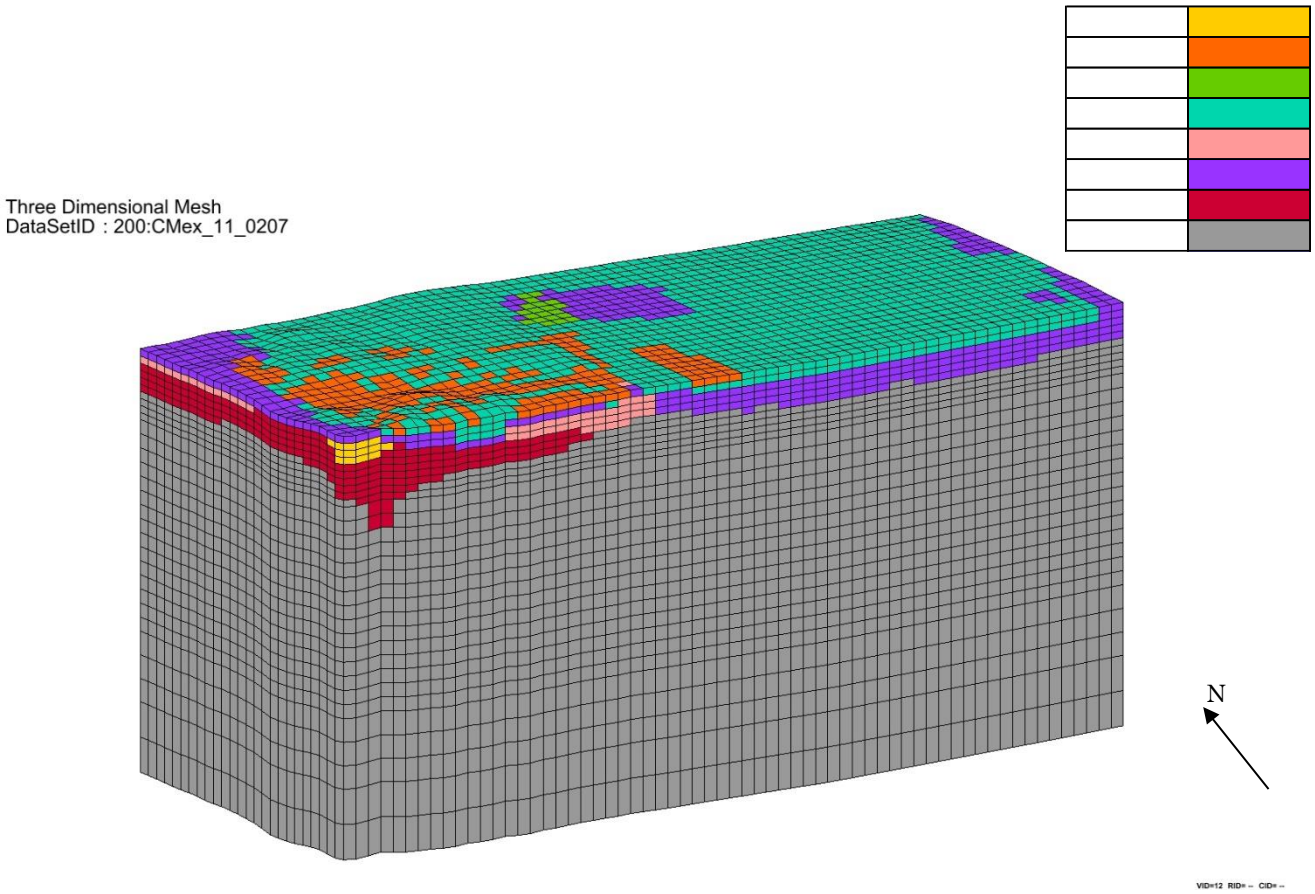


1 -134 ID11. AI



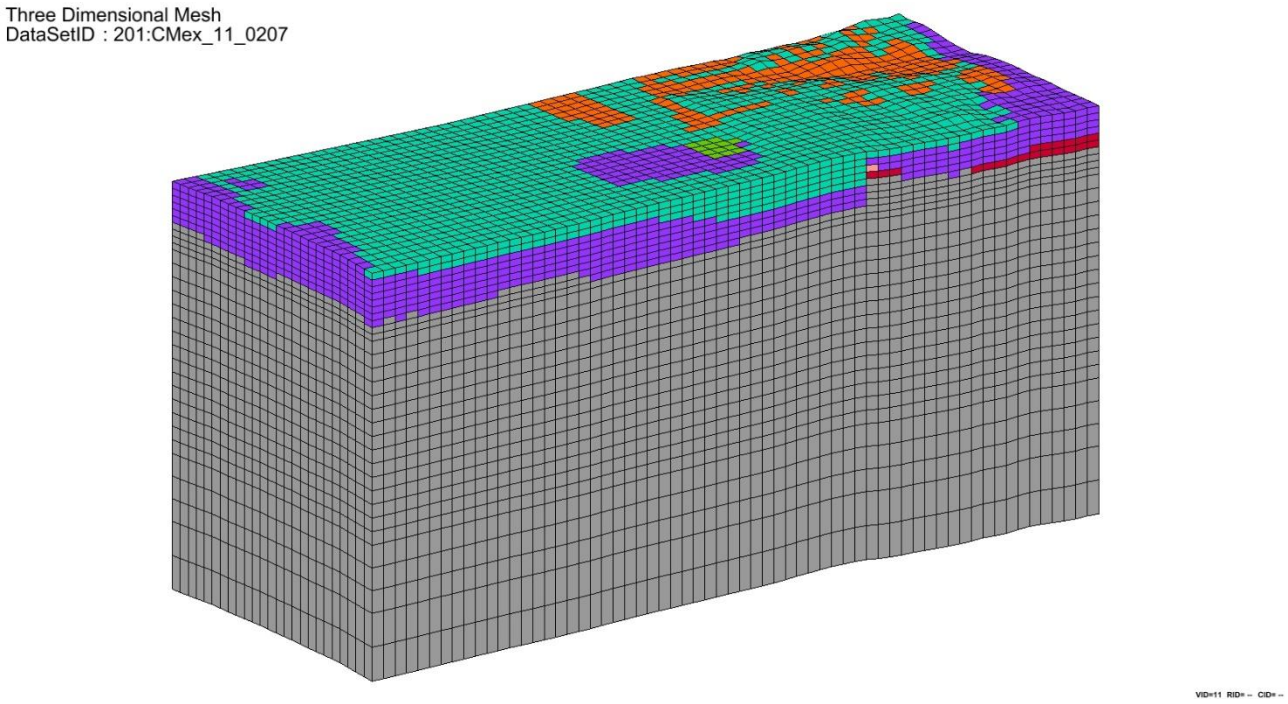
1 -135 ID11. AI

3 (1)



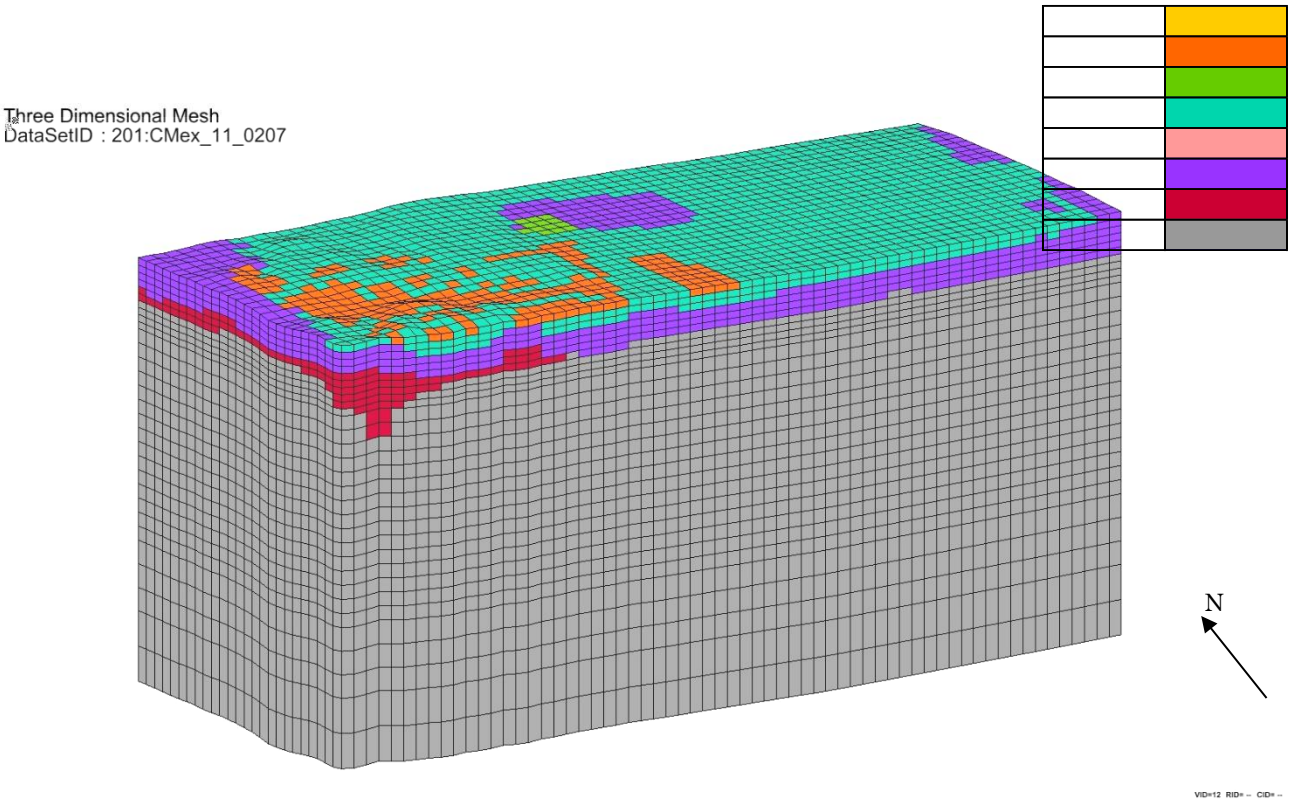
1 -136 ID11. AI

3 (2)



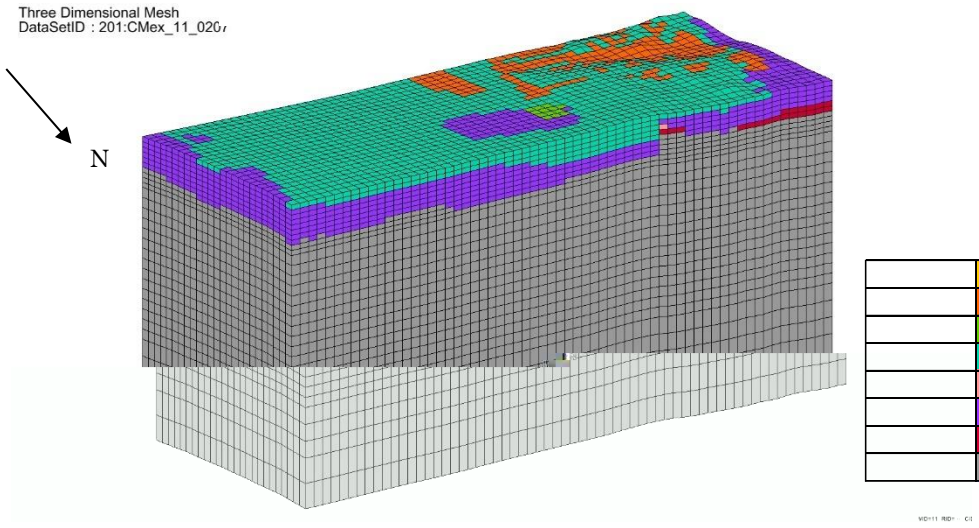
1 -137 ID11. AI

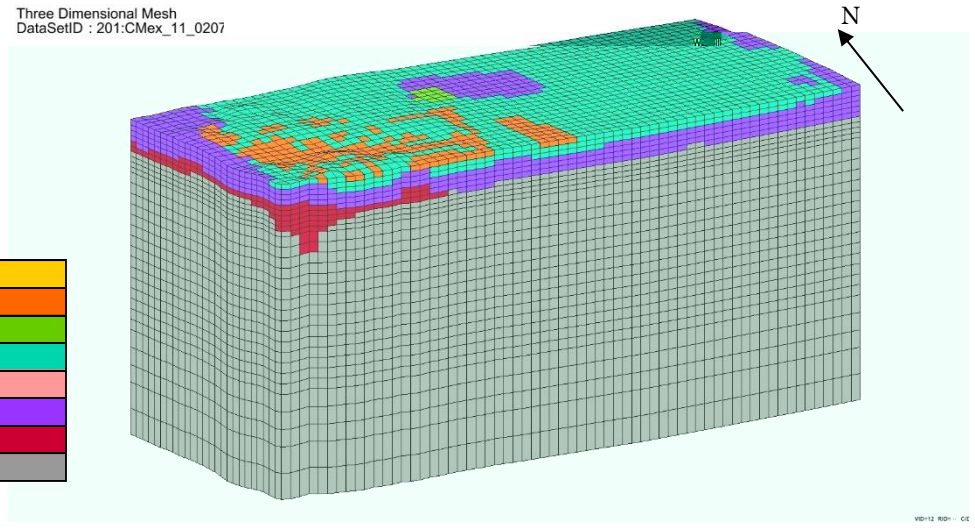
3 (1)

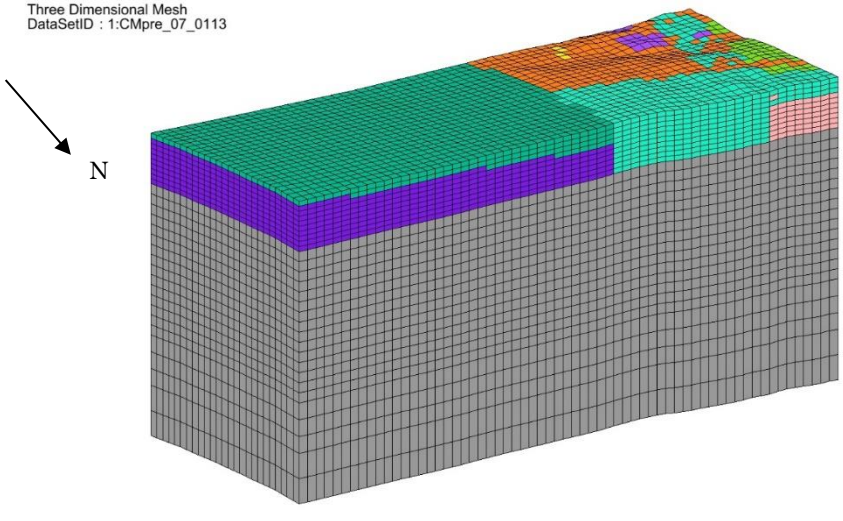


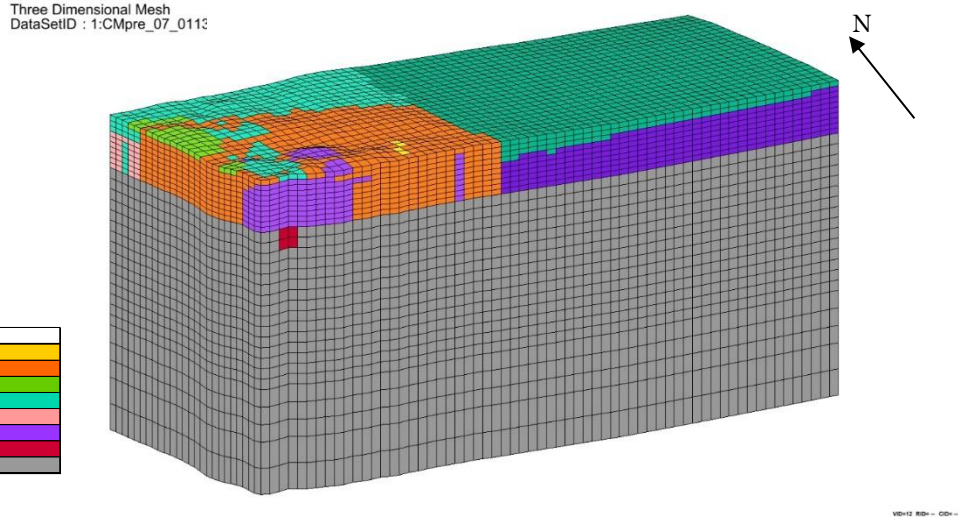
1 -138 ID11. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_11_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_11_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_07_0113
N

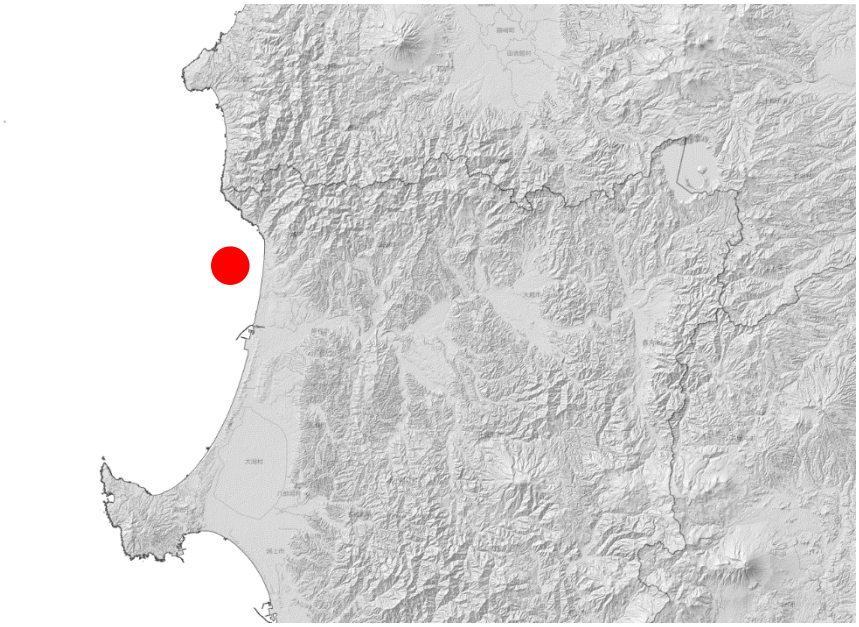

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_07_0113
N

1 -139 ID11. 3

ID.12 能代

モデル化位置

1 -102



1 -140 ID12.

地域概要

1000m

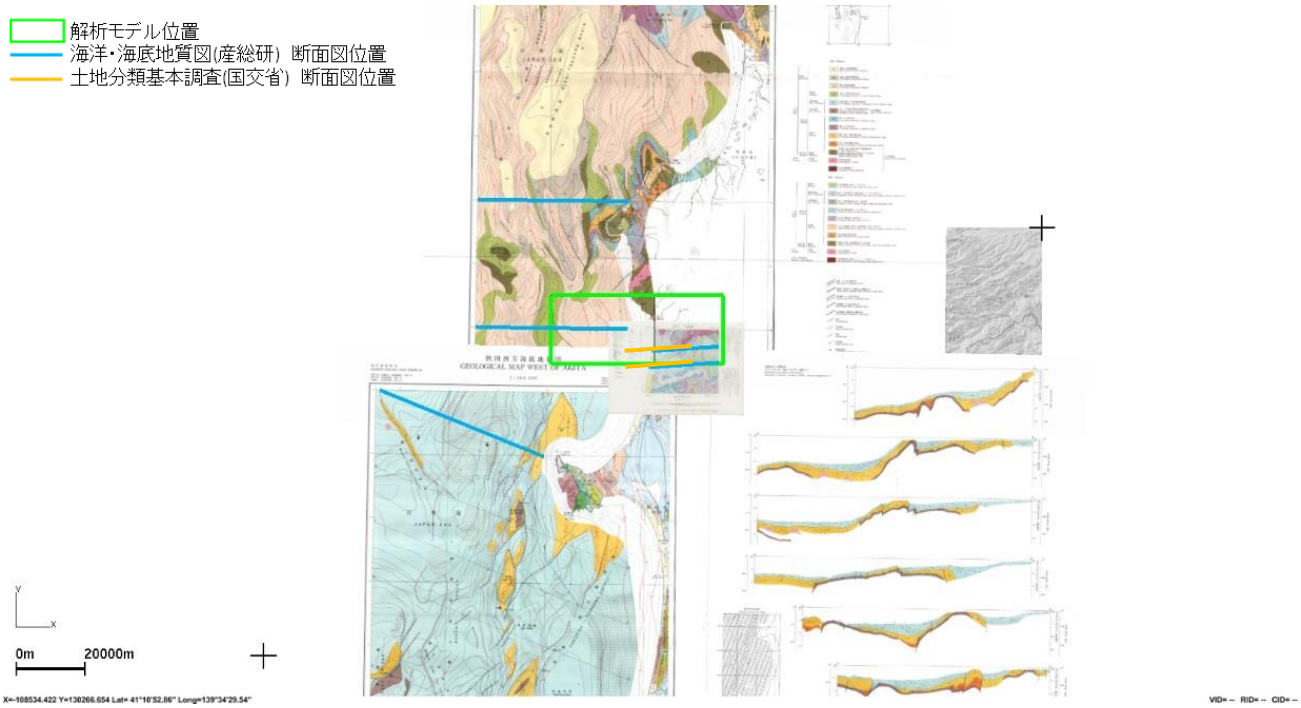
100 200m 1 6km

引用データ

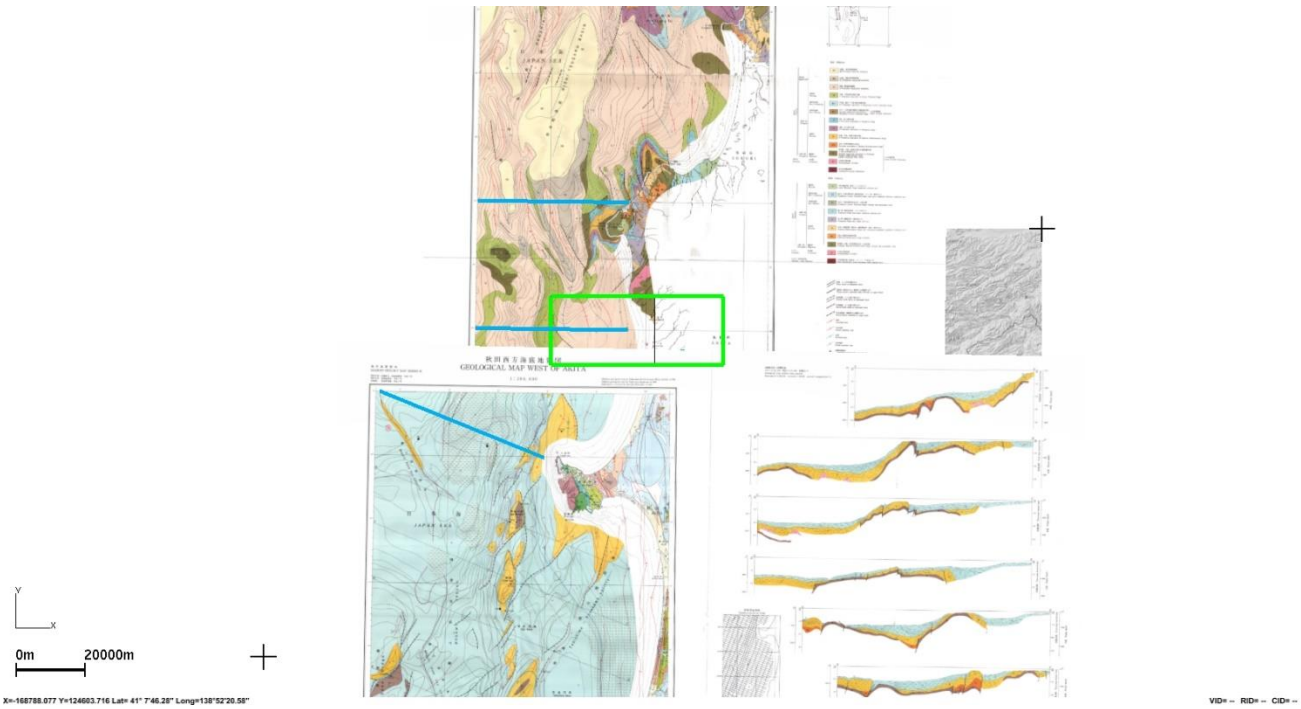
1 -31　　1 -153

1 -157　　1 -158

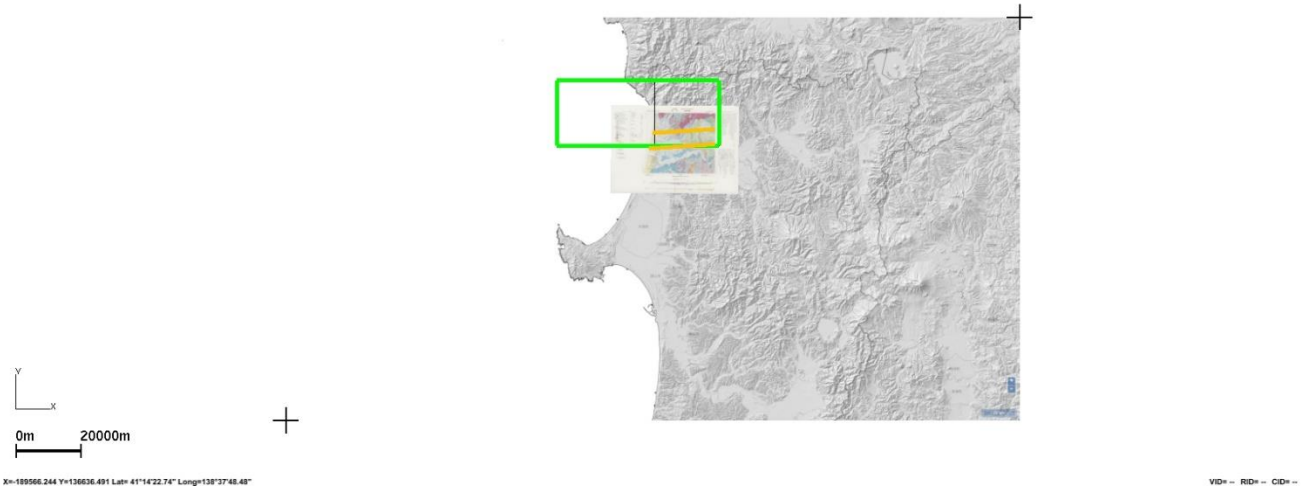
1 -28　ID12.



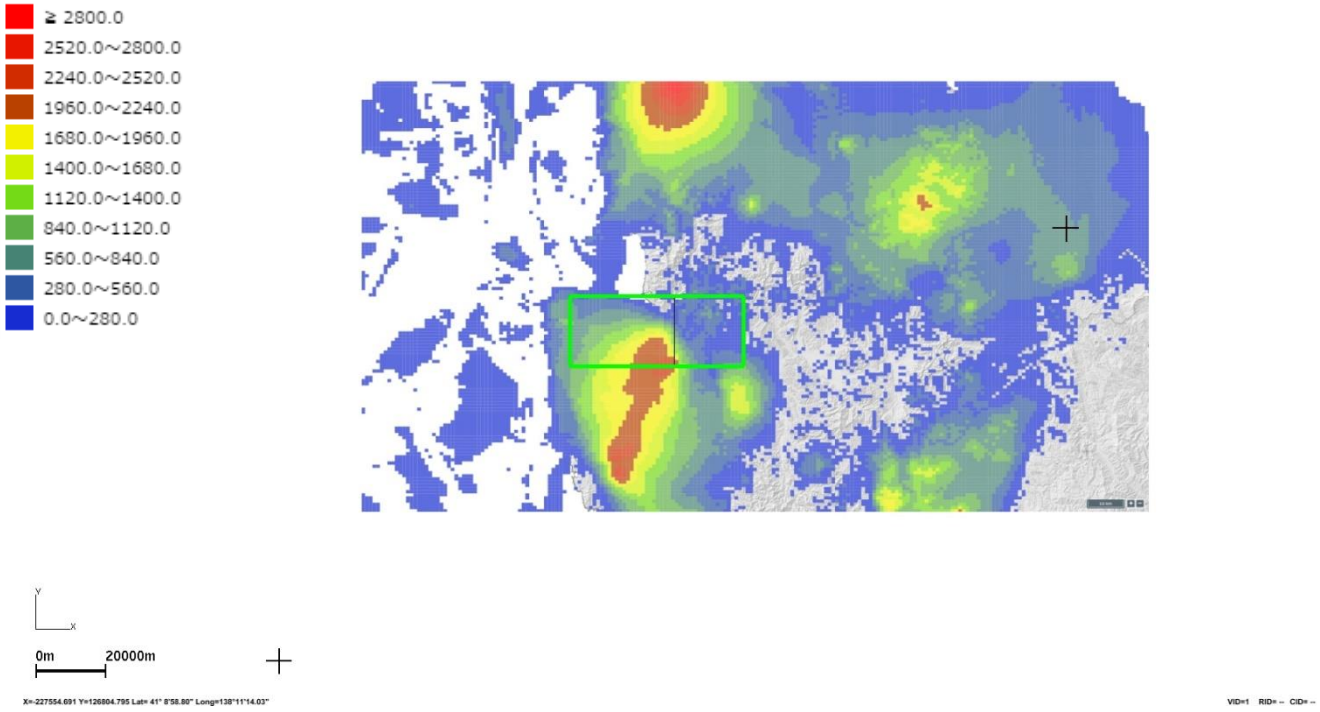
1 -141　ID12.



1 -142 ID12. ( )



1 -143 ID12. ( )



1 -144 ID12. ( )

1 -145 ID12.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -146 3 1 -147

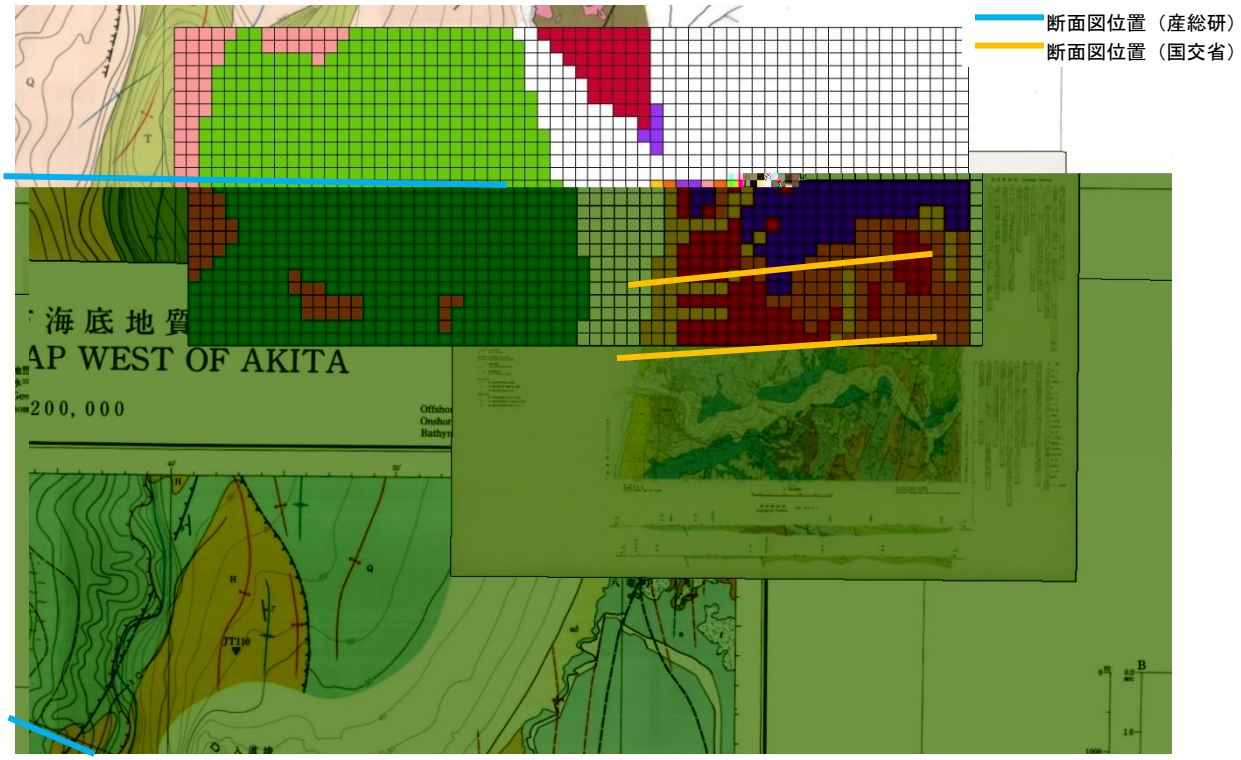
1 -151 1 -29 1 -30

1 -29 ID12. AI 1

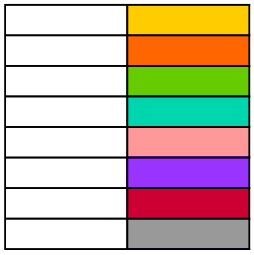
1 -30 ID12. AI 2

1 -148　　1 -149　　N2　N1

N3　　1 -150　　1 -151

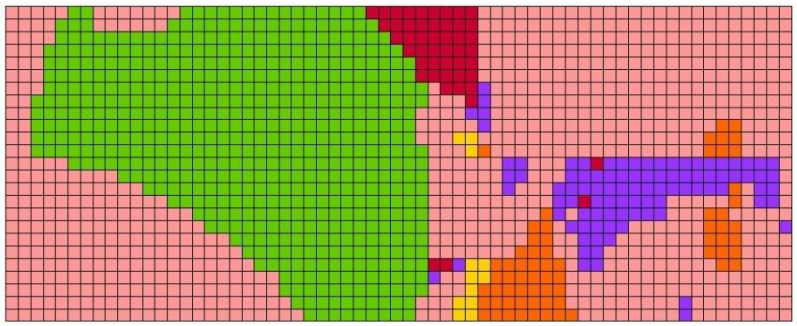


1 -146　ID12.

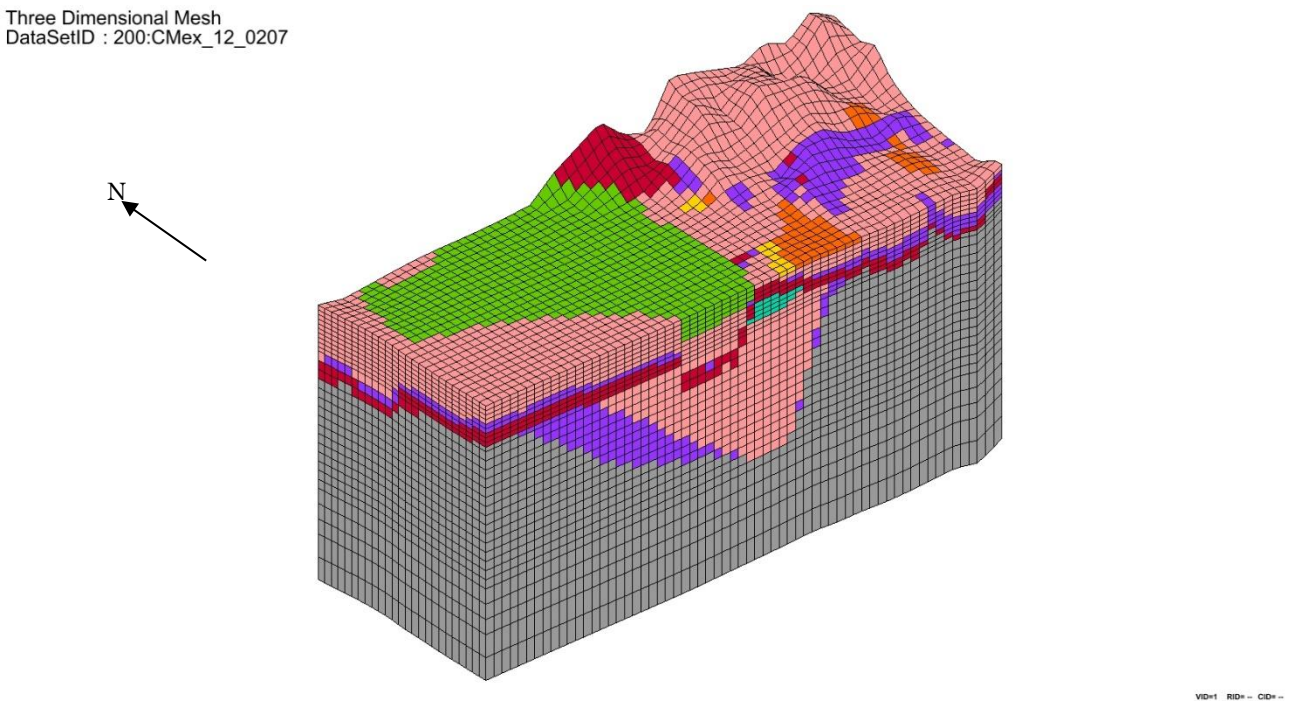


200:CMex_12_0207

N

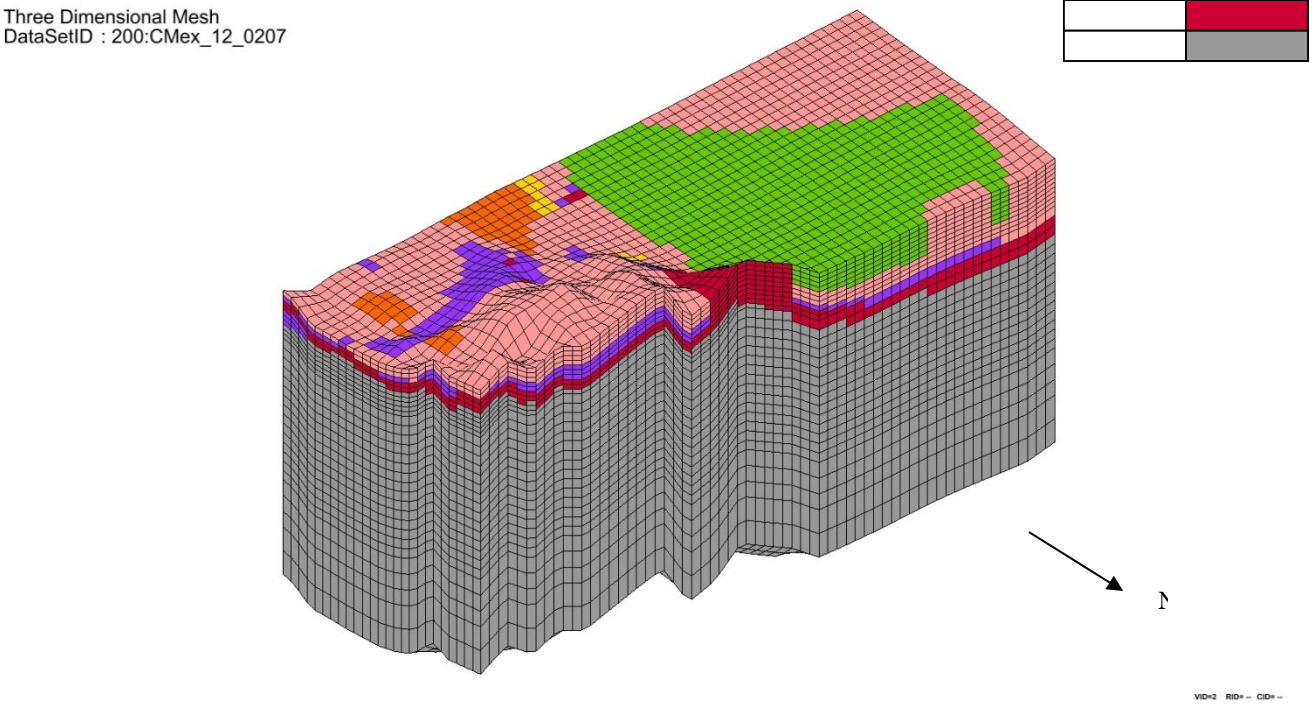


1 -147　ID12.　　AI



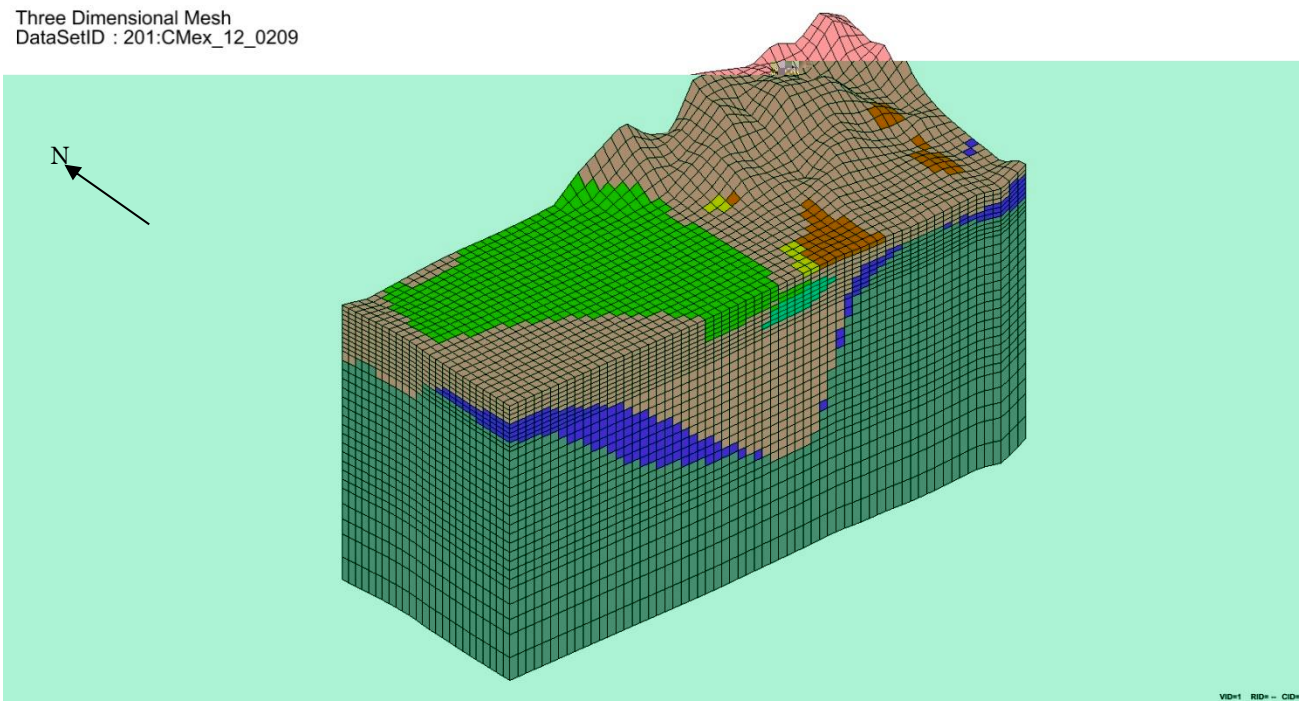
1 -148 ID12. AI 3 (

1)



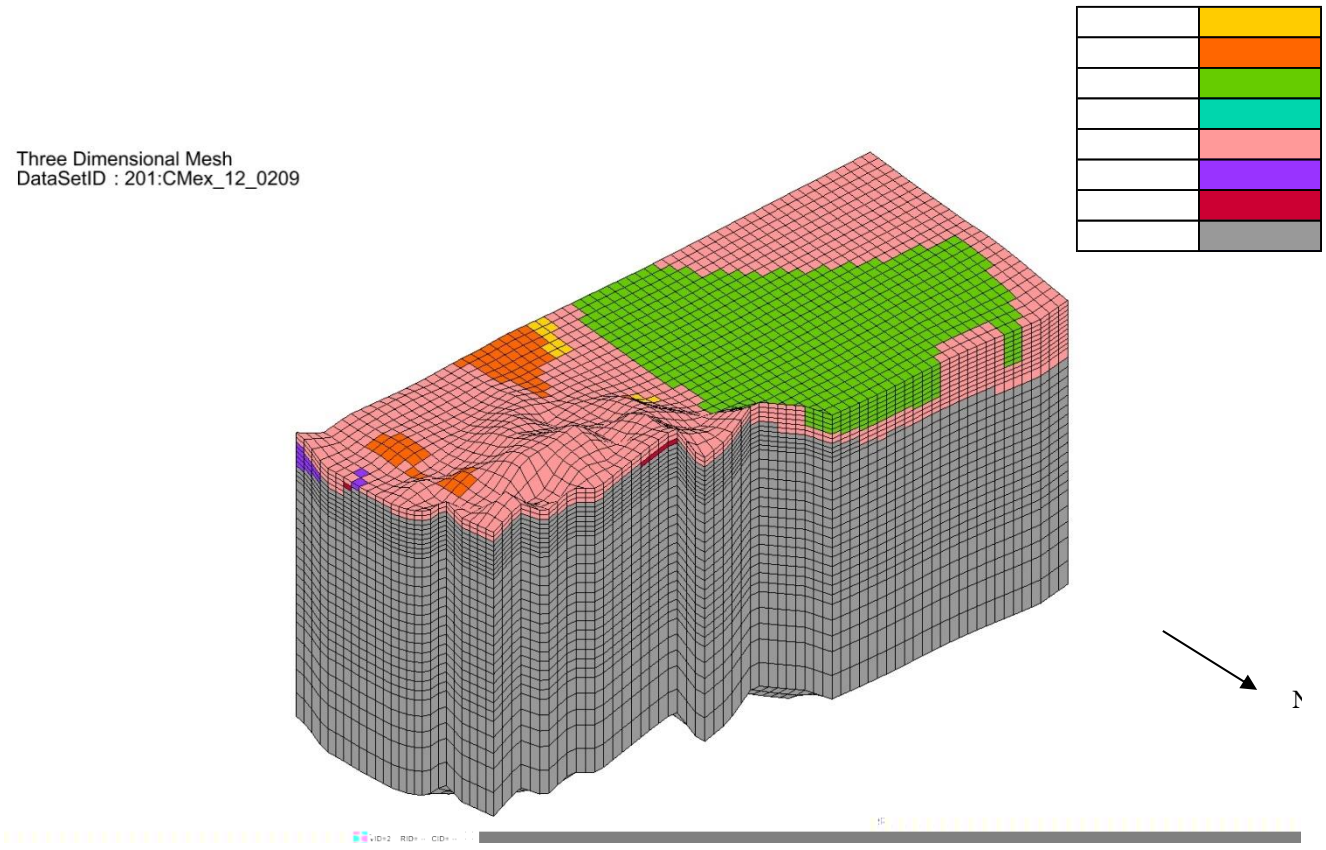
1 -149 ID12. AI

3 (2)



1 -150 ID12. AI

3 (1)



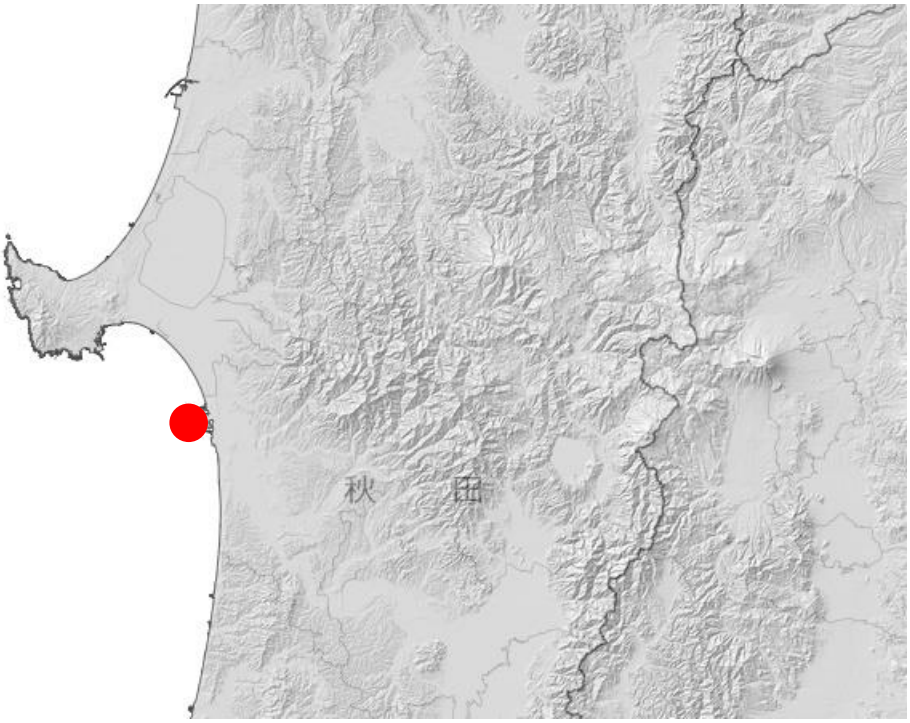
1 -151 ID12. AI

3 (2)

ID.13 秋田

モデル化位置

1 -152



1 -152 ID13.

地域概要

2 1 km

3 6km

100m 60 200m

500m

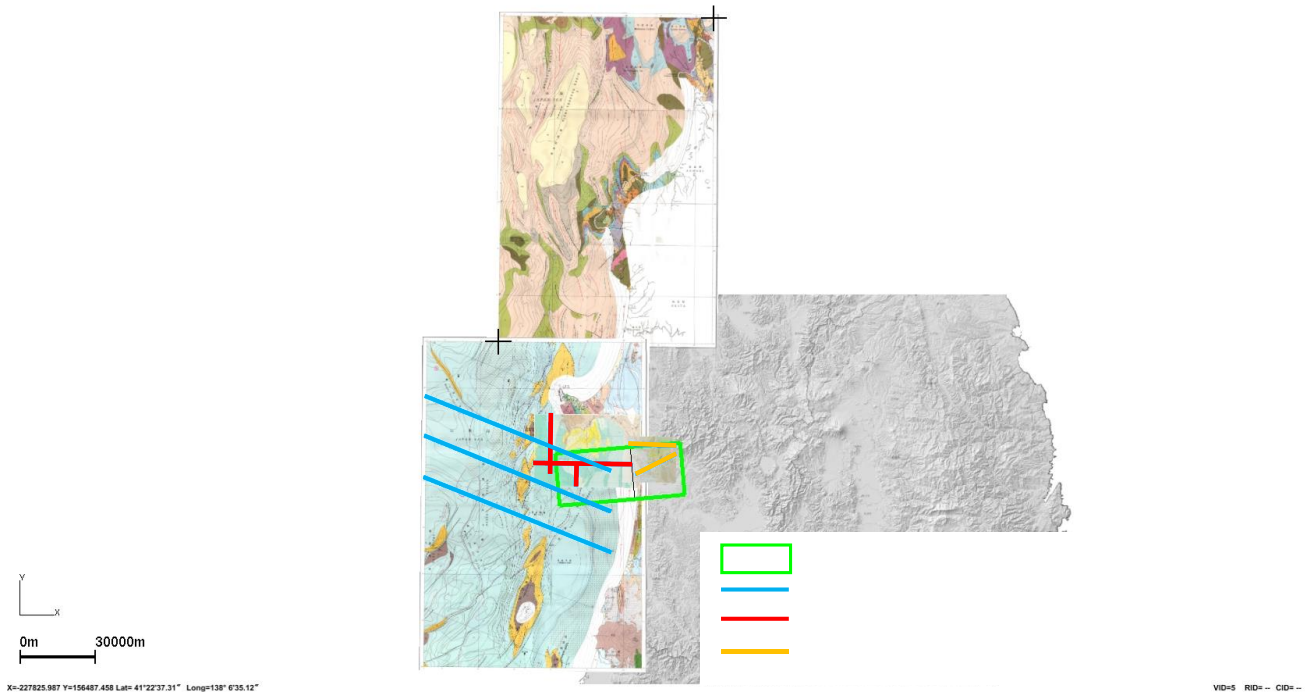
600m

引用データ

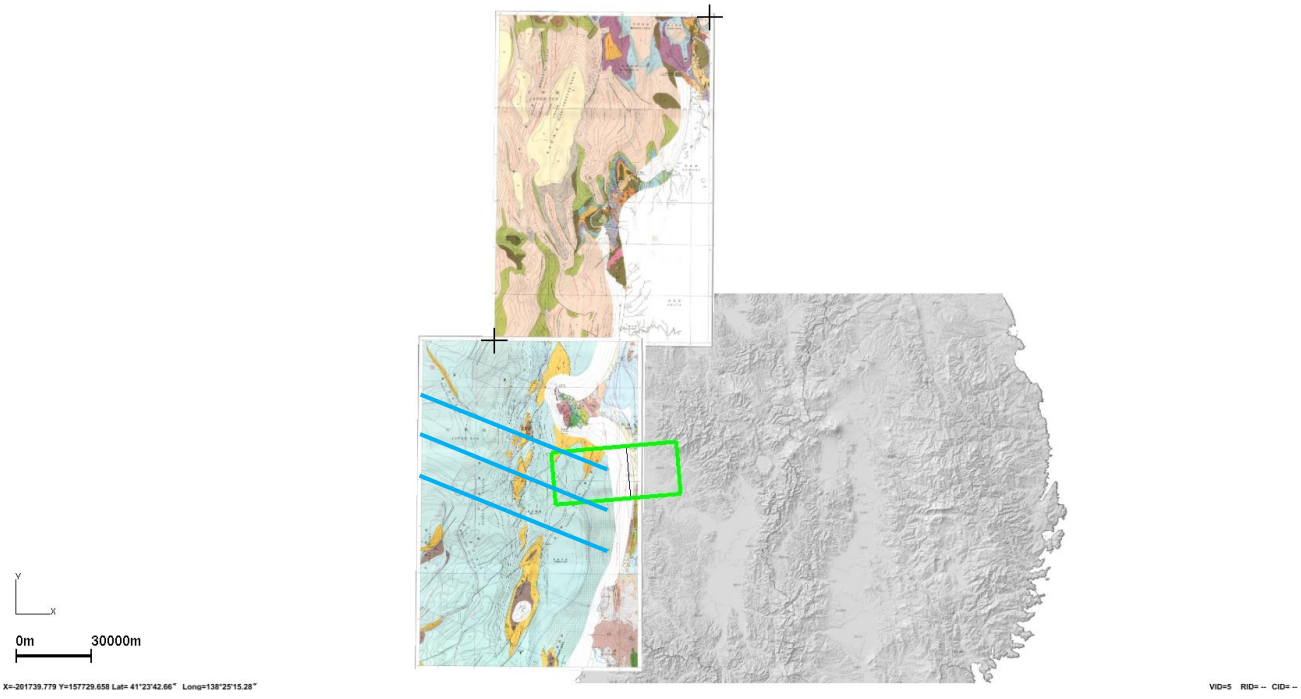
1 -31　　1 -153

1 -157　　1 -158

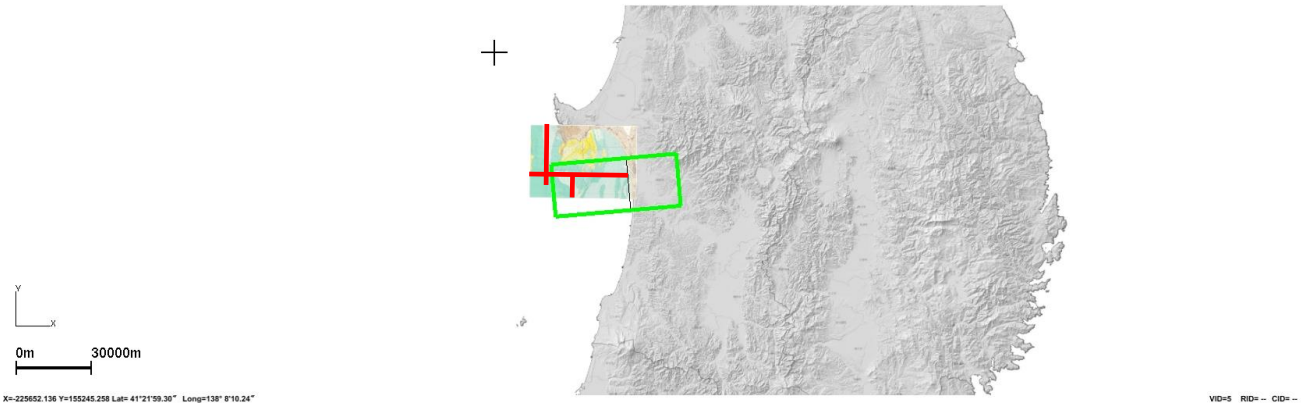
1 -31　ID13.



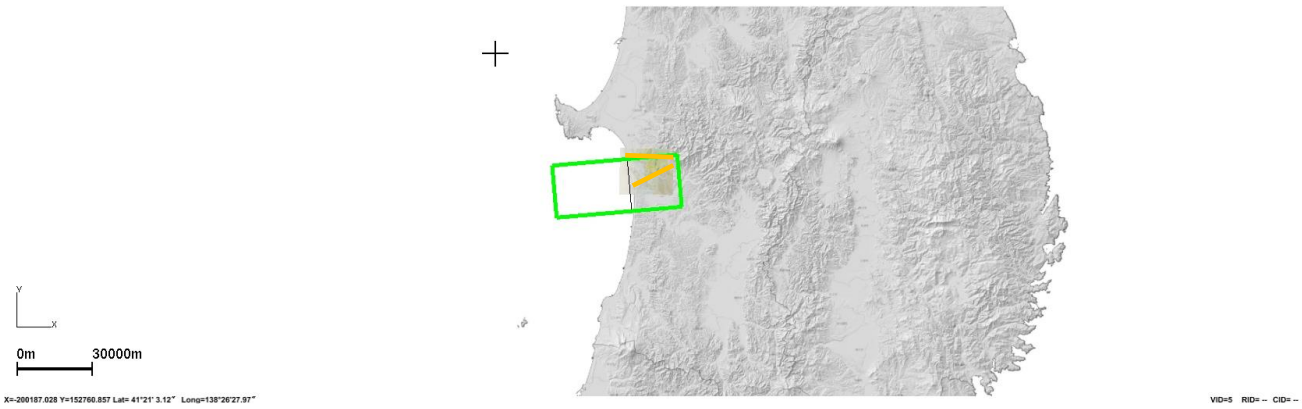
1 -153　ID13.



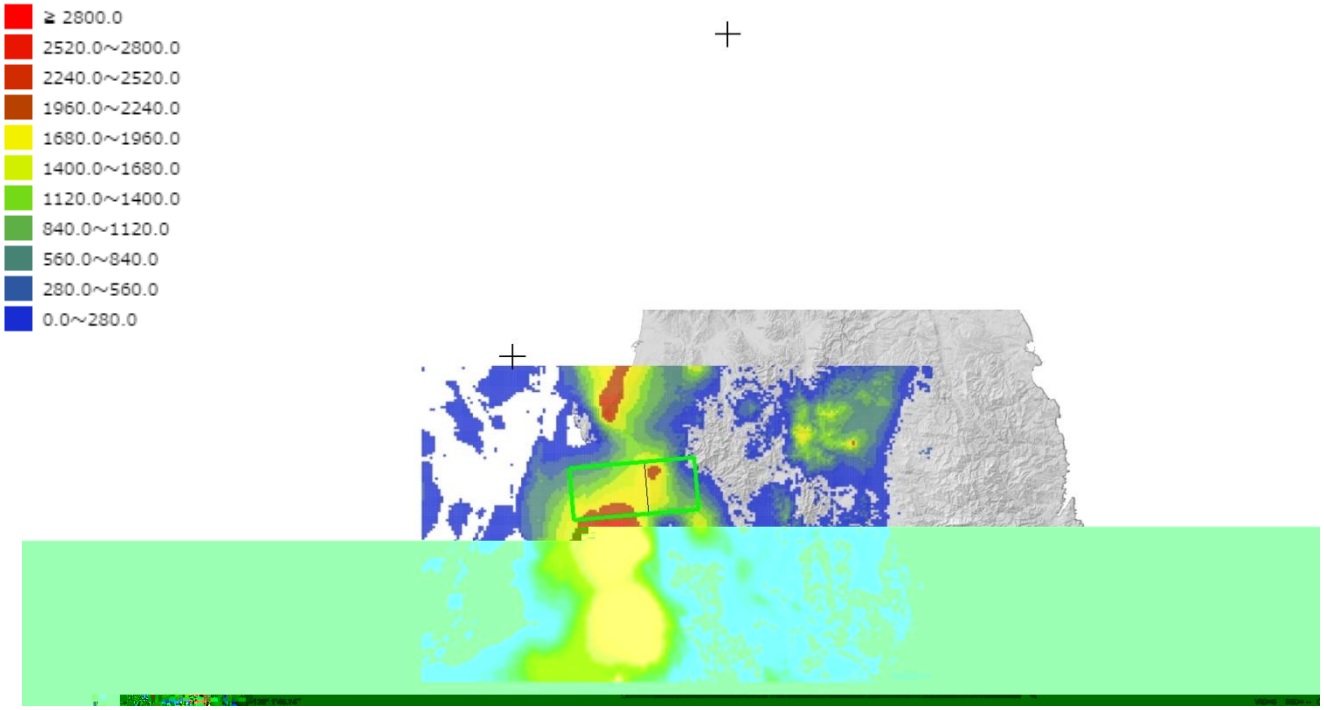
1 -154 ID13. ( )



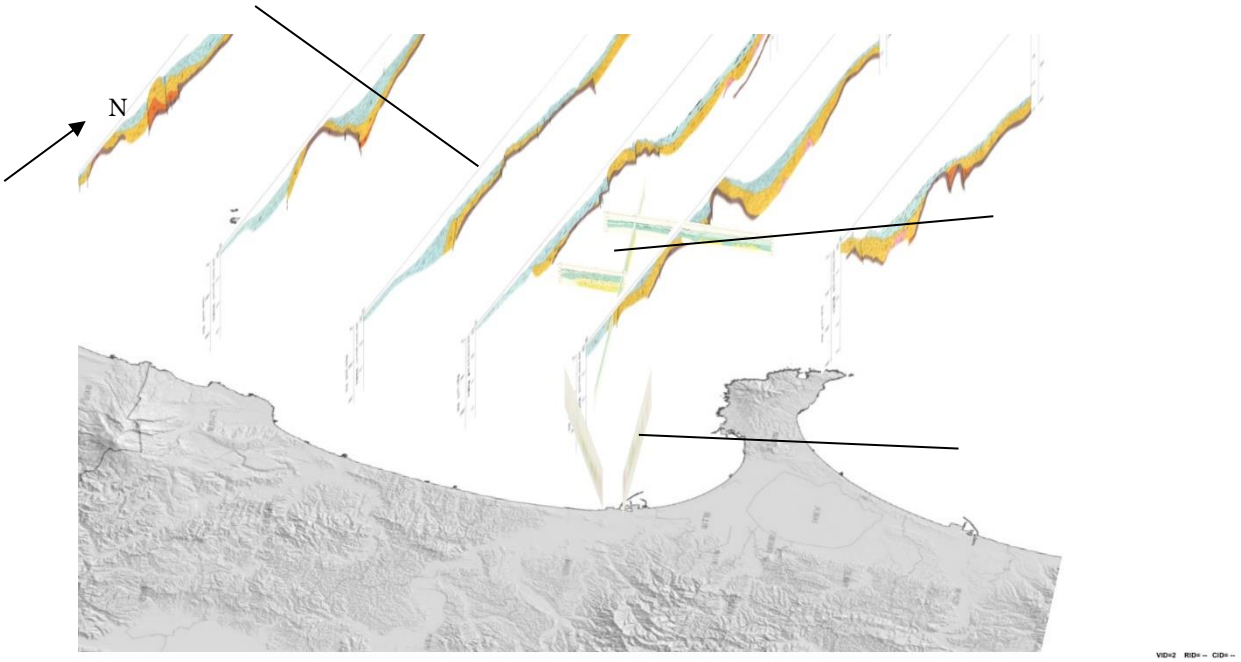
1 -155 ID13. ( )



1 -156 ID13. ( )



1 -157 ID13. ( )



1 -158　ID13.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

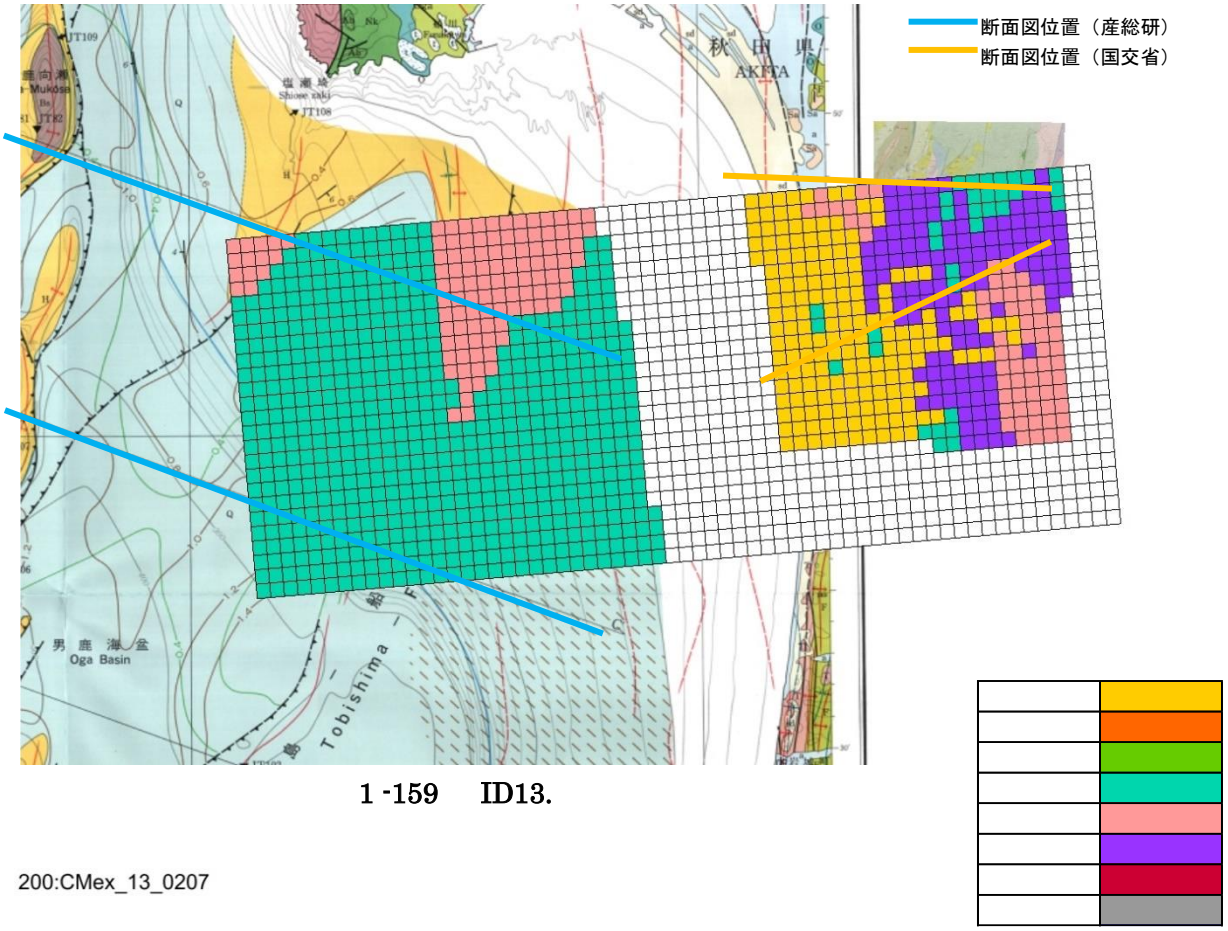
AI 学習・予測

AI　　1 -159　　3　　1 -160

1 -162　　1 -32

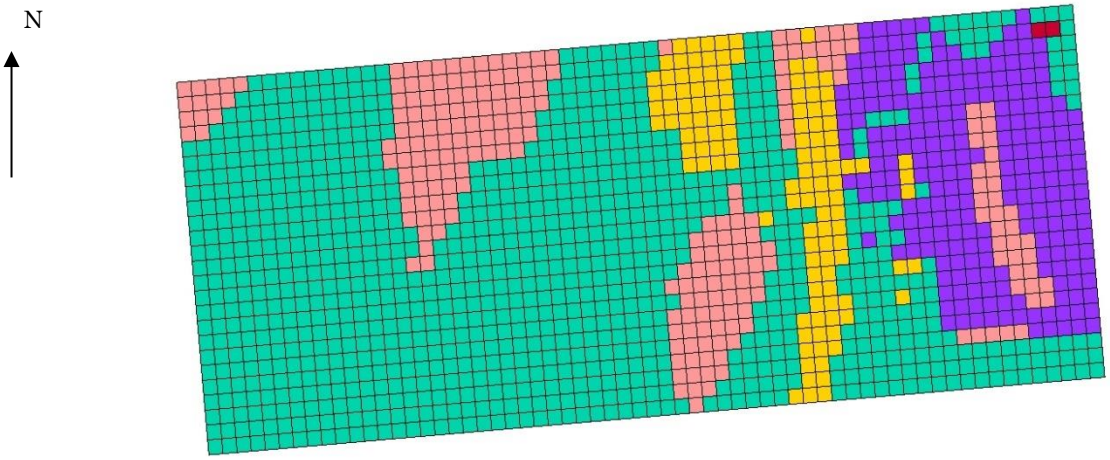
1 -163

1 -32　ID13.　　　　　　AI

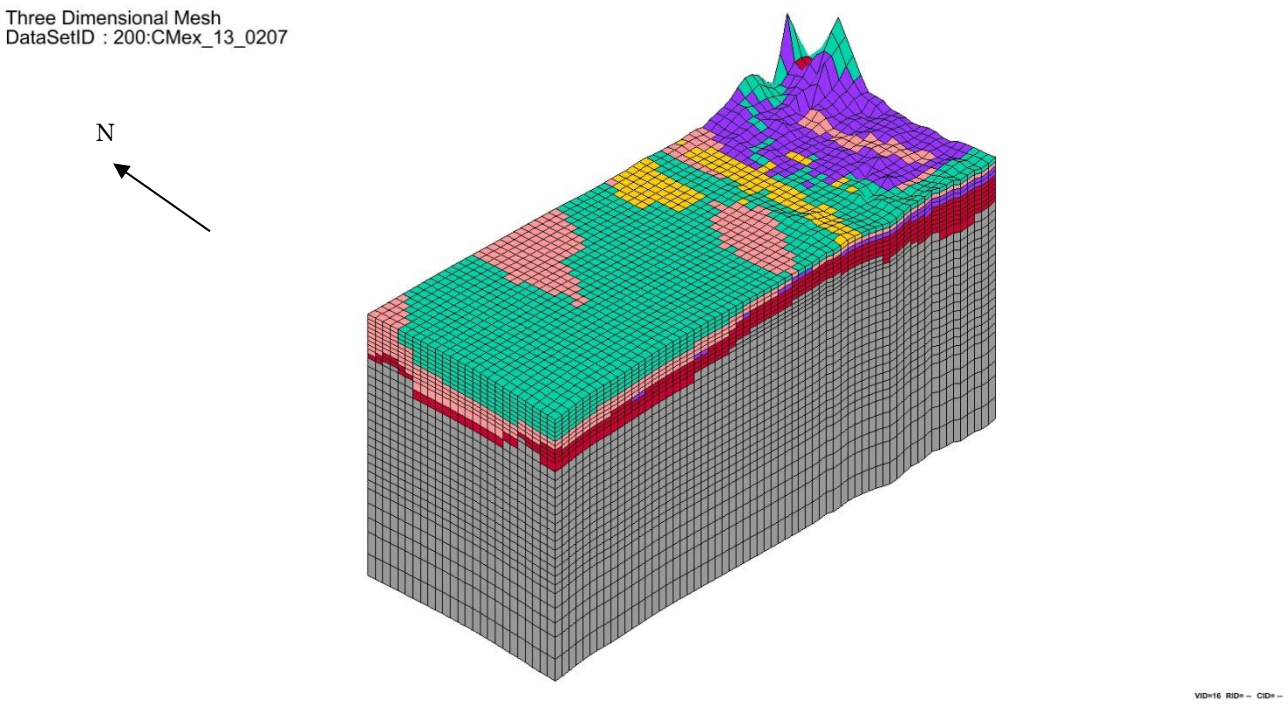


1 -159　ID13.

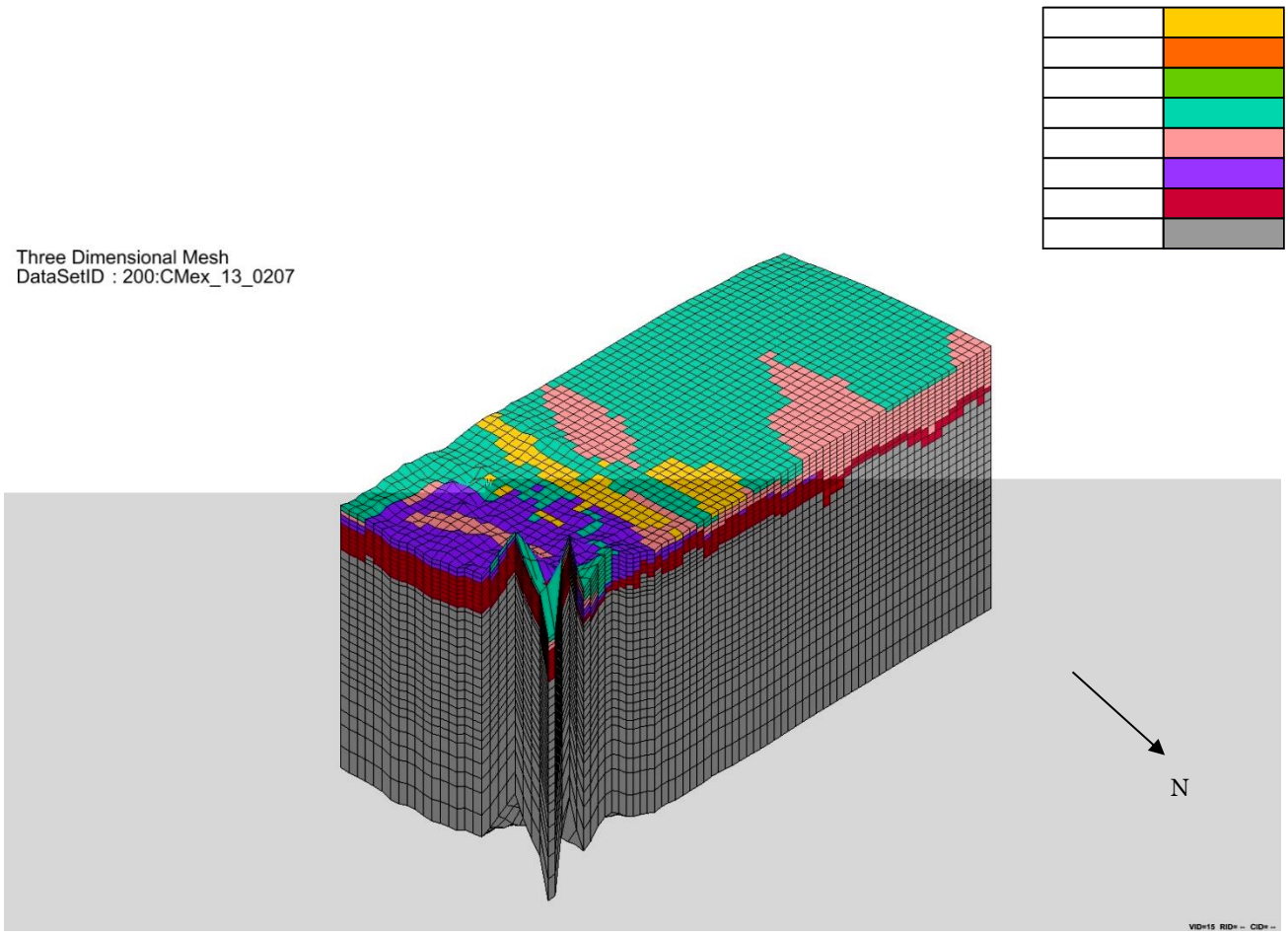
200:CMex_13_0207



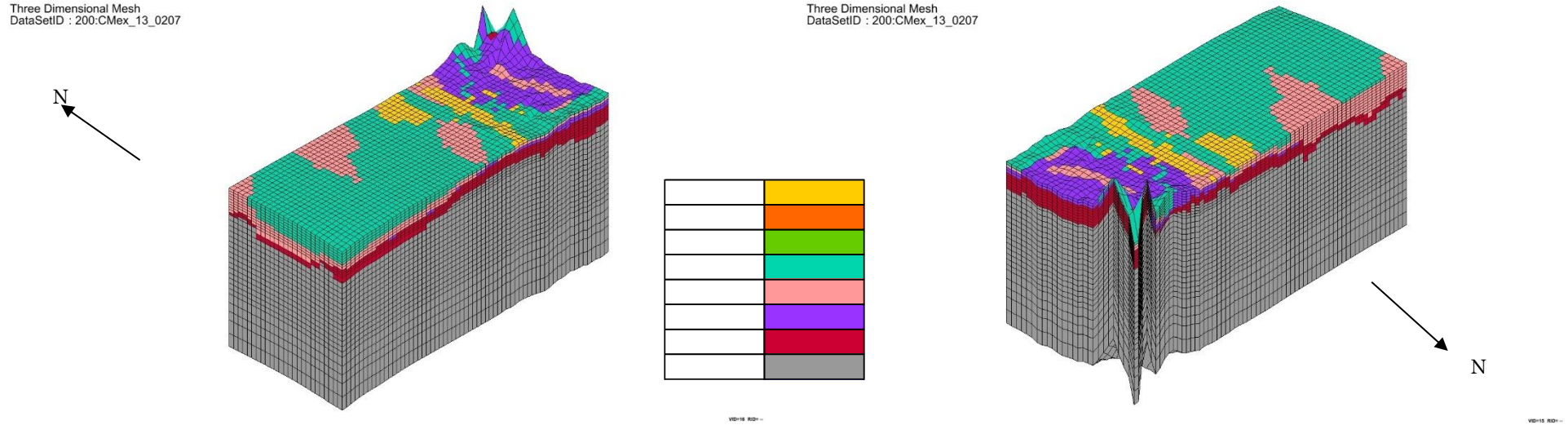
1 -160　ID13.　　AI

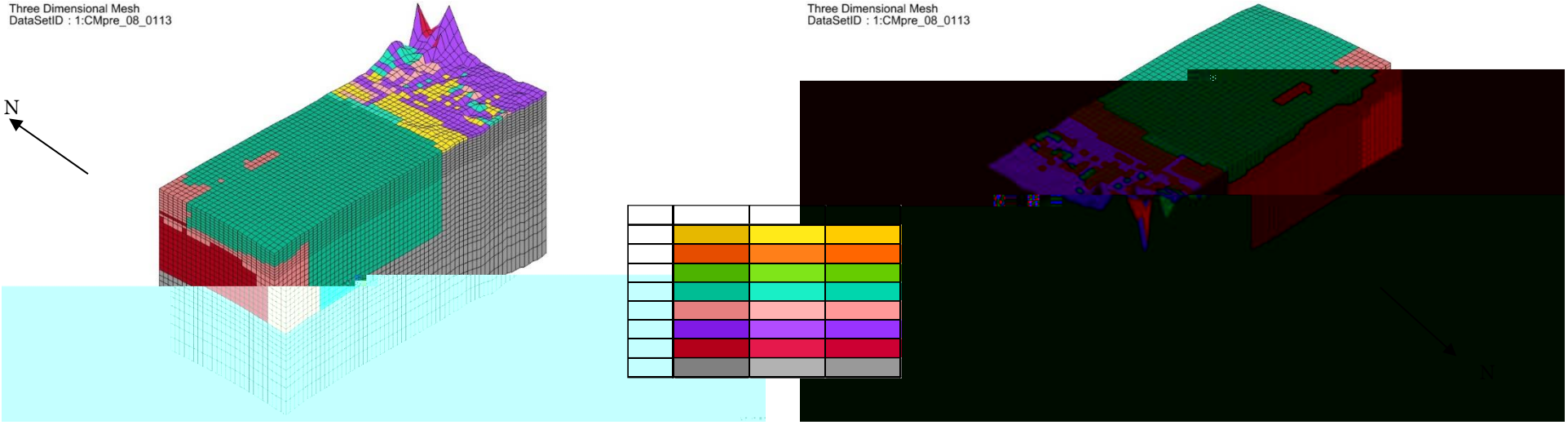


1 -161 ID13. AI 3 (1)



1 -162 ID13. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_13_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_13_0207
N

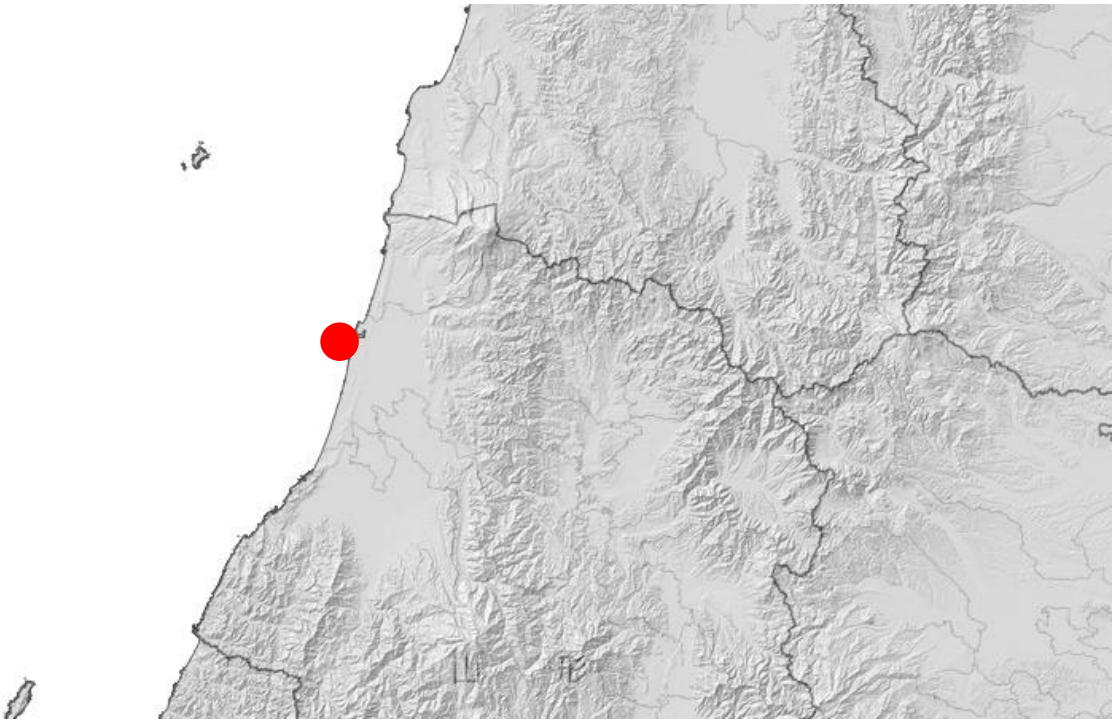

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_08_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_08_0113

1 -163 ID13. 3

ID.11　庄内

モデル化位置

1 -164



1 -164　ID11 .

地域概要

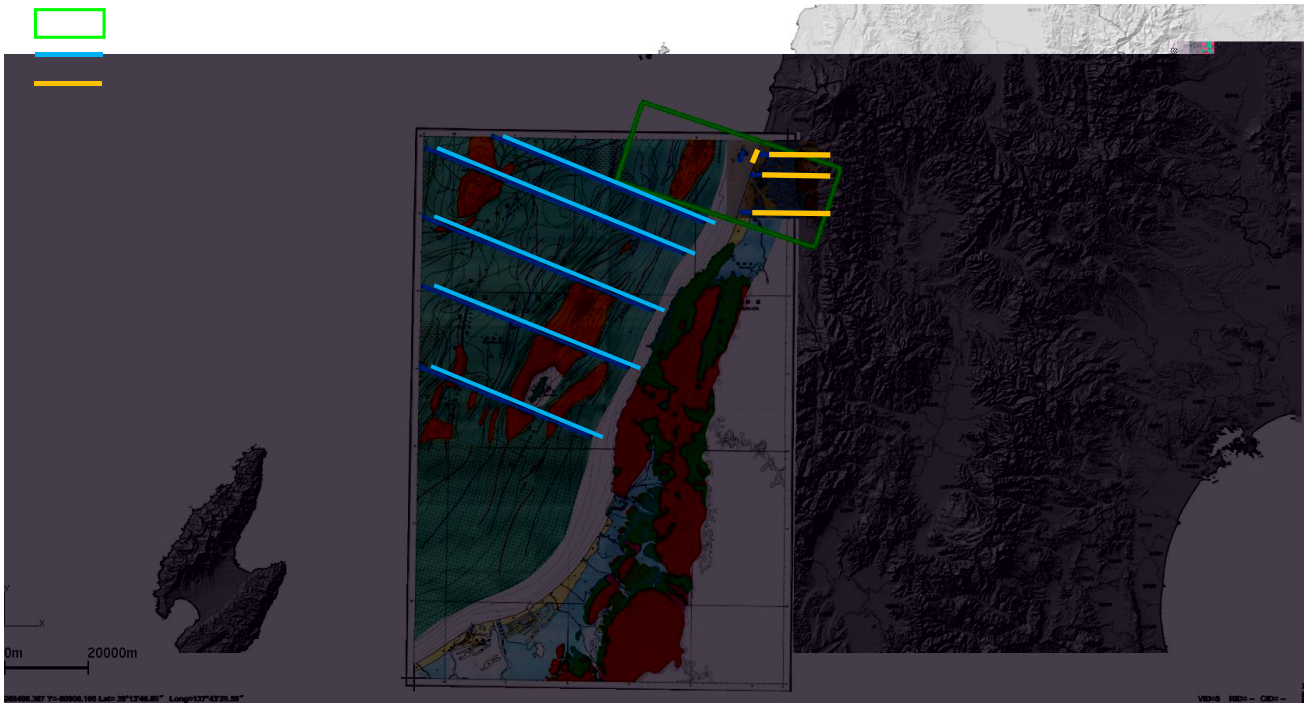
2230m

引用データ

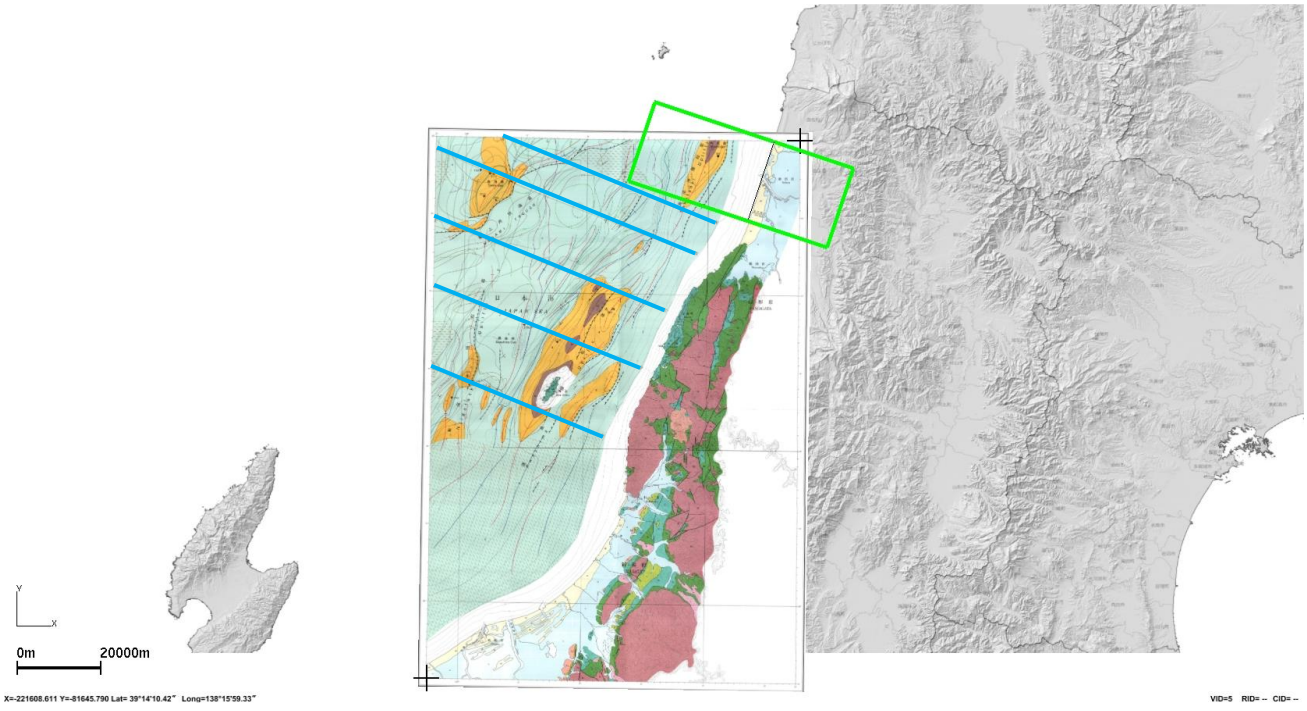
1 -33　　1 -165

1 -168　　1 -169

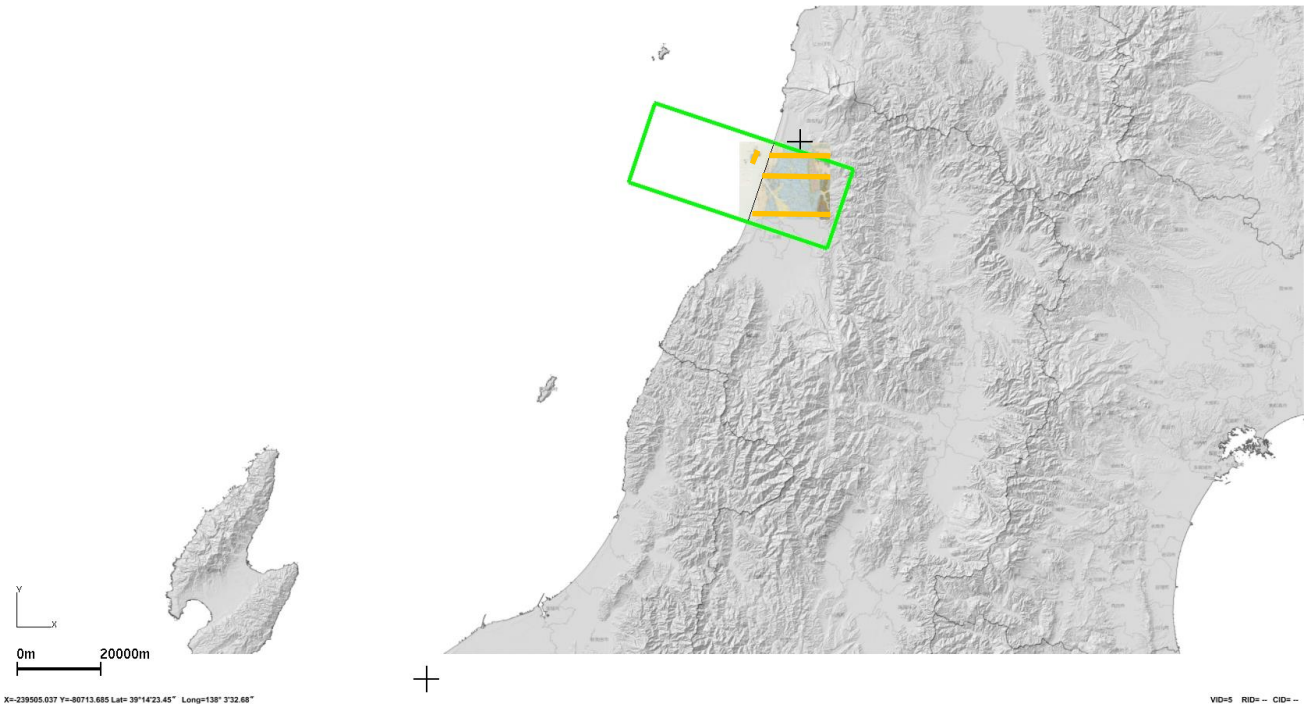
1 -33　ID11 .



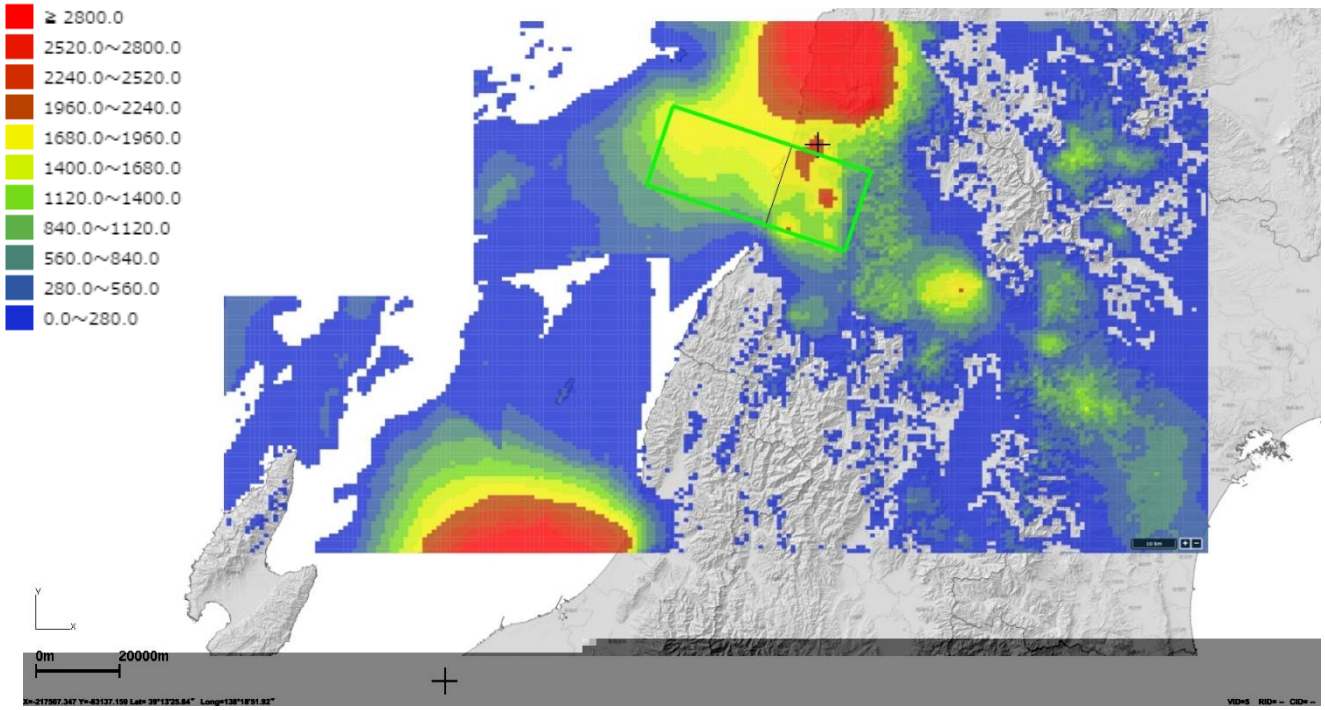
1 -165　ID11 .



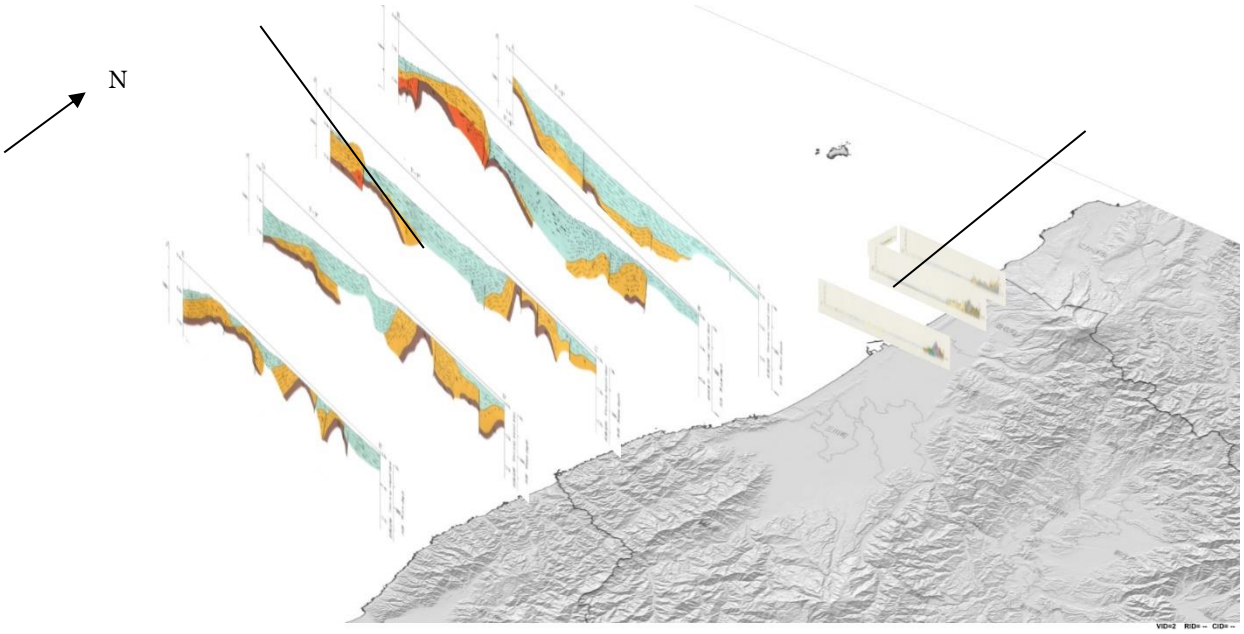
1 -166 ID11 . ( )



1 -167 ID11 . ( )



1 -168 ID11 . ( )



1 -169 ID11 .

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

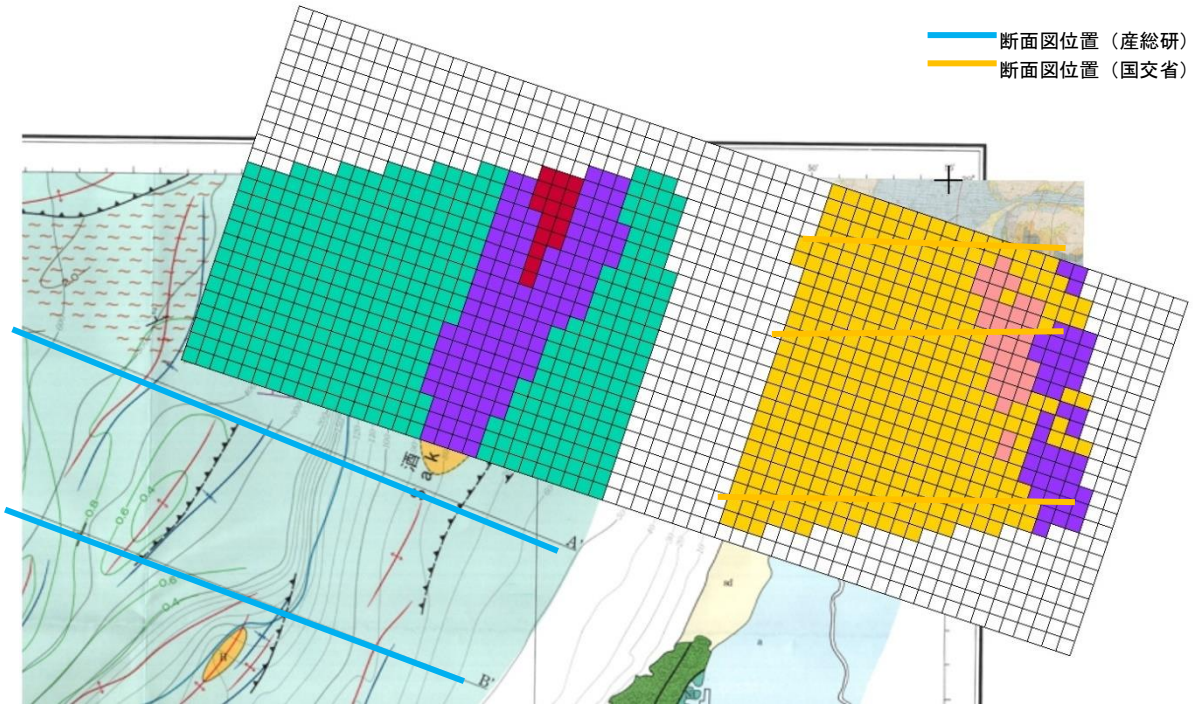
AI　　1-170　　3　　1-171

1-175　　1-34

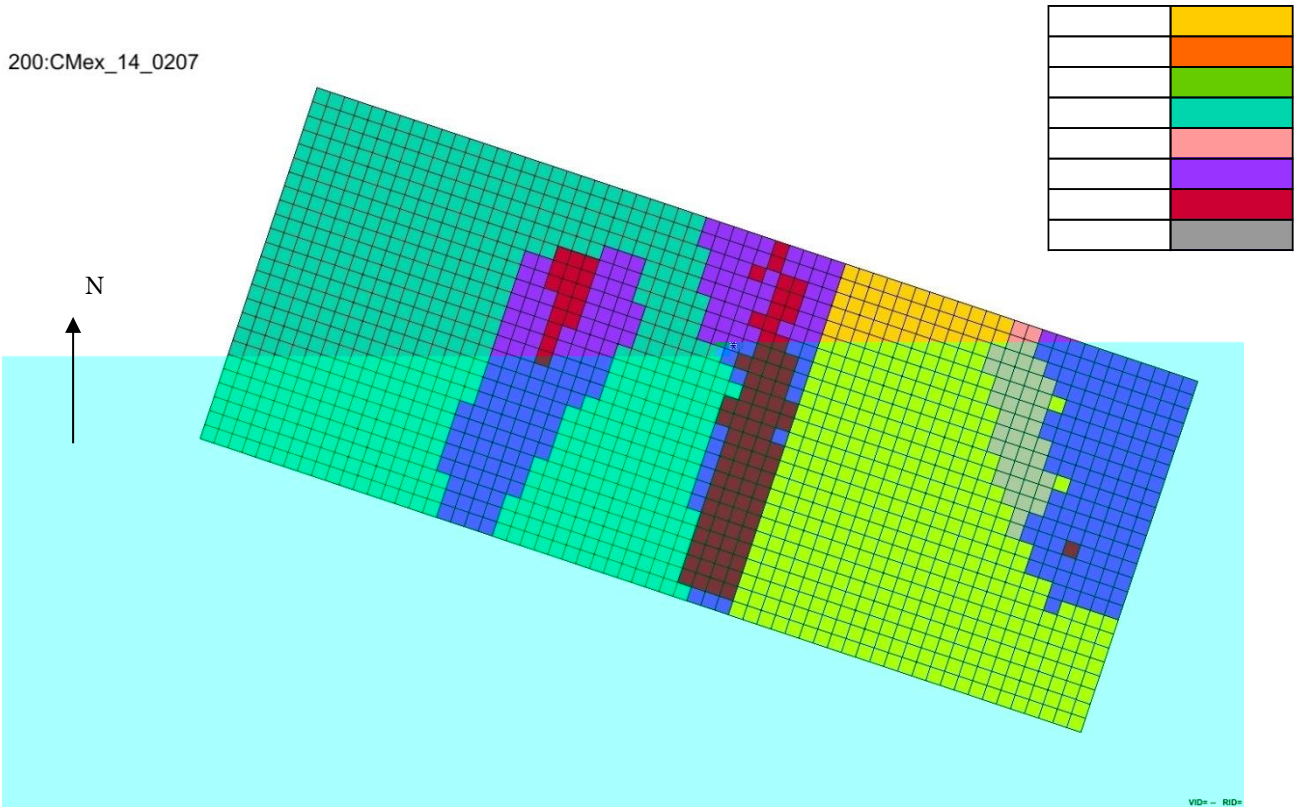
1-176

1 -34 ID11 . AI

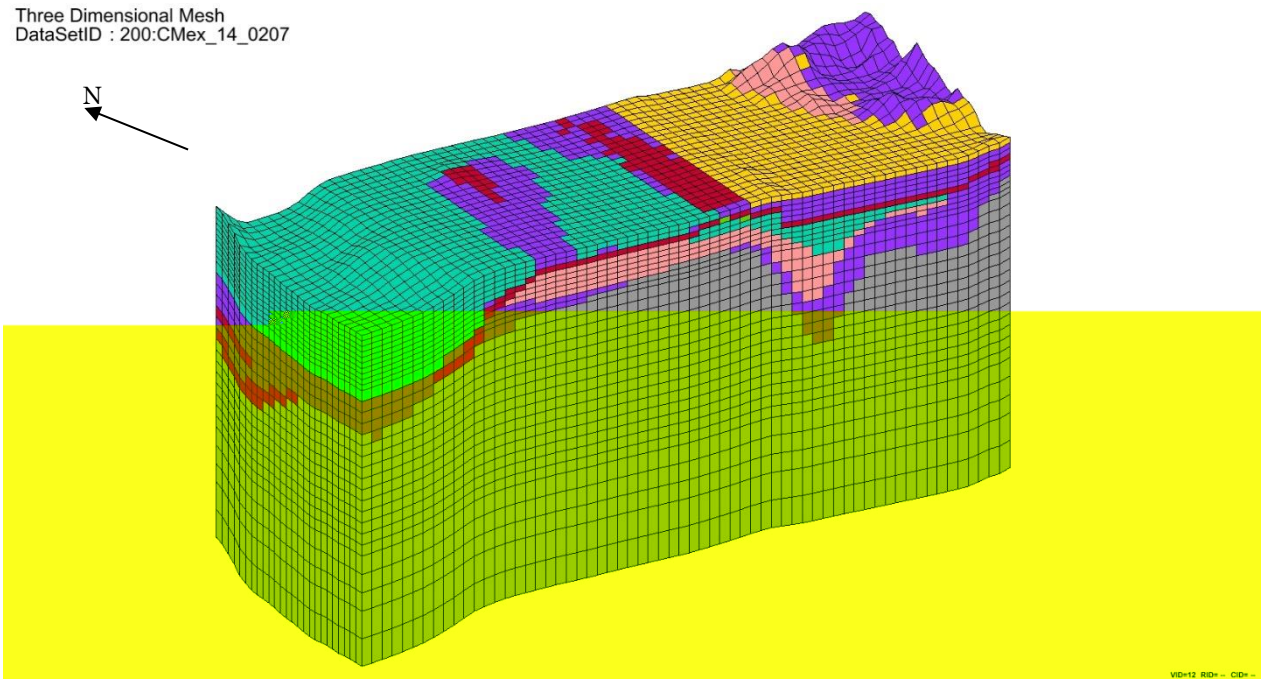
1 -172　　1 -173　　N3　N2
Q1　　1 -174　　1 -175



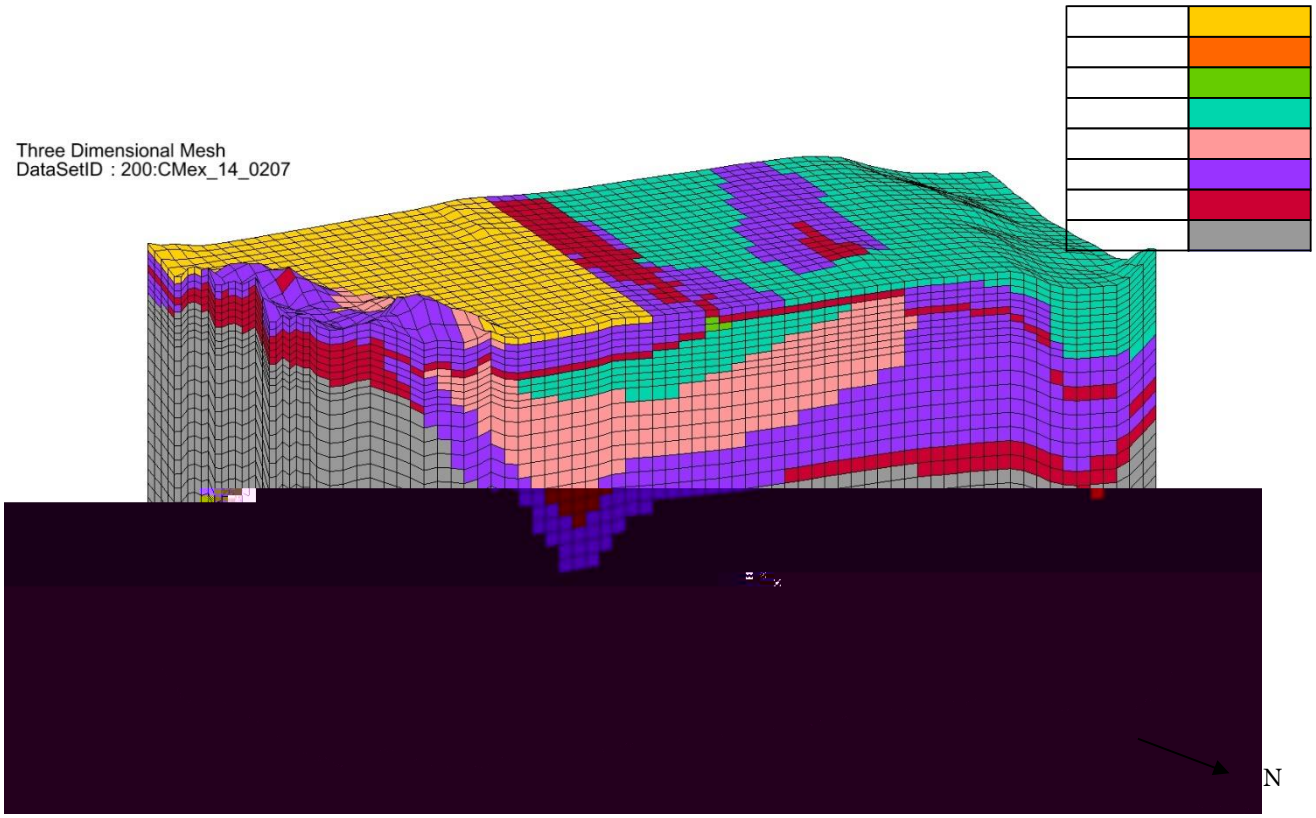
1 -170　ID11 .



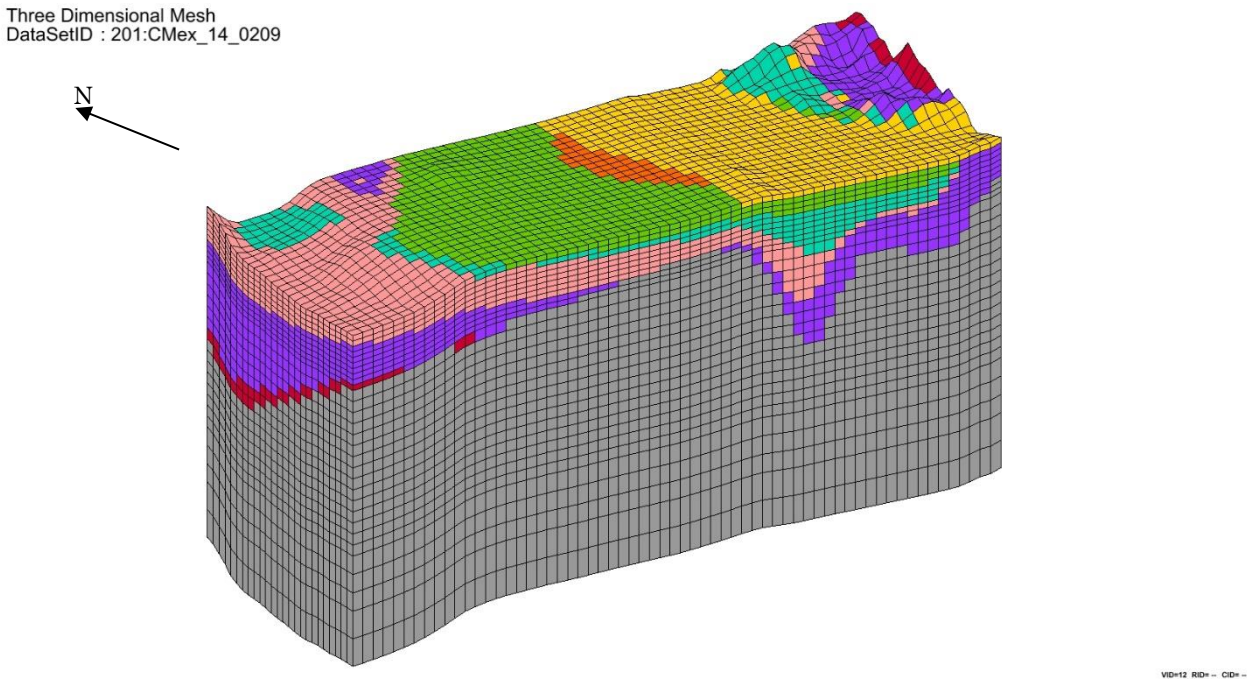
1 -171　ID11 .　　AI



1 -172 ID11 . AI 3 (
1)

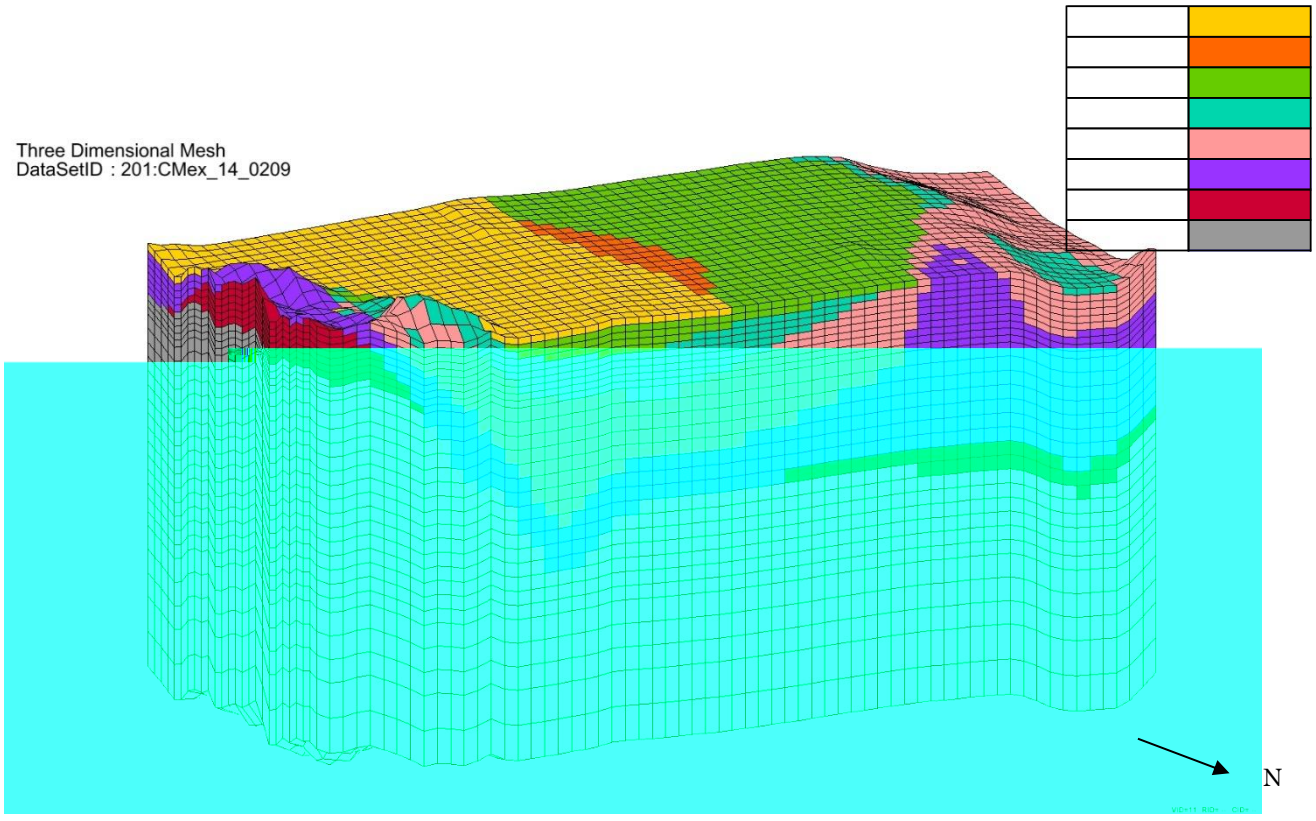


1 -173 ID11 . AI
3 (2)



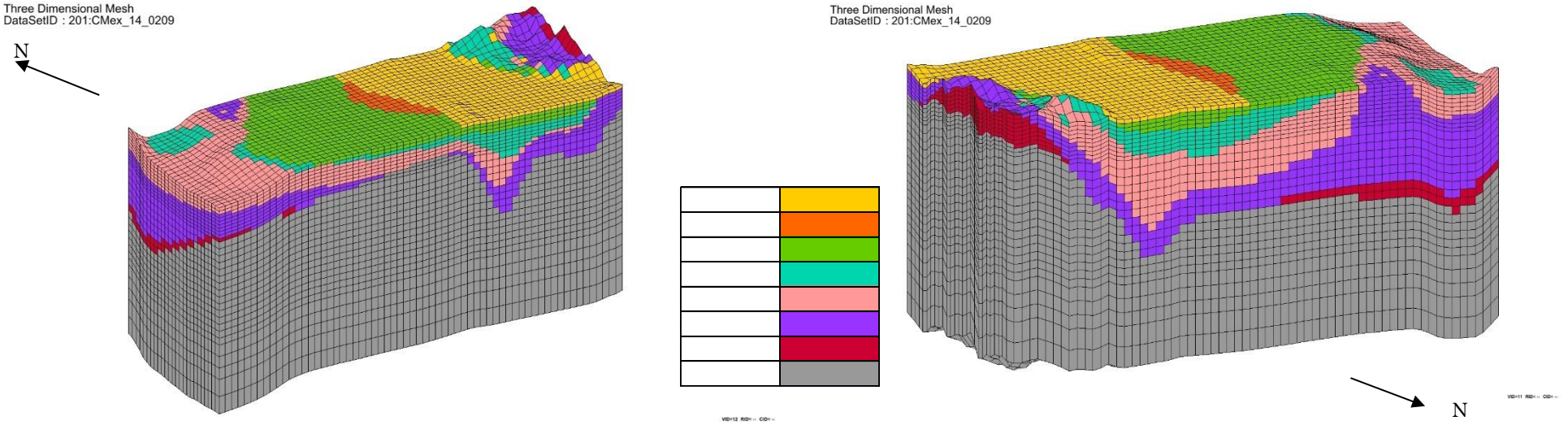
1 -174 ID11 . AI

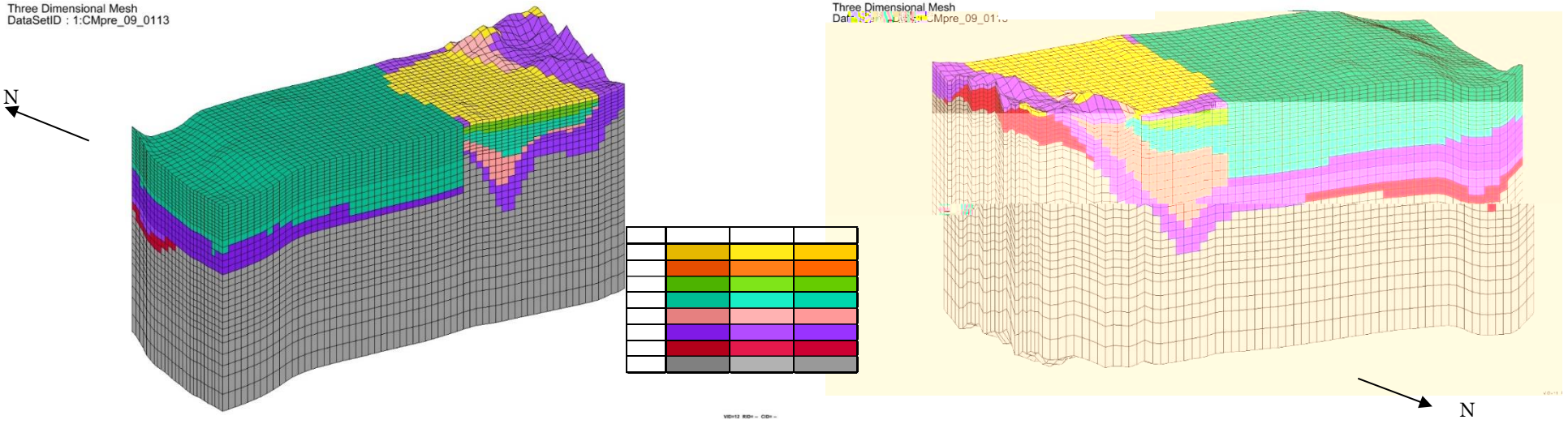
3 (1)



1 -175 ID11 . AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_14_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_14_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_09_0113
N
Three Dimensional Mesh
N

1 -176 ID11 . 3

ID.15 石巻

モデル化位置

1 -177

1 -177　ID15.

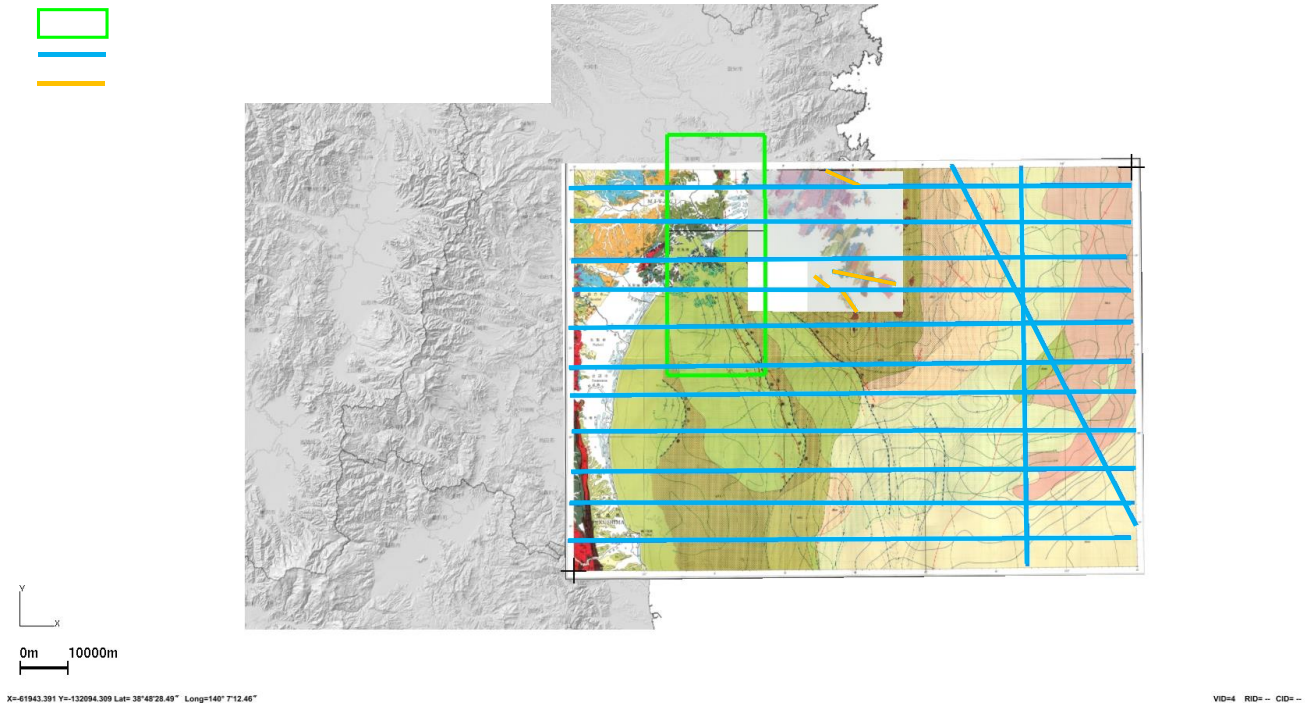
地域概要

引用データ

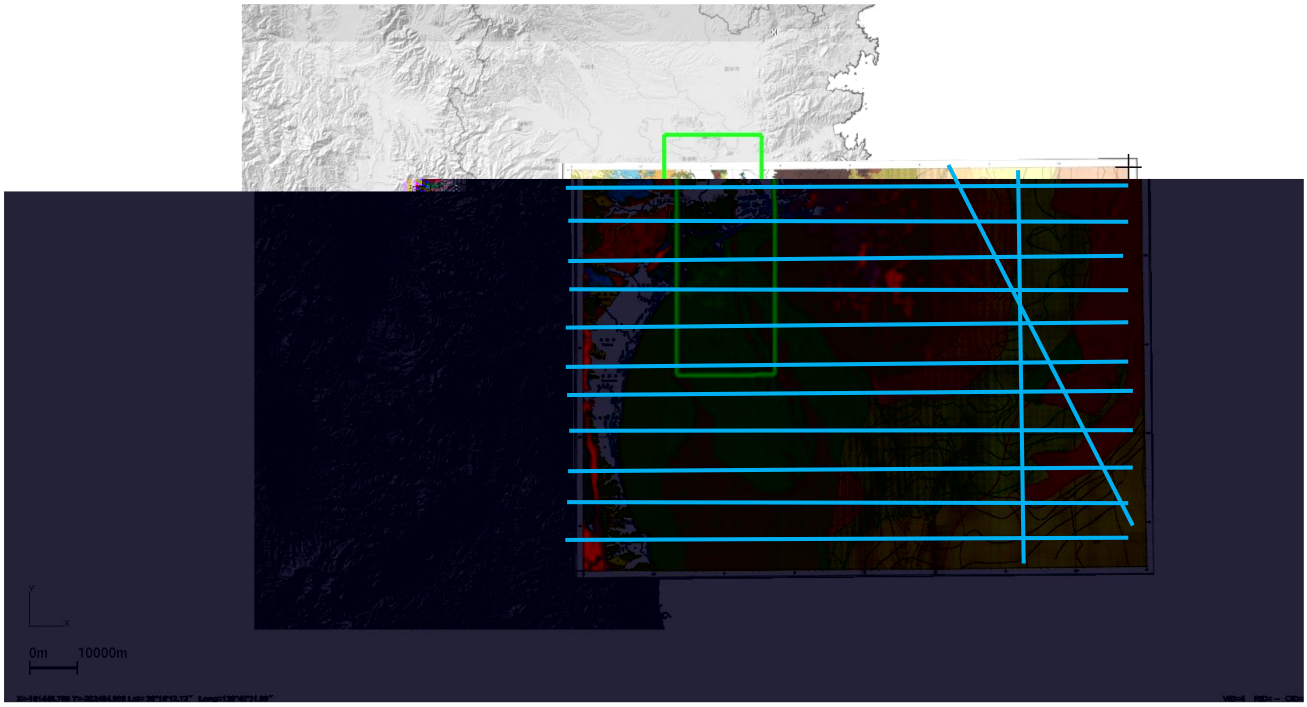
1 -35　　1 -178

1 -181　　1 -182

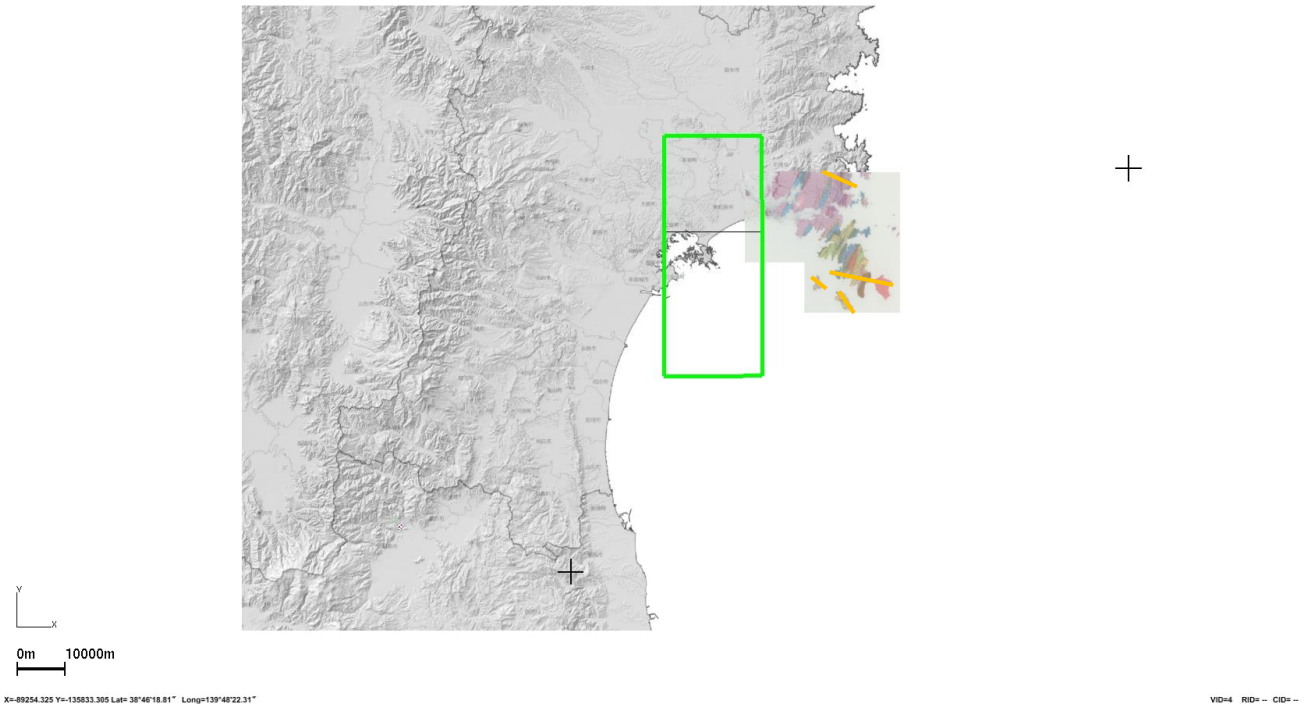
1 -35　ID15.



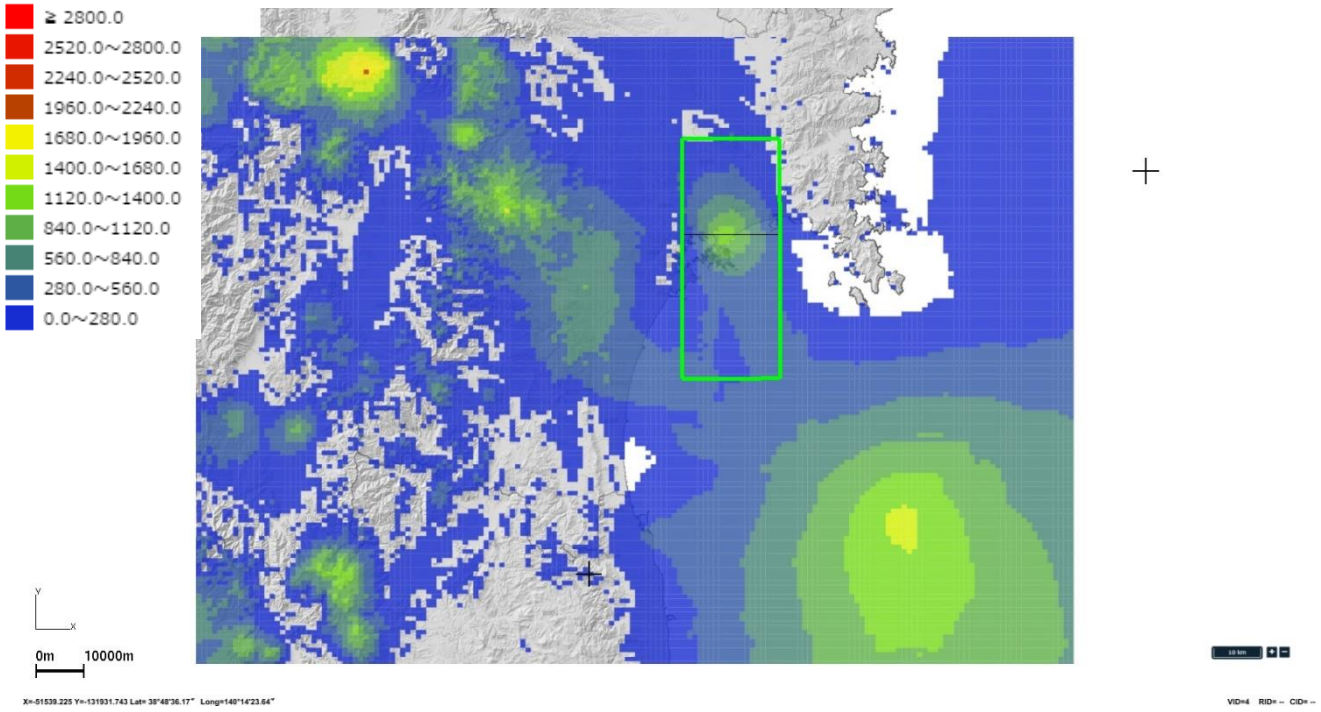
1 -178　ID15.



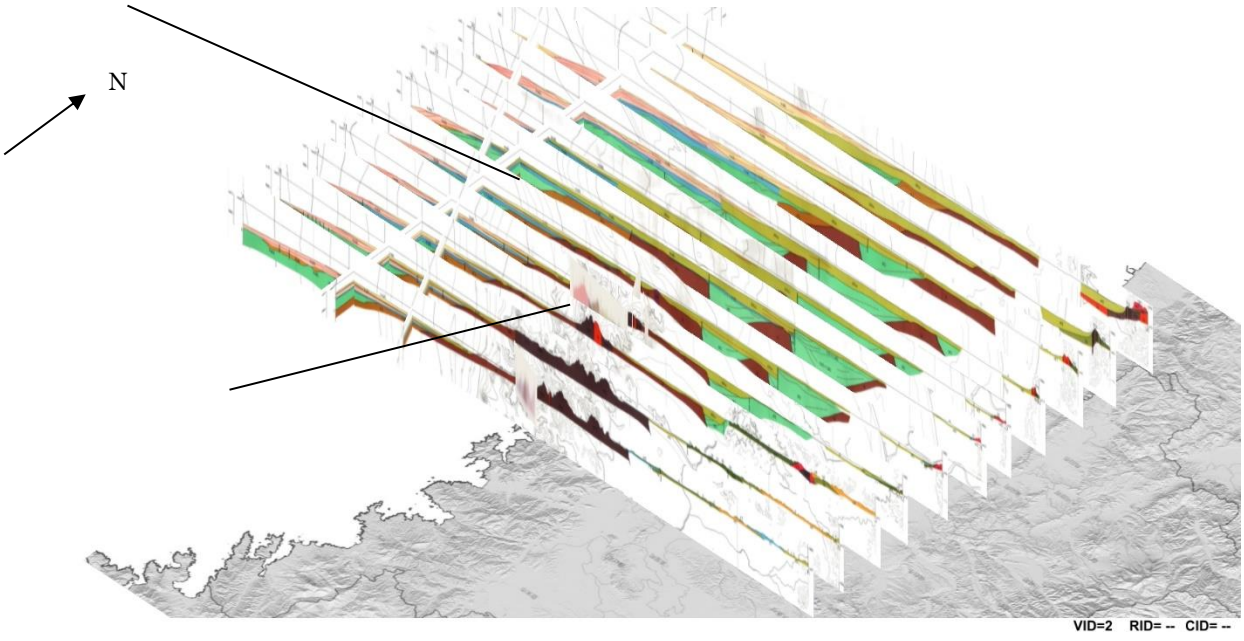
1 -179 ID15. ( )



1 -180 ID15. ( )



1 -181 ID15. ( )



1 -182 ID15.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -183 3 1 -181

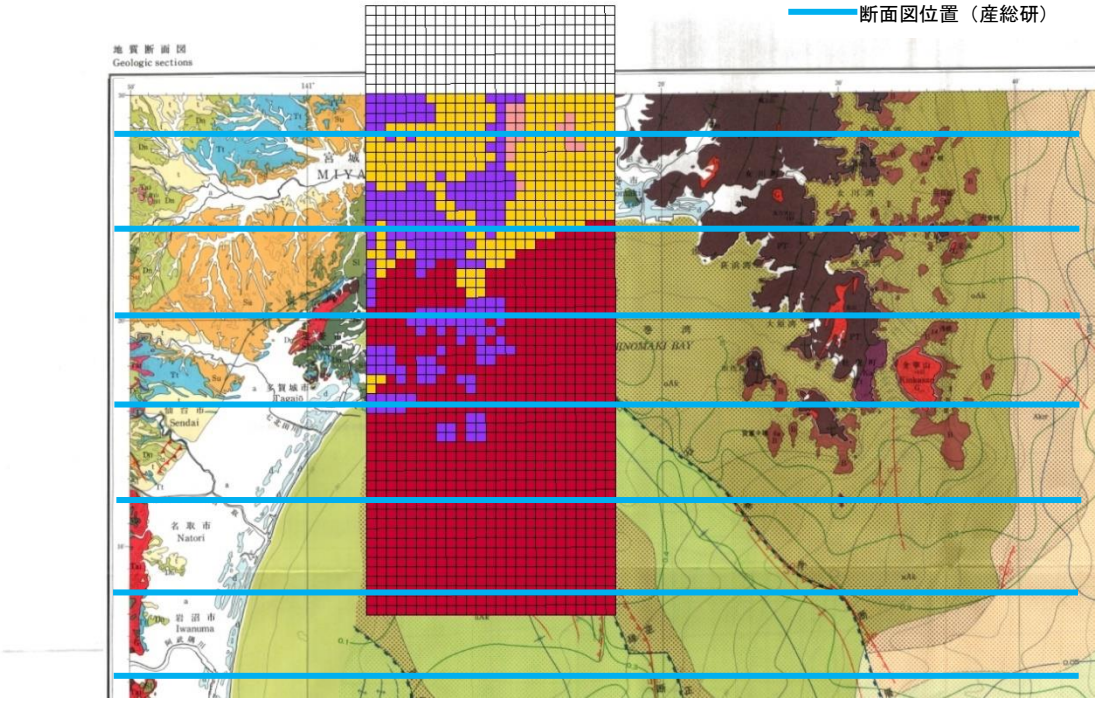
1 -186 1 -36

1 -187

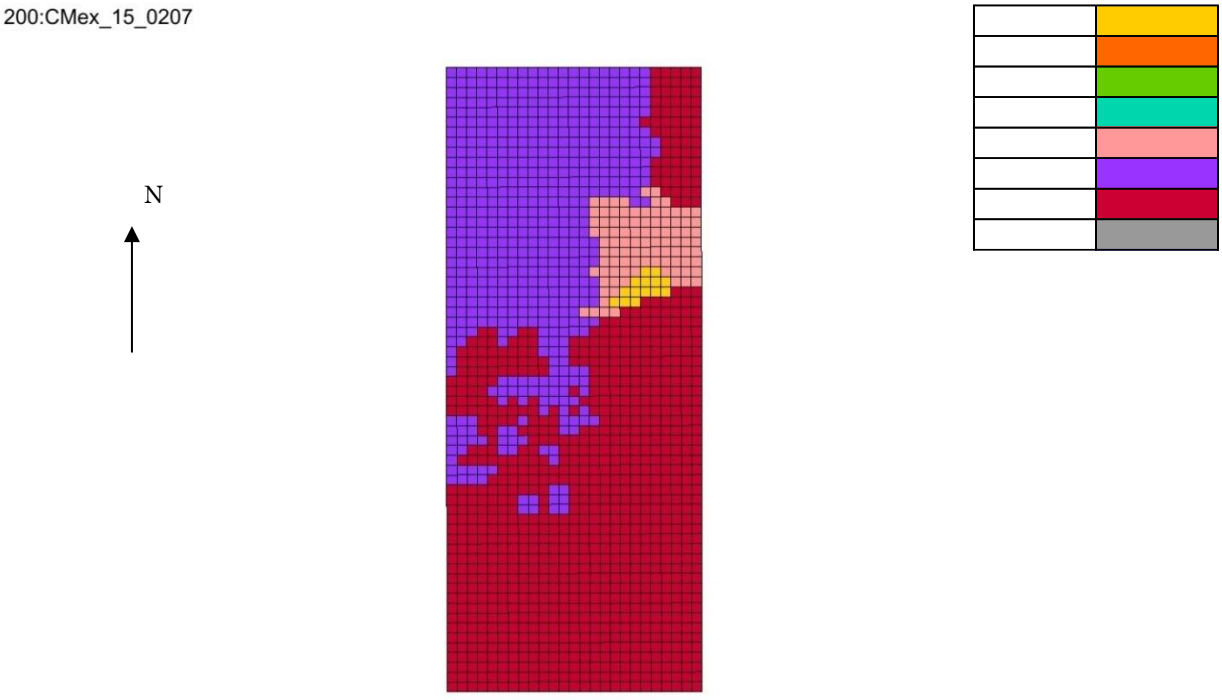
1 -36 ID15. AI

1 -181 1 -183 AI

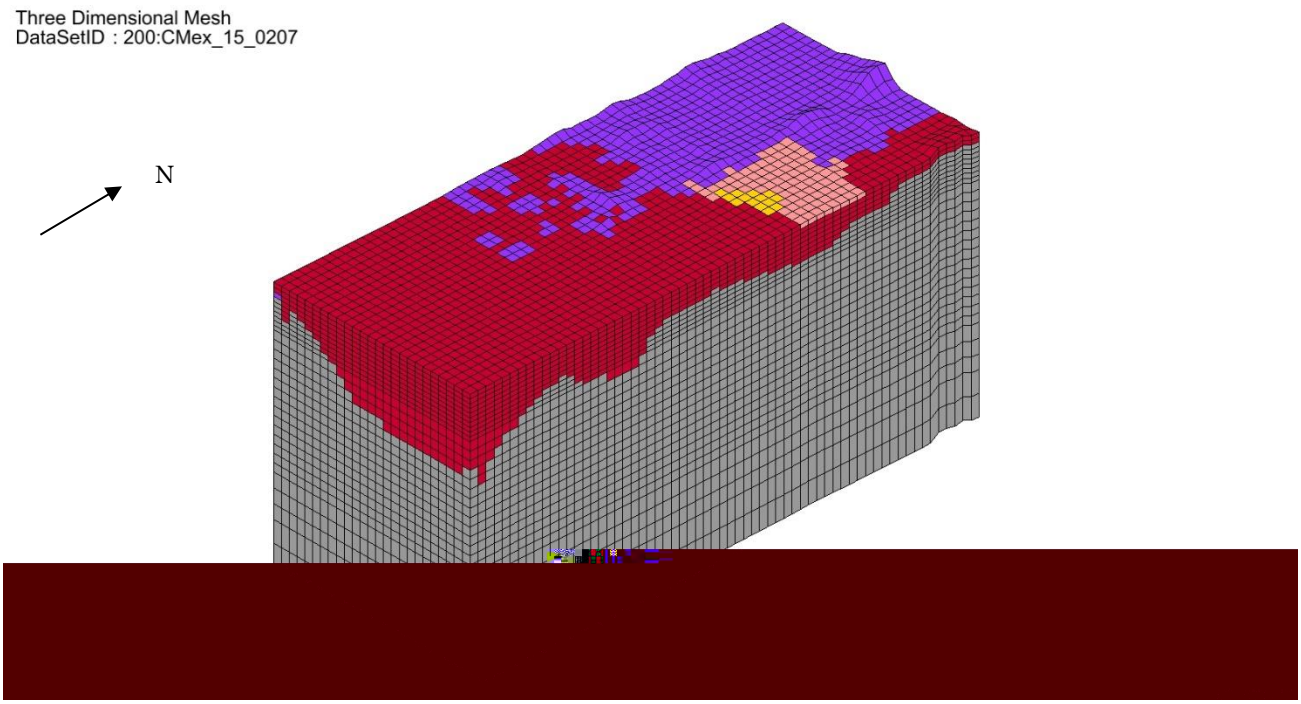
ID



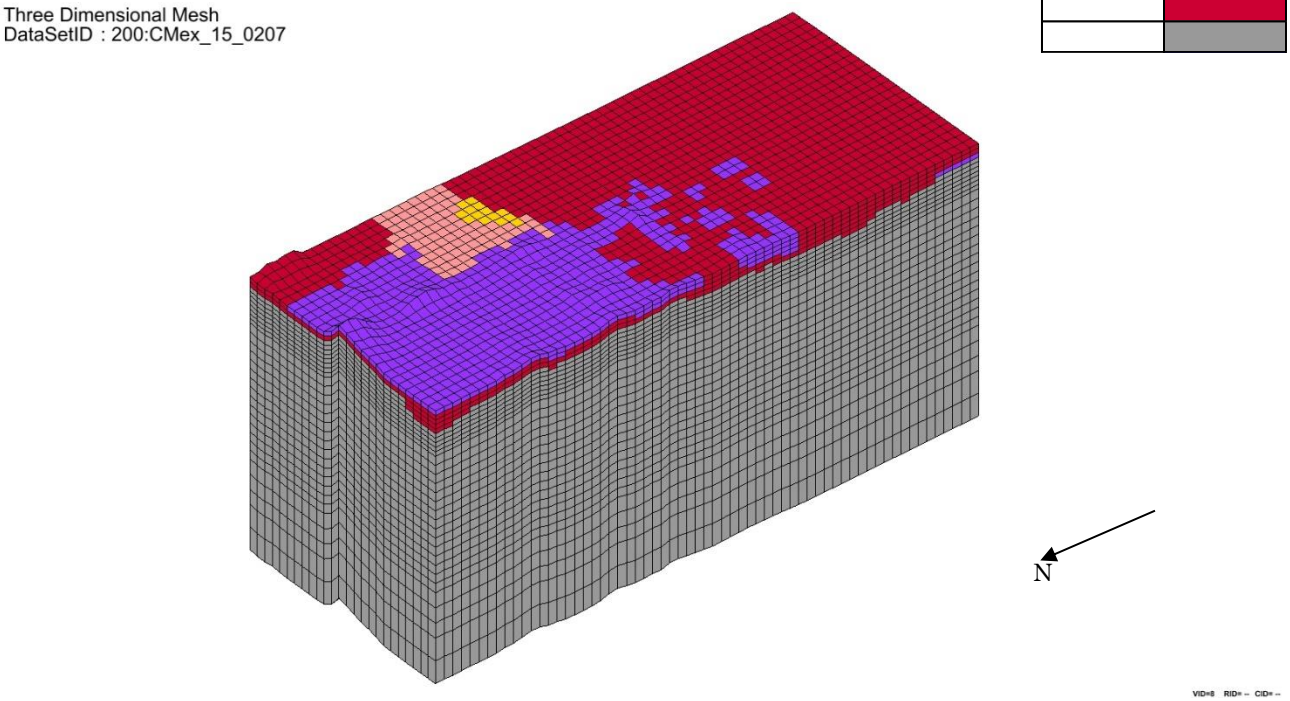
1 -183 ID15.



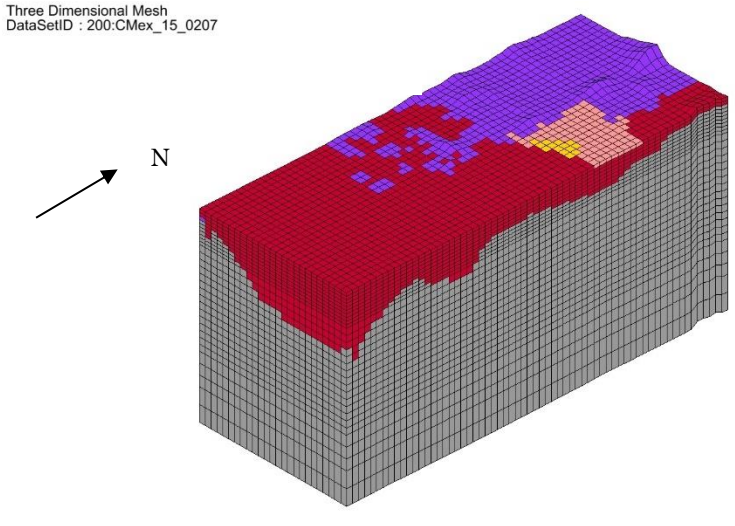
1 -184 ID15. AI

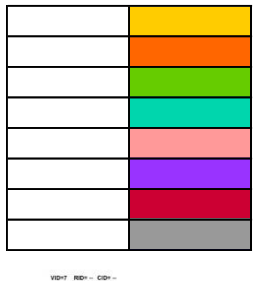


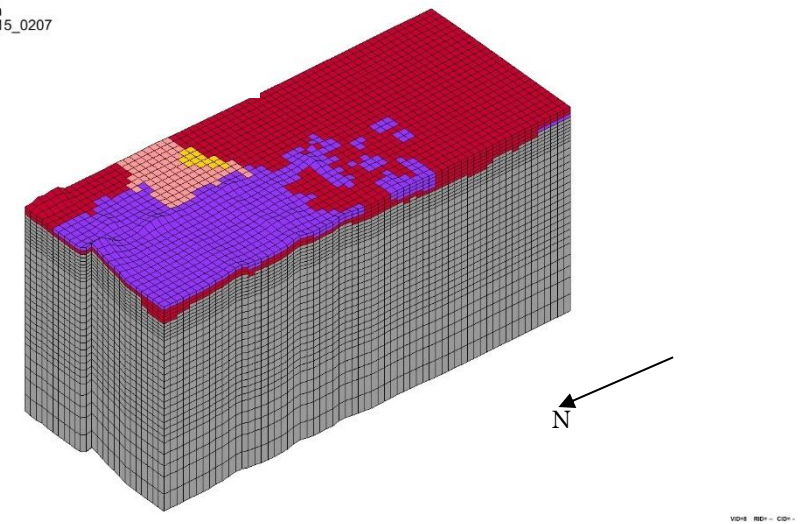
1 -185 ID15. AI 3 (1)

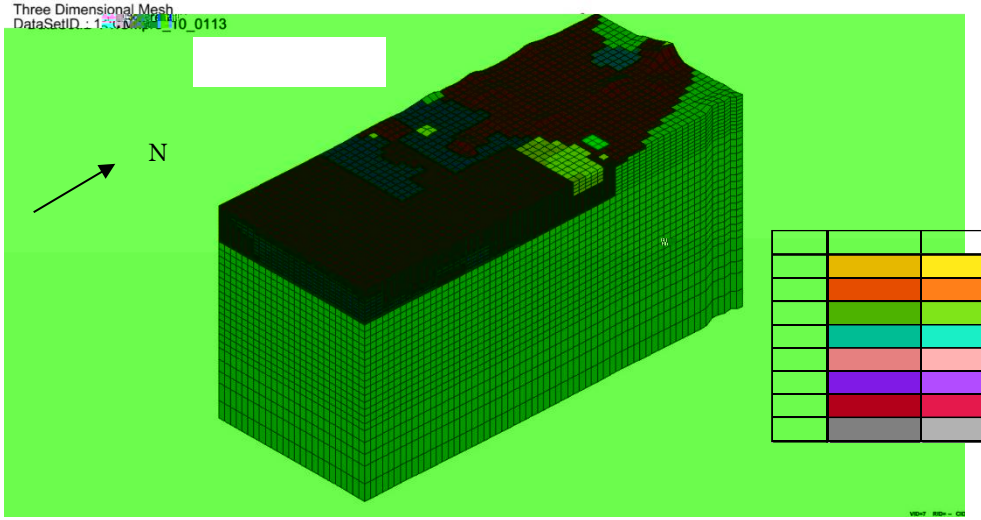


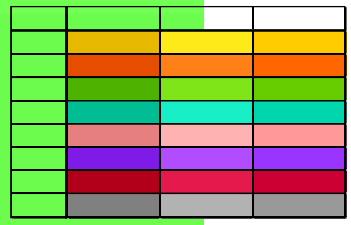
1 -186 ID15. AI 3 (2)

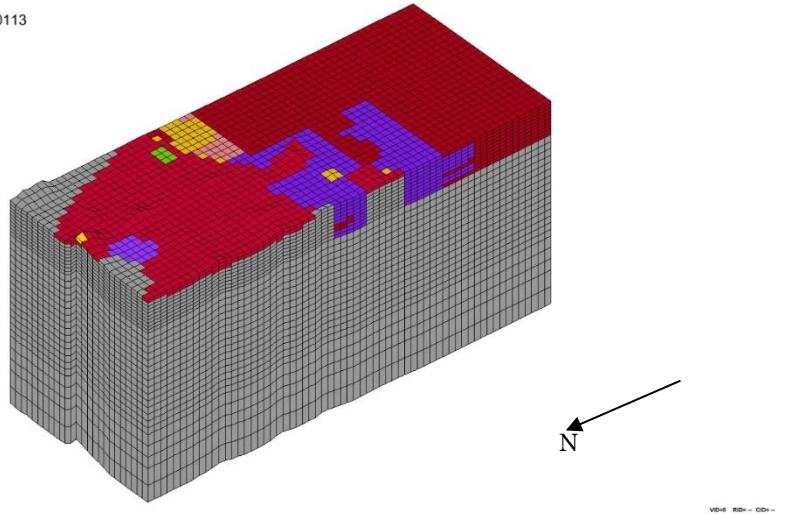

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_15_0207
N




Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_15_0207
N


Three Dimensional Mesh
N




Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_10_0113
N

1 -187 ID15. 3

ID.16 仙台

モデル化位置

1 -188

1 -188　ID16.

地域概要

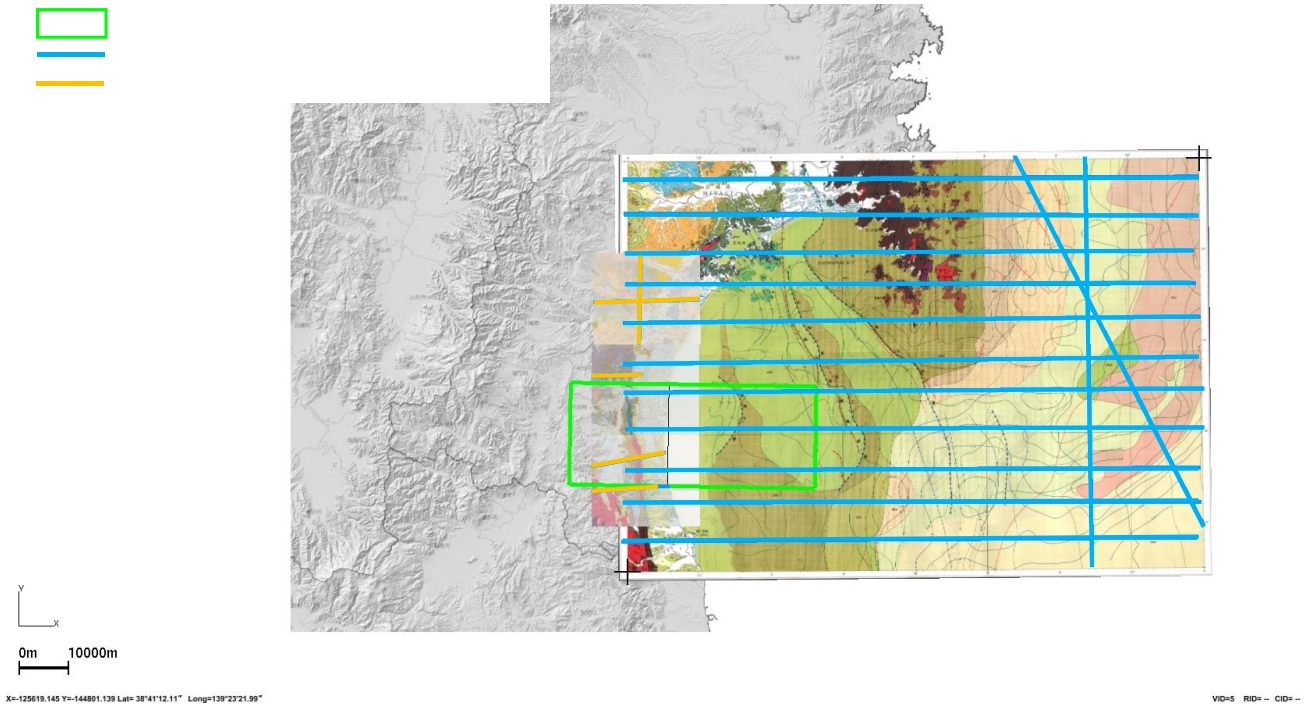
160m　230m　　60

引用データ

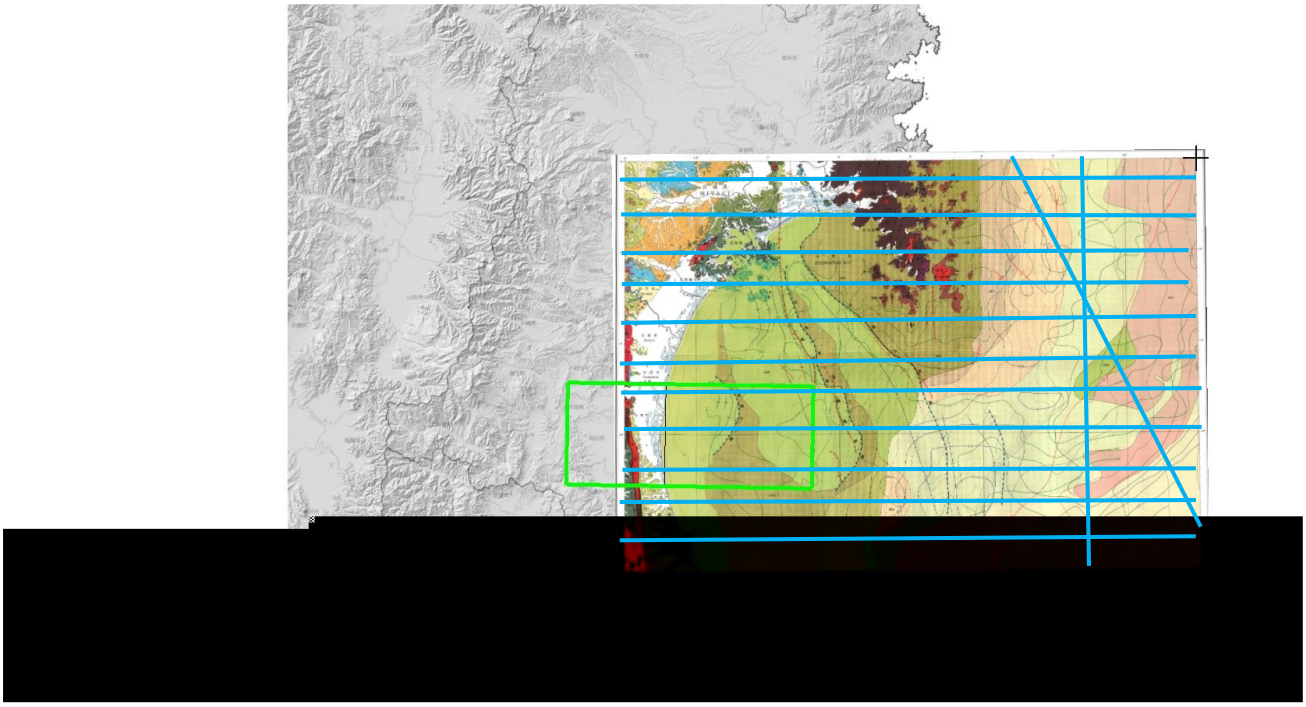
1 -37 1 -189

1 -192 1 -193

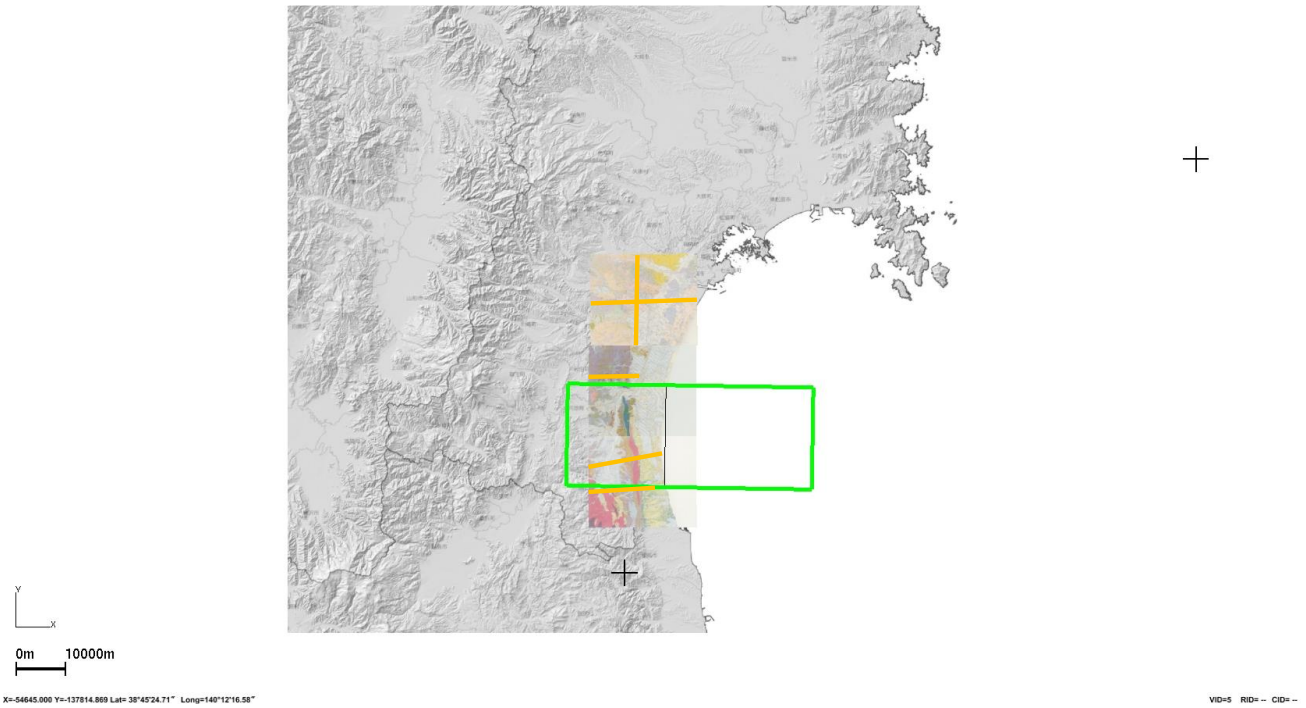
1 -37 ID16.



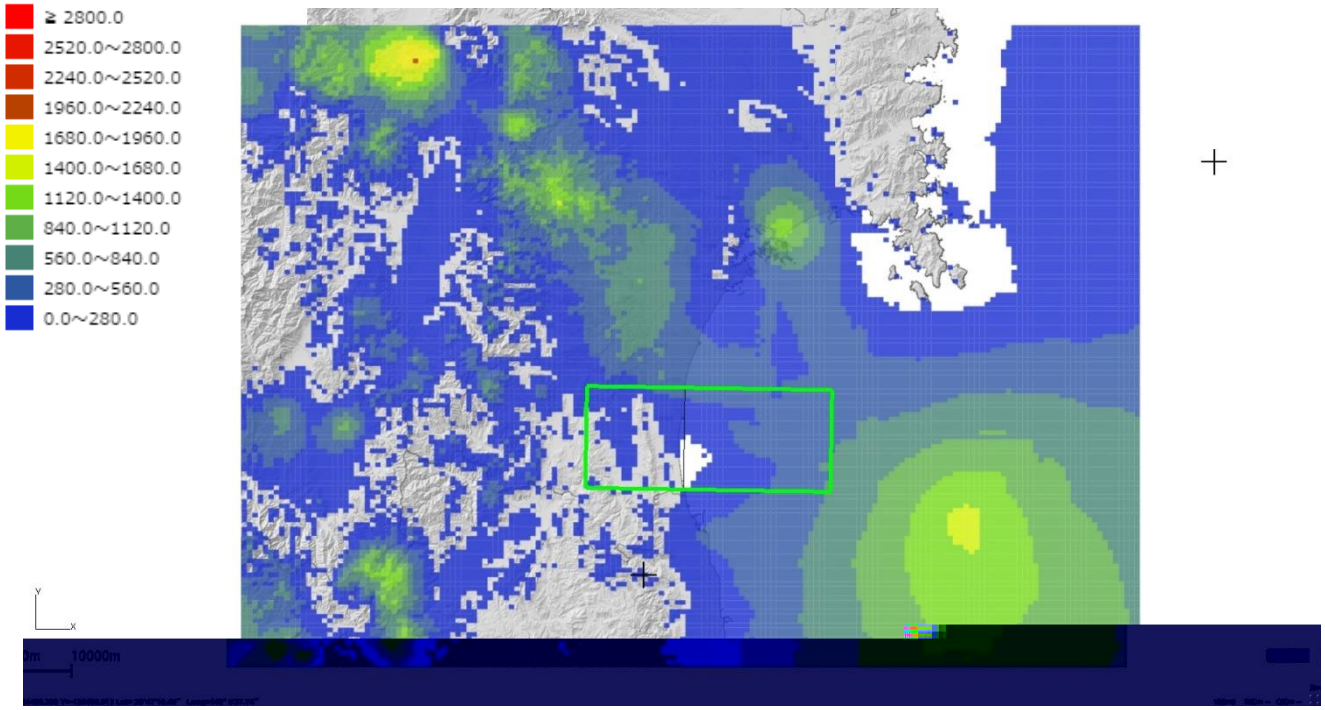
1 -189 ID16.



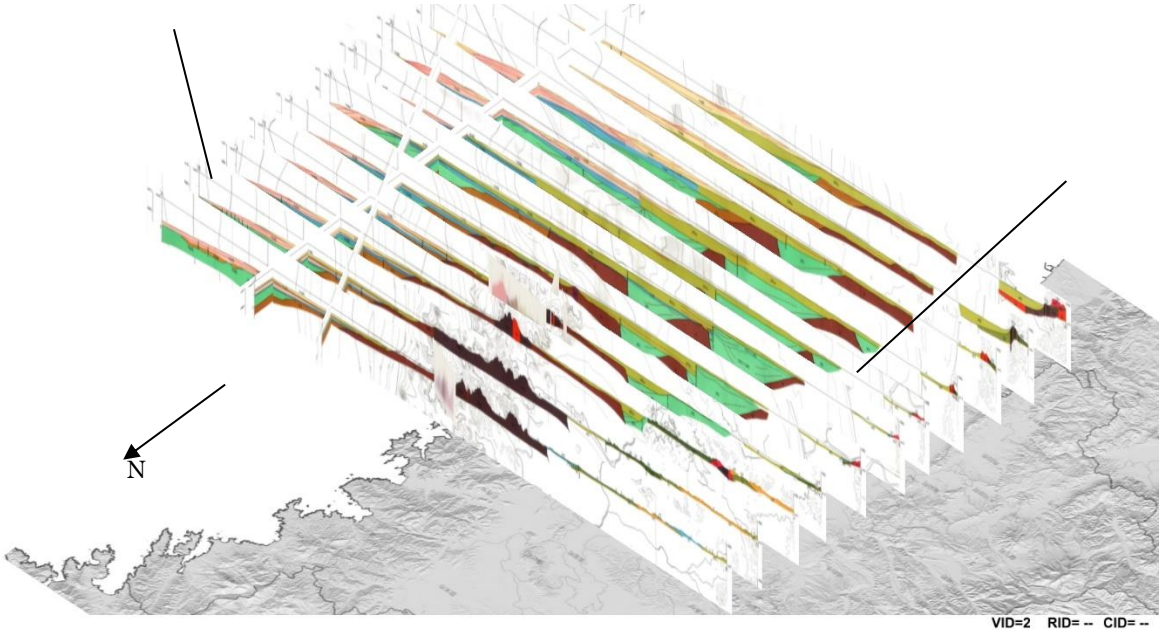
1 -190 ID16. ( )



1 -191 ID16. ( )



1 -192 ID16. ( )



1 -193 ID16.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

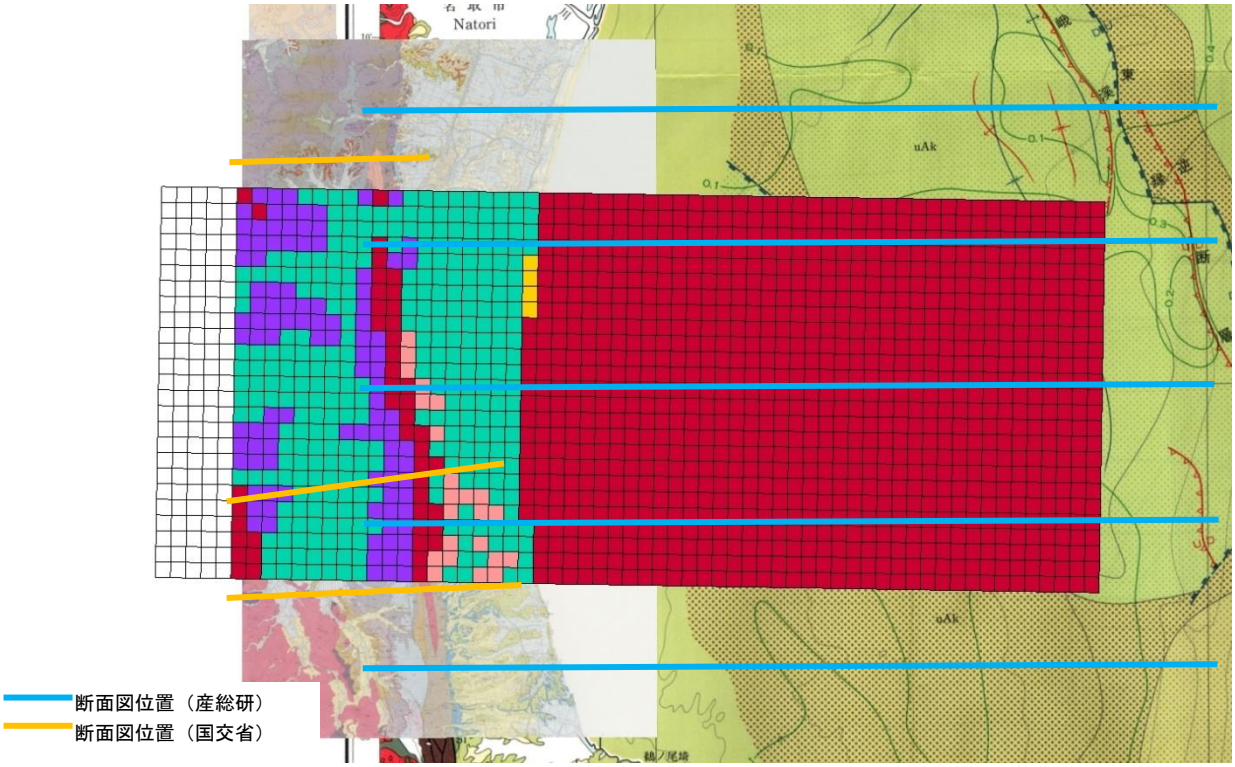
AI 1 -194 3 1 -195

1 -197 1 -38 1 -39

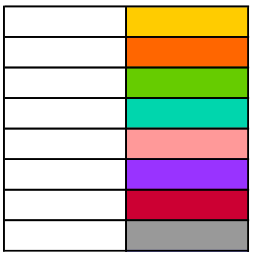
1 -198

1 -38 ID16. AI 1

1 -39 ID16. AI 2

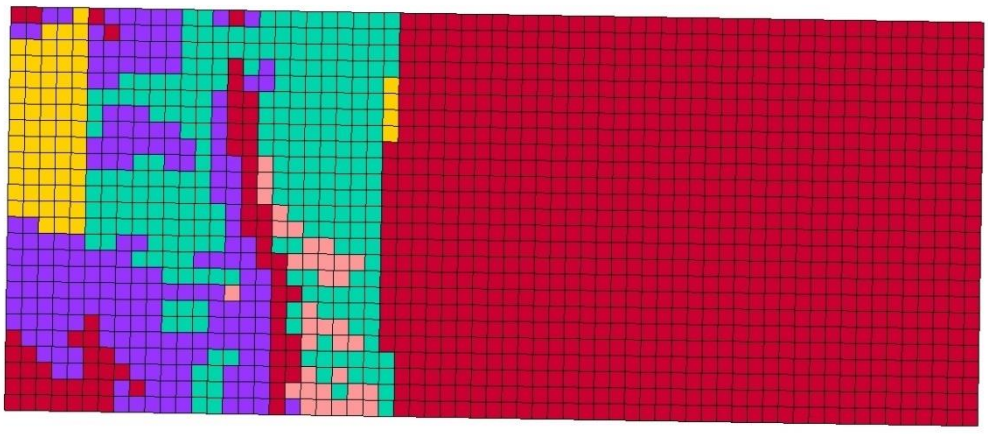


1 -194　　ID16.

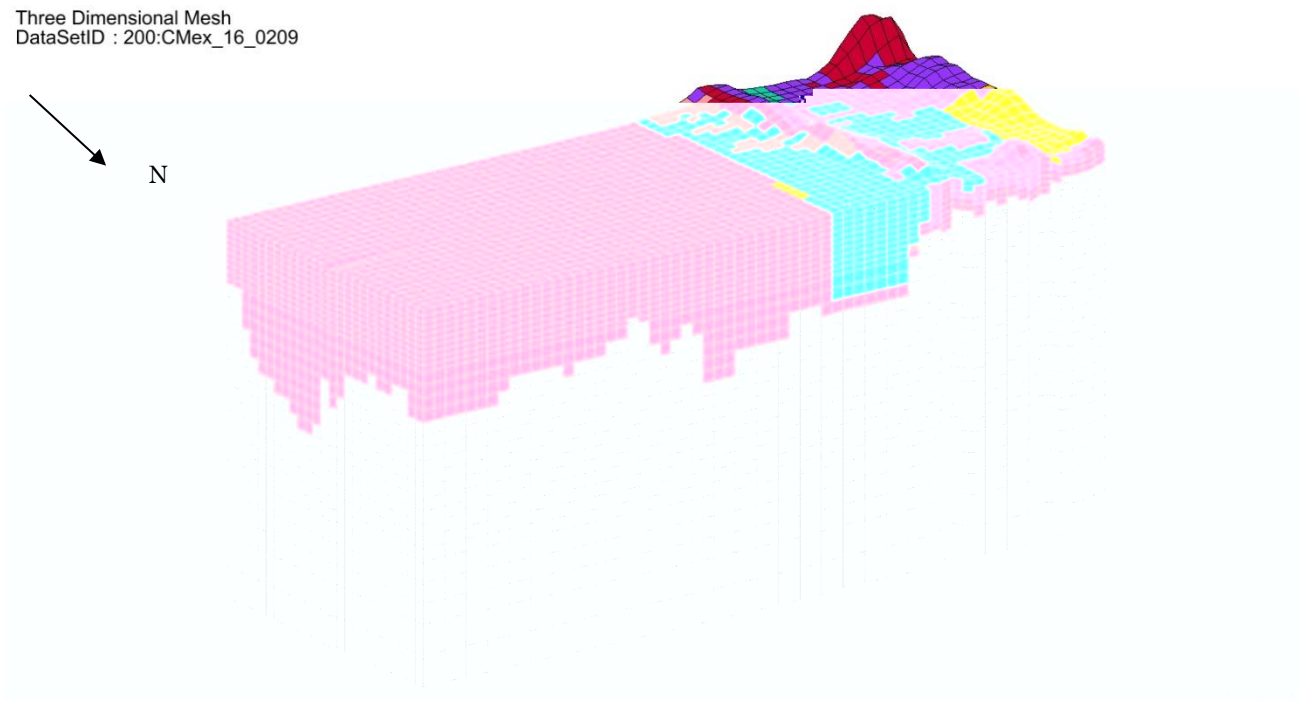


200:CMex_16_0209

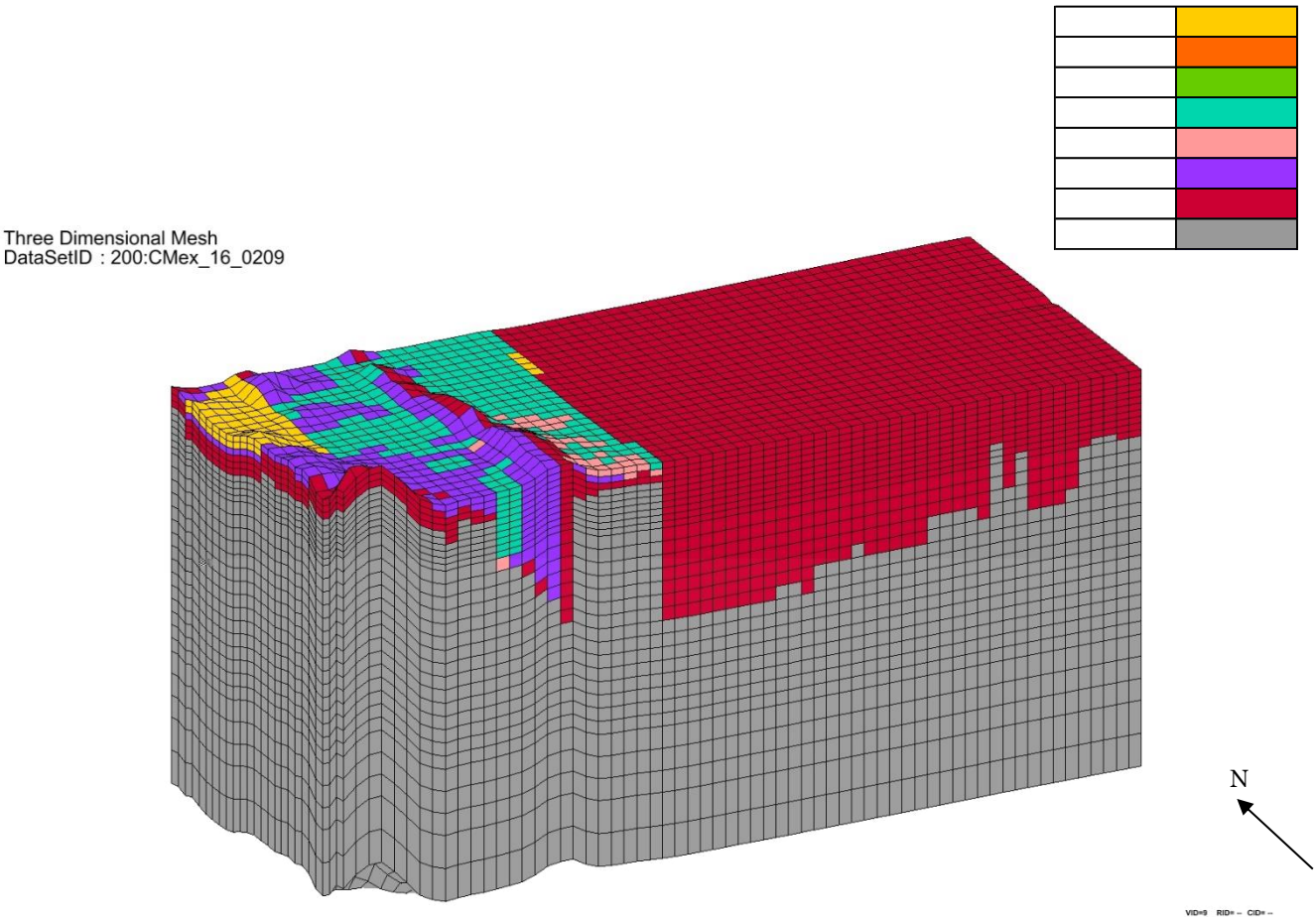
N



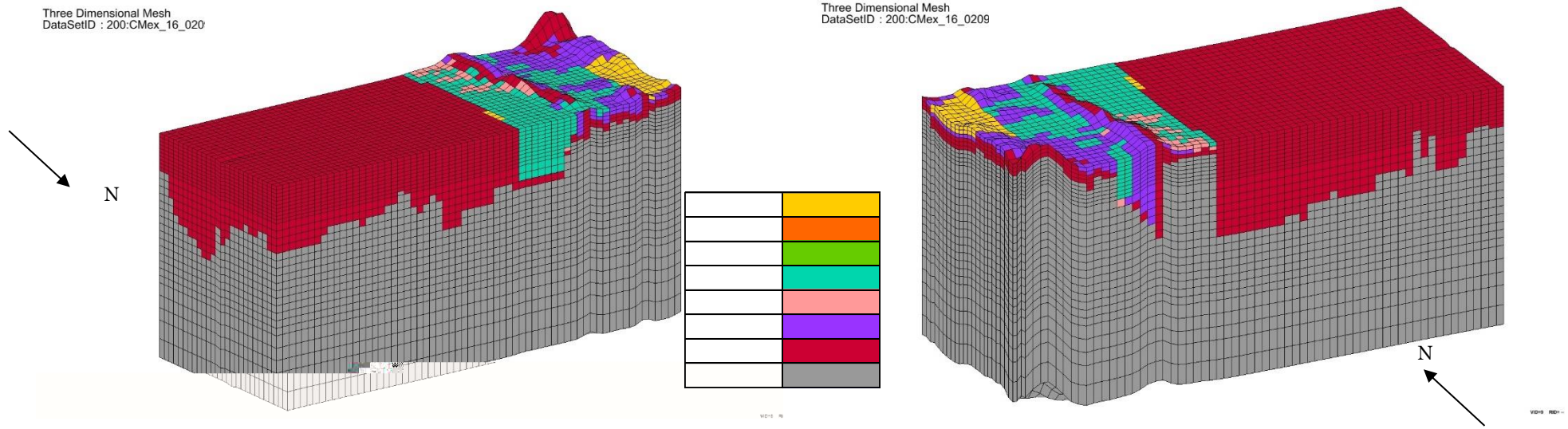
1 -195　ID16.　　AI

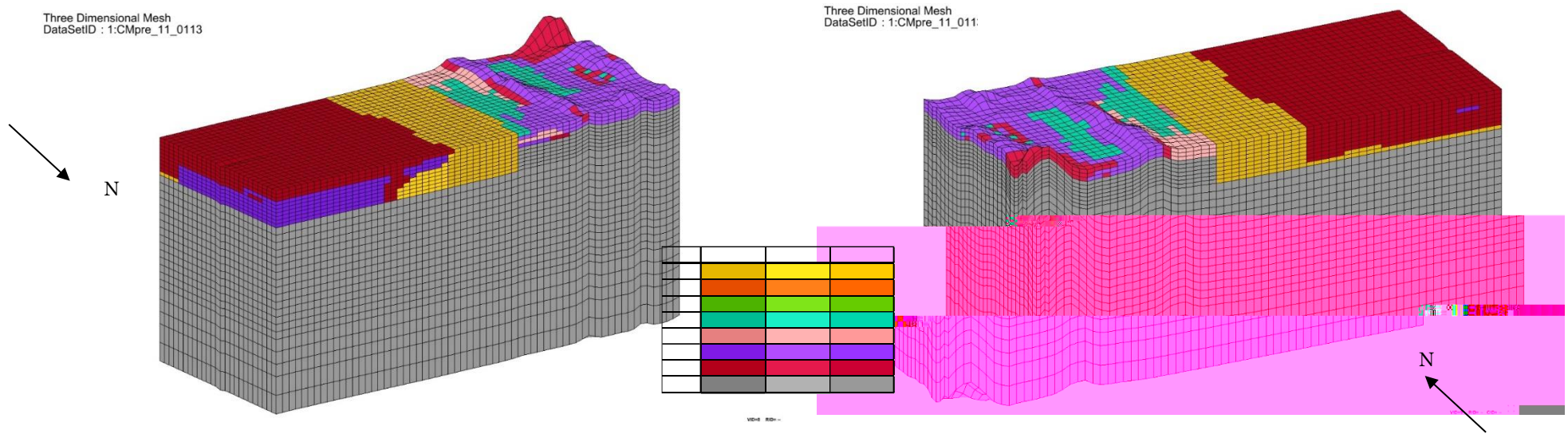


1 -196 ID16. AI 3 (1)



1 -197 ID16. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_16_020
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_16_0209
N

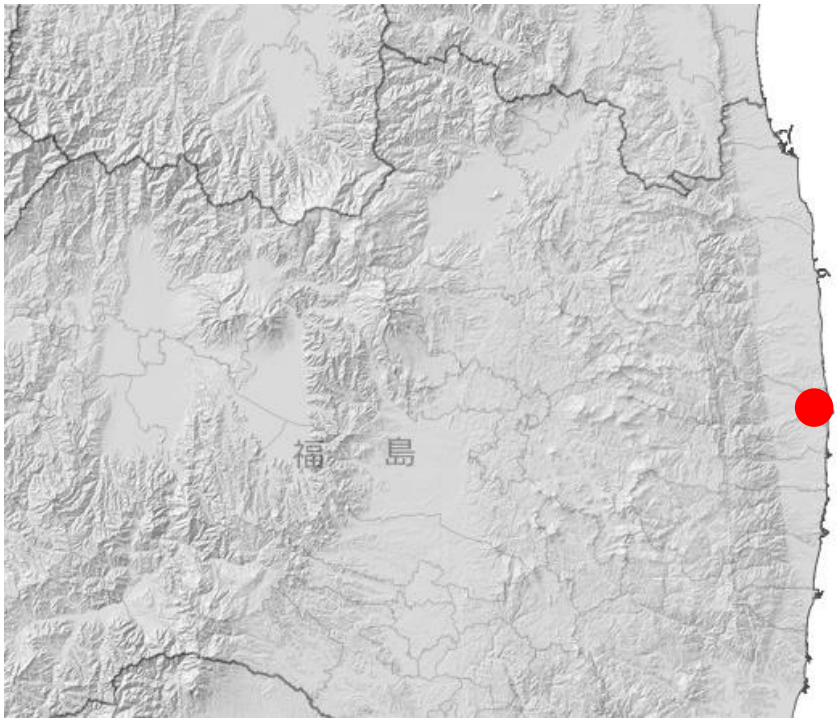

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_11_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_11_011
N

1 -198 ID17. 3

ID.17 磐城

モデル化位置

1 -199



1 -199　ID17.

地域概要

70

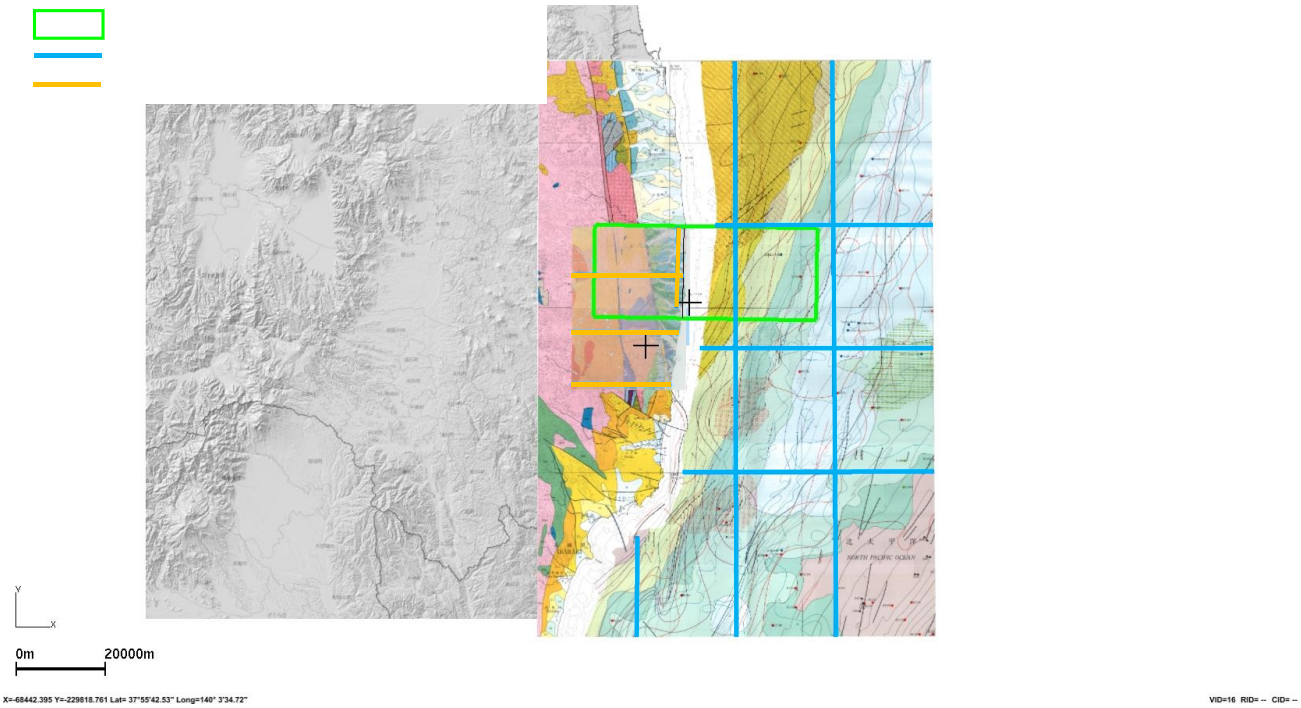
6

引用データ

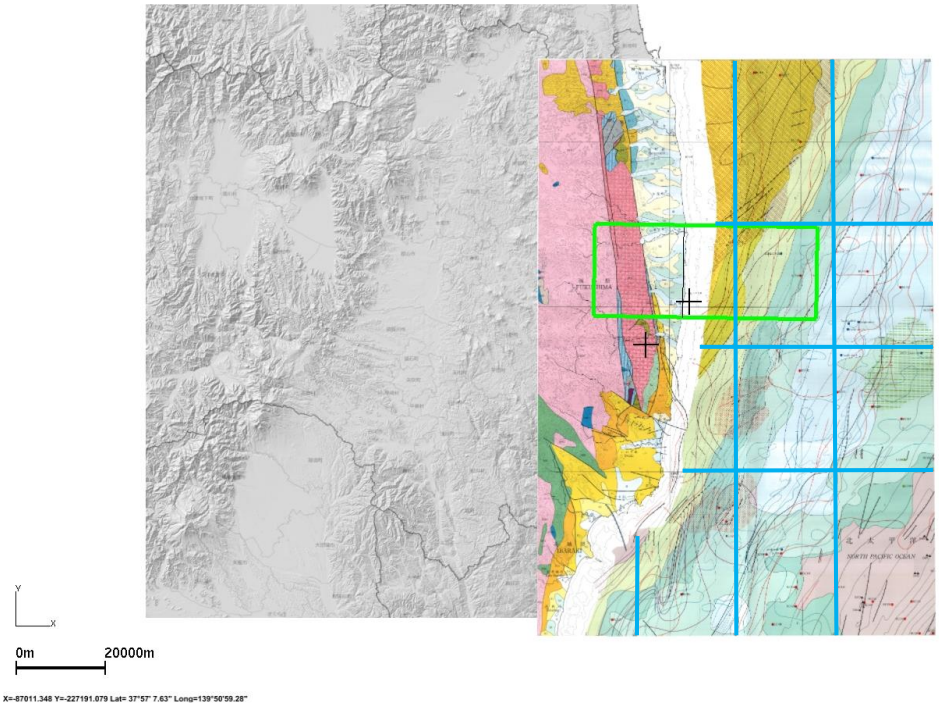
1 -40　　1 -200

1 -203　　1 -201

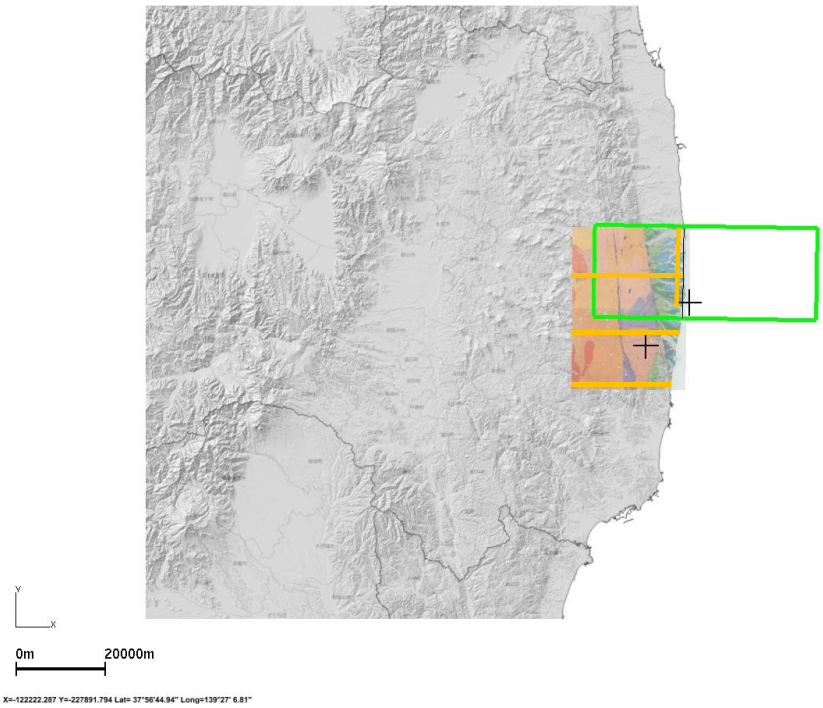
1 -40　ID17.



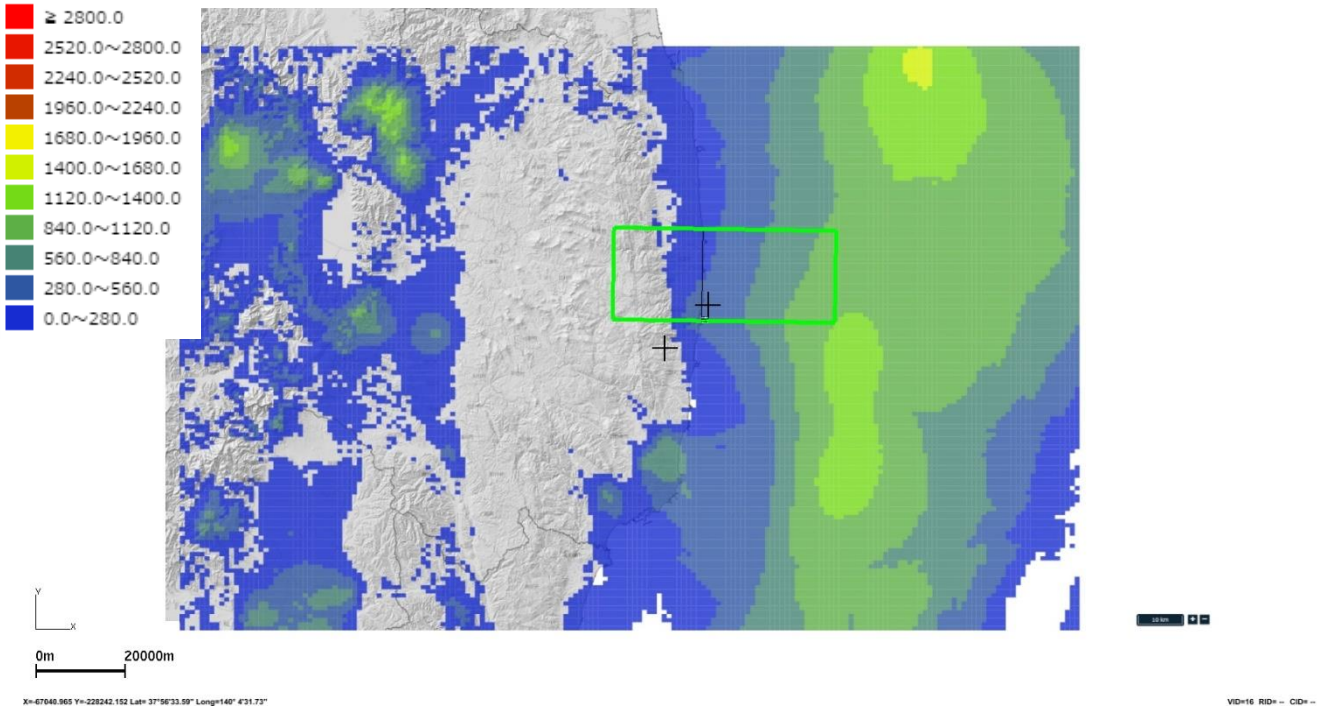
1 -200　ID17.



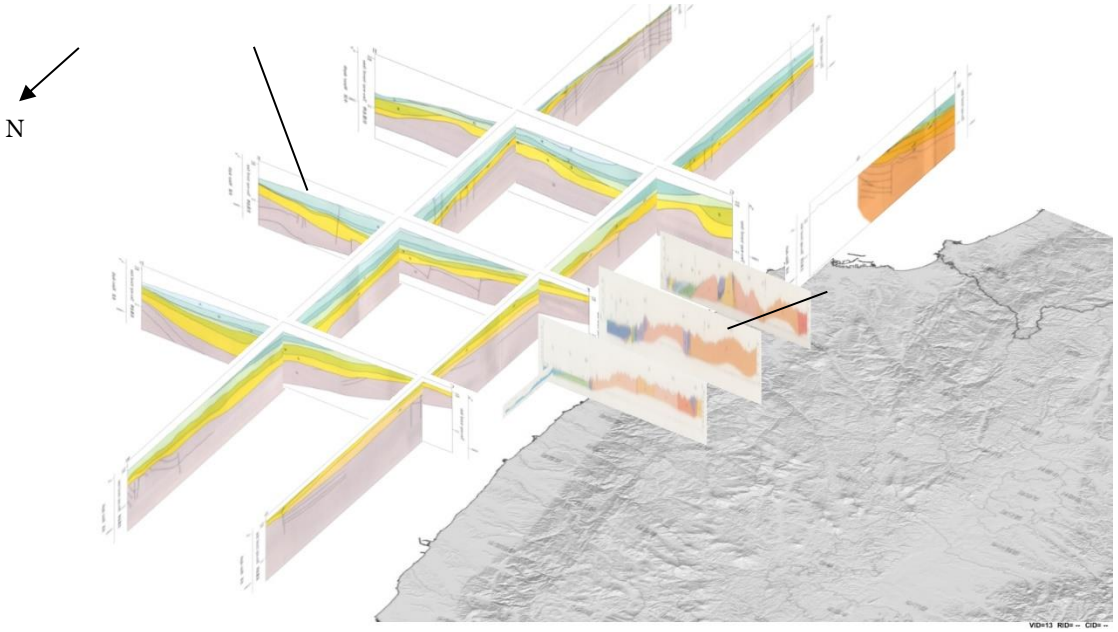
1 -201 ID17. ( )



1 -202 ID17. ( )



1 -203 ID17. ( )



1 -204 ID17.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1-205 3 1-206

1-210 1-41 1-42

1-211

1-41 ID17. AI 1

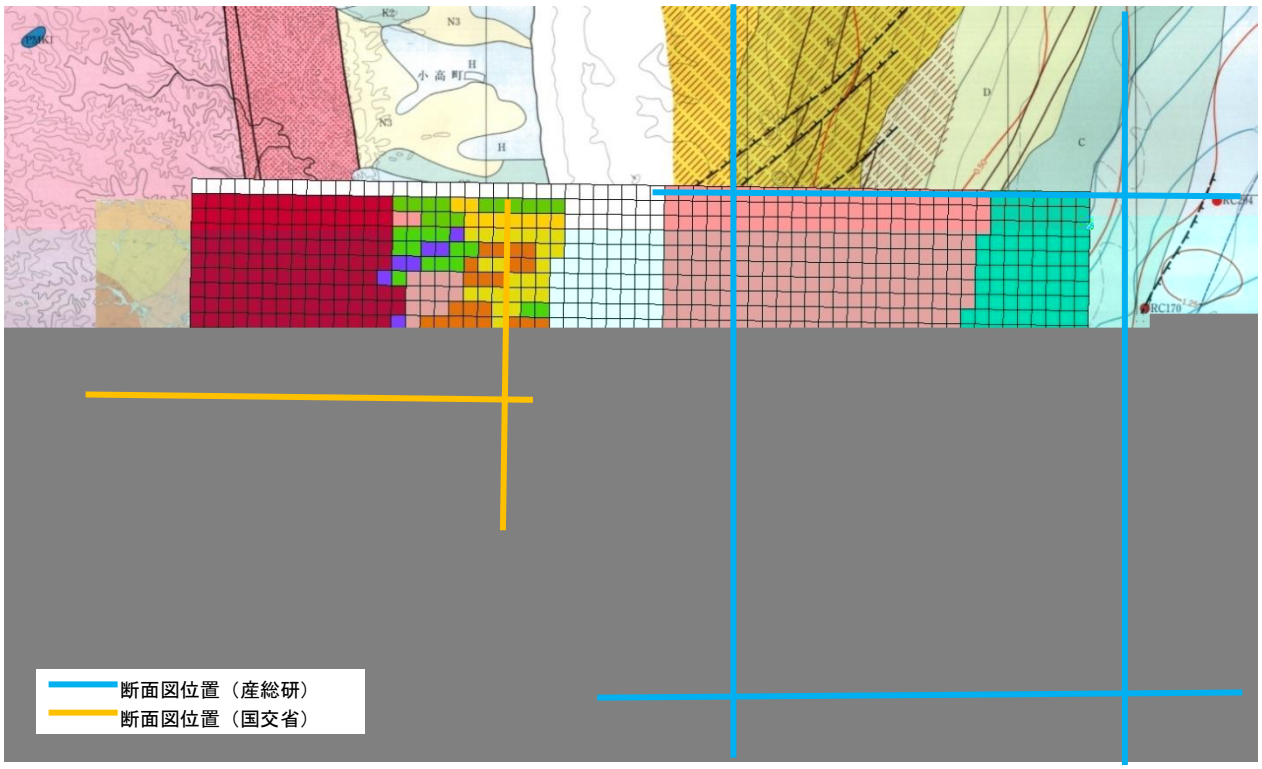
1 -42 ID17. AI 2

1 -206 1 -205 AI

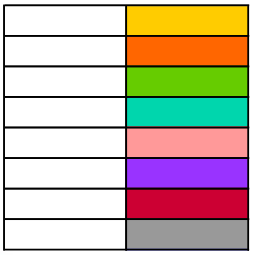
ID

1 -207 1 -208 N2 N1

N3 1 -209 1 -210

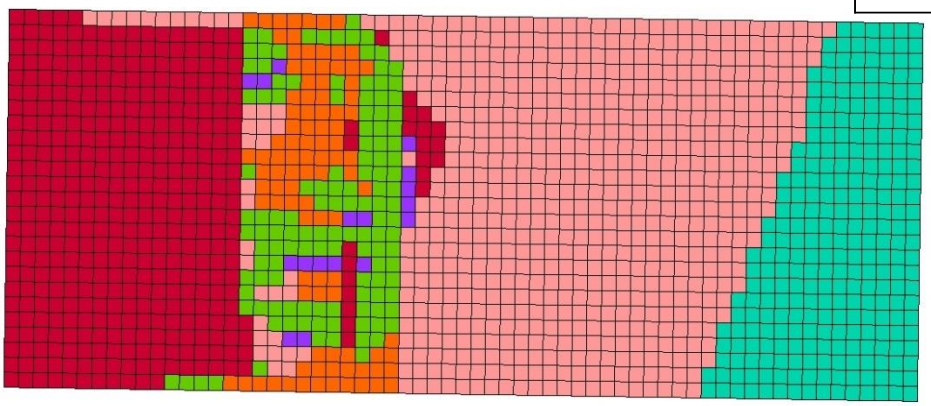


1 -205 ID17.

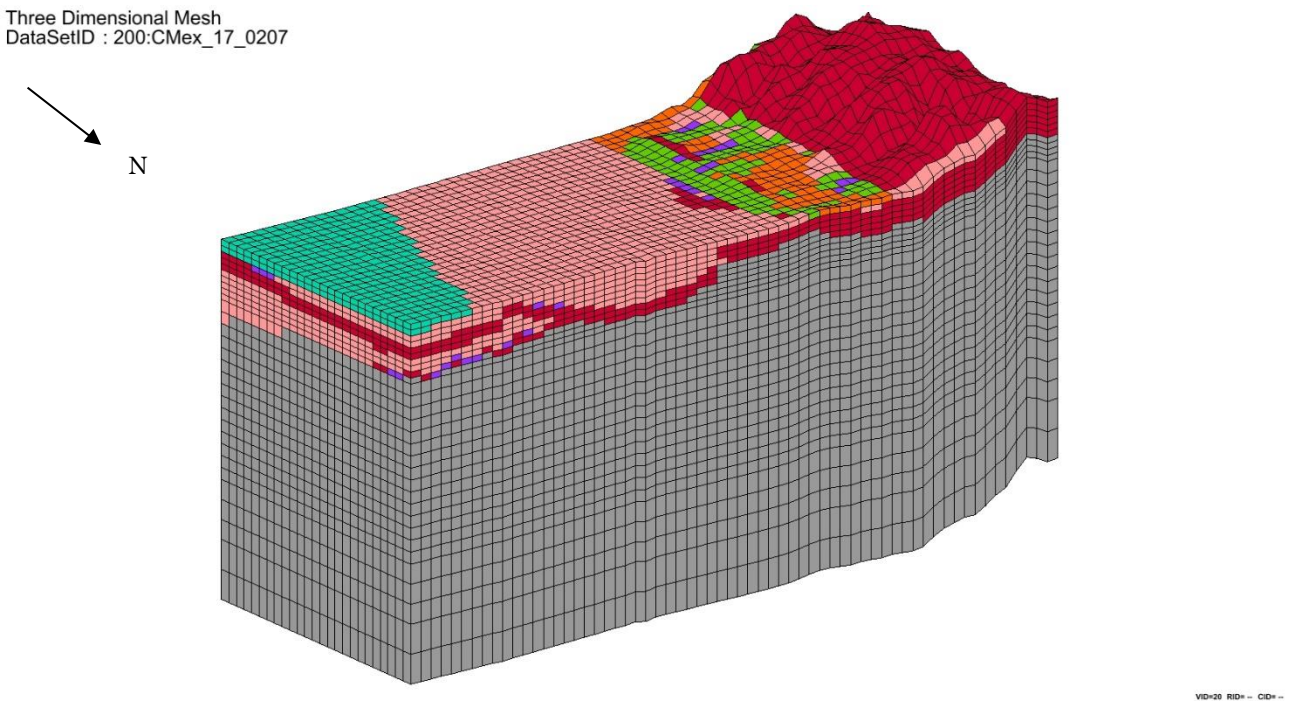


: 200:CMex_17_0207

N

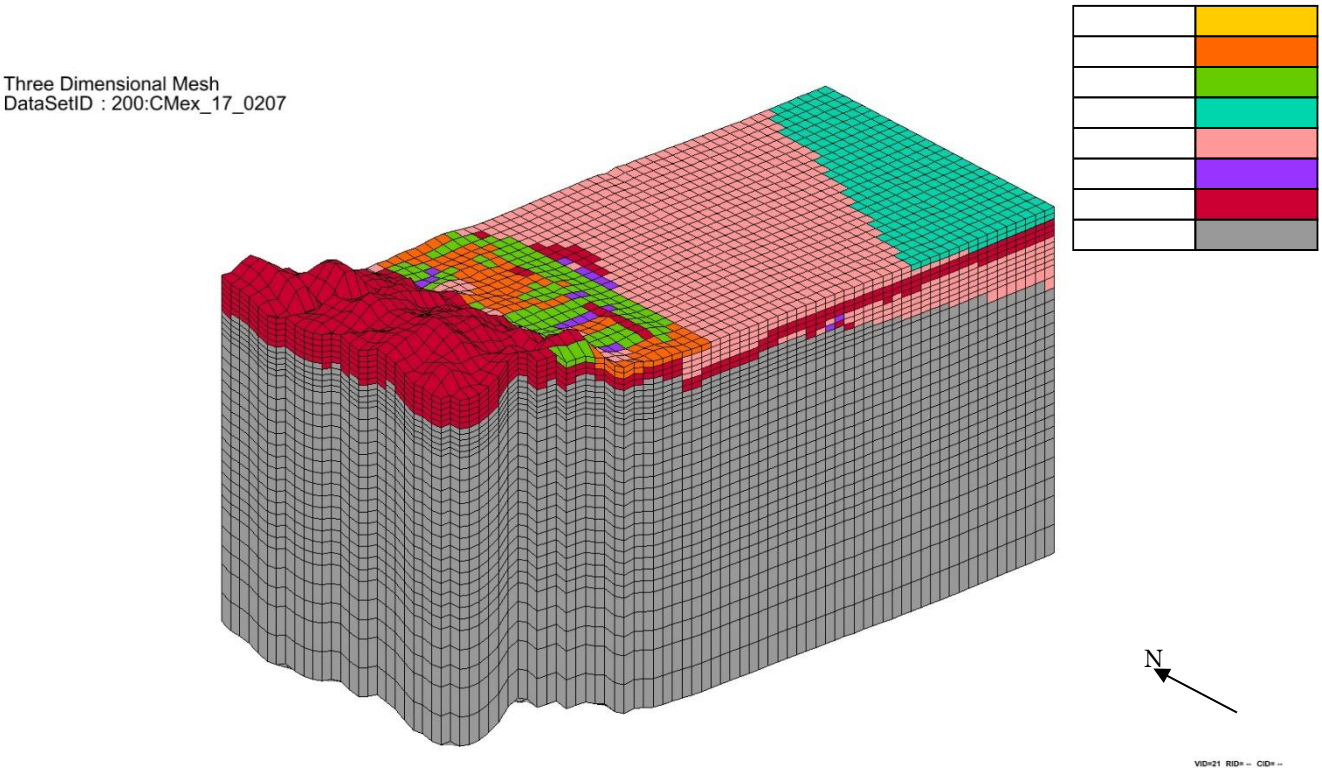


1 -206 ID17. AI



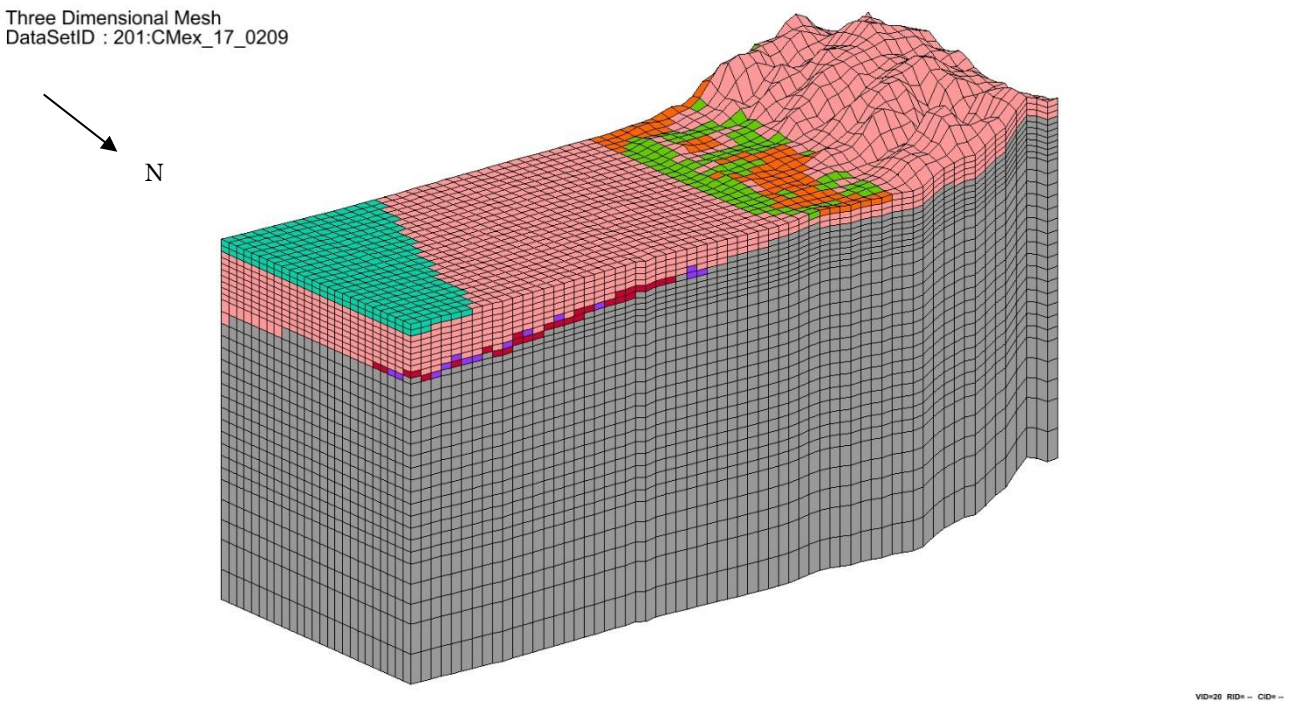
1 -207 ID17. AI

3 (1)



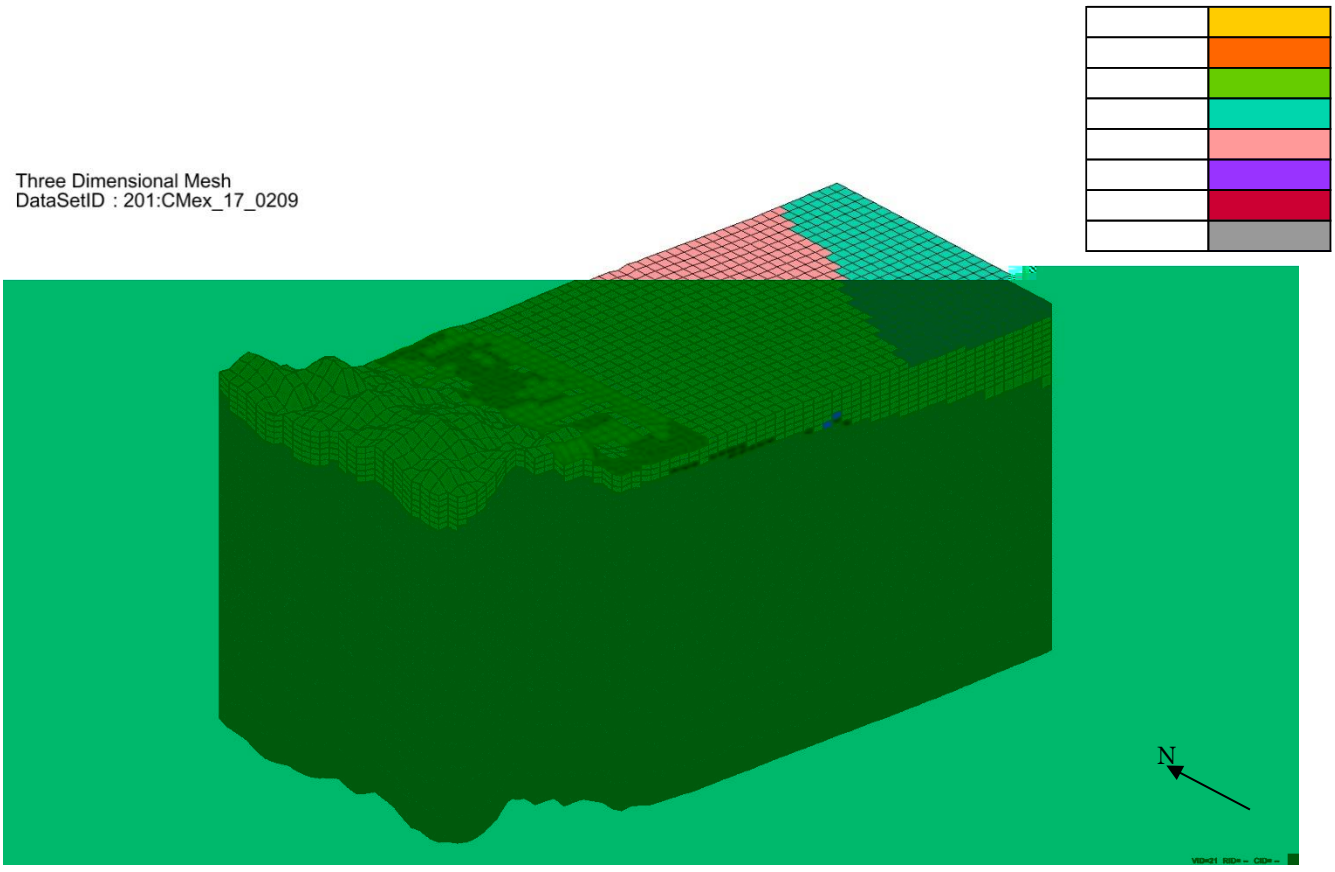
1 -208 ID17. AI

3 (2)



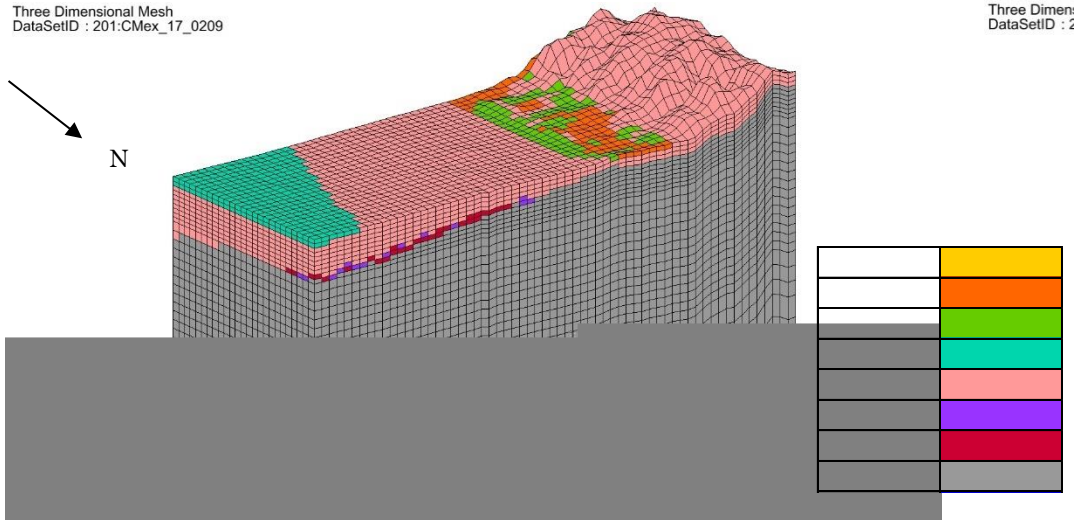
1 -209 ID17. AI

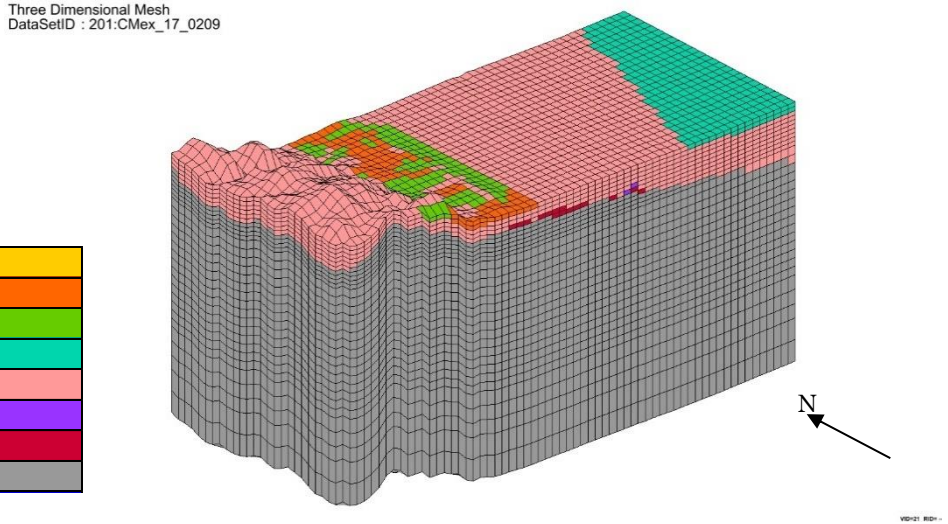
3 (1)

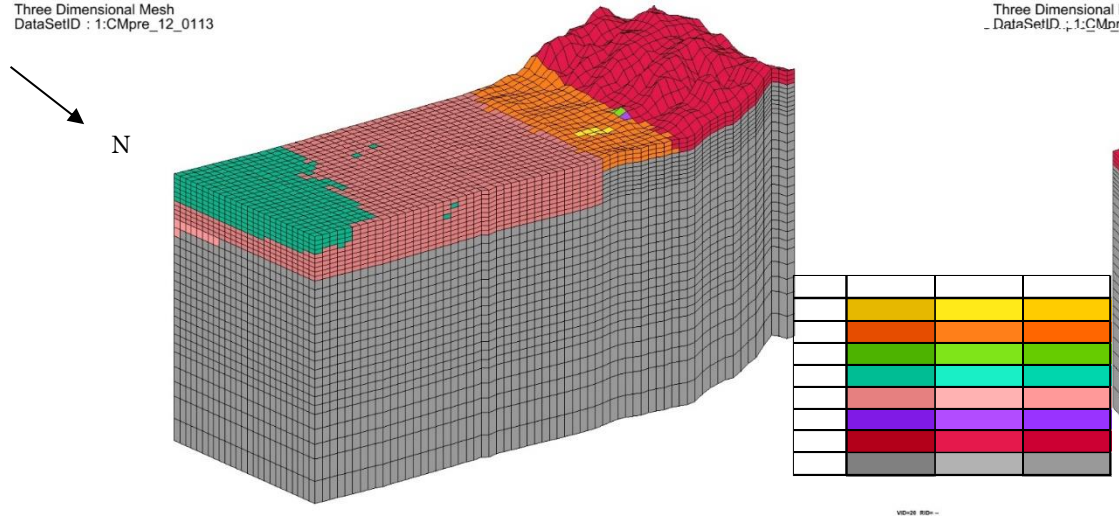


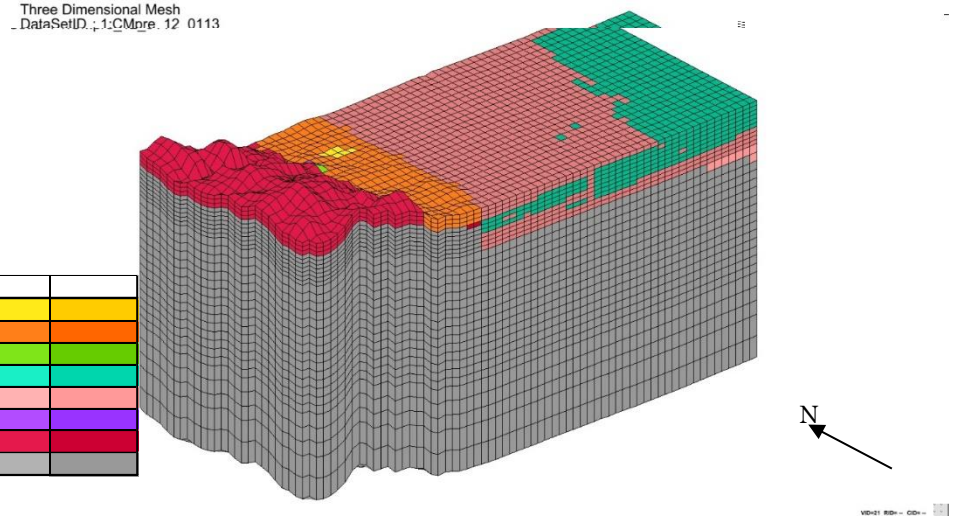
1 -210 ID17. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_17_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_17_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_12_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_12_0113
N

1 -211 ID17. 3

ID.18 常磐

モデル化位置

1 -212

1 -212 ID18. ( )

地域概要

-

3 1

700 600m

300m

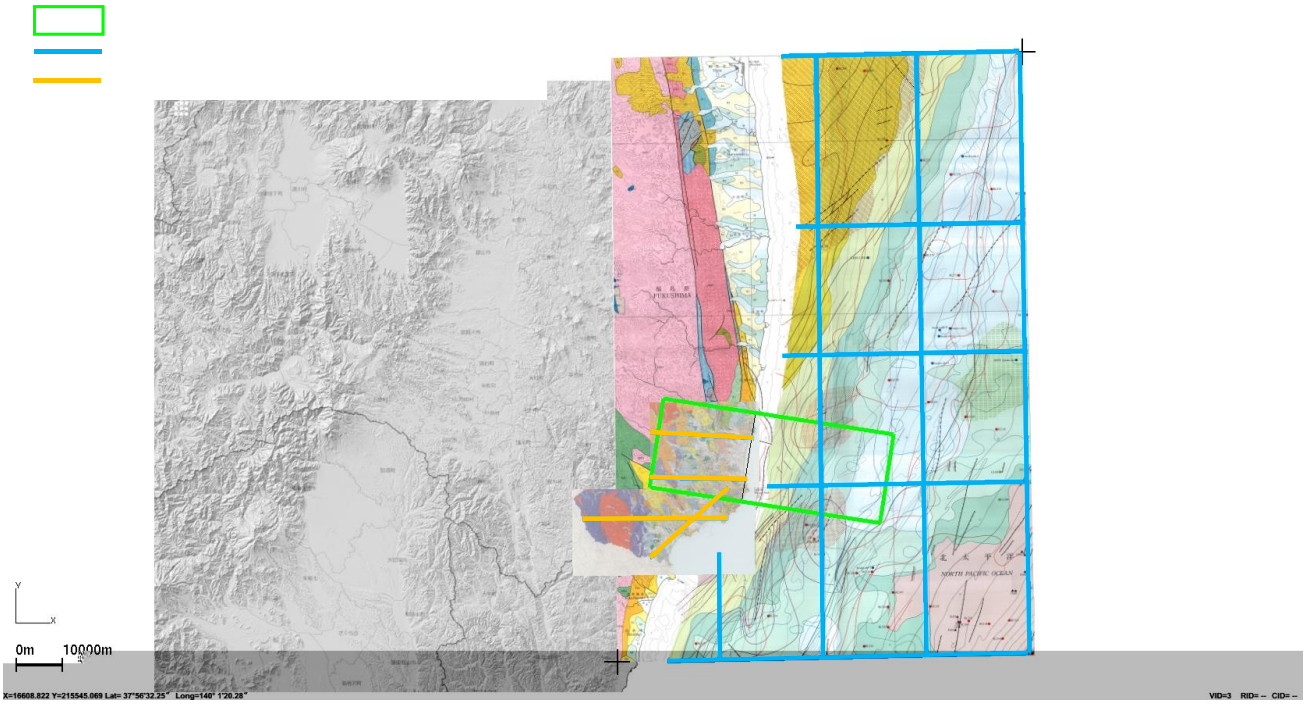
150m

引用データ

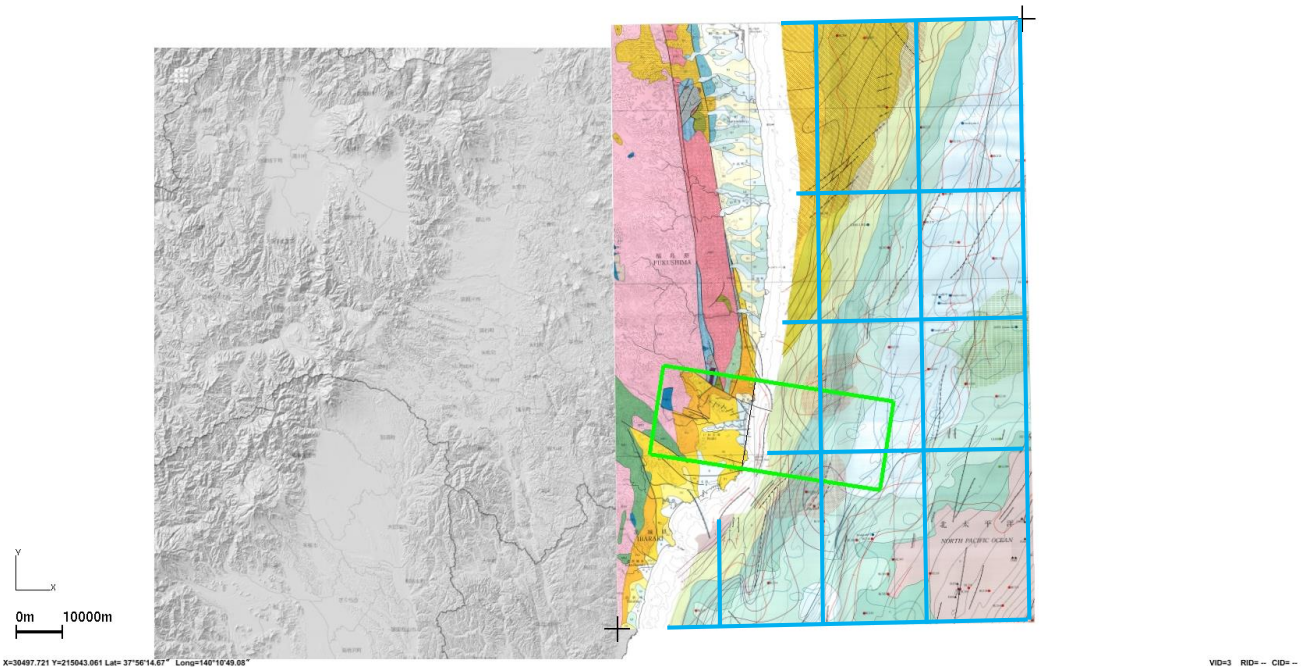
1 -1 3　　1 -213

1 -216　　1 -217

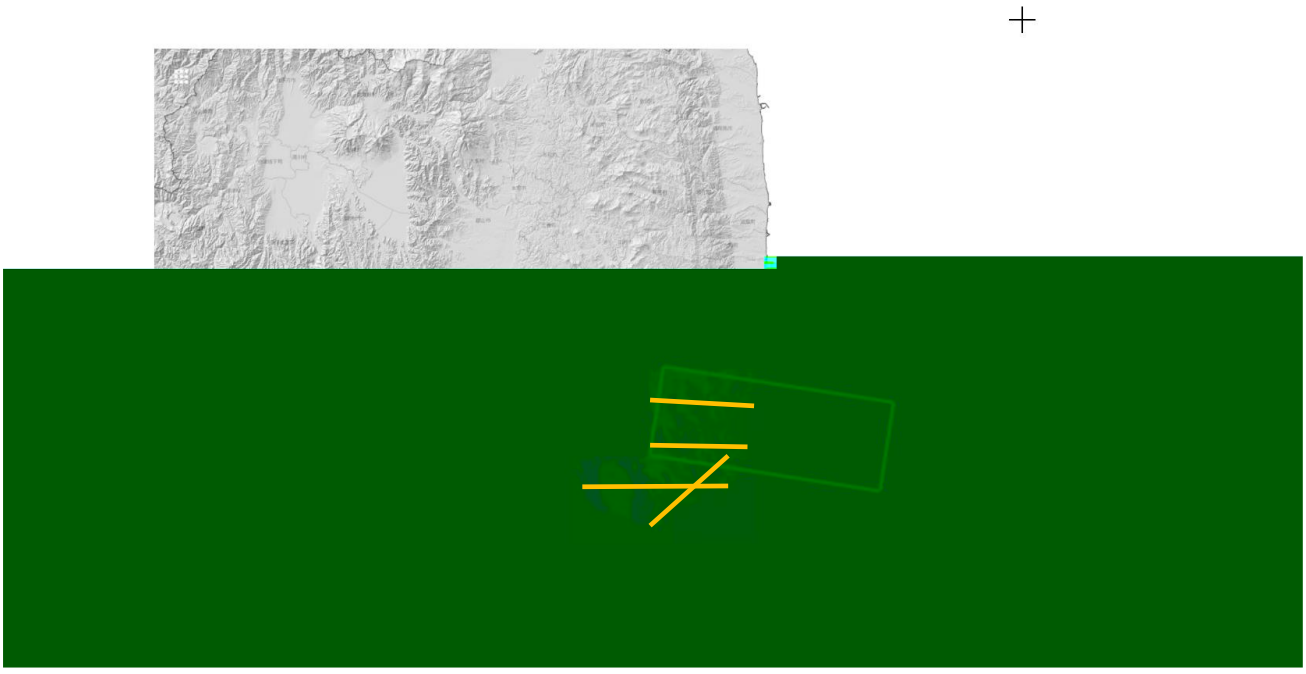
1 -43　ID18.



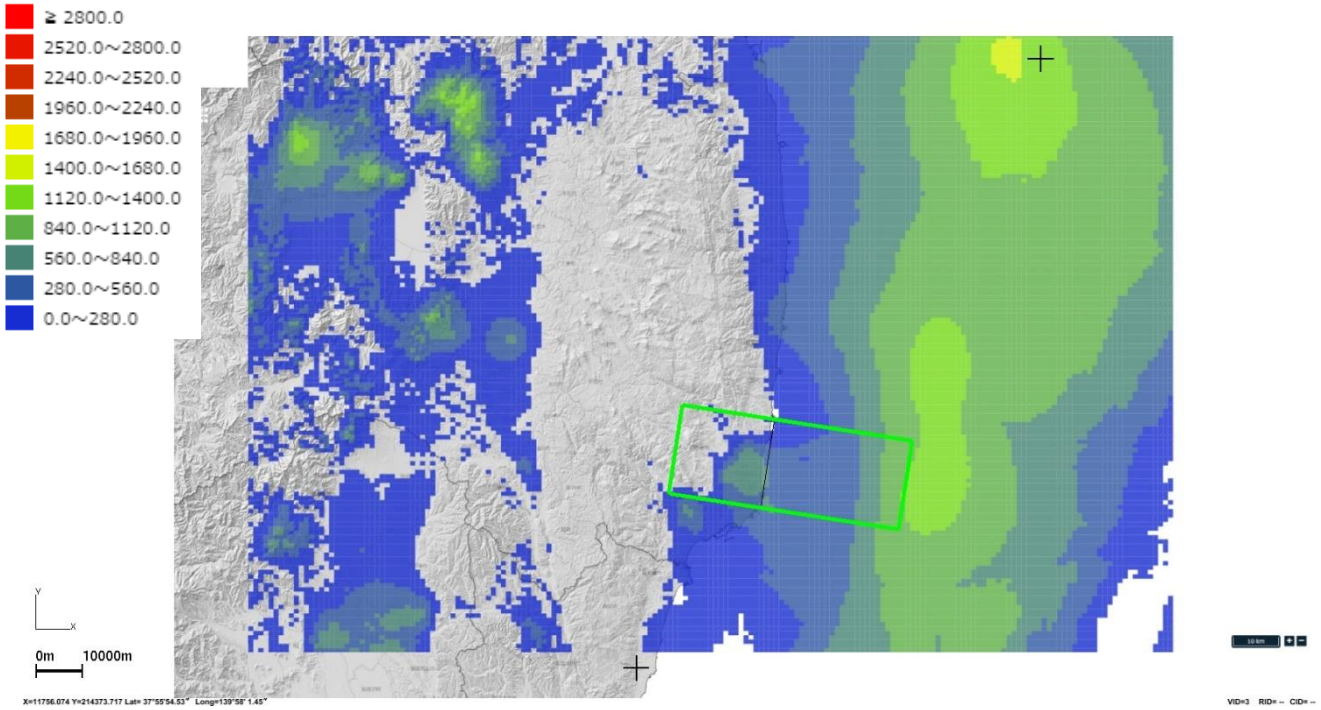
1 -213　ID18.



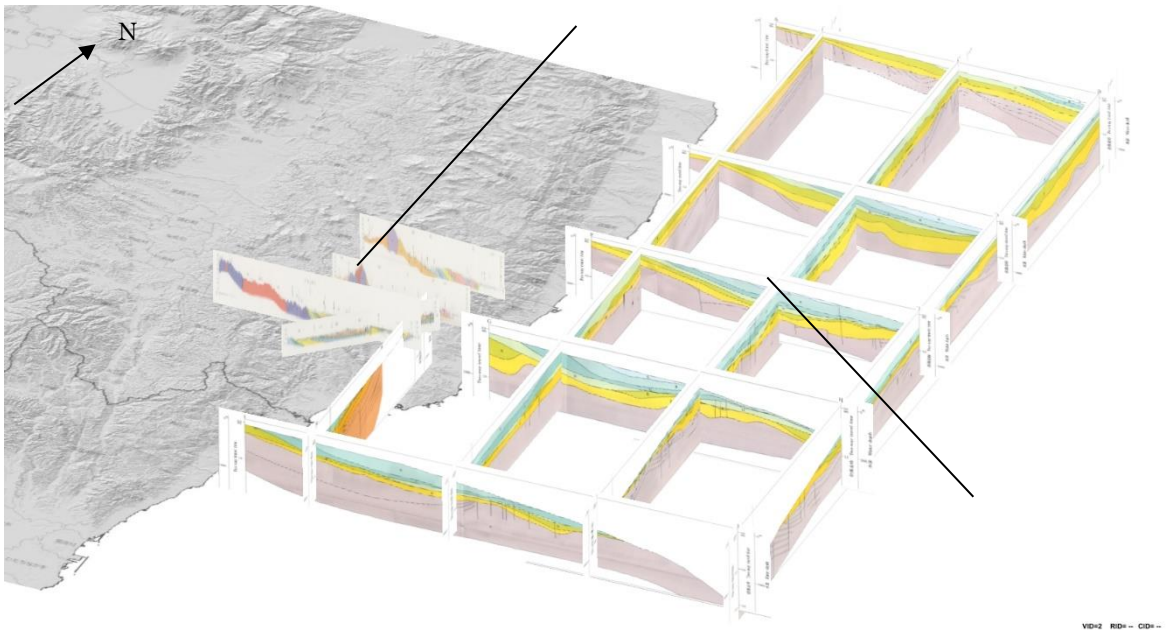
1 -214 ID18. ( )



1 -215 ID18. ( )



1 -216 ID18. ( )



1 -217 ID18.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -218 3 1 -219

1 -221 1 -44 1 -45

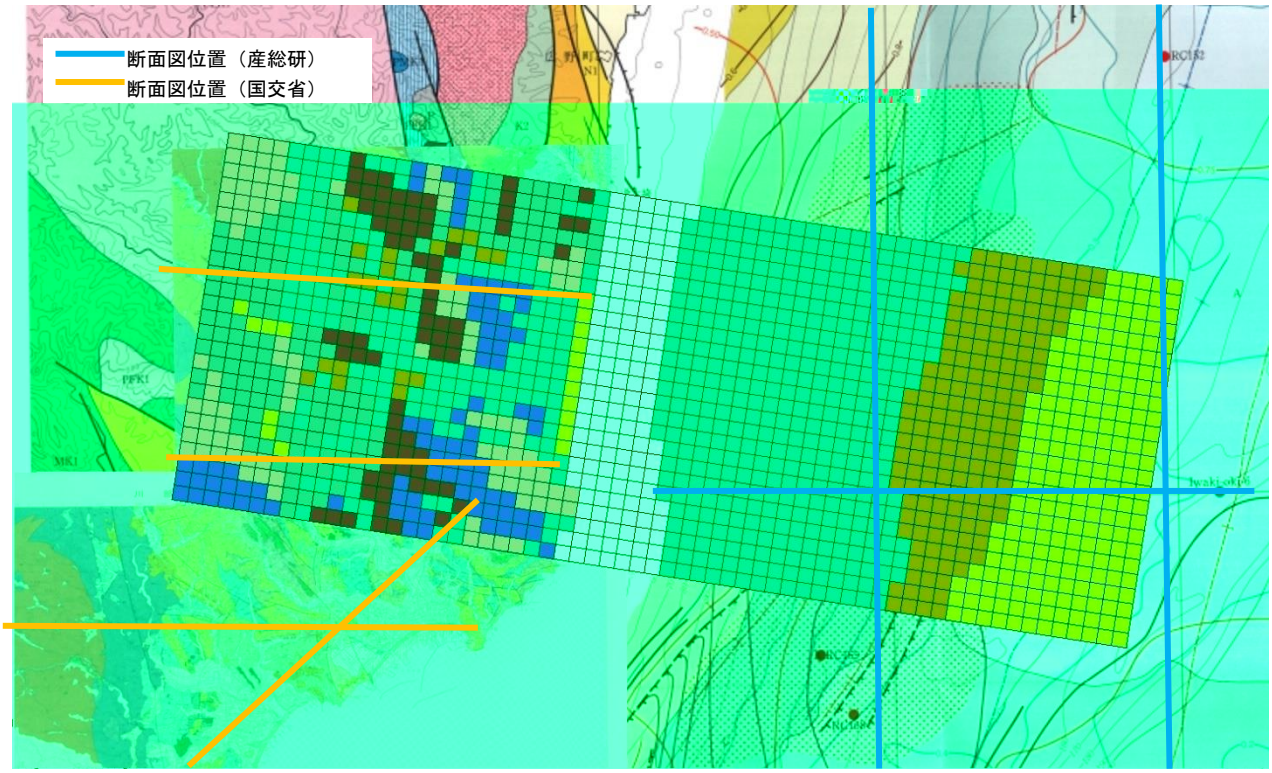
1 -222

1 -44 ID18. AI 1

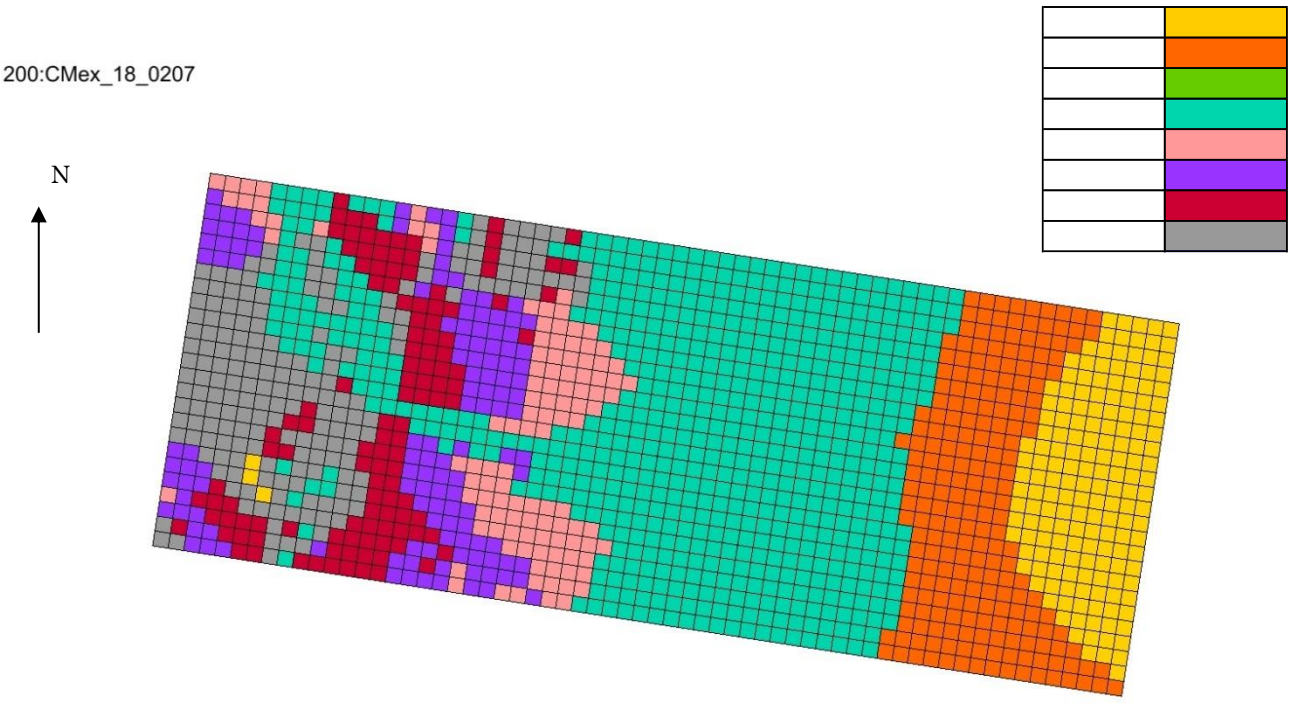
1 -45　ID18.　　　AI　　　　　　　　2

1 -219 1 -218 AI

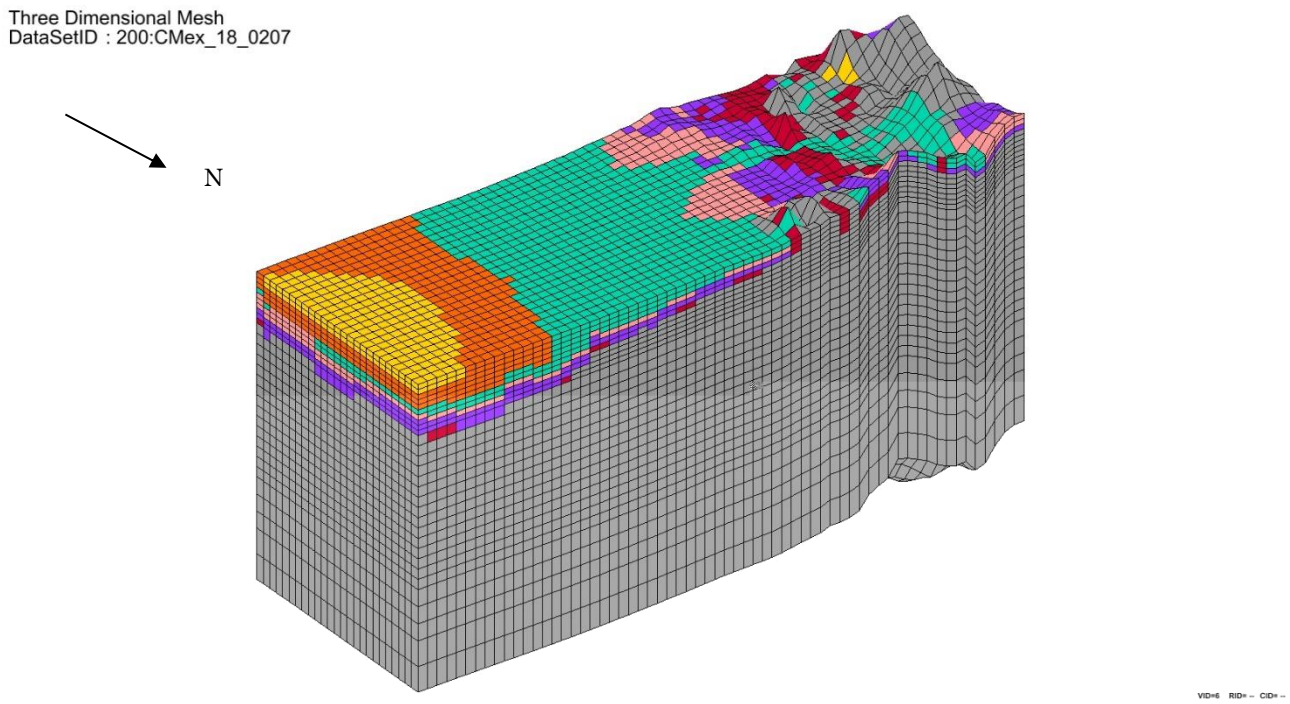
ID



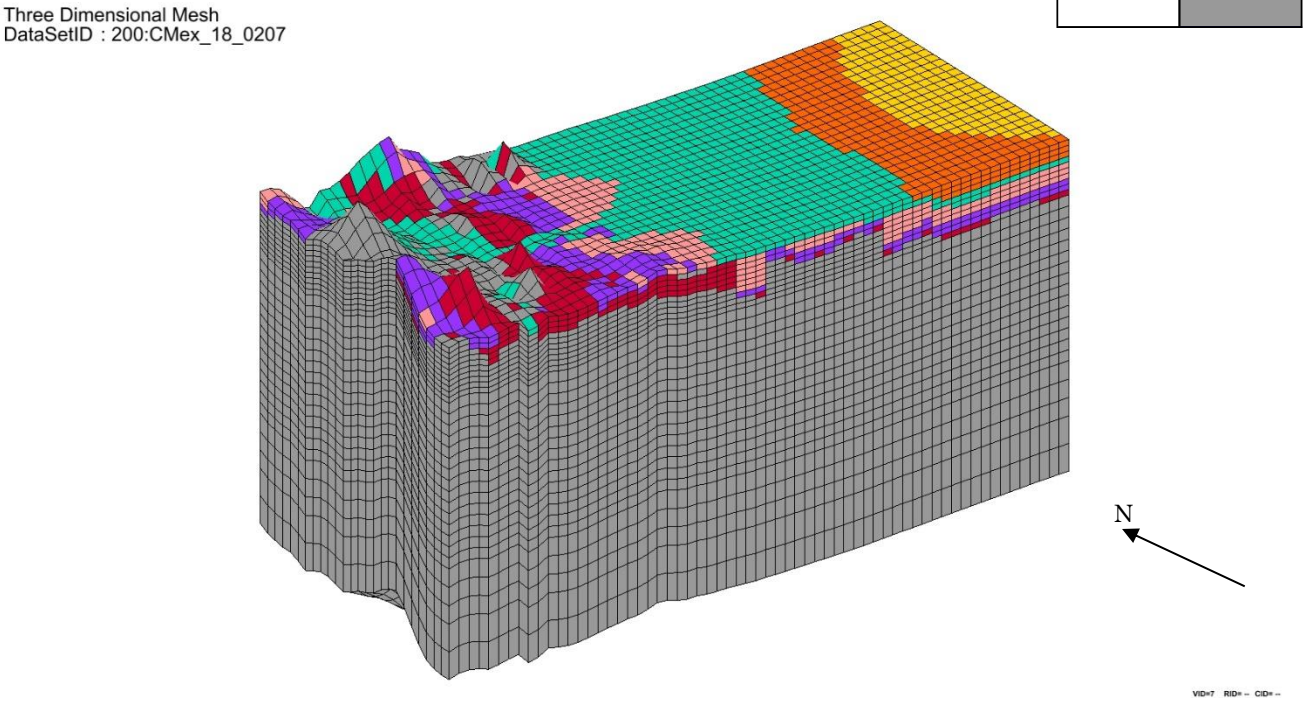
1 -218 ID18.



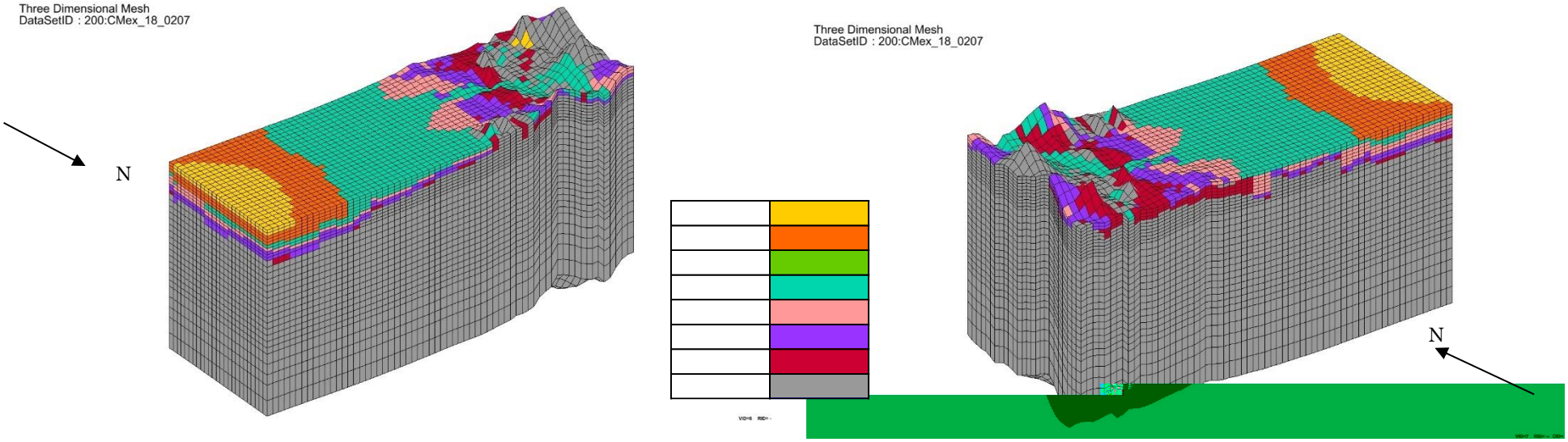
1 -219 ID18. AI

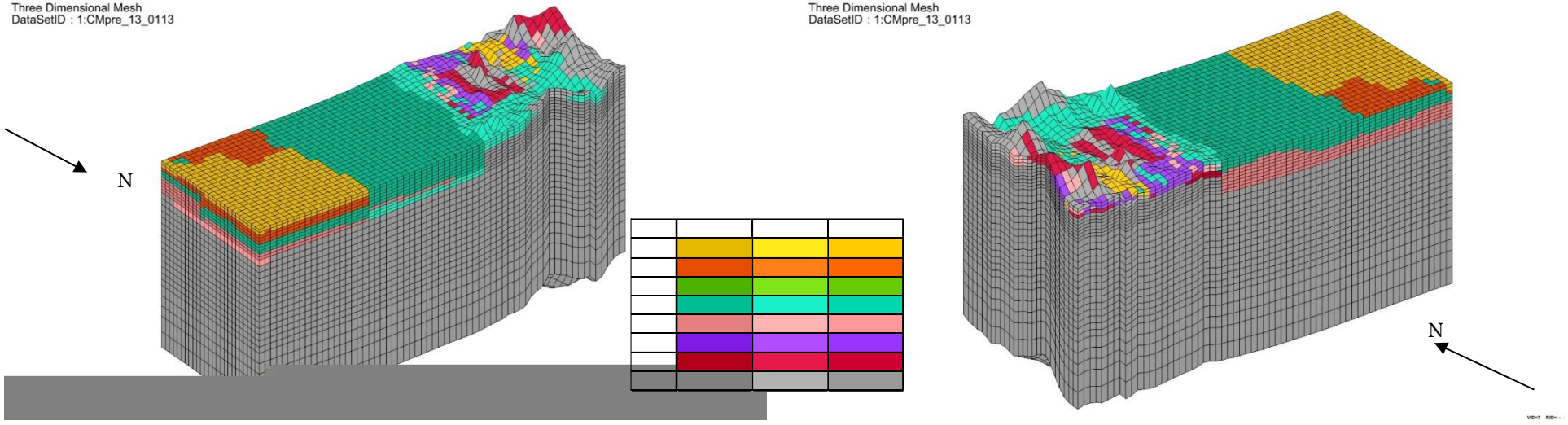


1 -220 ID18. AI 3 (1)



1 -221 ID18. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_18_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_18_0207
N

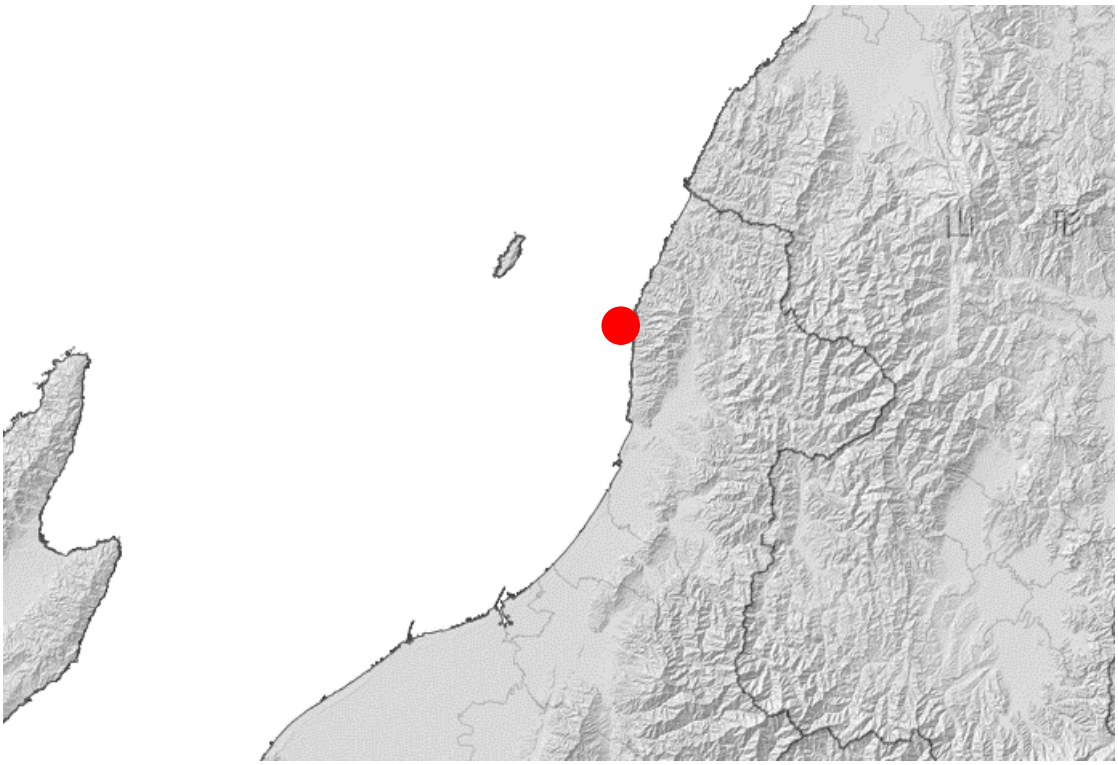

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_13_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_13_0113
N

1 -222 ID18. 3

ID.19 越後

モデル化位置

1 -223



1 -223 ID19.

地域概要

-

2

30

100km 10 25km 2070

2

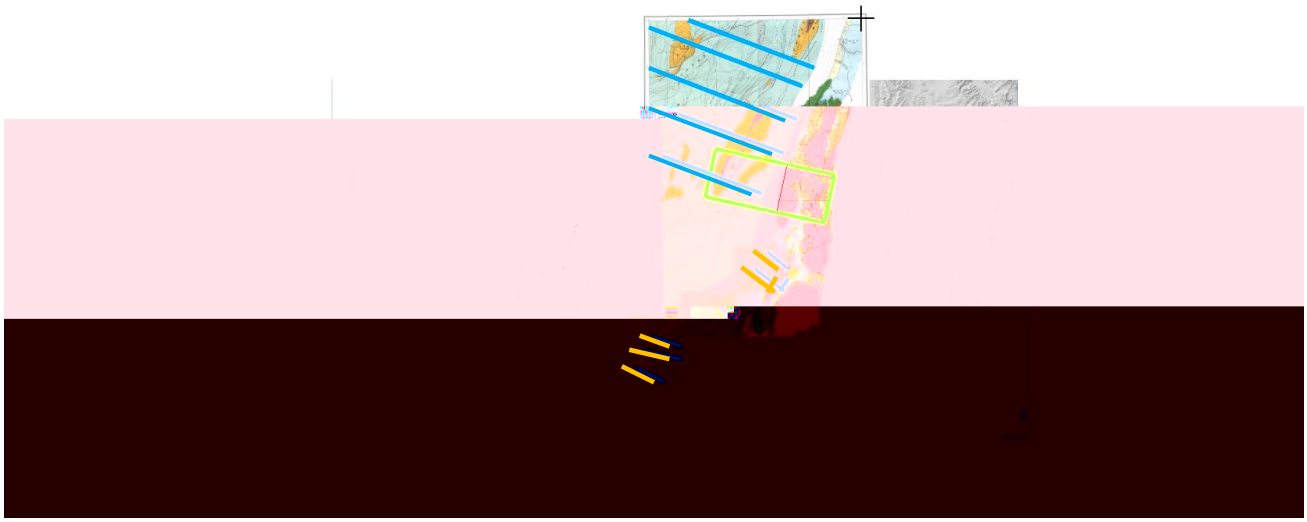
5m

引用データ

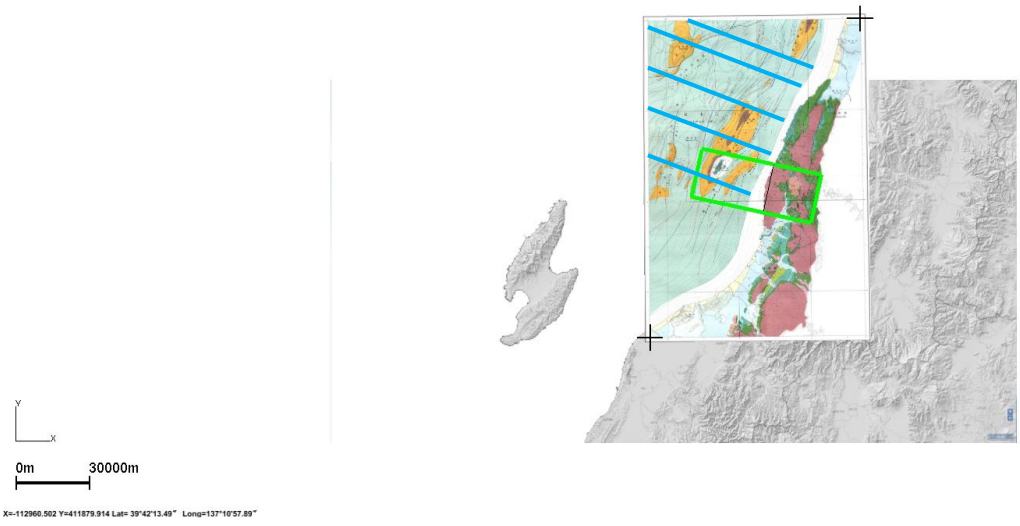
1 -46　　1 -224

1 -227　　1 -228

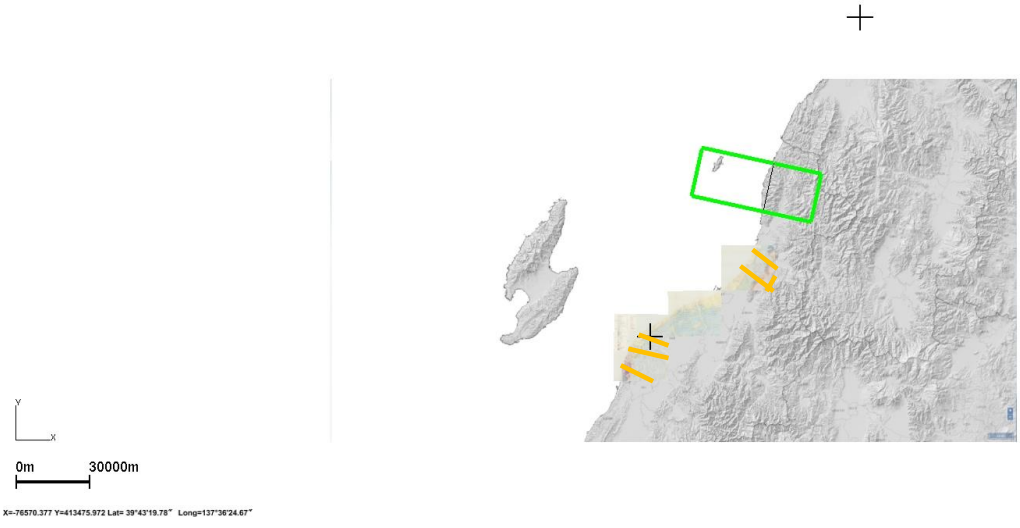
1 -46　ID19.



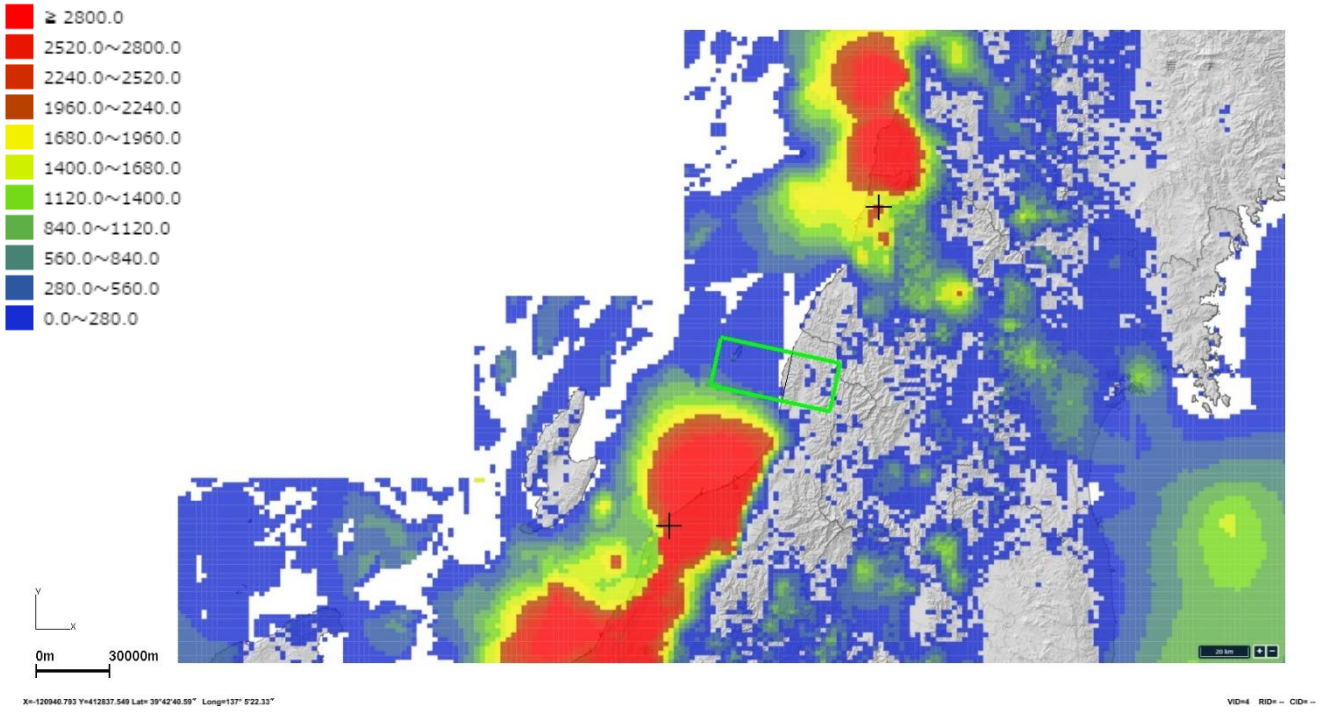
1 -224　ID19.



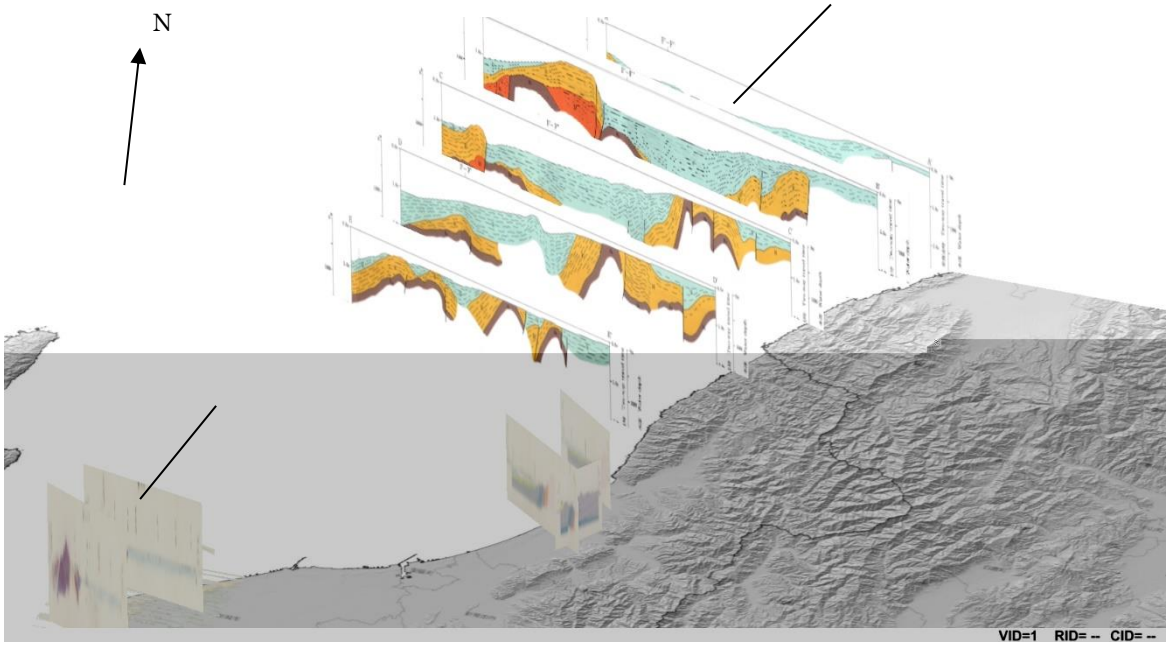
1 -225 ID19. ( )



1 -226 ID19. ( )



1 -227 ID19. ( )



1 -228 ID19.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -229 3 1 -230

1 -234 1 -47

1 -235

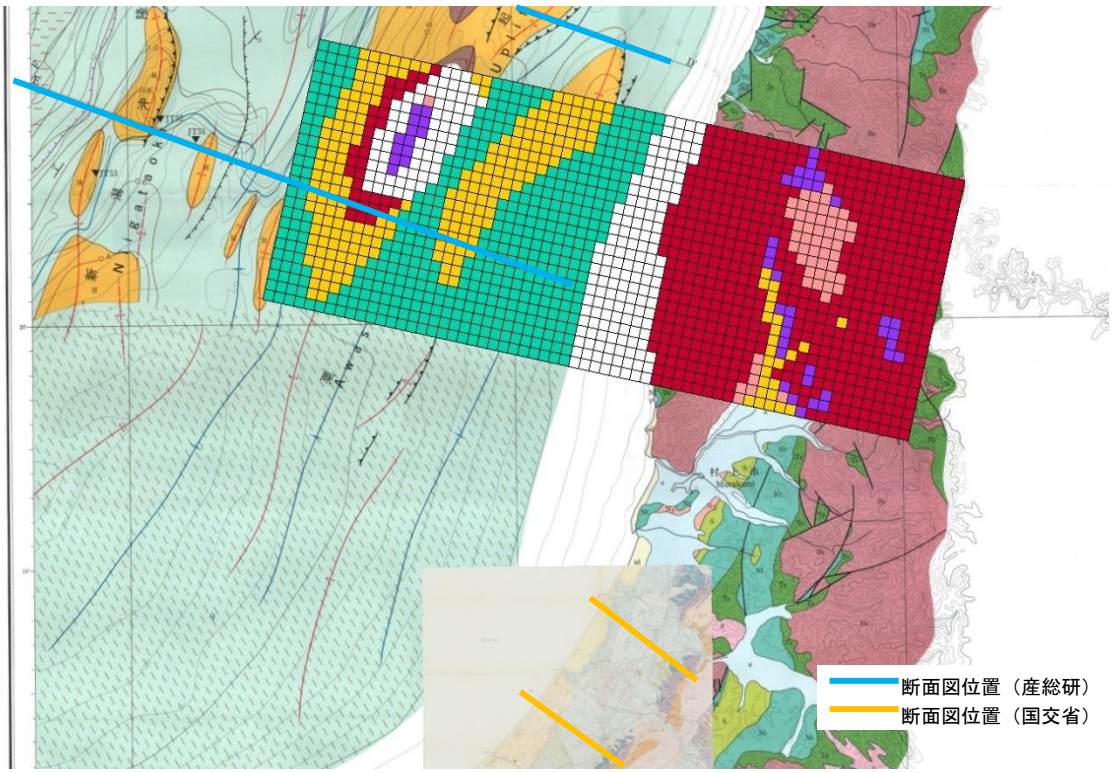
1 -47 ID19. AI

1 -230 1 -229 AI

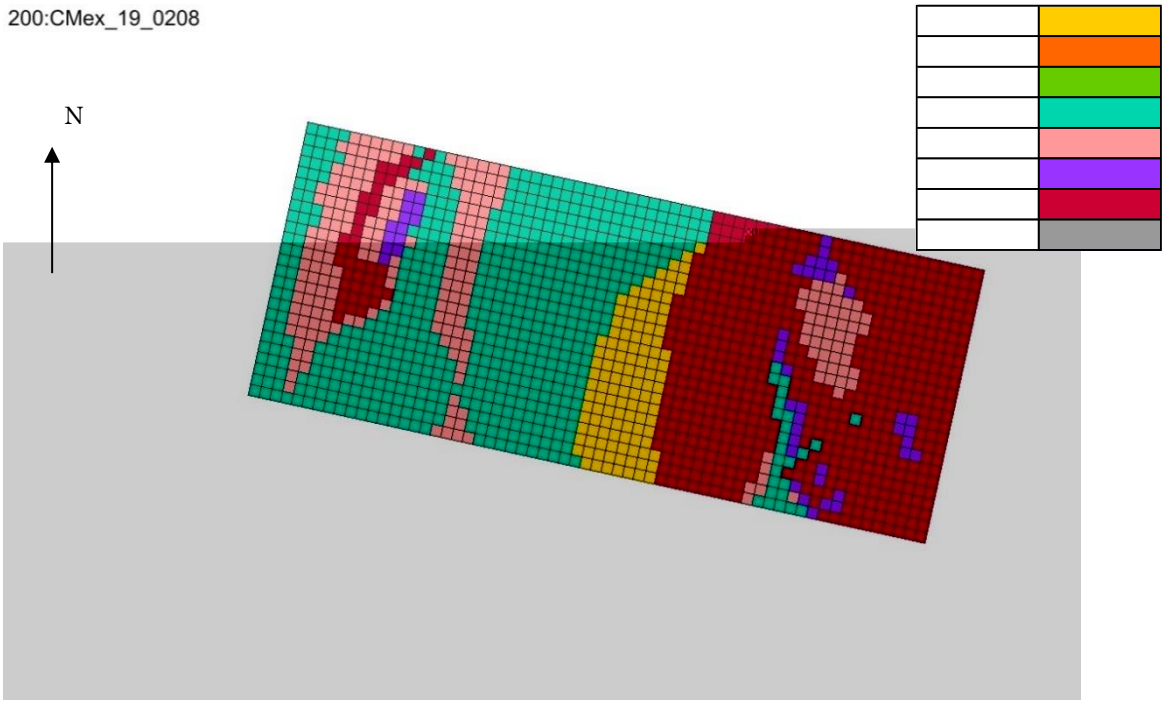
ID

1 -231 1 -232 N2

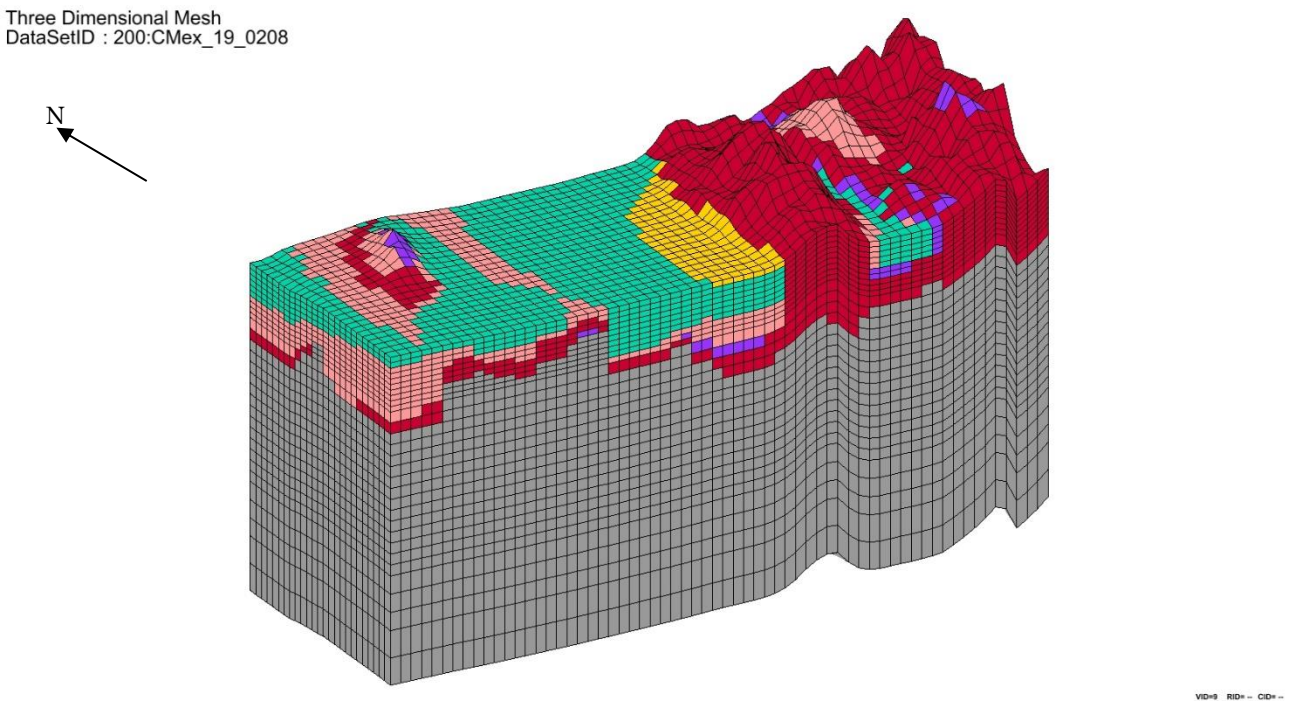
N1 1 -233 1 -234



1 -229 ID19.

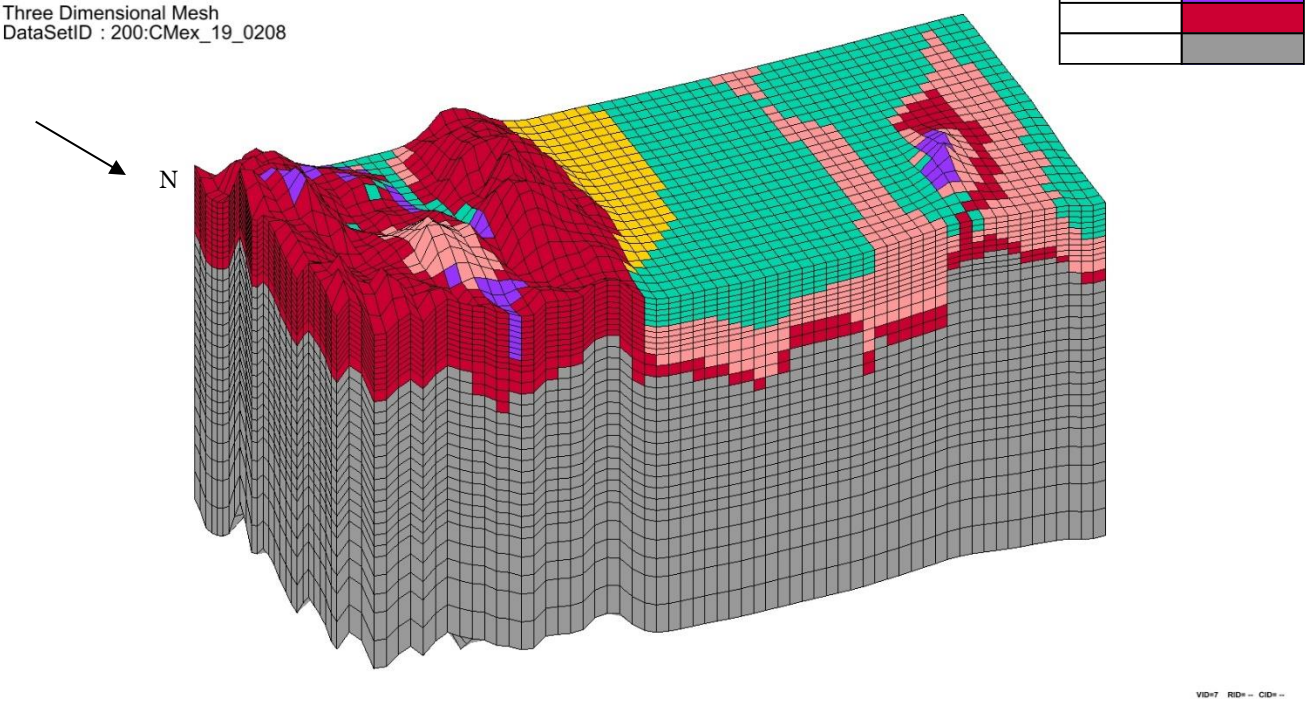


1 -230 ID19. AI



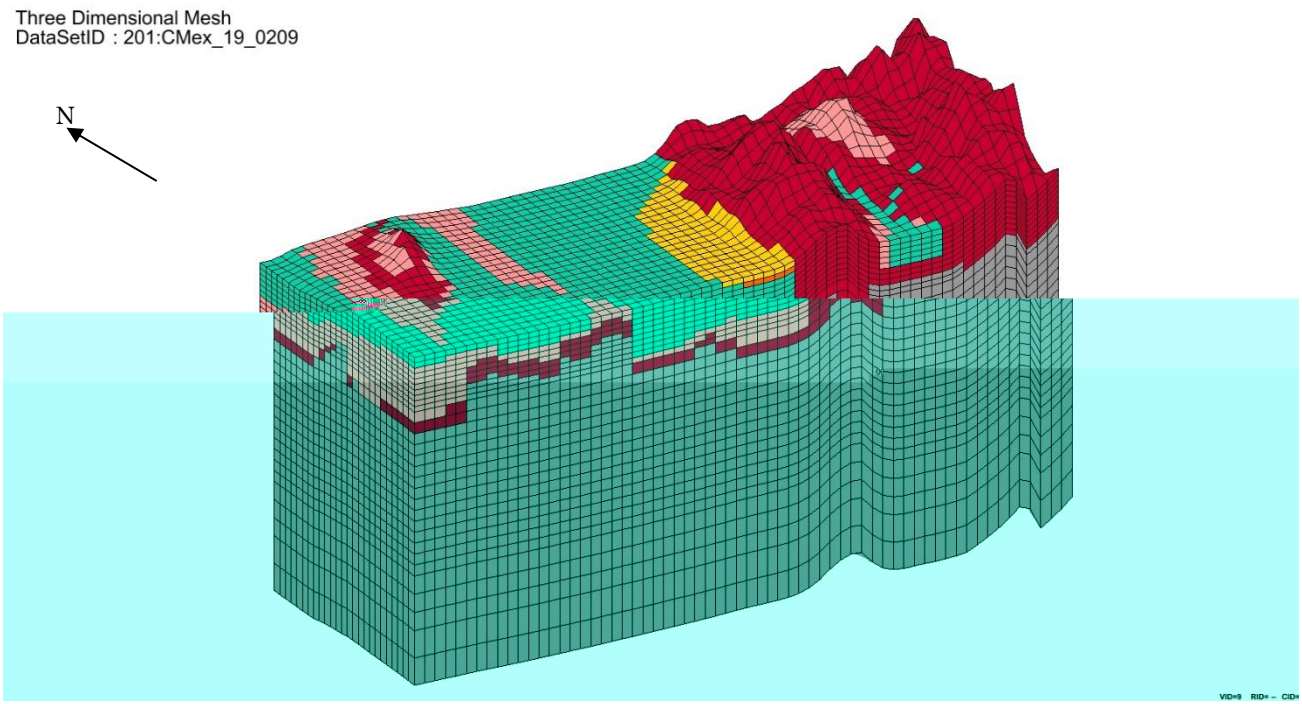
1 -231 ID19. AI

3 (1)



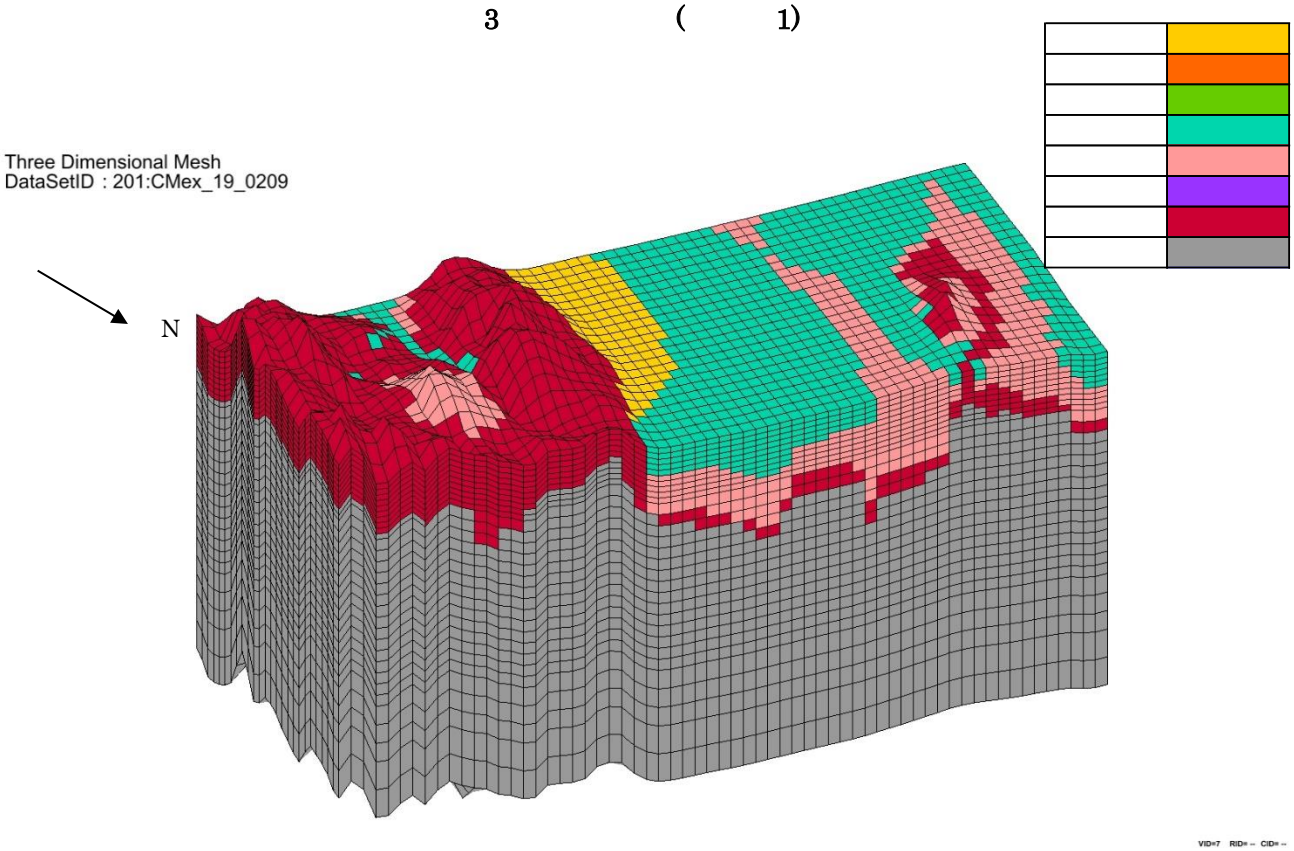
1 -232 ID19. AI

3 (2)



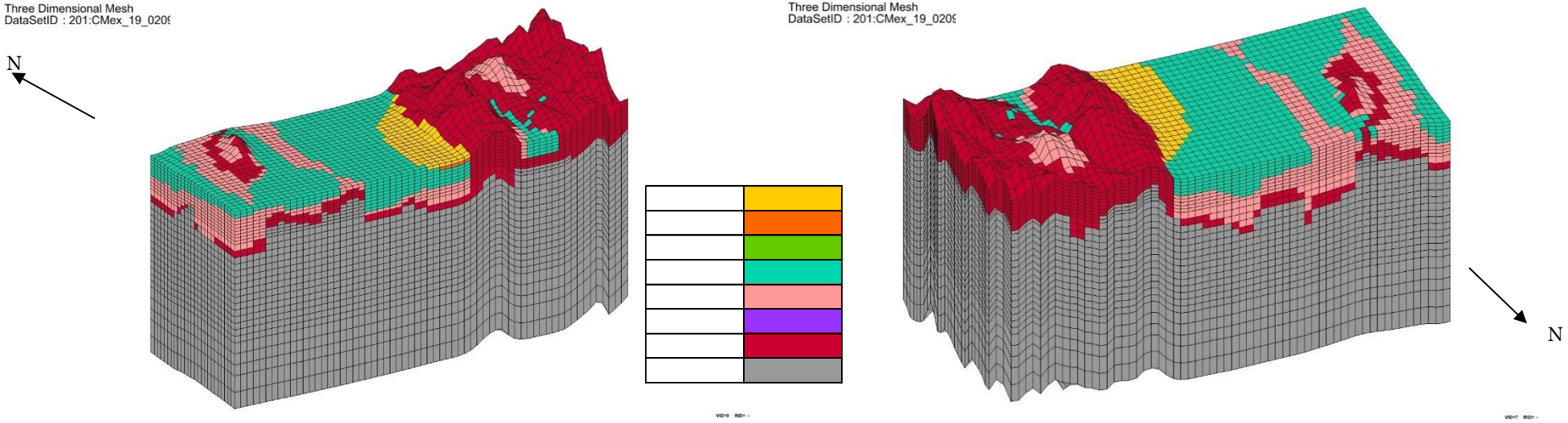
1 -233 ID19. AI

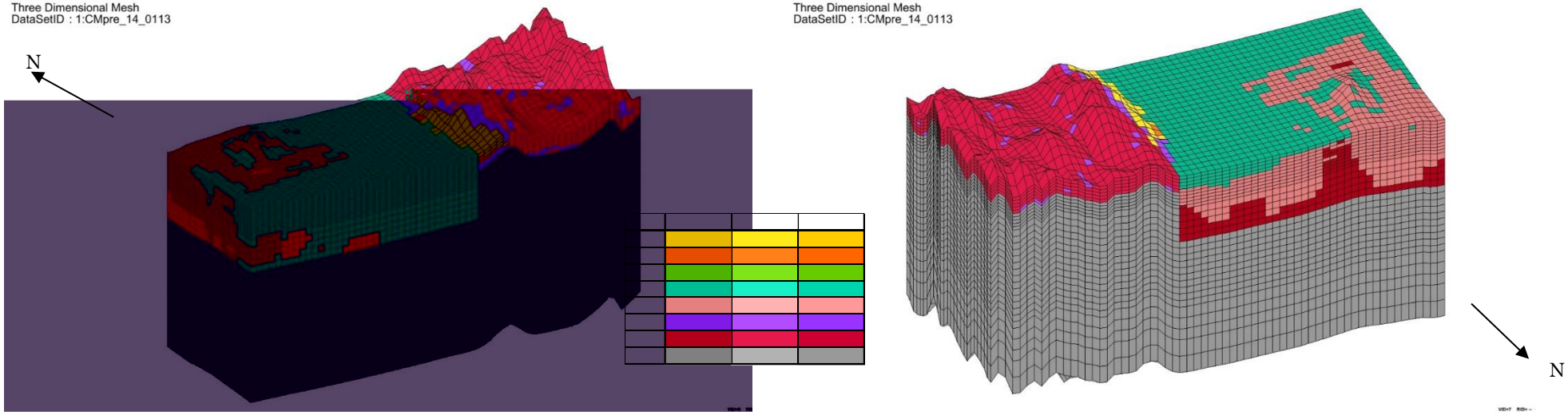
3 (1)



1 -234 ID19. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_19_020
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_19_020
N

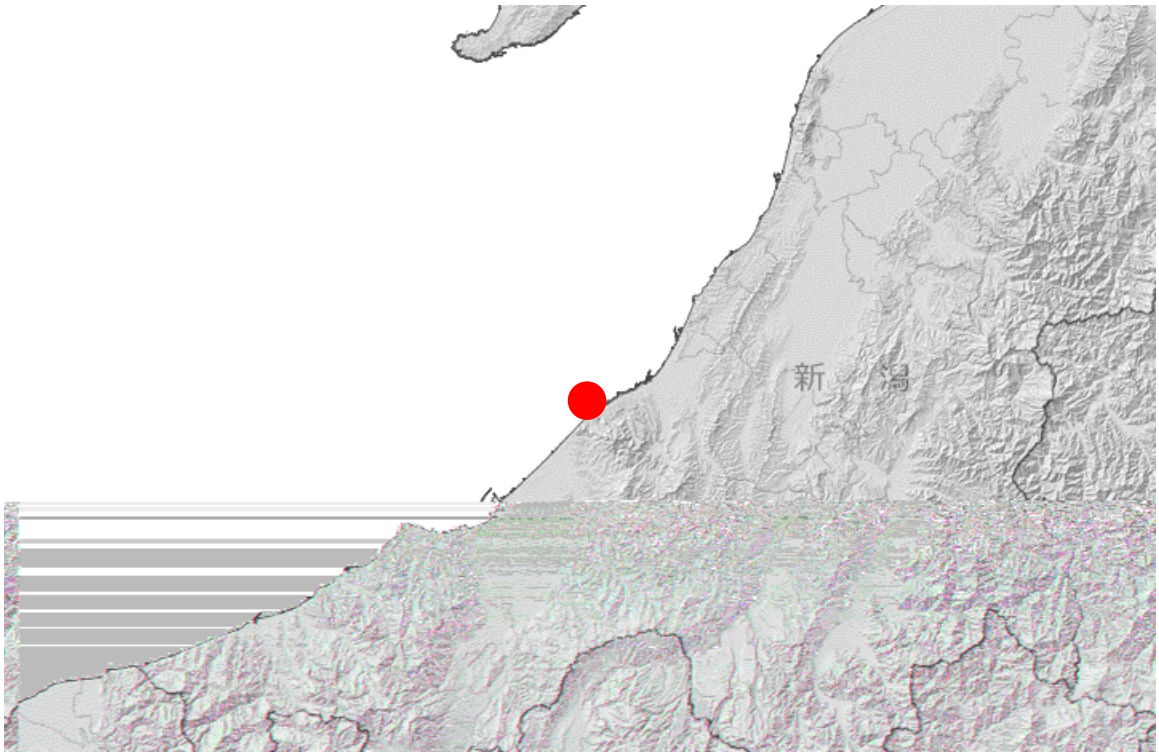

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_14_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_14_0113
N

1 -235 ID19. 3

ID.20 高田

モデル化位置

1 -236



1 -236　ID20.

地域概要

1000m

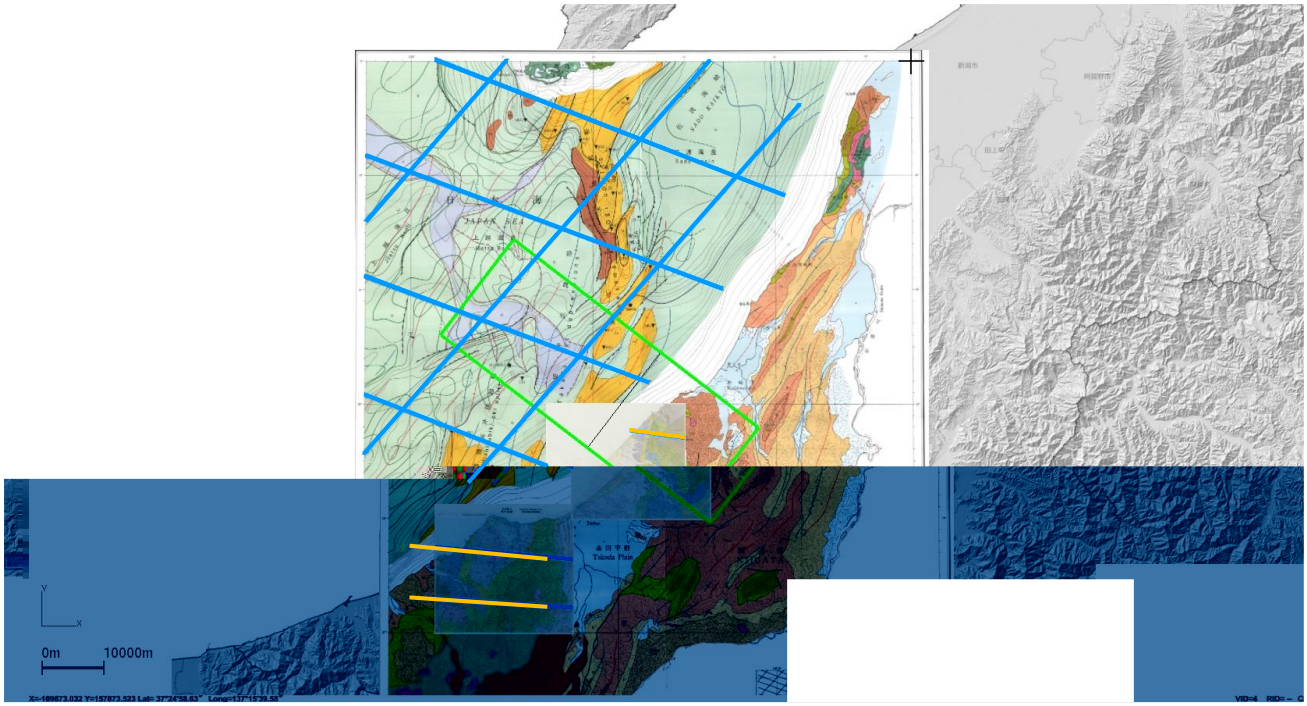
10m

引用データ

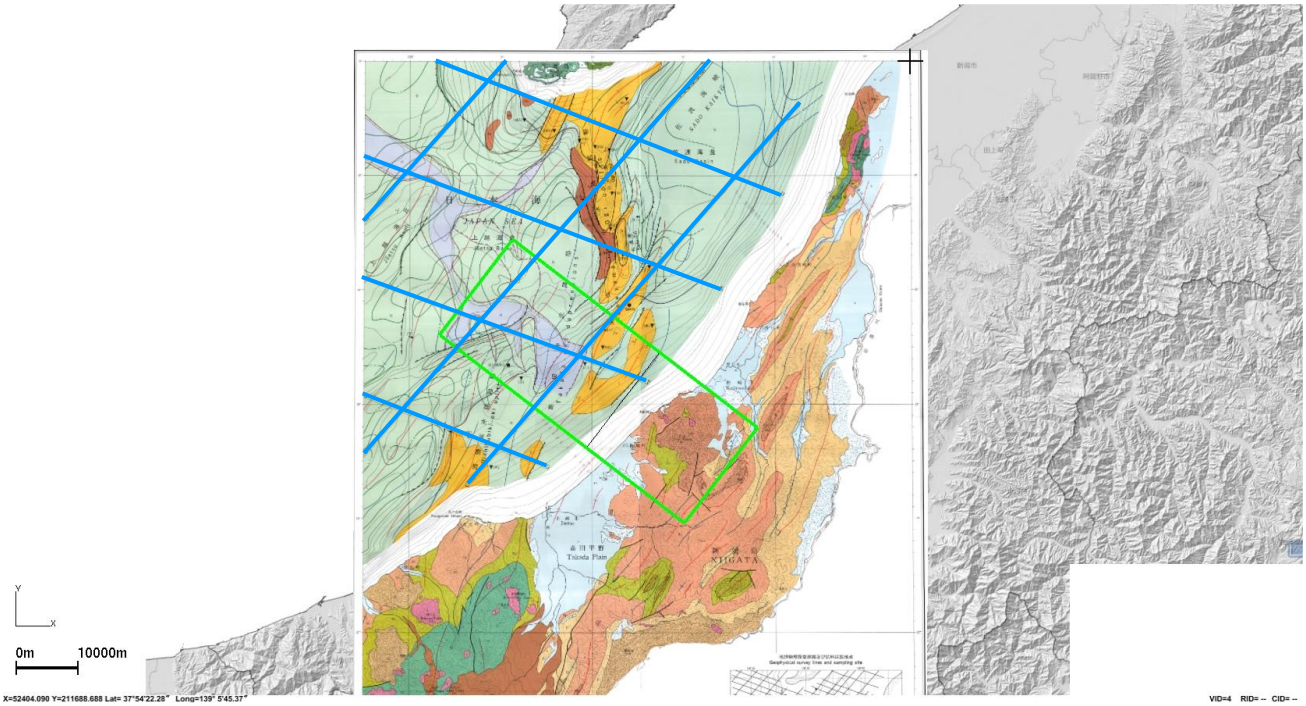
1 -48　　1 -237

1 -240　　1 -241

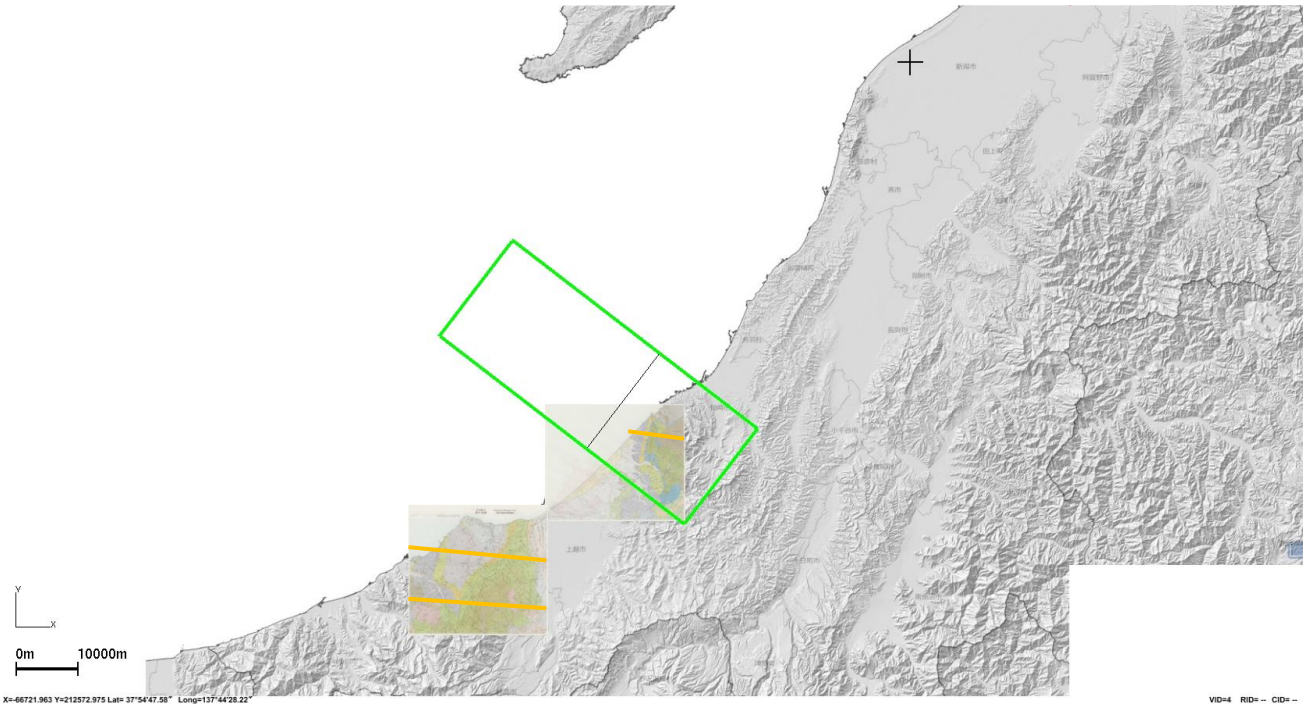
1 -48　ID20.



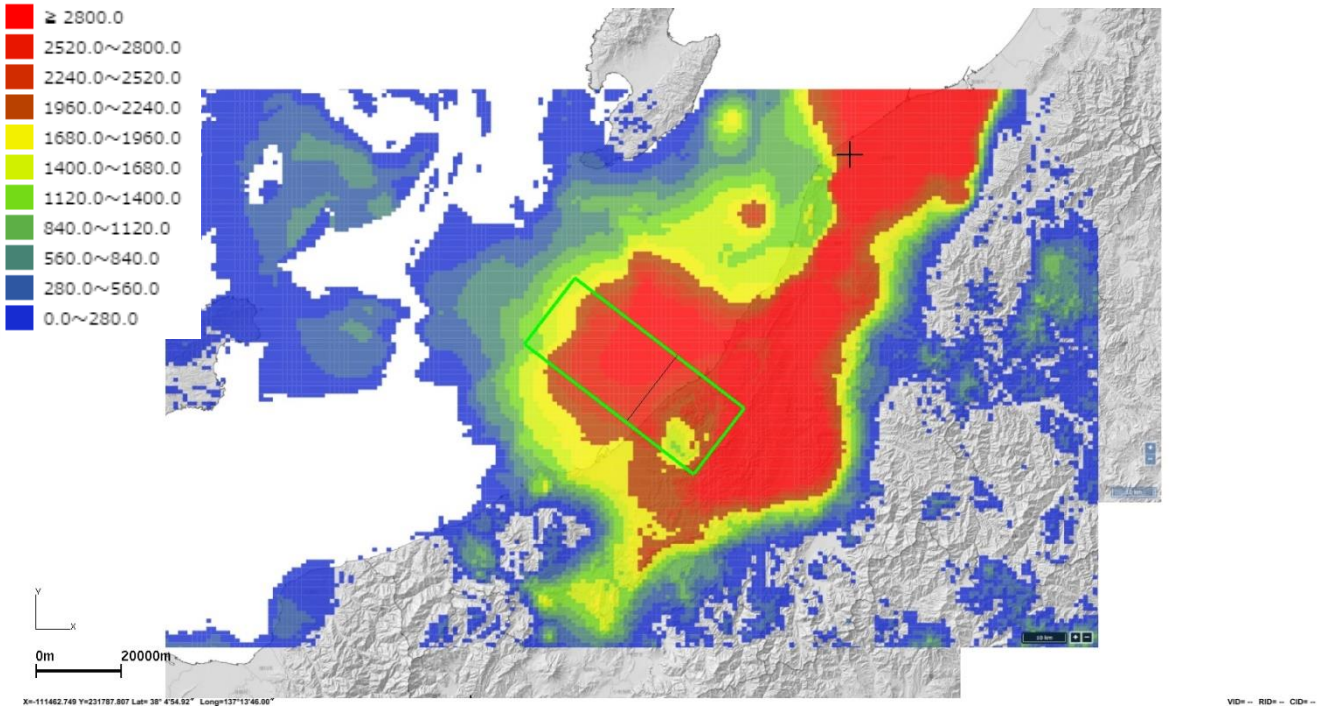
1 -237　ID20.



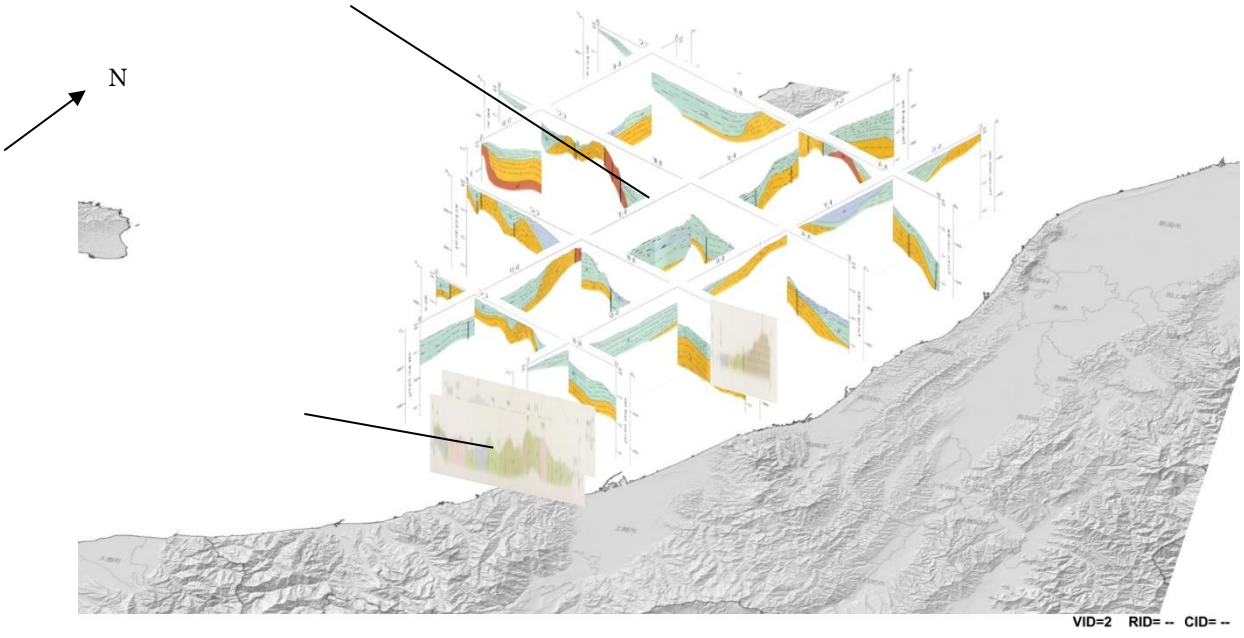
1 -238　ID20.　　(　　)



1 -239　ID20.　　(　　)



1 -240 ID20. ( )



1 -241 ID20.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -242　　3　　1 -243

1 -247　　1 -49

1 -248

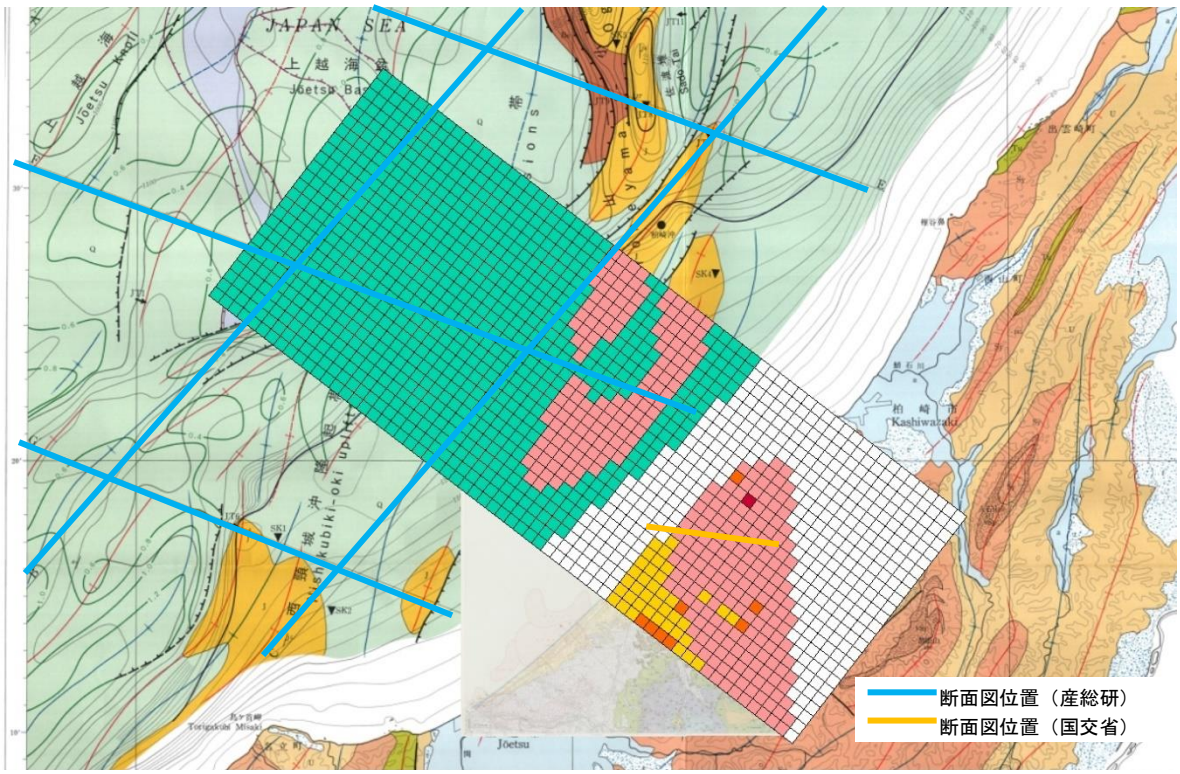
1 -49　ID20.　　AI

1 -243　　1 -242　　AI

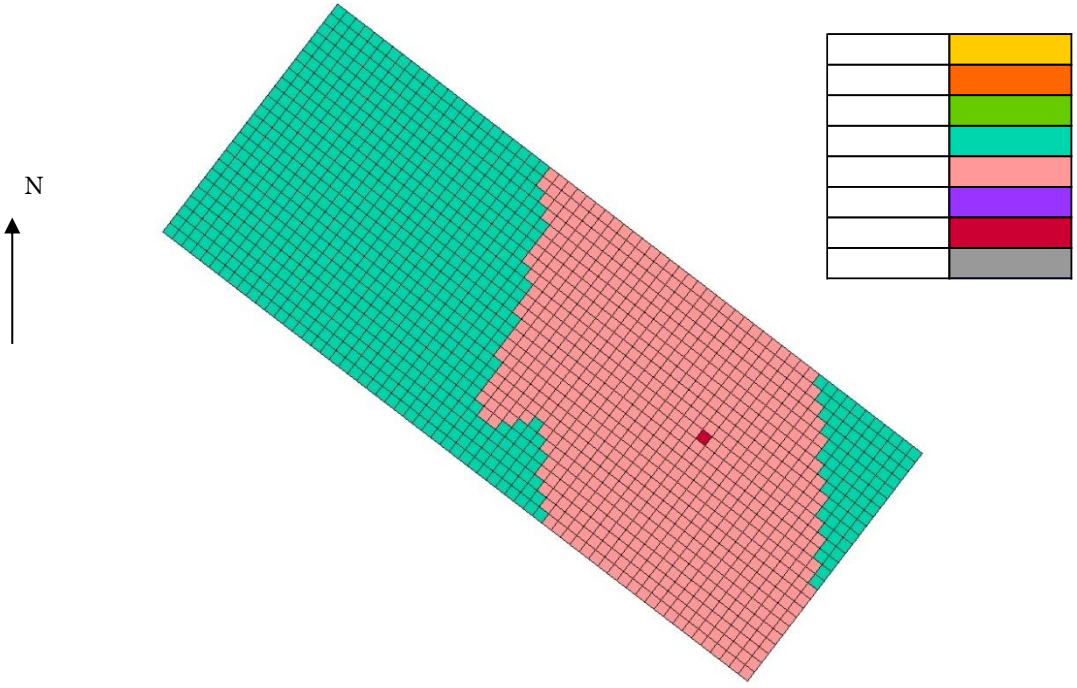
ID

1 -241　　1 -245　　Bs

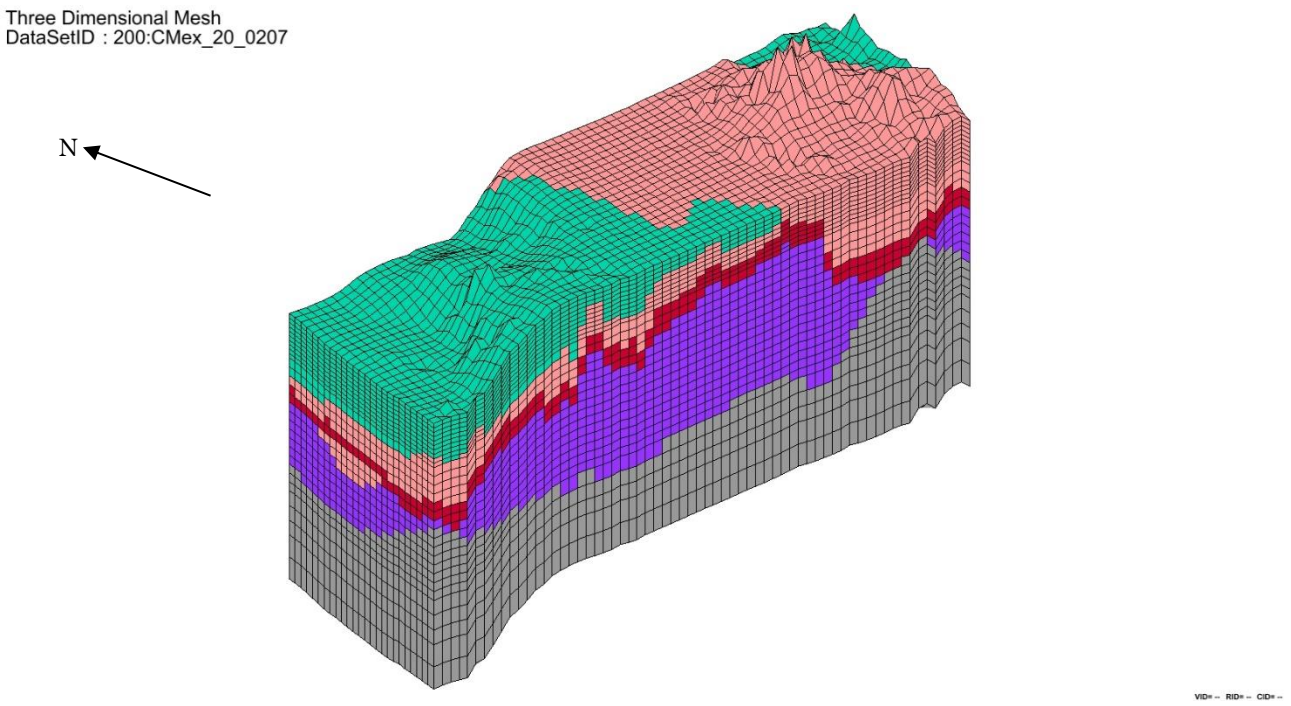
N3　　1 -246　　1 -247



1 -242　　ID20.

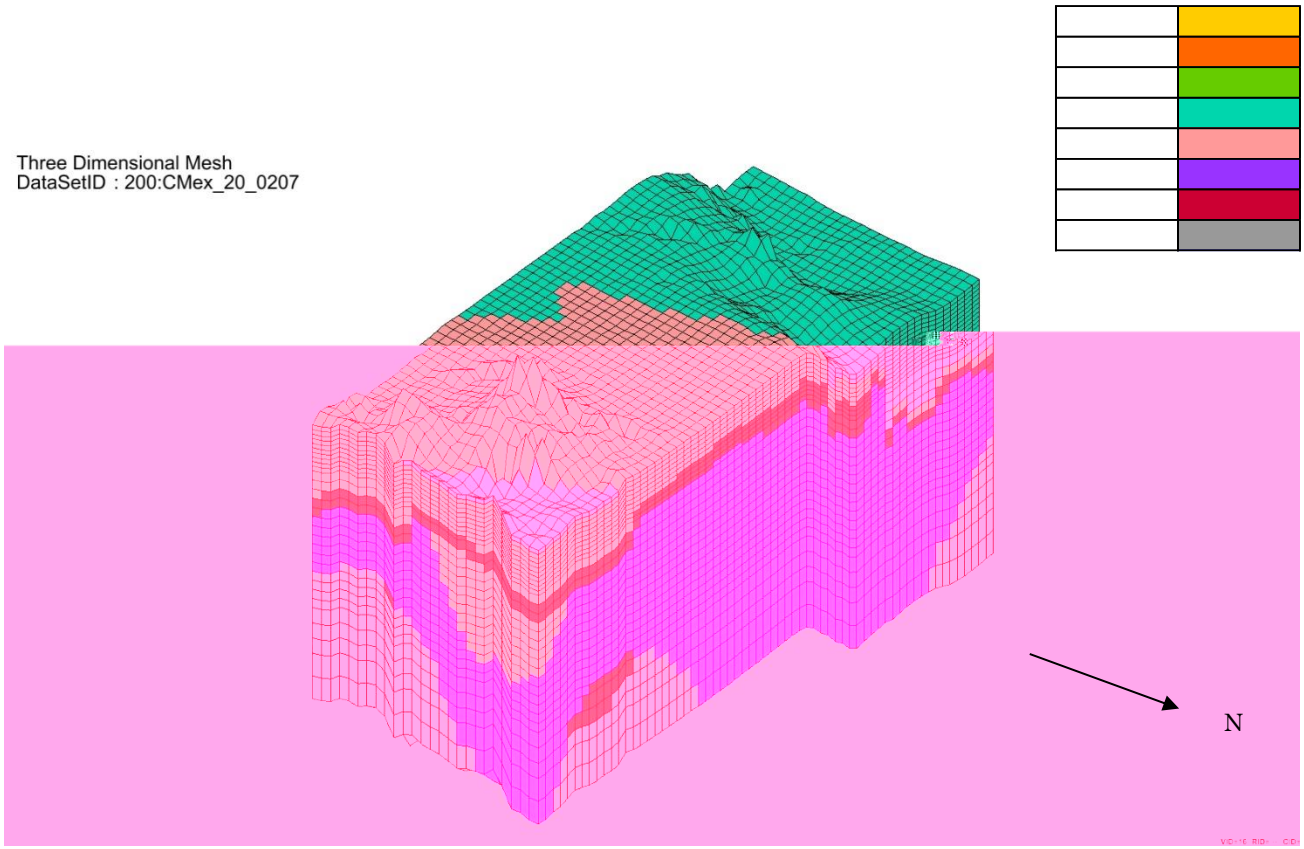


1 -243　　ID20.　　AI



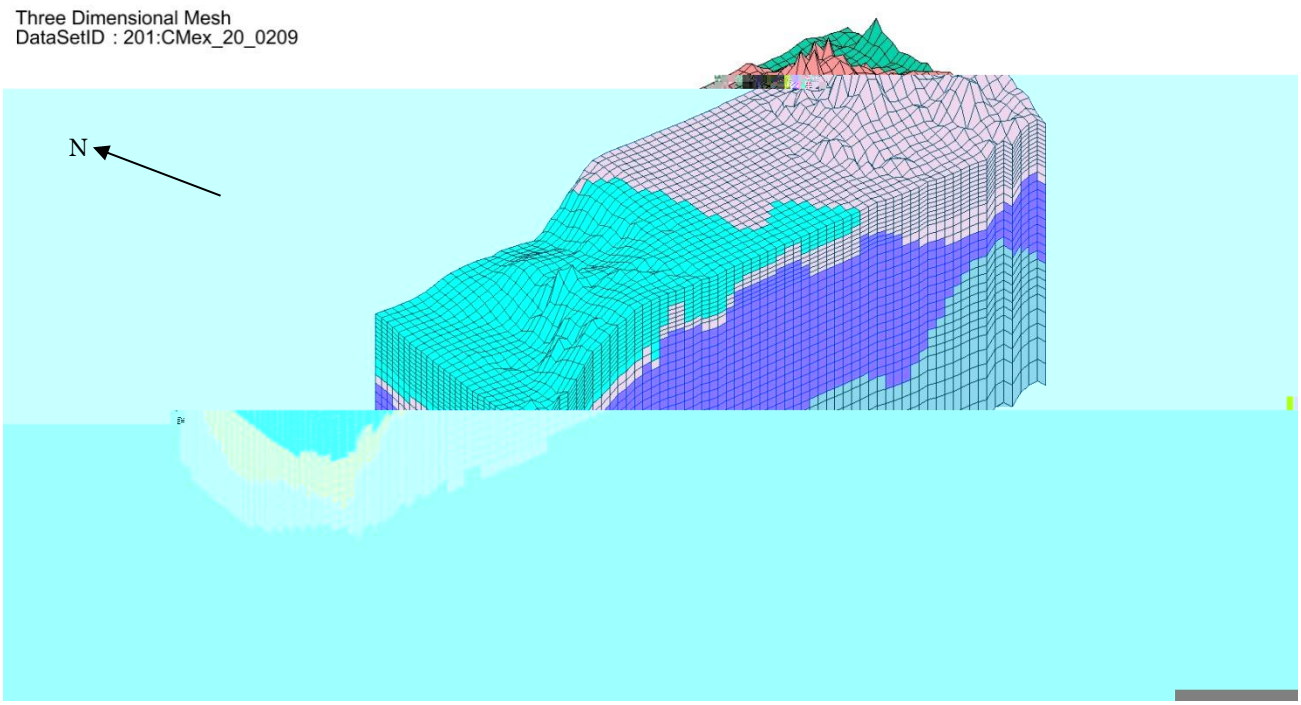
1 -244 ID20. AI

3 (1)



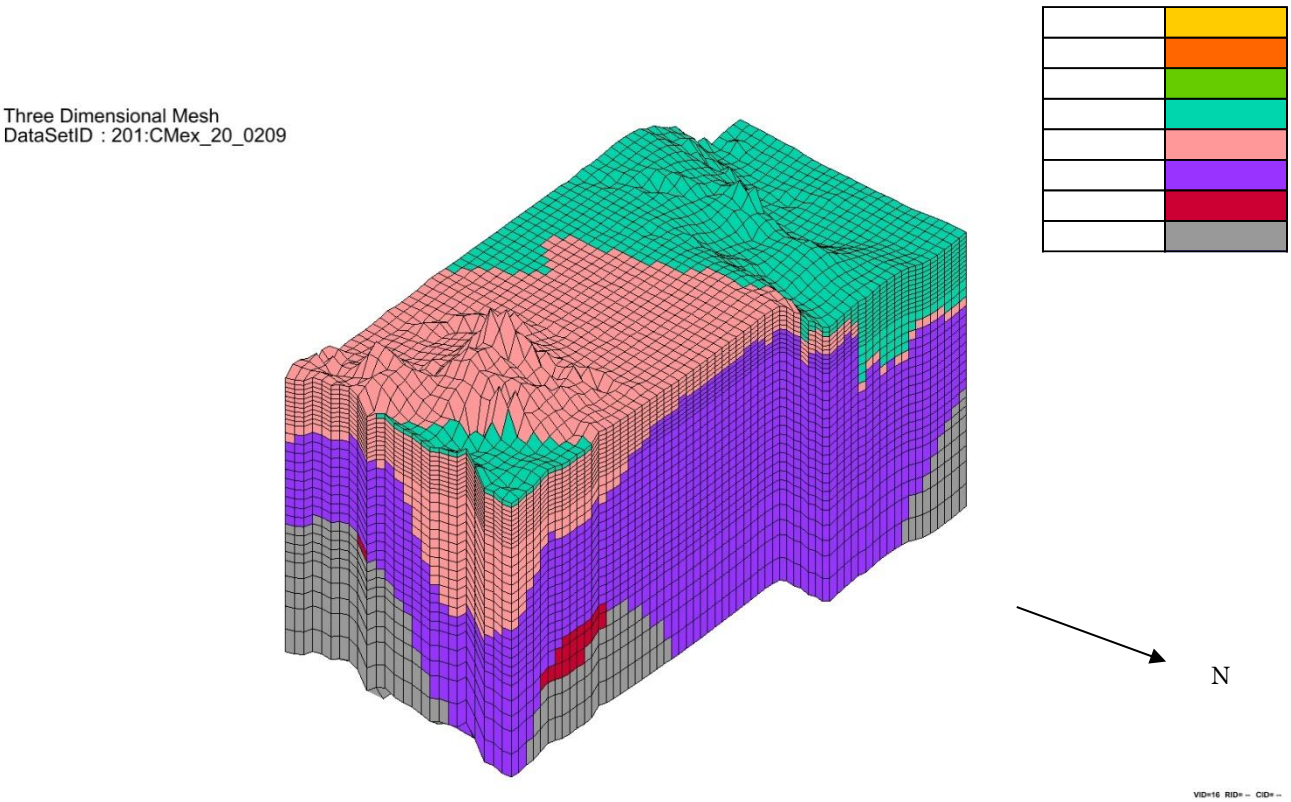
1 -245 ID20. AI

3 (2)



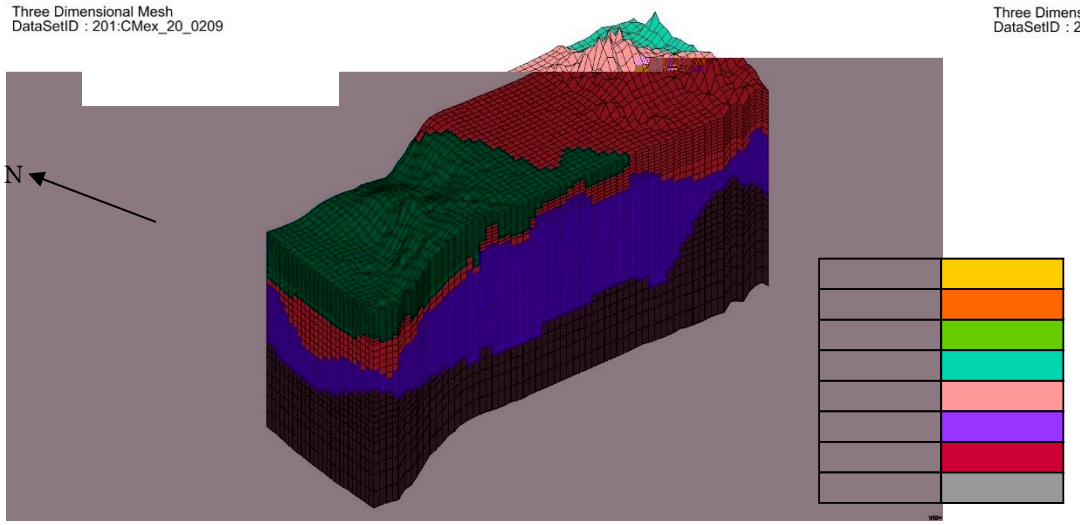
1 -246 ID20. AI

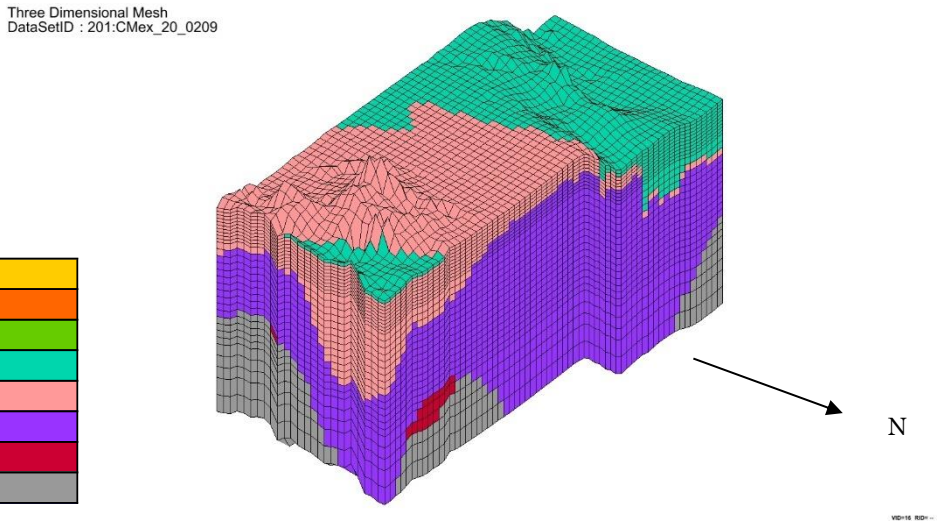
3 (1)

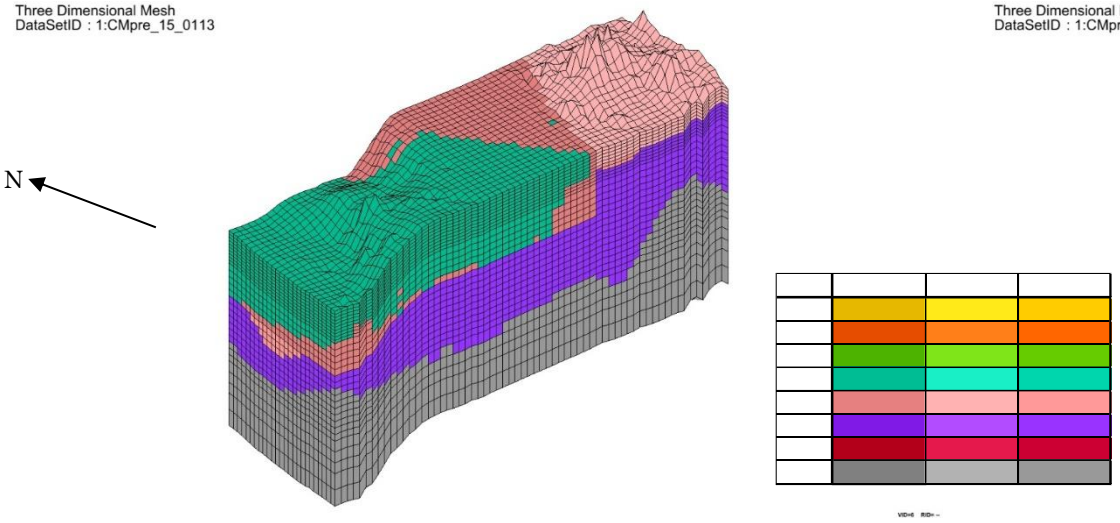


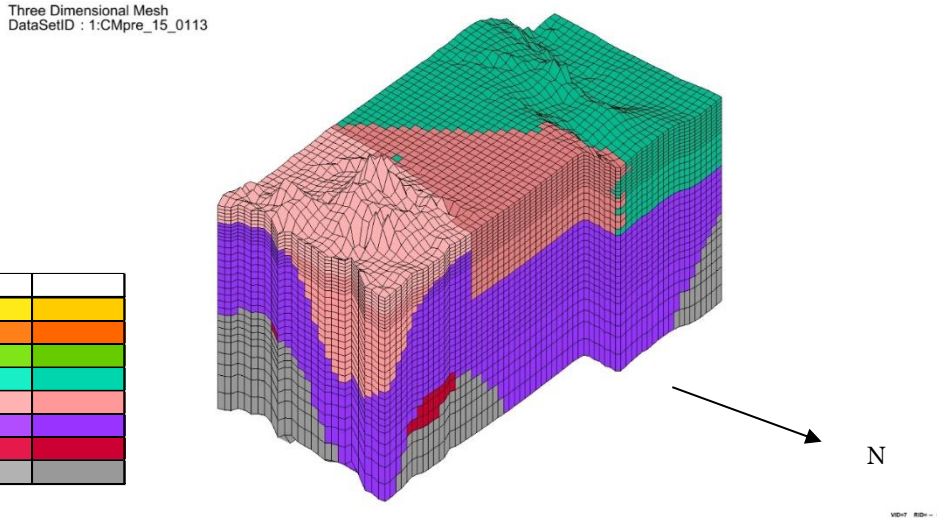
1 -247 ID20. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_20_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_20_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_15_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_15_0113
N

1 -248 ID20. 3

ID.21 富山

モデル化位置

1 -249

1 -249　ID21.

地域概要

3000m

200　300m

1500m

200m

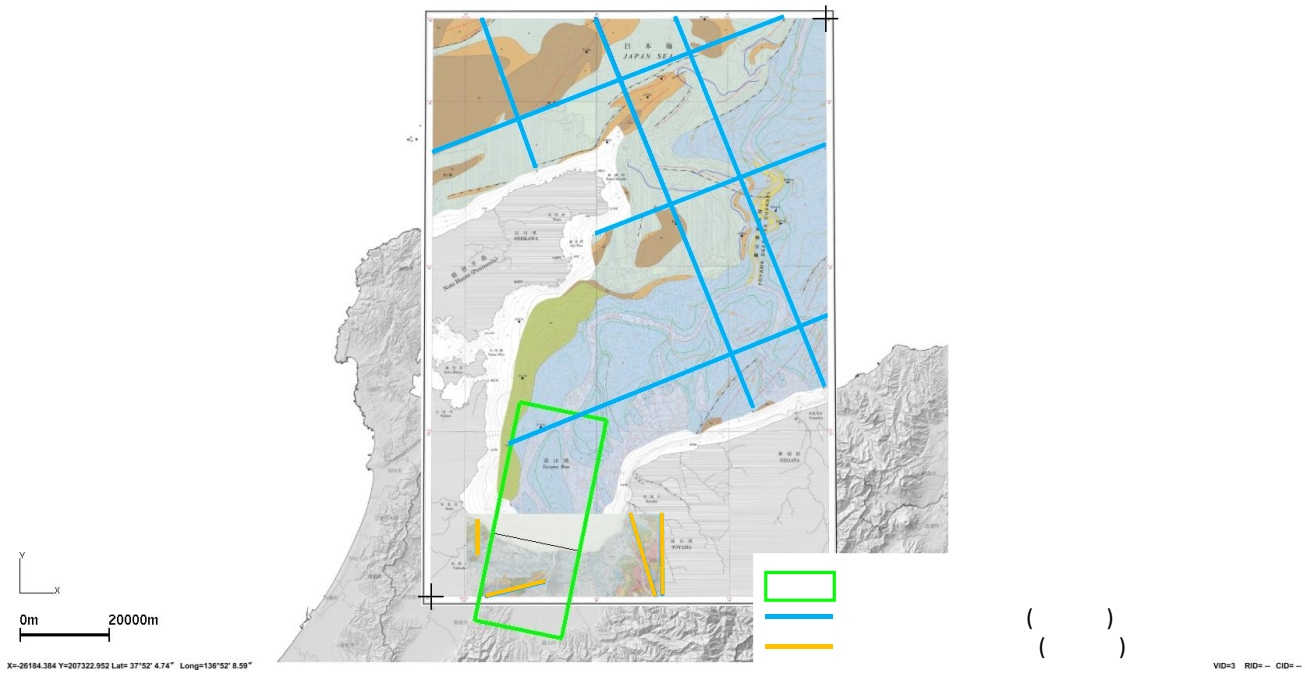
2

引用データ

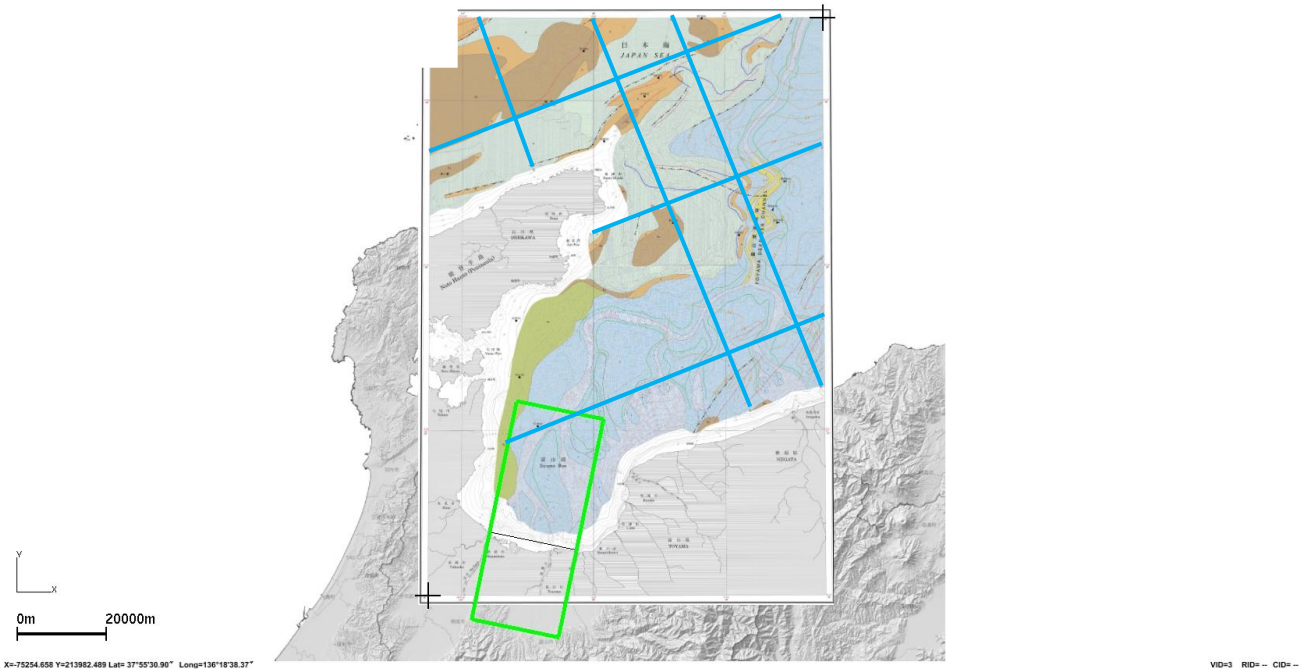
1 -50 1 -250

1 -253 1 -251

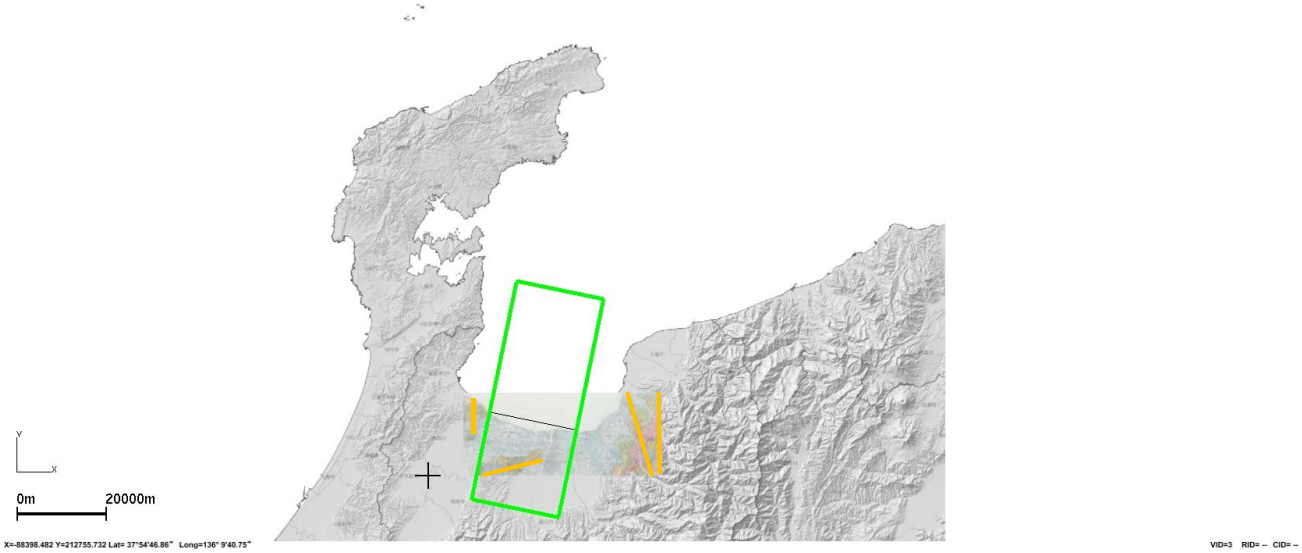
1 -50 ID21.



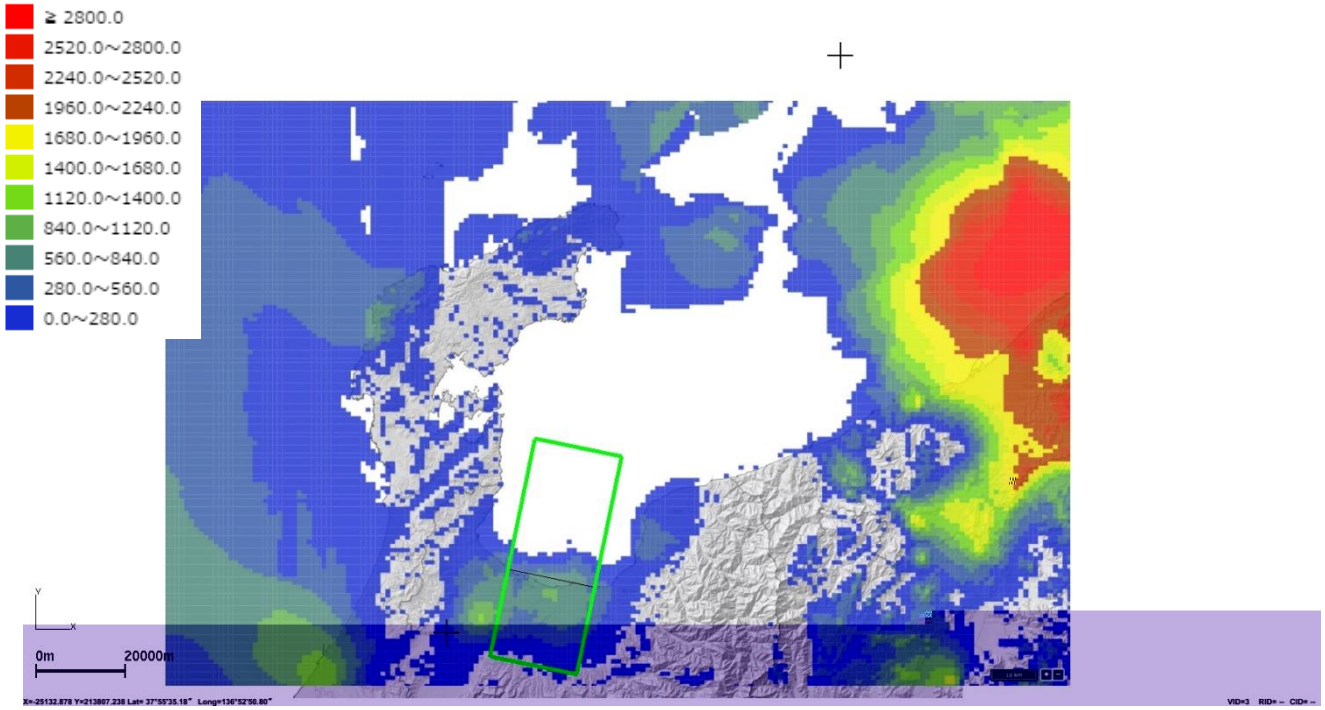
1 -250 ID21.



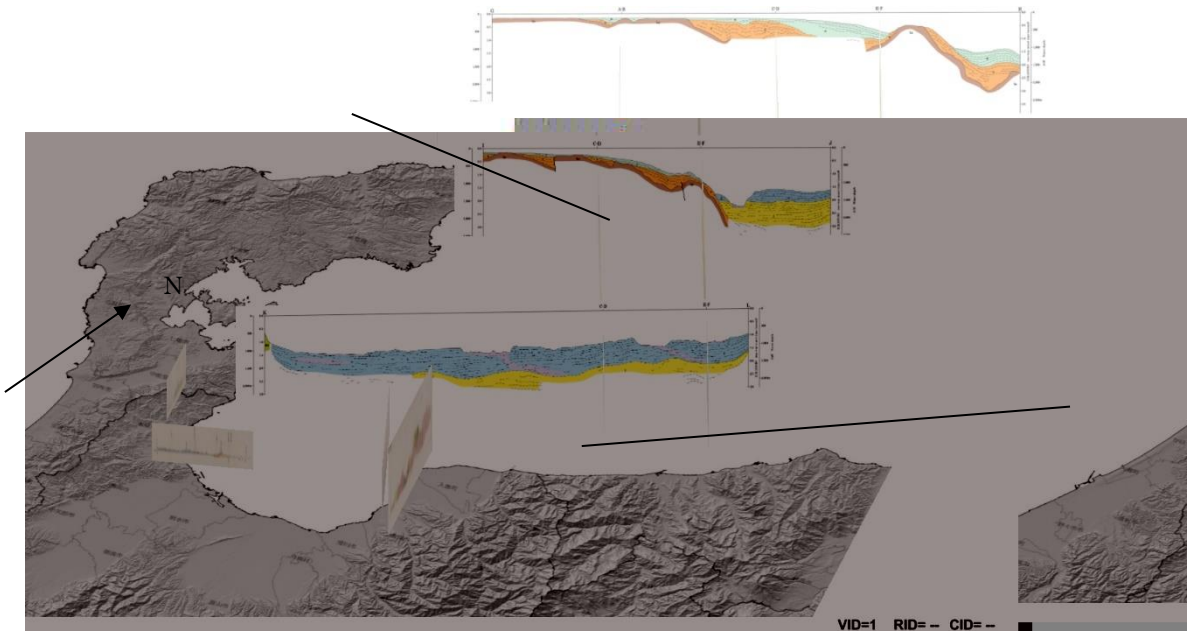
1 -251 ID21. ( )



1 -252 ID21. ( )



1 -253 ID21. ( )



1 -254 ID21.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

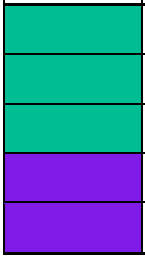
AI 学習・予測

AI　　1 -255　　3　　1 -256

1 -260　　1 -51　　1 -52

1 -261

1 -51　ID21.　　AI　　1



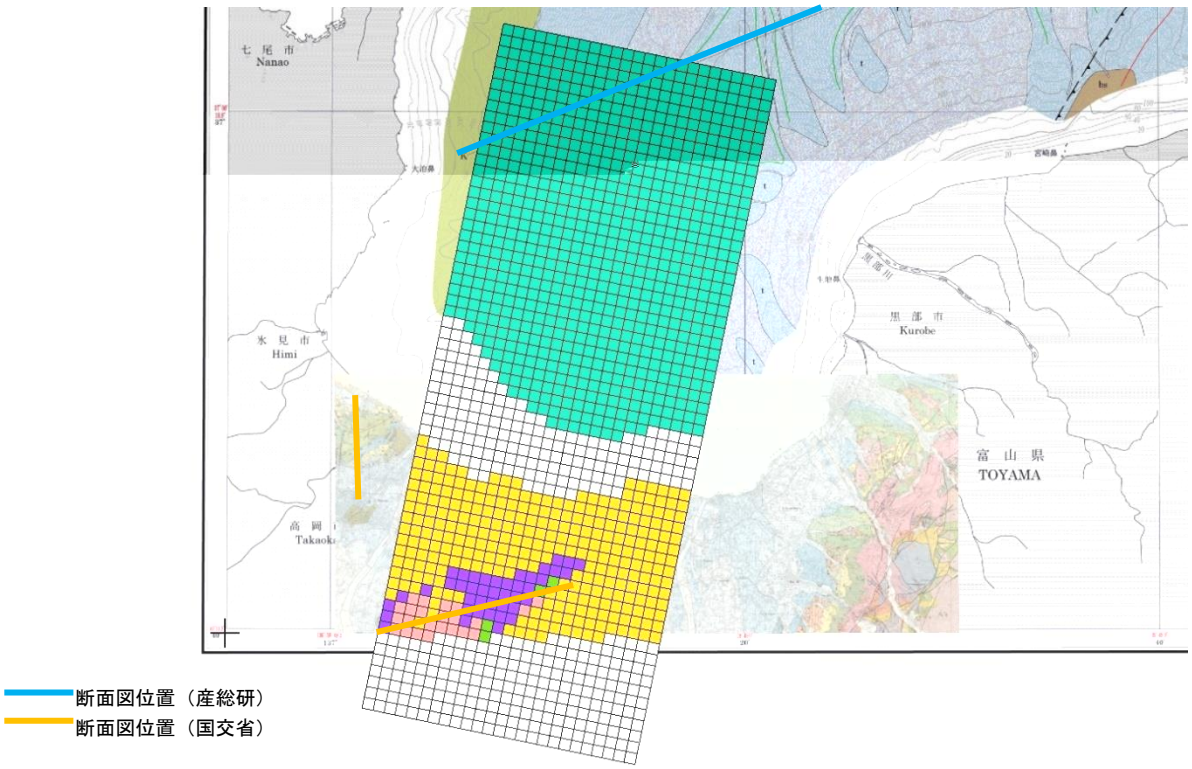
1 -52 ID21. AI 2

1 -256 1 -255 AI

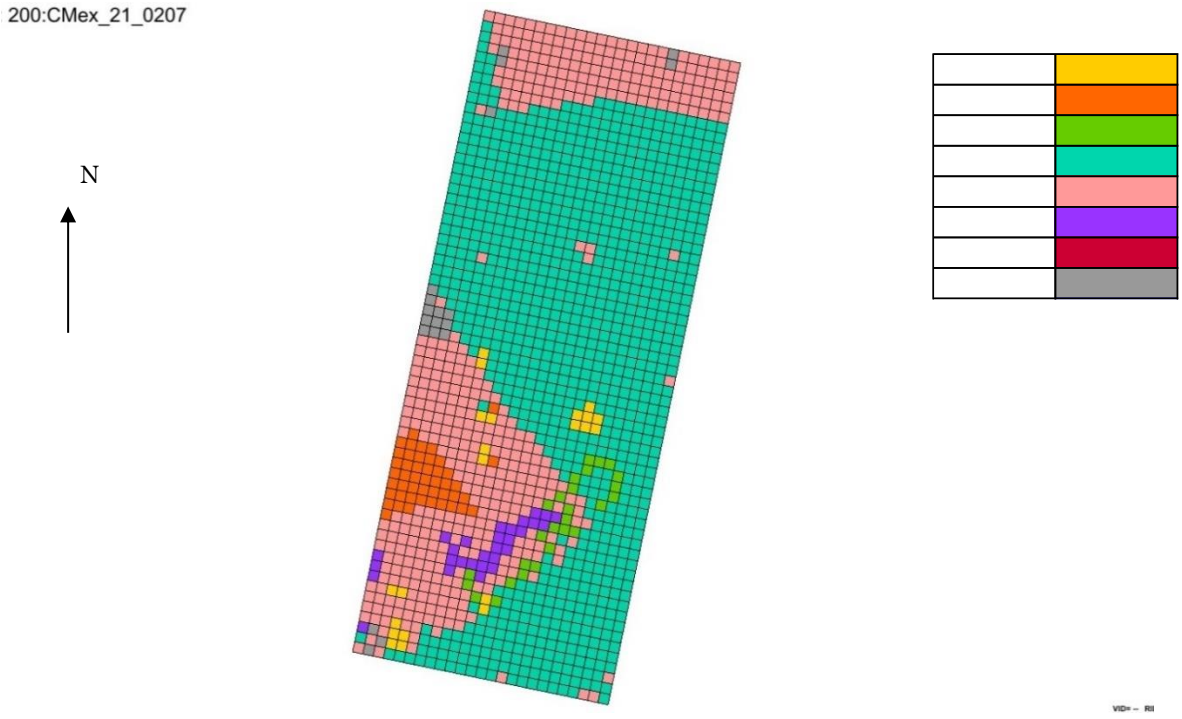
ID

1 -257 1 -258 N2

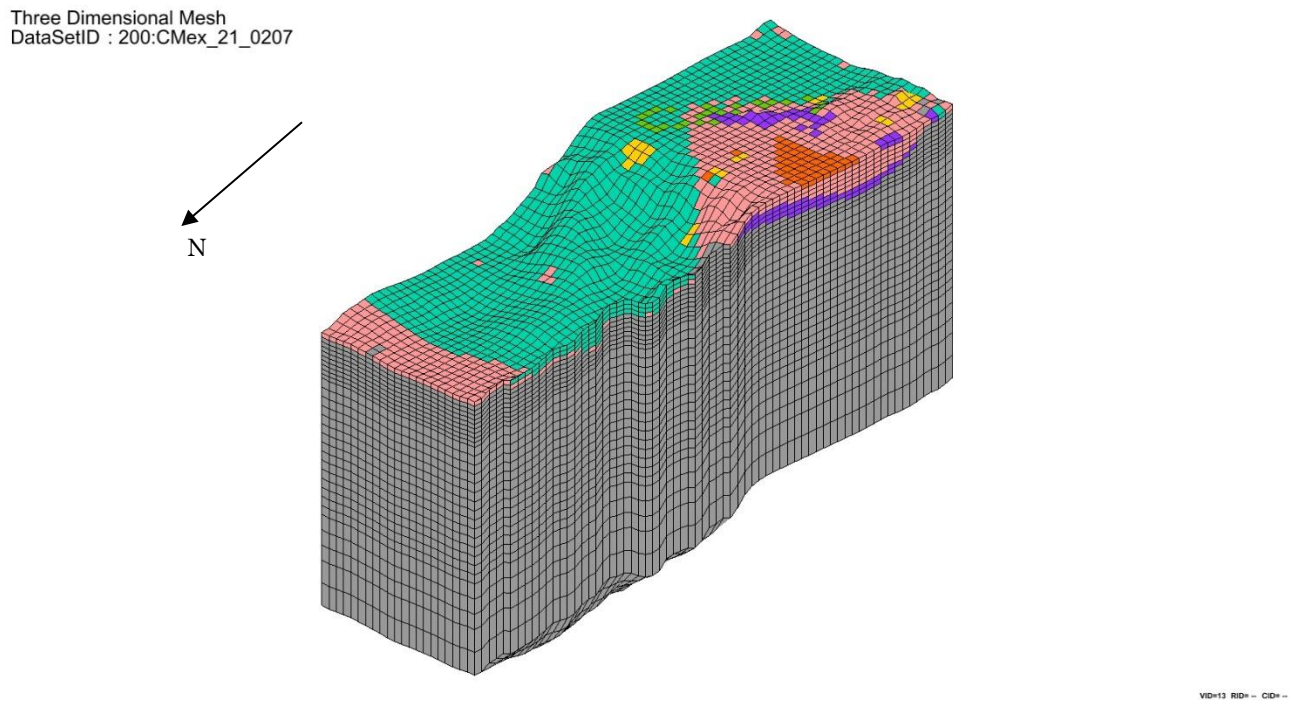
N3 1 -259 1 -260



1 -255 ID21.

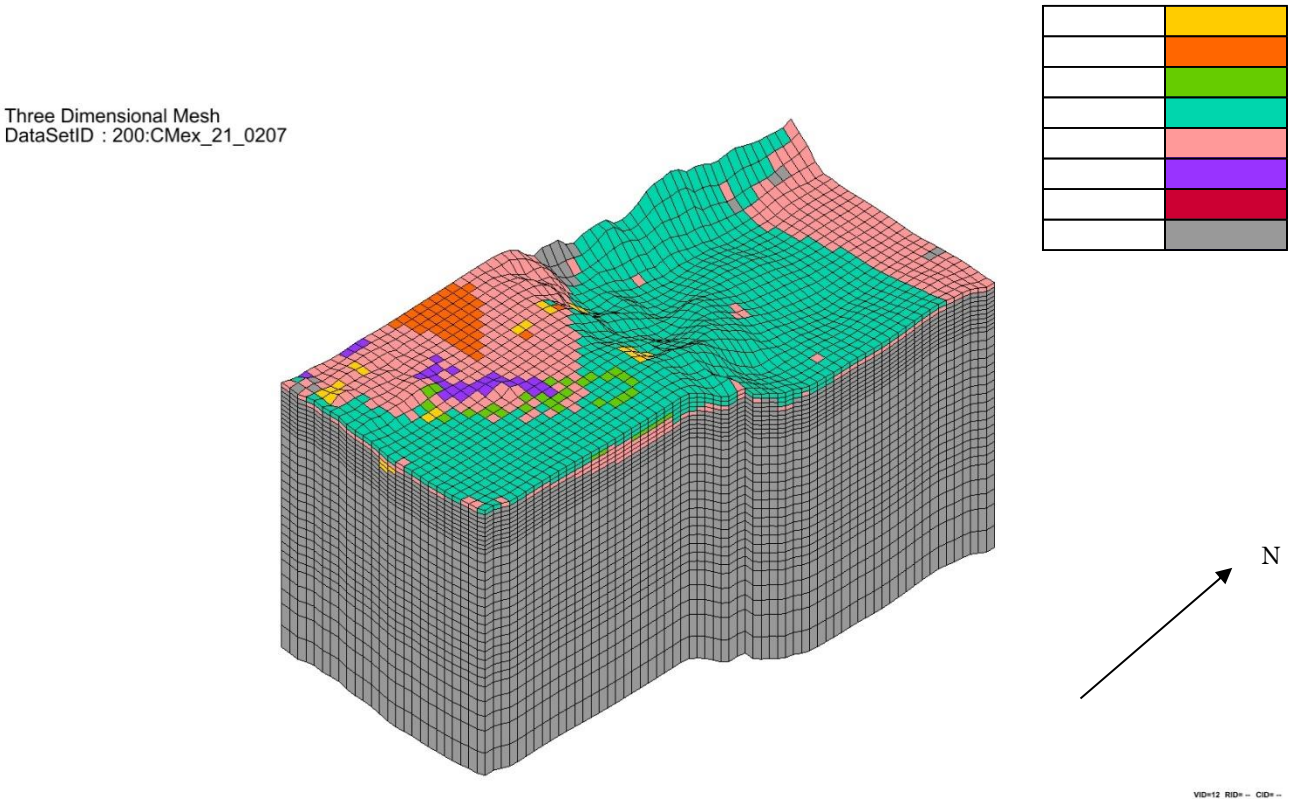


1 -256 ID21. AI



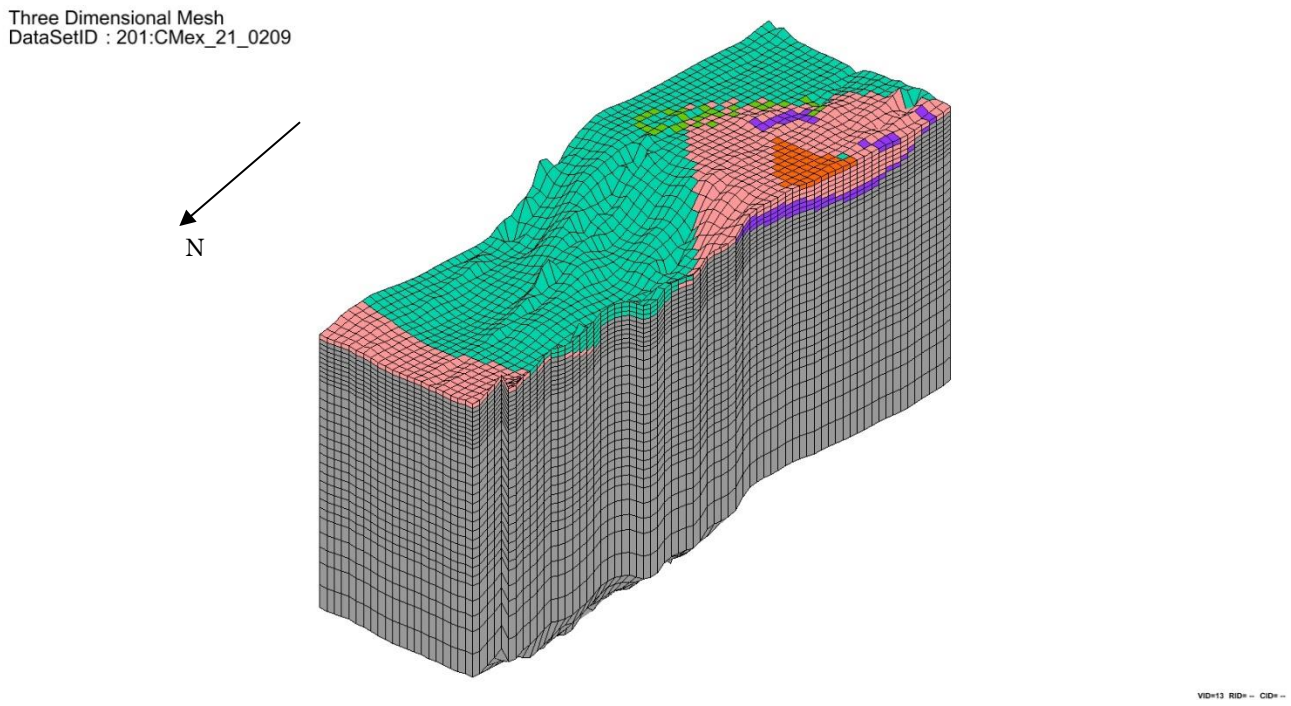
1 -257 ID21. AI

3 (1)



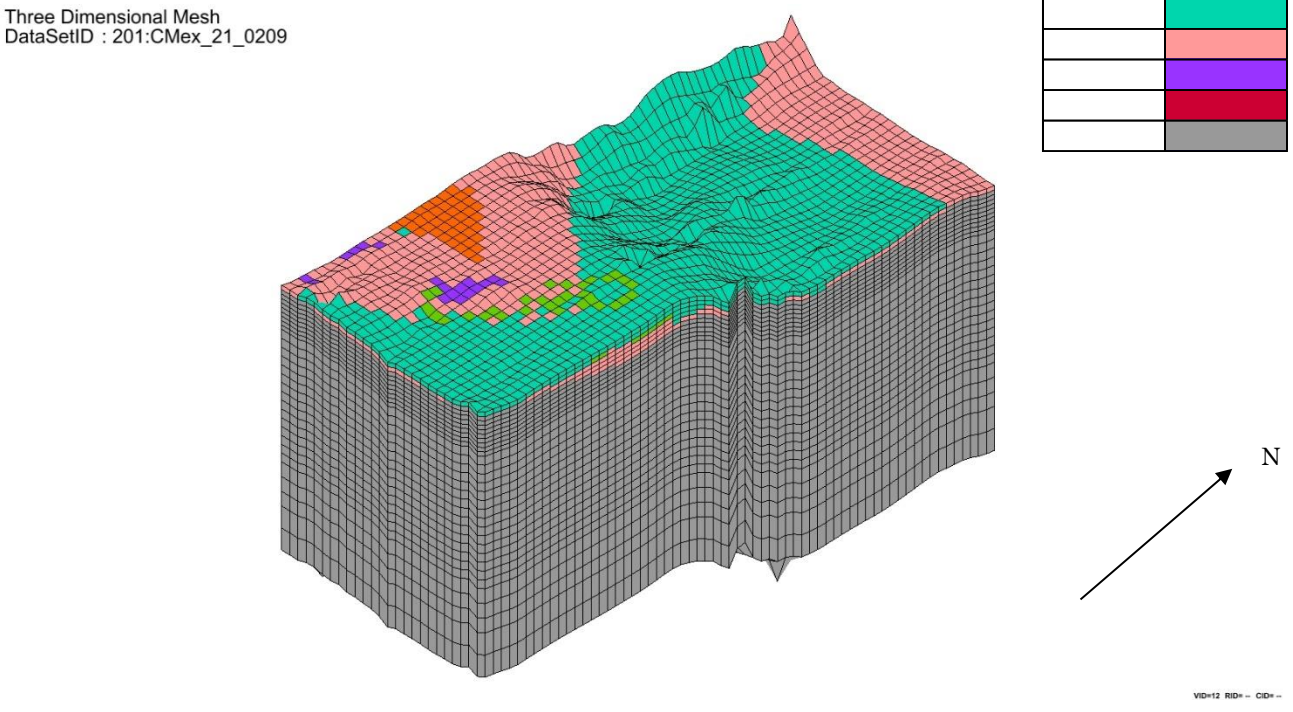
1 -258 ID21. AI

3 (2)



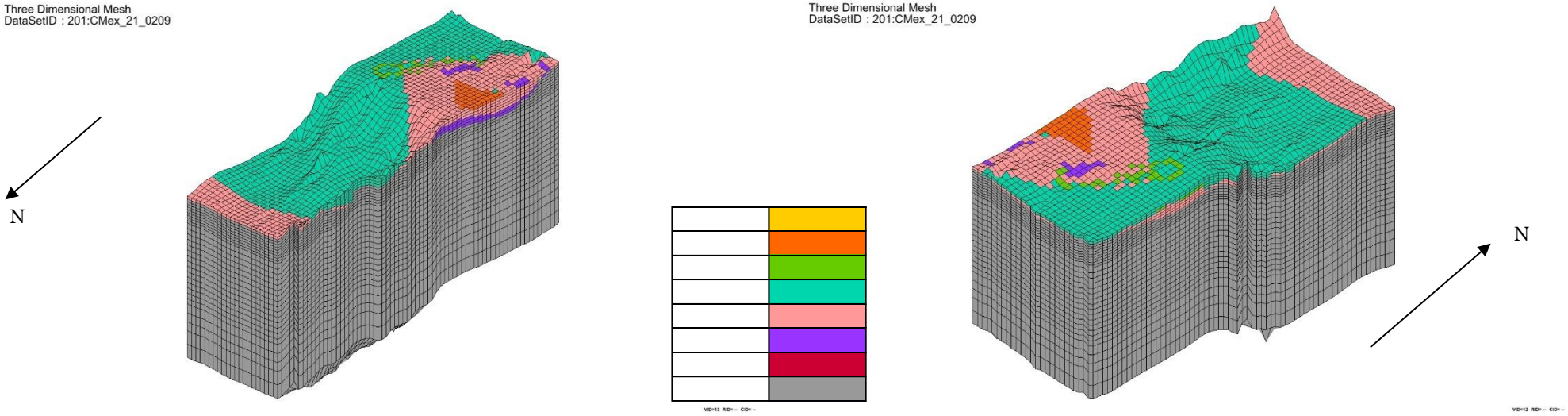
1 -259 ID21. AI

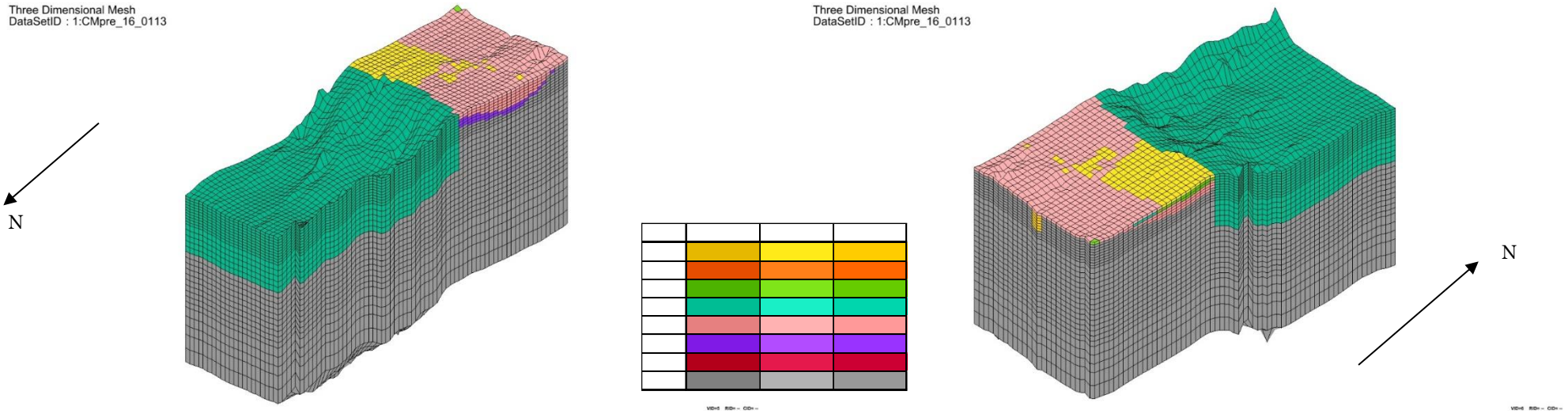
3 (1)



1 -260 ID21. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_21_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_21_0209
N

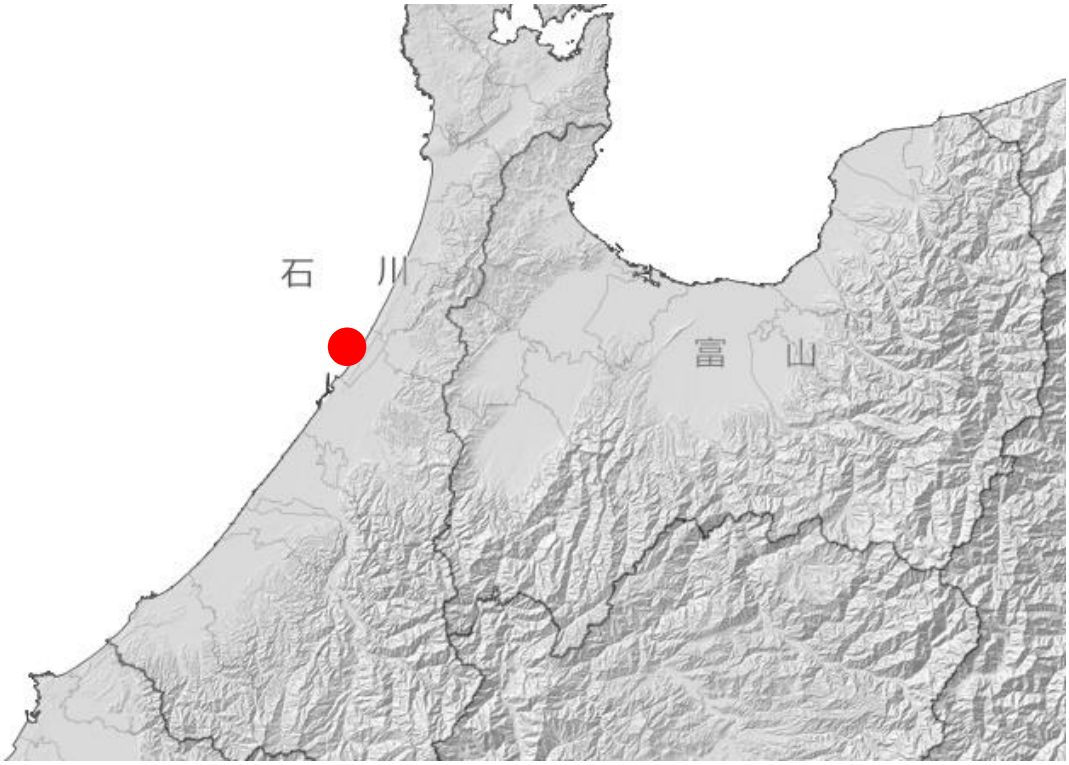

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_16_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_16_0113
N

1 -261 ID21. 3

ID.22 金沢

モデル化位置

1-262



1 -262　ID22.

地域概要

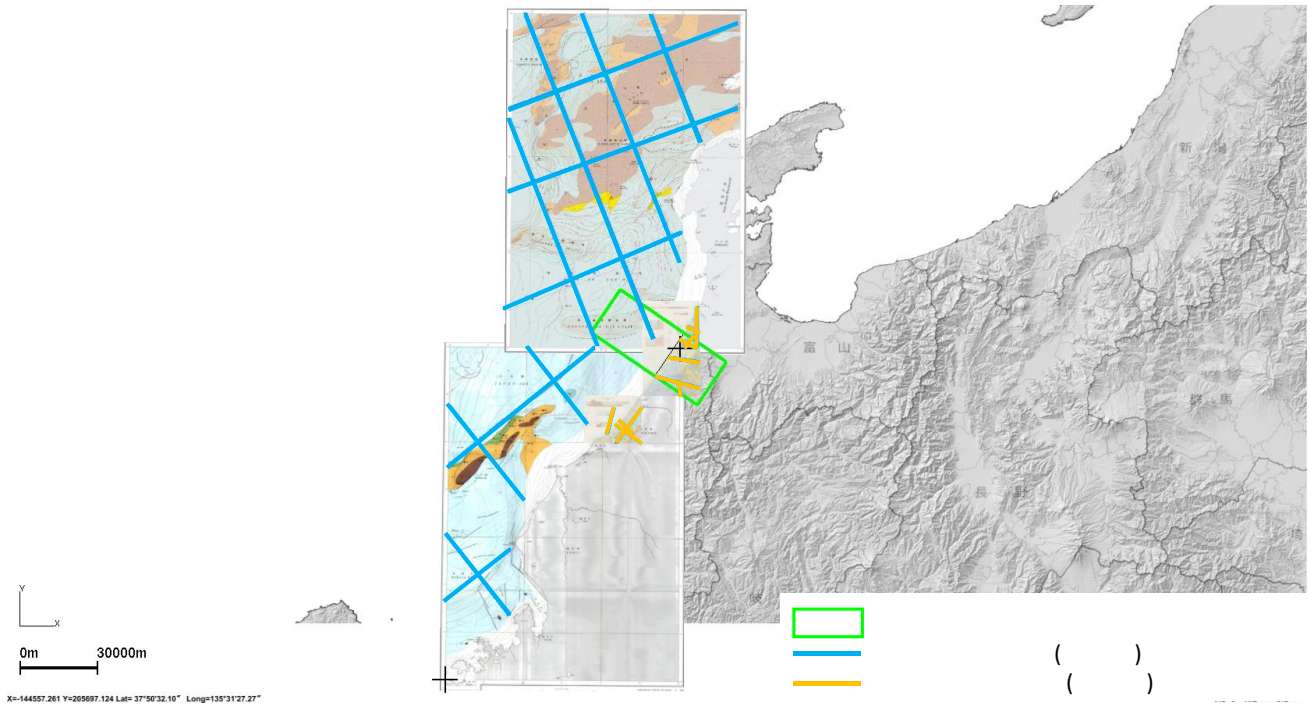
1　2km

引用データ

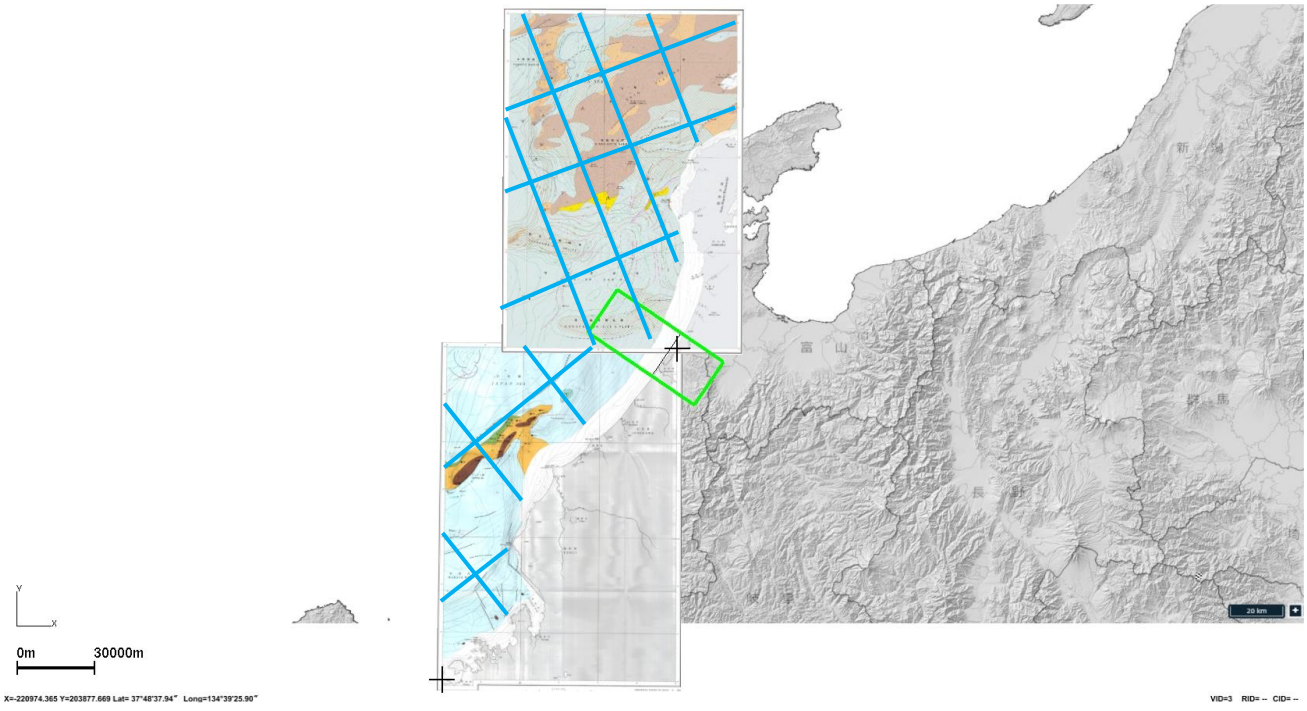
1 -53　　1 -263

1 -266　　1 -267

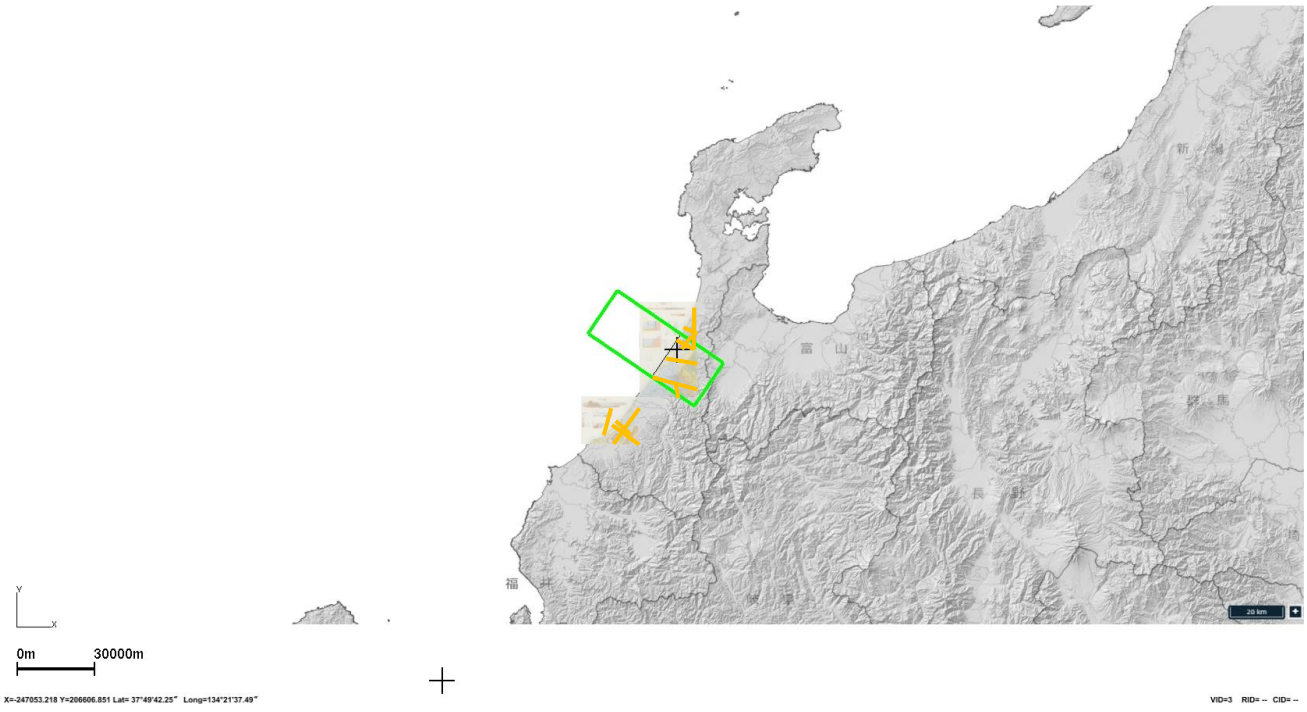
1 -53　ID22.



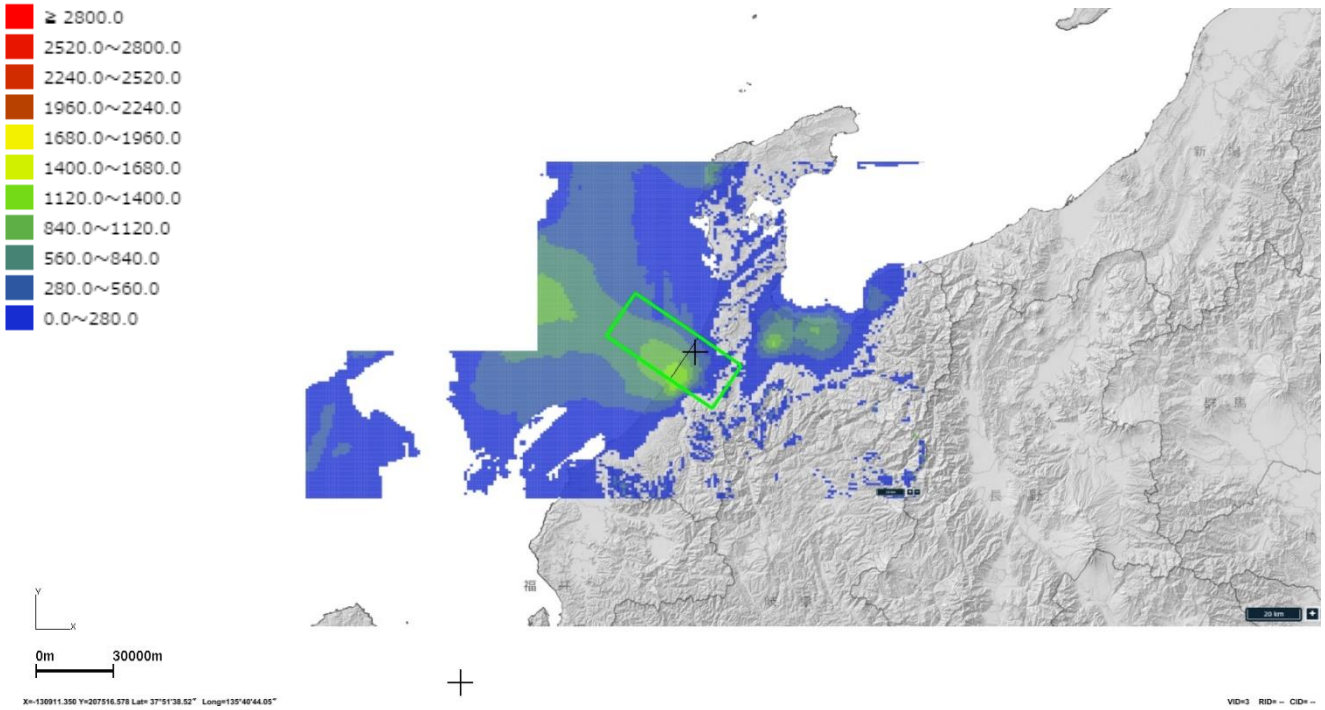
1 -263　ID22.



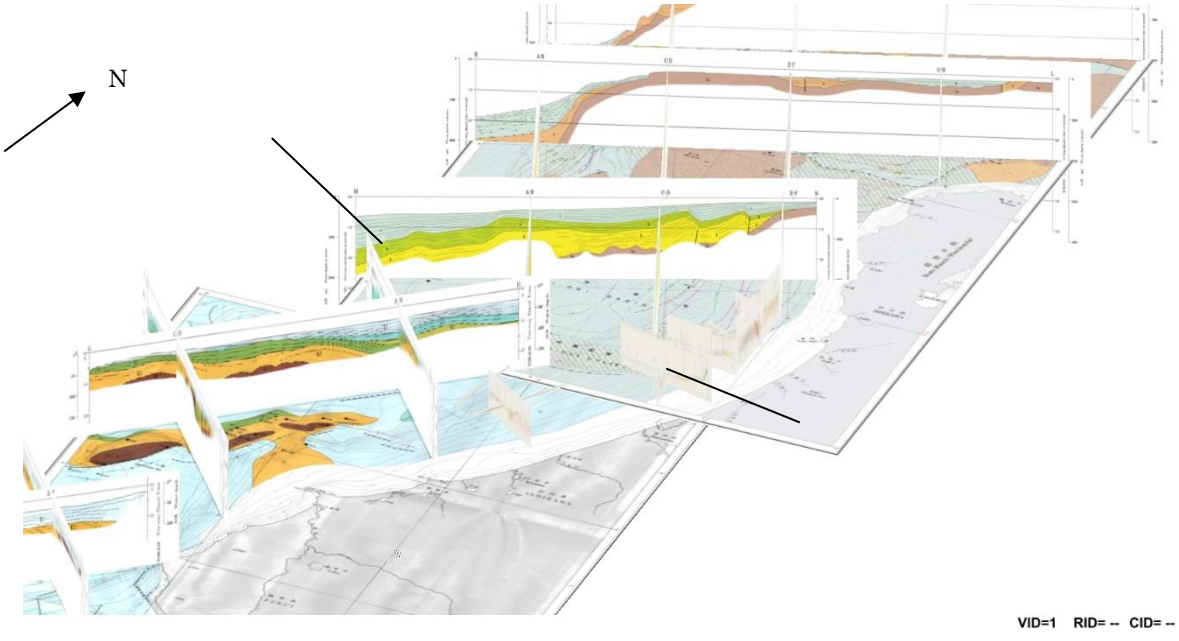
1 -264 ID22. ( )



1 -265 ID22. ( )



1 -266 ID22. ( )



1 -267 ID22.

解析モデル作成方針

20km 20km

30km

AI 学習・予測

AI 1 -268 3 1 -269

1 -273 1 -54 1 -55

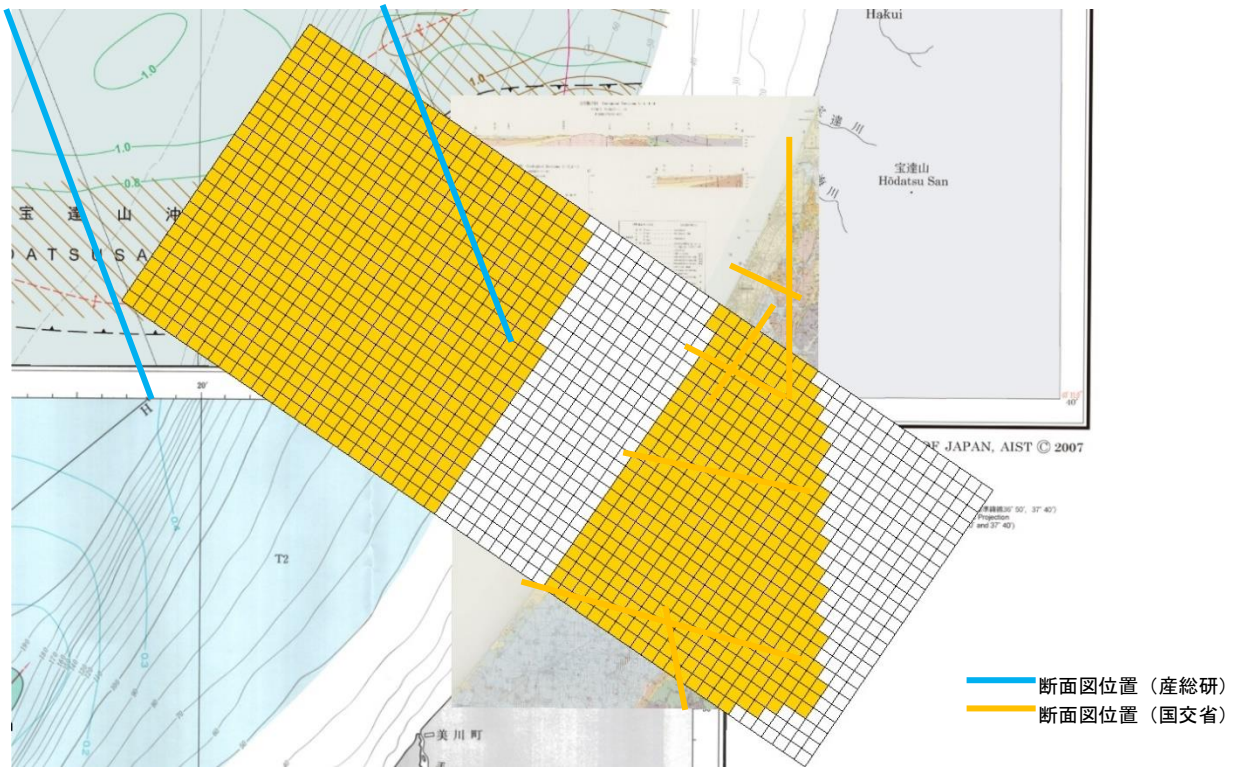
1 -271

1 -54 ID22. AI 1

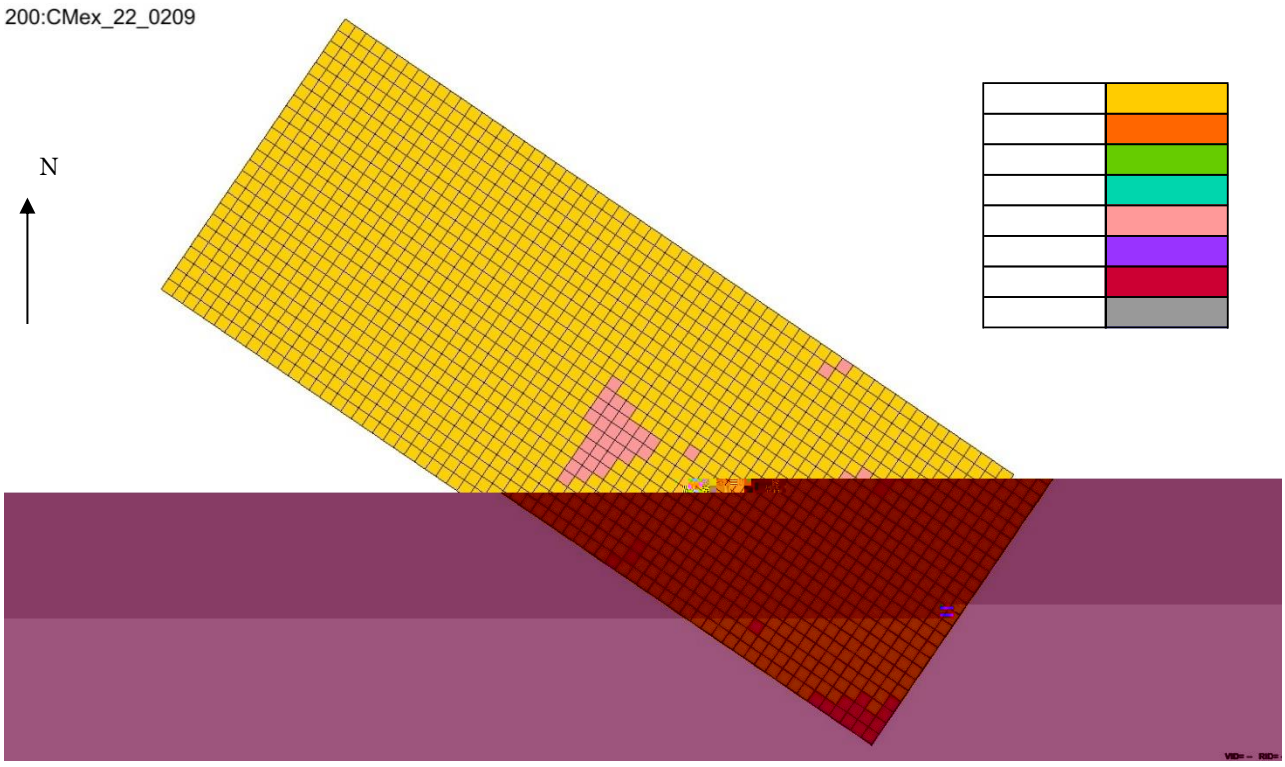
1 -55 ID22. AI 2

1 -270　　1 -271　　k　bs

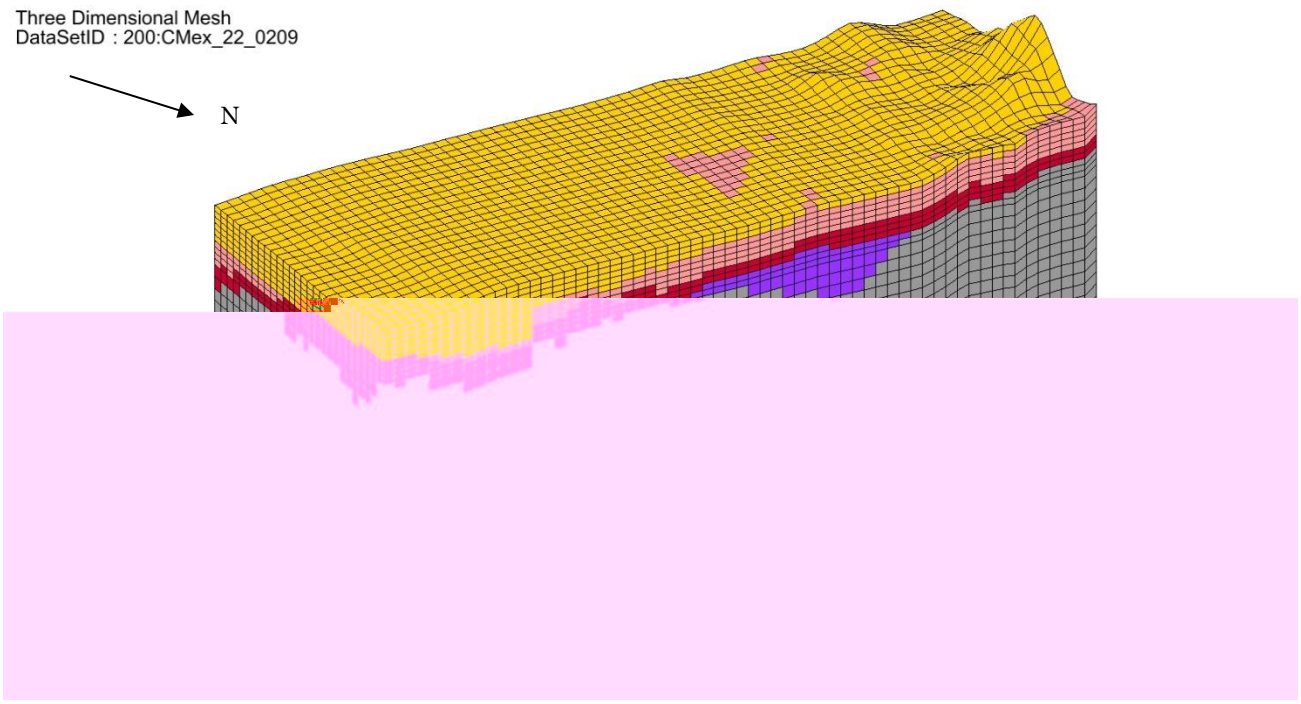
N2　　1 -272　　1 -273



1 -268　　ID22.

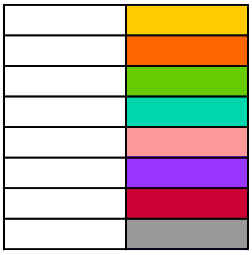


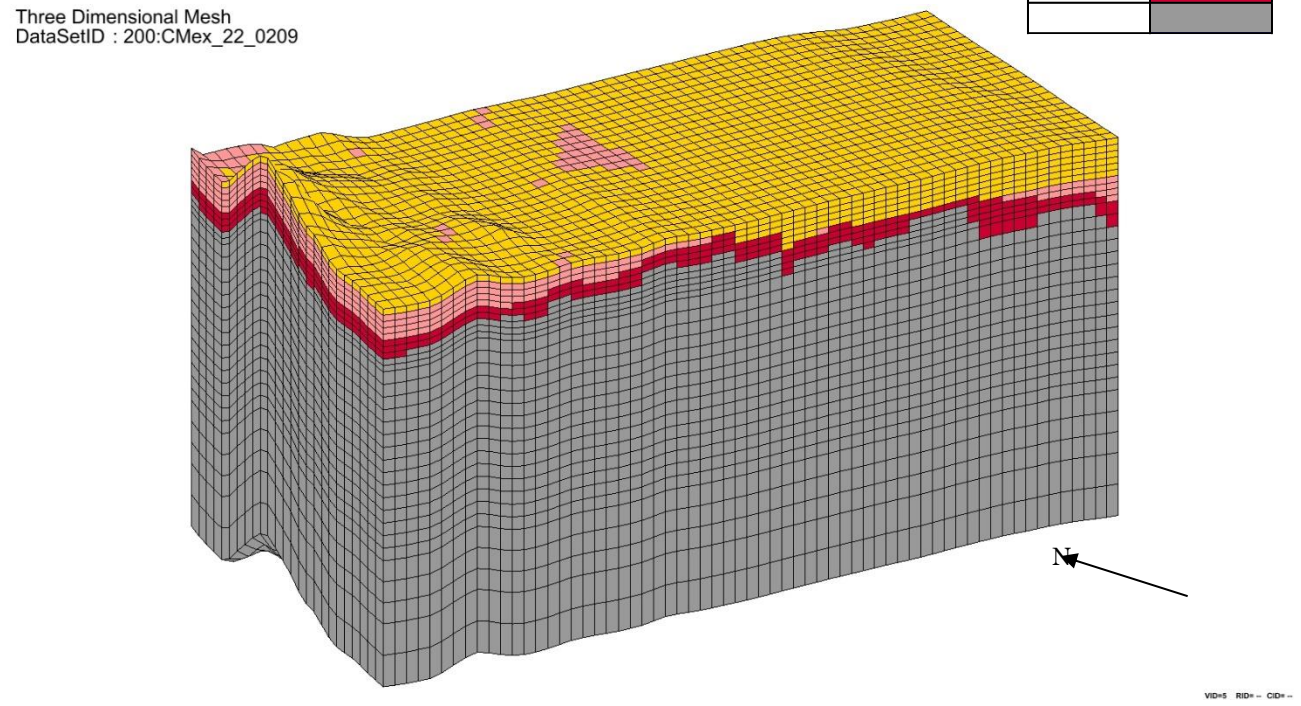
1 -269　　ID22.　　AI



1 -270 ID22. AI

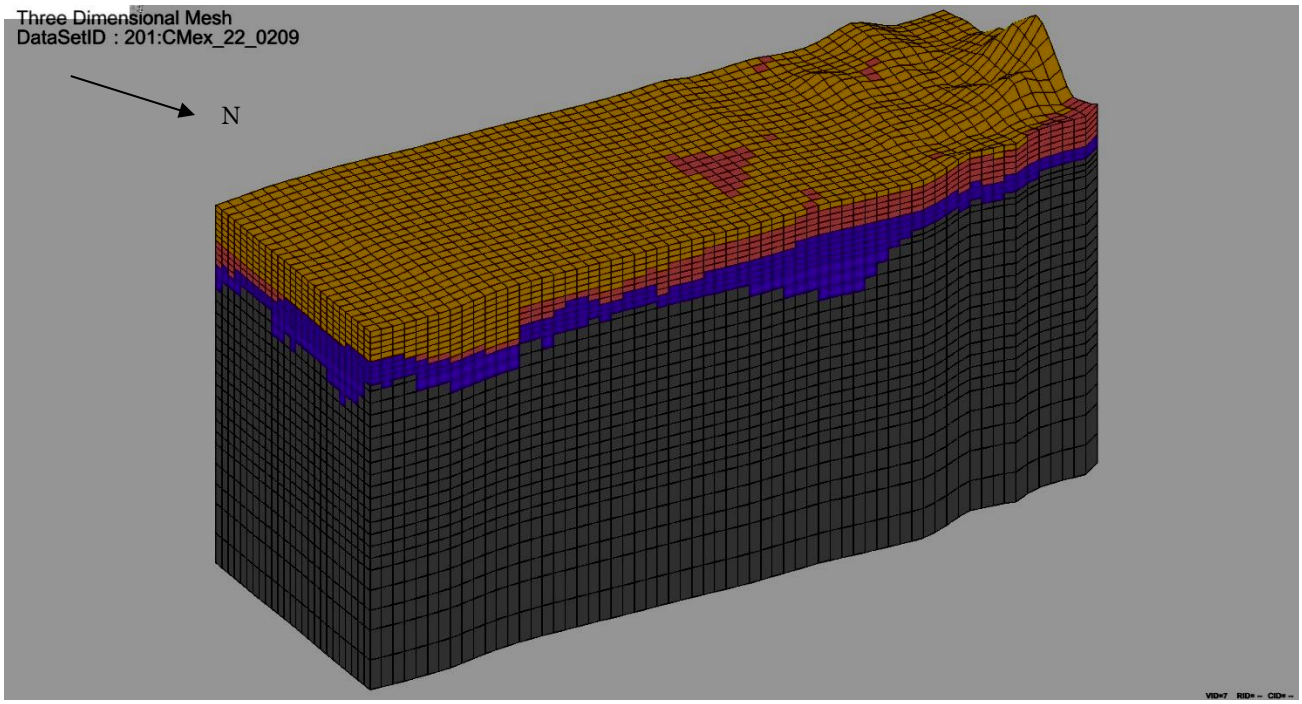
3 (1)





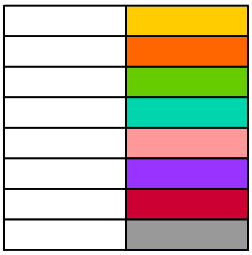
1 -271 ID22. AI

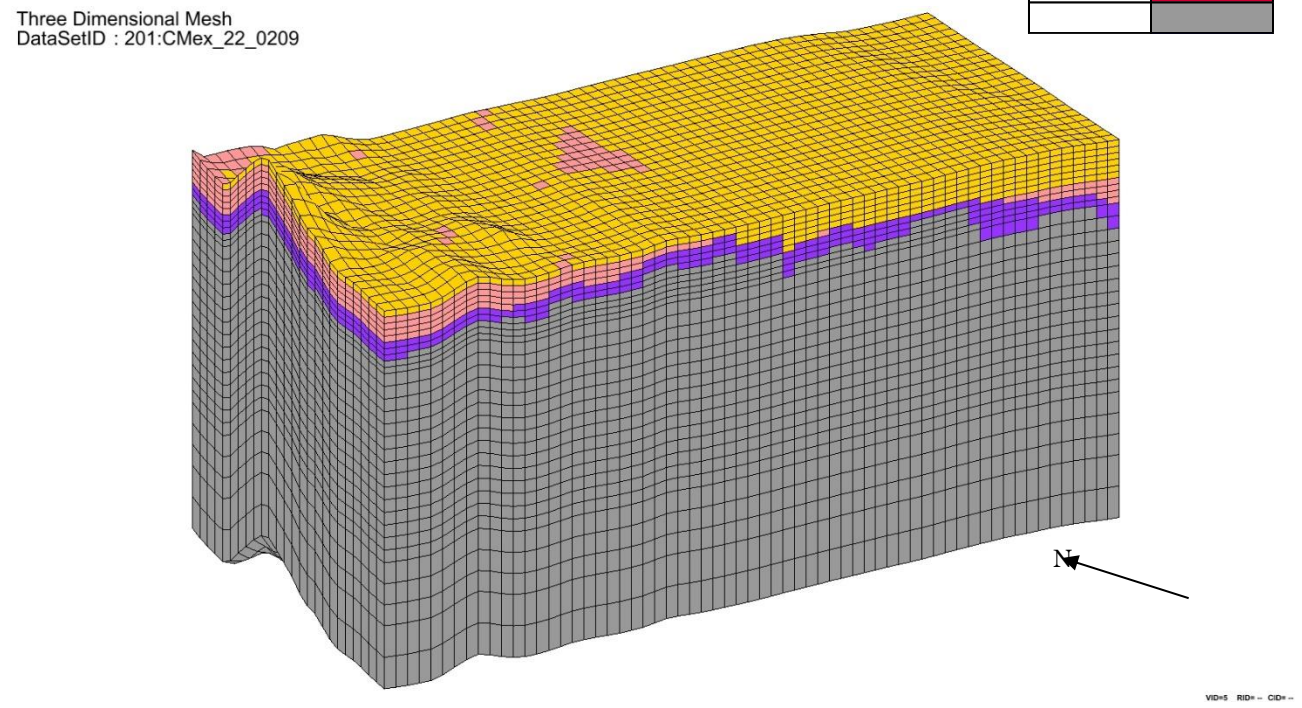
3 (2)



1 -272 ID22. AI

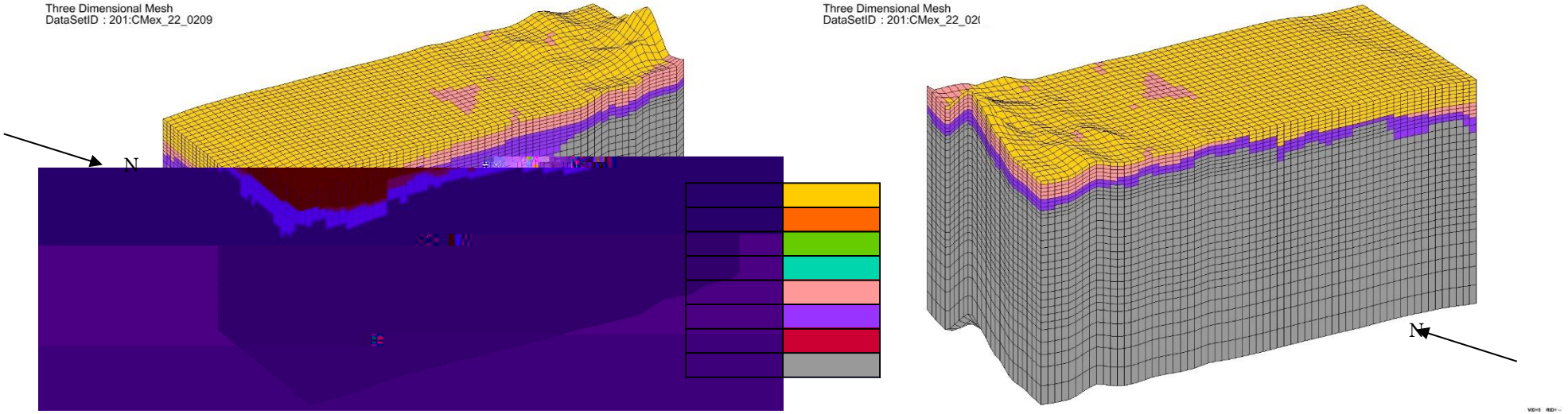
3 (1)

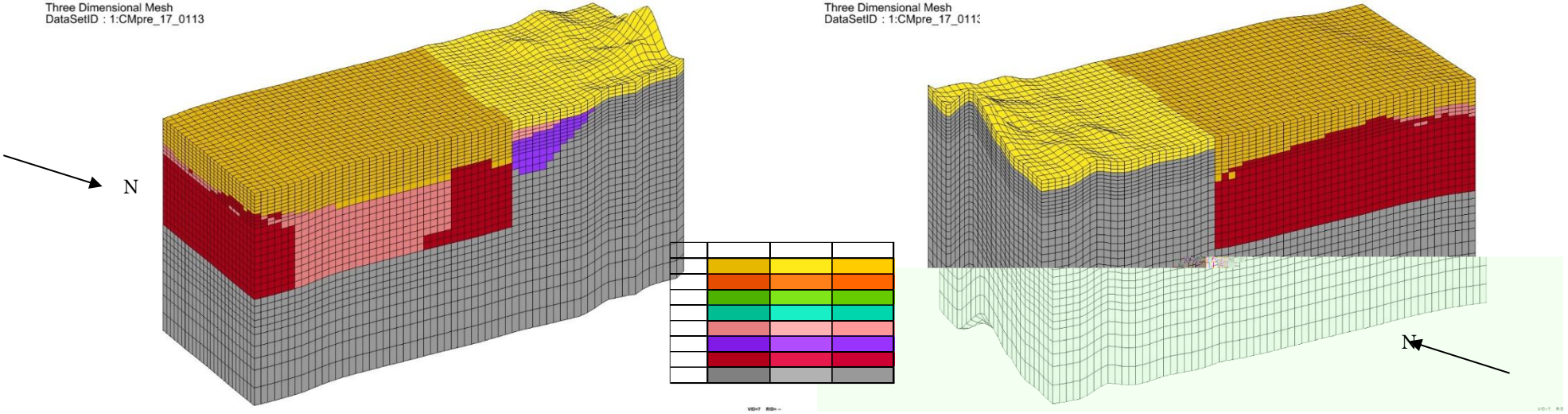




1 -273 ID22. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_22_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_22_02(
N

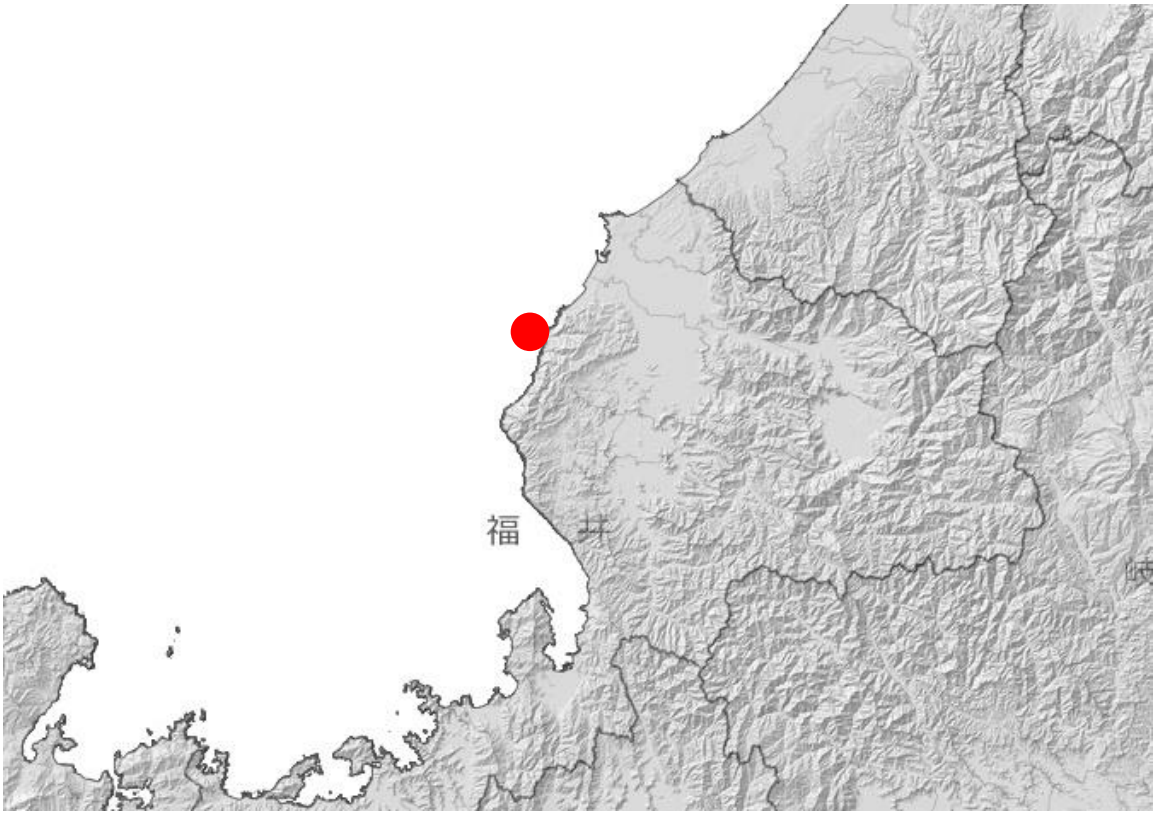

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_17_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_17_011
N

1 -274 ID22. 3

ID.23 福井

モデル化位置

1 -275



1 -275 ID23.

地域概要

1500m

2000m

-

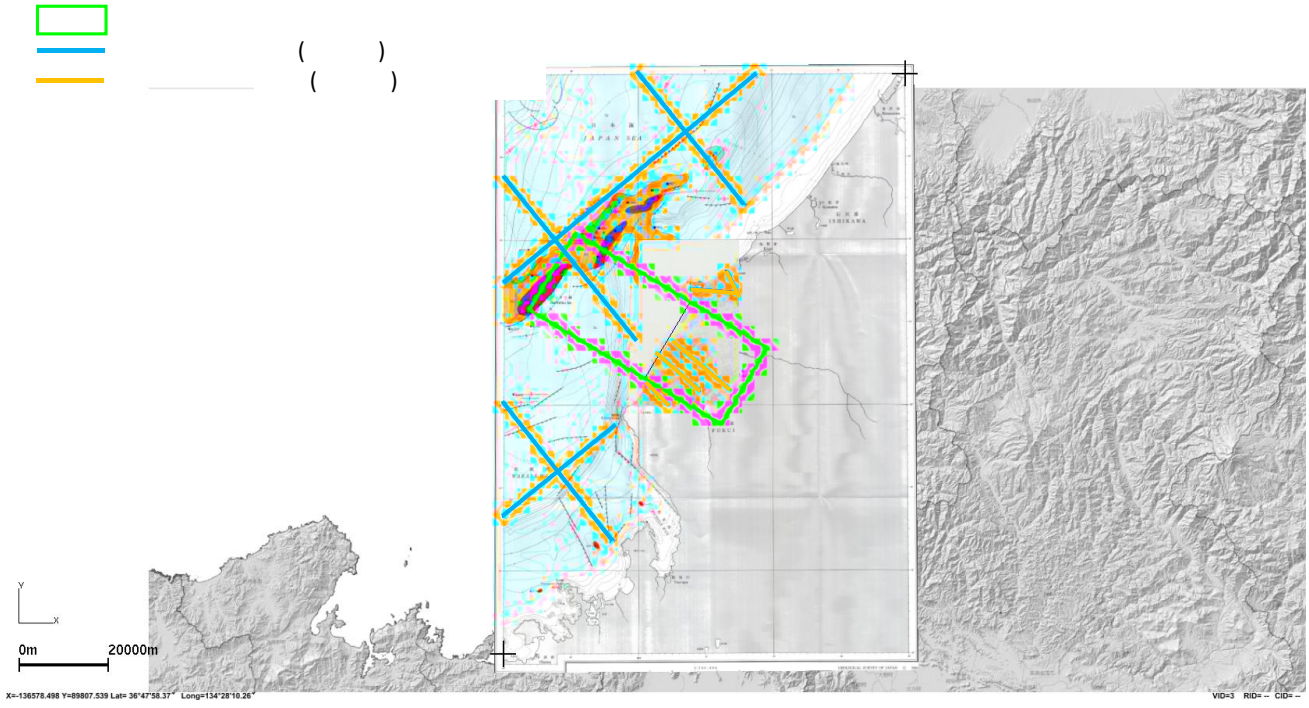
1100m 1200m

引用データ

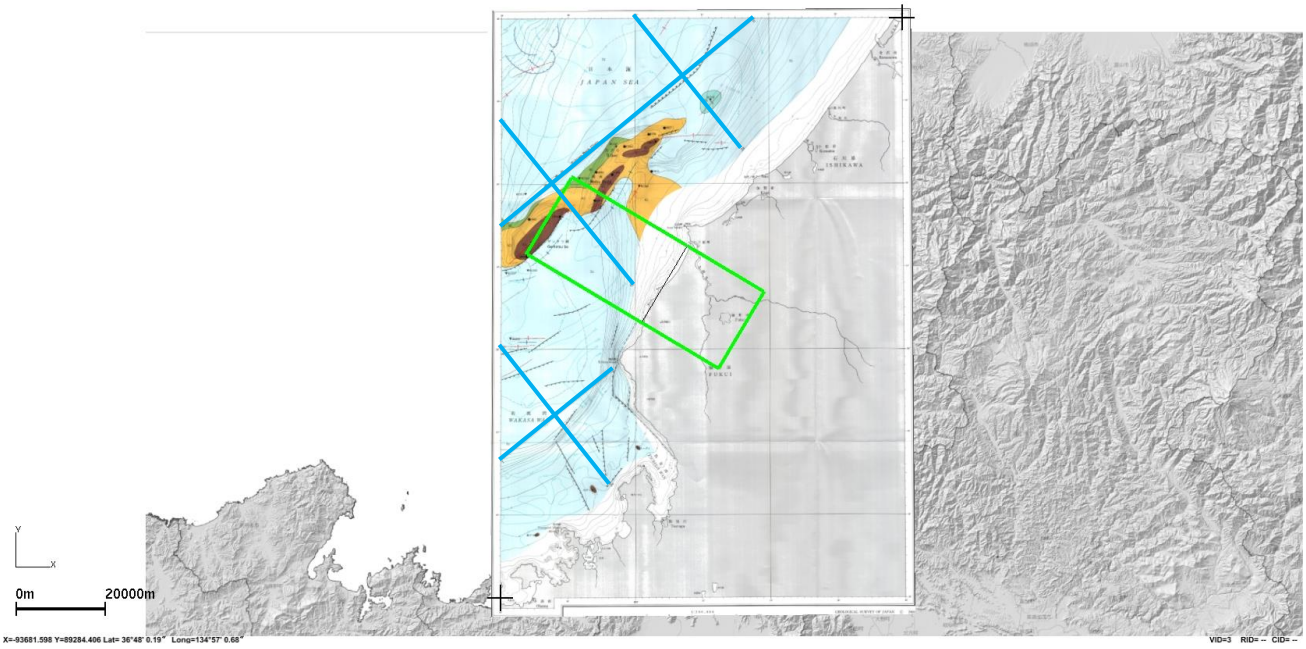
1 -56 1 -276

1 -279 1 -280

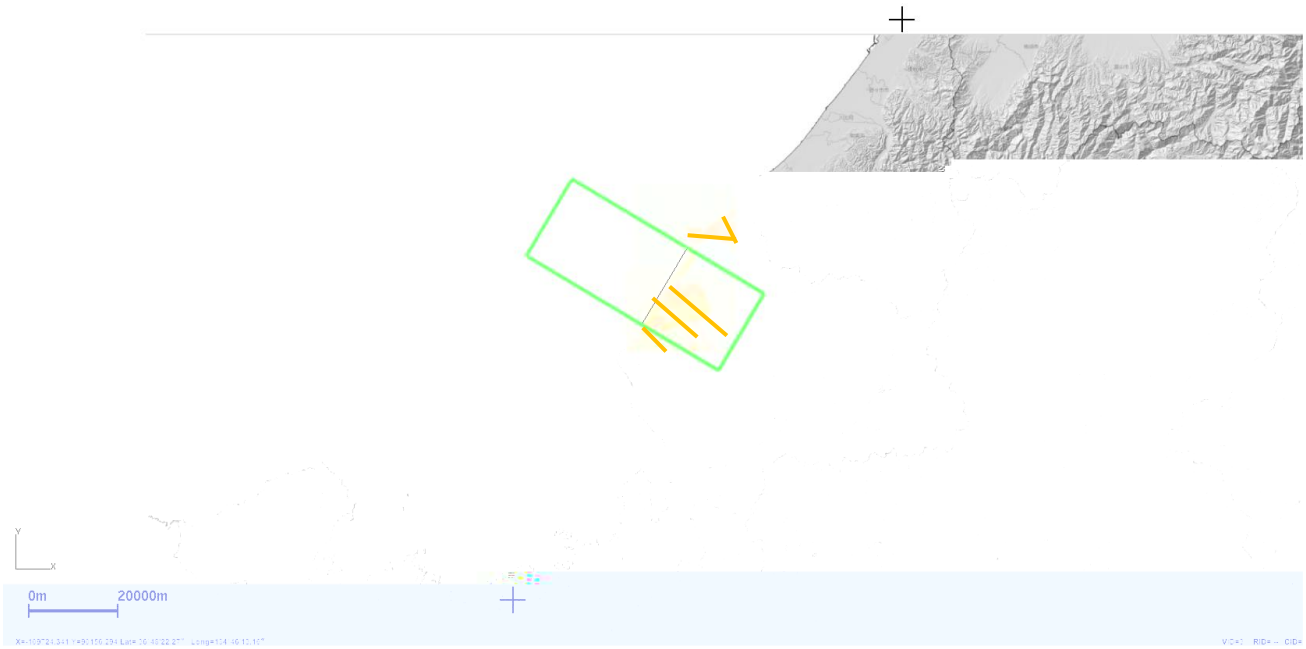
1 -56 ID23.



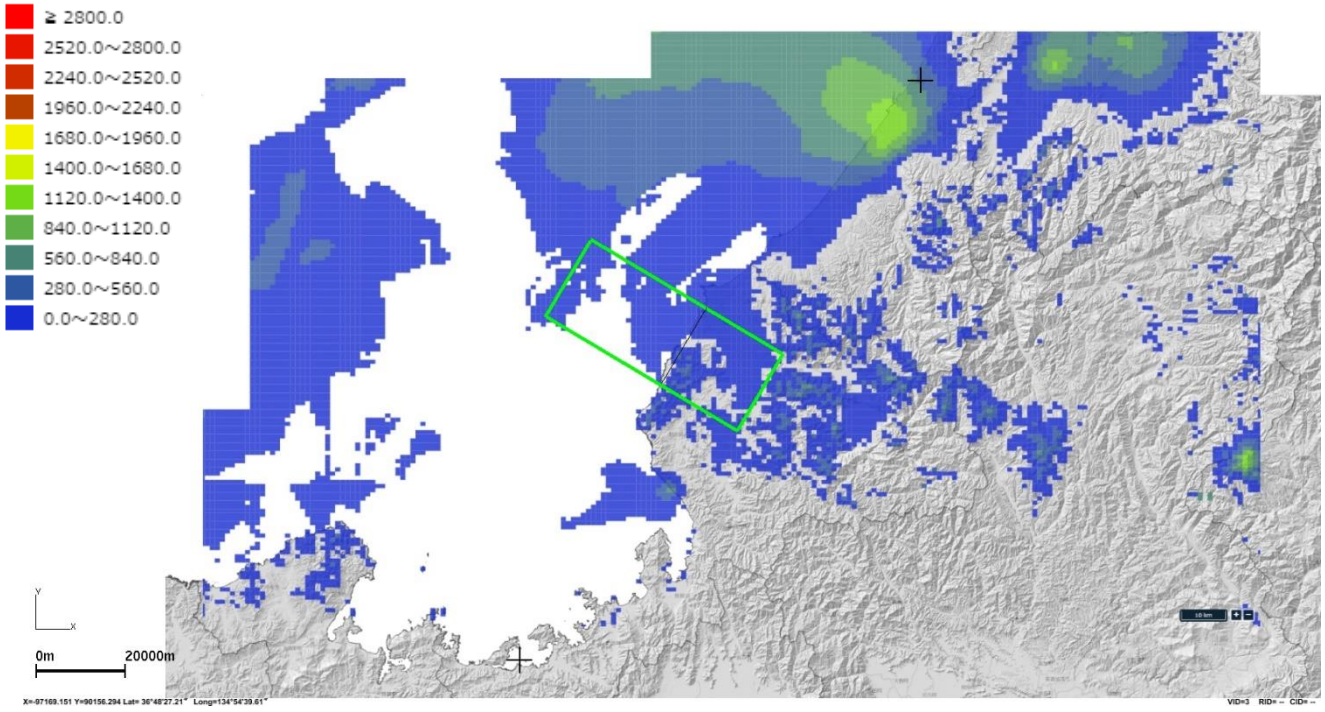
1 -276 ID23.



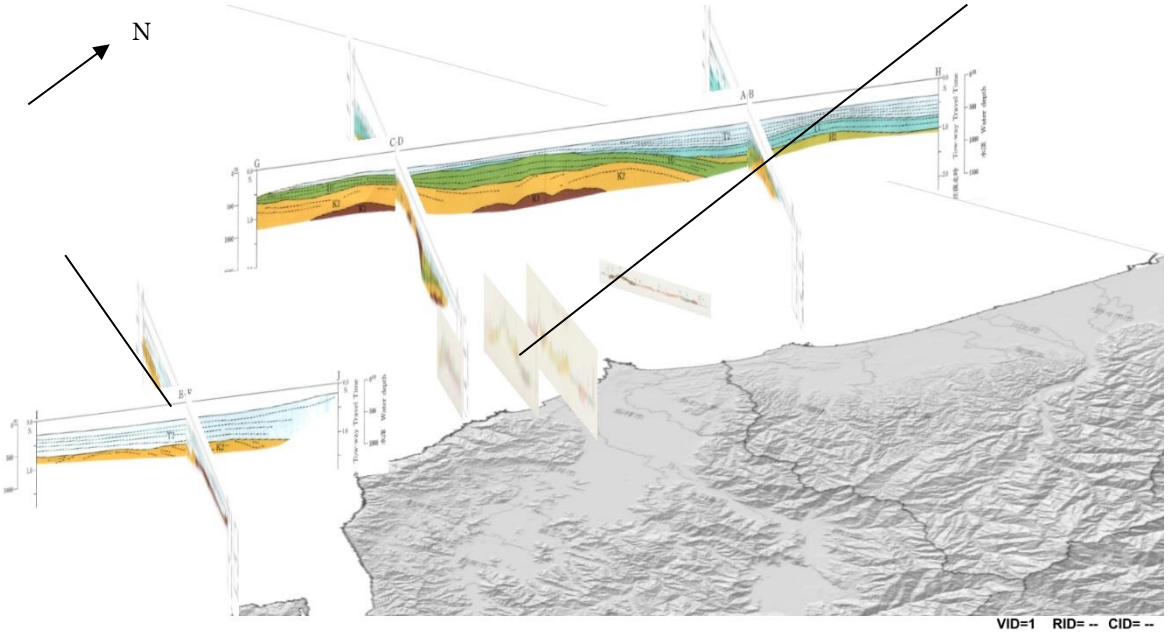
1 -277 ID23. ( )



1 -278 ID23. ( )



1 -279 ID23. ( )



1 -280 ID23.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -281　　3　　1 -282

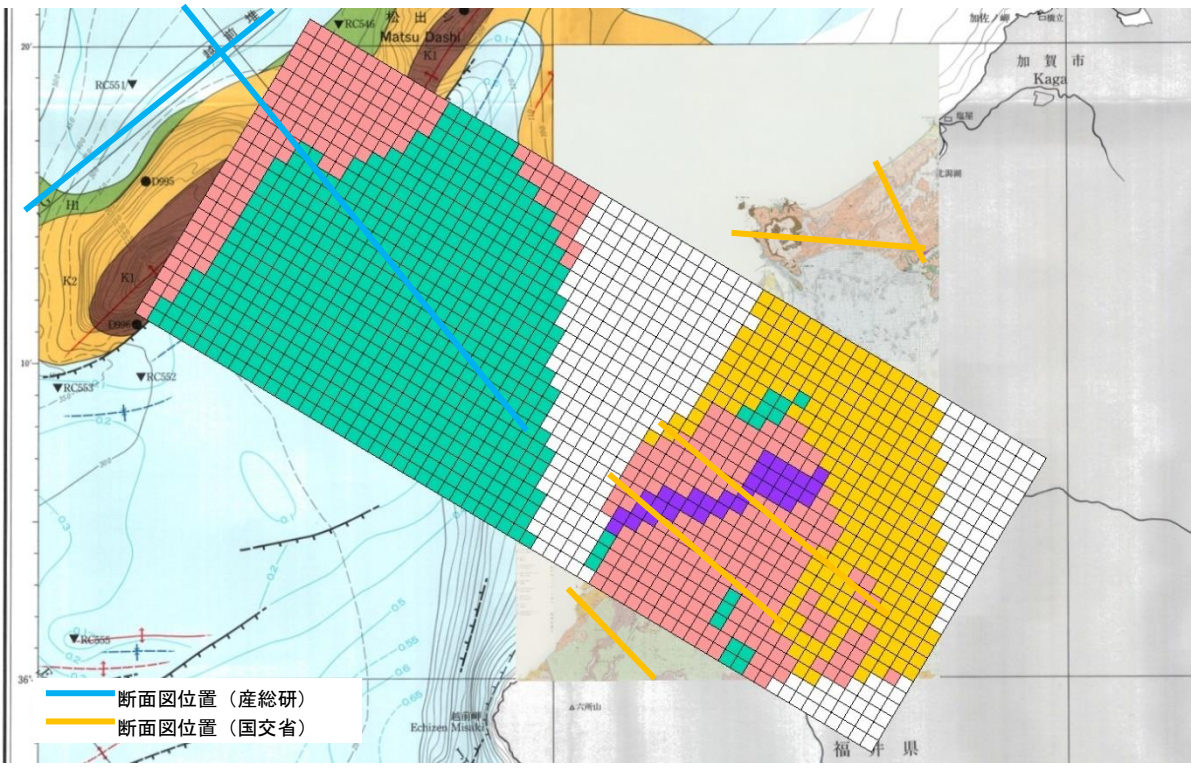
1 -284　　1 -57

1 -285

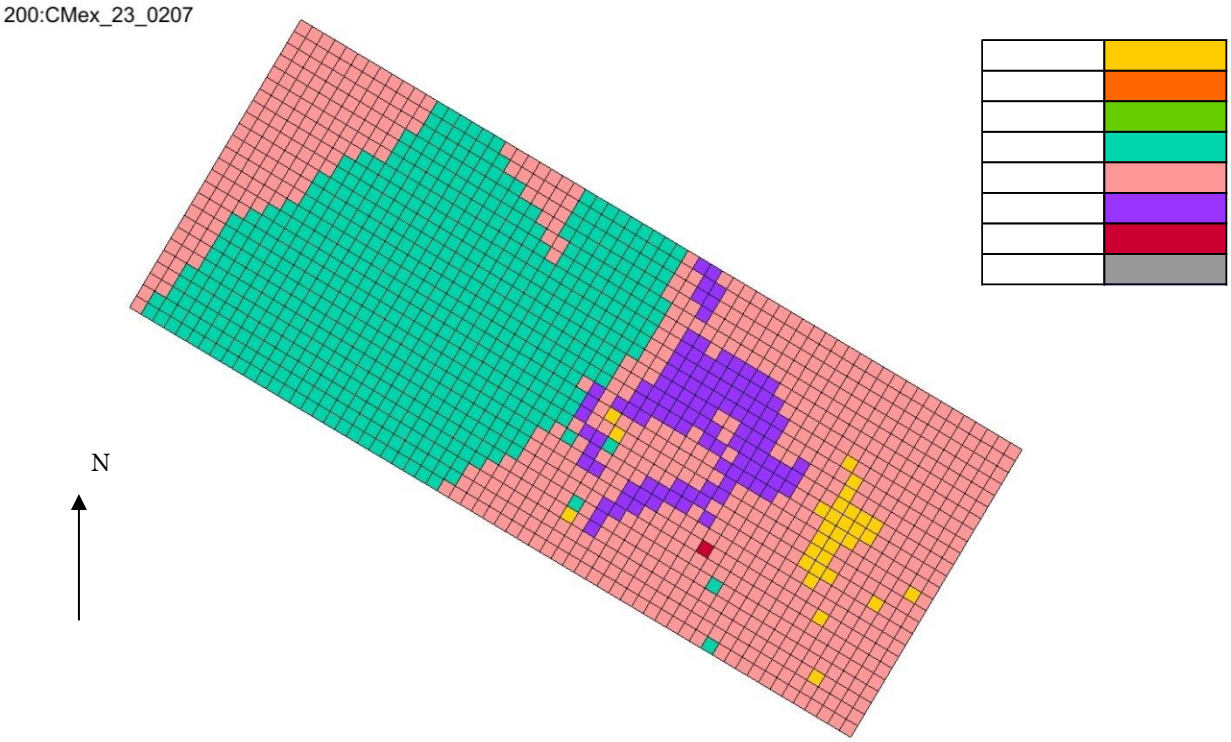
1 -57 ID23. AI

1 -282　　1 -281　　AI

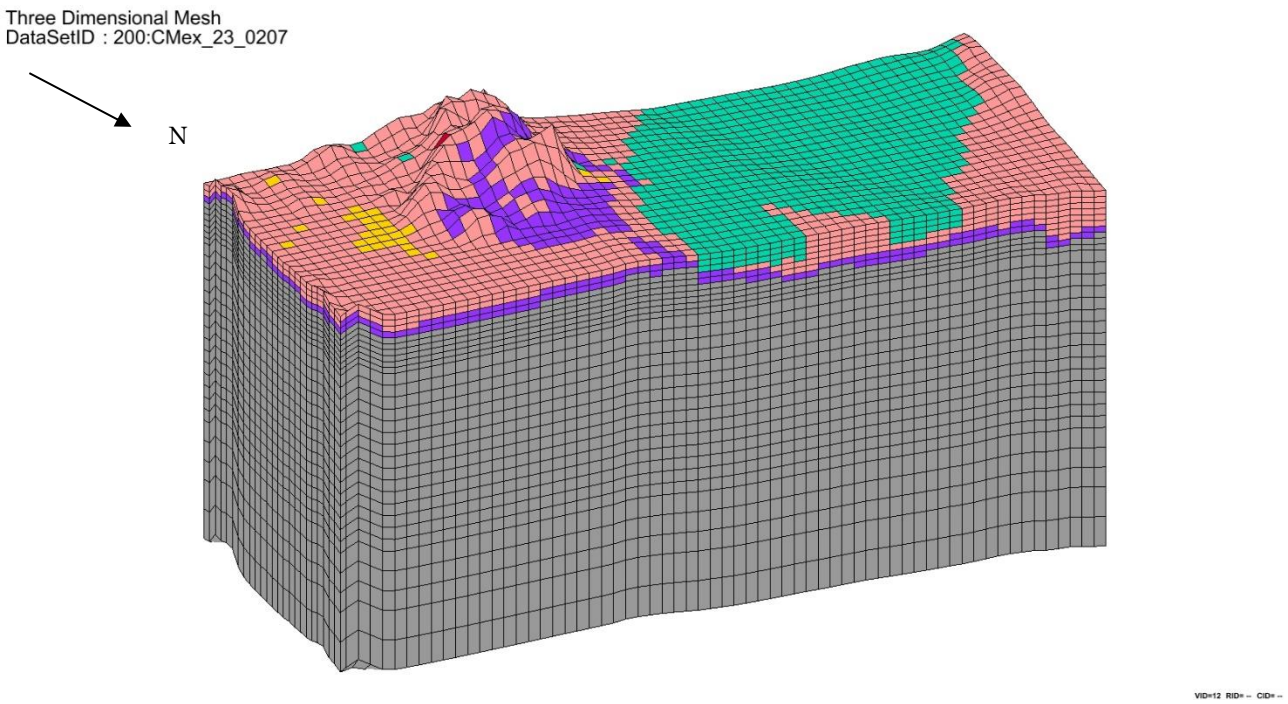
ID



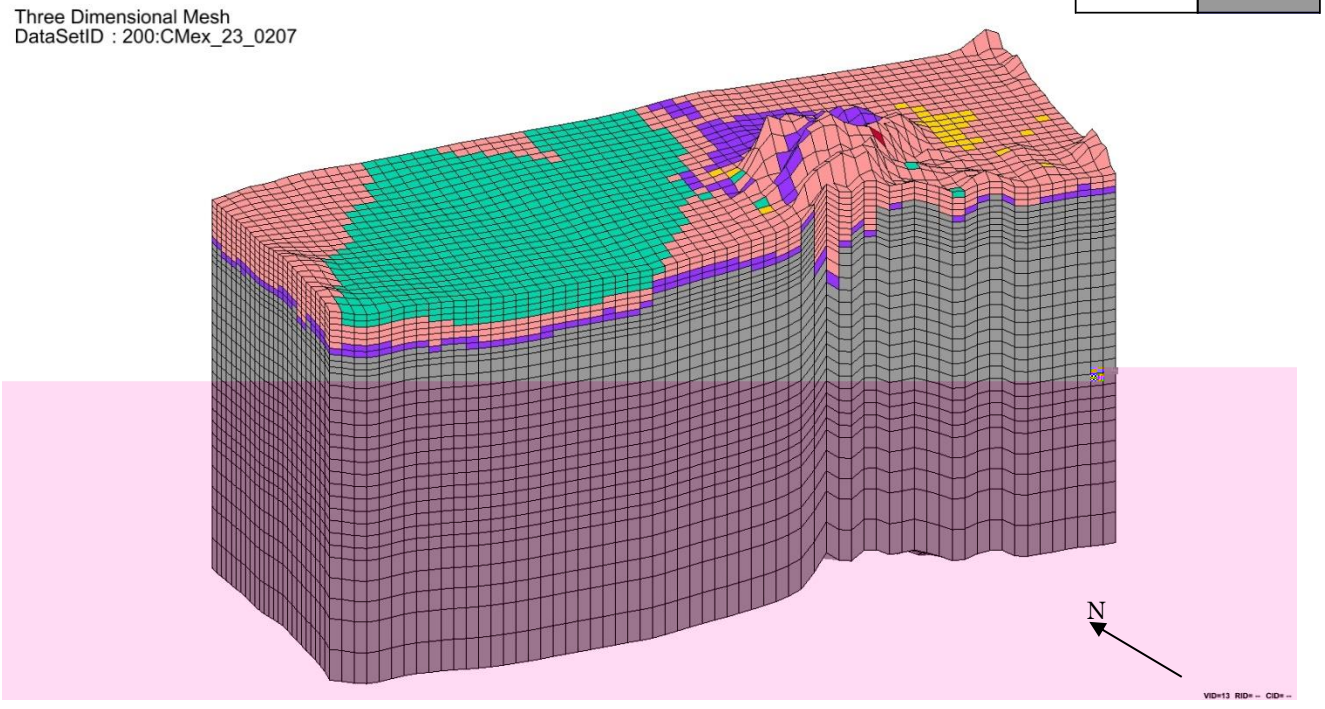
1 -281　ID23.



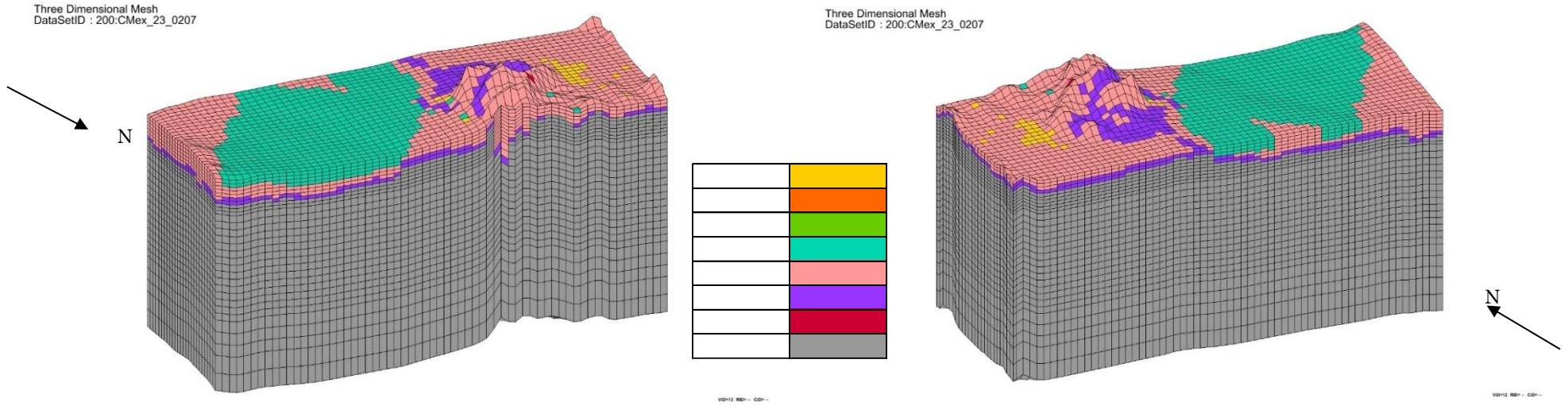
1 -282　ID23.　　AI

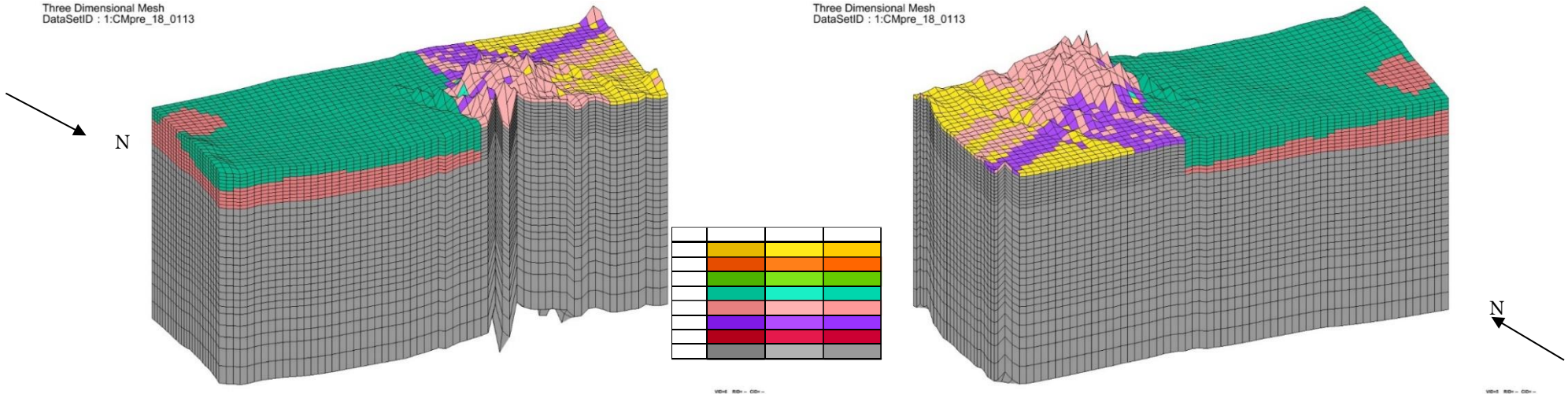


1 -283 ID23. AI 3 (1)



1 -284 ID23. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_23_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_23_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_18_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_18_0113
N

1 -285 ID23. 3

ID.24　駿河

モデル化位置

1 -286

1 -286　ID24 .

地域概要

-

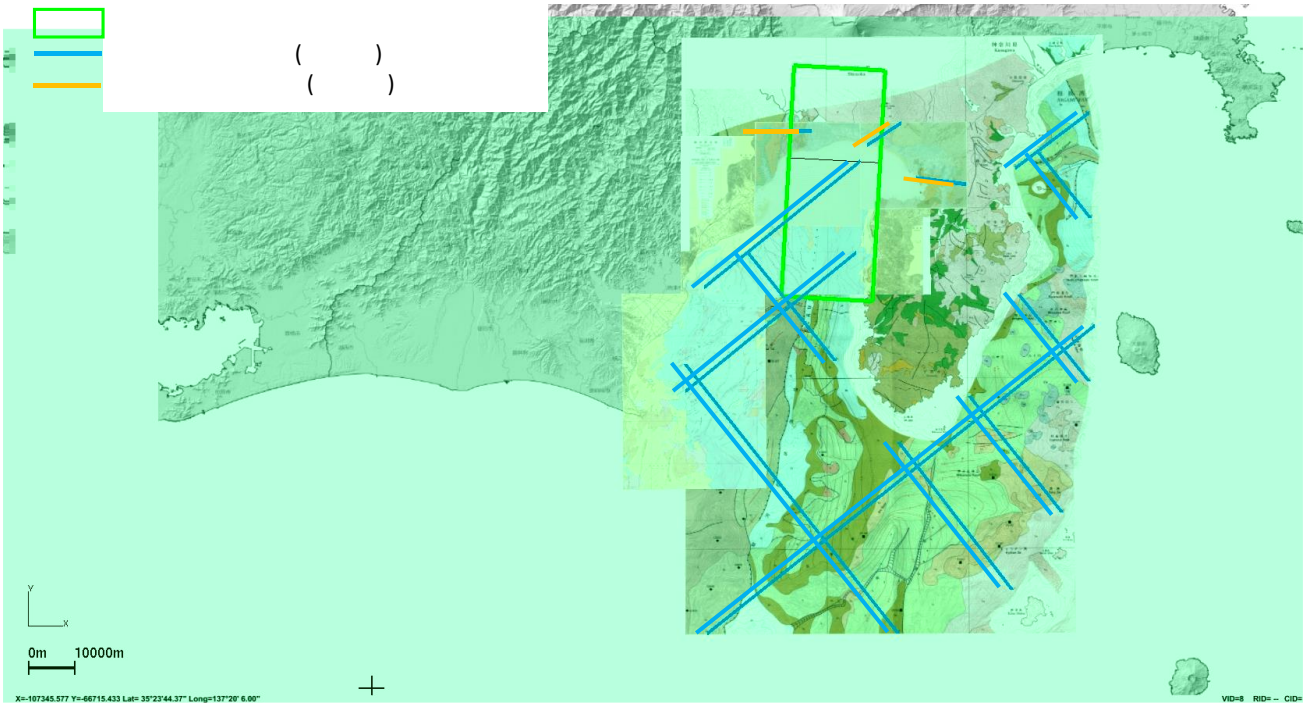
-

引用データ

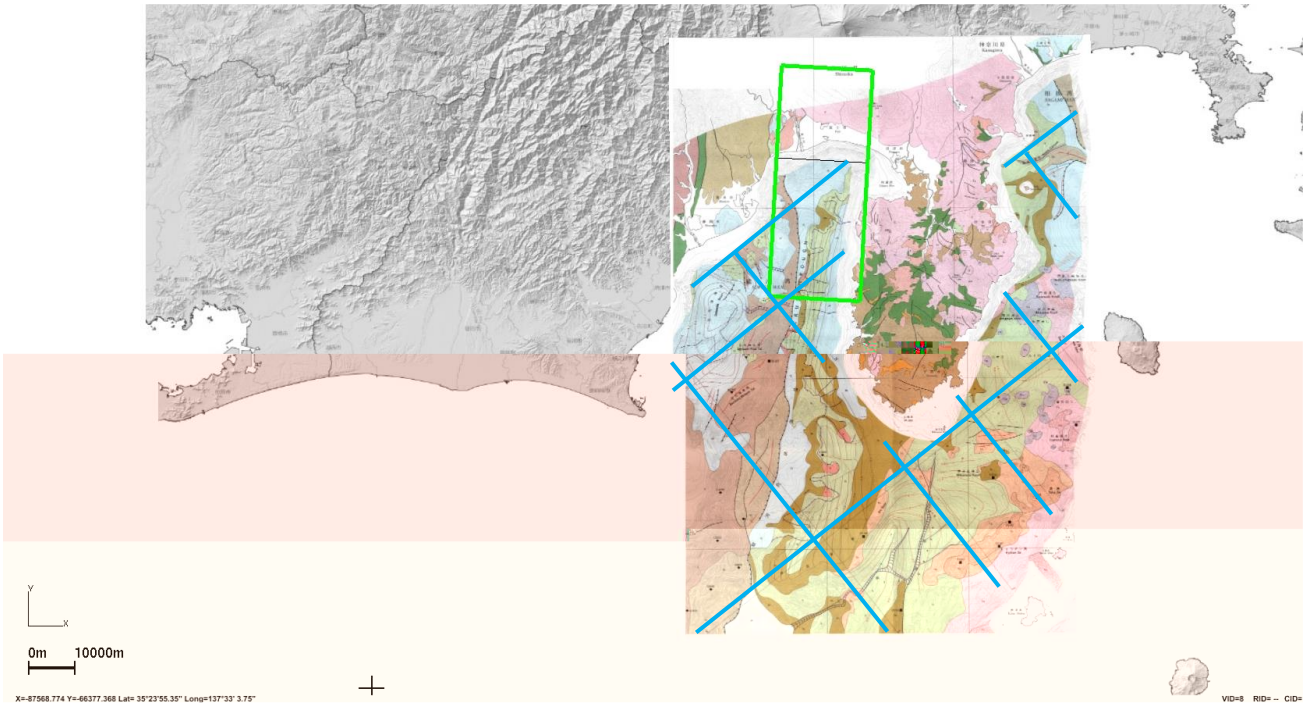
1 -58　　1 -287

1 -290　　1 -291

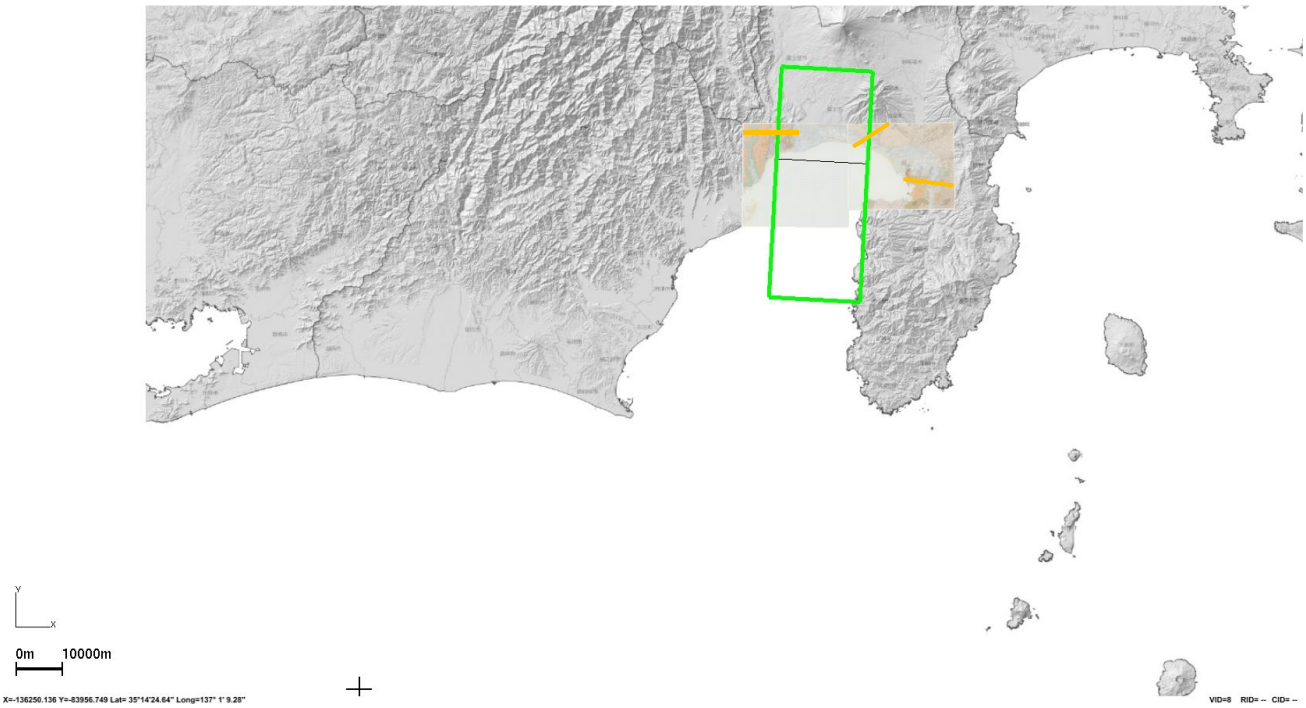
1 -58　ID24 .



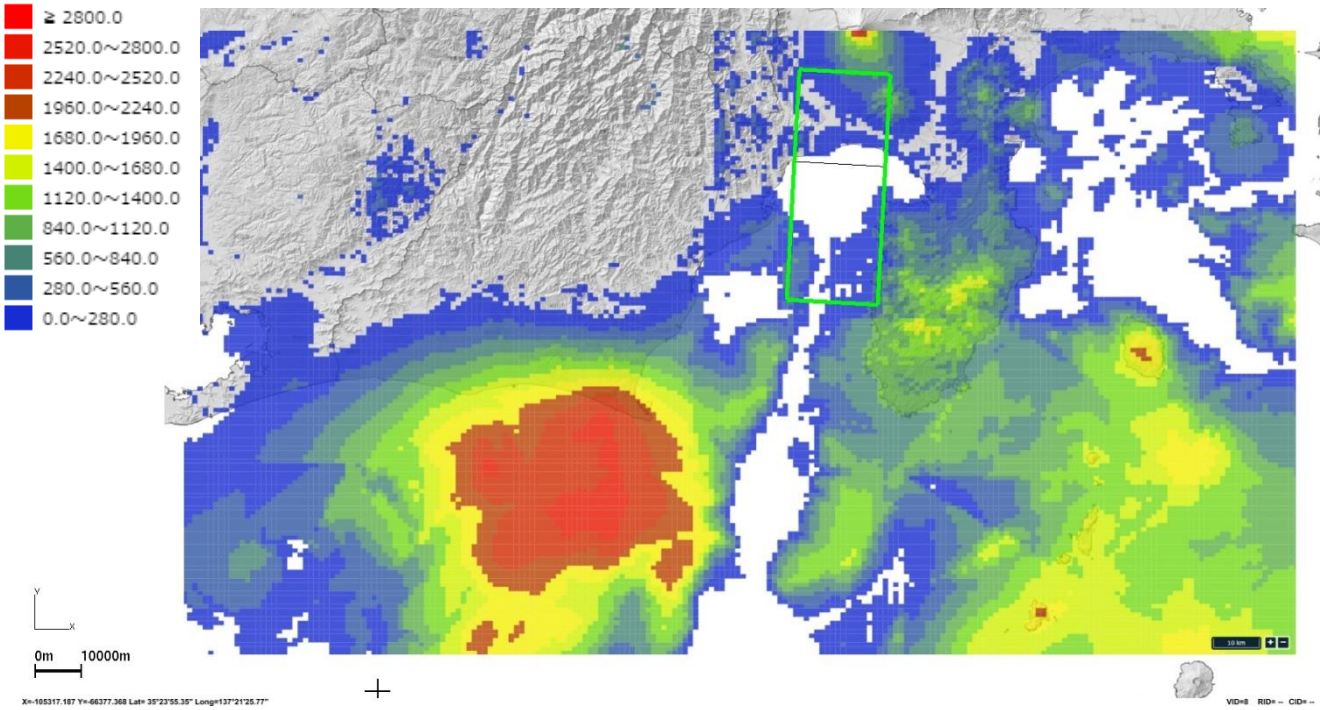
1 -287　ID24 .



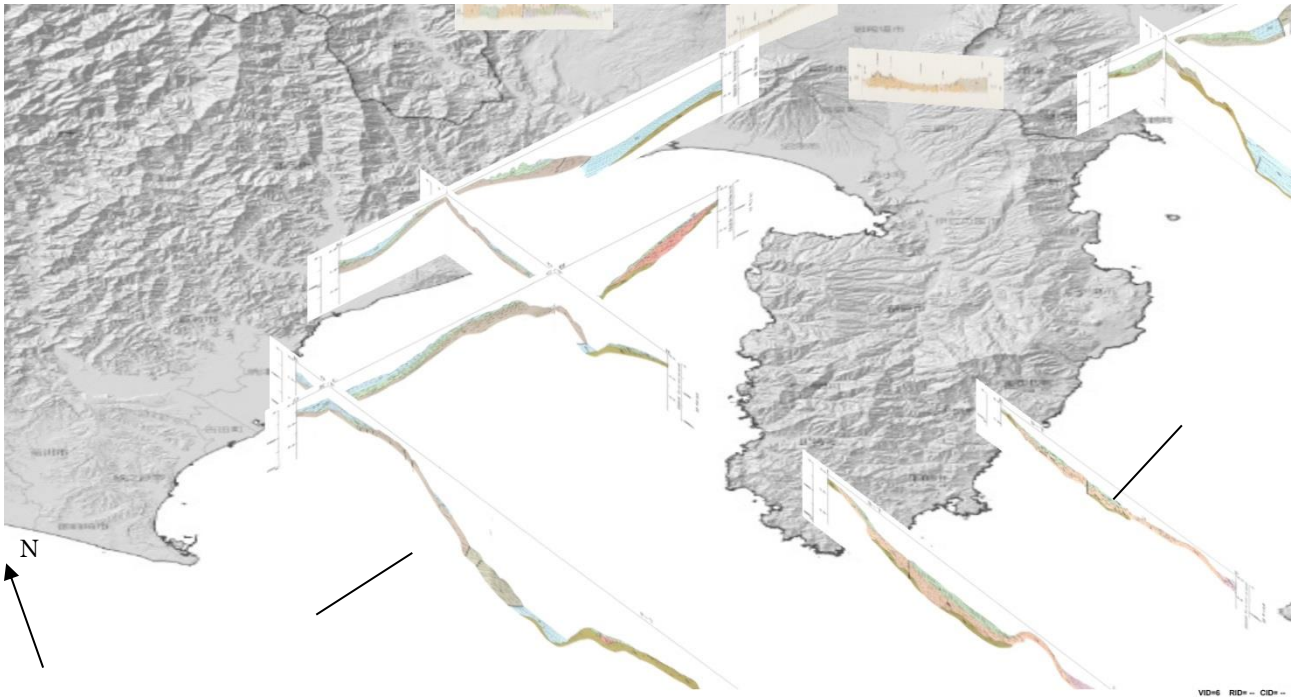
1 -288 ID24 . ( )



1 -289 ID24 . ( )



1 -290 ID24 . ( )



1 -291 ID24 .

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

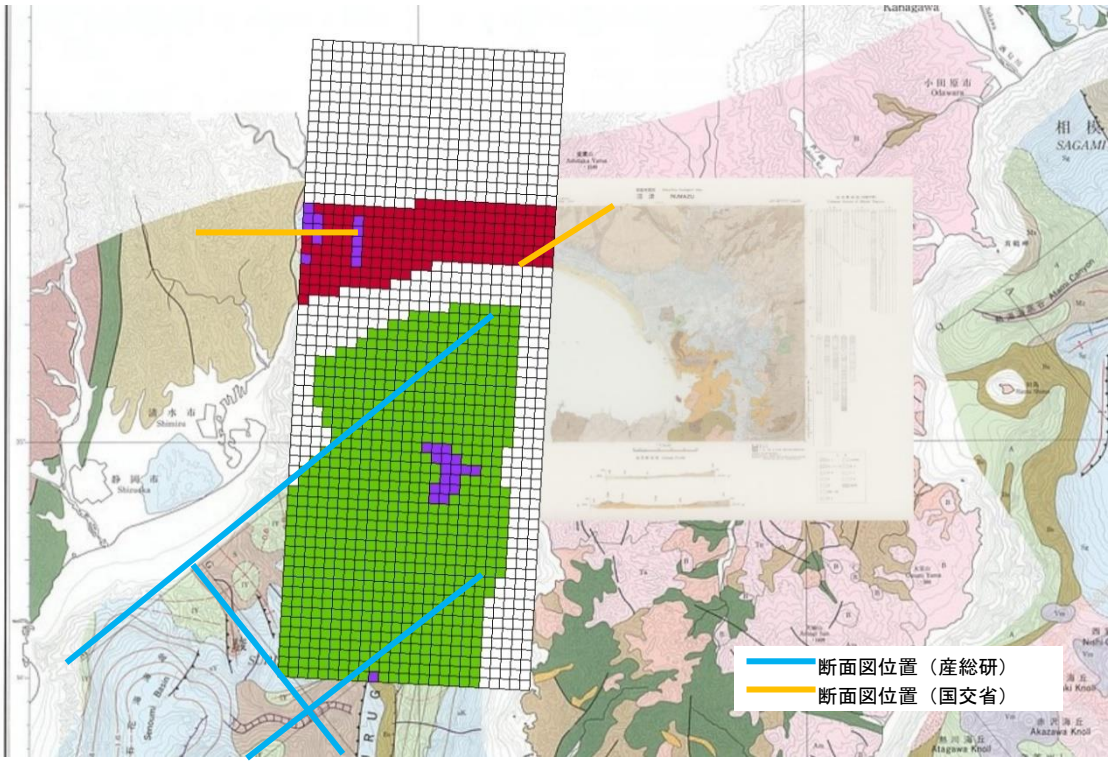
AI 学習・予測

AI 1 -292 3 1 -293

1 -295 1 -59

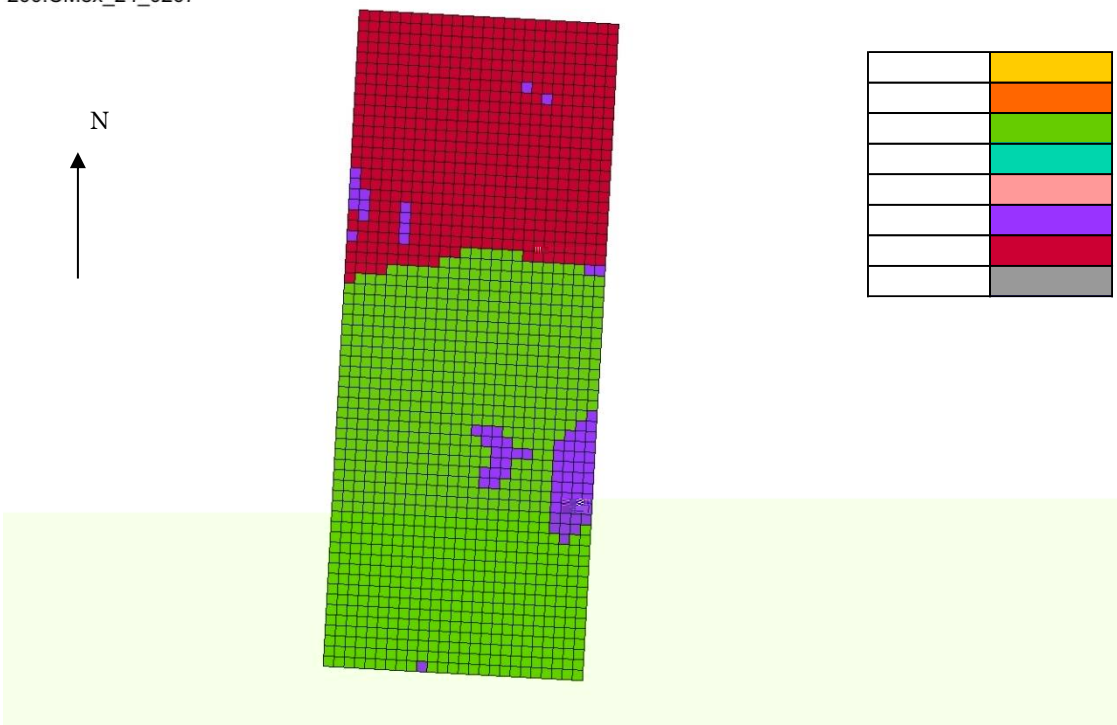
1 -296

1 -59 ID24 . AI

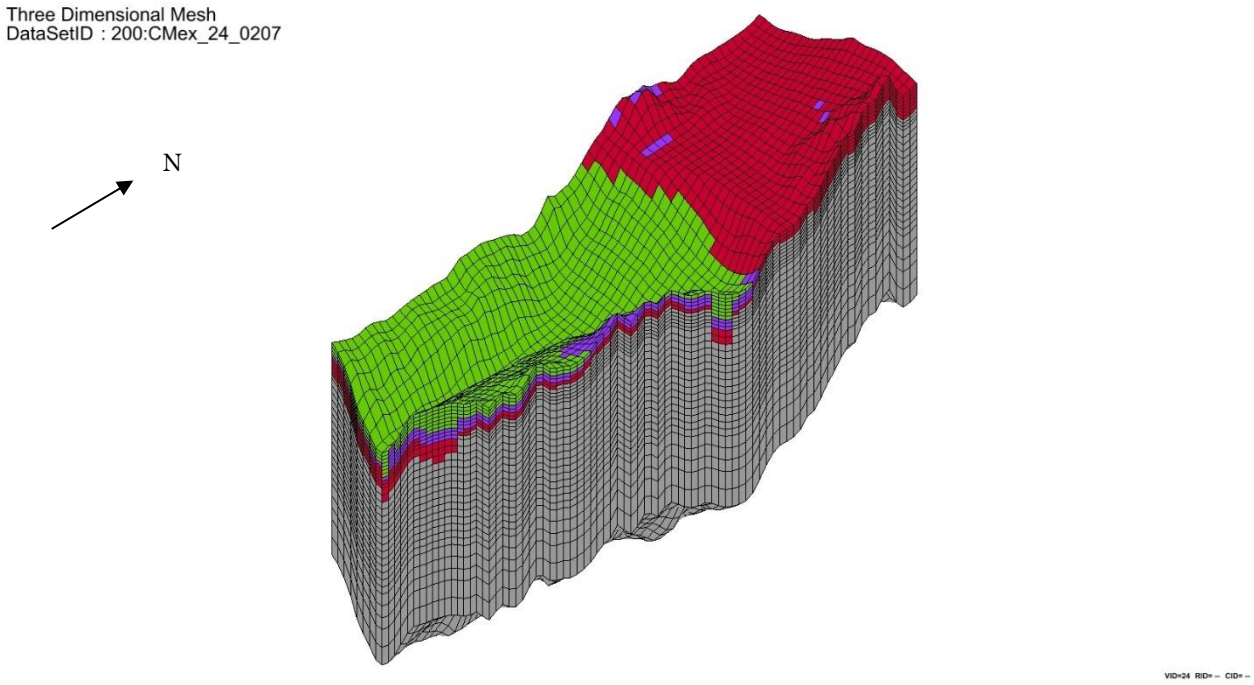


1 -292　ID24 .

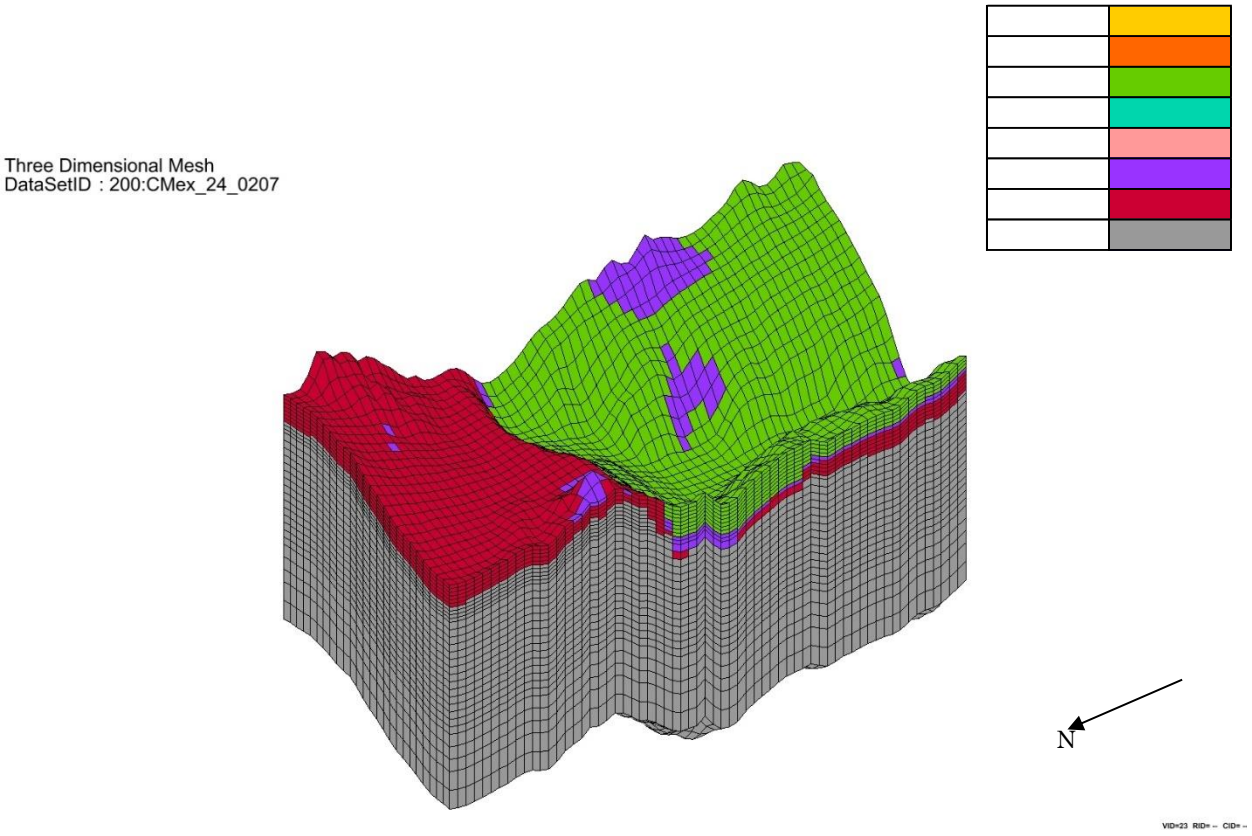
200:CMex_24_0207



1 -293　ID24 .　　AI

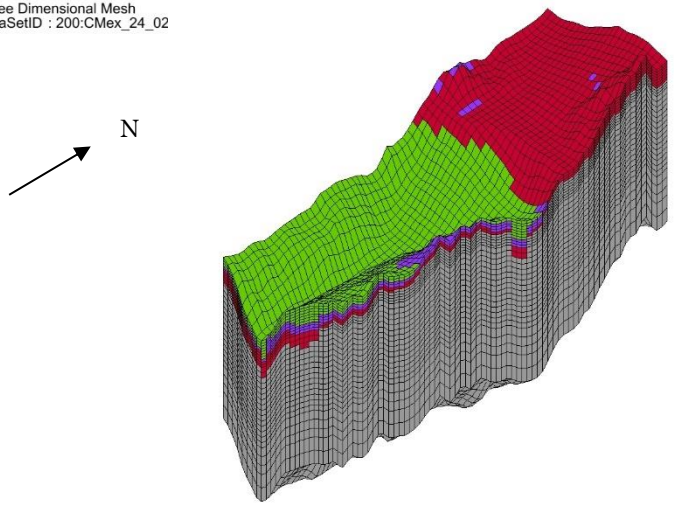


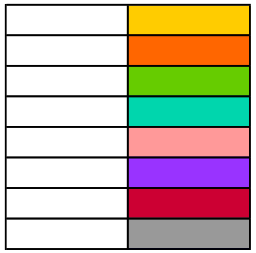
1 -294 ID24 . AI 3 (1)



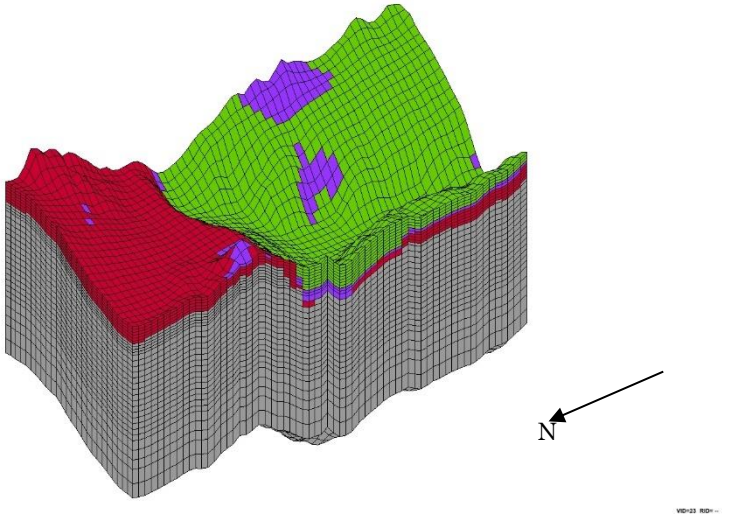
1 -295 ID24 . AI 3 (2)

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_24_02

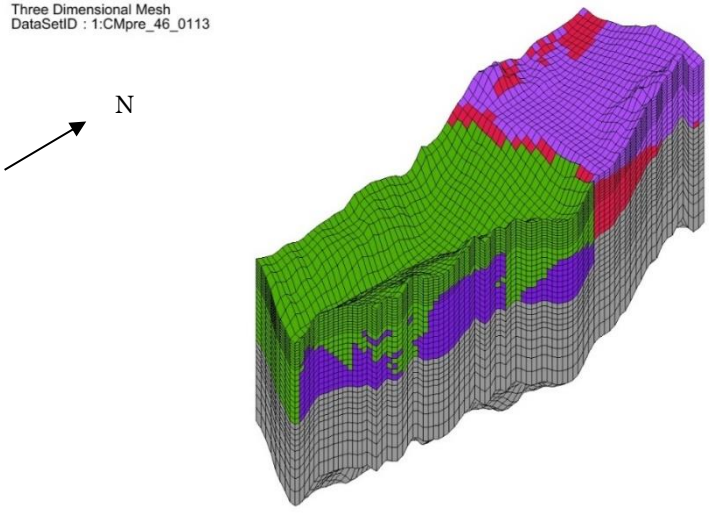


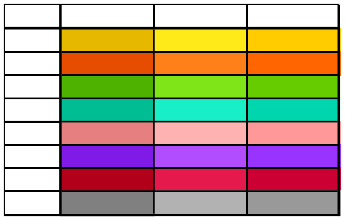


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_24_02

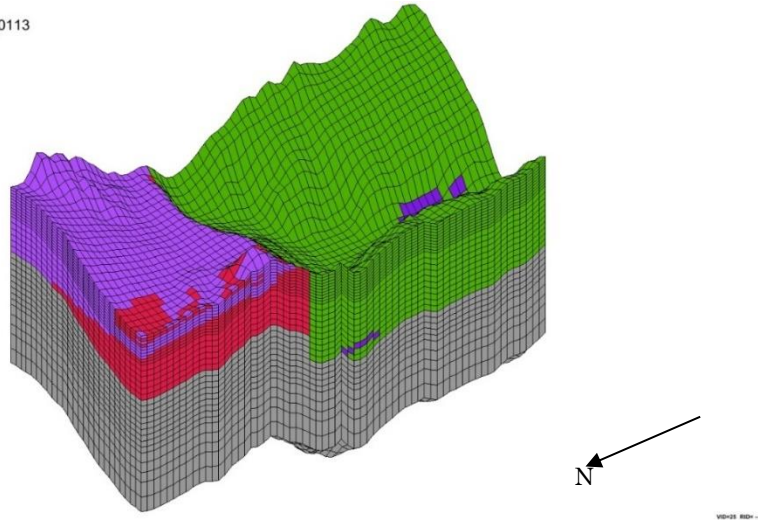


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_46_0113





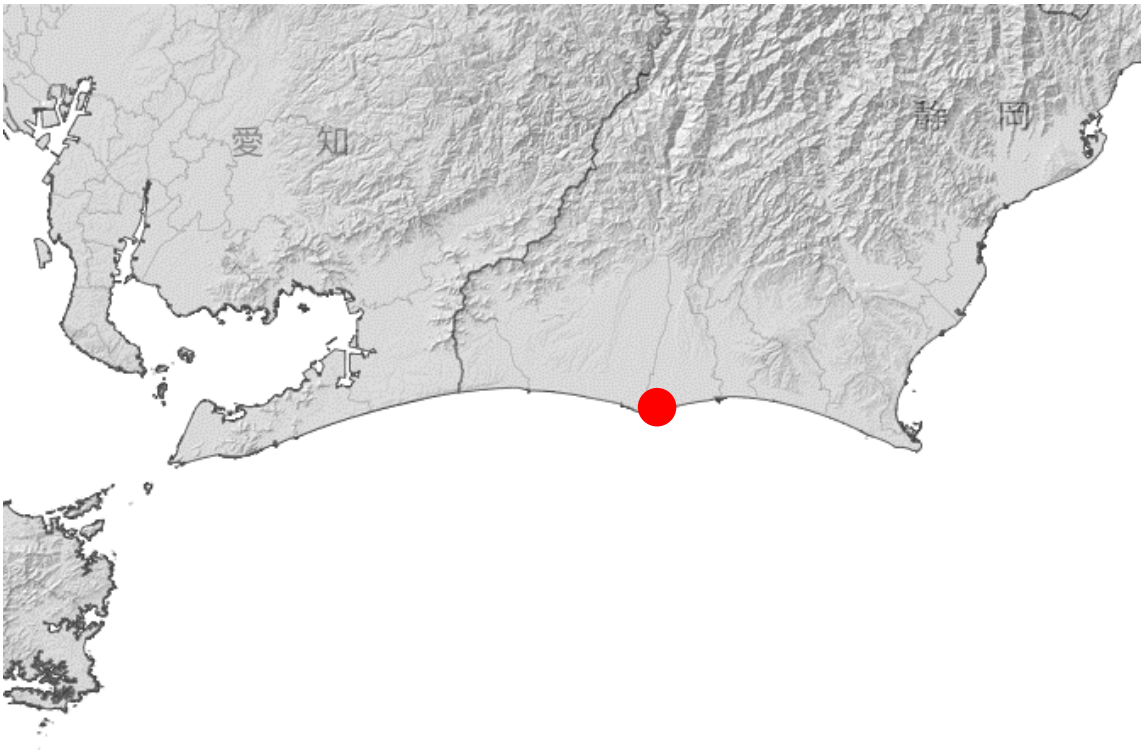
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_46_0113



ID.25 静岡

モデル化位置

1 -297



1 -297　　ID25

地域概要

3000m

引用データ

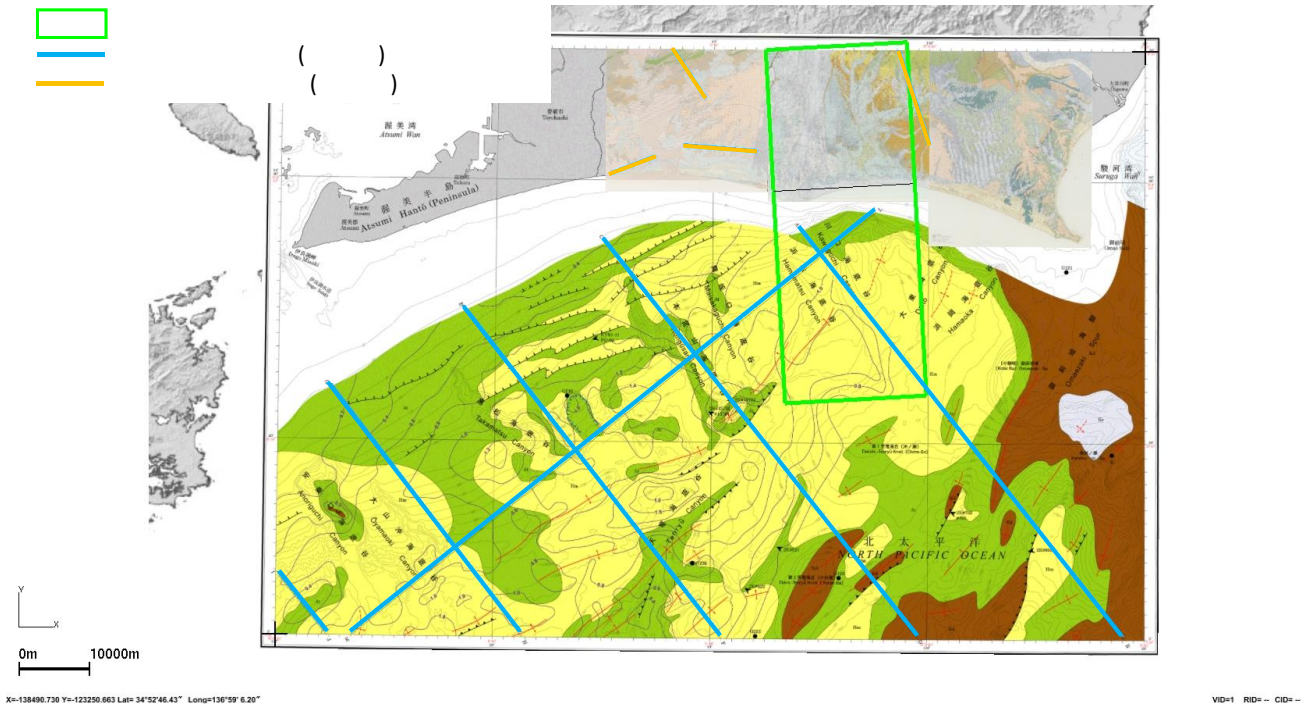
1 -60 1 -298

1 -301 1 -302

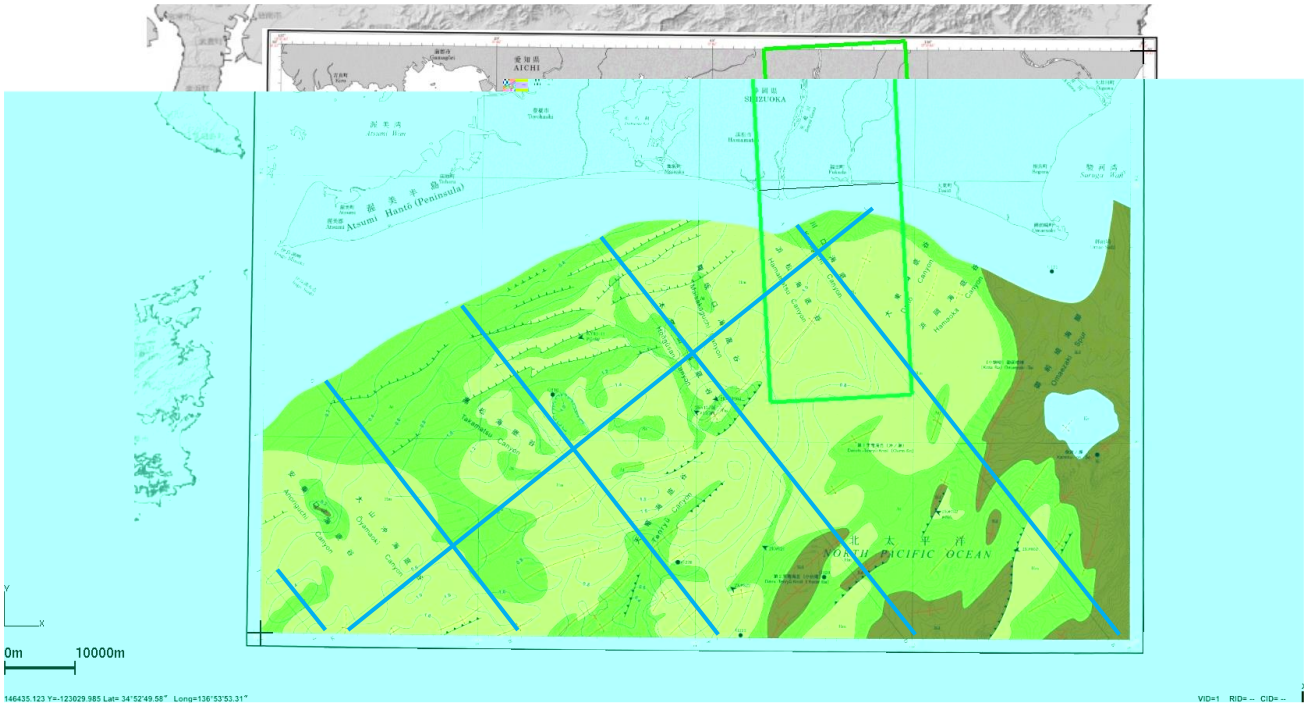
1 -60 ID25

( )

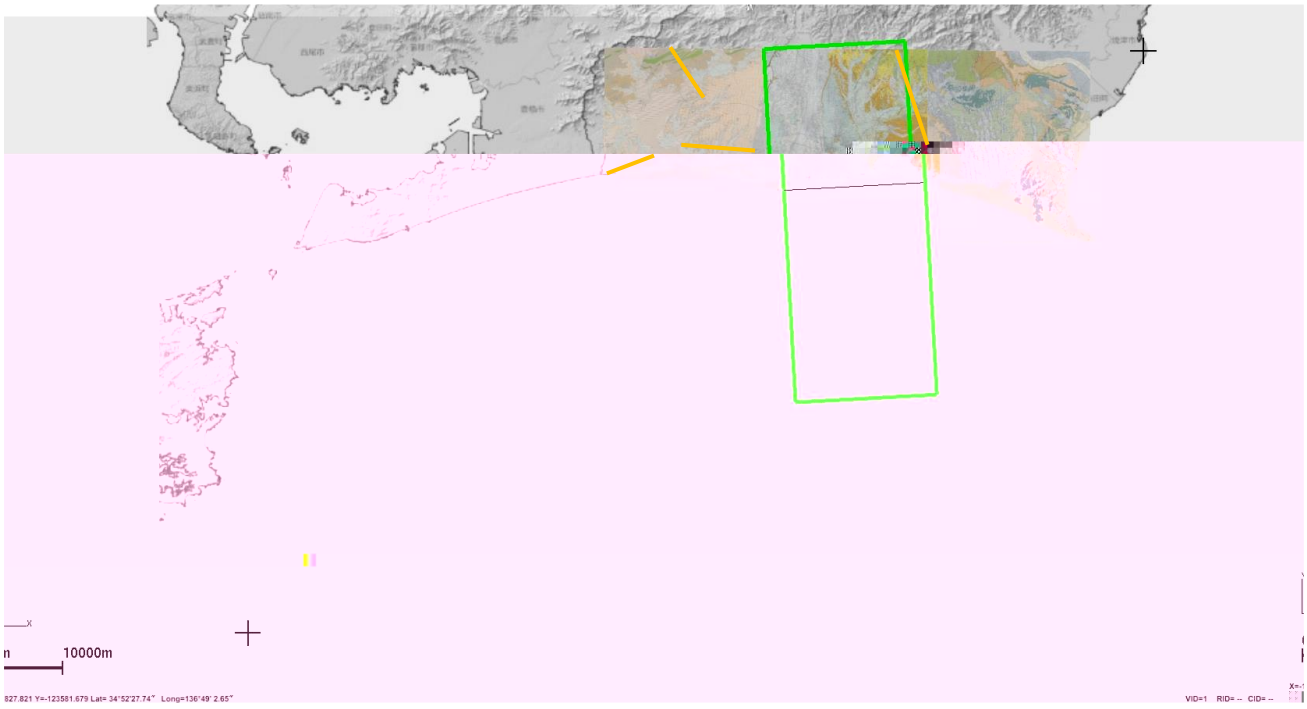
( )



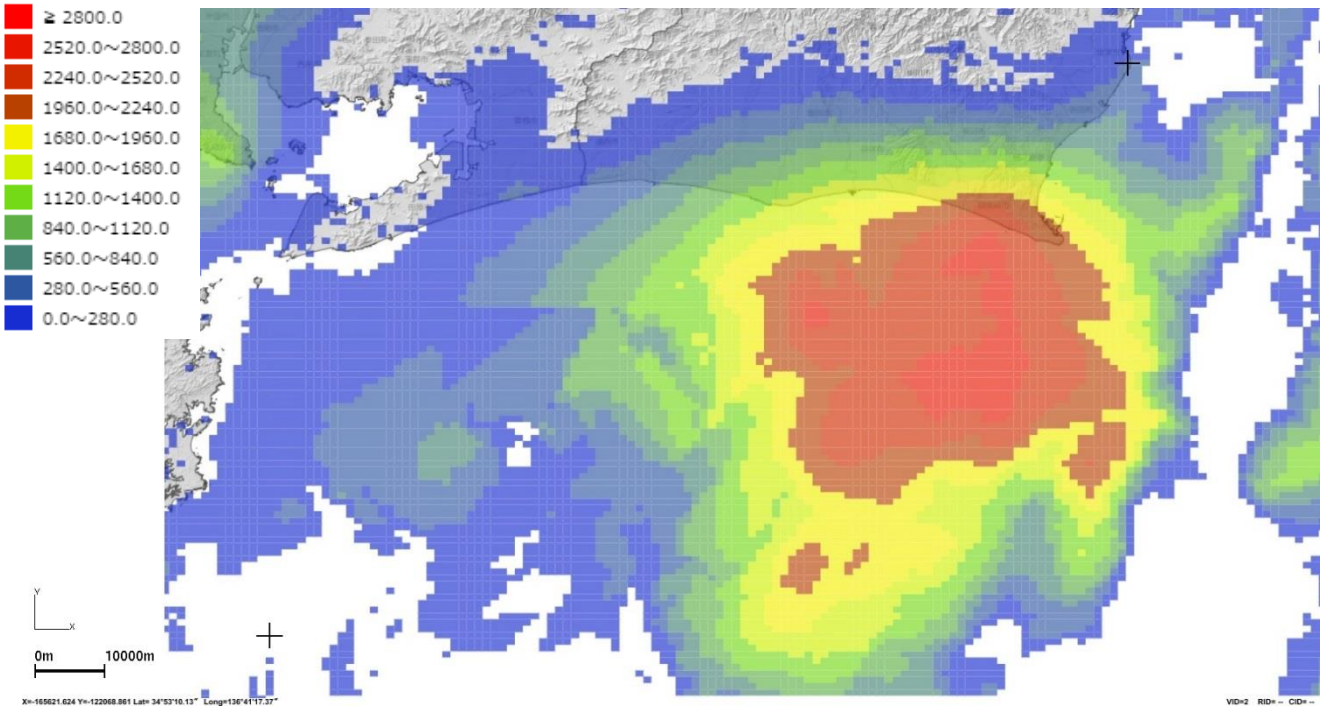
1 -298 ID25



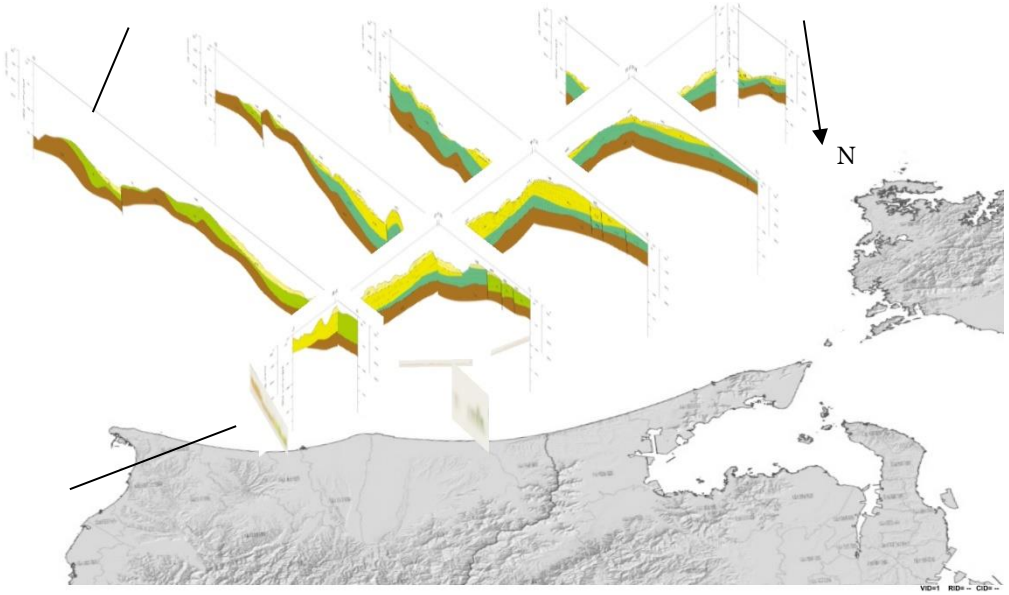
1 -299 ID25 ( )



1 -300 ID25 ( )



1 -301 ID25 ( )



1 -302 ID25

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -303 3 1 -301

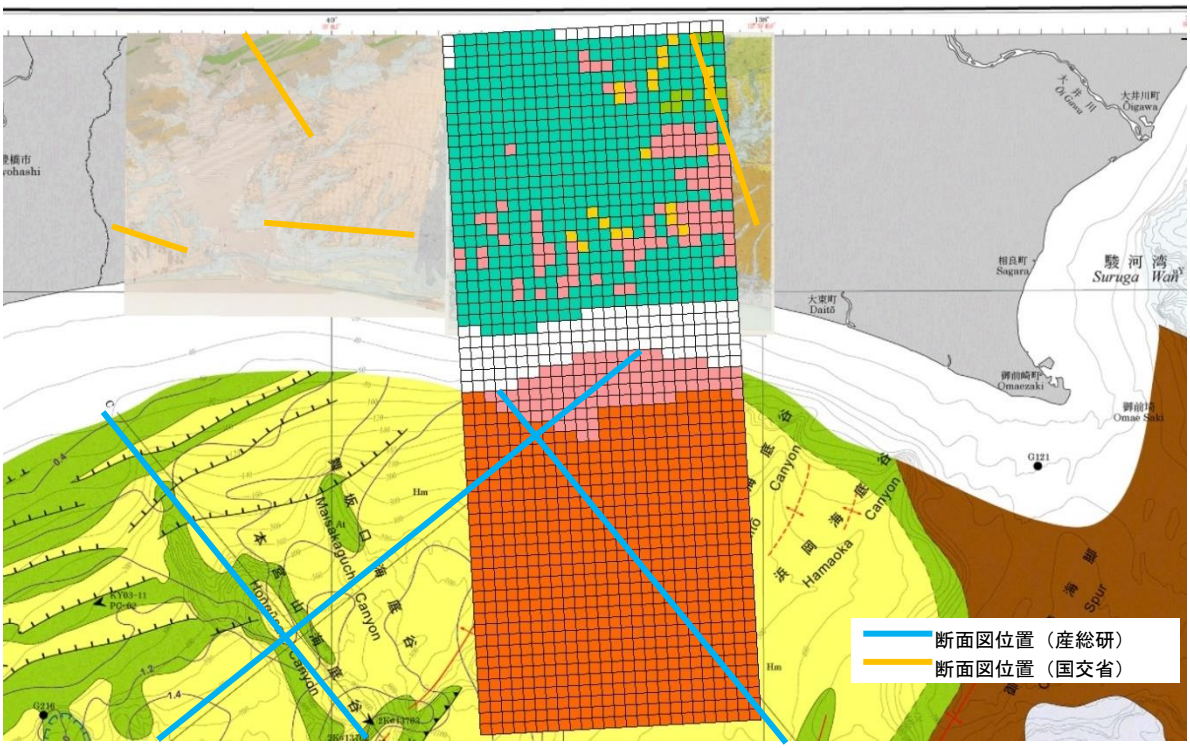
1 -306 1 -61

1 -307

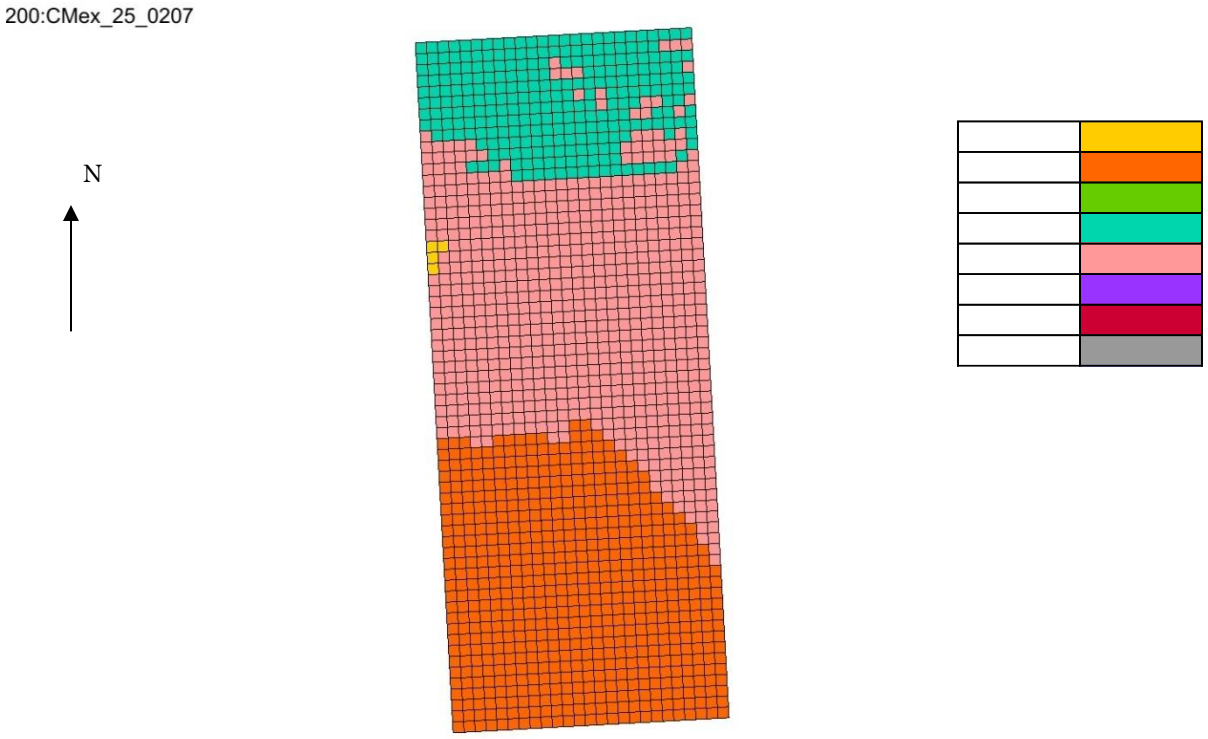
1 -61 ID25. AI

1 -301 1 -303 AI

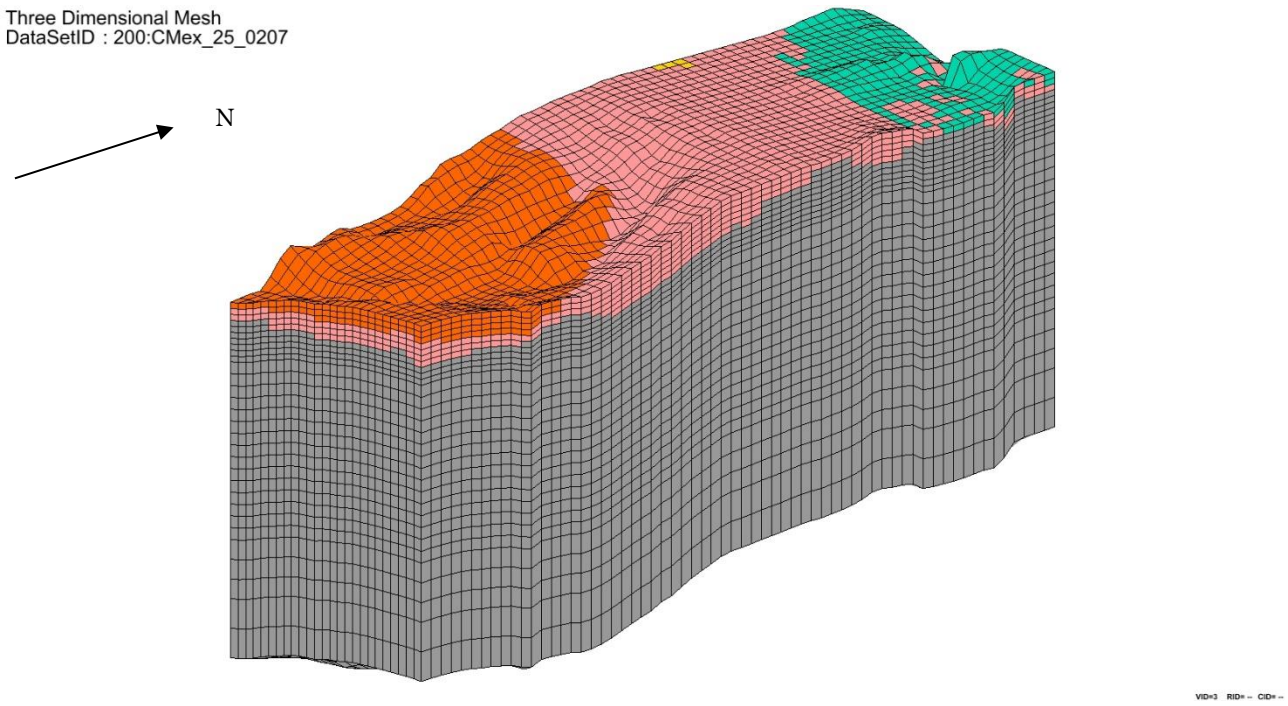
ID



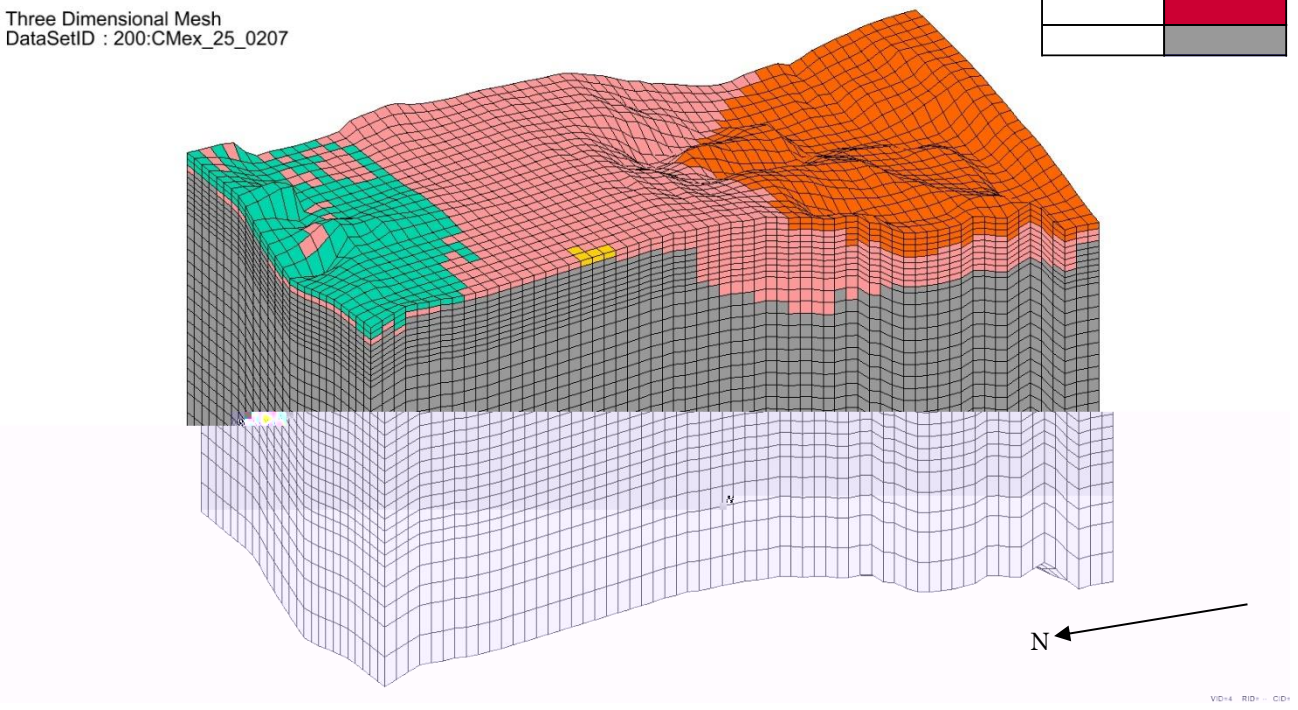
1 -303 ID25.



1 -304 ID25. AI

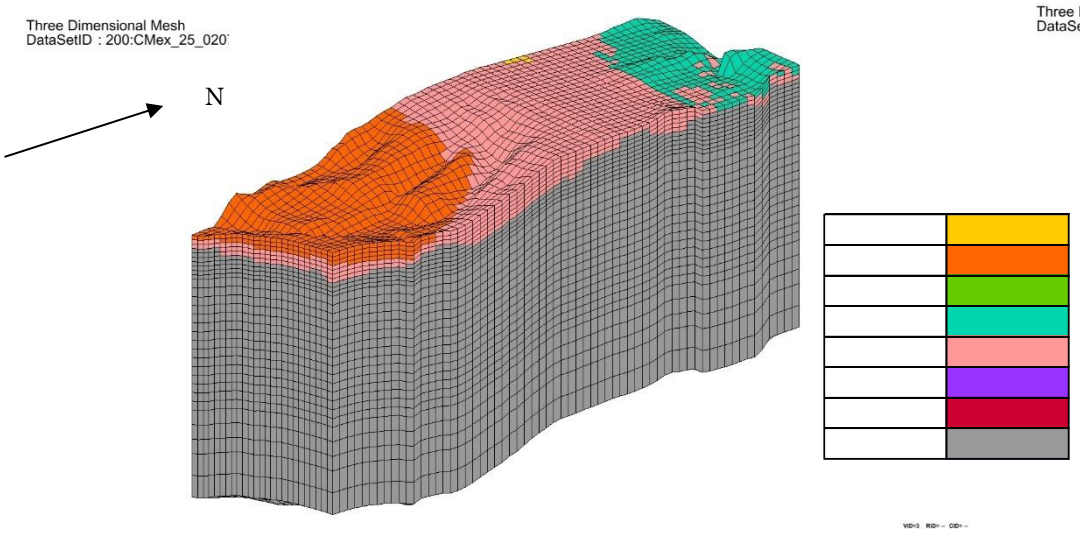


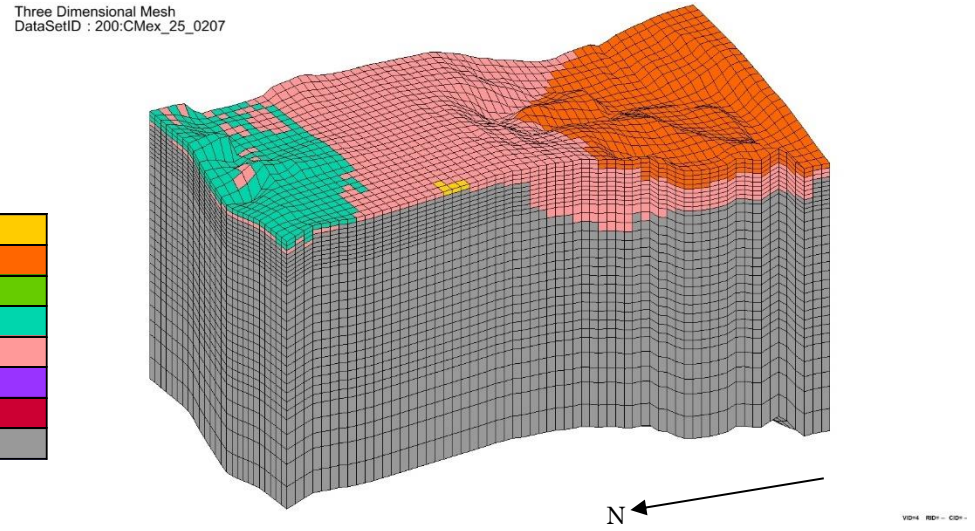
1 -305 ID25 AI 3 (1)

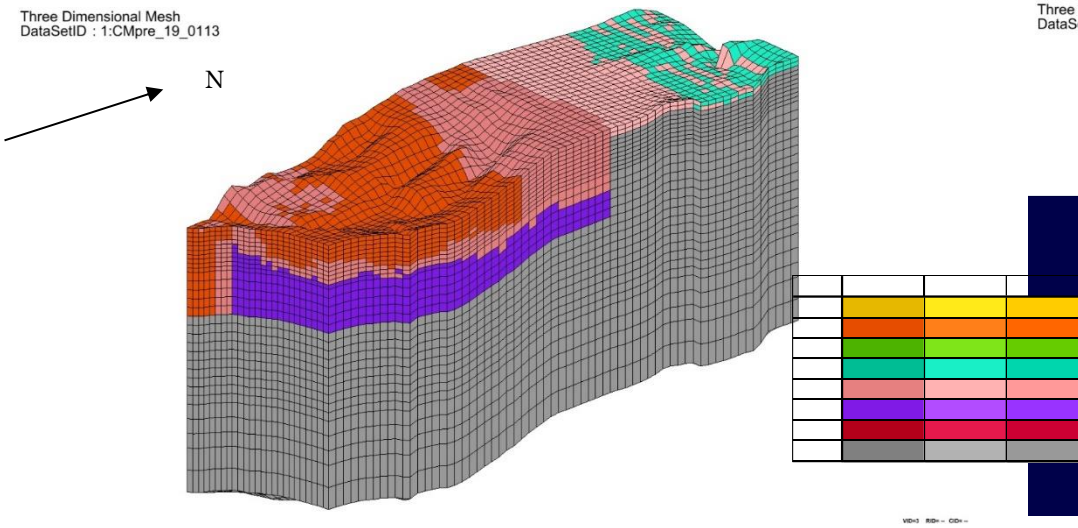


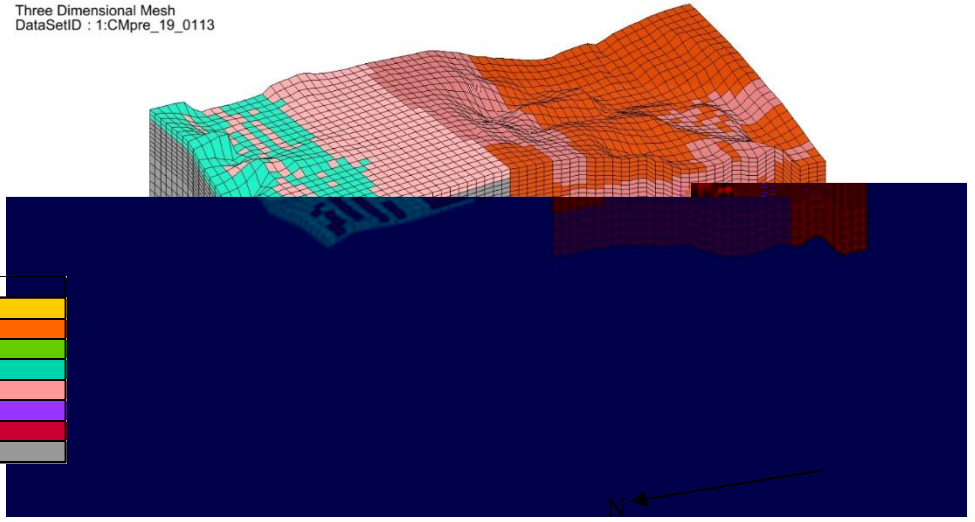
1 -306 ID25 AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_25_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_25_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_19_0113
N

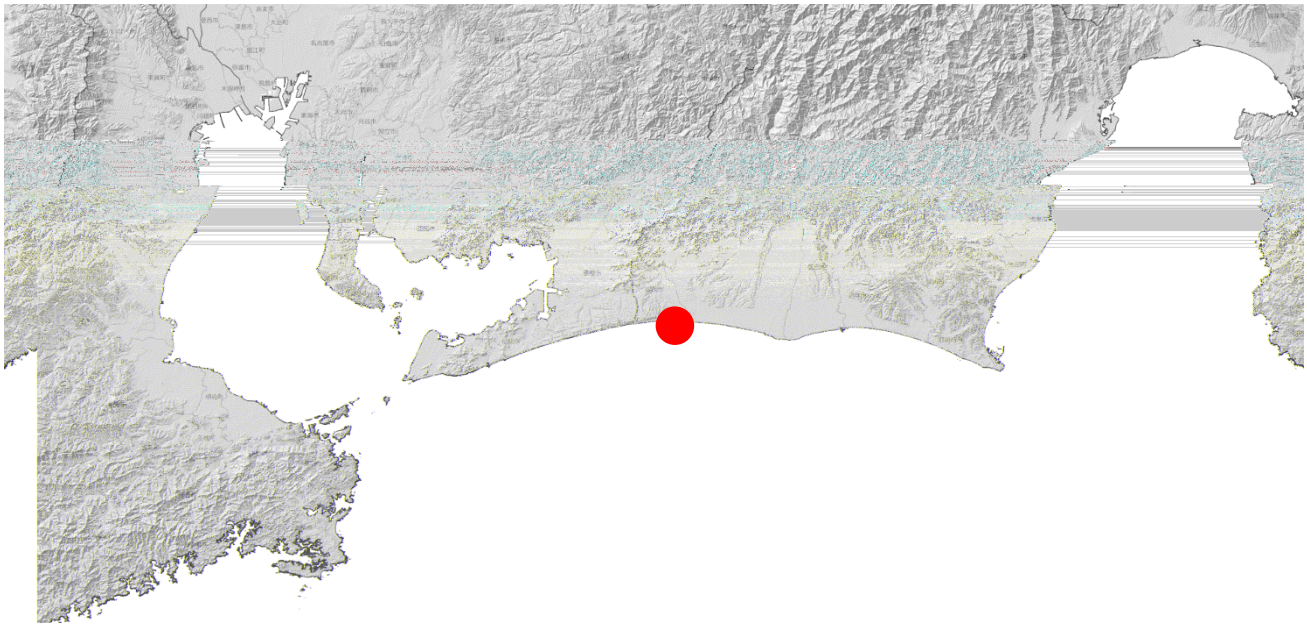

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_19_0113
N

1 -307 ID25. 3

ID.26 遠洲

モデル化位置

1 -102



1 -308　ID26.

地域概要

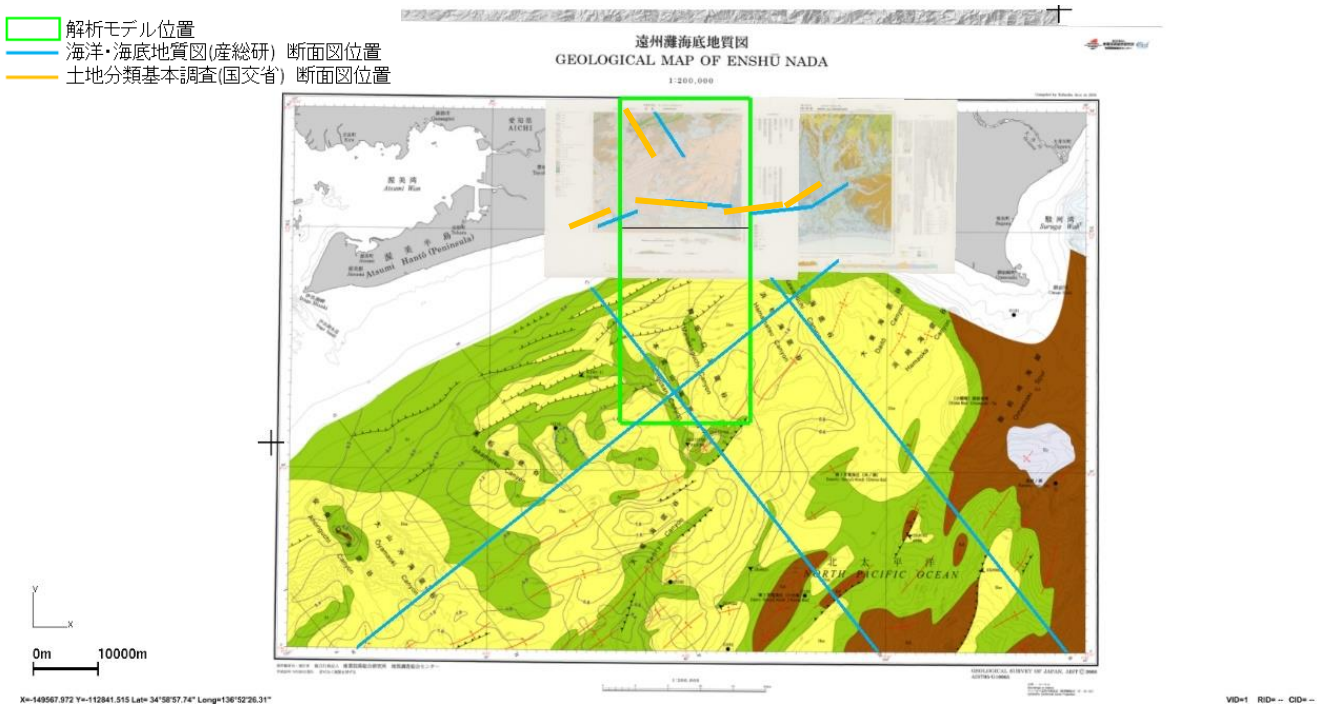
3

引用データ

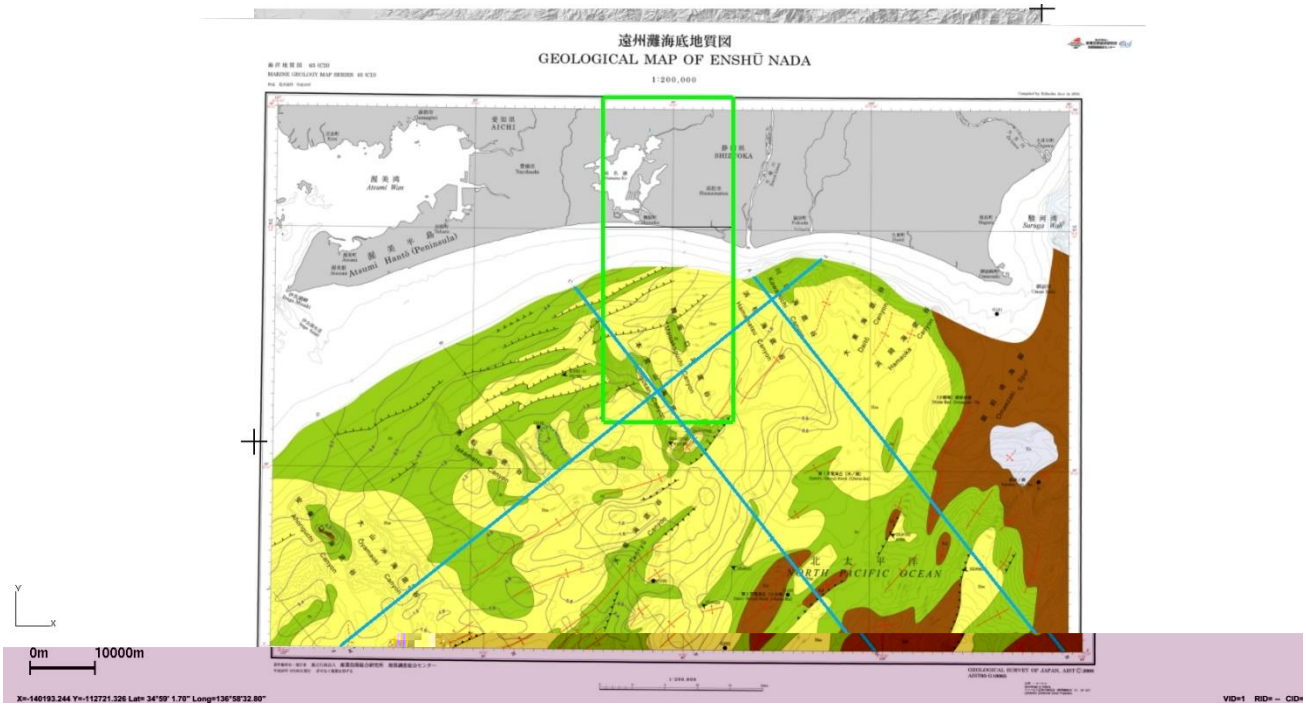
1 -65　　1 -319

1 -322　　1 -323

1 -62　ID26.

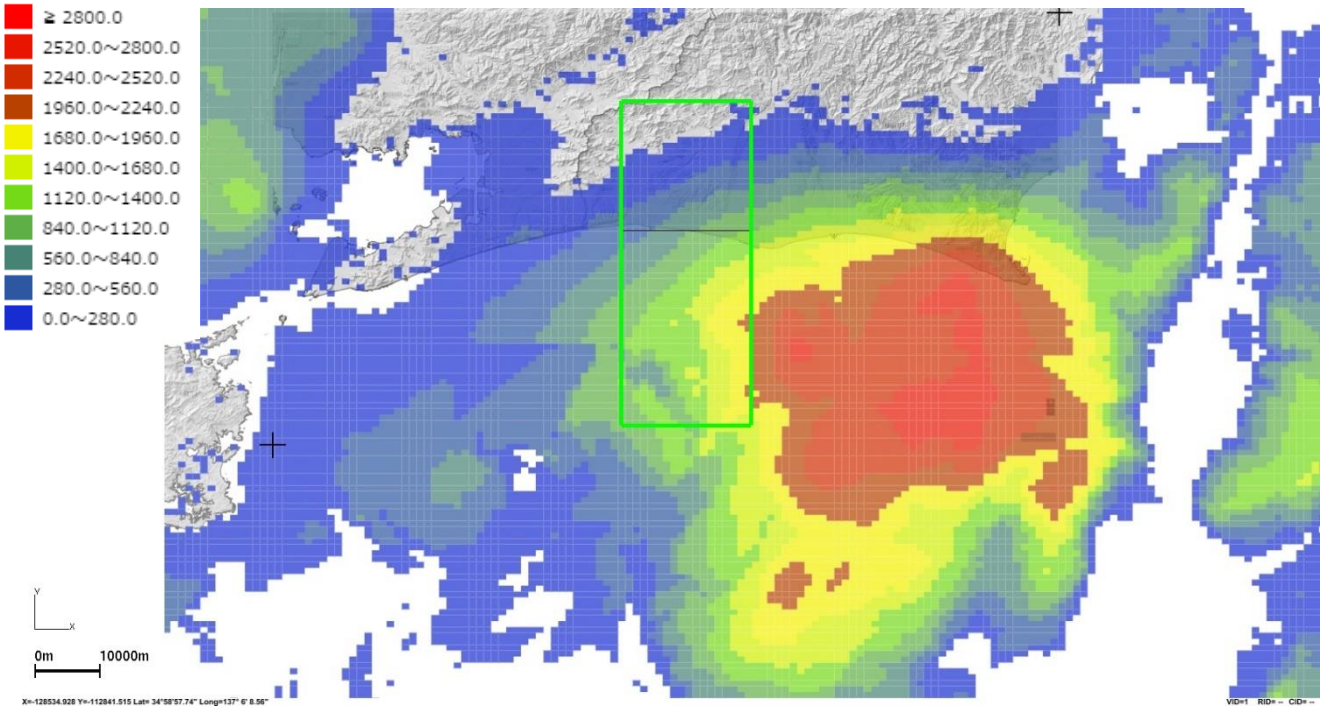


1 -309　ID26.

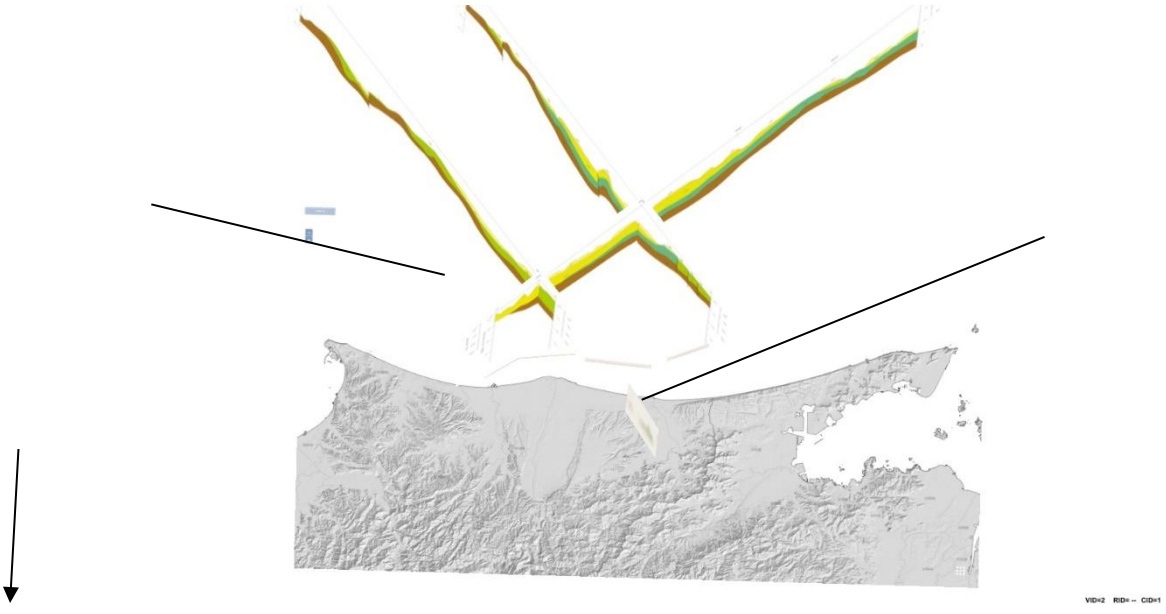


1 -310　ID26.　　(　　)

1 -311　ID26.　　(　　)



1 -312 ID26. ( )



1 -313 ID26.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -314　　3　　1 -315

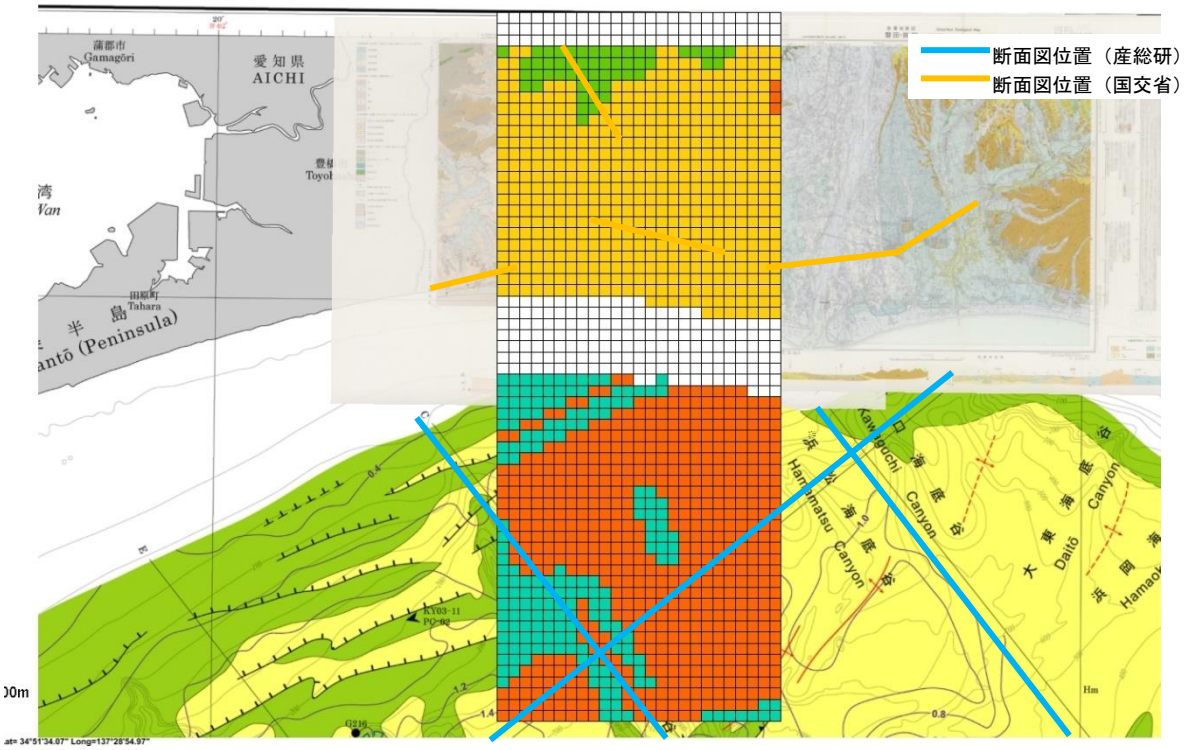
1 -317　　1 -63　　1 -64

1 -63　ID26　　AI　　1

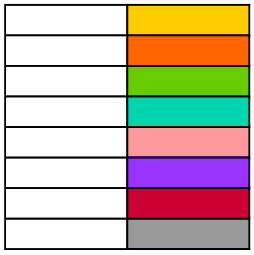
1 -64 ID26 AI 2

1 -315　　1 -314　　AI

ID

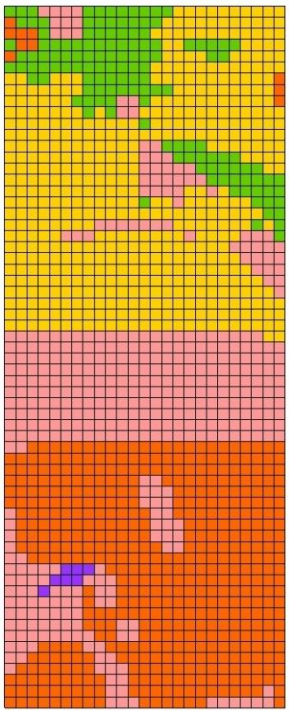


1 -314　　ID26.

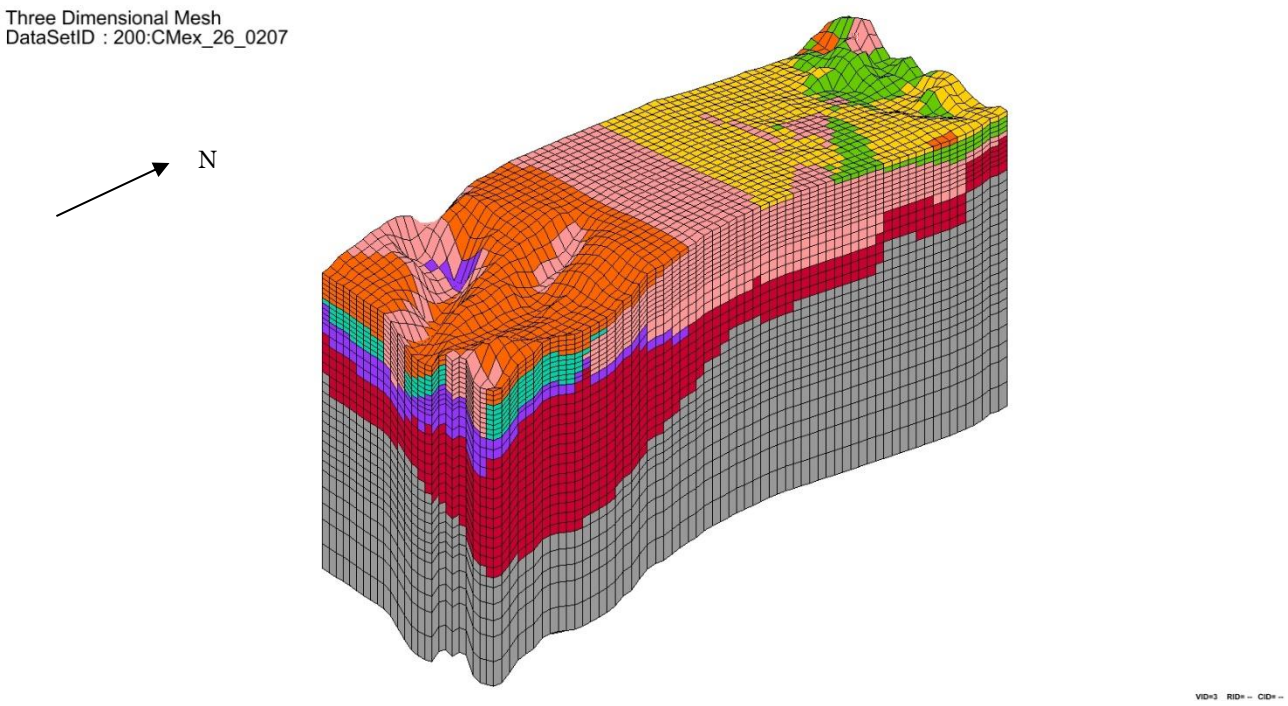


200:CMex_26_0207

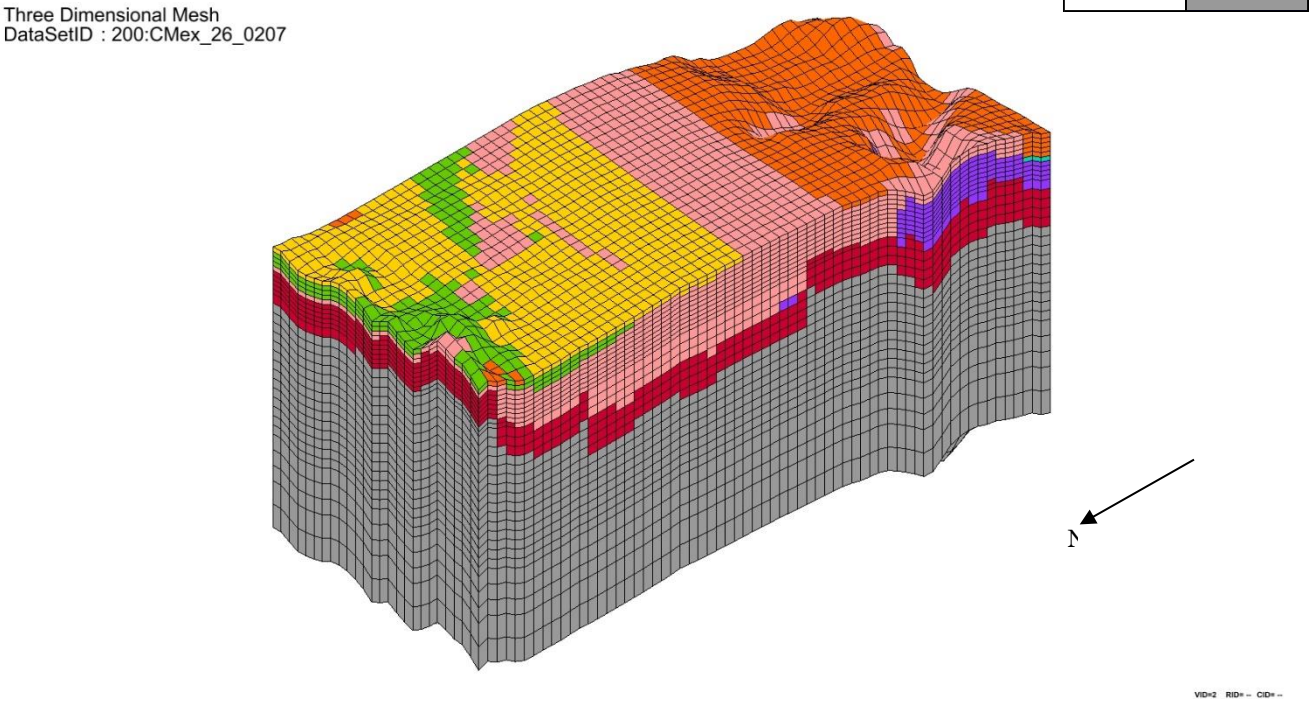
N



1 -315　　ID26.　　AI



1 -316 ID26. AI 3 (1)



1 -317 ID26. AI 3 (2)

ID.27 豊橋

モデル化位置

1 -318

1 -318 ID27.

地域概要

3

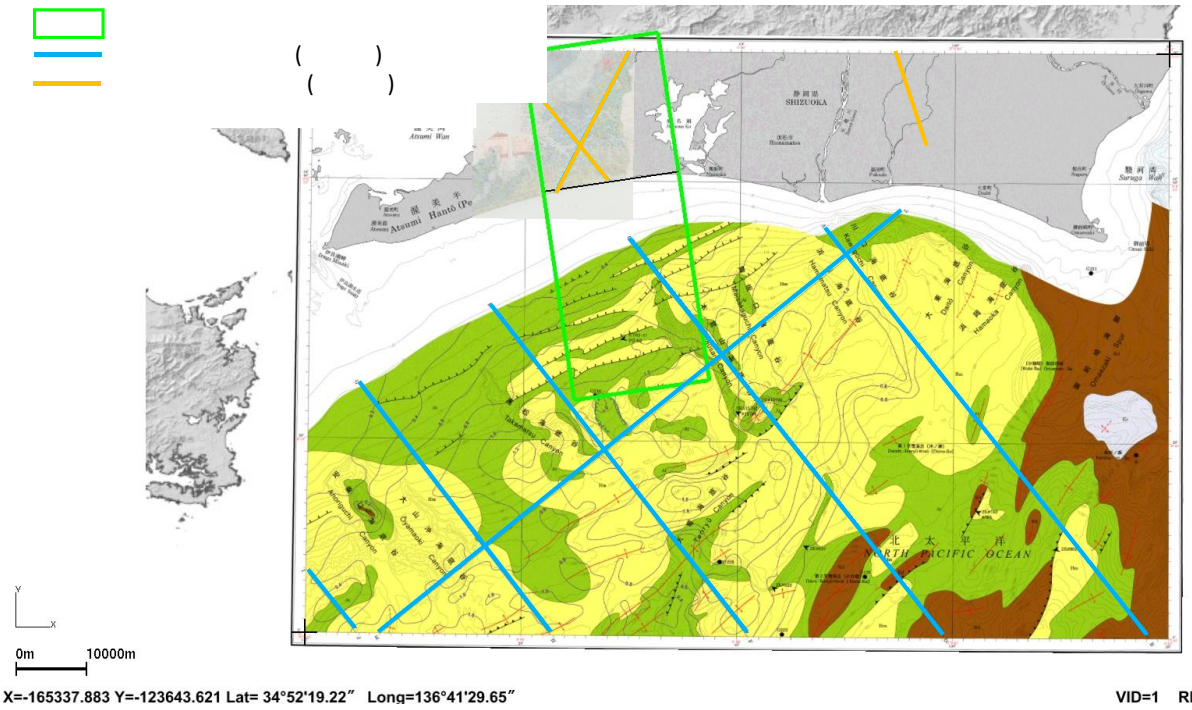
300m 1 50m

引用データ

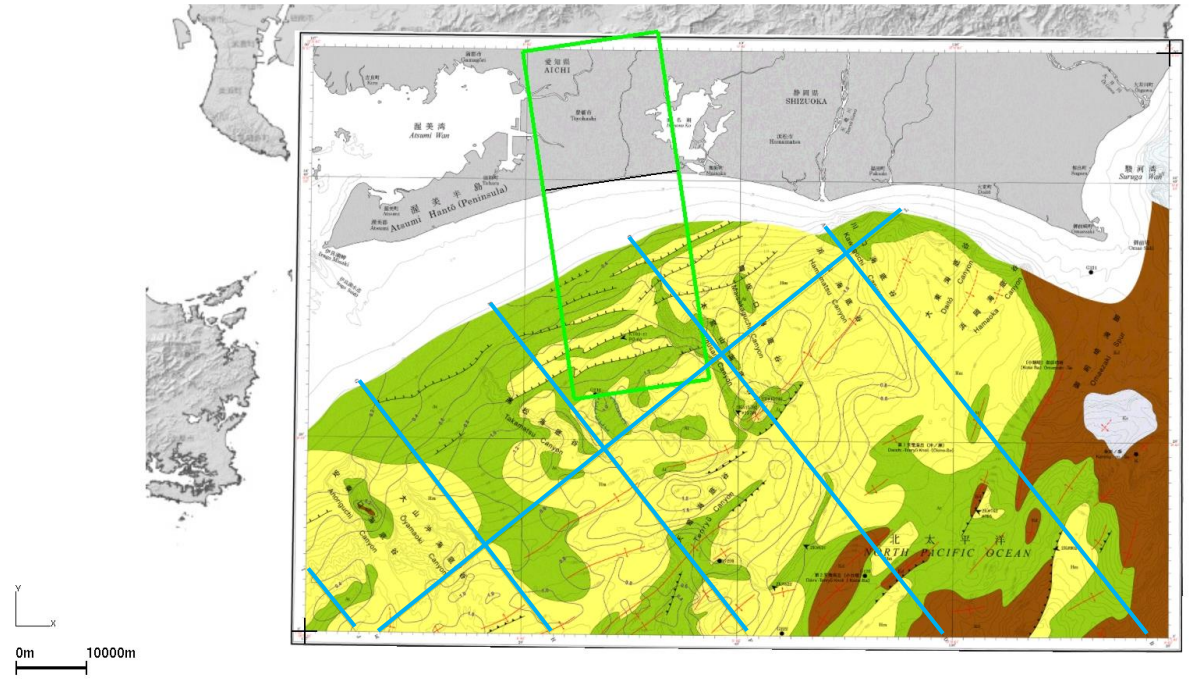
1 -65　　1 -319

1 -322　　1 -323

1 -65　ID27.

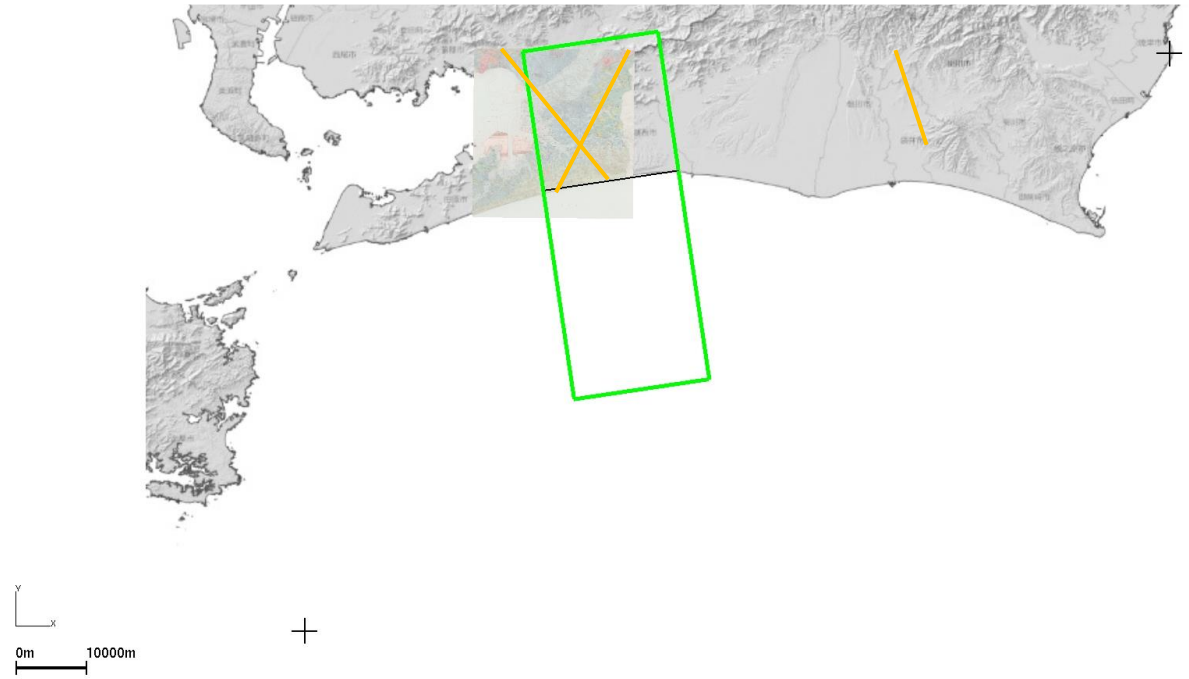


1 -319　ID27.



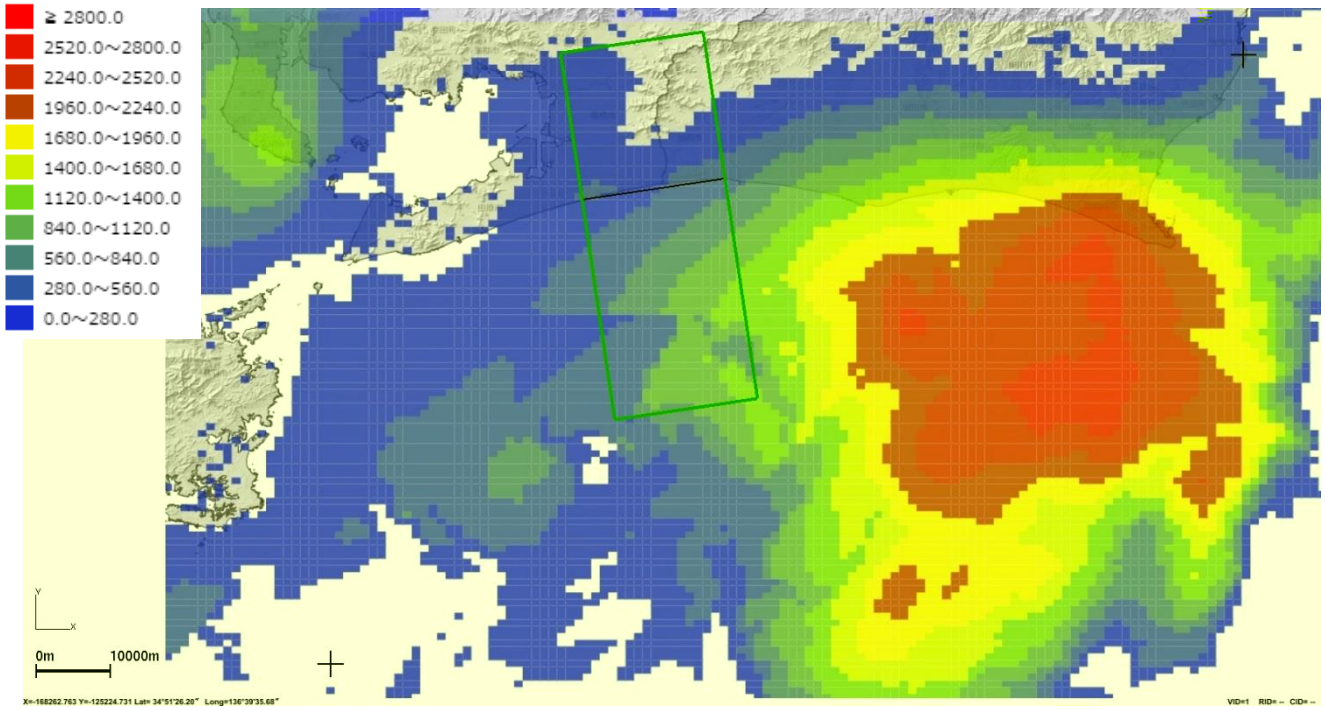
X=-148447.573 Y=-122643.537 Lat= 34°53' 1.06″ Long=136°52'33.84″ VID=1 RID= -- CID= --

1 -320 ID27. ( )

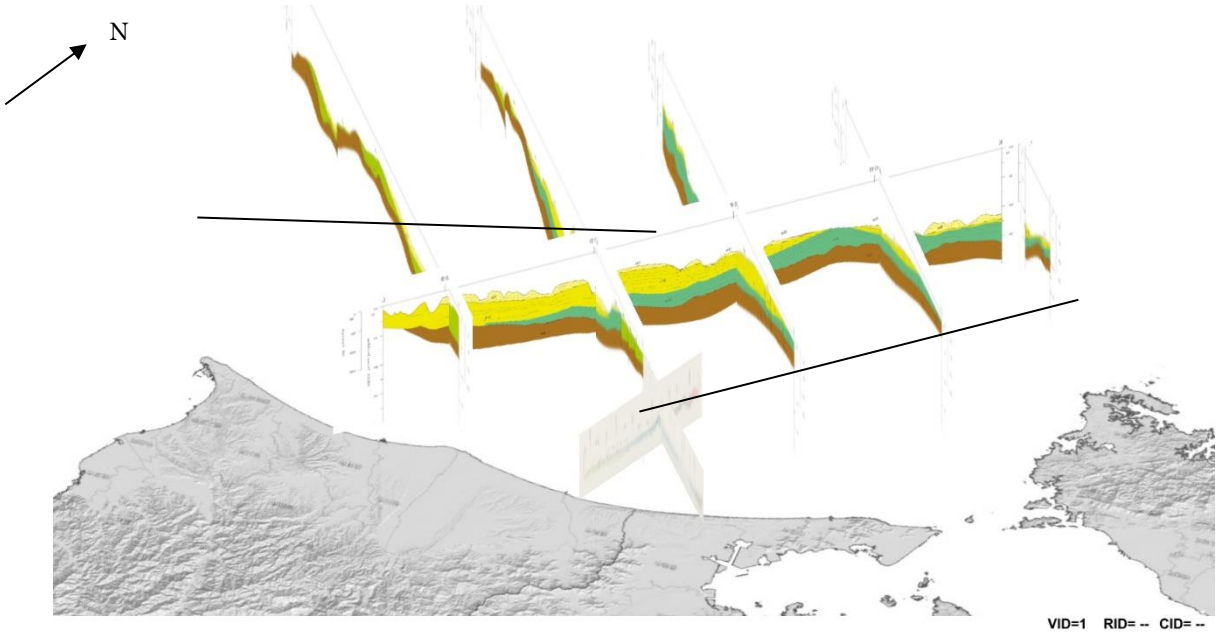


X=-151114.464 Y=-124532.585 Lat= 34°51'58.36″ Long=136°50'50.08″ VID=1 RID= -- CID= --

1 -321 ID27. ( )



1 -322 ID27. ( )



1 -323 ID27.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -324　　3　　1 -325

1 -329　　1 -66

1 -330

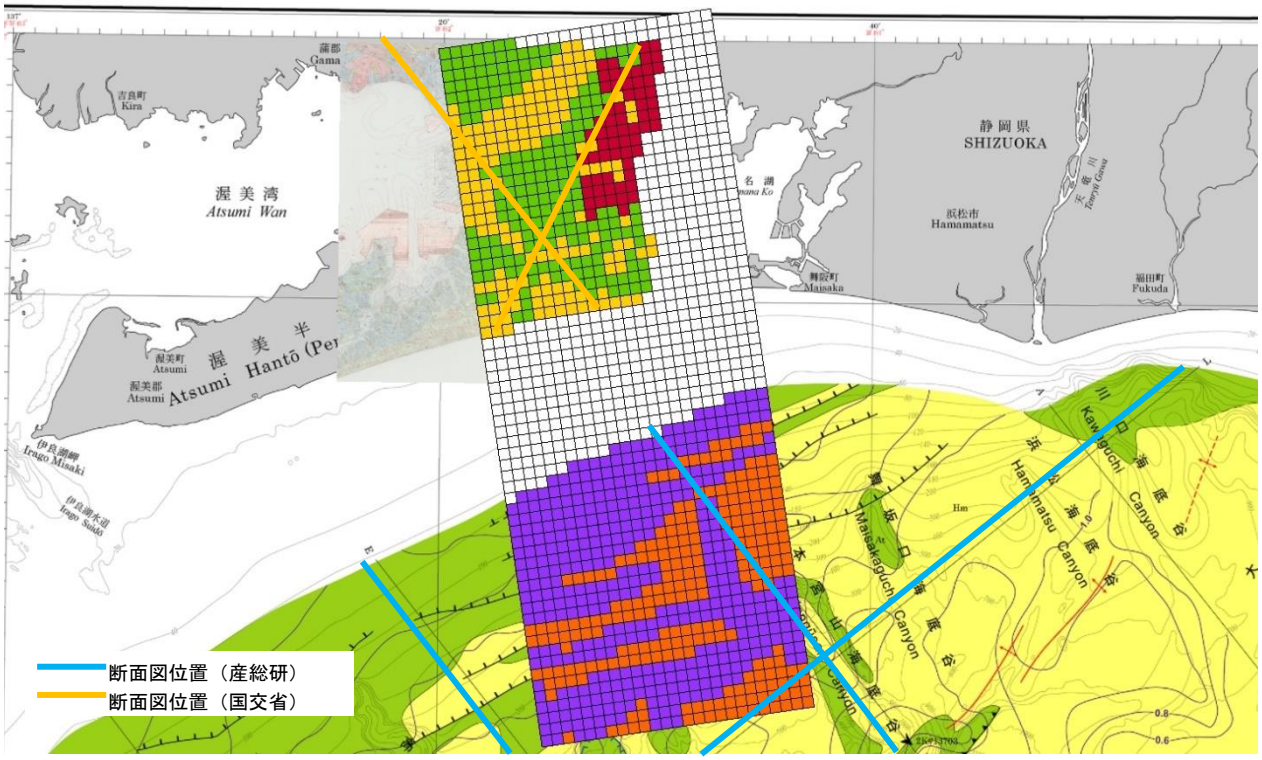
1 -66　ID27.　　AI

1 -325 1 -321 AI

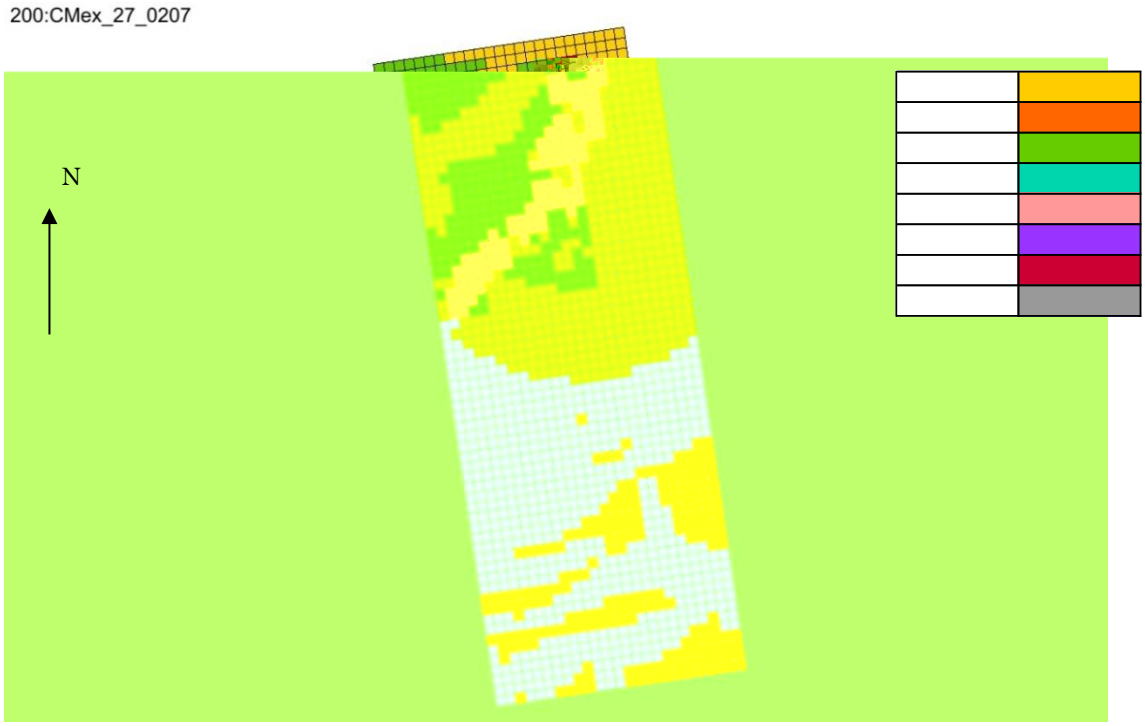
ID

1 -326 1 -327 g

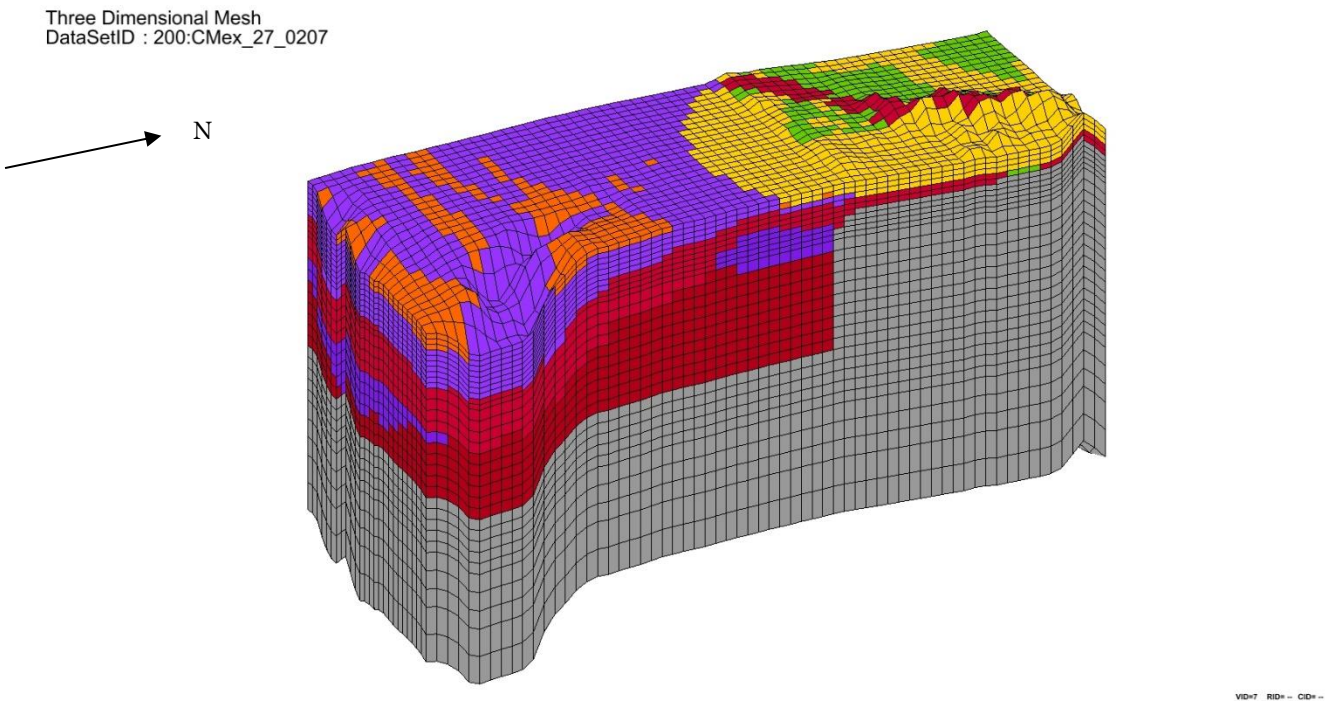
H 1 -328 1 -329



1 -324 ID27.

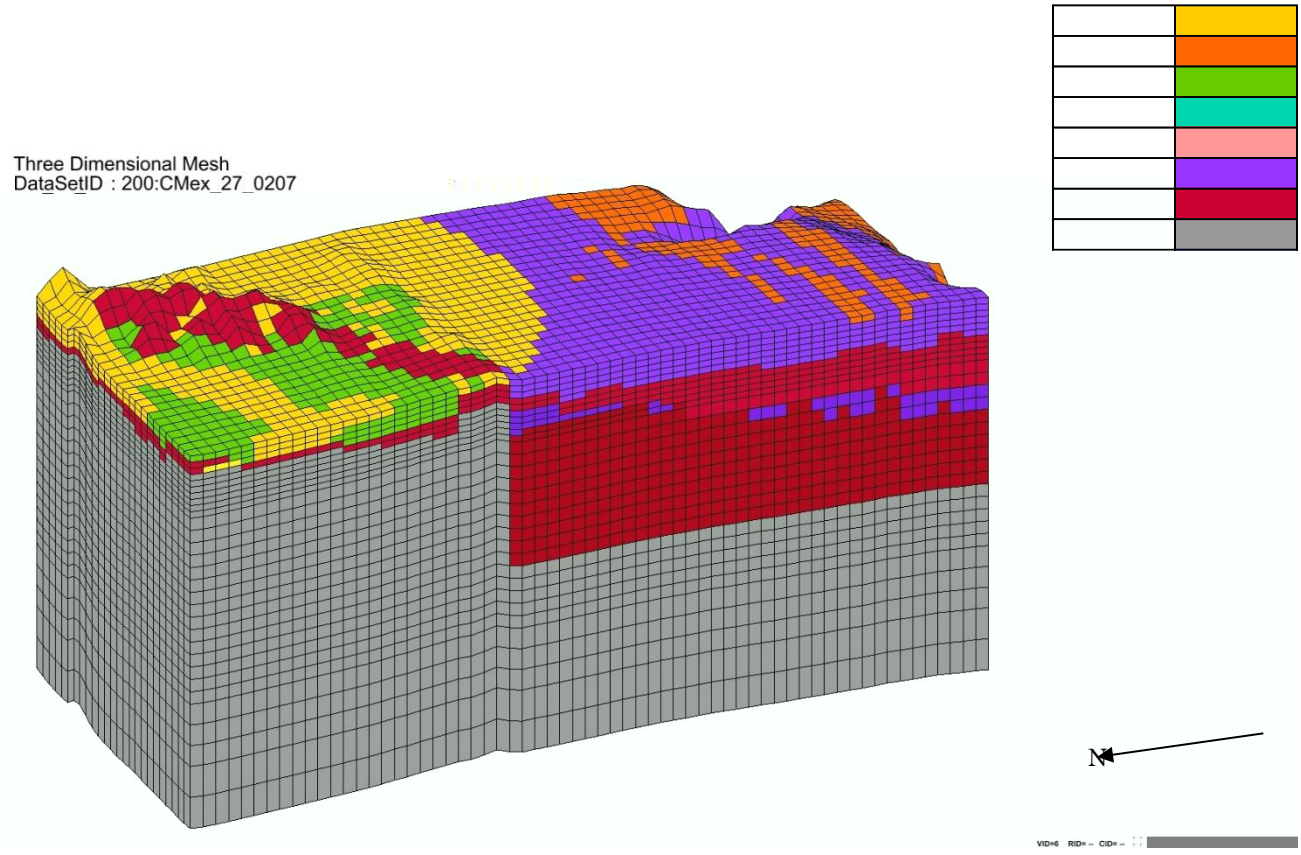


1 -325 ID27. AI



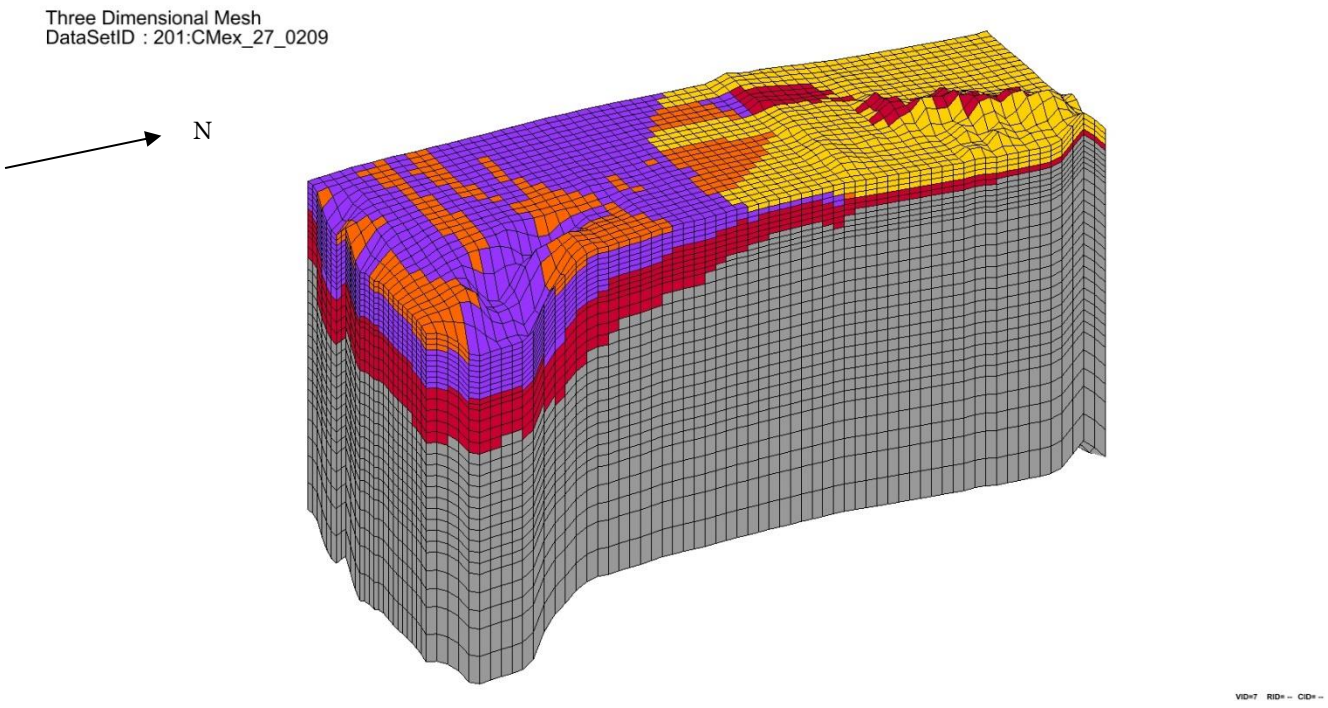
1 -326 ID27. AI

3 (1)



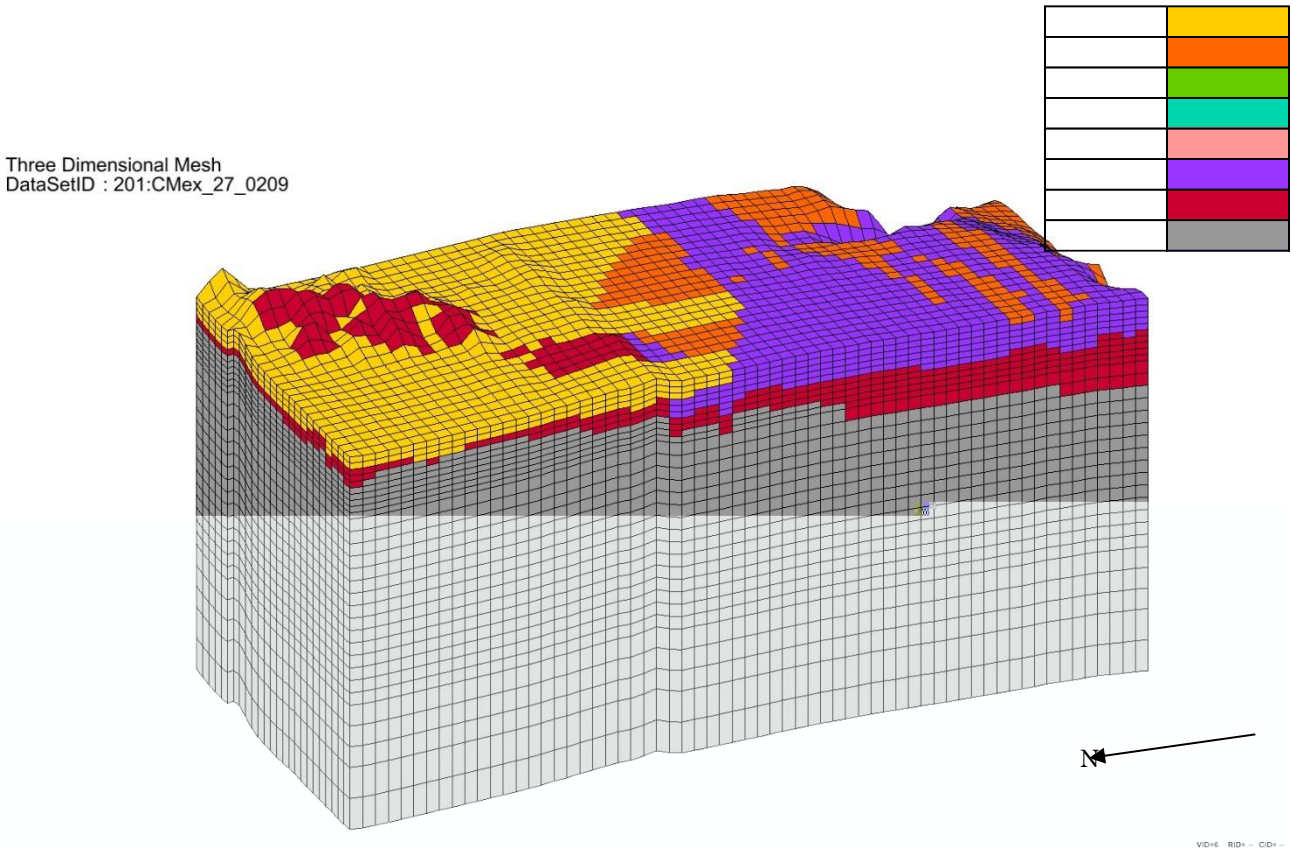
1 -327 ID27. AI

3 (2)



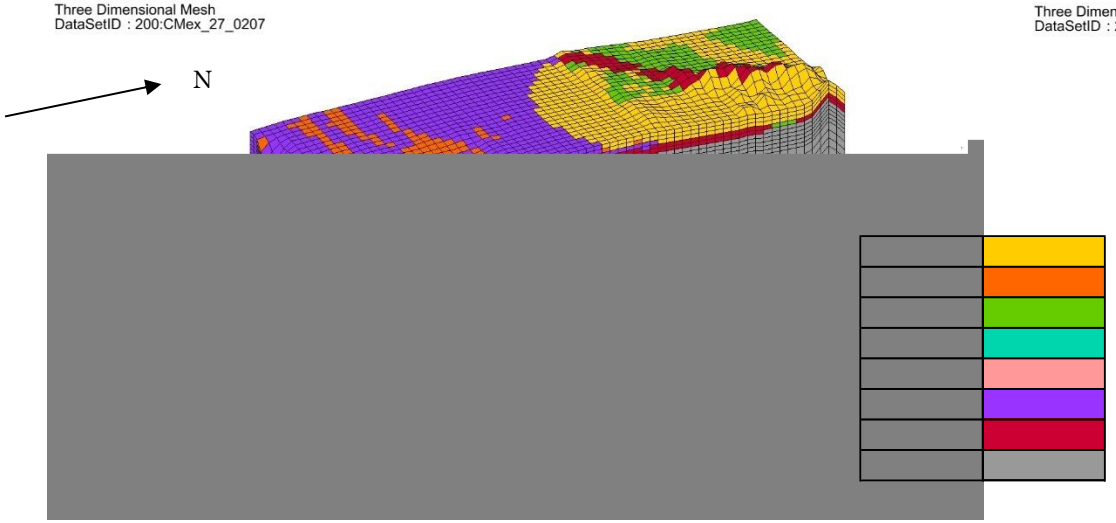
1 -328 ID27. AI

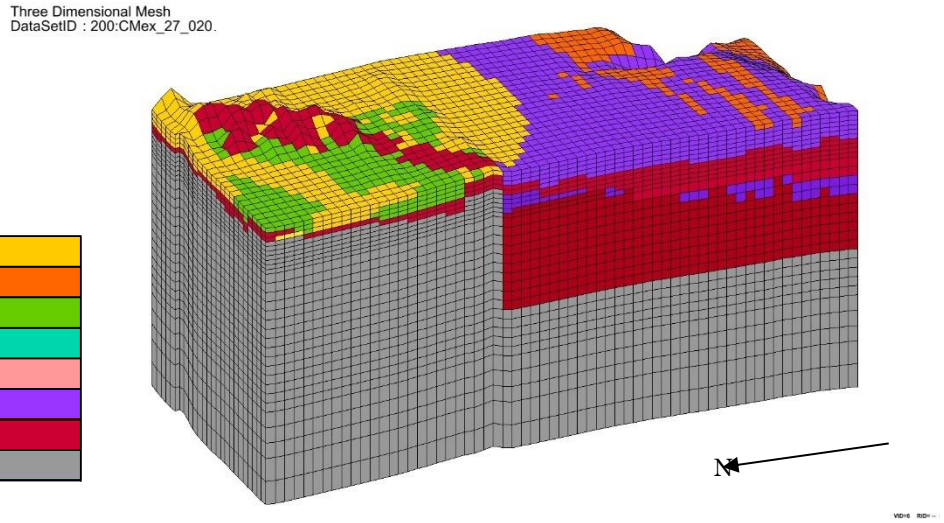
3 (1)

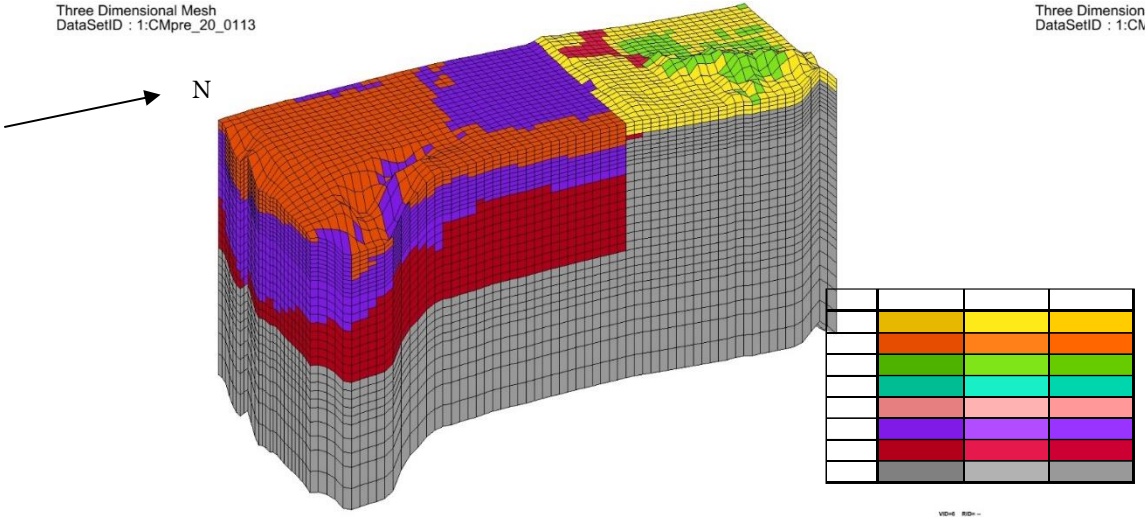


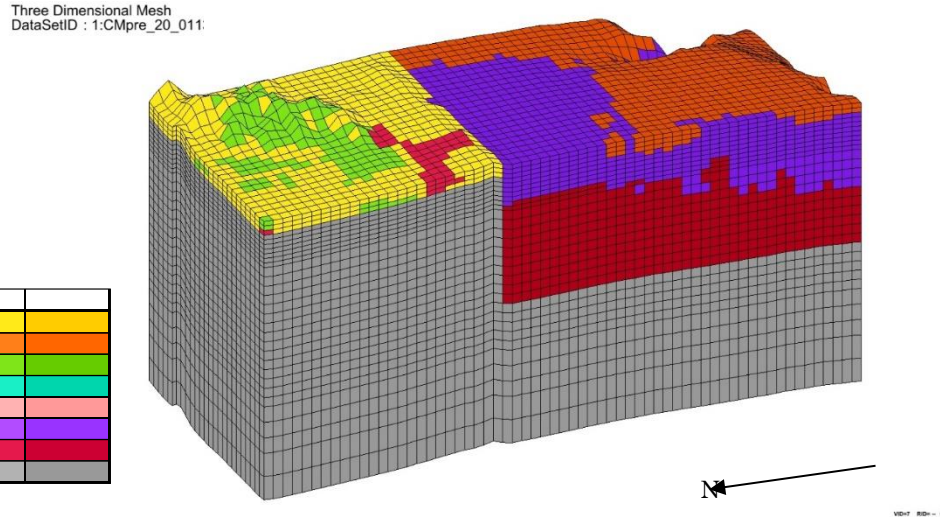
1 -329 ID27. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_27_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_27_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_20_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_20_011
N

1 -330 ID27. 3

ID.28 岡崎

モデル化位置

1 -331

1 -331　ID28.

地域概要

100m

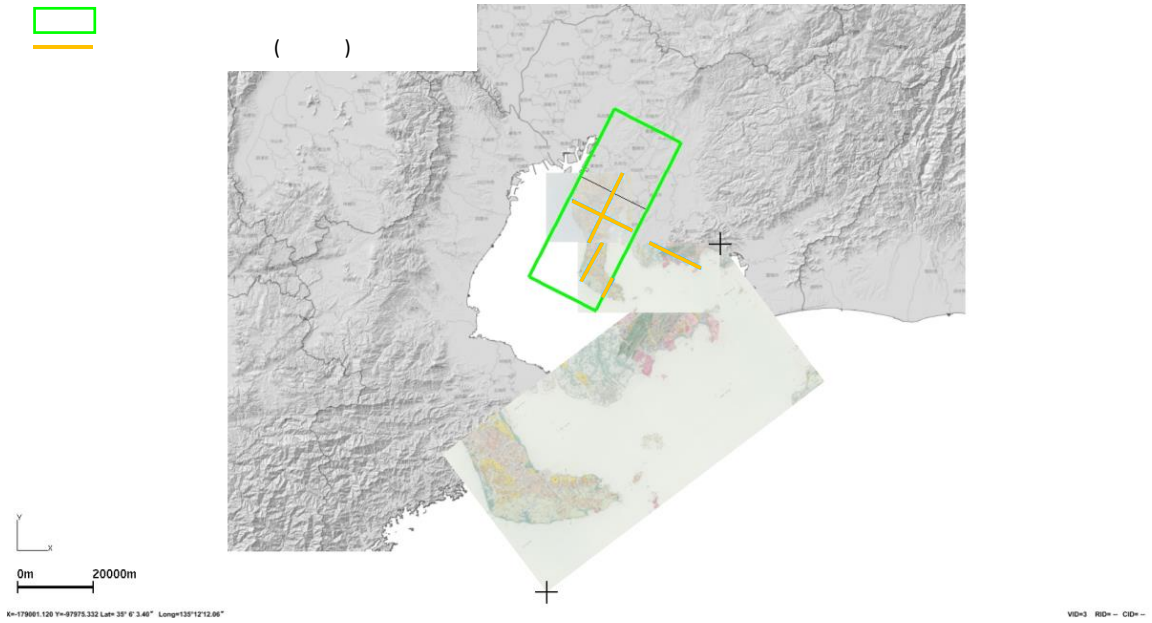
0.3m　8m

引用データ

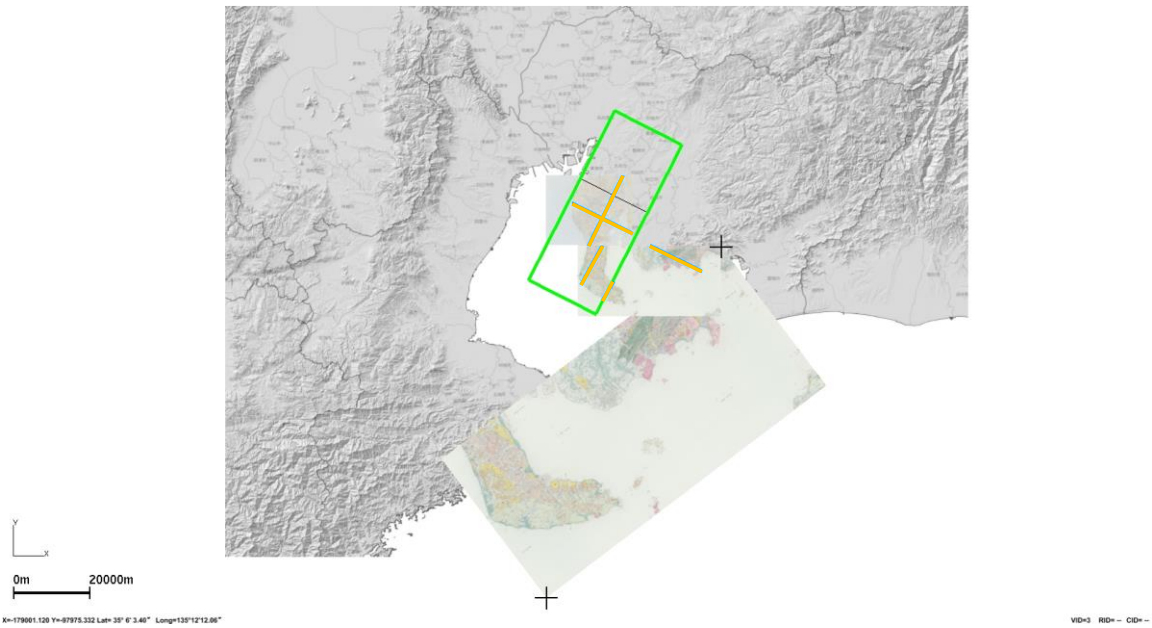
1 -67　　1 -332

1 -331　　1 -335

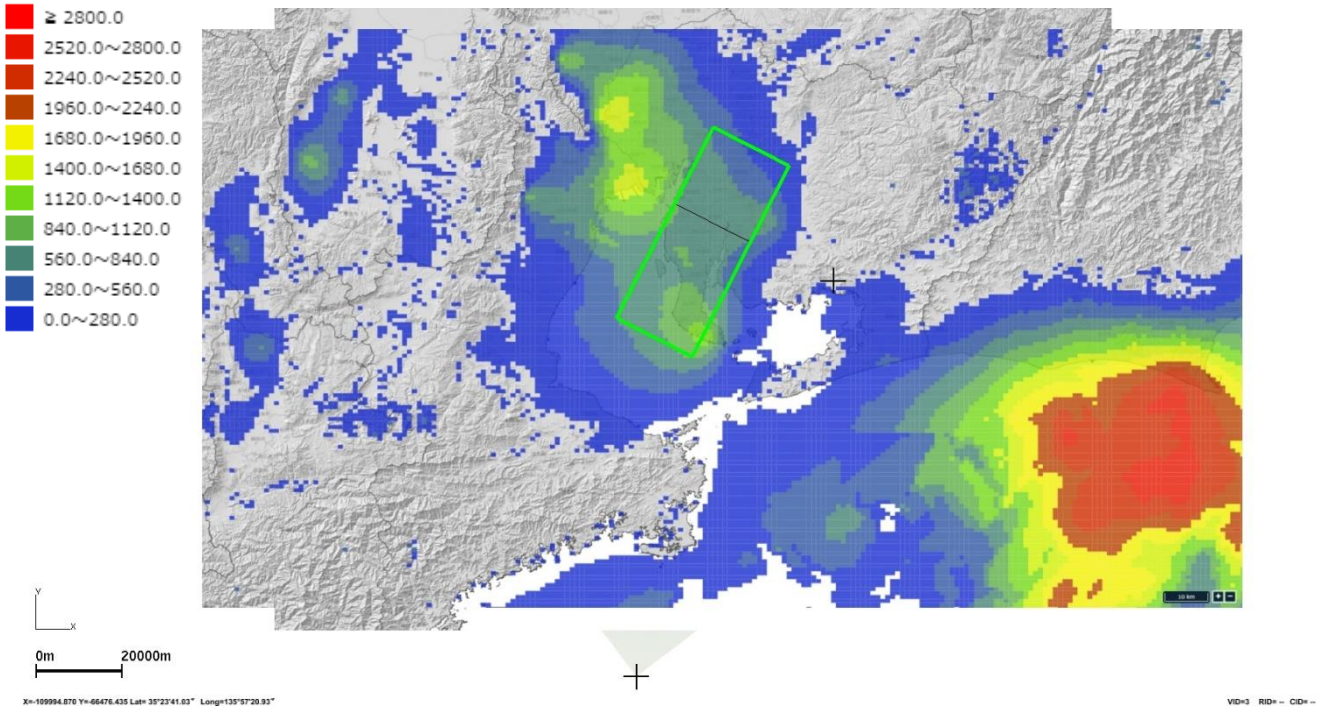
1 -67　ID28.



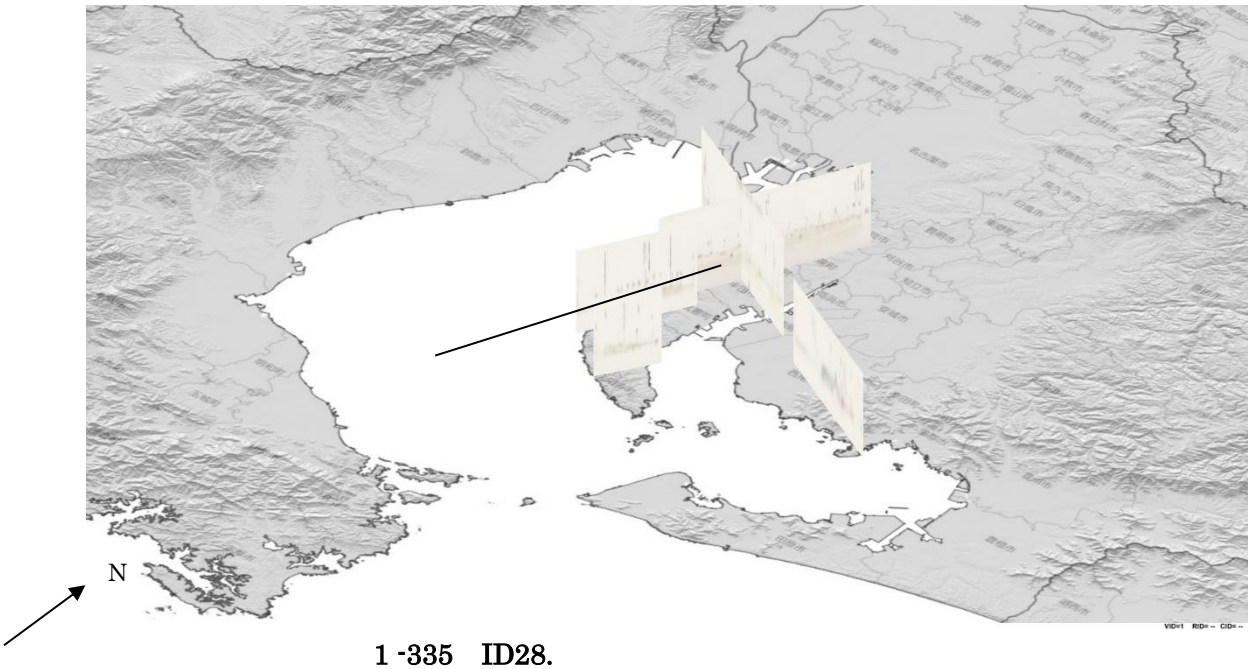
1 -332　ID28.



1 -333　ID28.　　(　　)



1 -334 ID28. ( )



1 -335 ID28.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -336 3 1 -337

1 -341 1 -68

1 -342

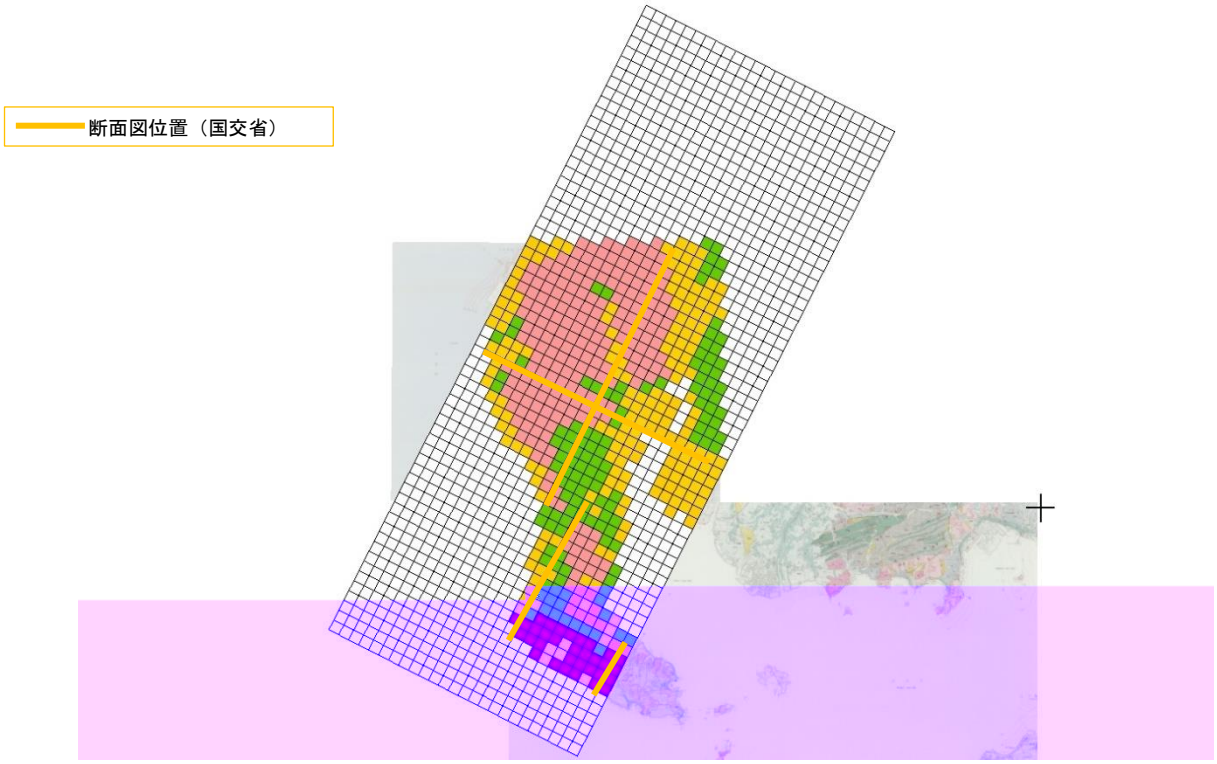
1 -68　ID28.　AI

1 -337 1 -336 AI

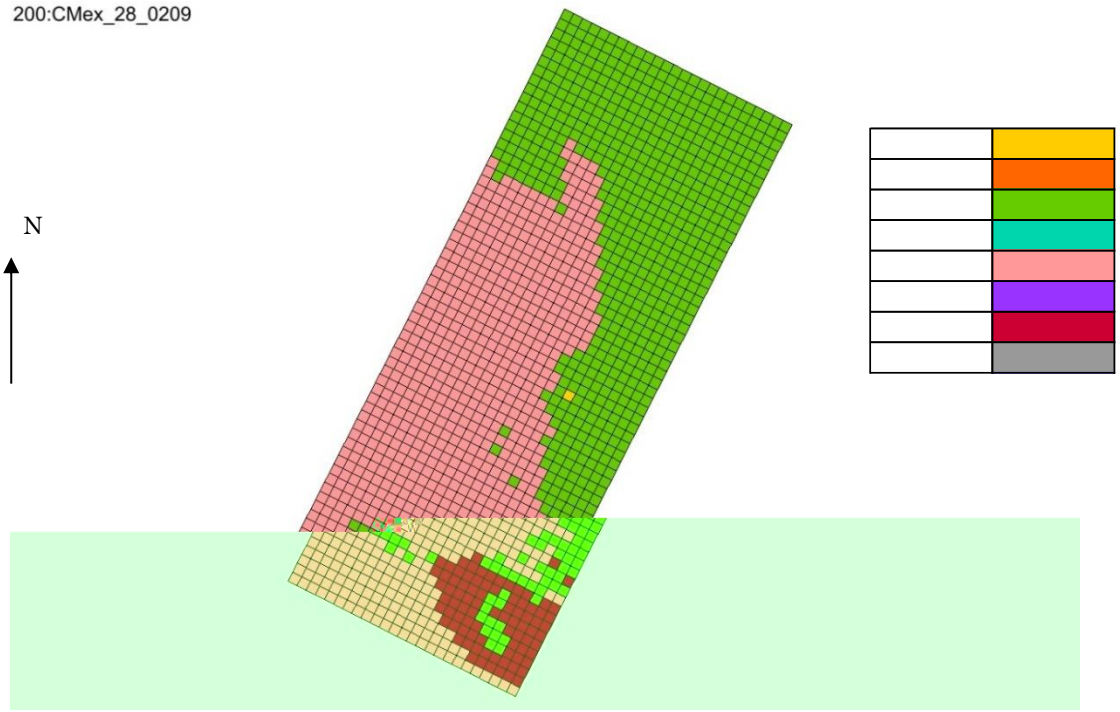
ID

1 -338 1 -339 altsm

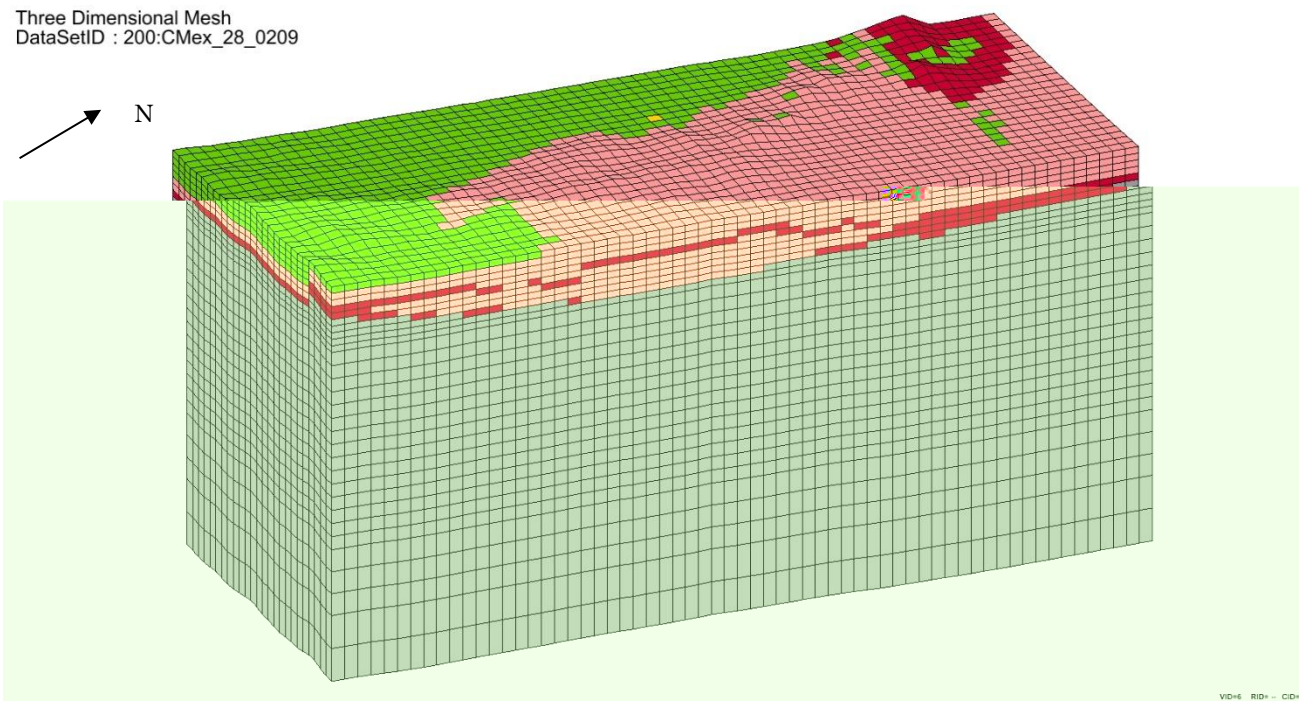
N3 1 -340 1 -341



1 -336 ID28.

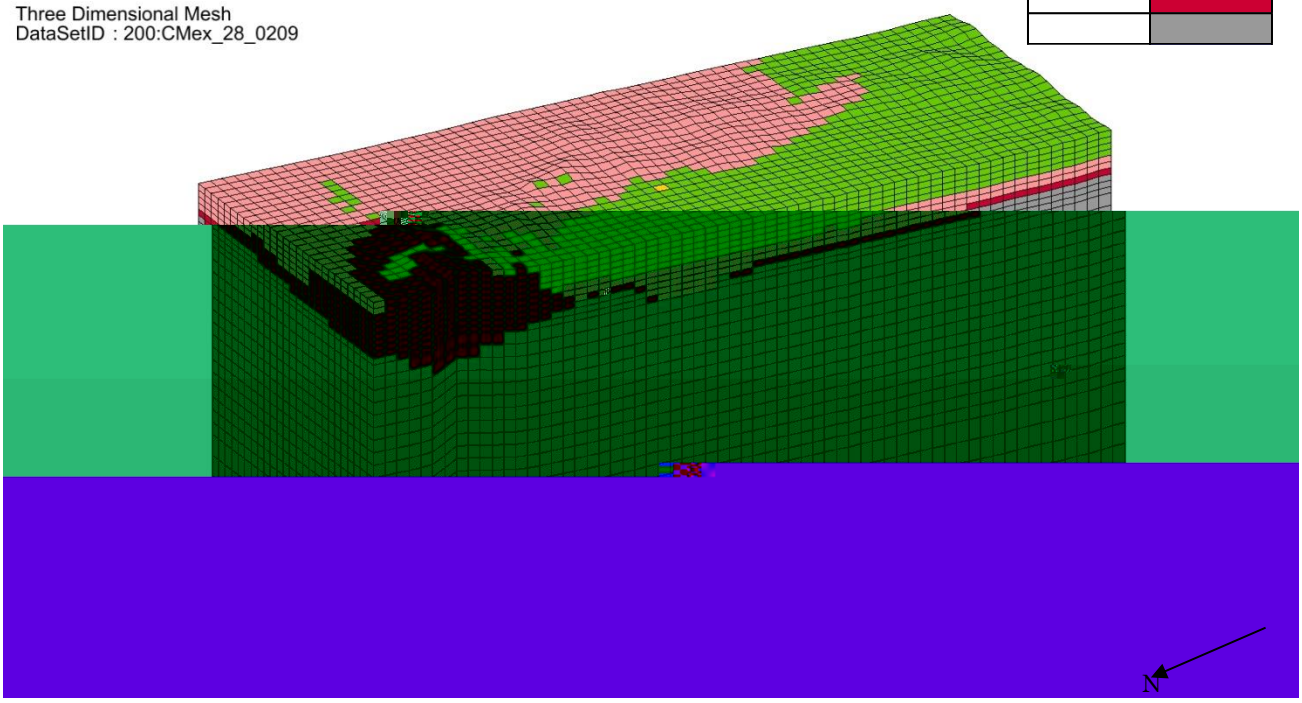


1 -337 ID28. AI



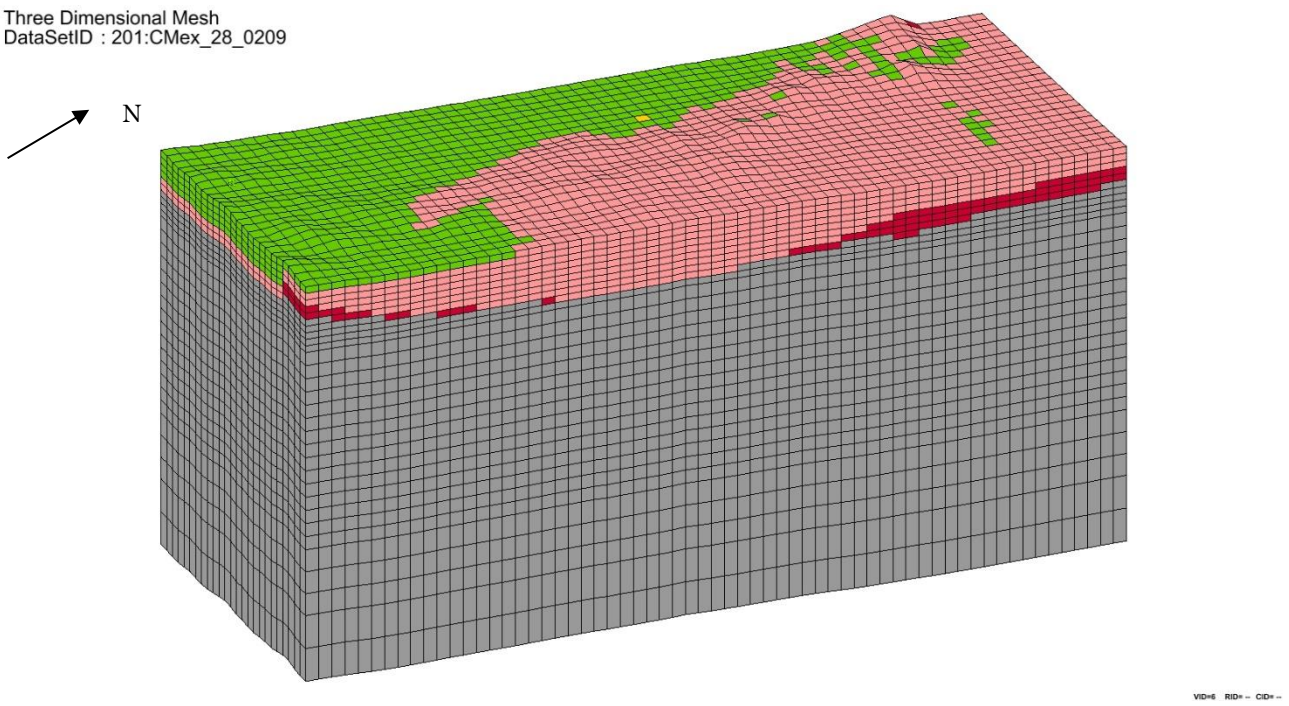
1 -338 ID28. AI

3 (1)



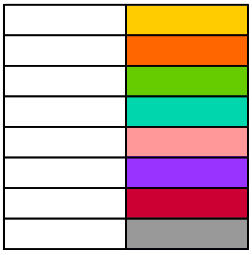
1 -339 ID28. AI

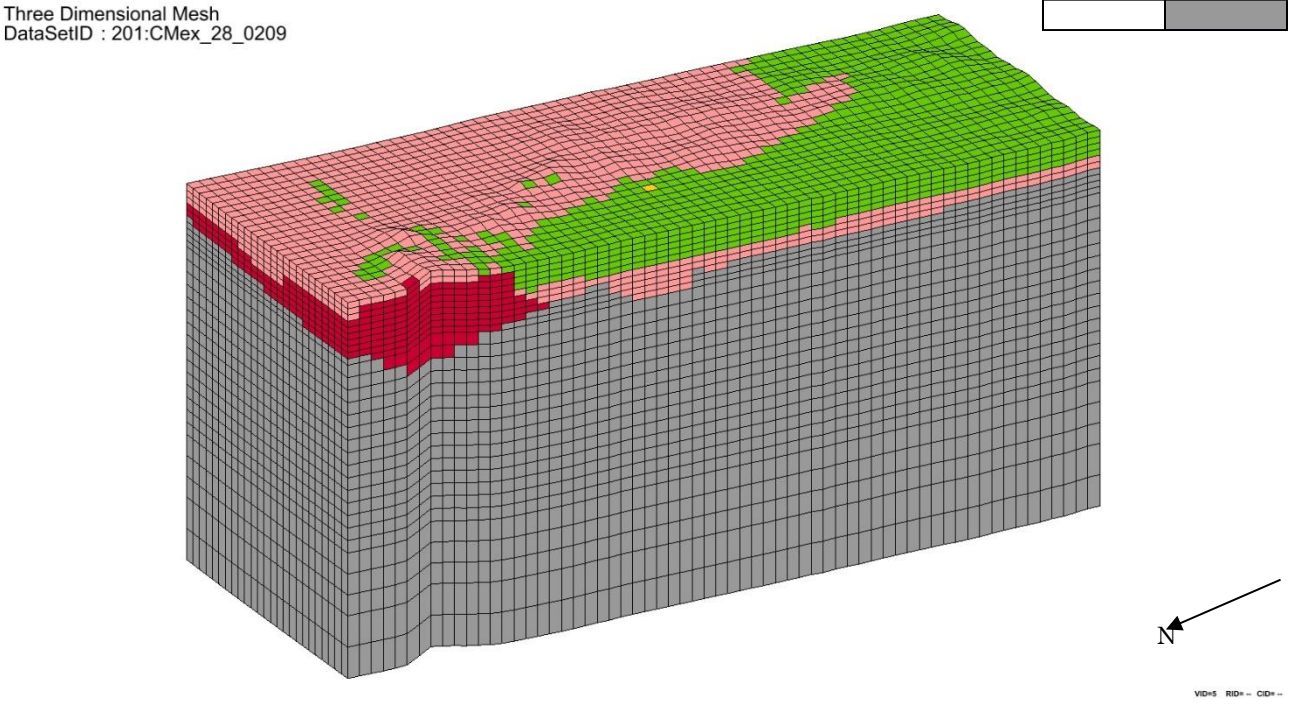
3 (2)



1 -340 ID28. AI

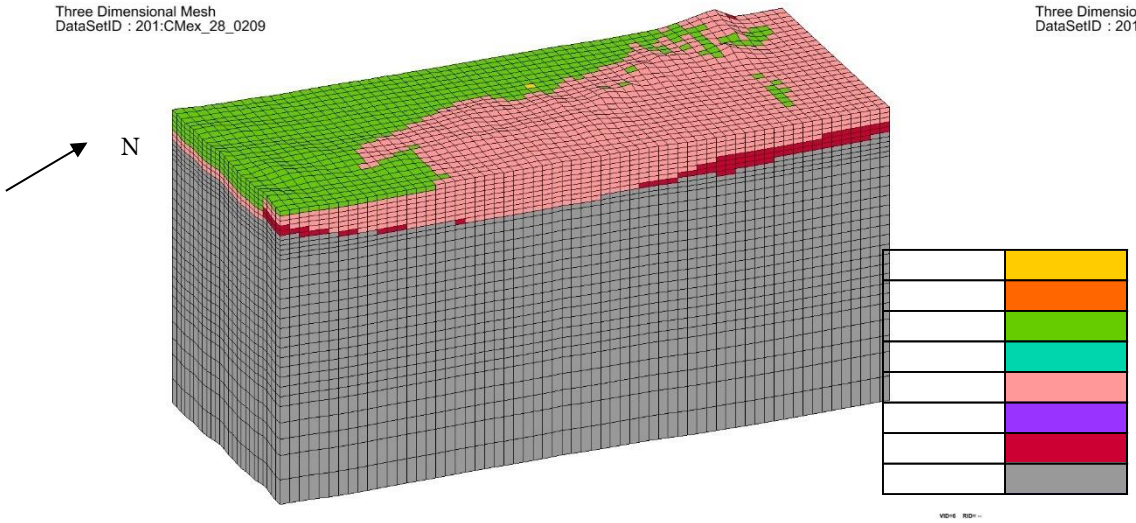
3 (1)

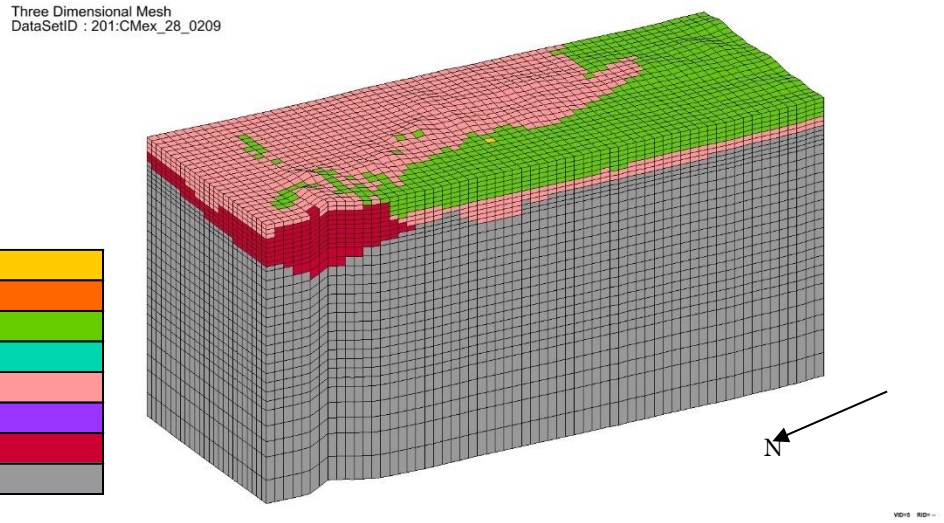


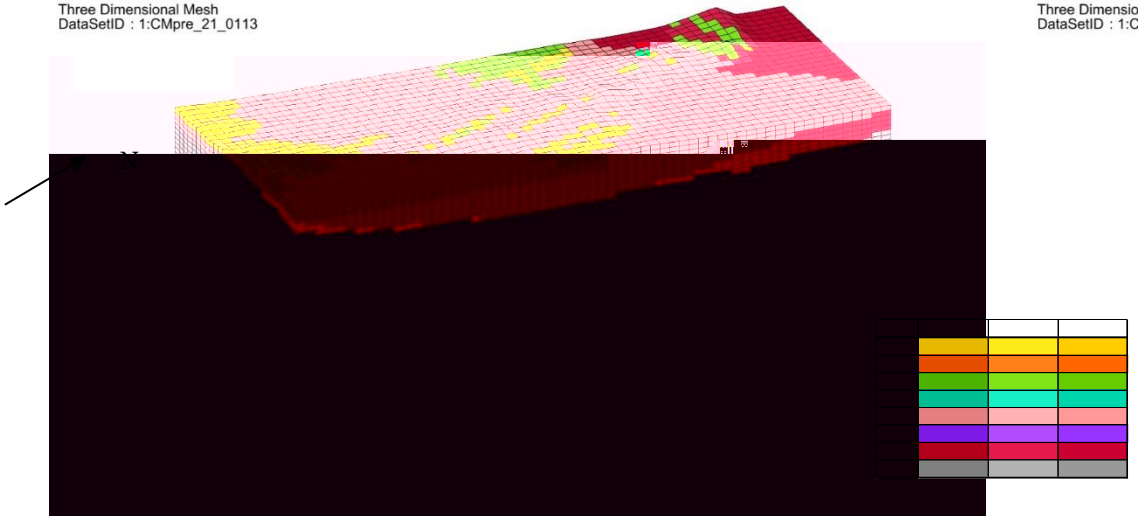


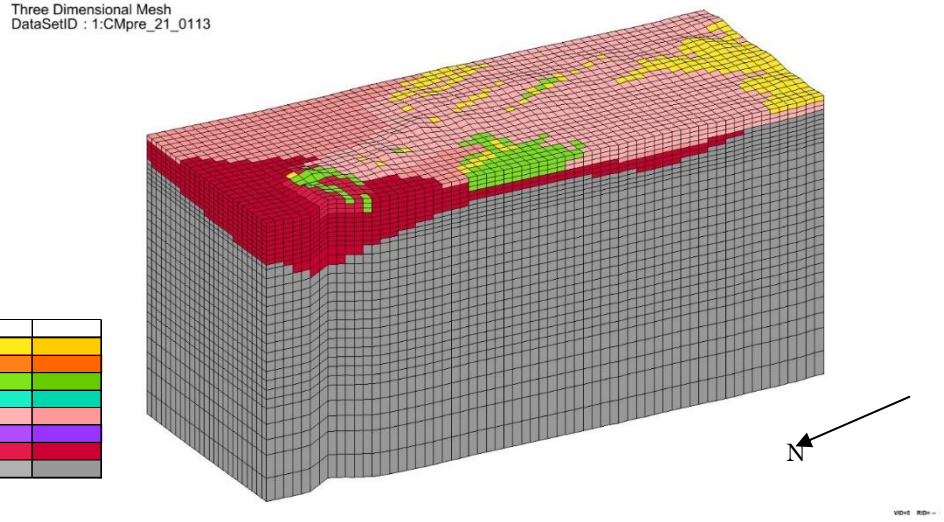
1 -341 ID28. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_28_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_28_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_21_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_21_0113
N

1 -342 ID28. 3

ID.29 濃尾

モデル化位置

1 -343

1 -343　ID29.

地域概要

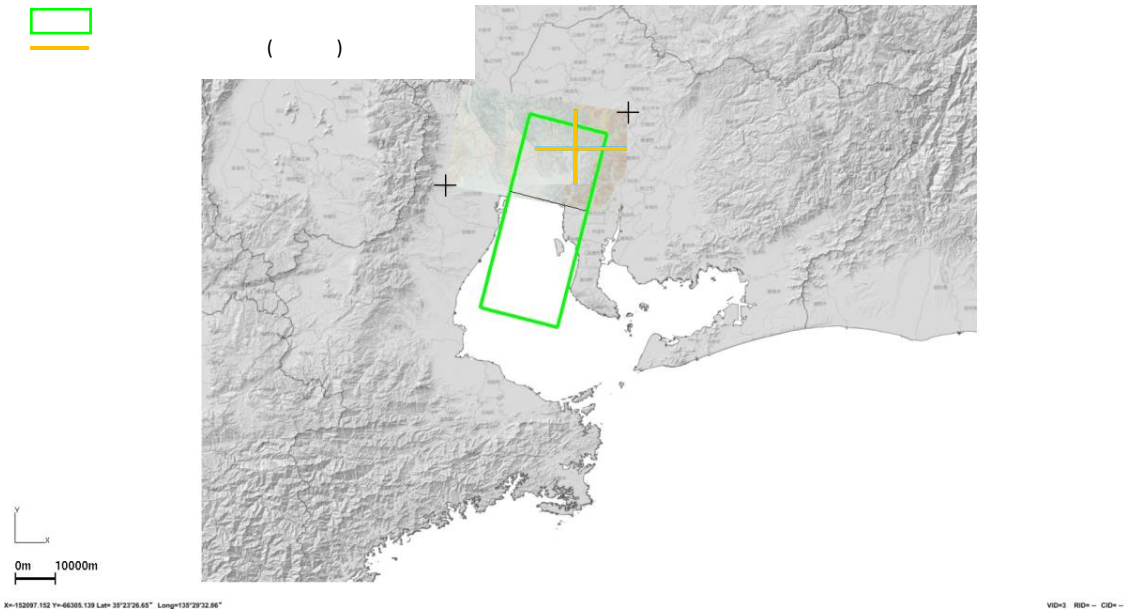
引用データ

1 -69 1 -344

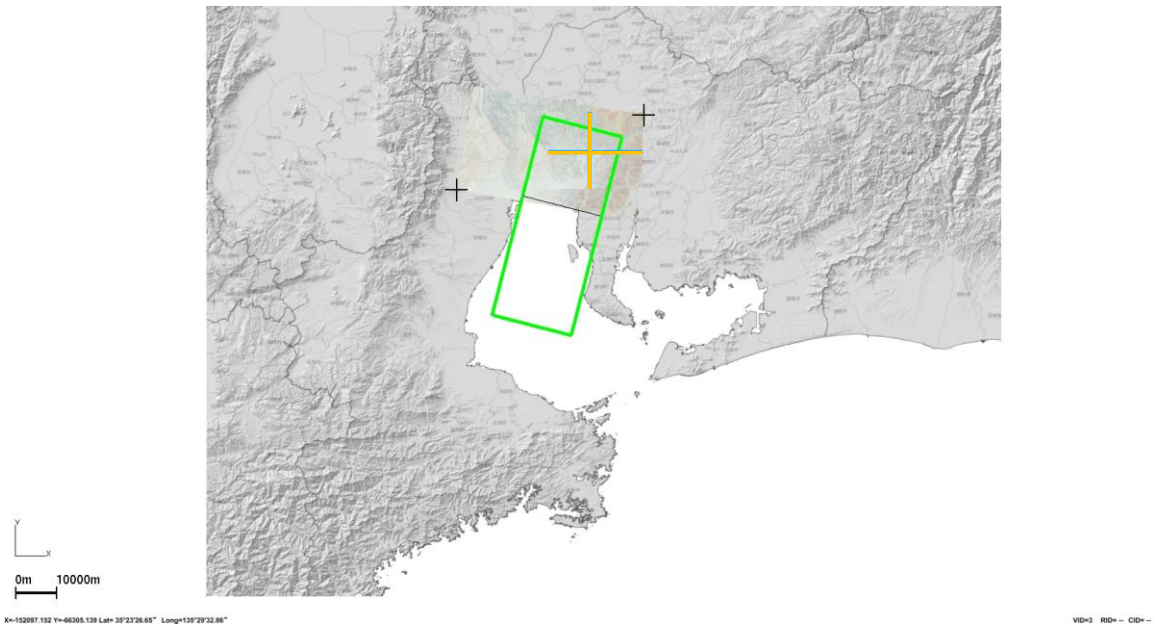
1 -346 1 -31 7

1 -69 ID29.

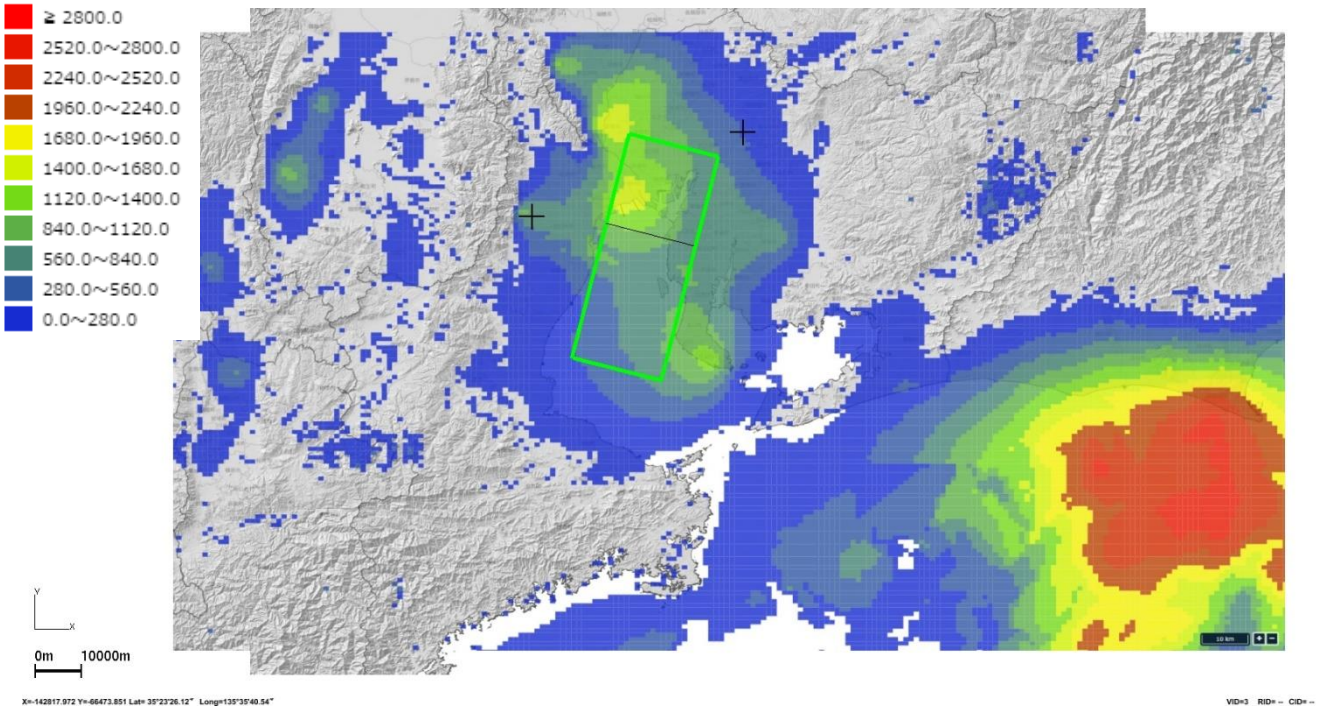
( )



1 -344 ID29.



1 -345 ID29. ( )



1 -346 ID29. ( )

1 -347 ID29.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1-348 3 1-349

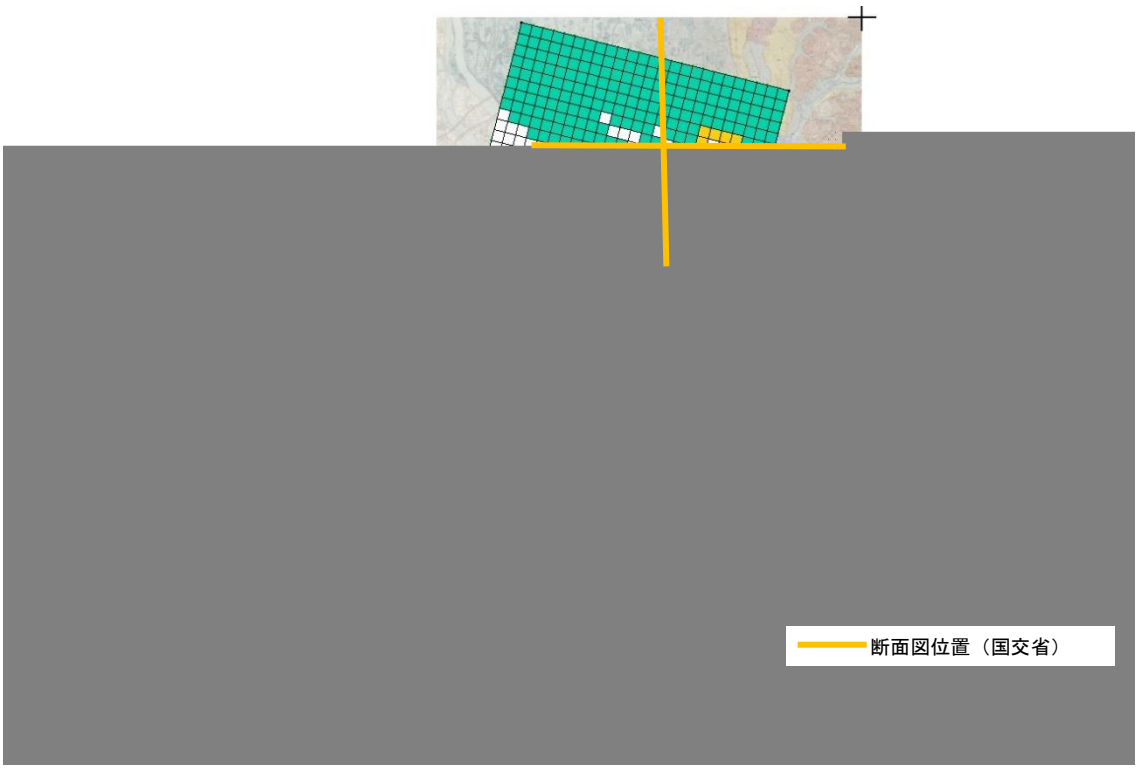
1-351 1-70

1-352

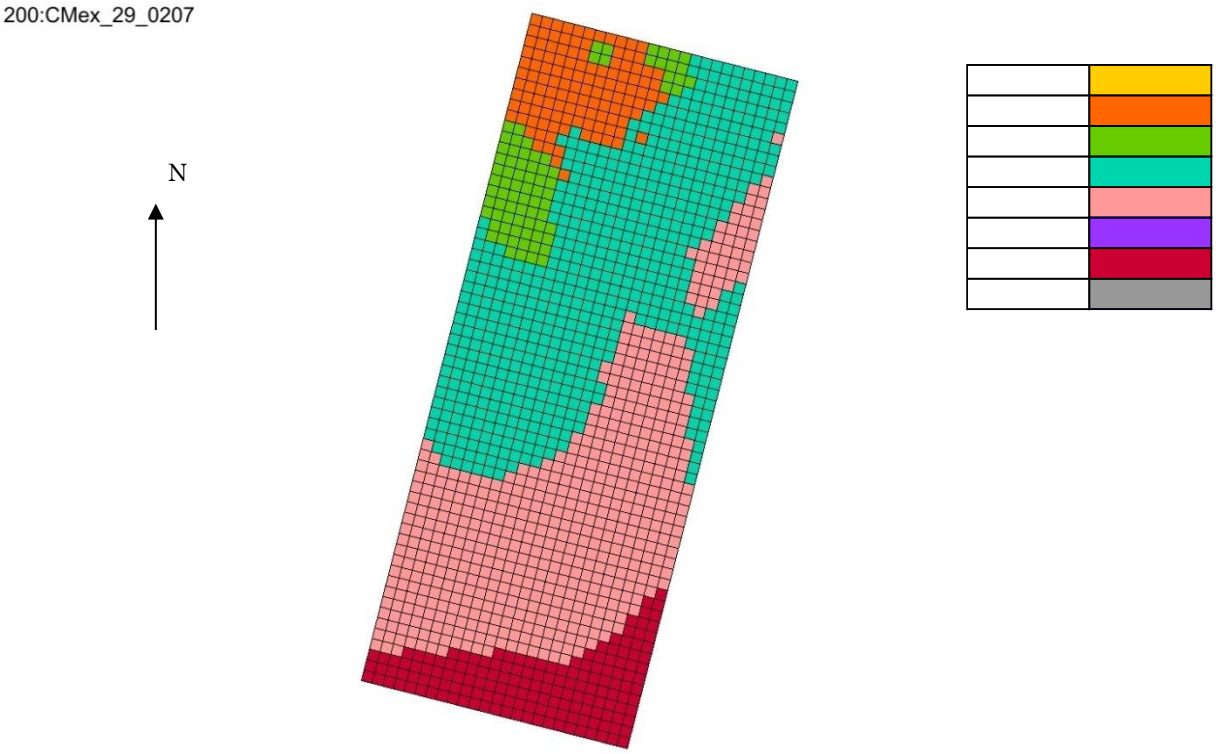
1-70 ID29. AI

1 -349　　1 -348　　AI

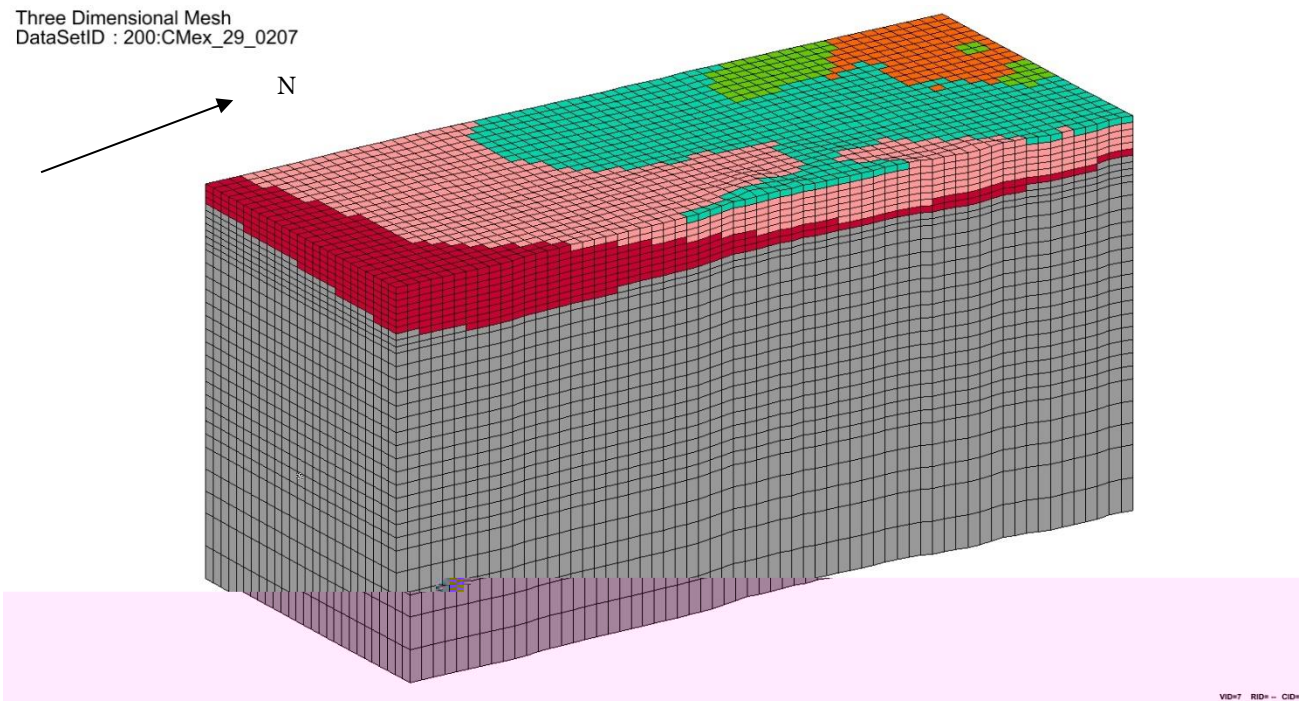
ID



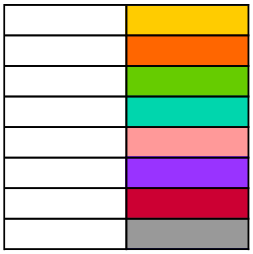
1 -348　ID29.

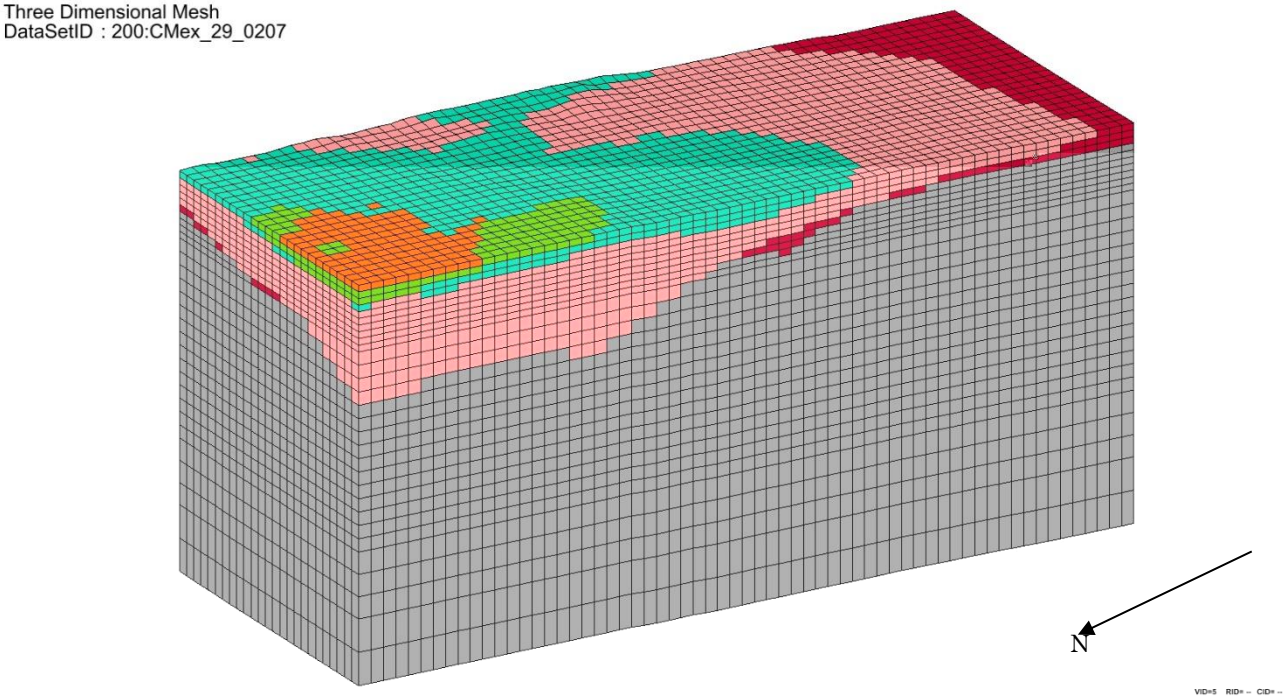


1 -349　ID29.　　AI

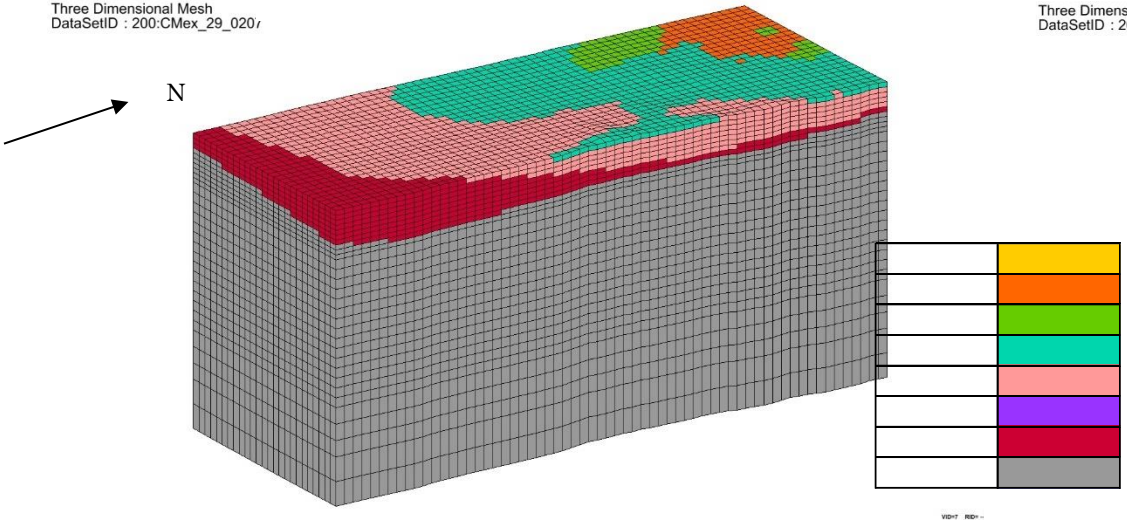


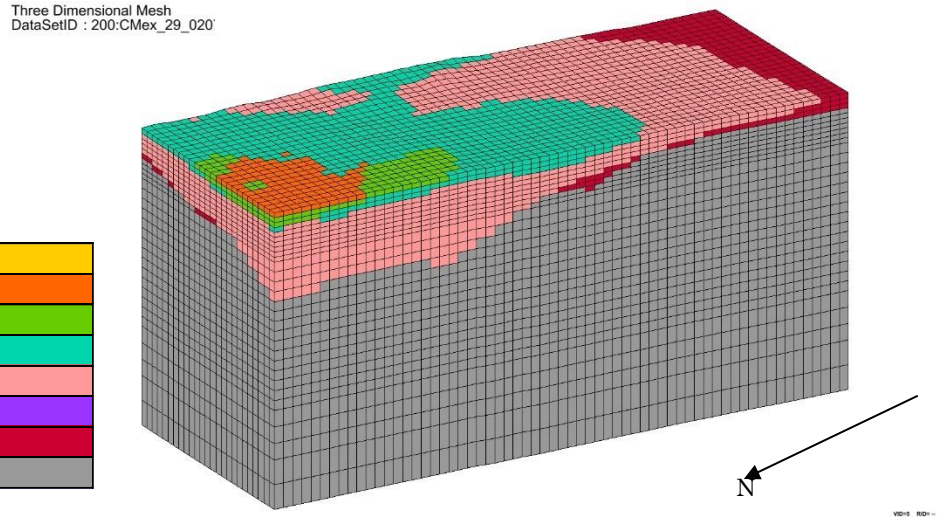
1 -350 ID29. AI 3 (1)

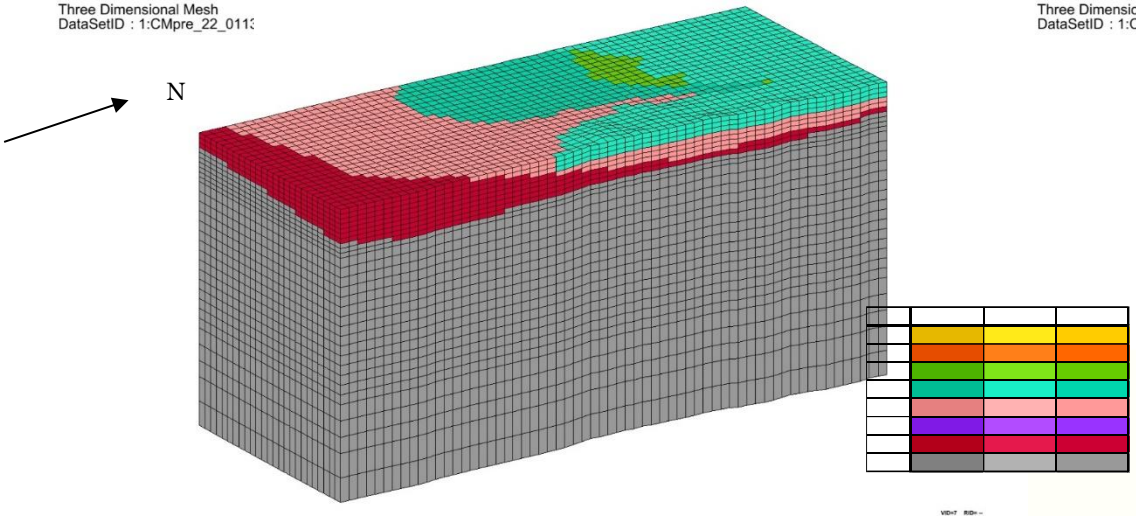


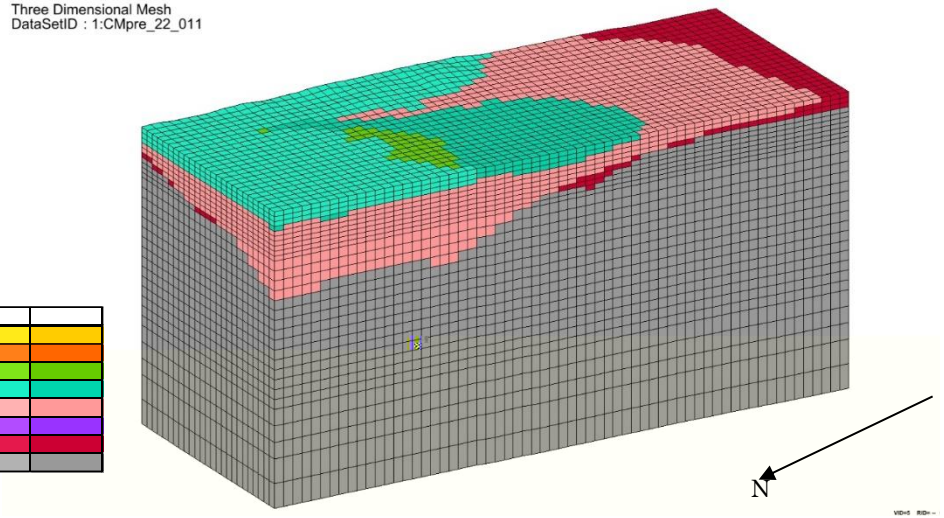


1 -351 ID29. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_29_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_29_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_22_011
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_22_011
N

1 -352 ID29. 3

ID.30 伊勢

モデル化位置

1 -353　ID30.

地域概要

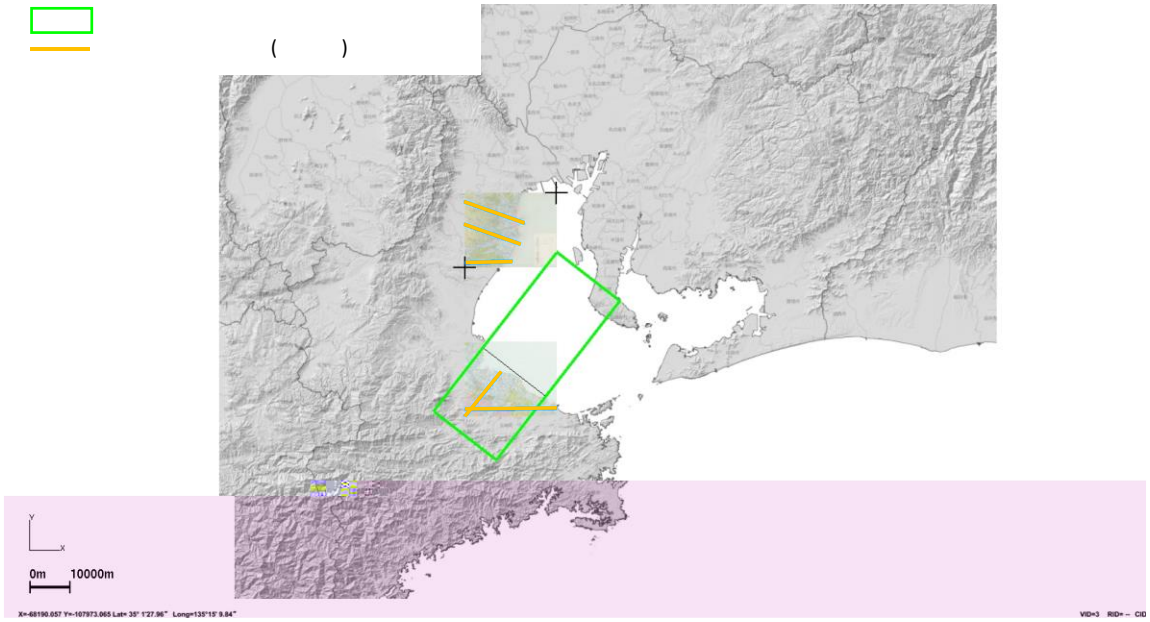
引用データ

1 -71 1 -354

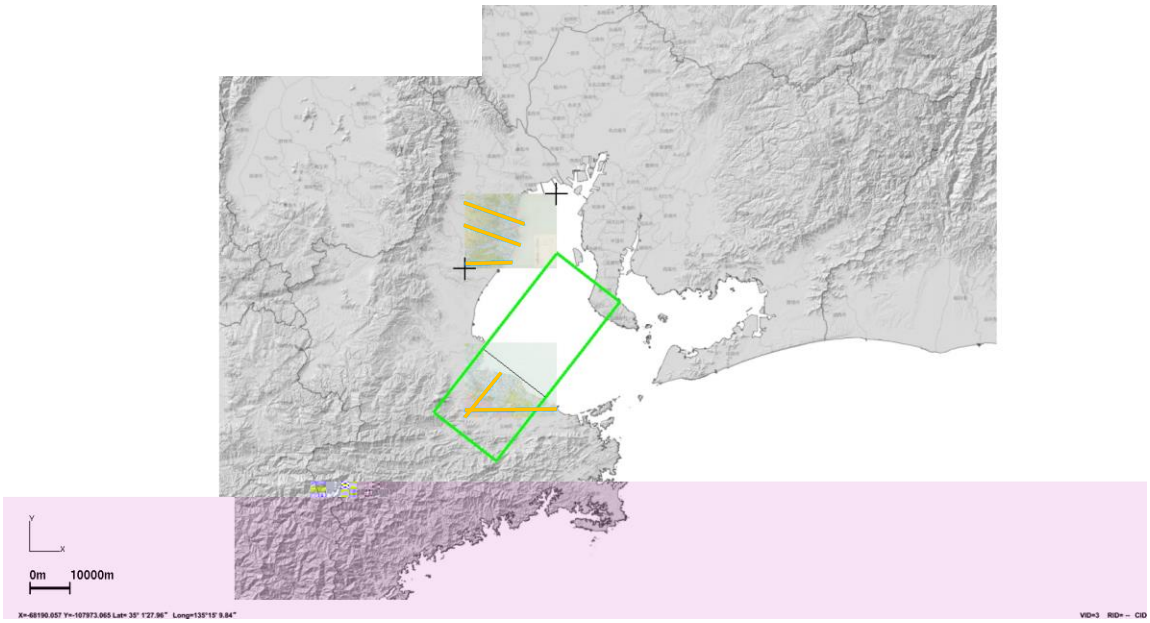
1 -356 1 -357

1 -71 ID30.

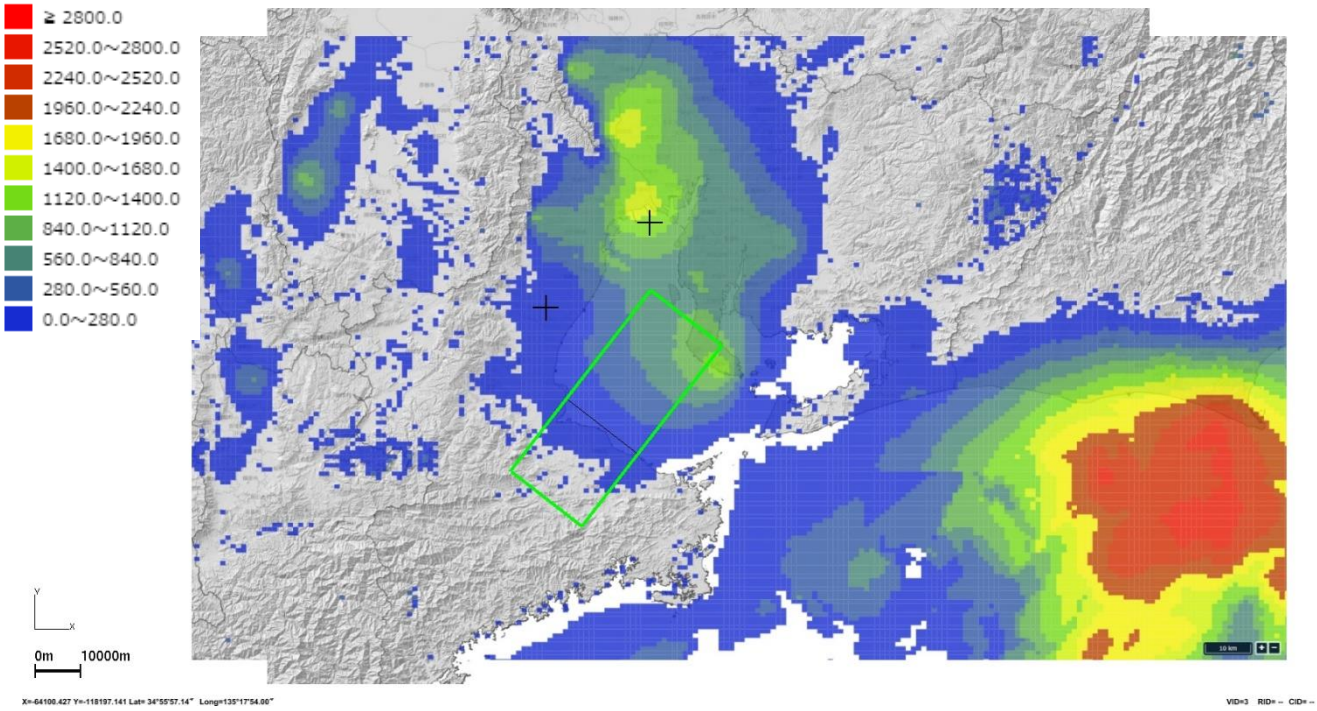
( )



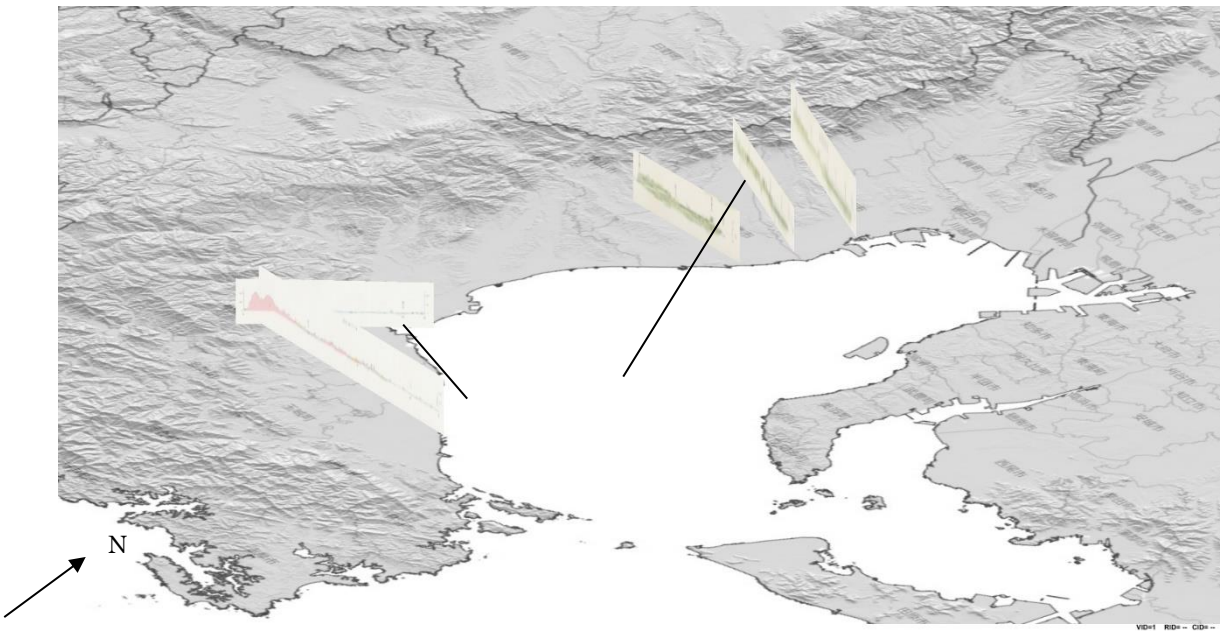
1 -354 ID30.



1 -355 ID30. ( )



1 -356 ID30. ( )



1 -357 ID30.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

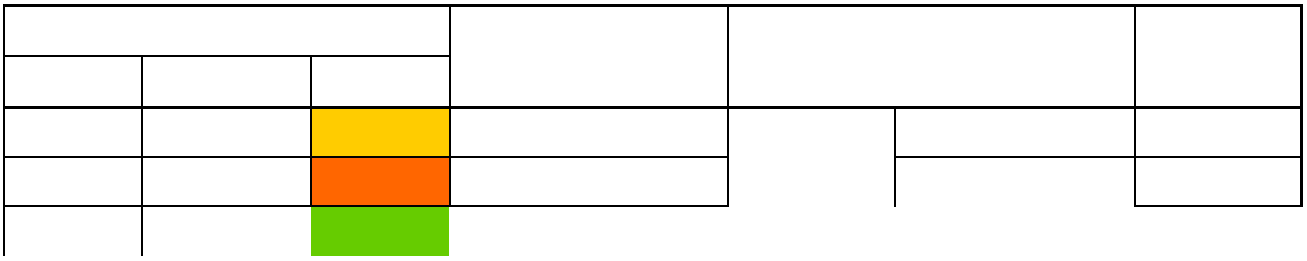
AI 学習・予測

AI　　1 -358　　3　　1 -359

1 -361　　1 -72

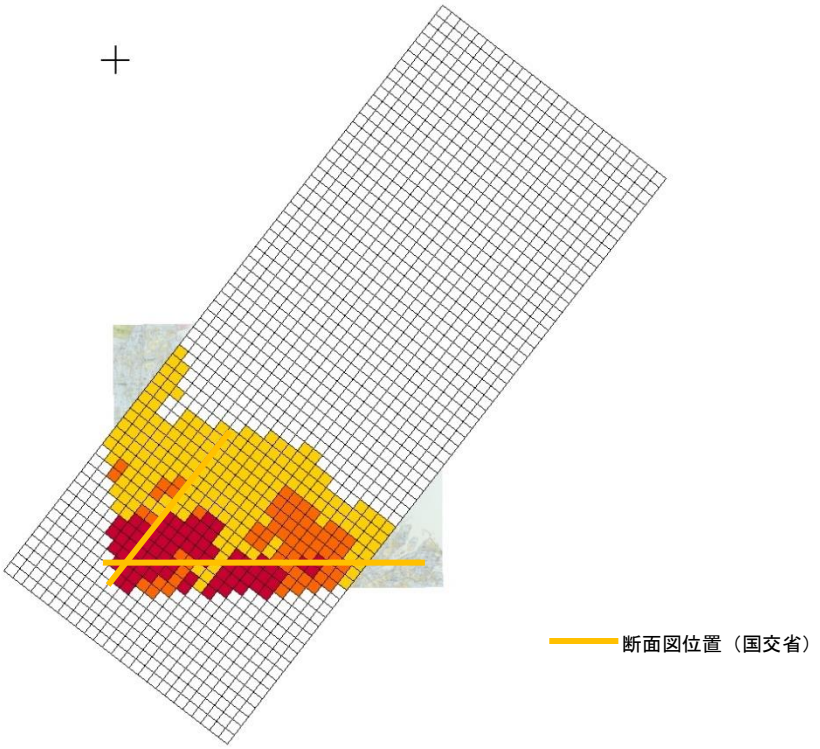
1 -362

1 -72　ID30.　　AI

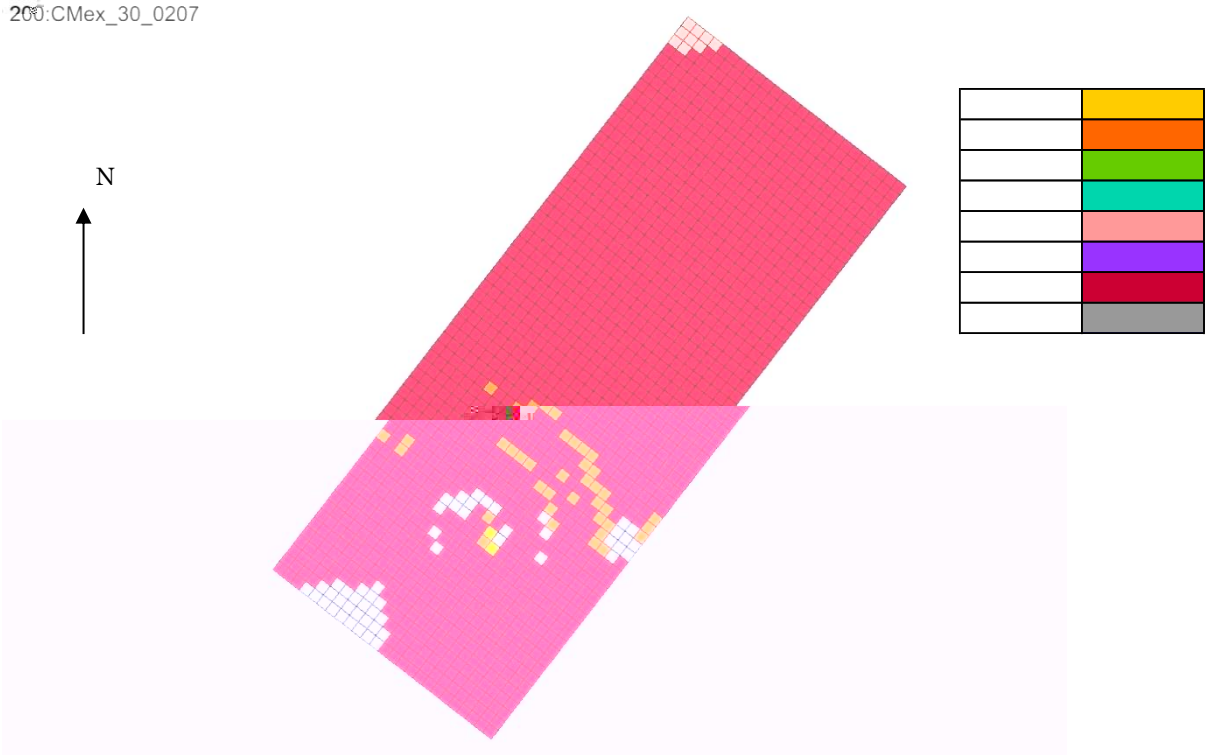


1 -359　　1 -358　　AI

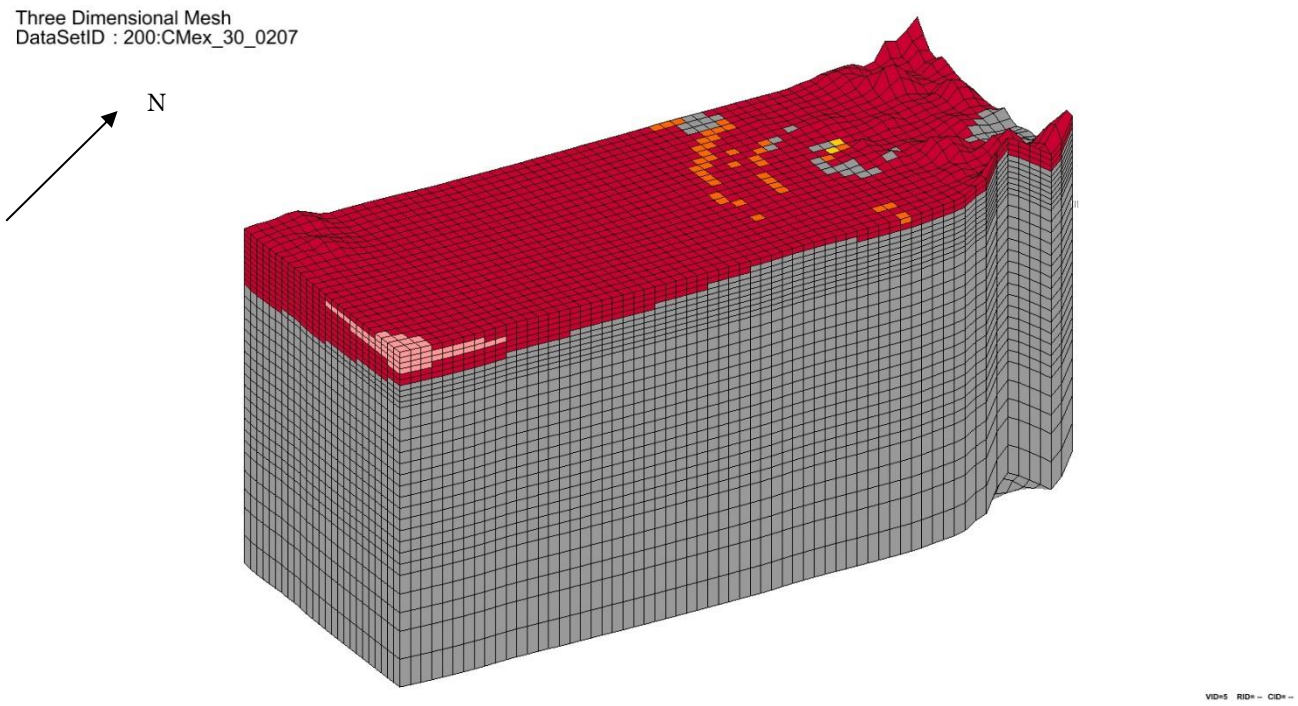
ID



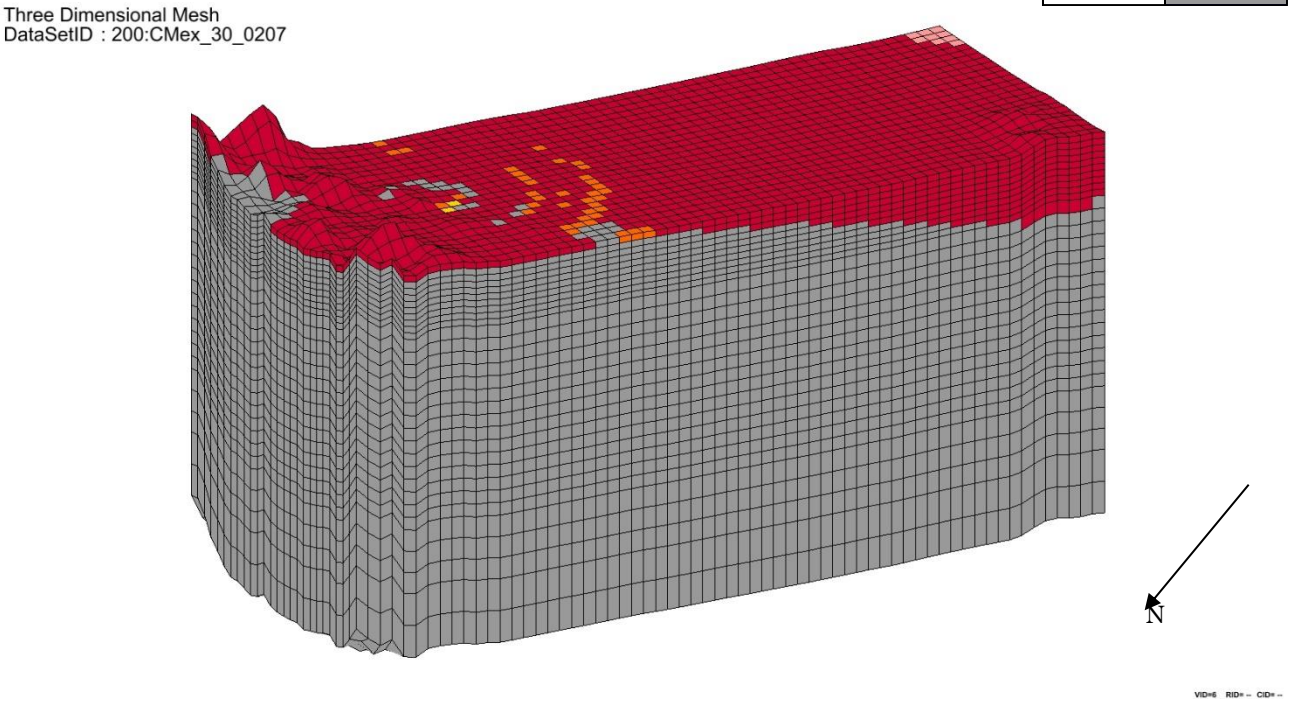
1 -358　ID30.



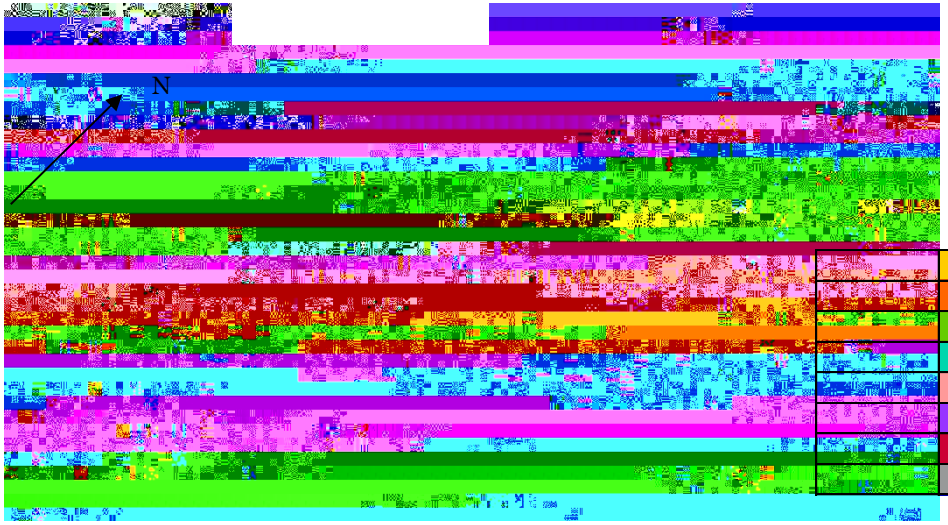
1 -359　ID30.　　AI

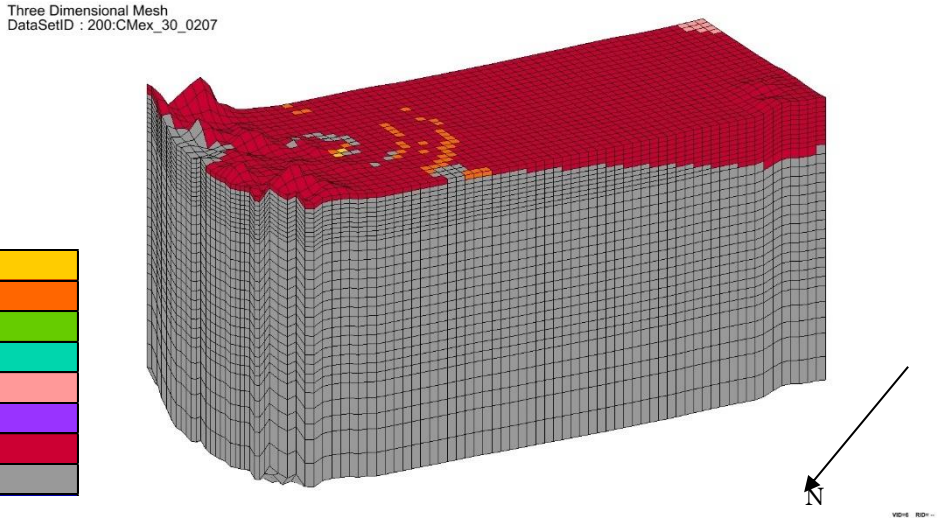


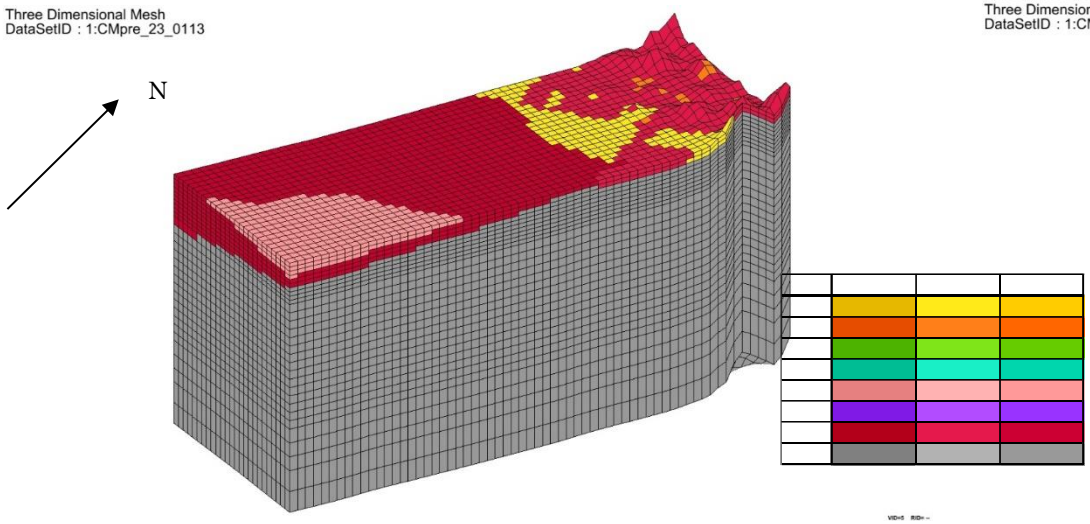
1 -360 ID30. AI 3 (1)

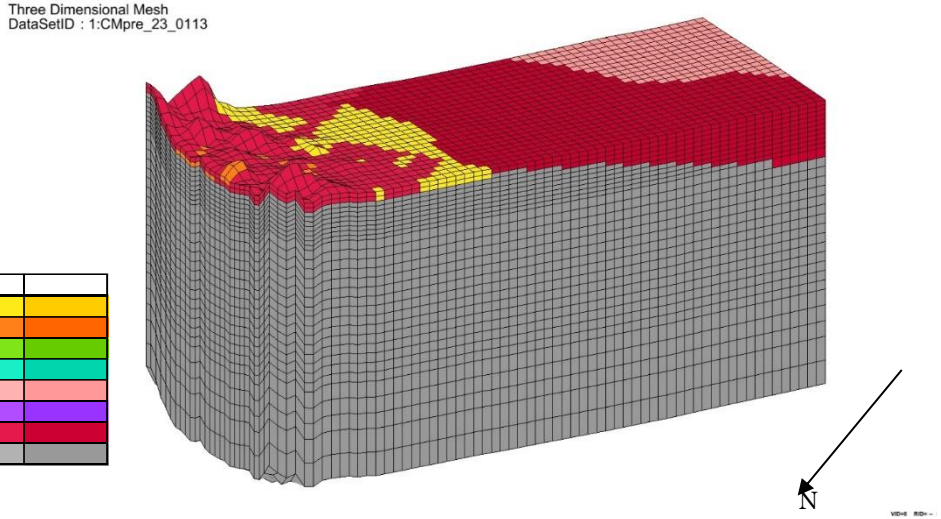


1 -361 ID30. AI 3 (2)


N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_30_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_23_0113
N

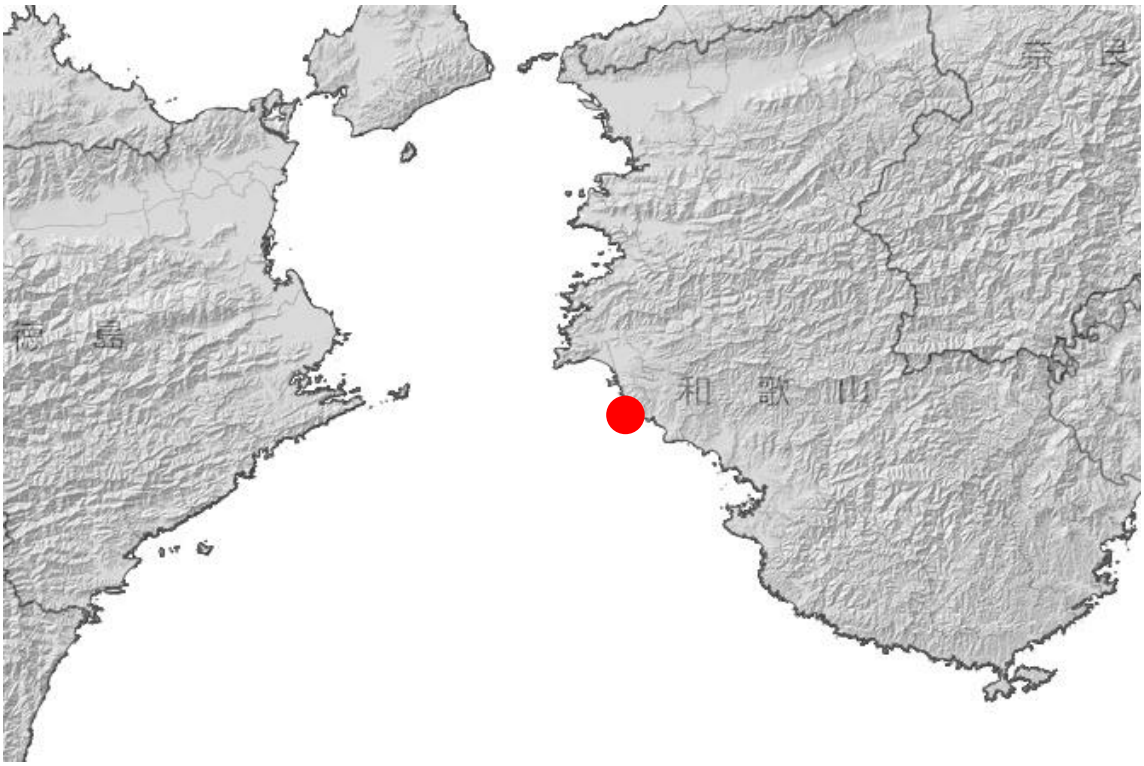

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_23_0113
N

1 -362 ID30. 3

ID.31 和歌山

モデル化位置

1 -363



1 -363　　ID31.

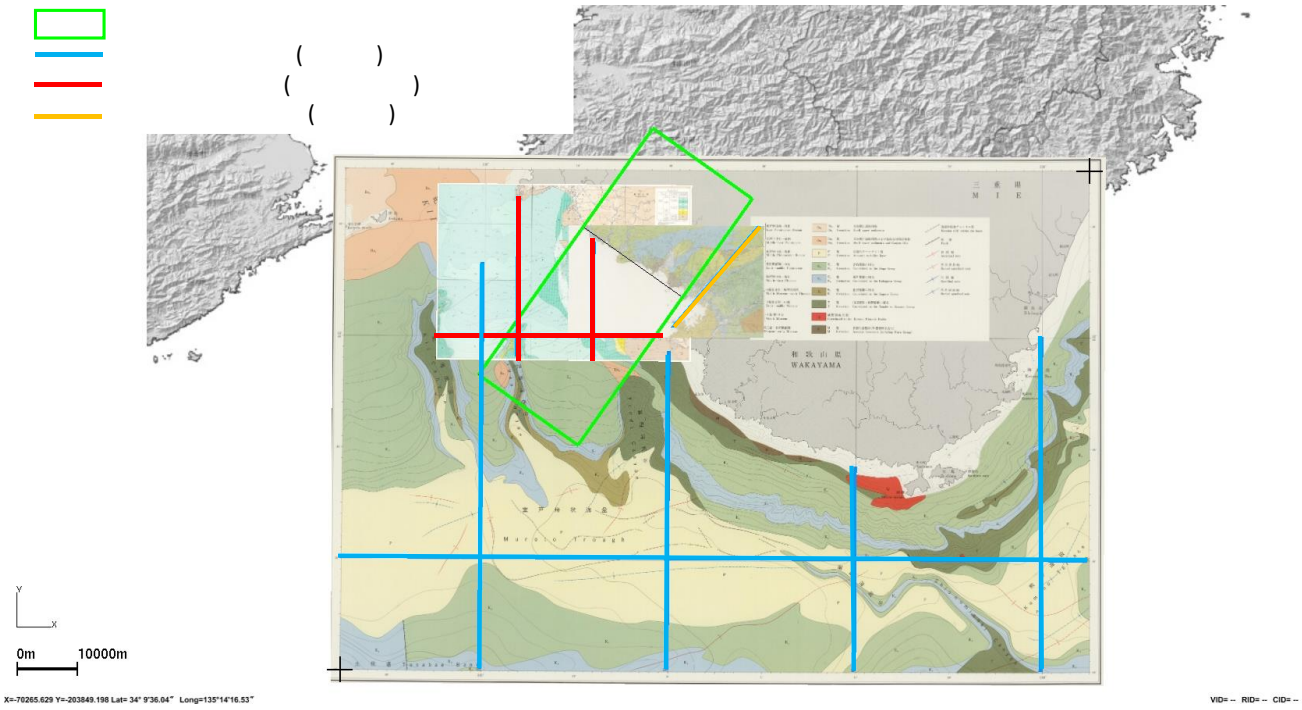
地域概要

引用データ

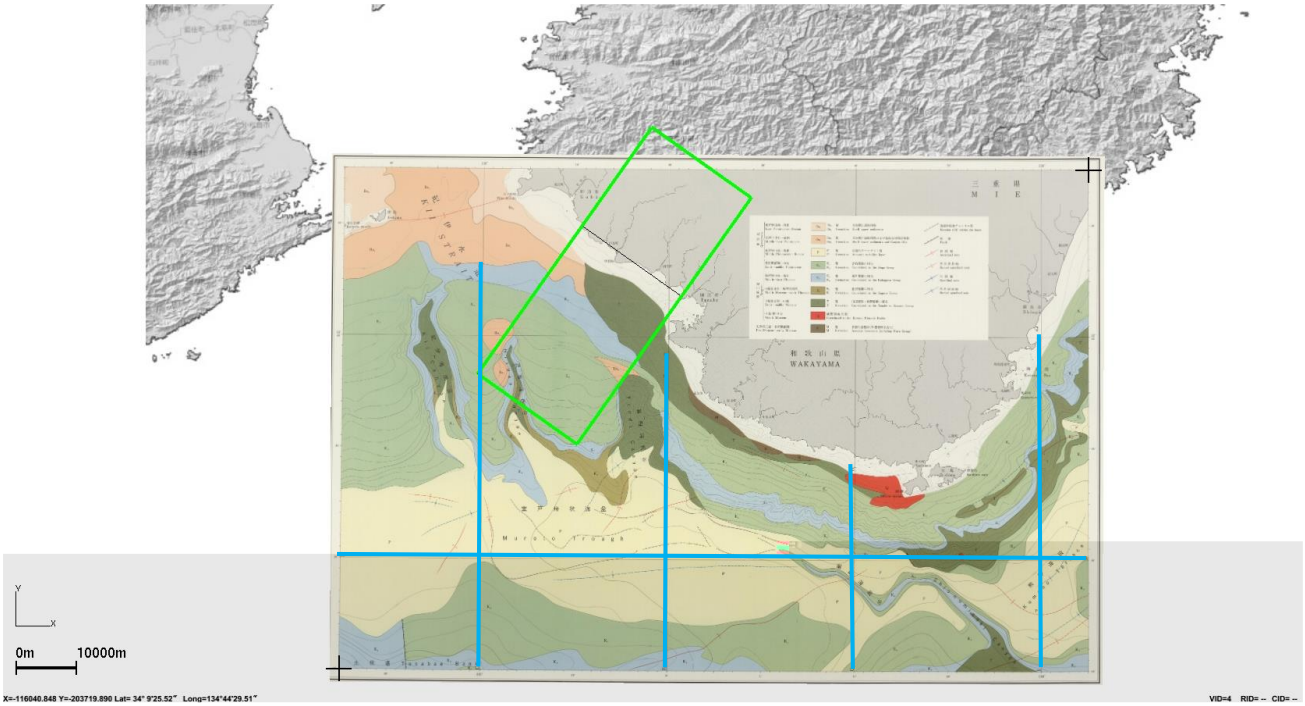
1 -73　　1 -364

1 -368　　1 -369

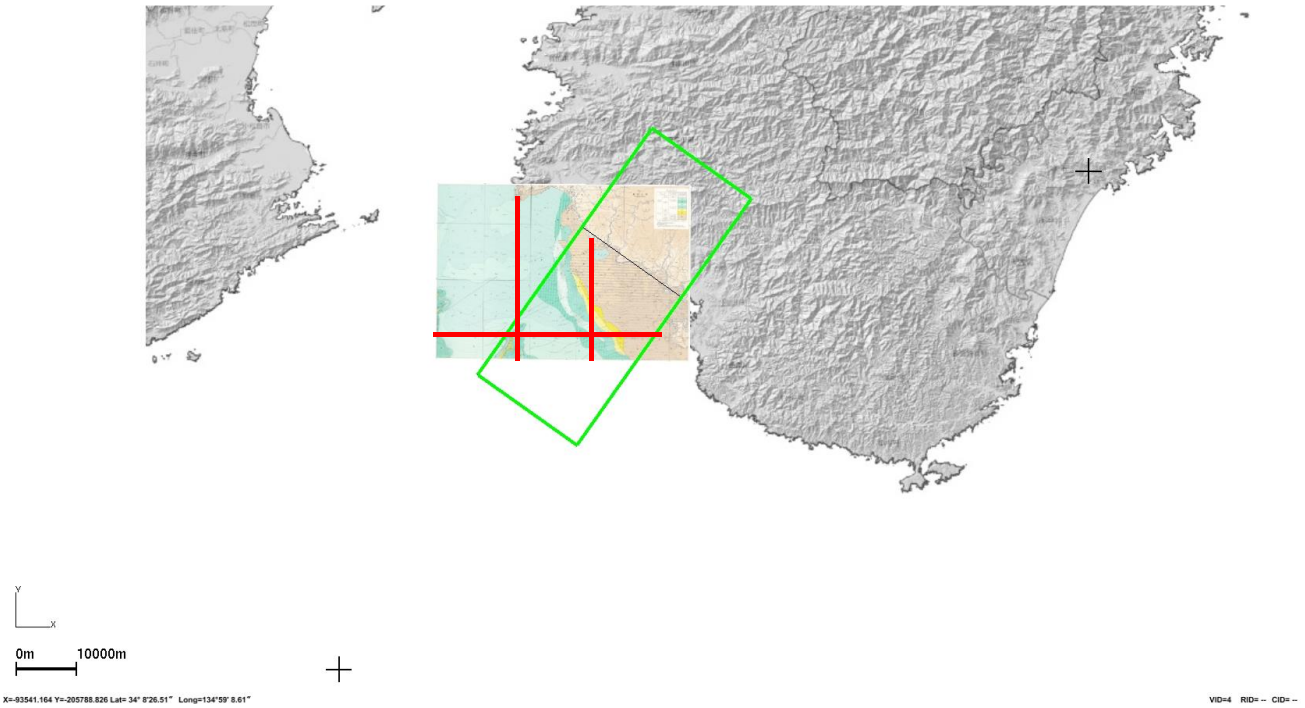
1 -73　ID31.



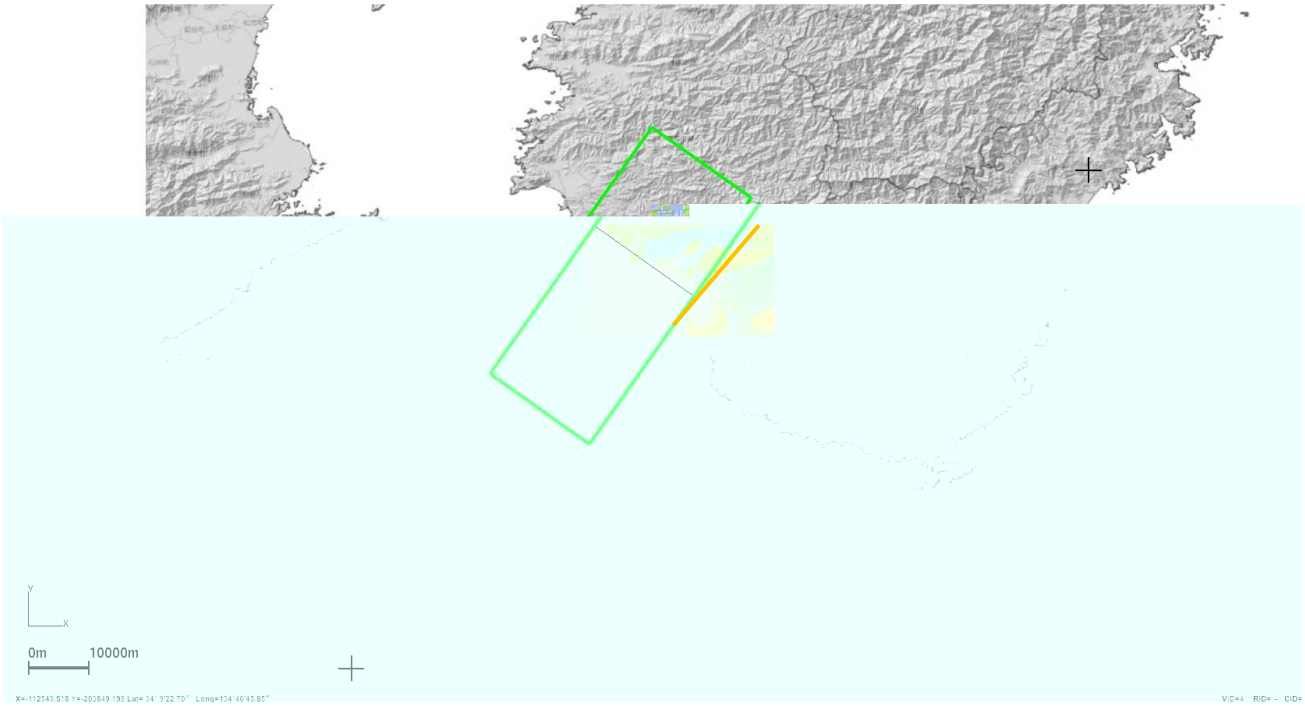
1 -364　ID31.



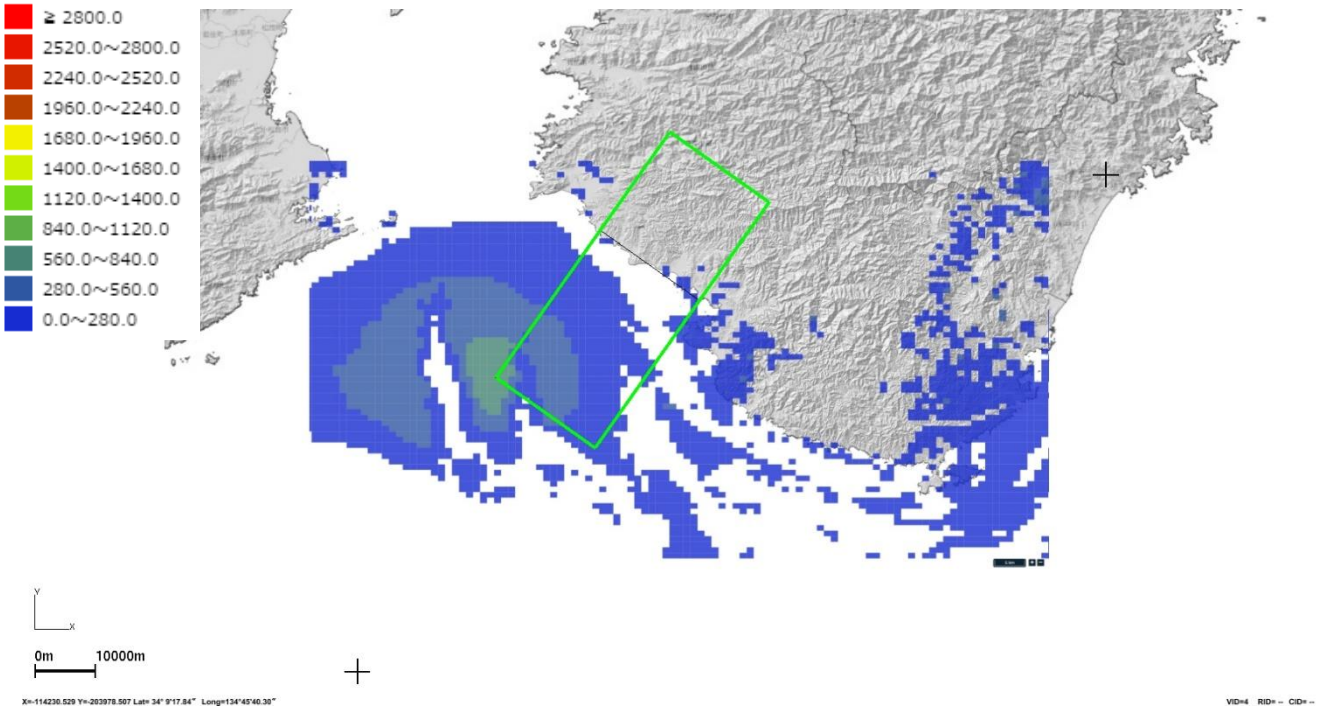
1 -365 ID31. ( )



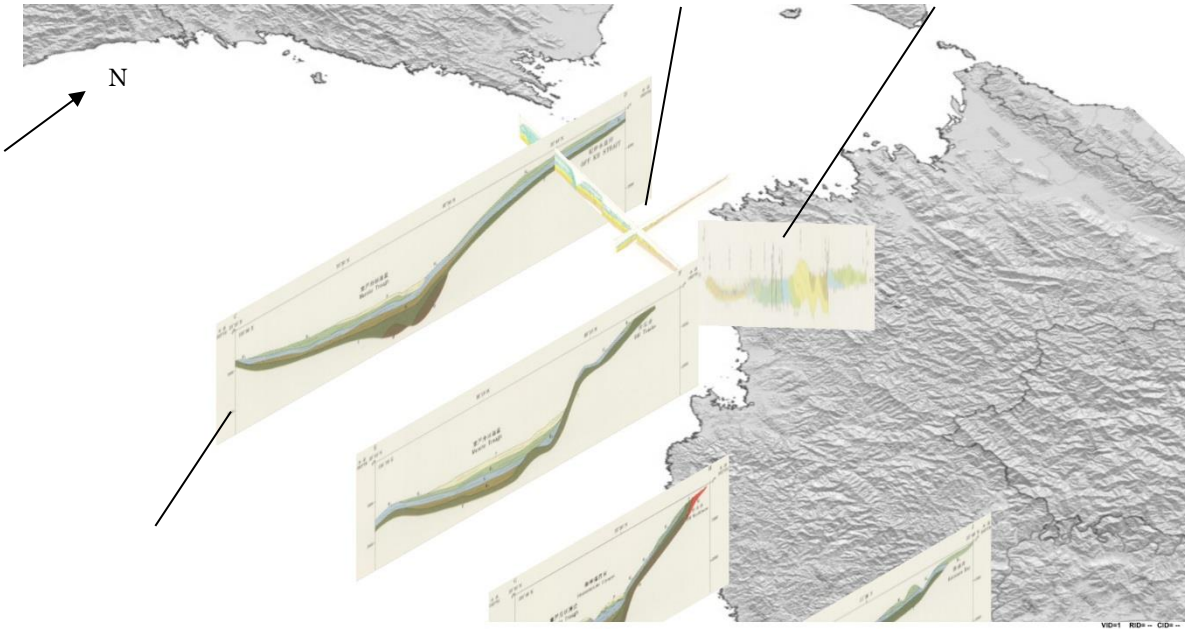
1 -366 ID31. ( )



1 -367 ID31. ( )



1 -368 ID31. ( )



1 -369　ID31.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　1 -370　3　1 -371

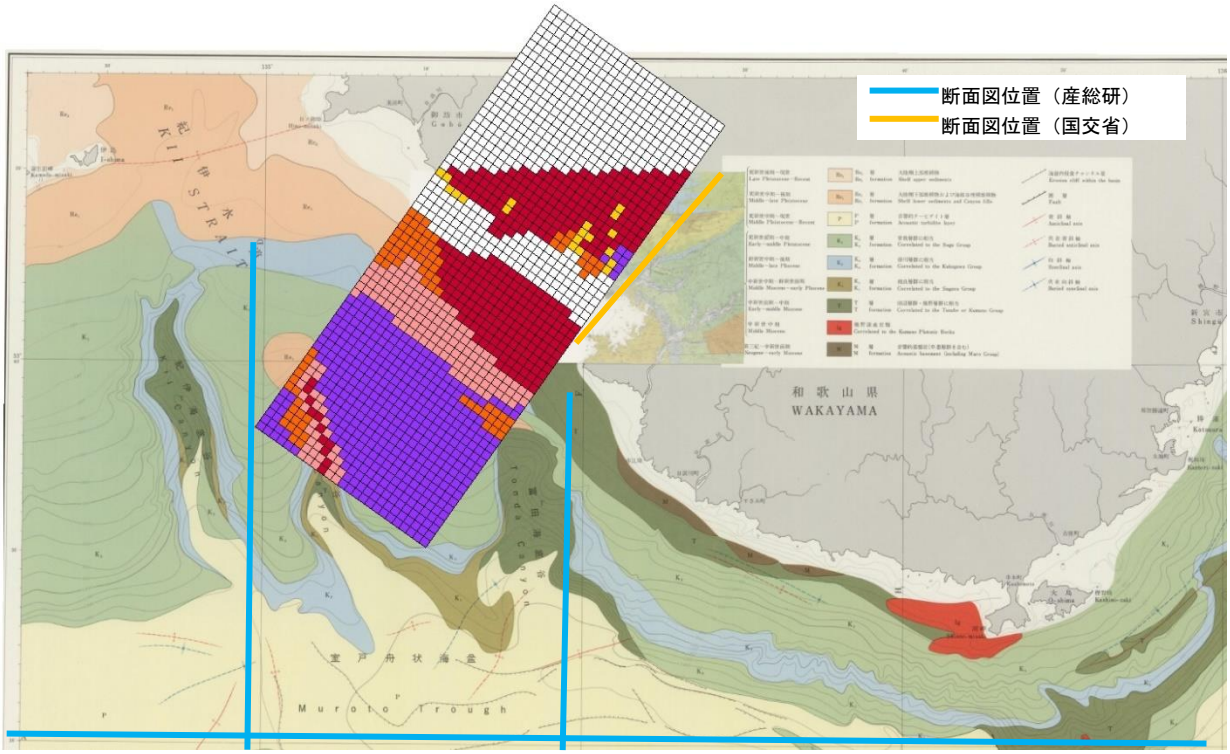
1 -373　1 -74

1 -371

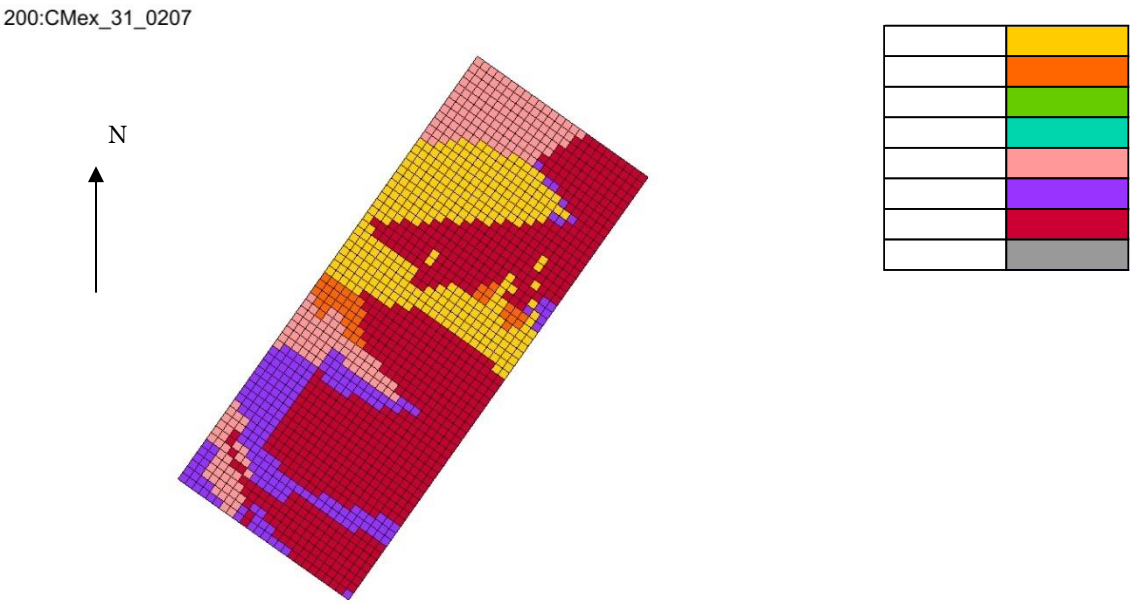
1 -74　ID31.　AI

1 -371　　1 -370　　AI

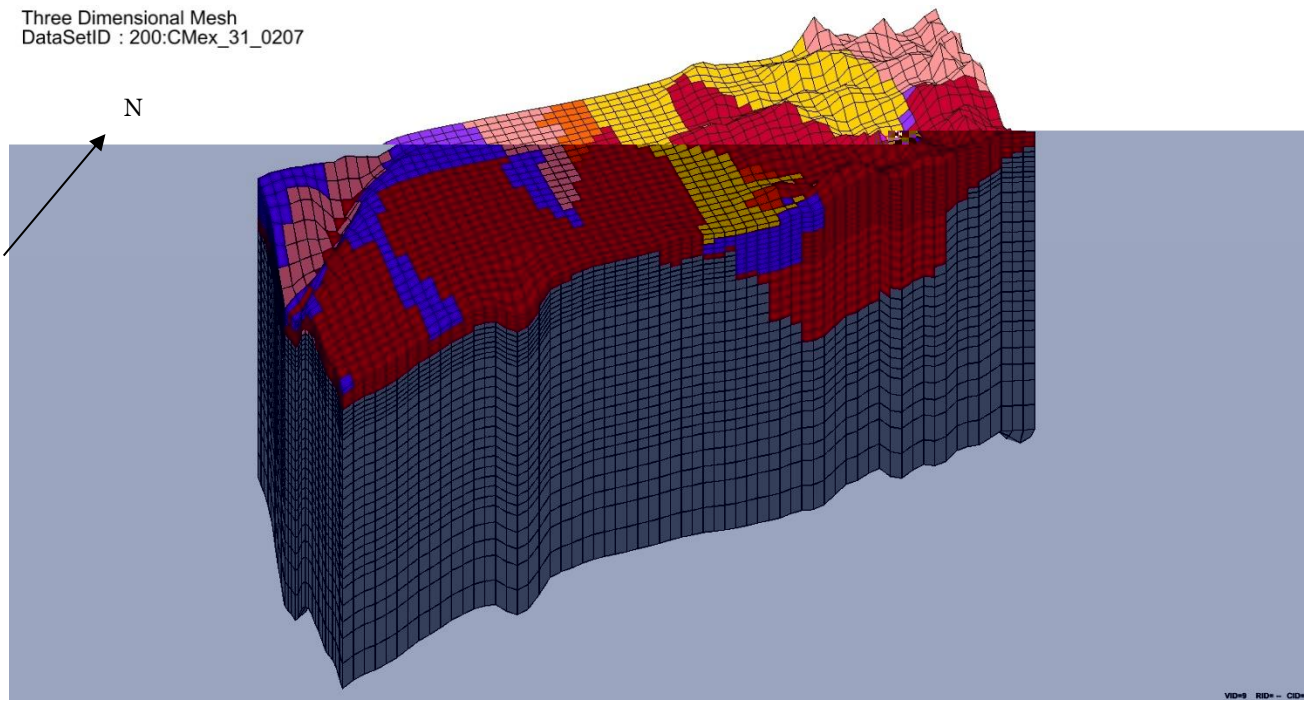
ID



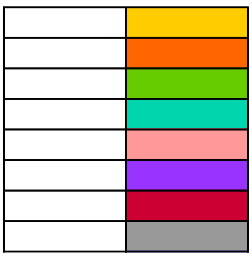
1 -370　ID31.

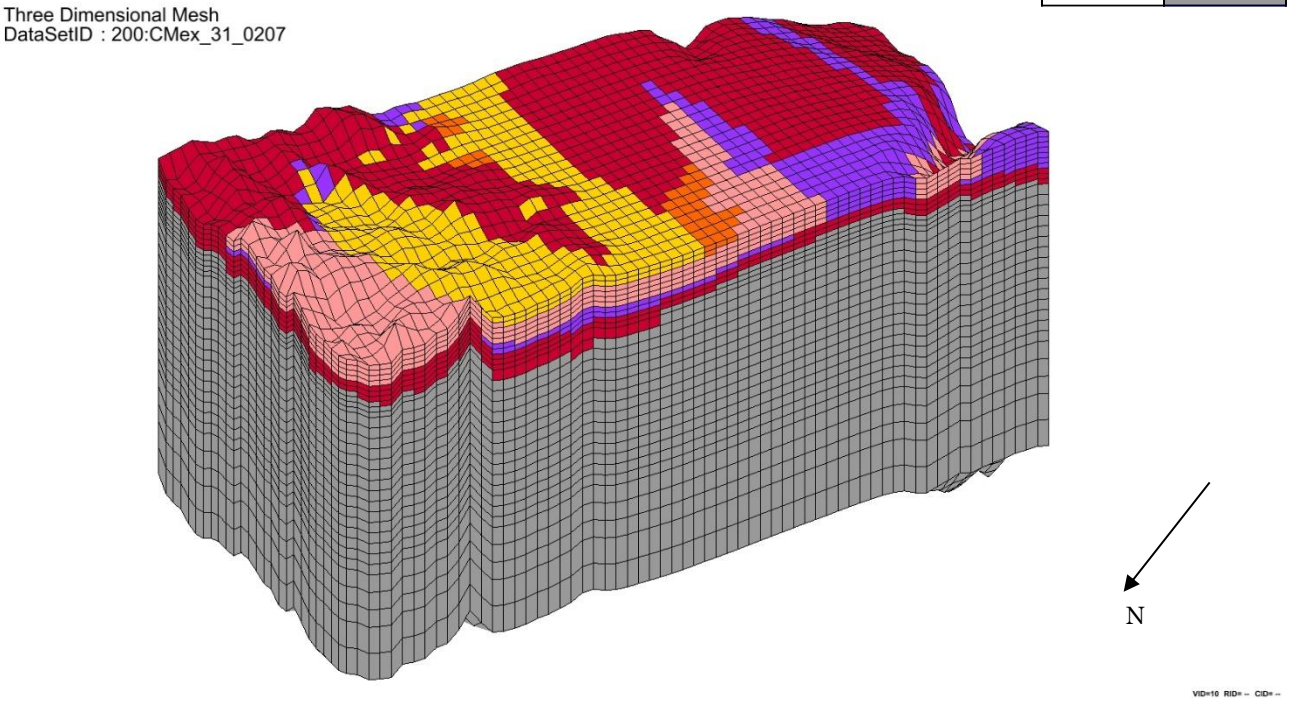


1 -371　ID31.　　AI

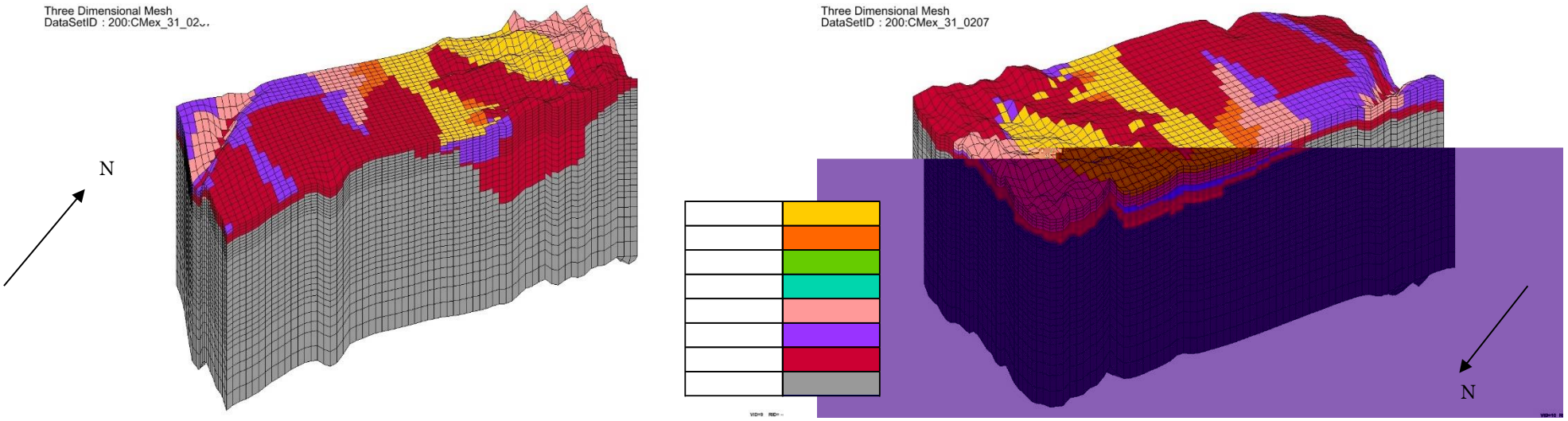


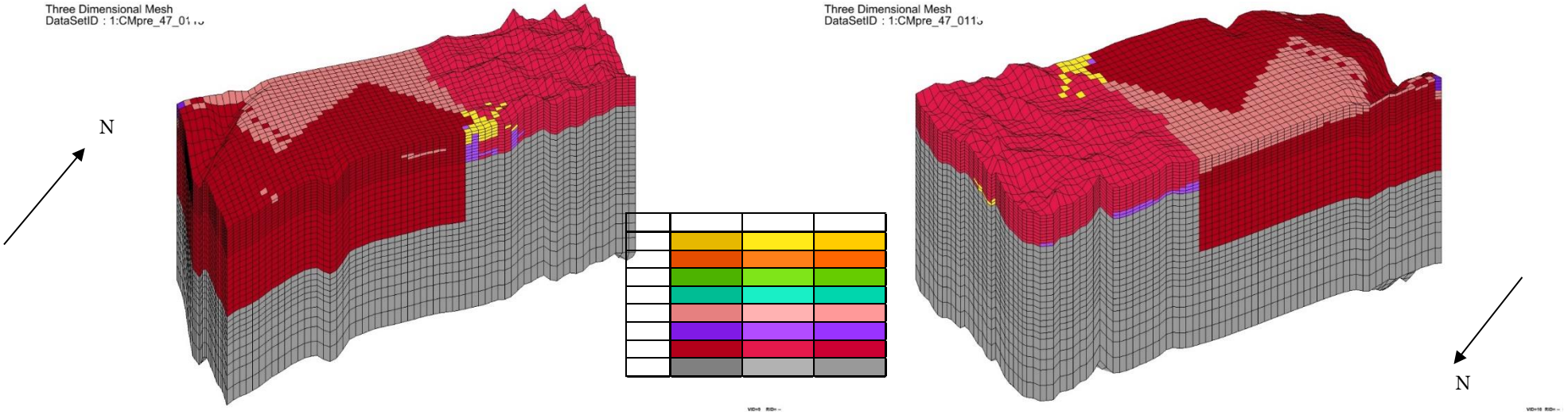
1 -372 ID31. AI 3 (1)





1 -373 ID31. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_31_02
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_31_0207
N

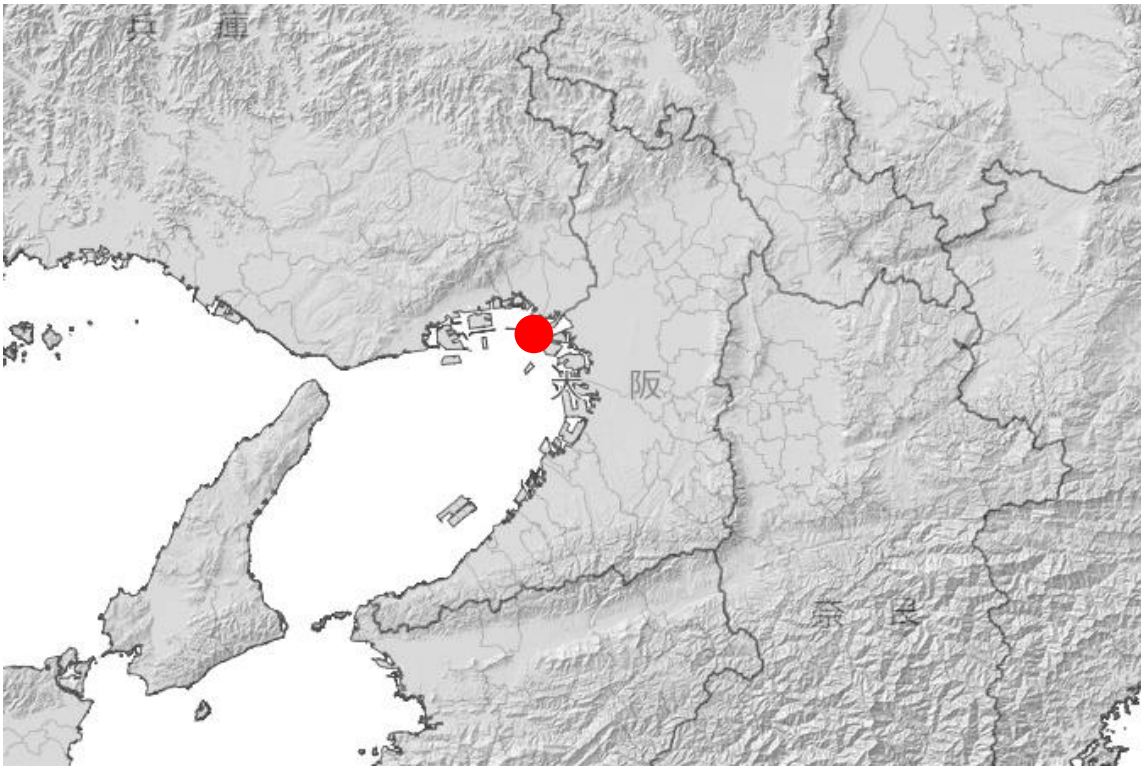

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_47_01
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_47_011
N

1 -374 ID31. 3

ID.32 大阪

モデル化位置

1 -375



1 -375　ID32.

地域概要

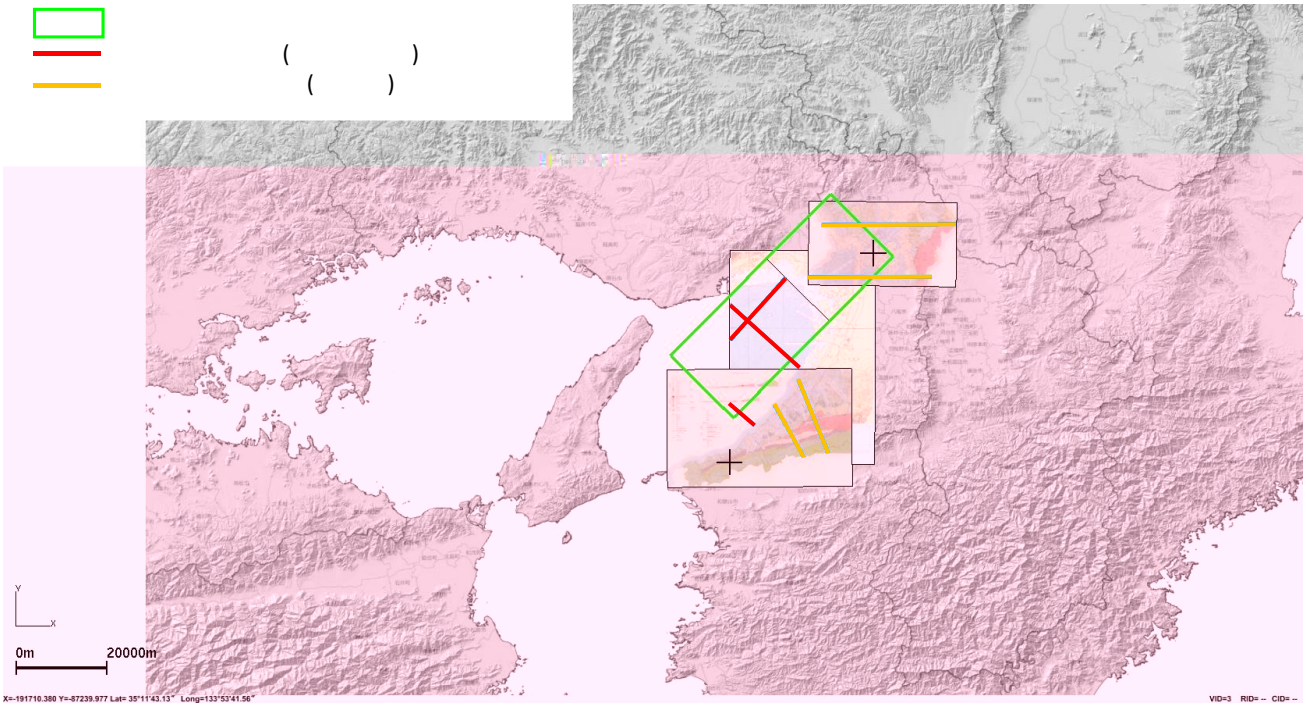
300　600m

引用データ

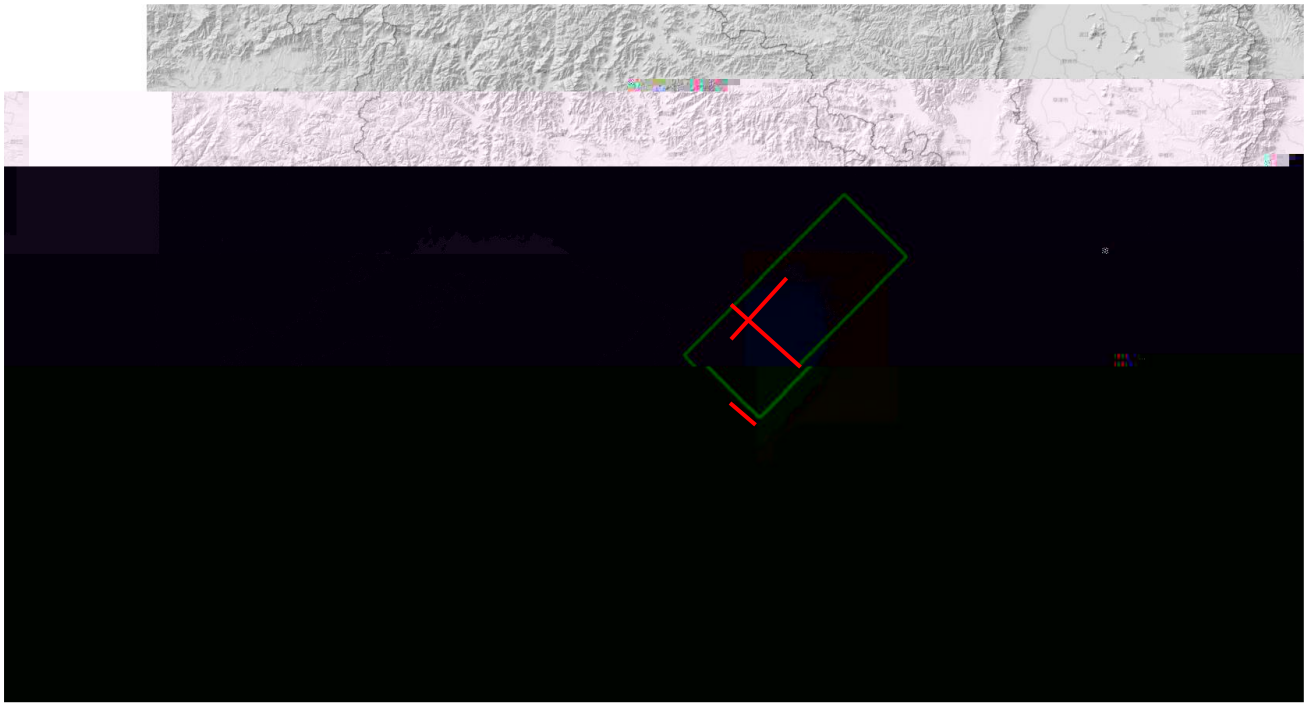
1 -75　　1 -376

1 -379　　1 -380

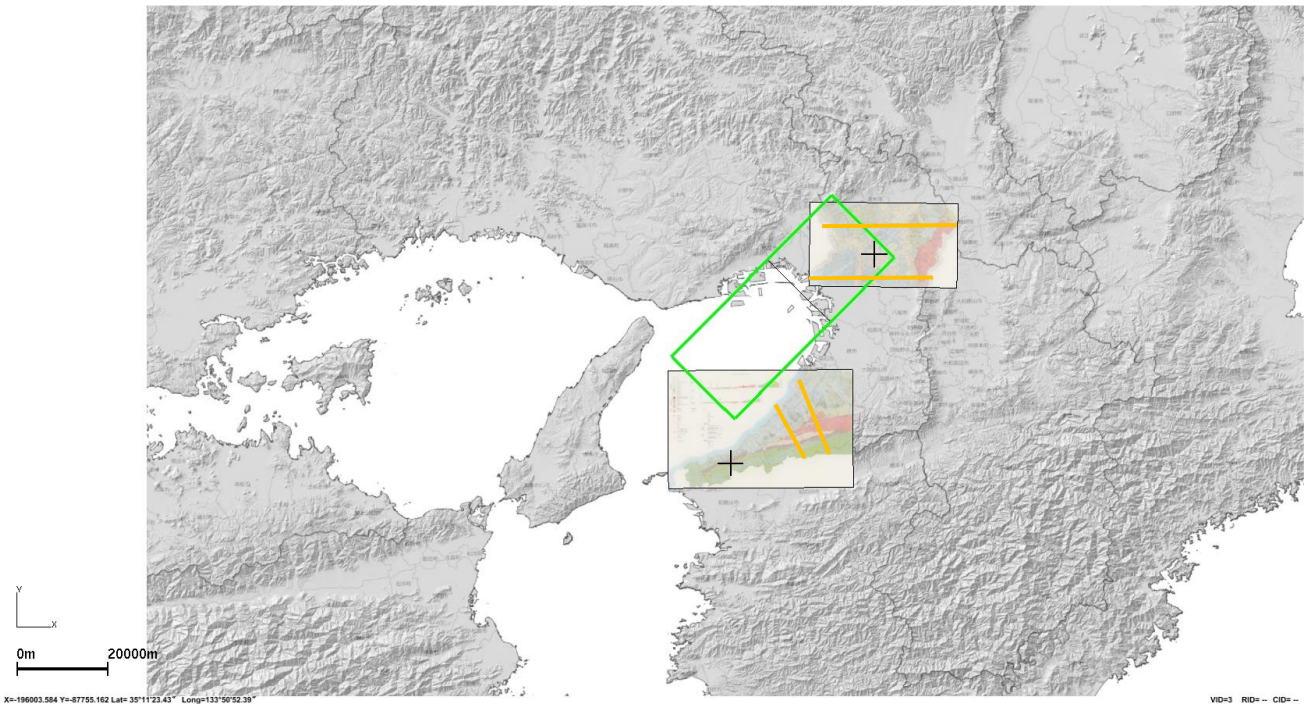
1 -75　ID32.



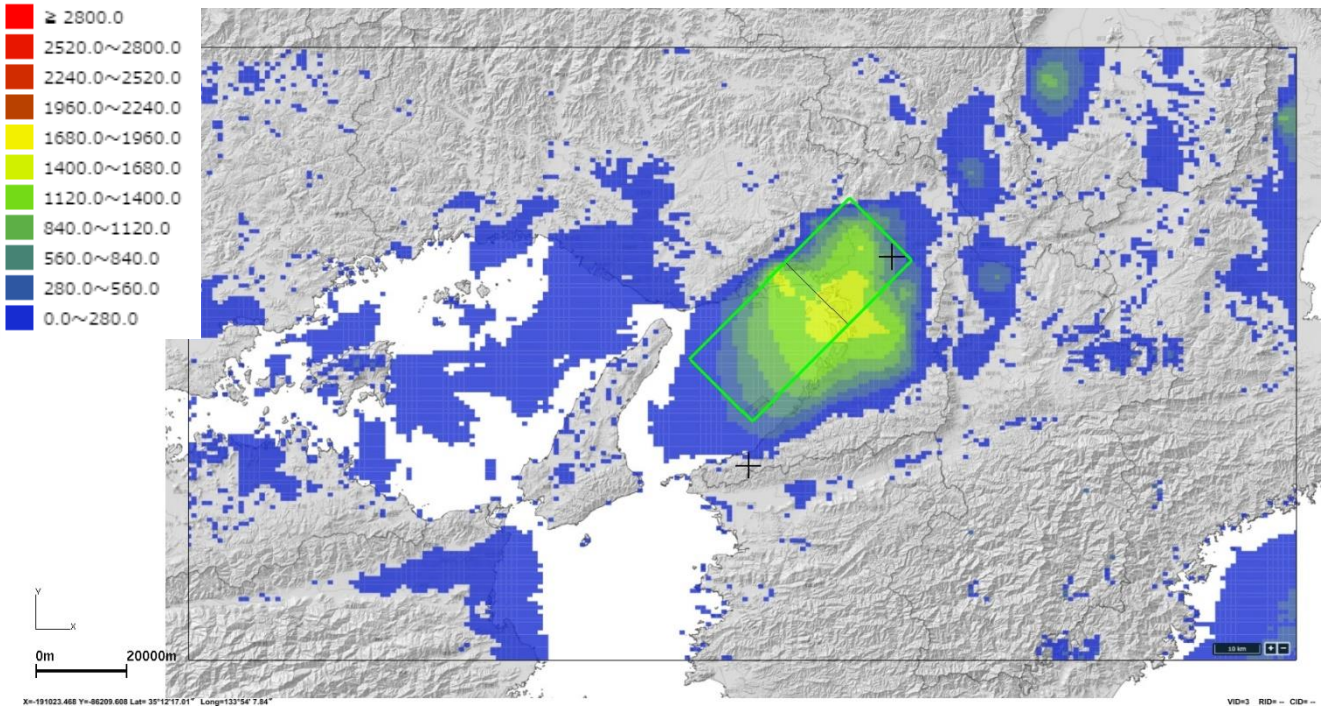
1 -376　ID32.



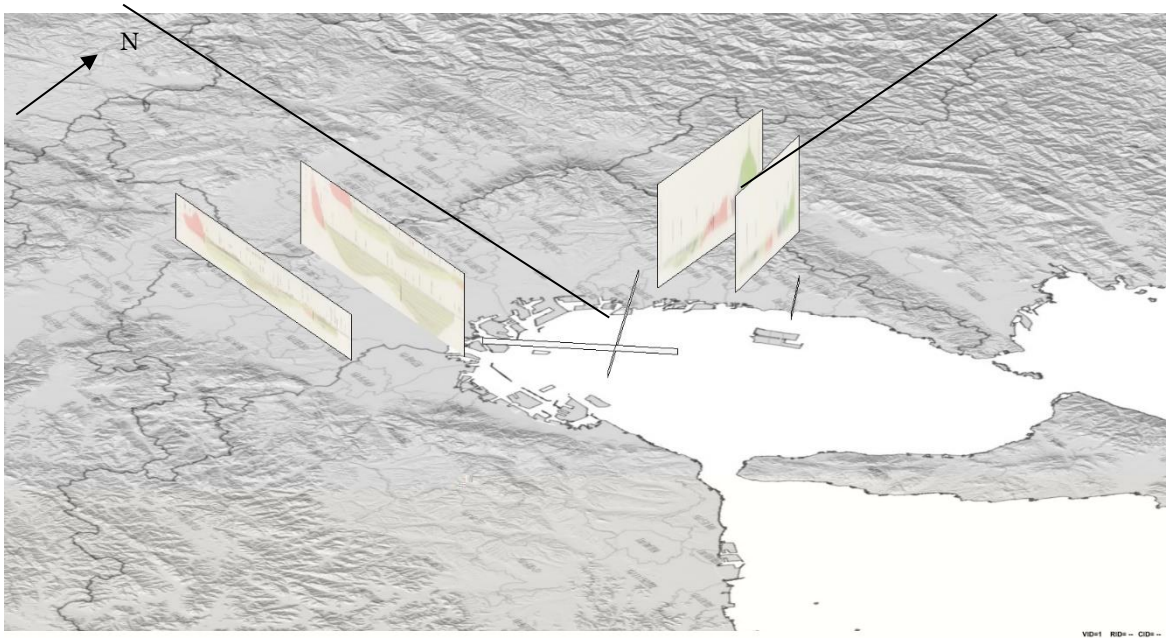
1 -377　ID32.　　(　　)



1 -378　ID32.　　(　　)



1 -379　ID32.　　（　　）



1 -380　ID32.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

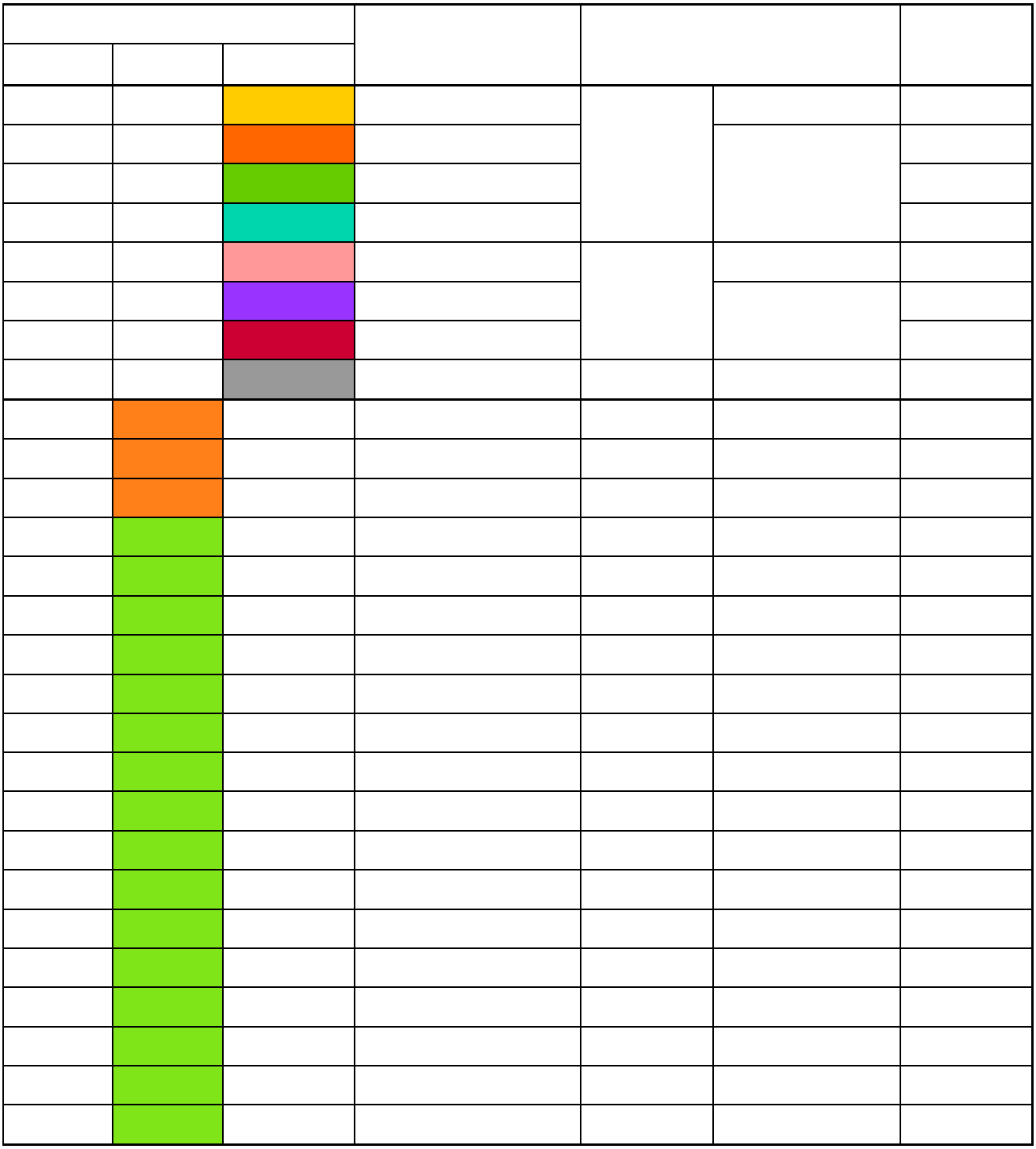
AI 学習・予測

AI　　1-381　　3　　1-382

1-381　　1-76

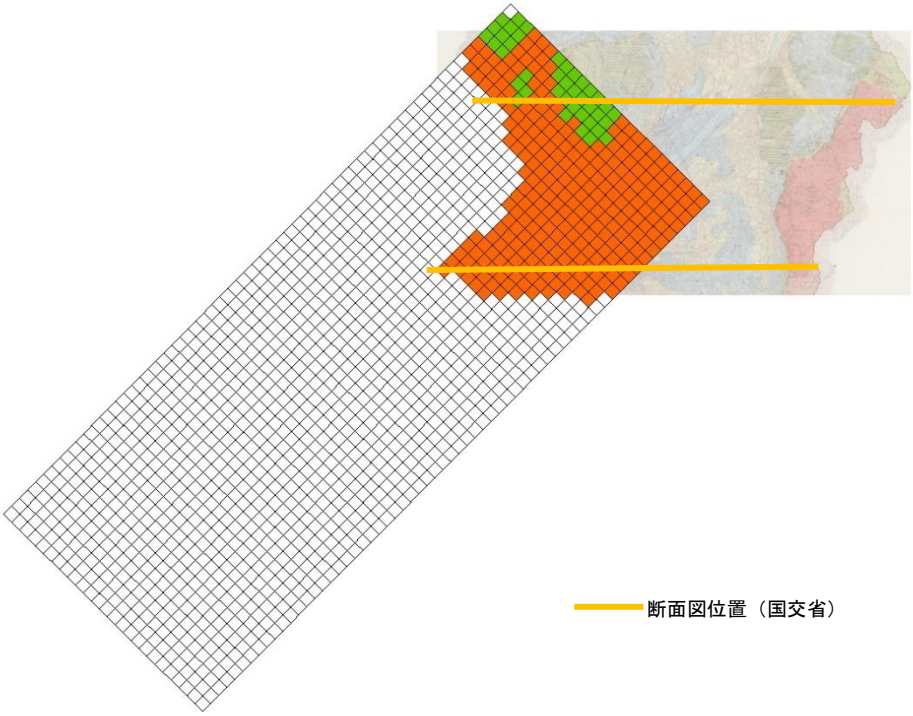
1-385

1-76　ID32.　　AI

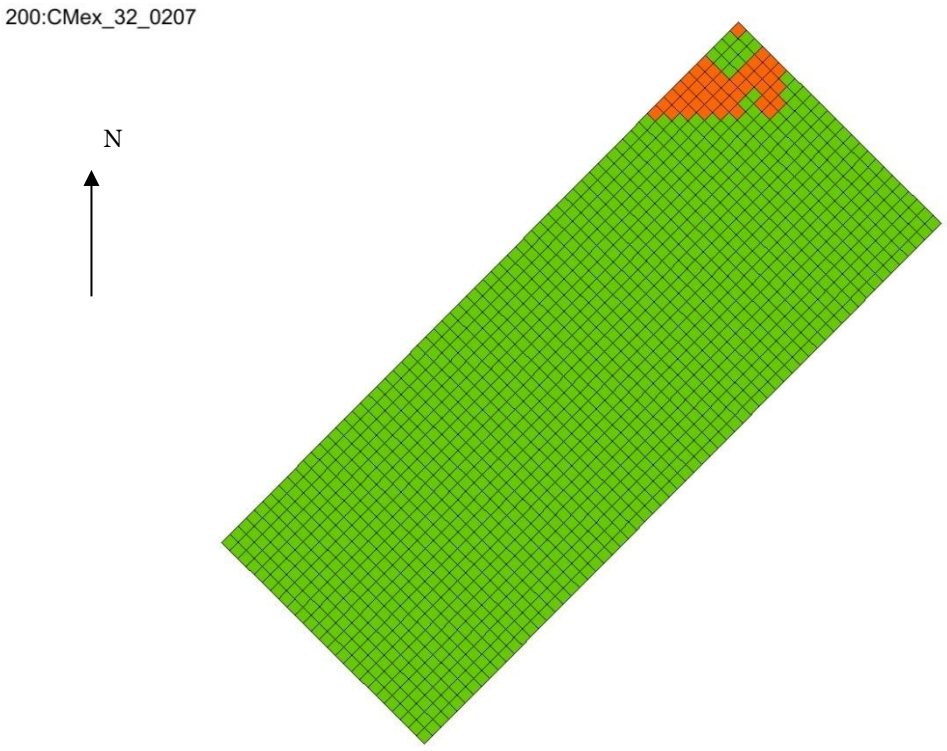


1 -382 1 -381 AI

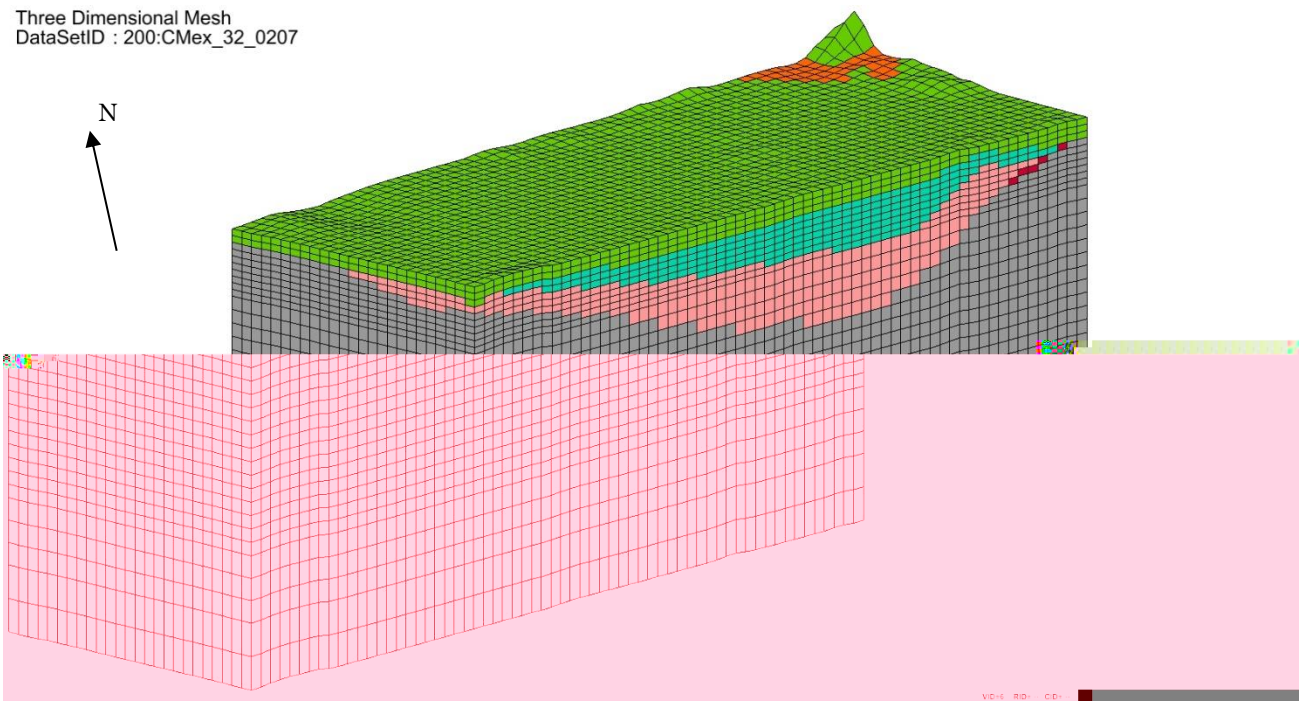
ID



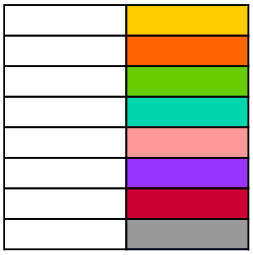
1 -381 ID32.

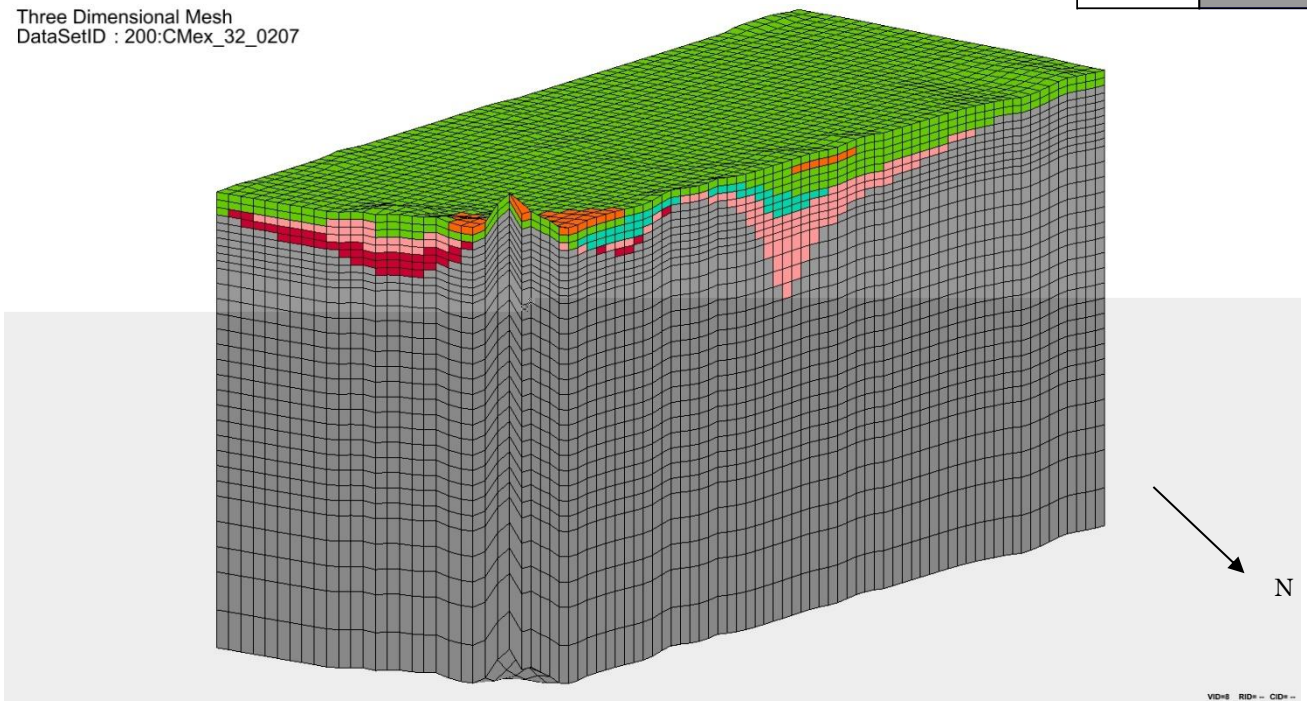


1 -382 ID32. AI

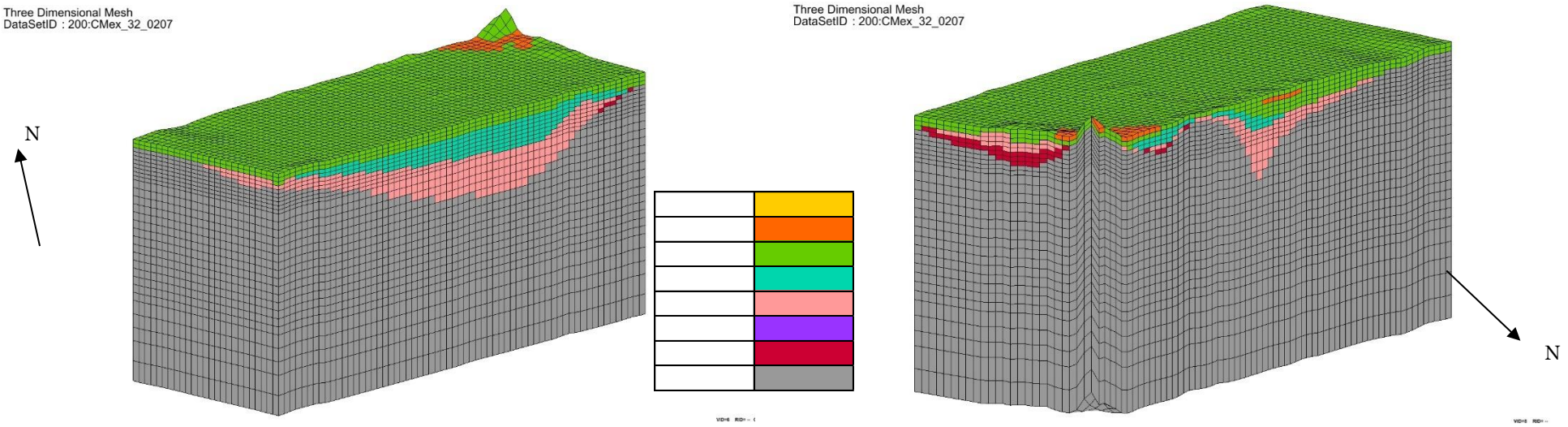


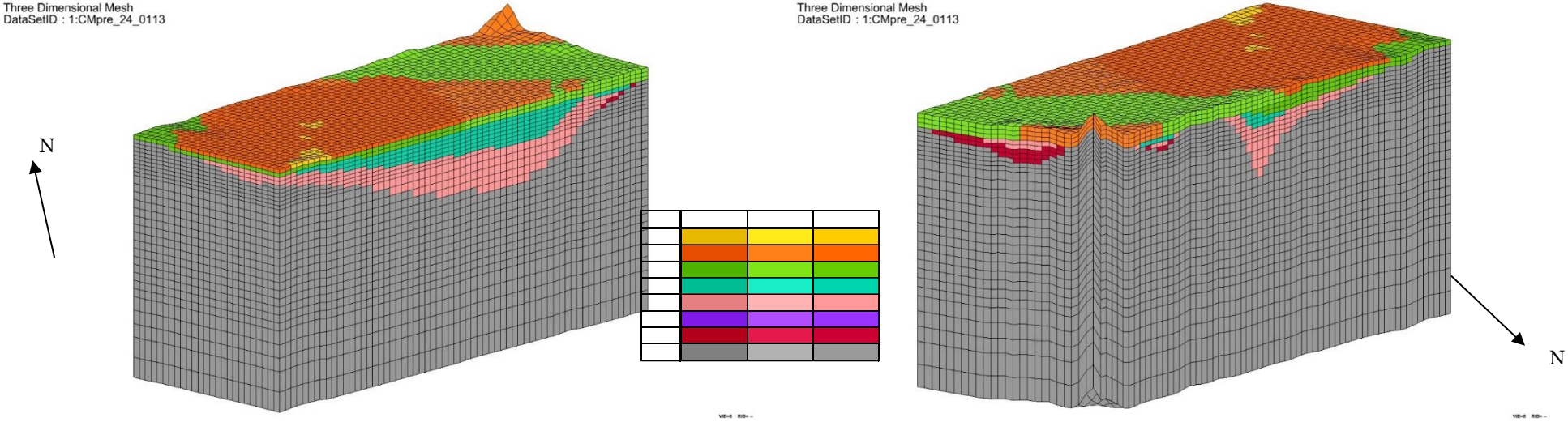
1 -383 ID32. AI 3 (1)





1 -384 ID32. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_32_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_32_0207
N

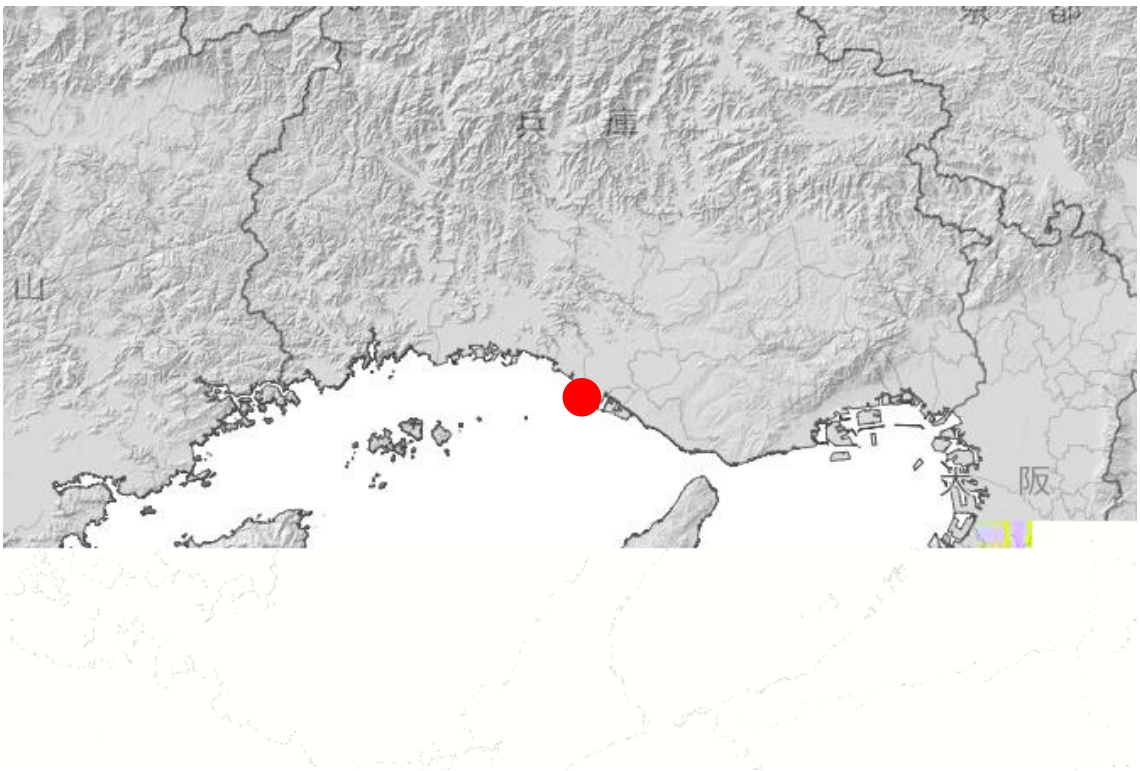

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_24_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_24_0113
N

1 -385 ID32. 3

ID.33 播磨

モデル化位置

1 -386



1 -386　ID33.

地域概要

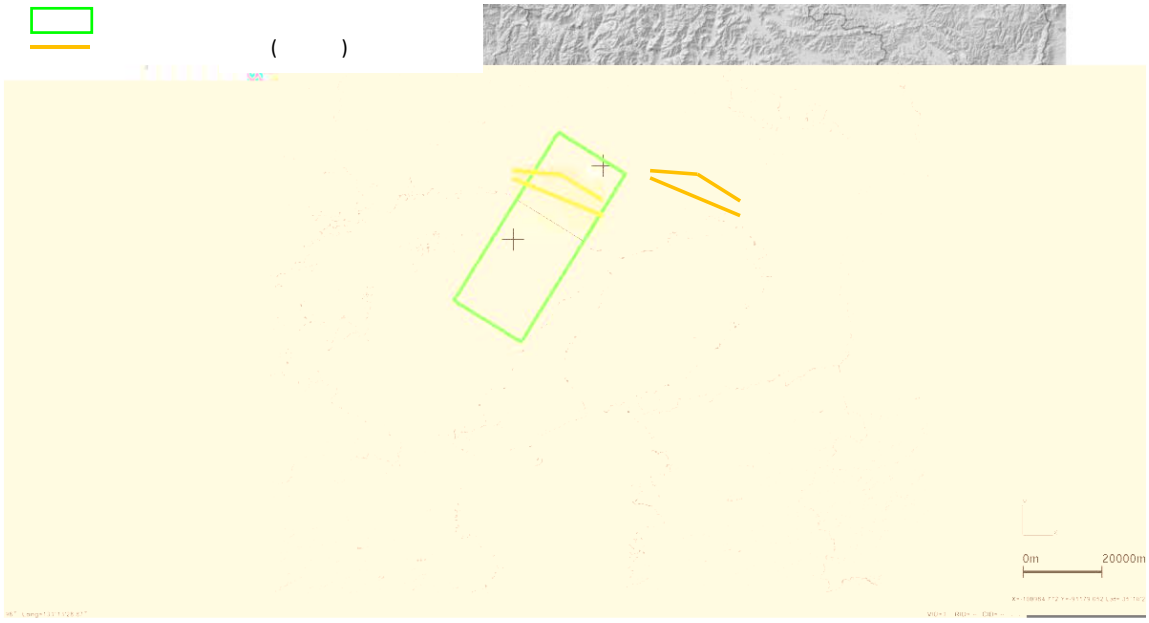
引用データ

1 -77 1 -387

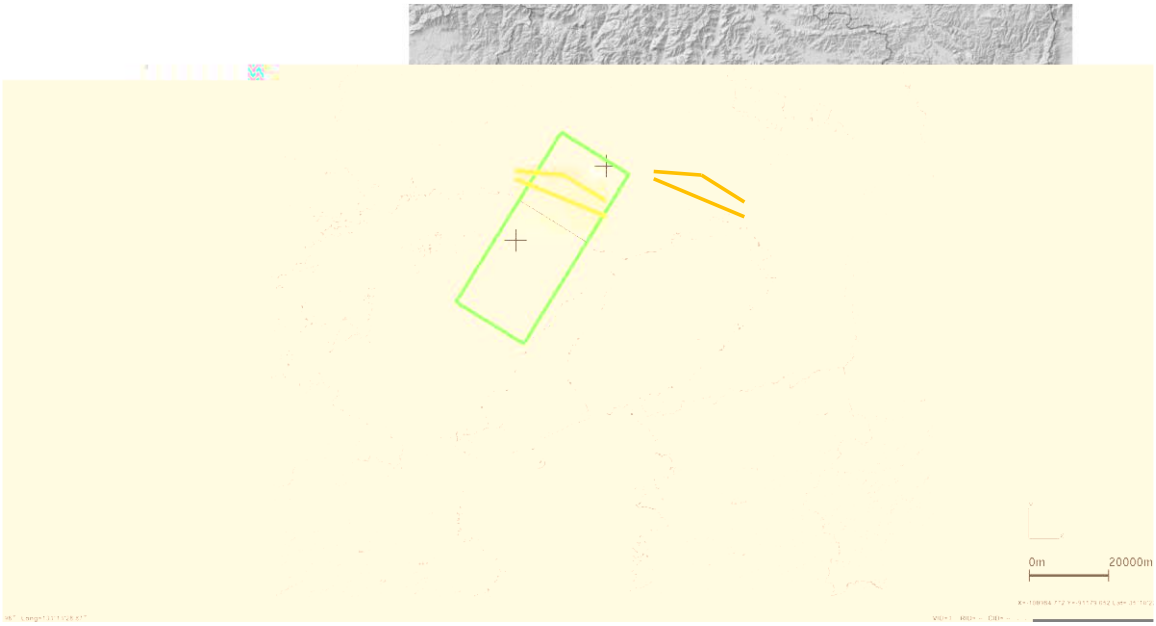
1 -389 1 -390

1 -77 ID33.

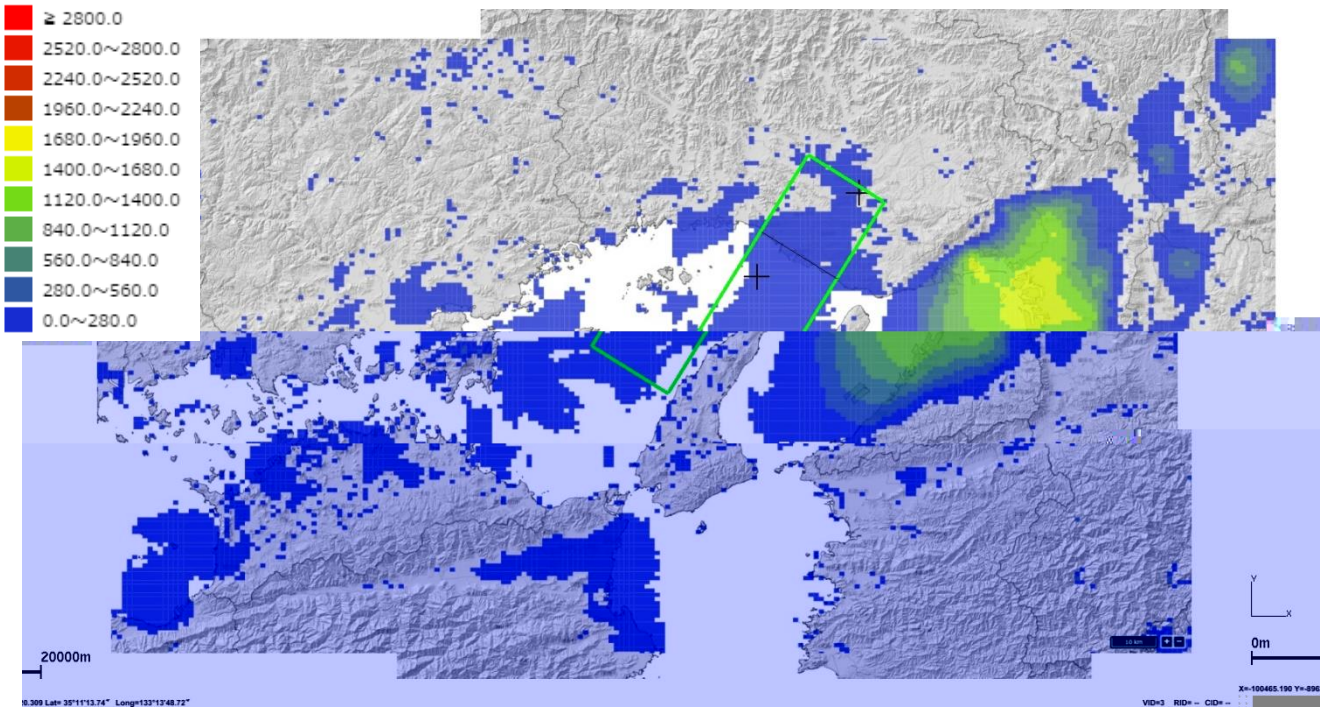
( )



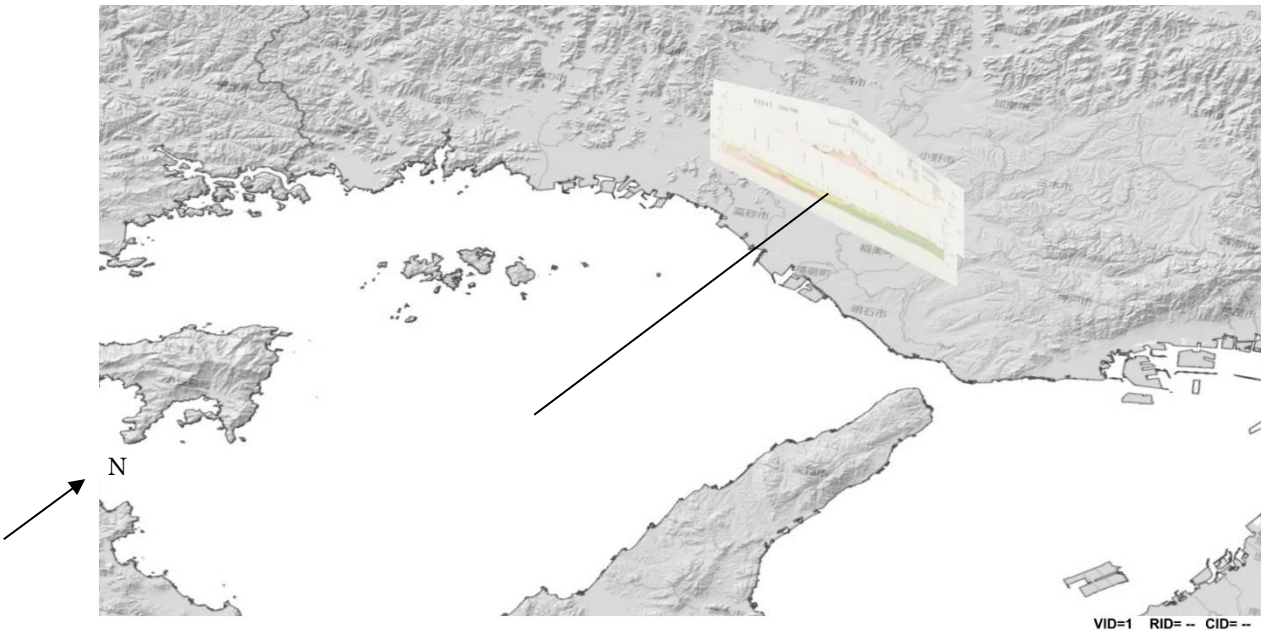
1 -387 ID33.



1 -388 ID33. ( )



1 -389 ID33. ( )



1 -390 ID33.

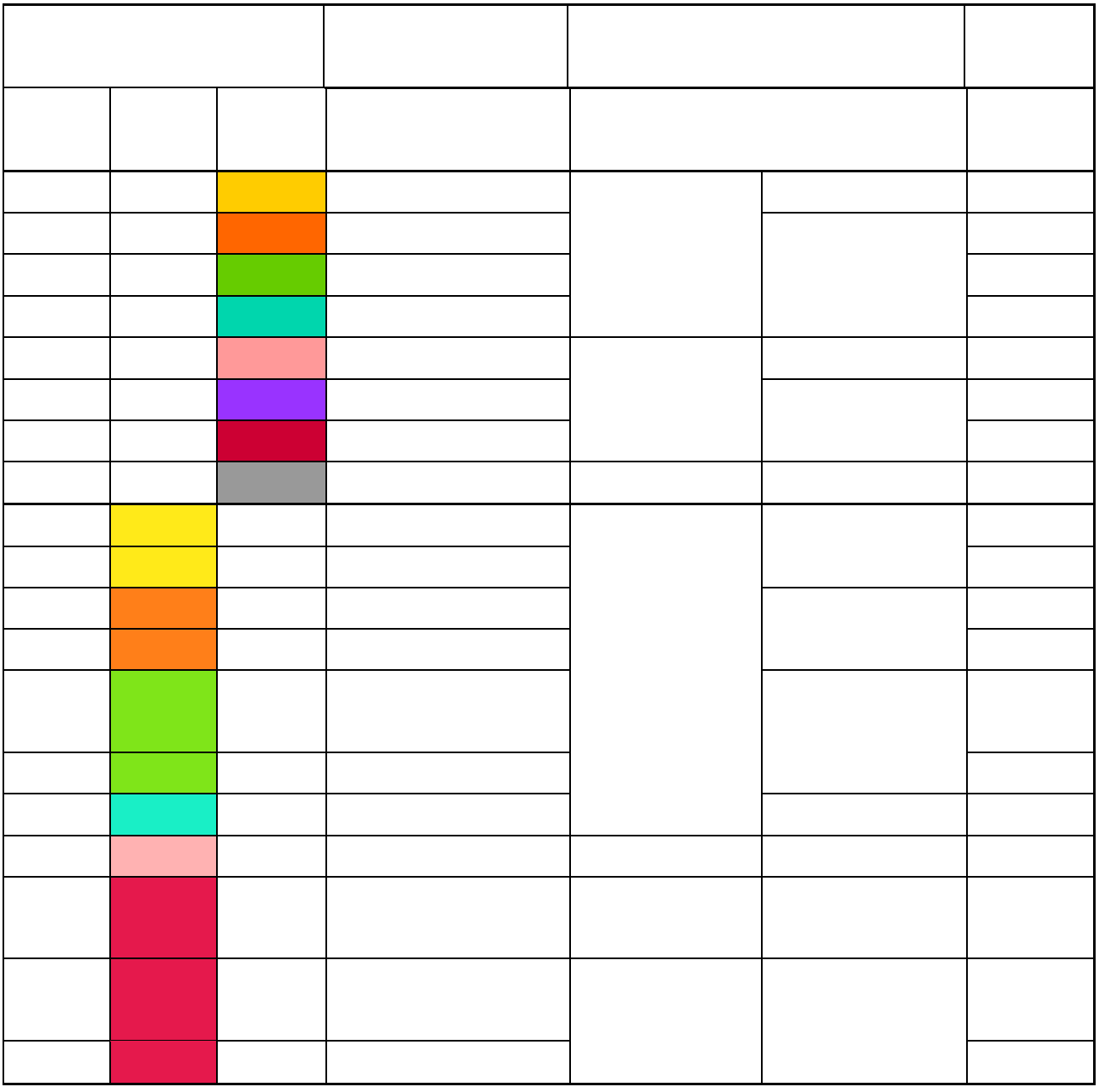
解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

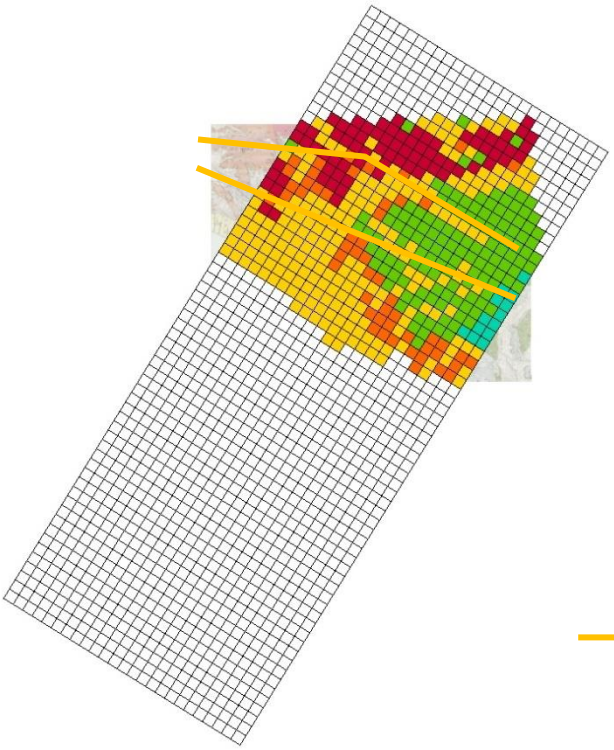
AI 1-391 3 1-392
1-394 1-78
1-395

1-78 ID33. AI

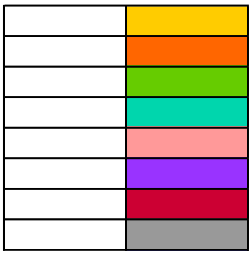


1 -392 1 -391 AI

ID

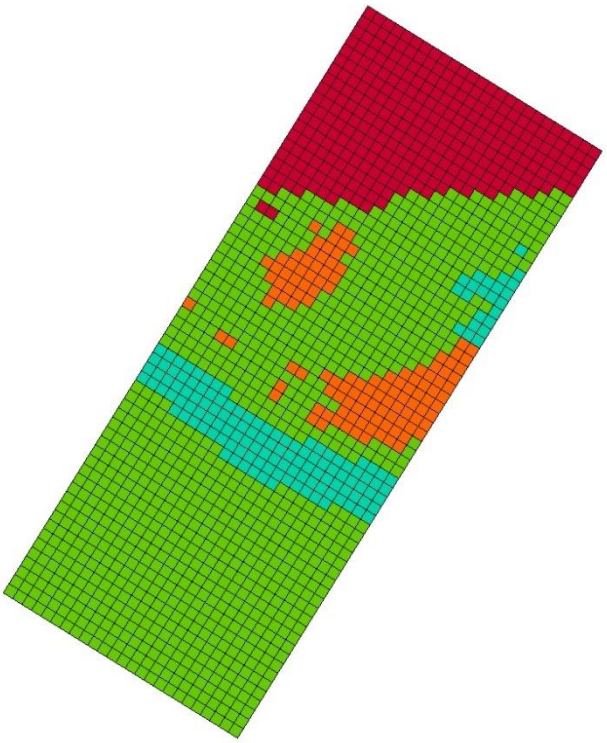


1 -391 ID33.

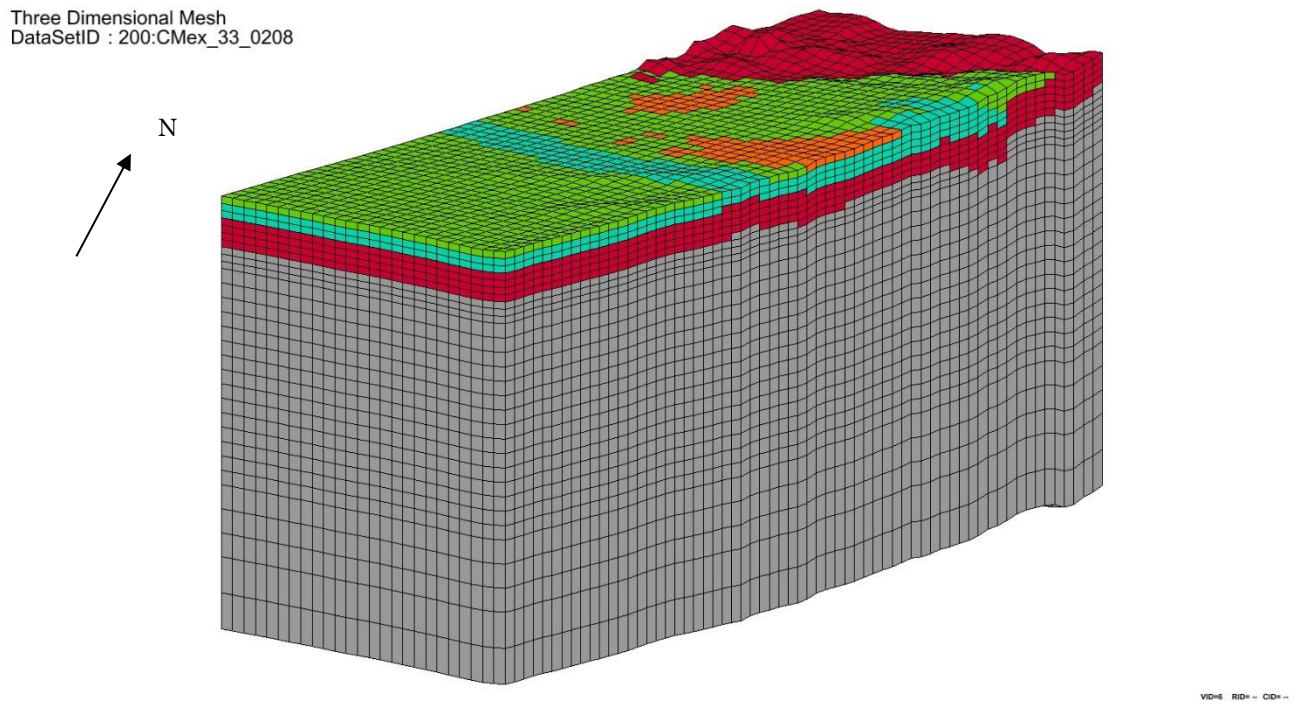


200:CMex_33_0208

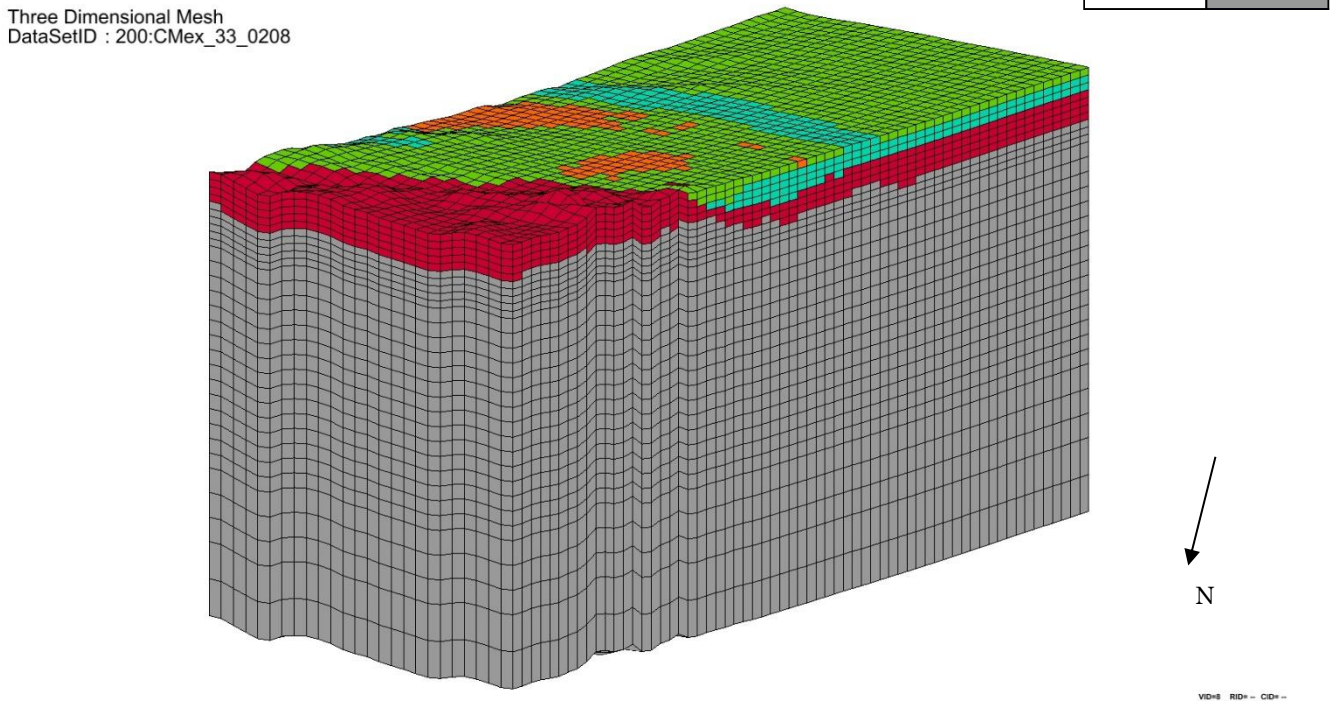
N



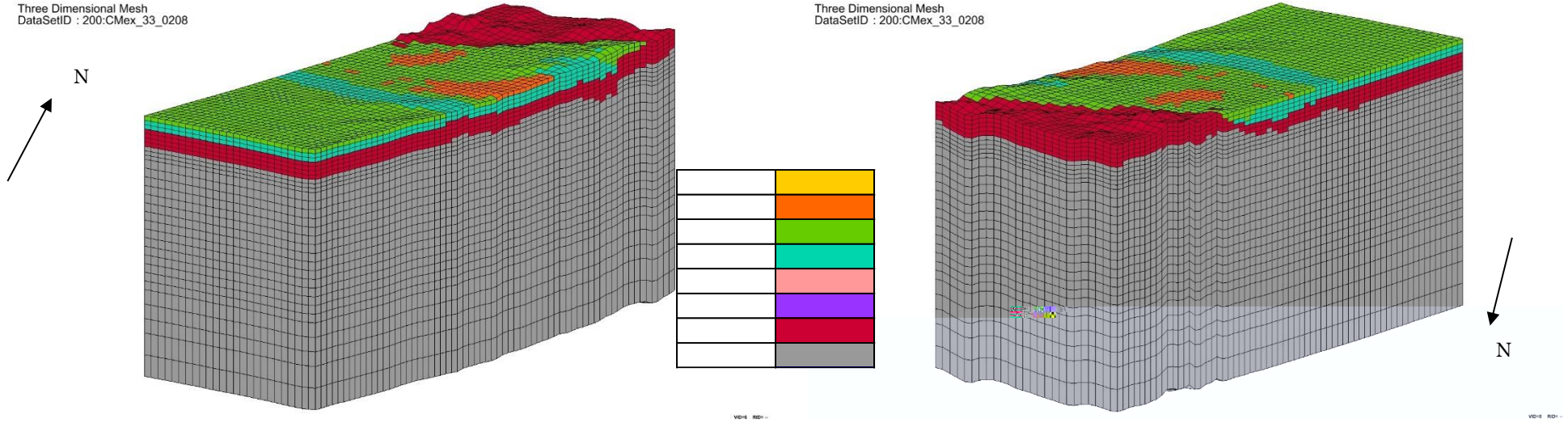
1 -392 ID33. AI

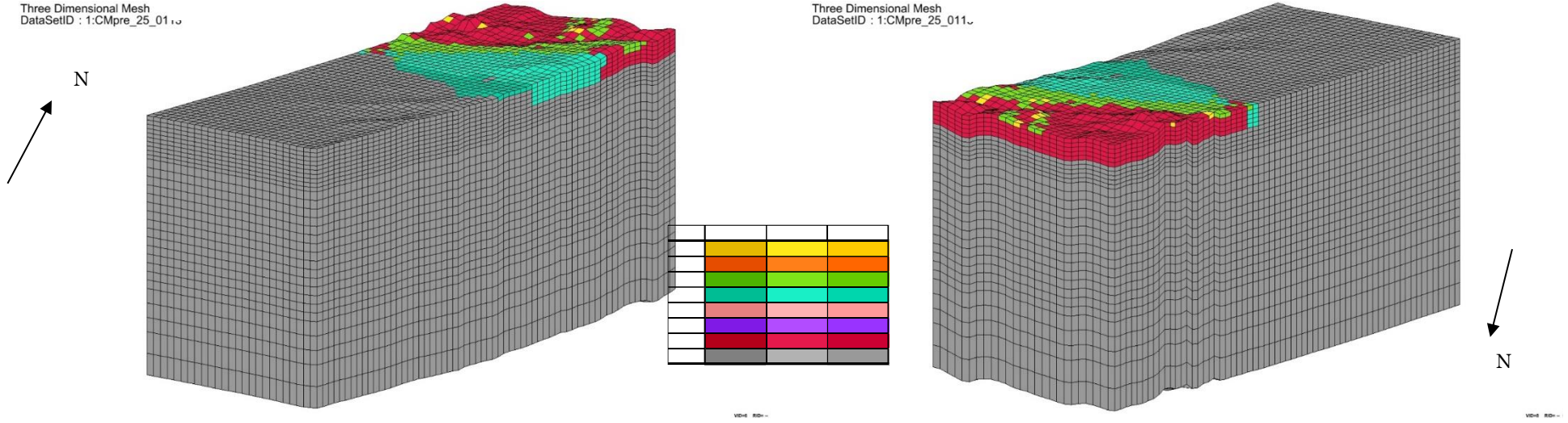


1 -393 ID33. AI 3 (1)



1 -394 ID33. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_33_0208
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_33_0208
N

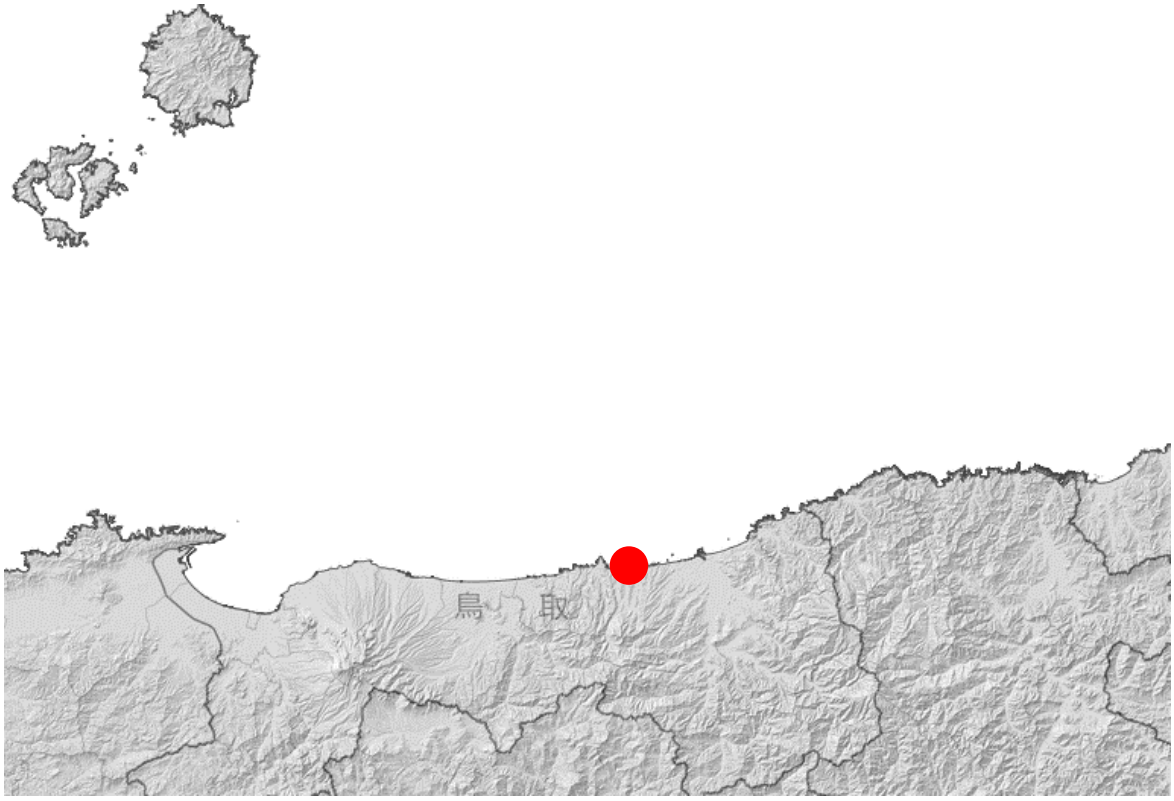

Three Dimensional Mesh
N
Three Dimensional Mesh
N

1 -395 ID33. 3

ID.34　鳥取

モデル化位置

1 -396



1 -396　ID34 .

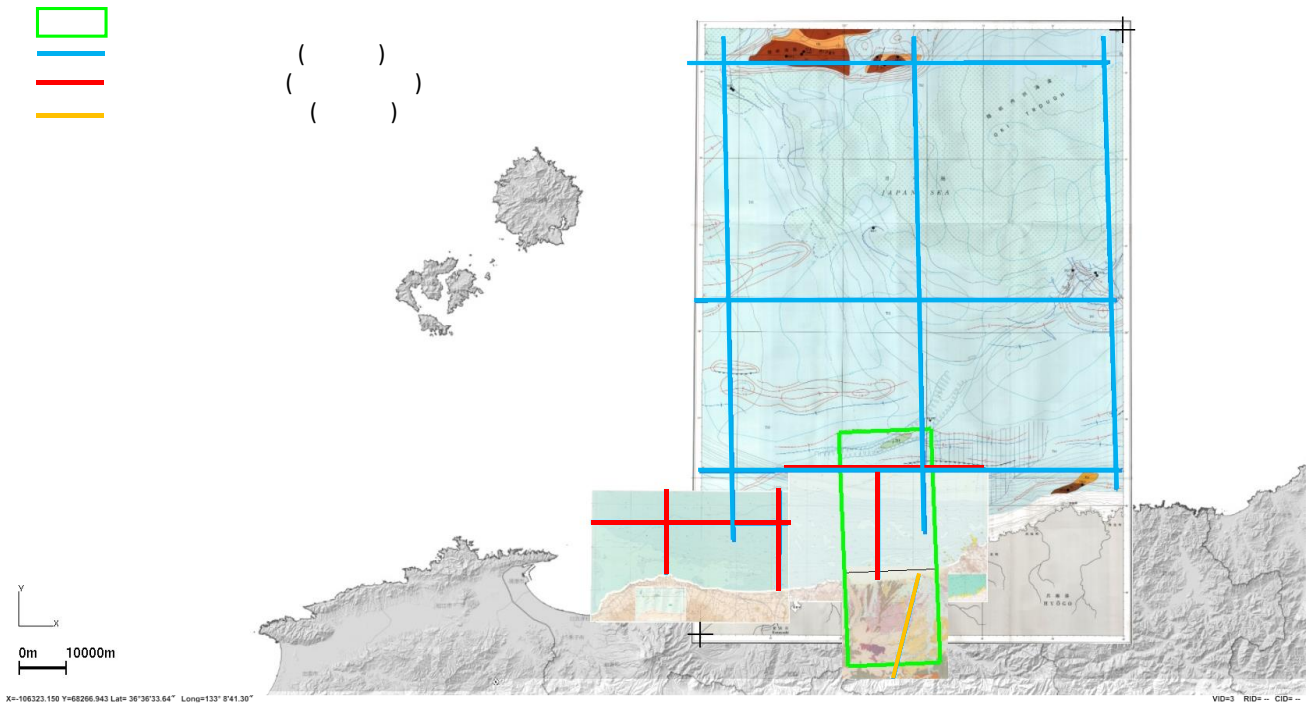
地域概要

引用データ

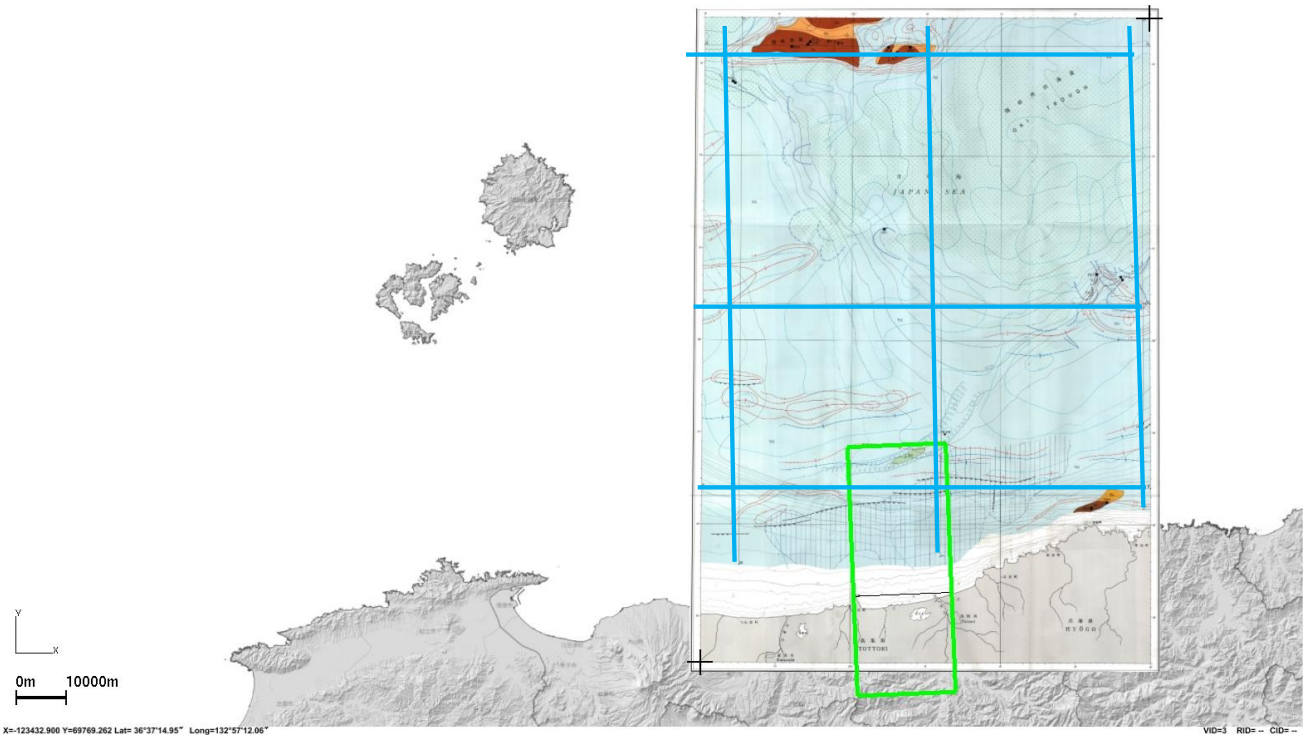
1 -79　　1 -397

1 -401　　1 -402

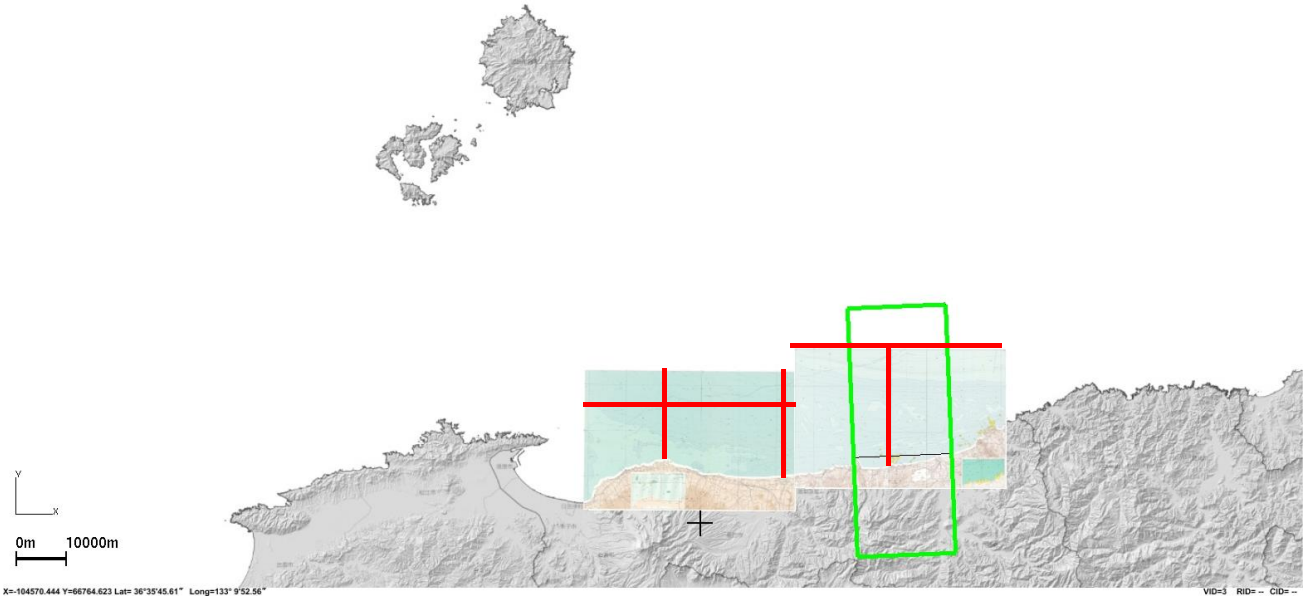
1 -79　ID34 .



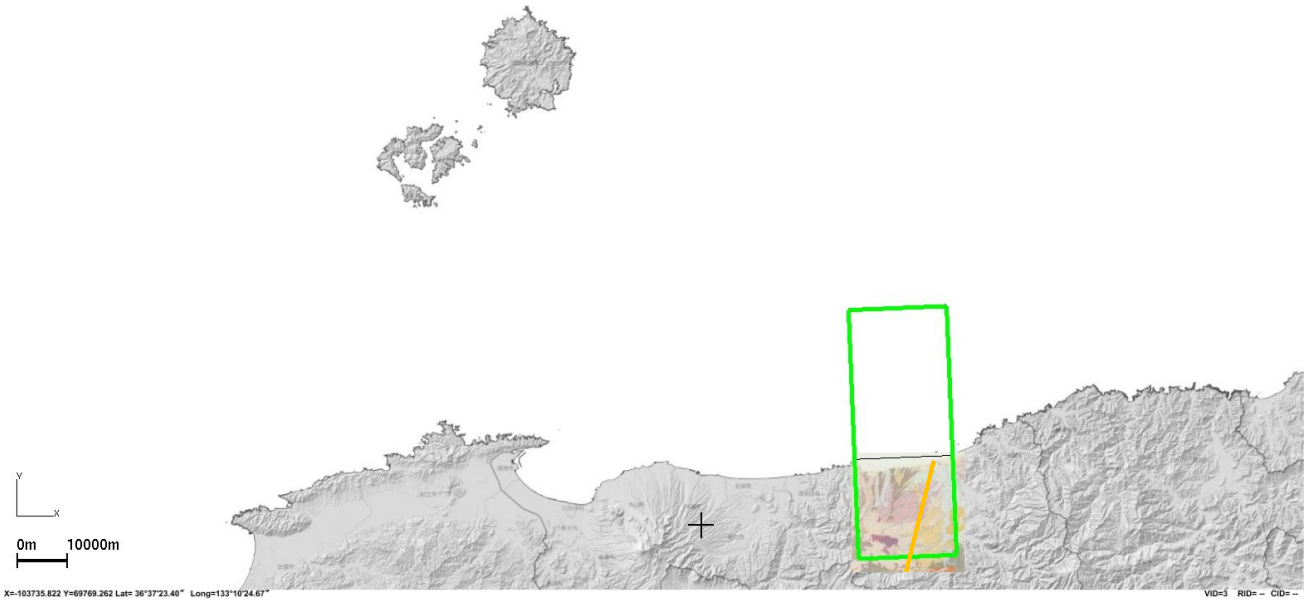
1 -397　ID34 .



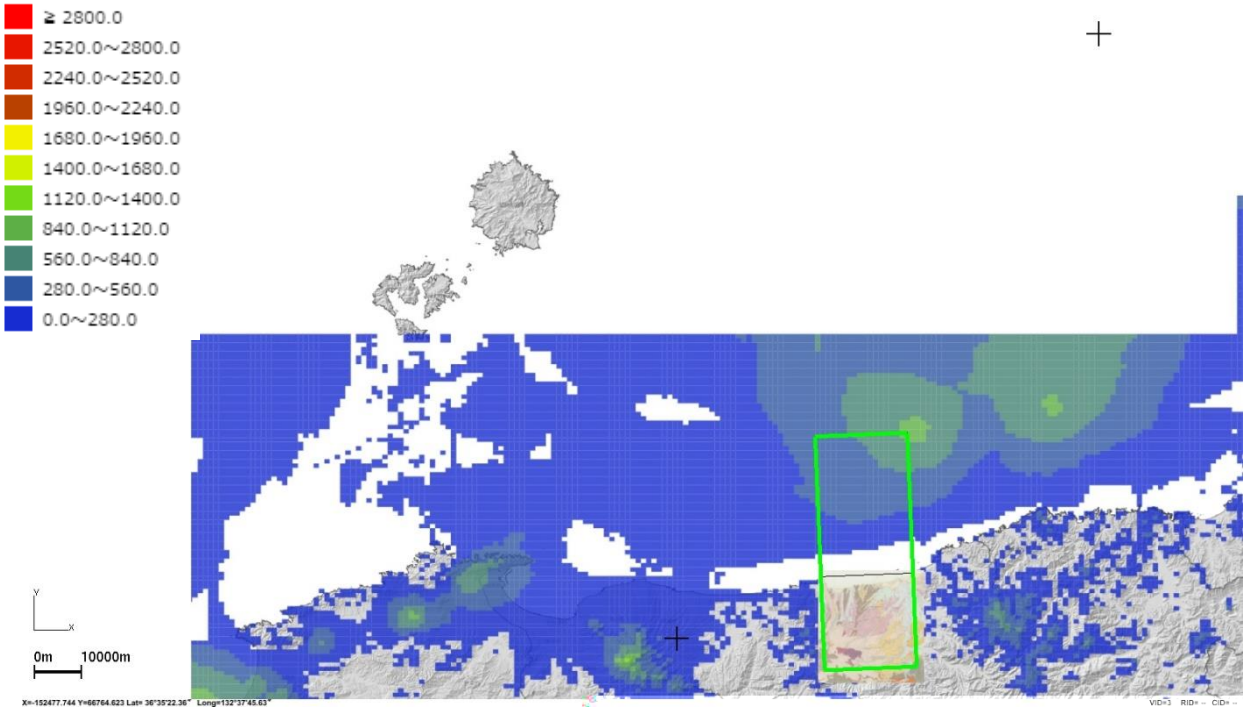
1 -398 ID34 . ( )



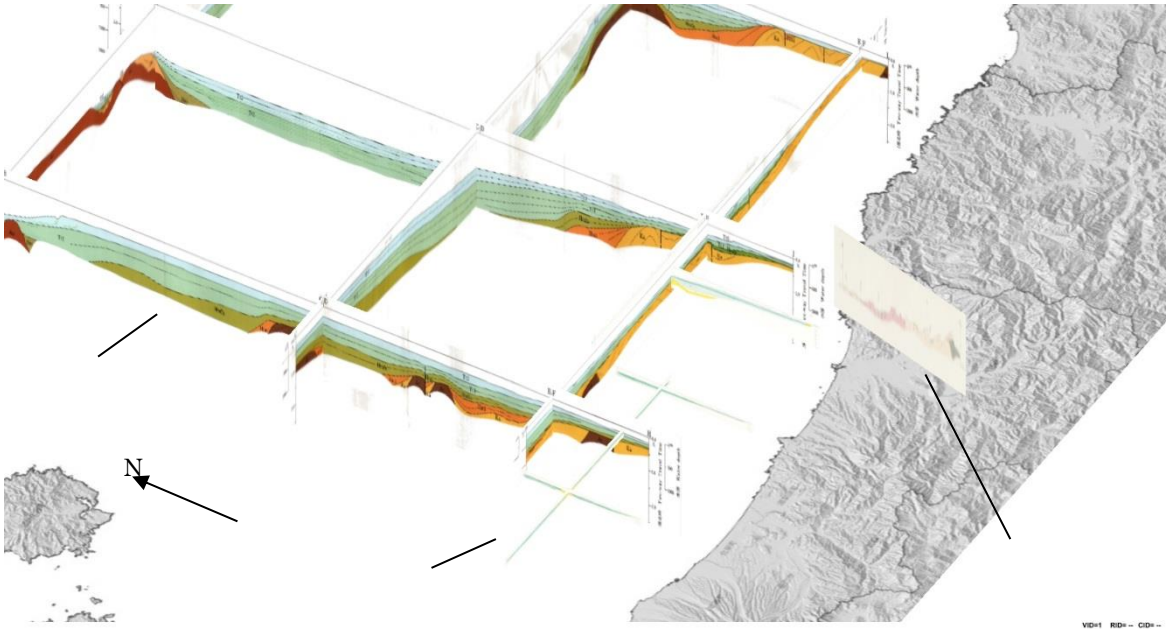
1 -399 ID34 . ( )



1 -400 ID34 . ( )



1 -401 ID34 . ( )



1 -402　ID34 .

解析モデル作成方針

20km　20km　30km

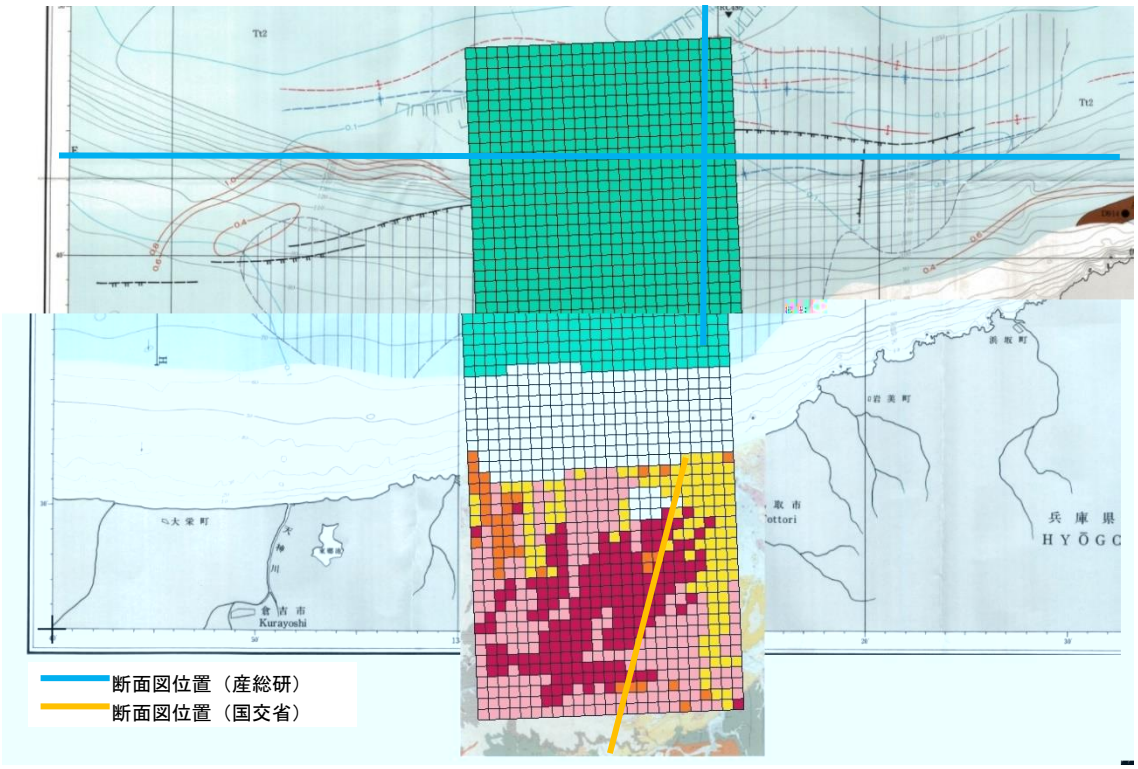
AI 学習・予測

AI 1-403 3 1-401

1-406 1-80

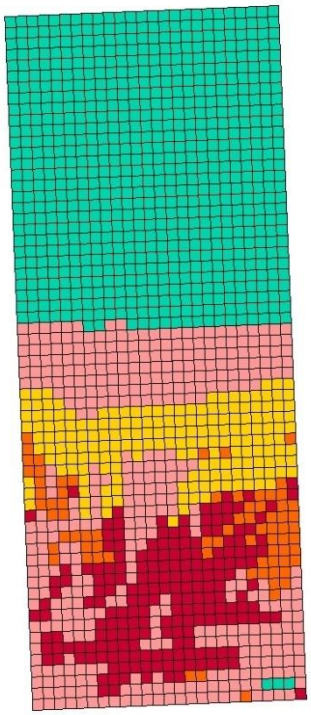
1-407

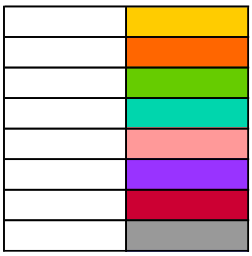
1-80 ID34 . AI



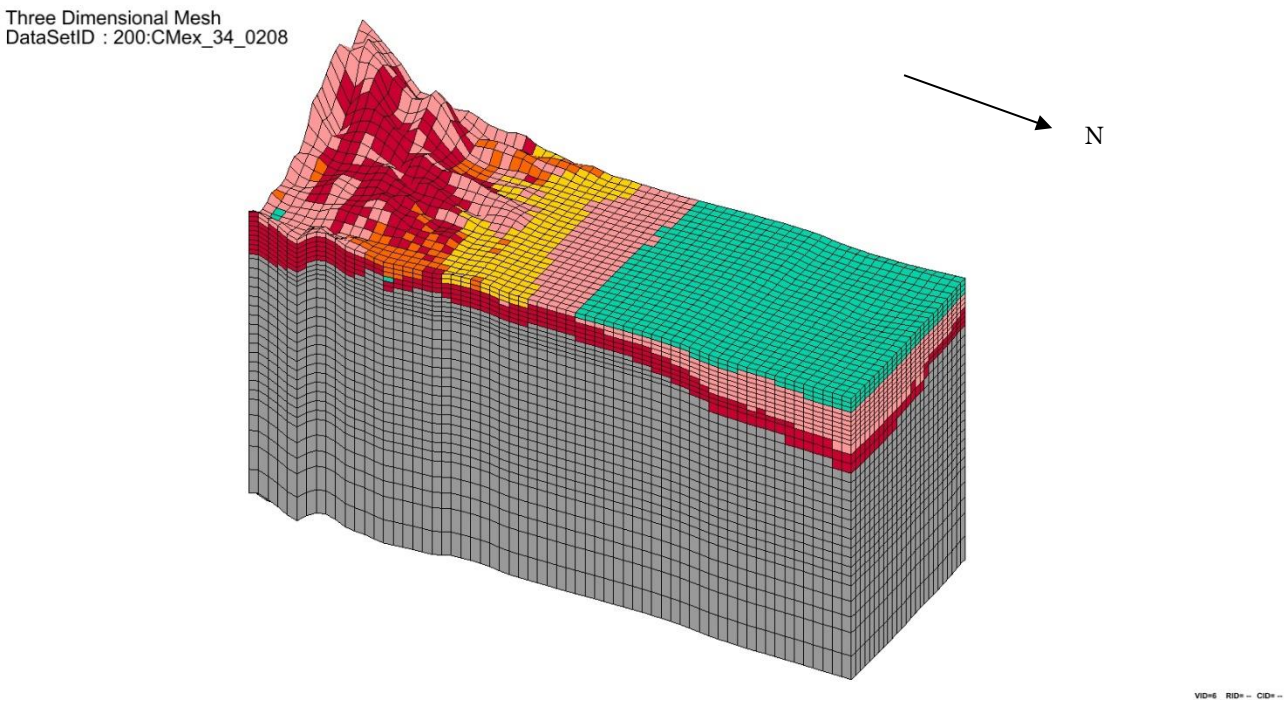
1 -403　ID34 .

200:CMex_34_0208

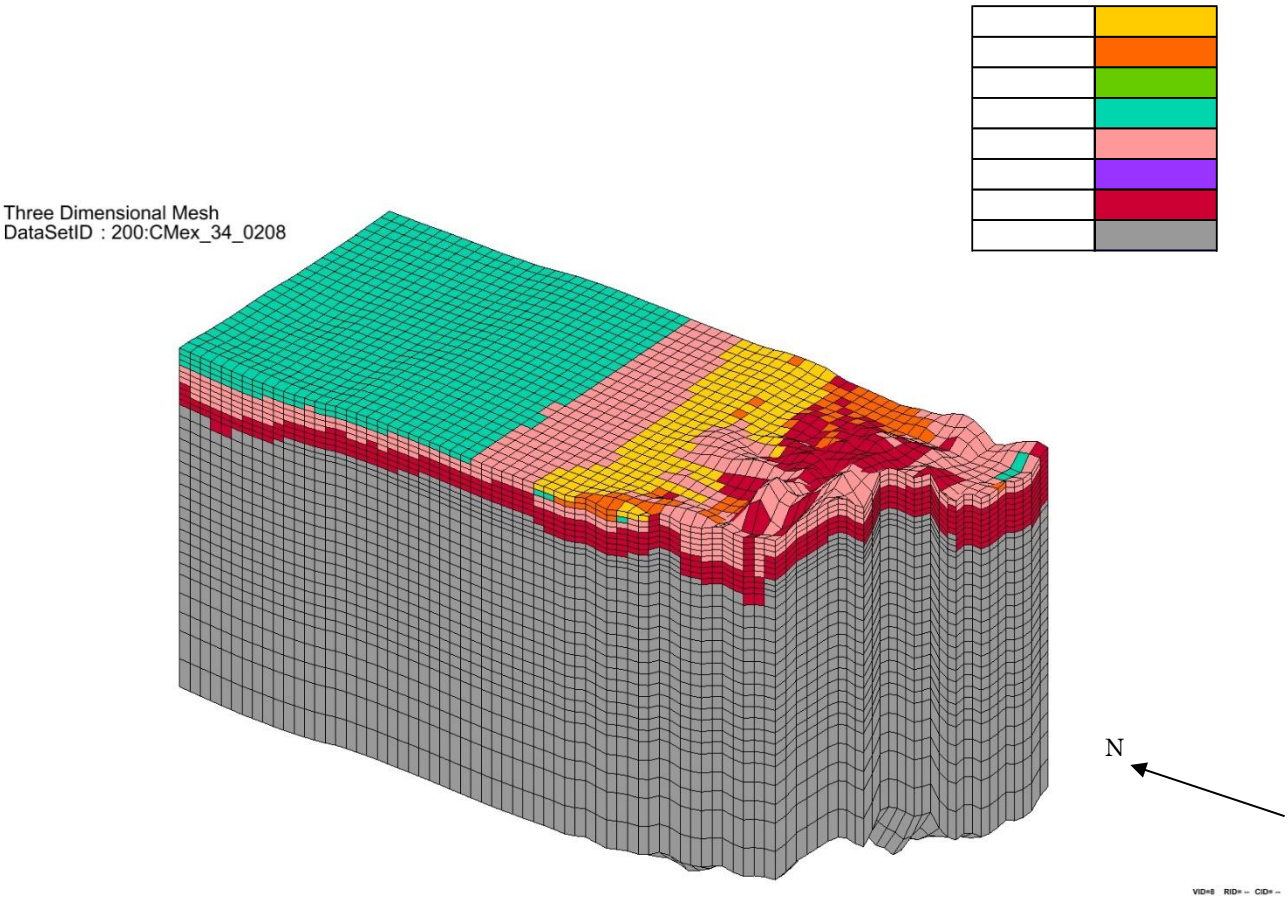




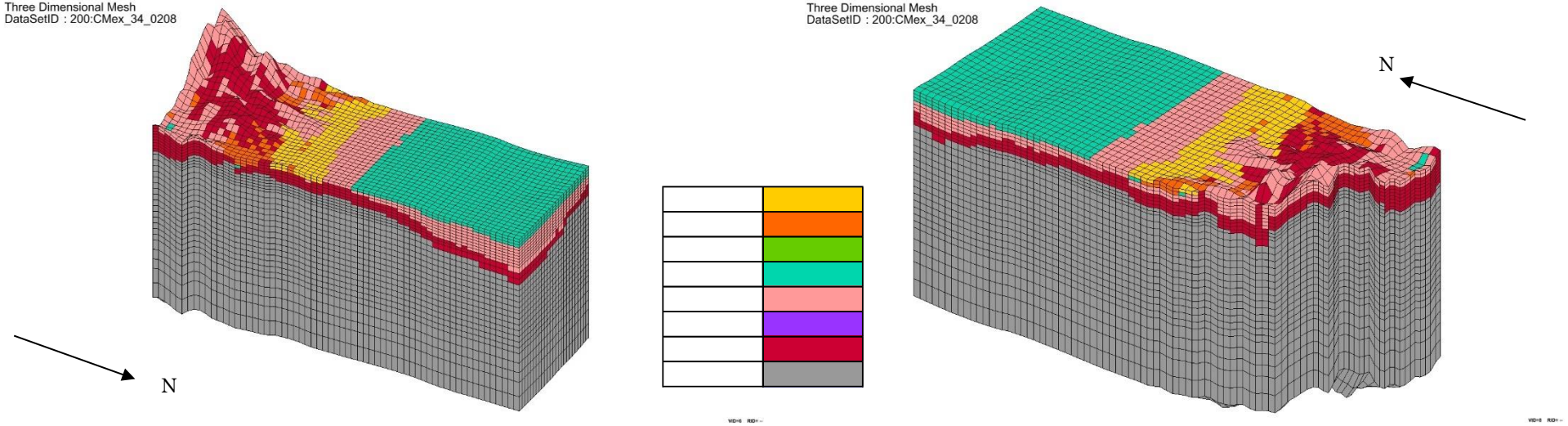
1 -404　ID34 .　AI

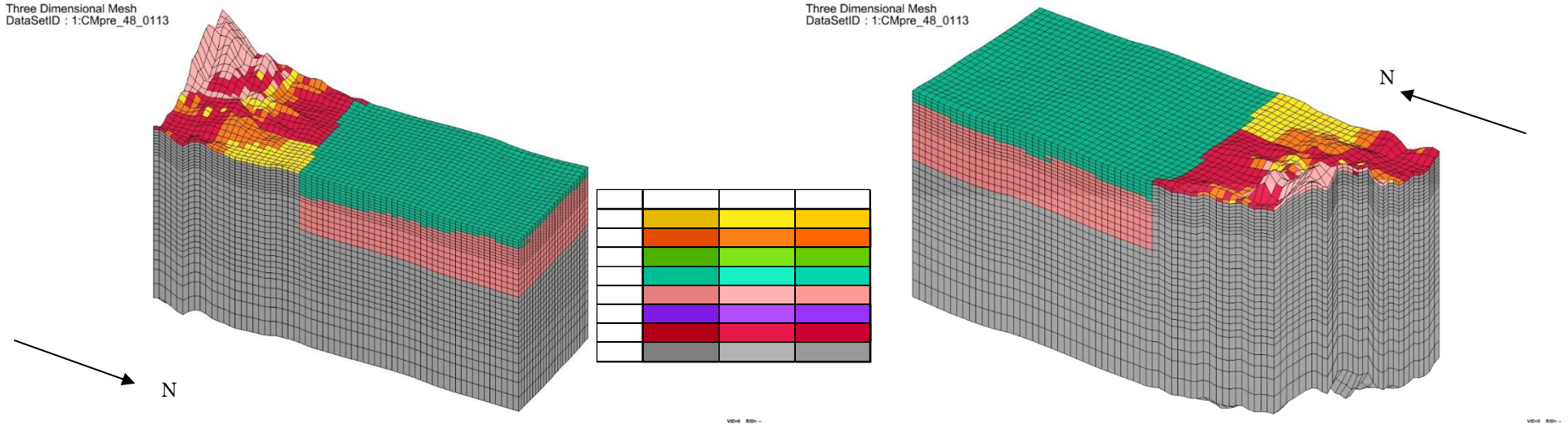


1 -405 ID34 . AI 3 (1)



1 -406 ID34 . AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_34_0208
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_34_0208
N

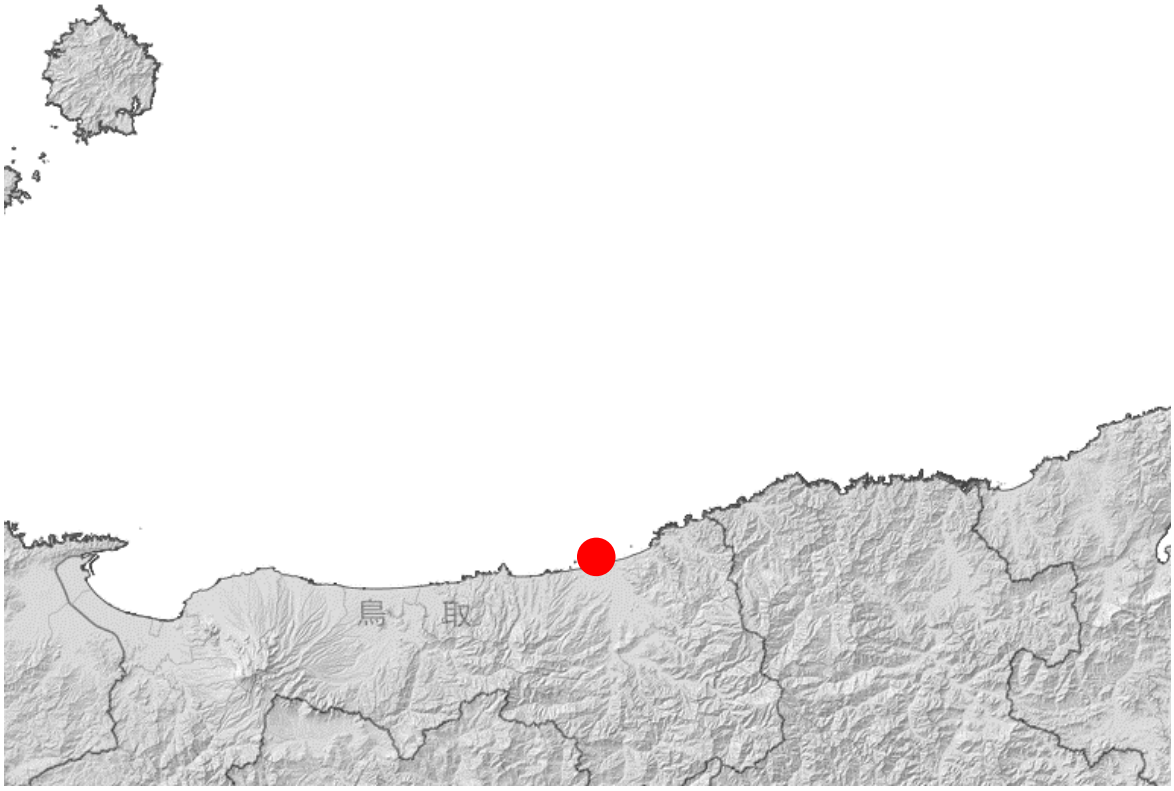

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_48_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_48_0113
N

1 -407 ID34 . 3

ID.35 倉吉

モデル化位置

1 -408



1 -408　ID35.

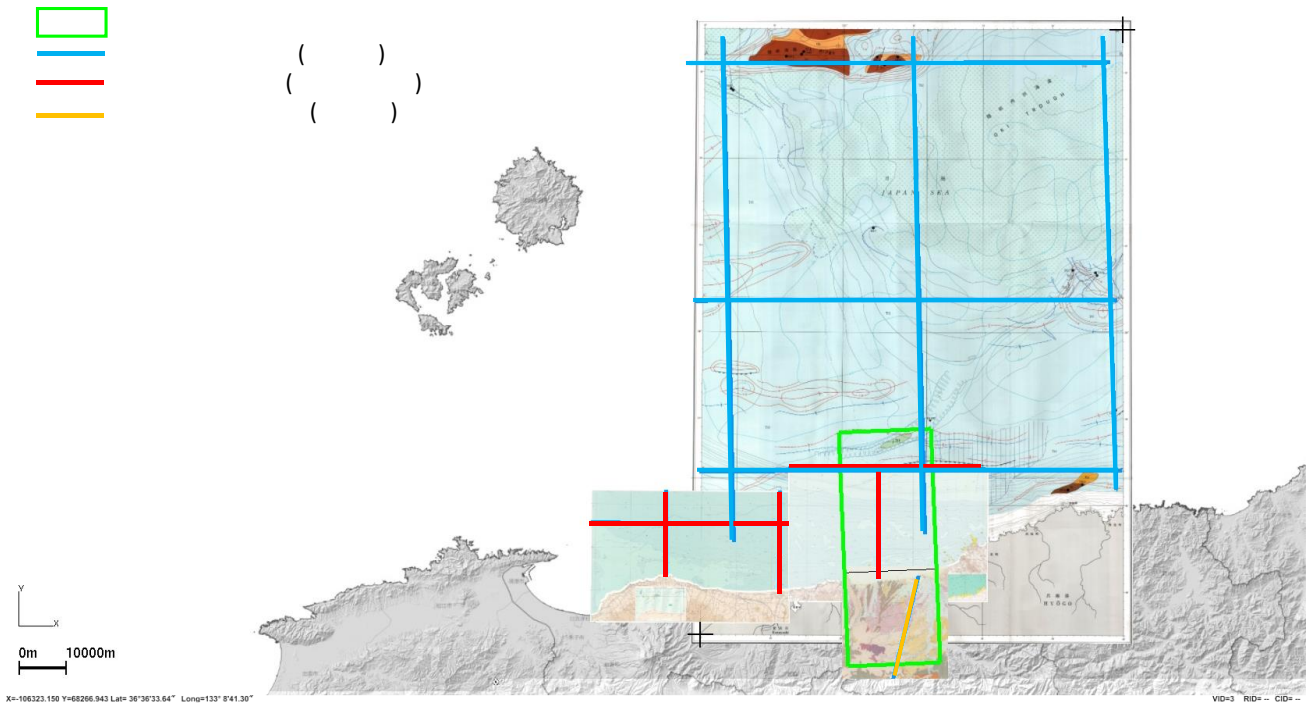
地域概要

引用データ

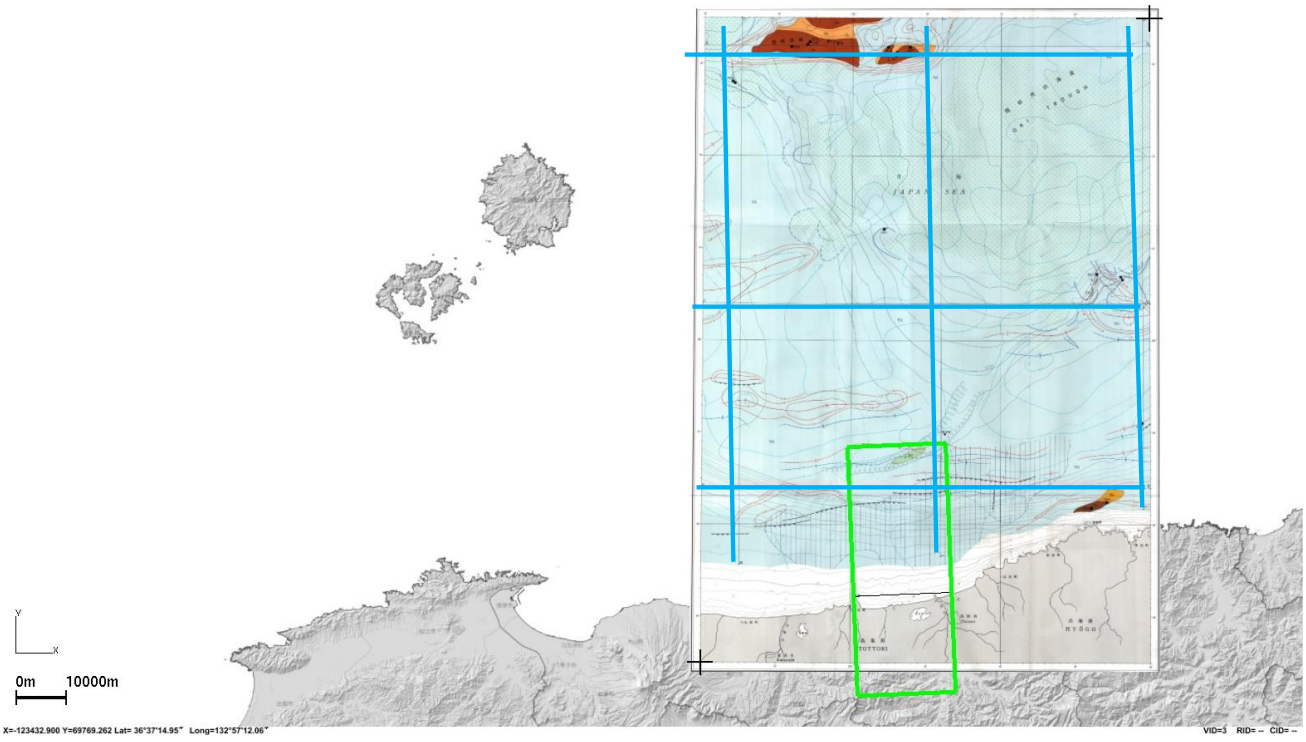
1 -81　　1 -409

1 -413　　1 -1 11

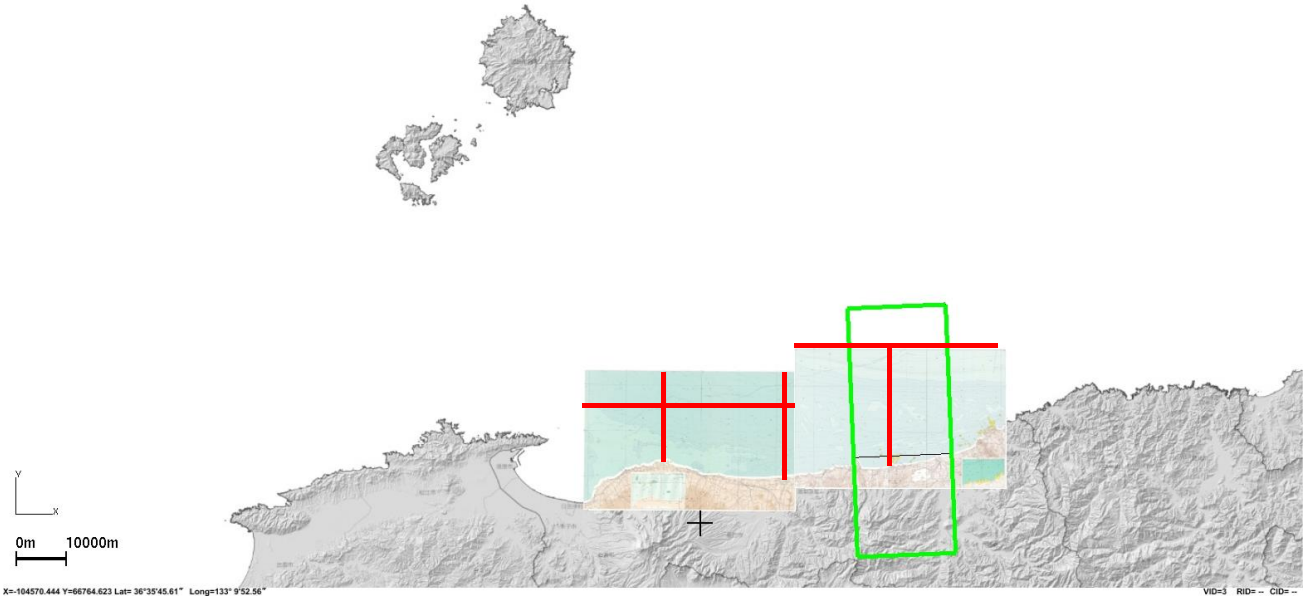
1 -81　ID35.



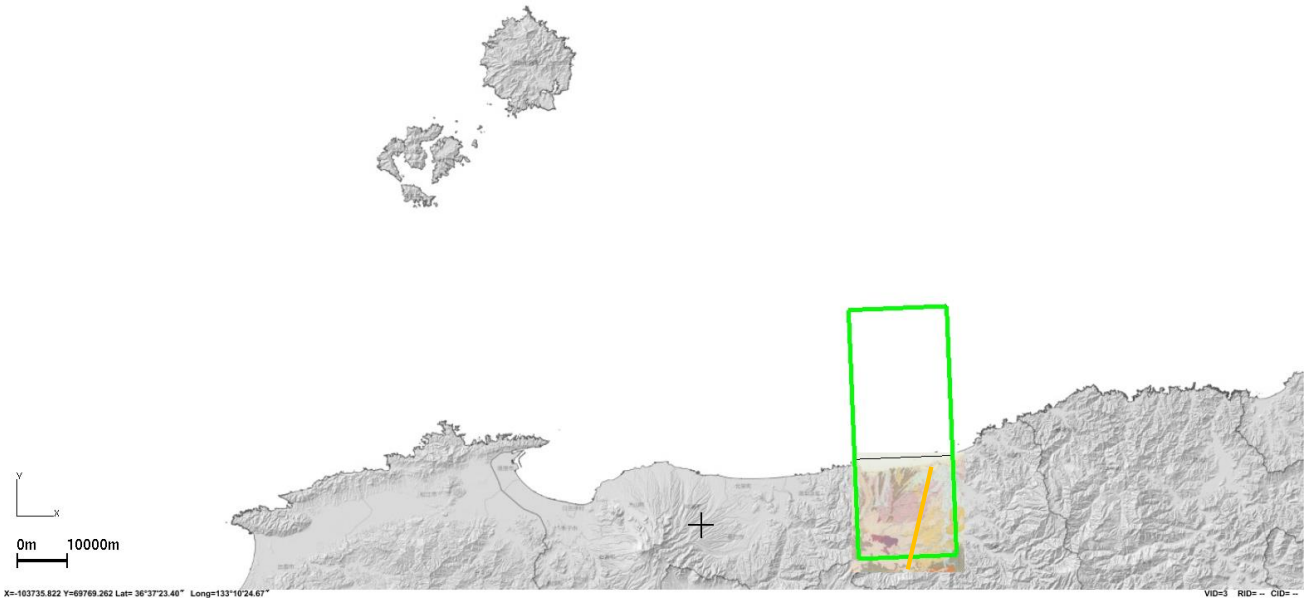
1 -409　ID35.



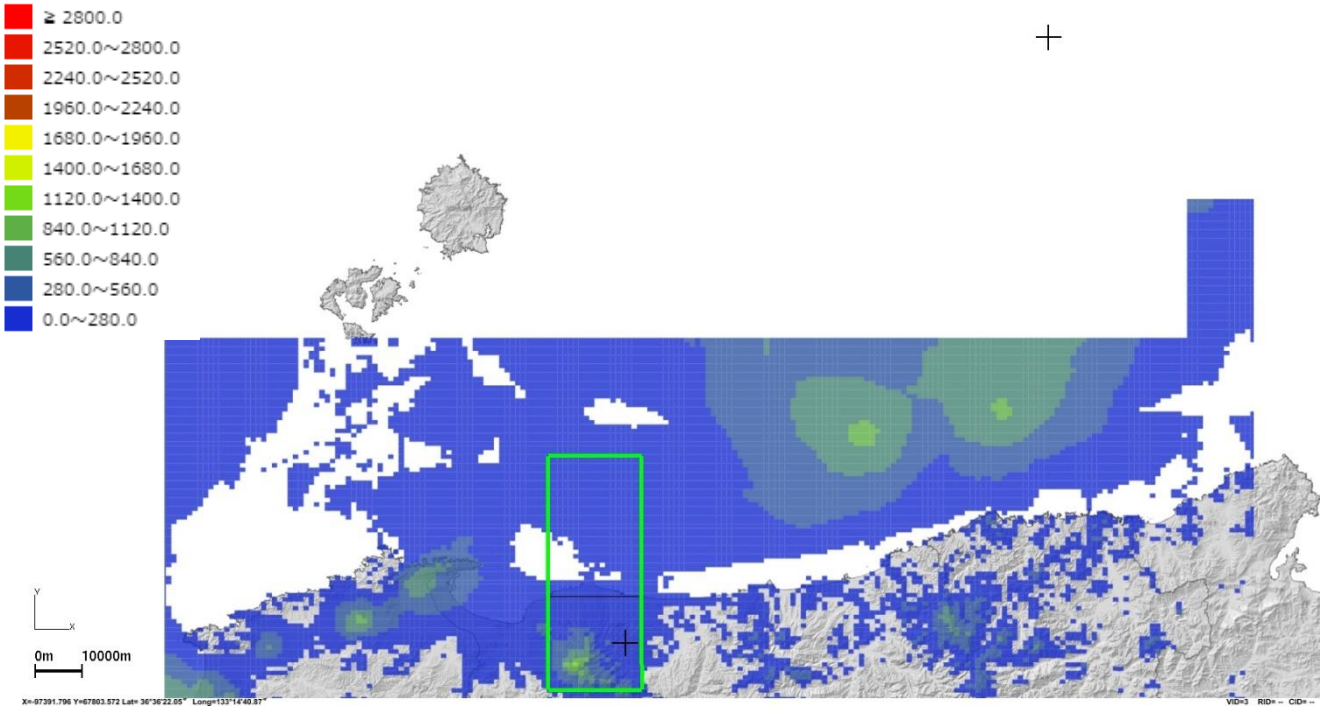
1 -410 ID35. ( )



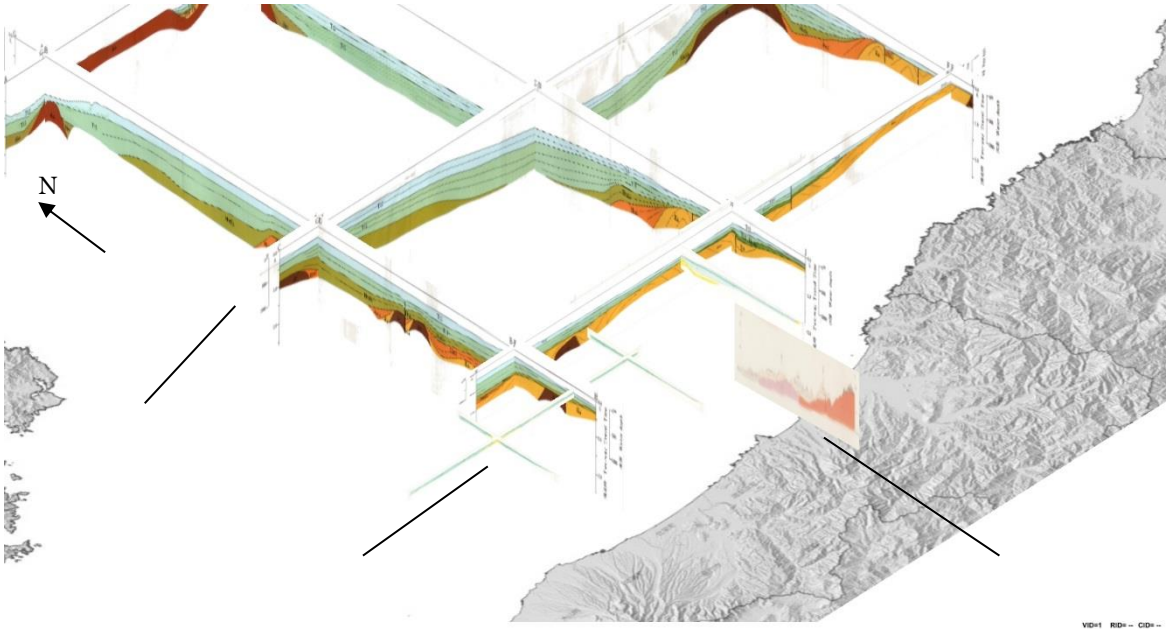
1 -411 ID35. ( )



1 -412 ID35. ( )



1 -413 ID35. ( )



1 -414 ID35.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1-415 3 1-416

1-420 1-82

1-421

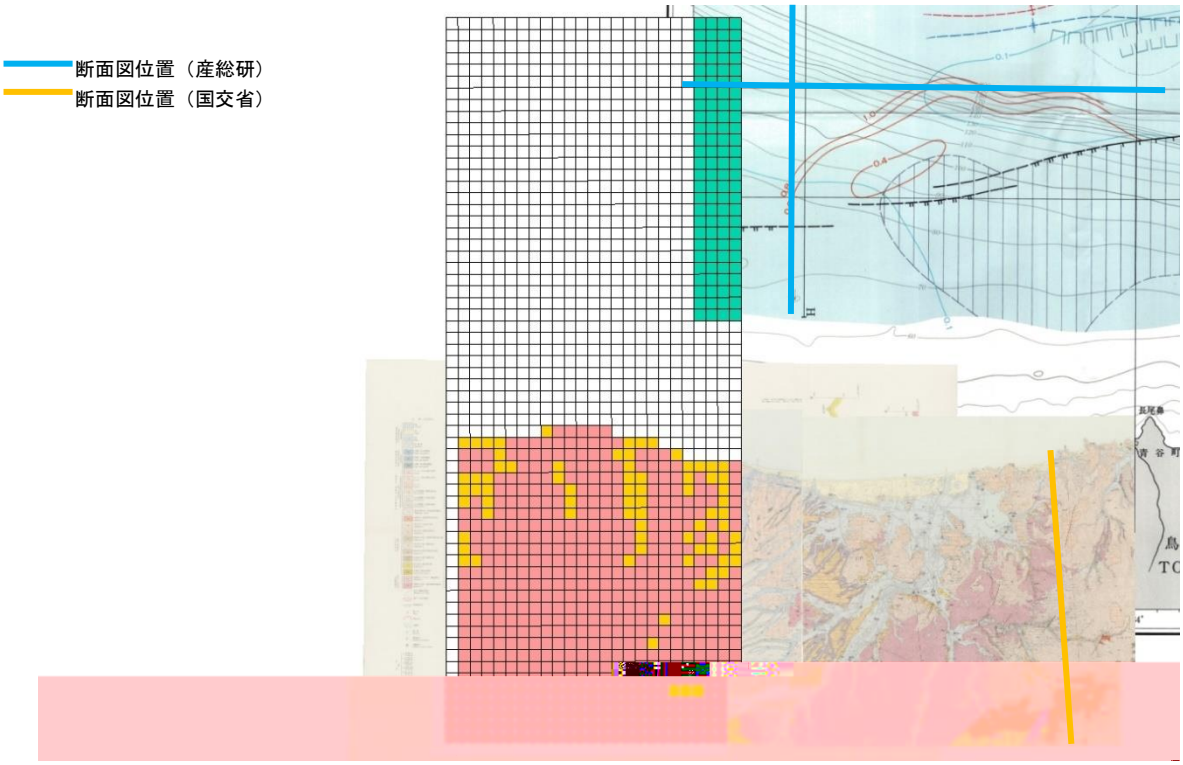
1-82 ID35. AI

1 -416　　1 -415　　AI

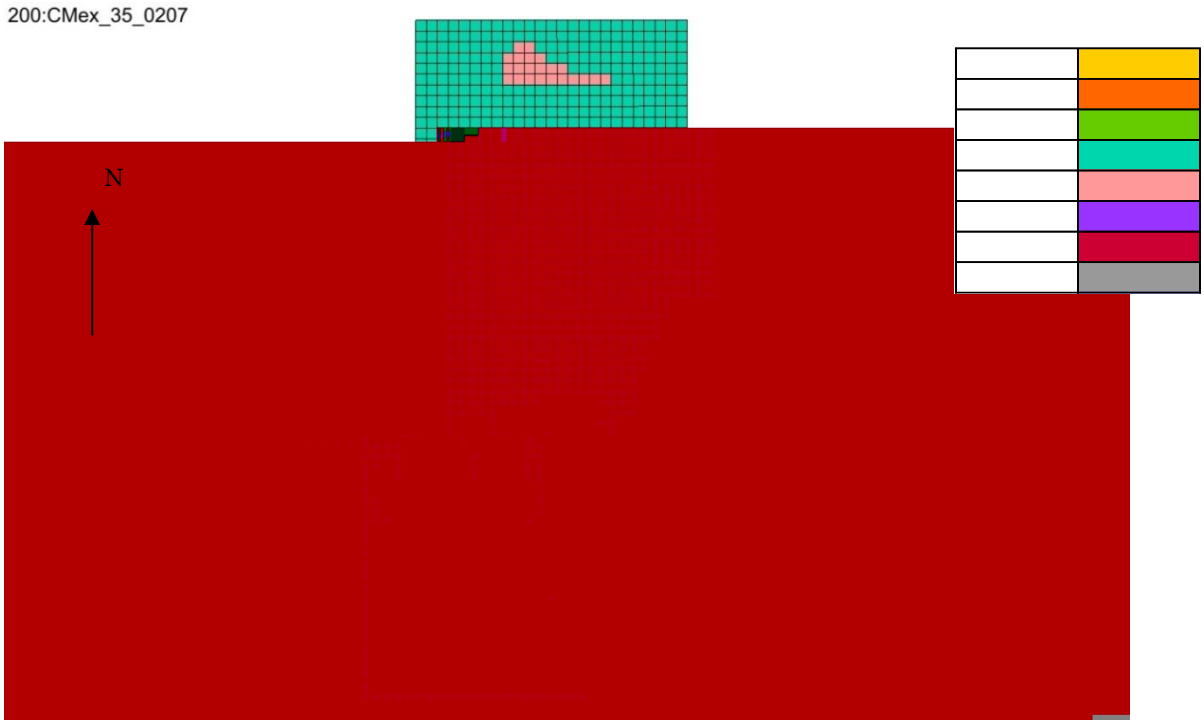
ID

1 -417　　1 -418　　N3

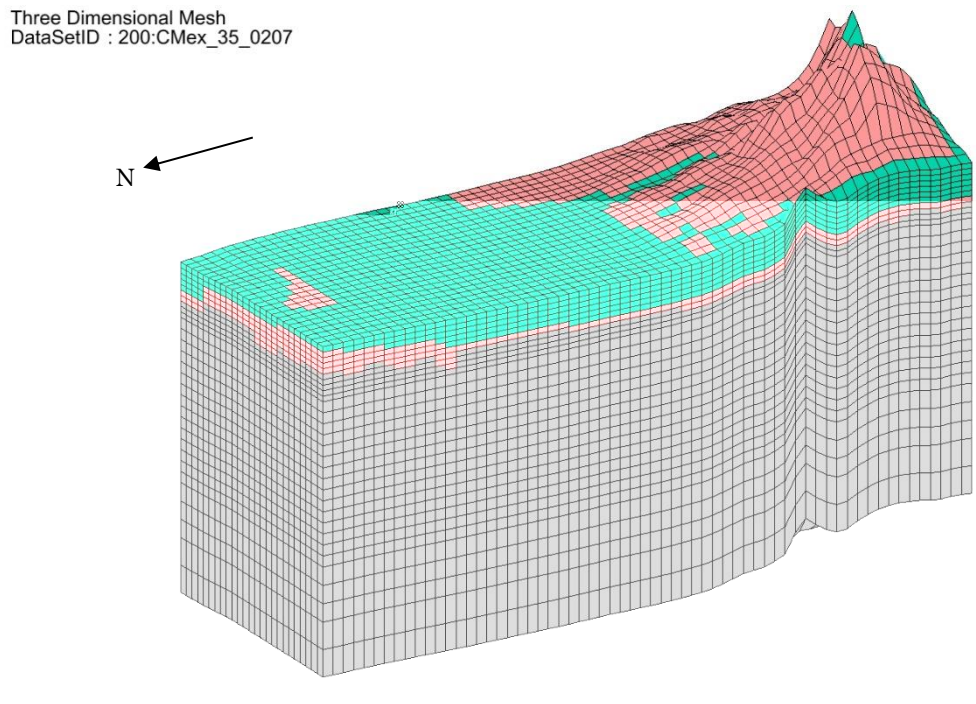
Q2　　1 -419　　1 -420



1 -415　ID35.

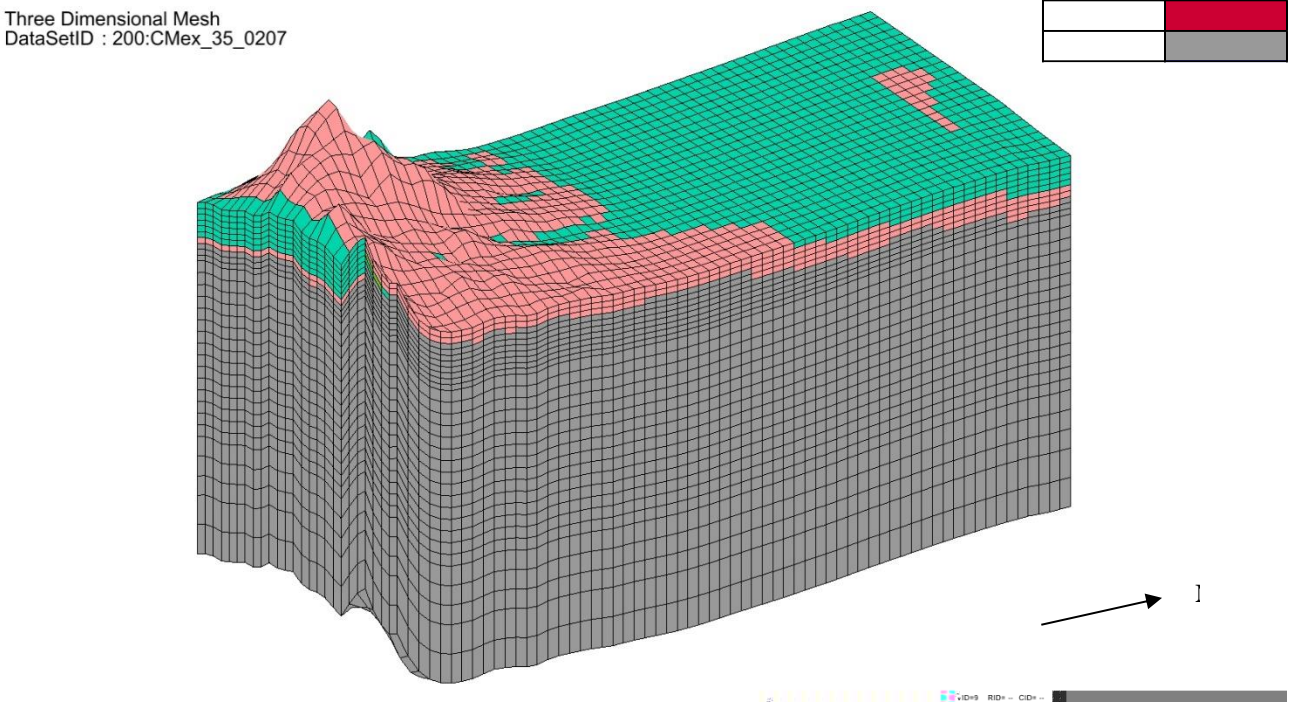


1 -416　ID35.　　AI



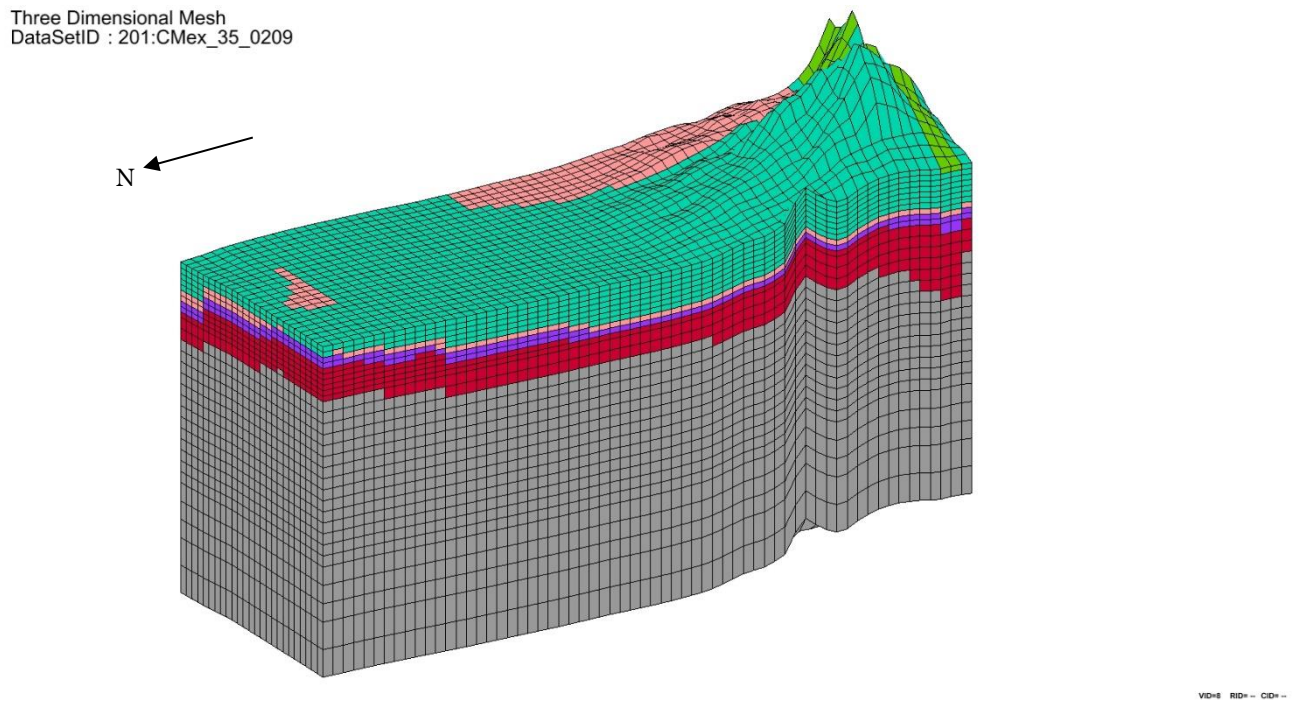
1 -417 ID35. AI

3 (1)



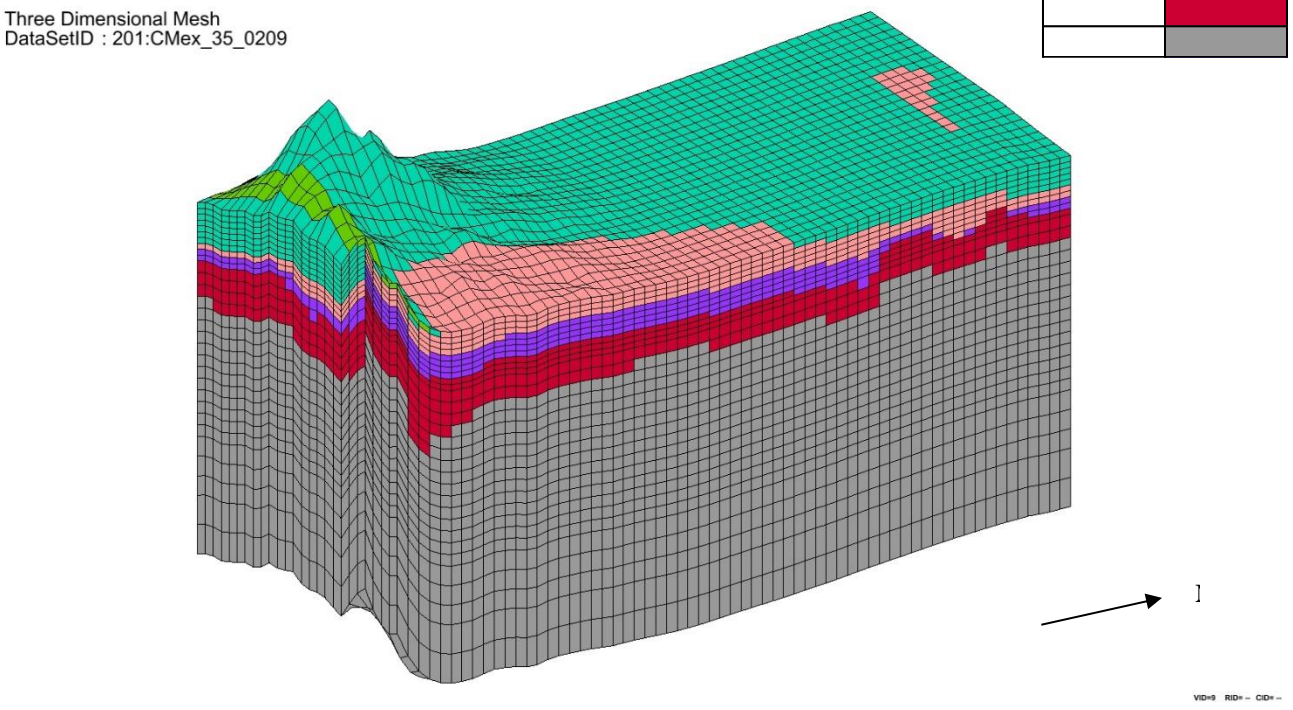
1 -418 ID35. AI

3 (2)



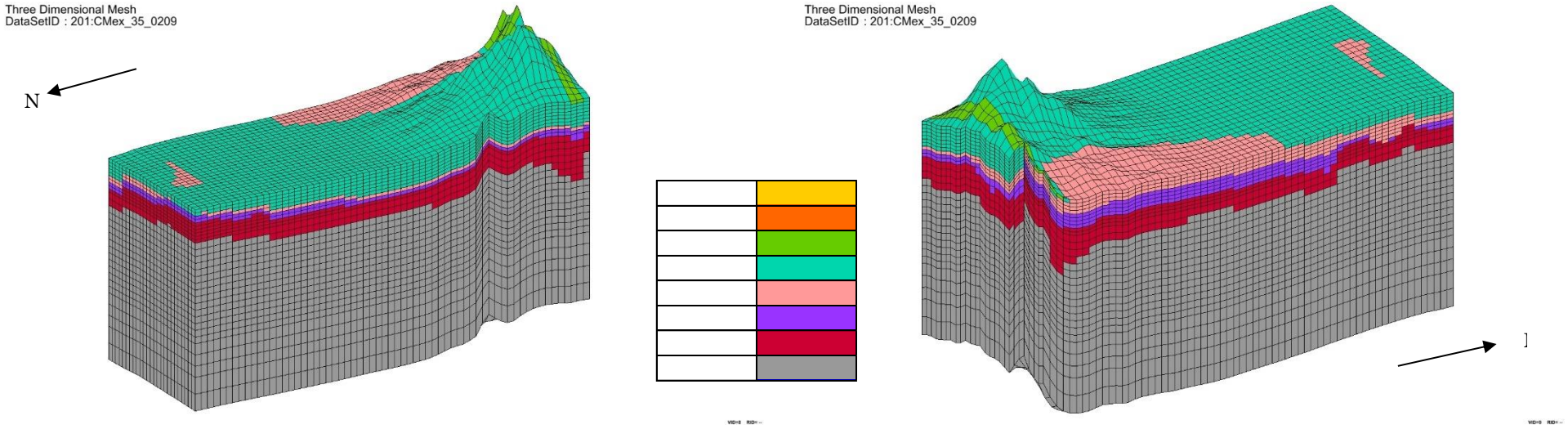
1 -419 ID35. AI

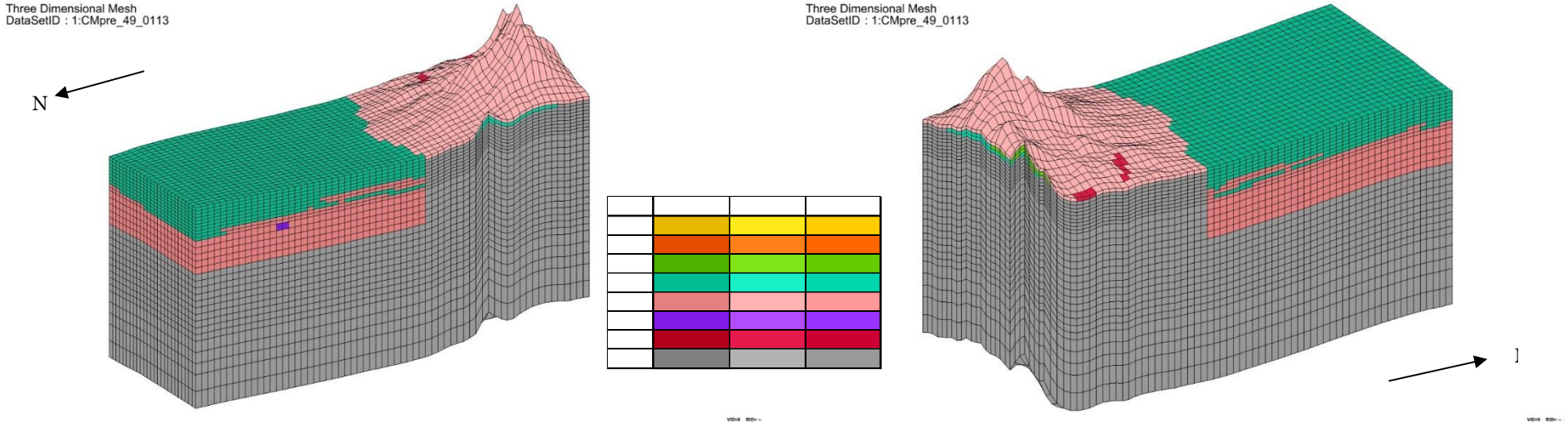
3 (1)



1 -420 ID35. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_35_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_35_0209

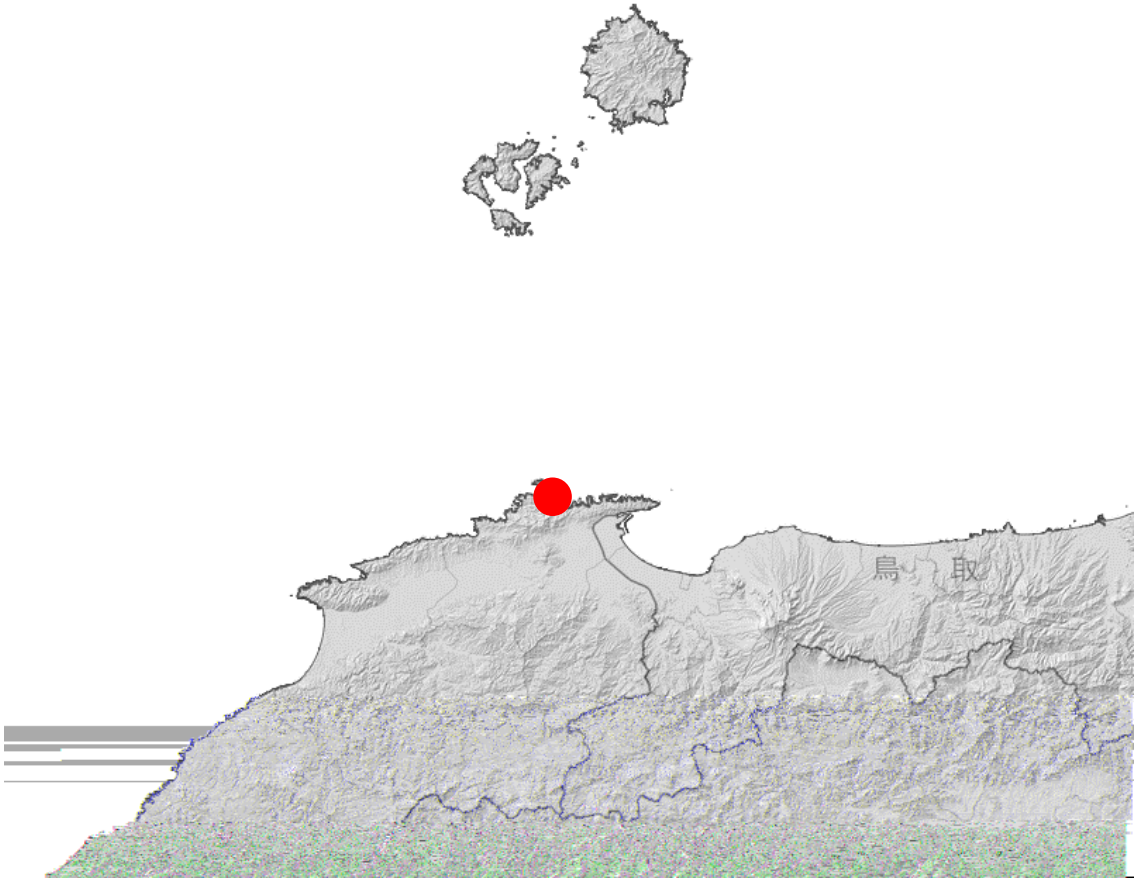

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_49_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_49_0113

1 -421 ID35. 3

ID.36 出雲・松江

モデル化位置

1 -422



1 -422 ID36.

地域概要

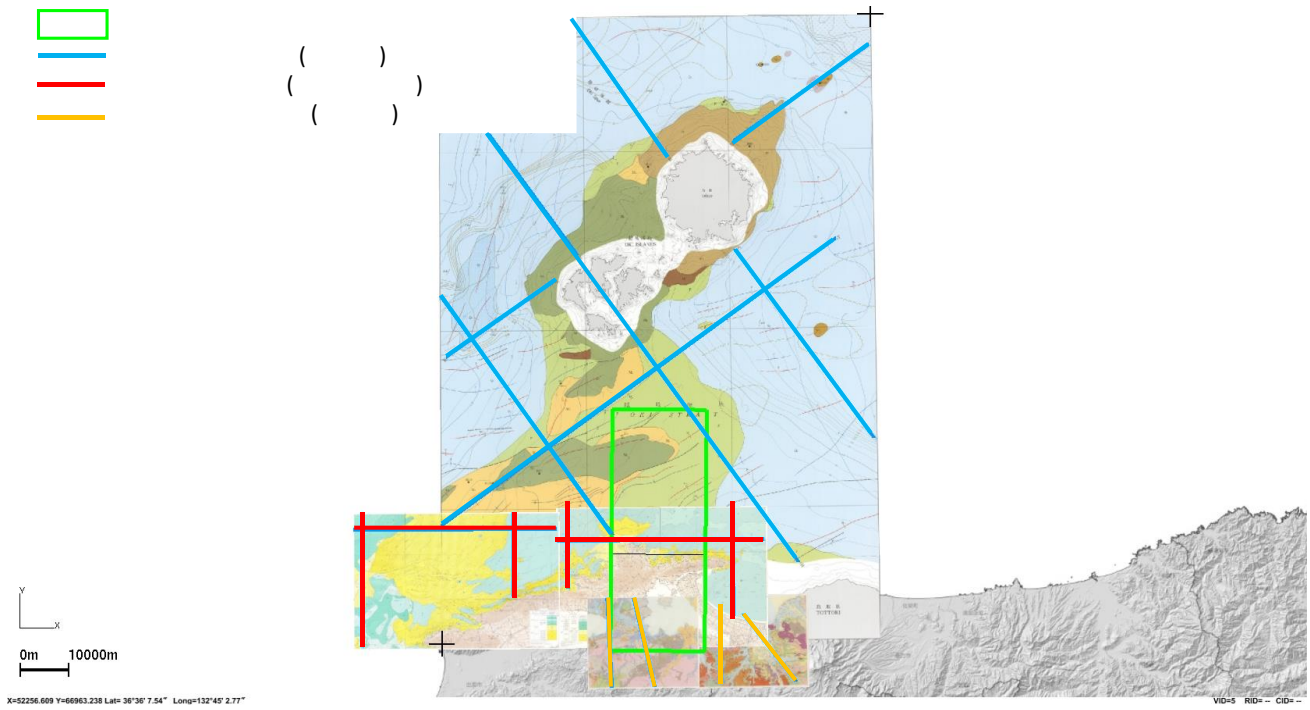
m

引用データ

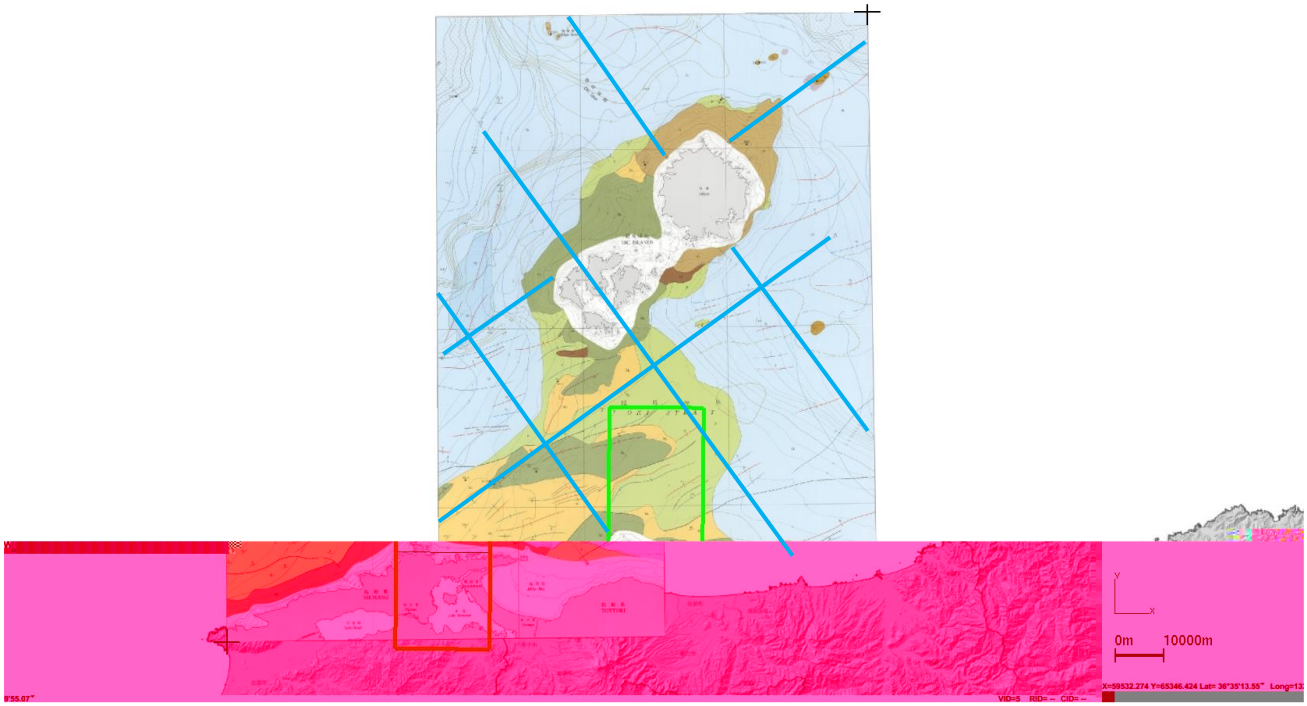
1 -83　　1 -423

1 -427　　1 -428

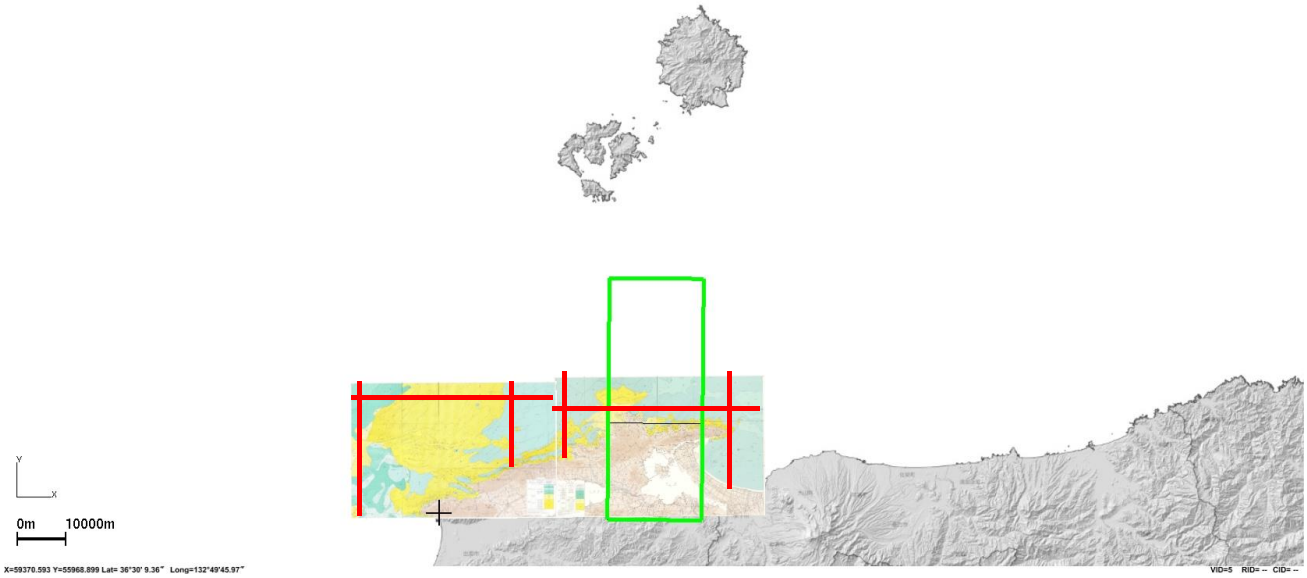
1 -83　ID36.



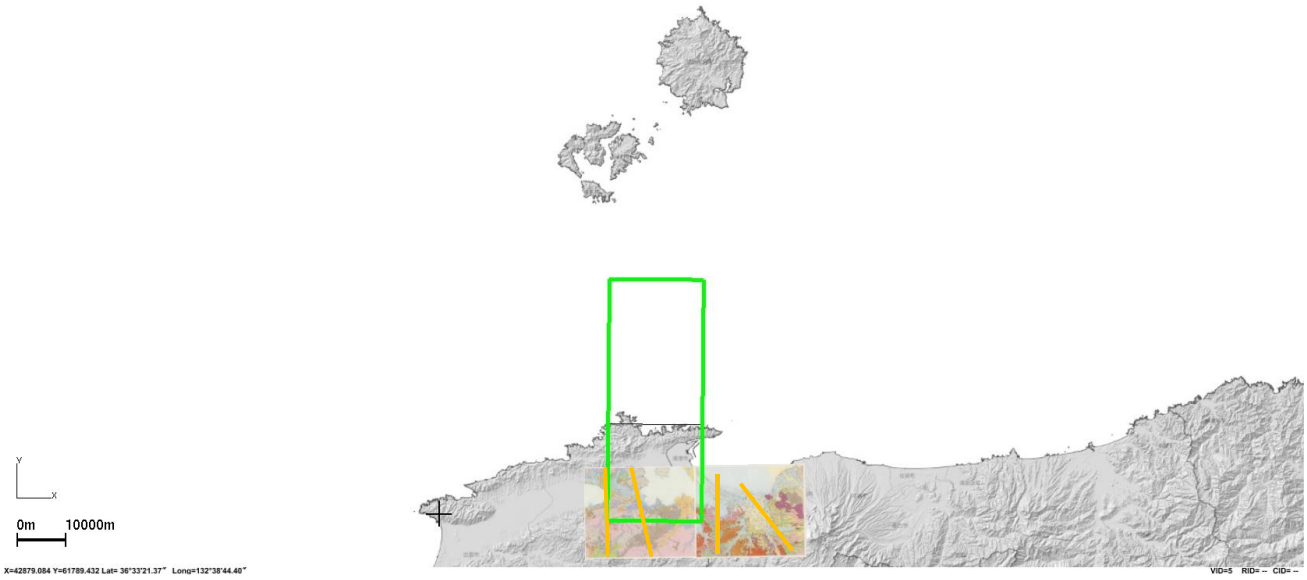
1 -423　ID36.



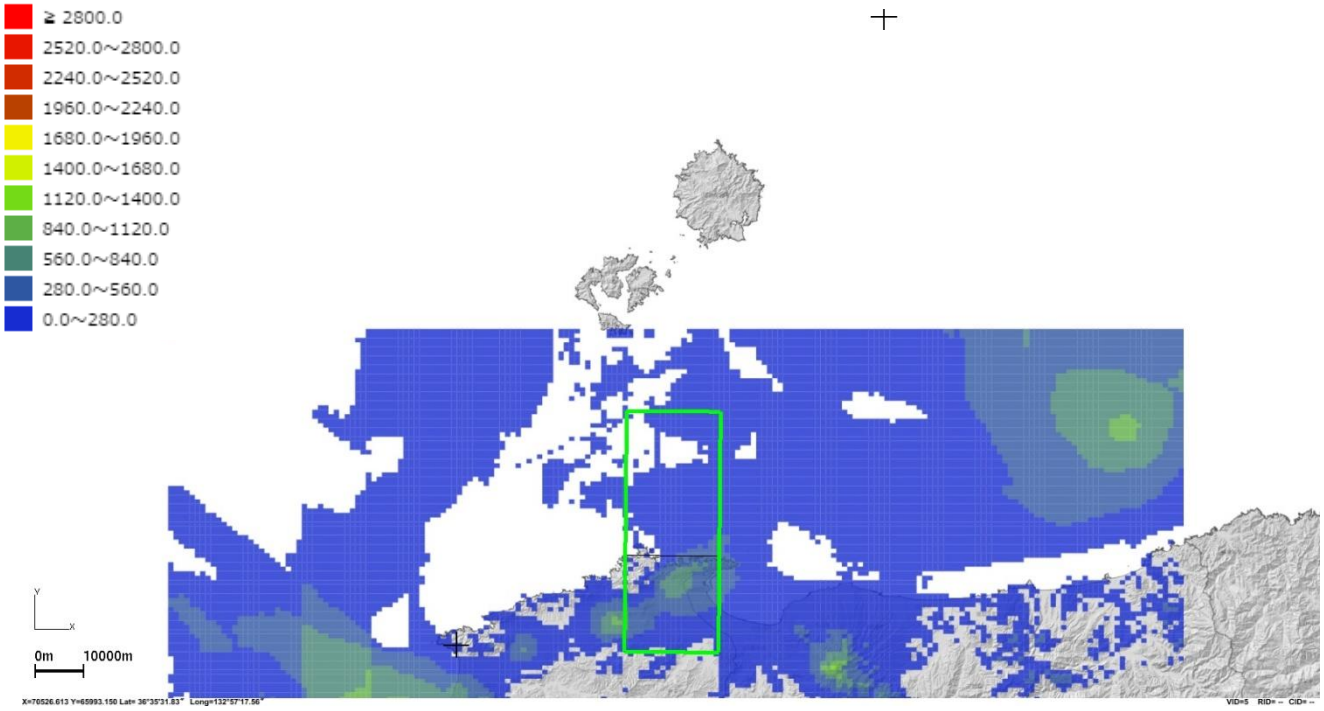
1 -424 ID36. ( )



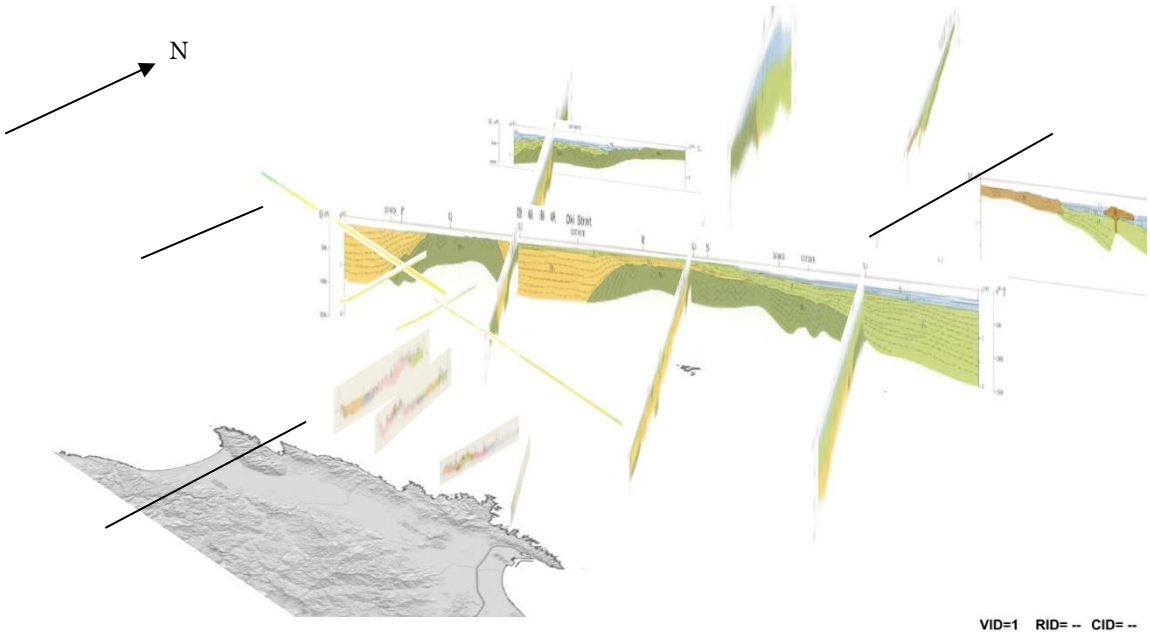
1 -425 ID36. ( )



1 -426 ID36. ( )



1 -427 ID36. ( )



1 -428 ID36.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -429 3 1 -430

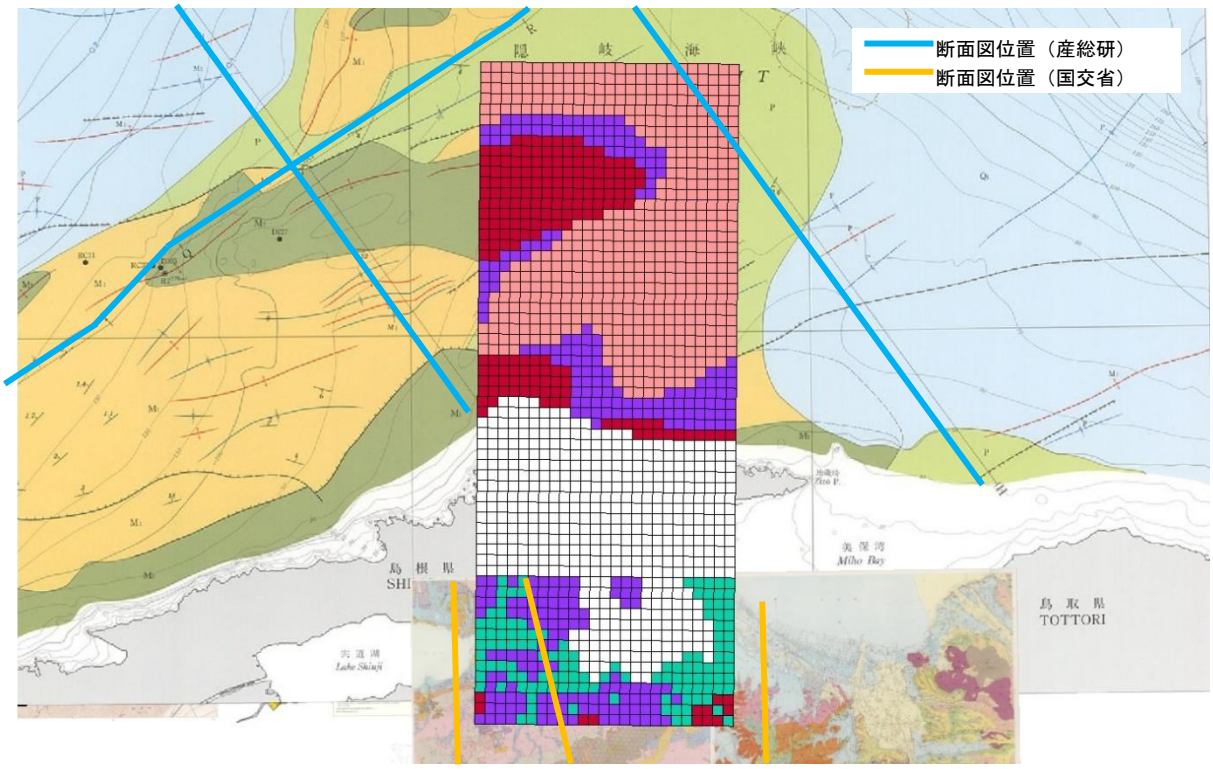
1 -432 1 -84

1 -433

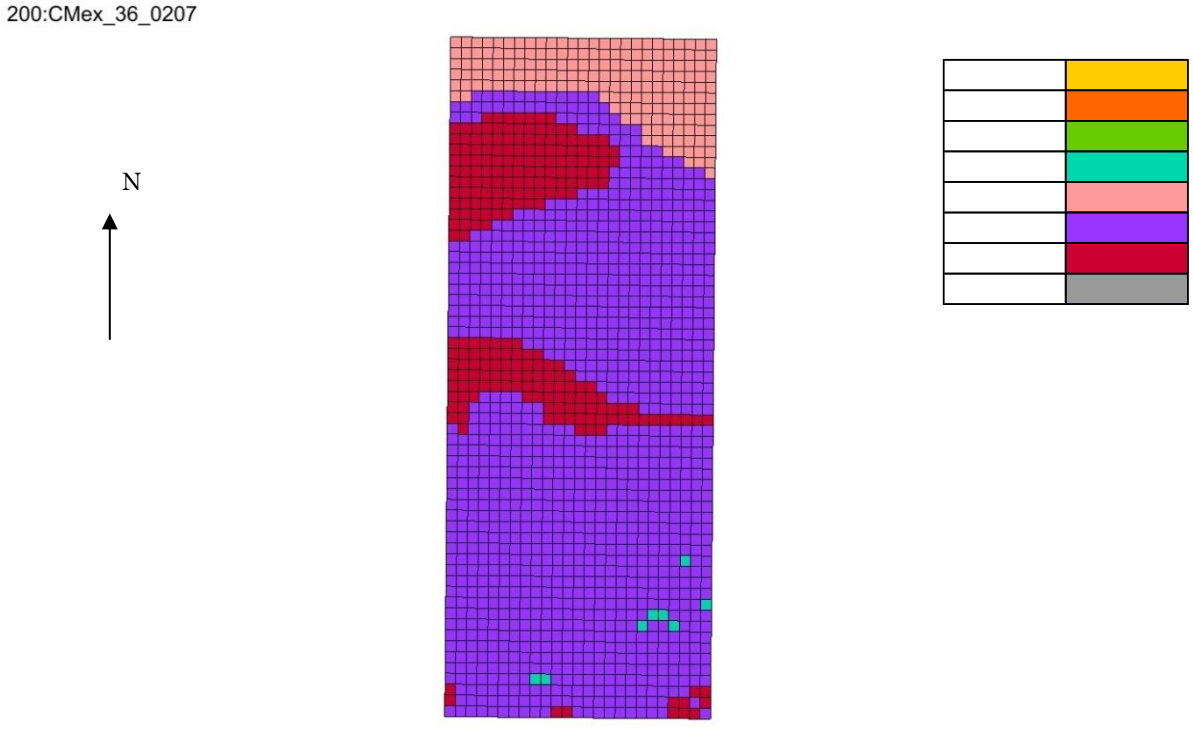
1 -84 ID36. AI

1 -430 1 -429 AI

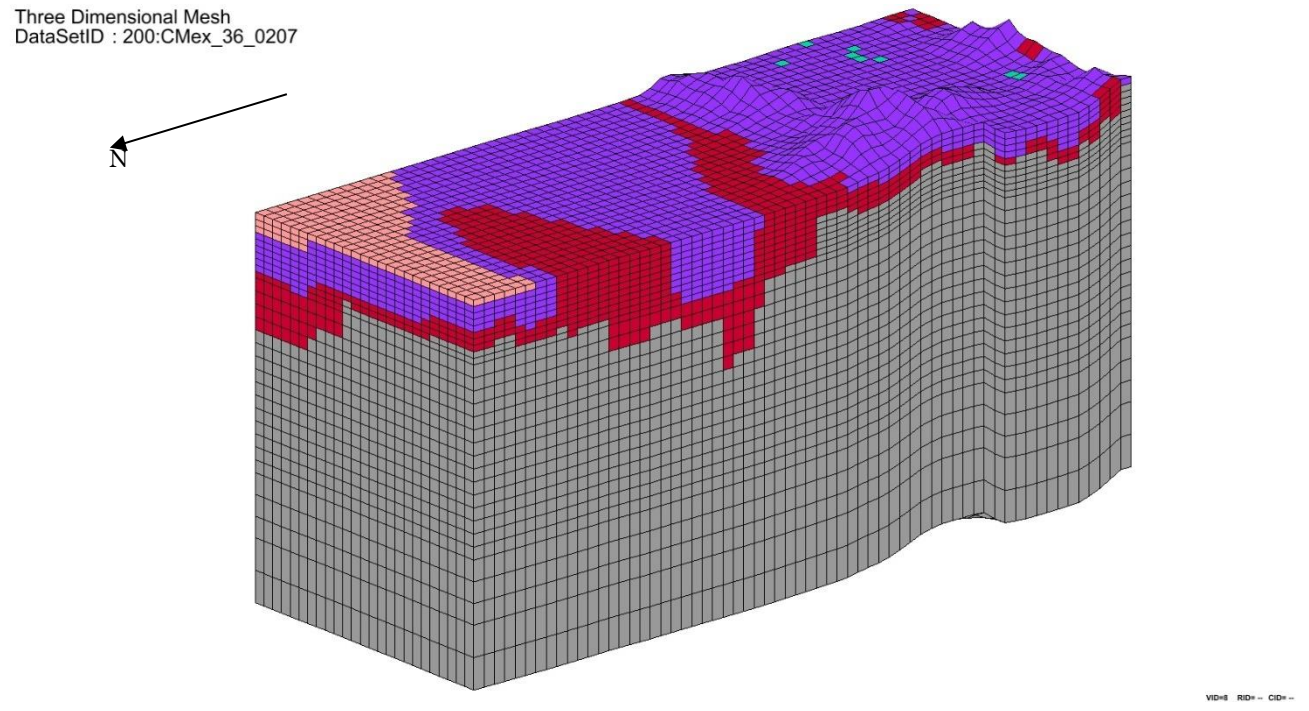
ID



1 -429 ID36.

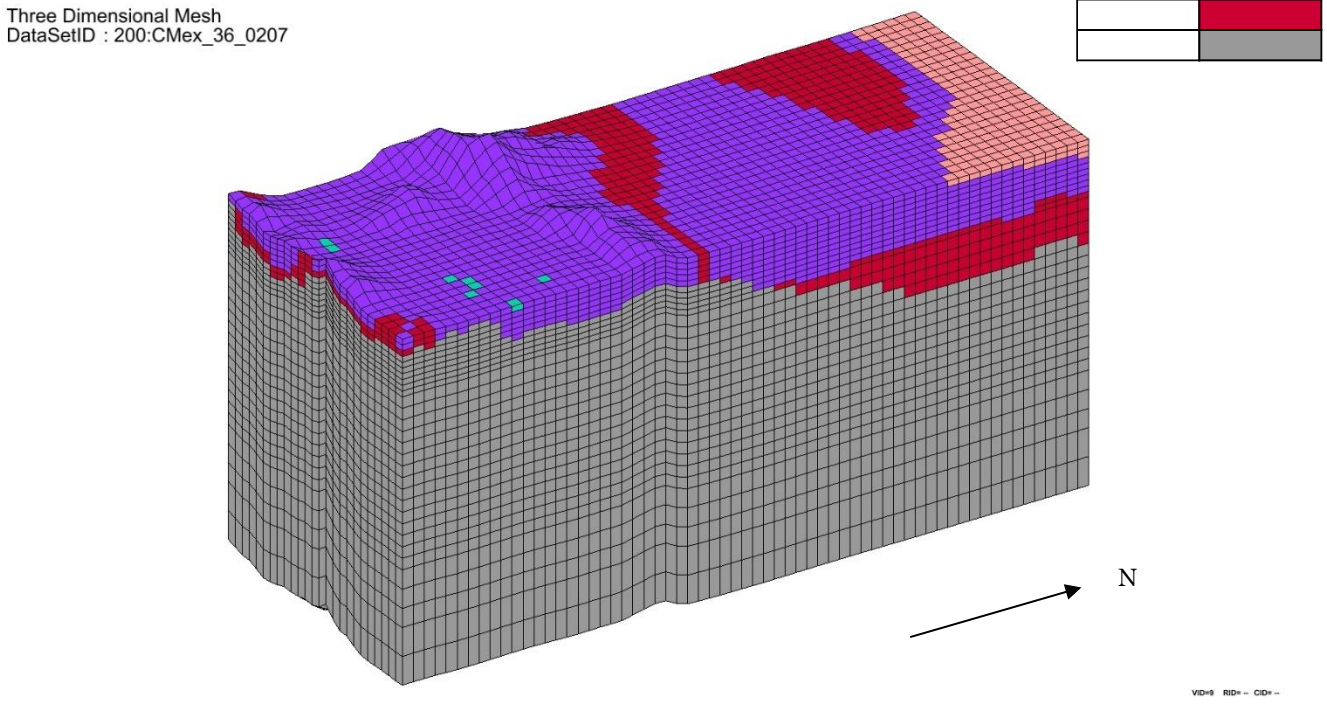


1 -430 ID36. AI



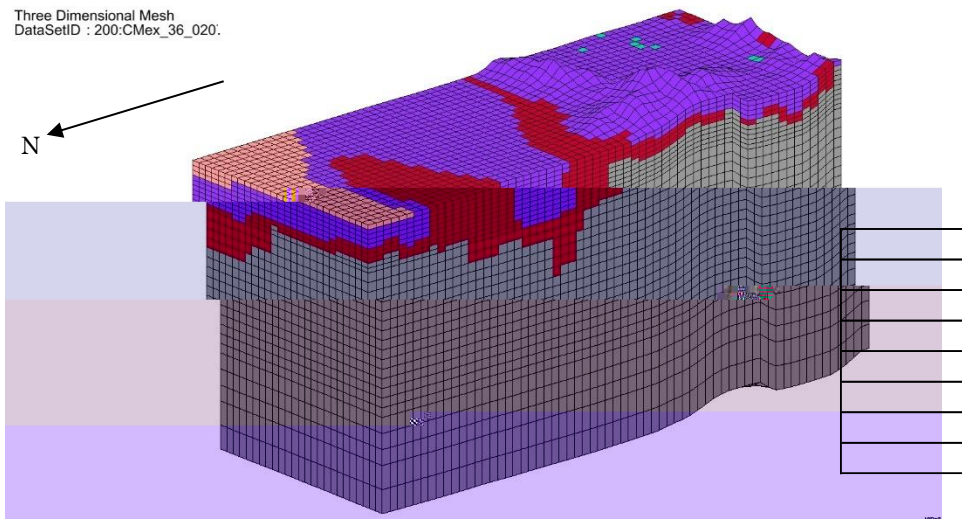
1 -431 ID36. AI

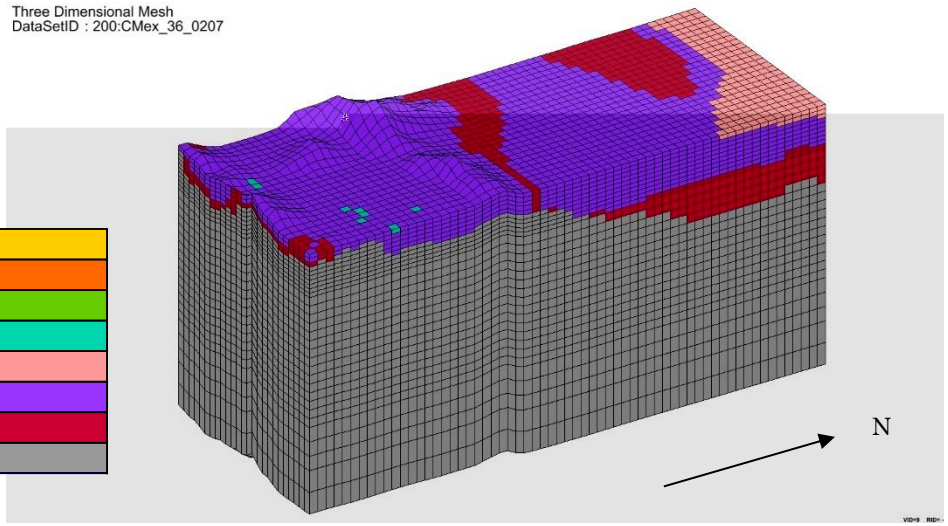
3 (1)

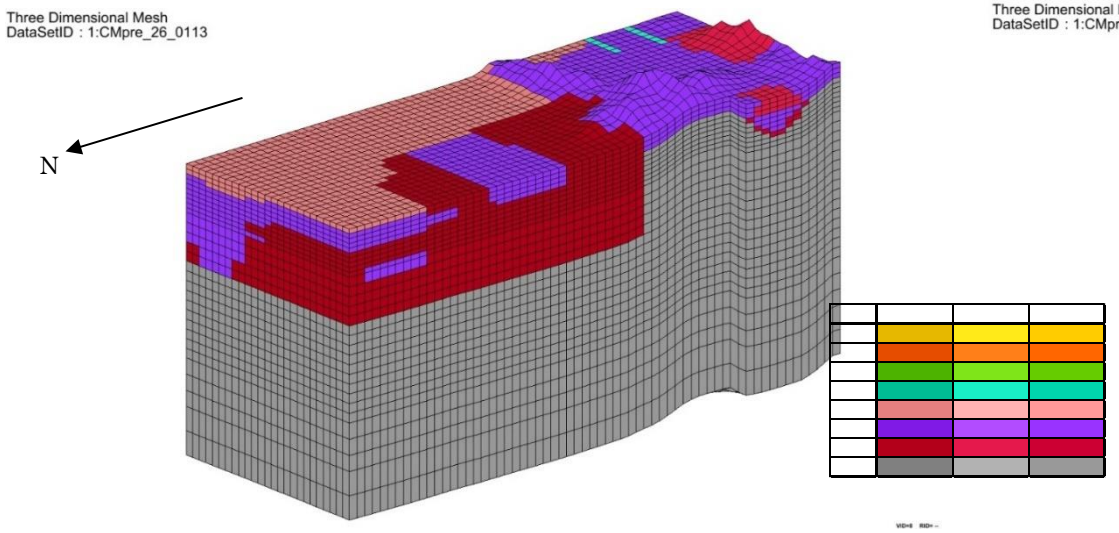


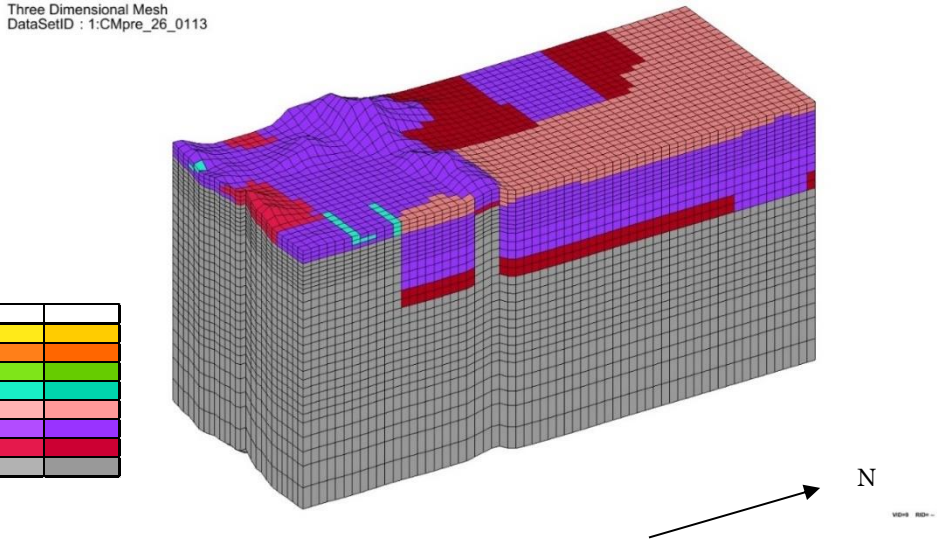
1 -432 ID36. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_36_020.
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_36_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_26_0113
N

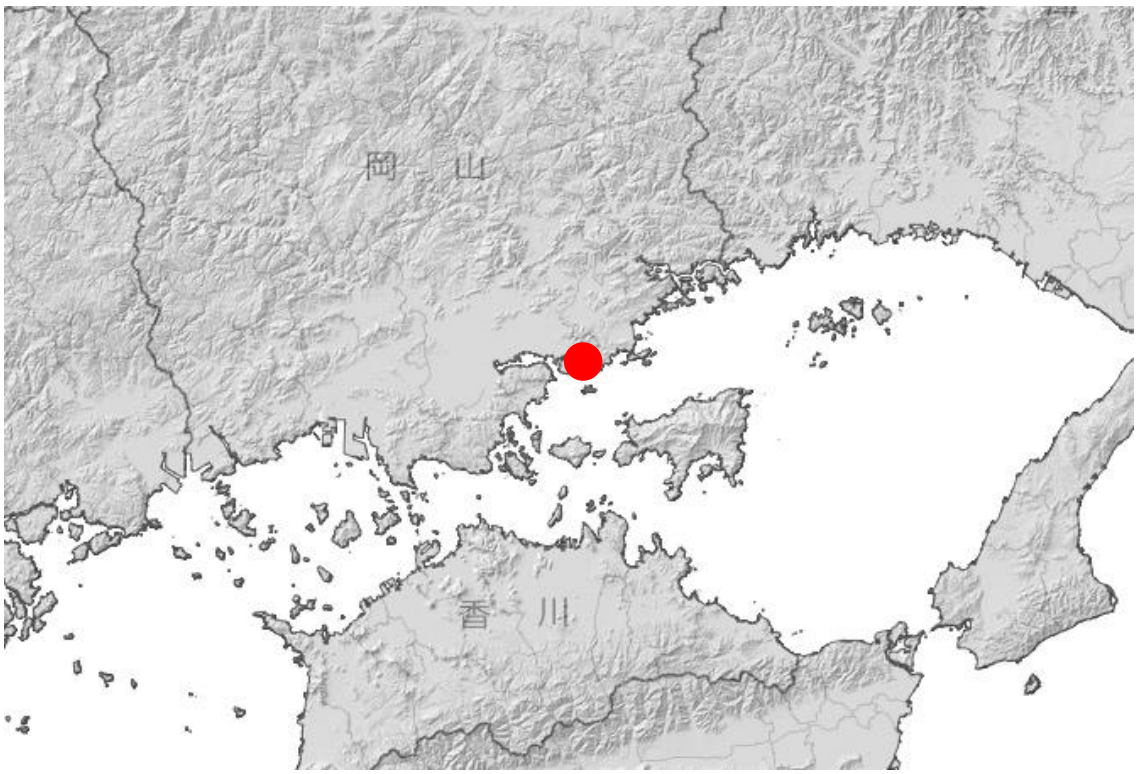

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_26_0113
N

1 -433 ID36. 3

ID.37 岡山

モデル化位置

1 -434



1 -434　ID37.

地域概要

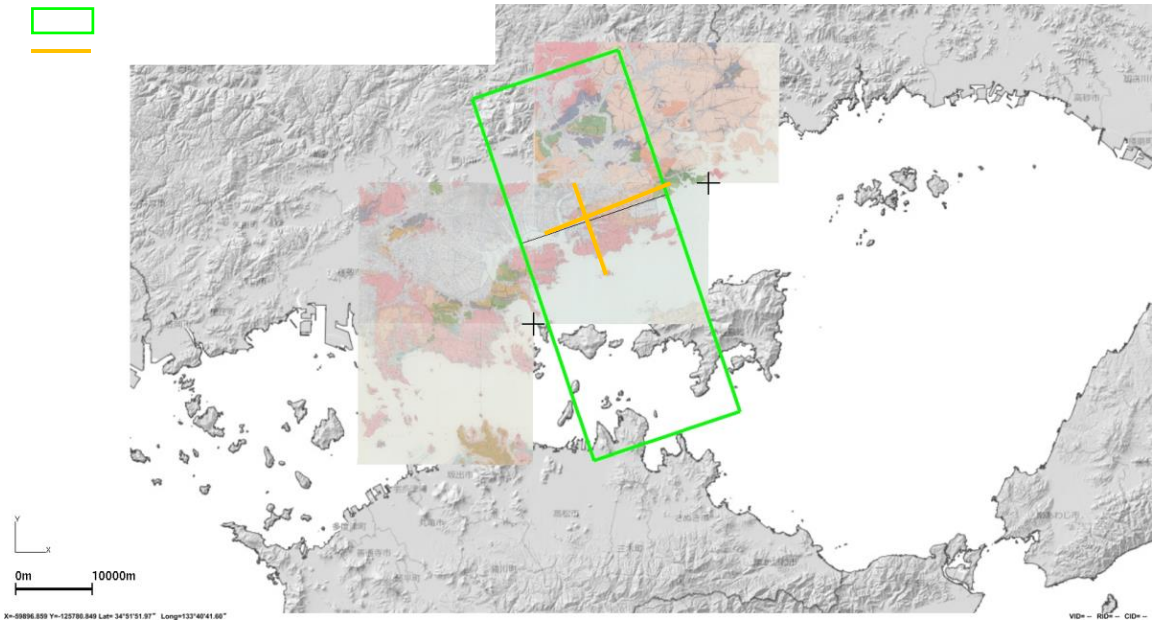
200m

引用データ

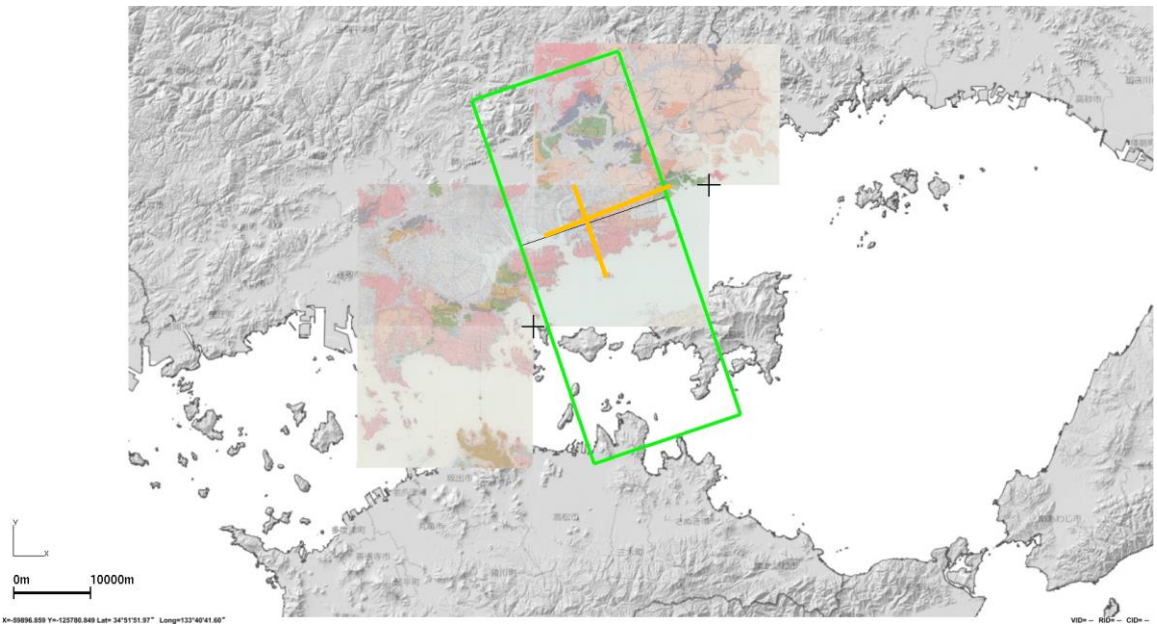
1 -85　　1 -435

1 -437　　1 -438

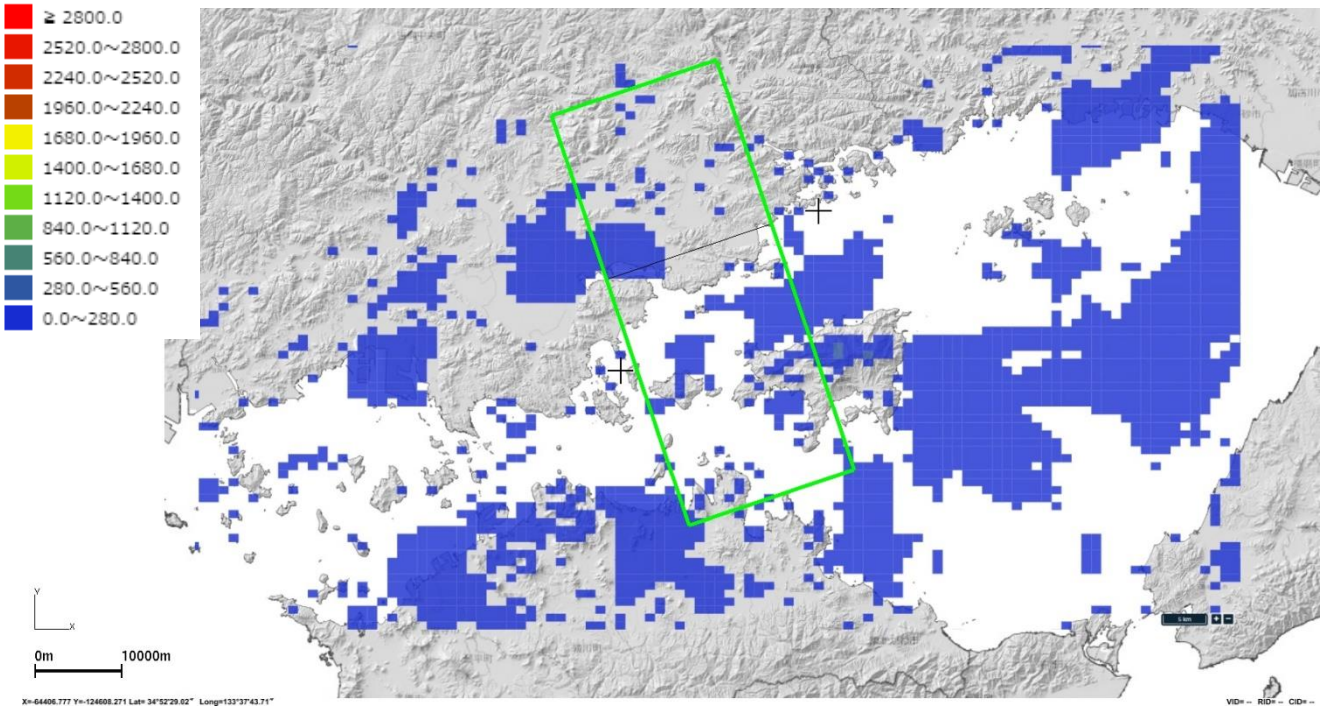
1 -85　ID37.



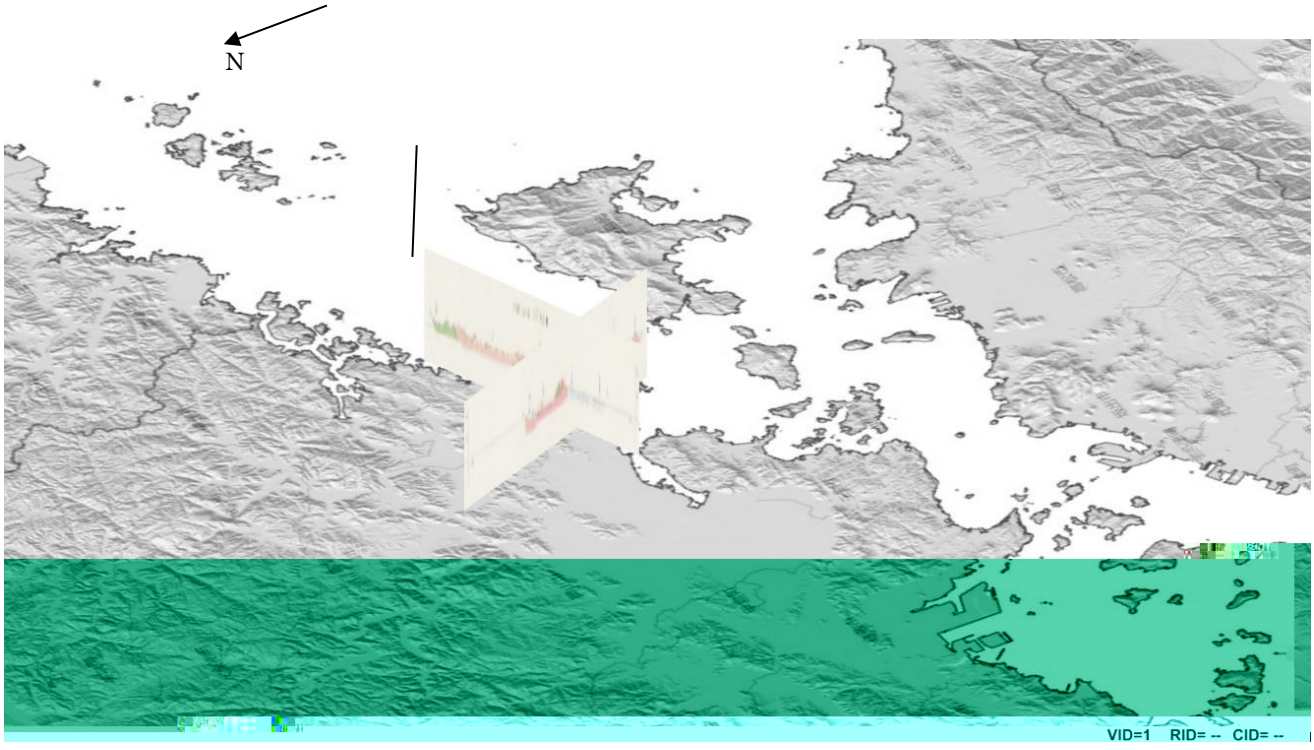
1 -435　ID37.



1 -436　ID37.　　(　　)



1 -437 ID37. ( )



1 -438 ID37.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

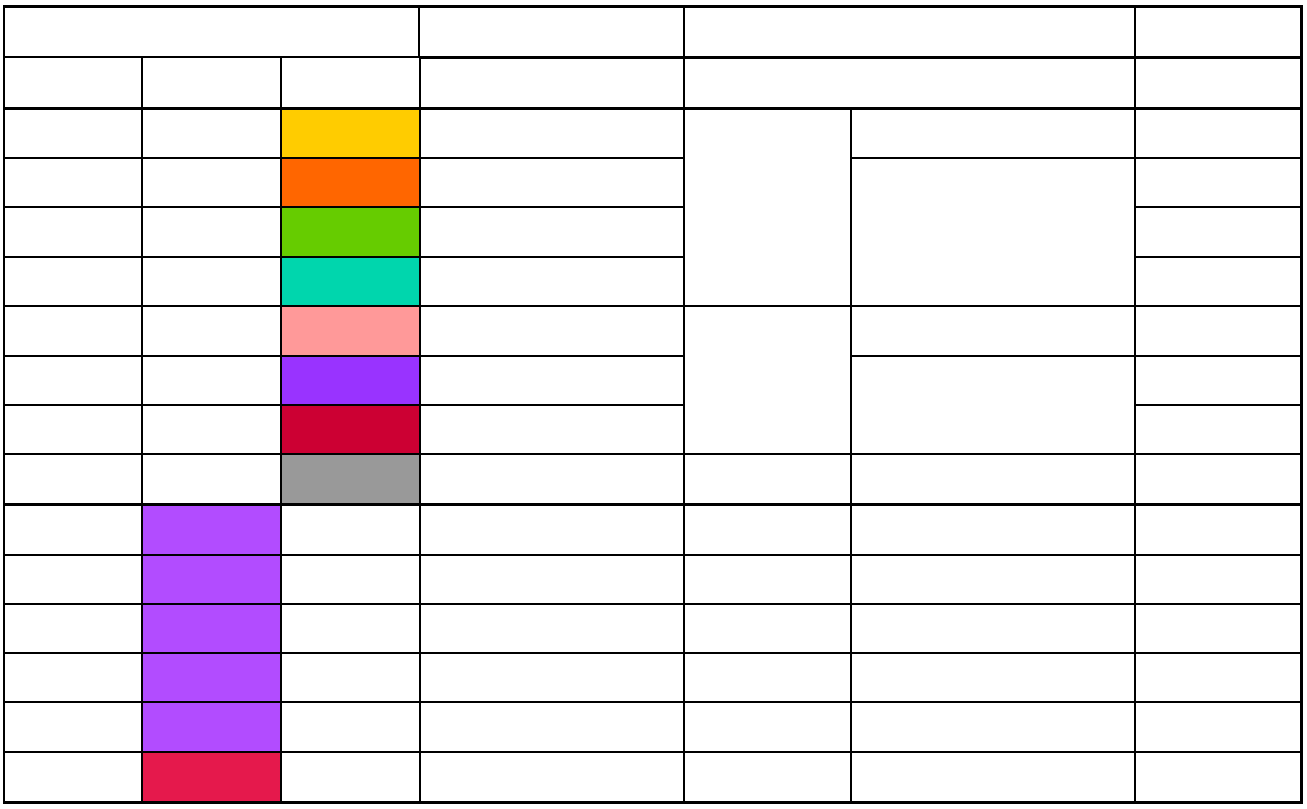
AI 学習・予測

AI　　1 -439　　3　　1 -440

1 -442　　1 -86

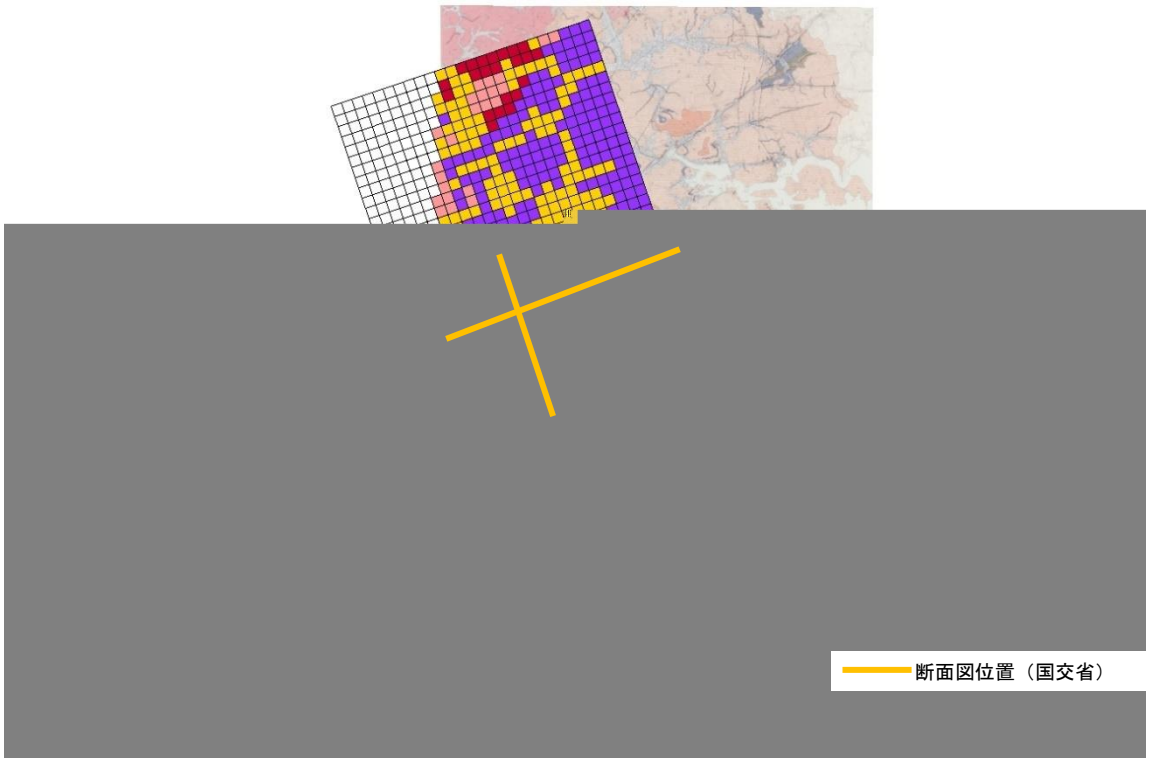
1 -443

1 -86　ID37.　　AI

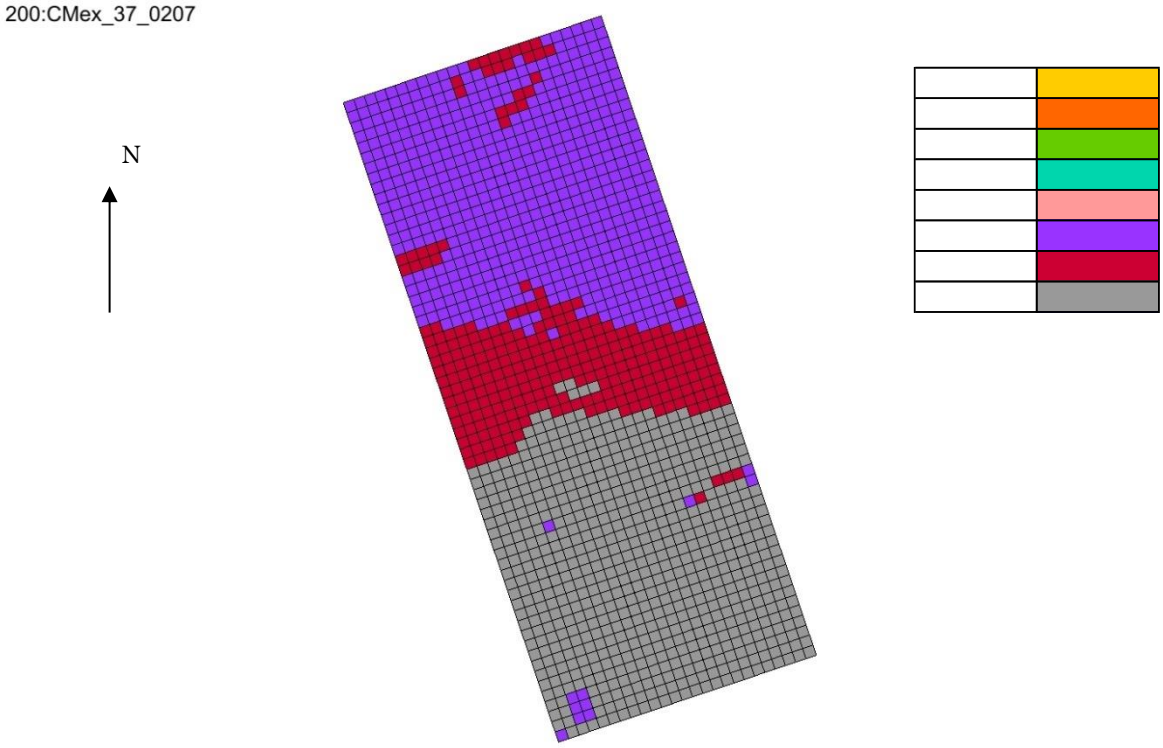


1 -1 1 0　　1 -1 39　　AI

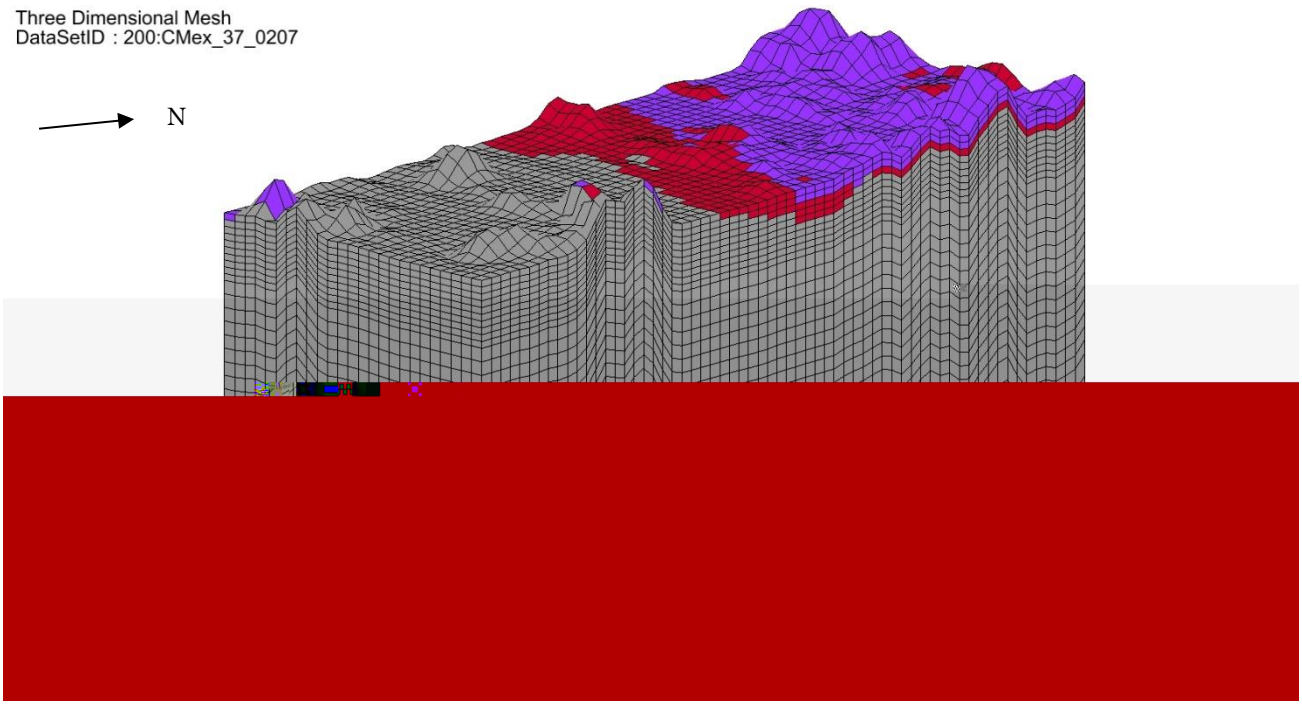
ID



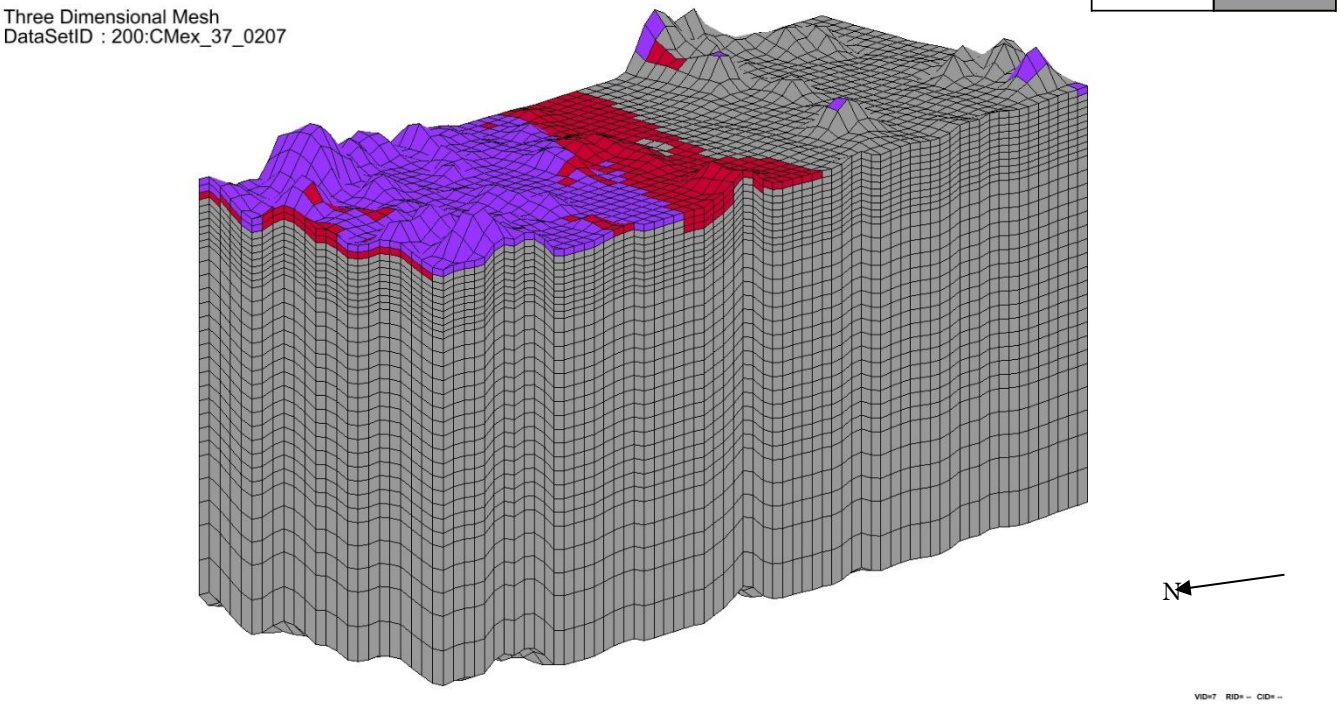
1 -439　ID37.



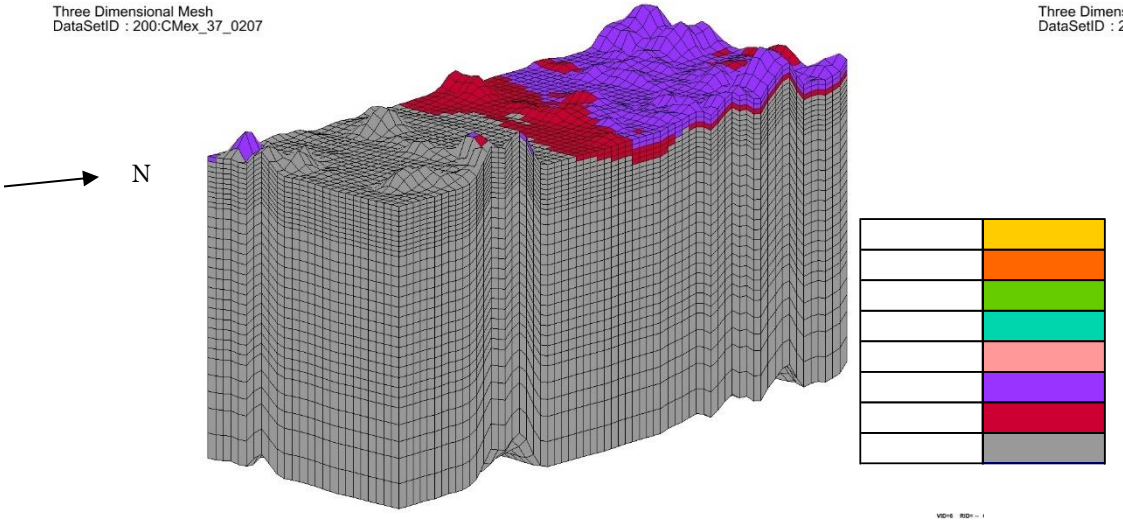
1 -440　ID37.　　AI

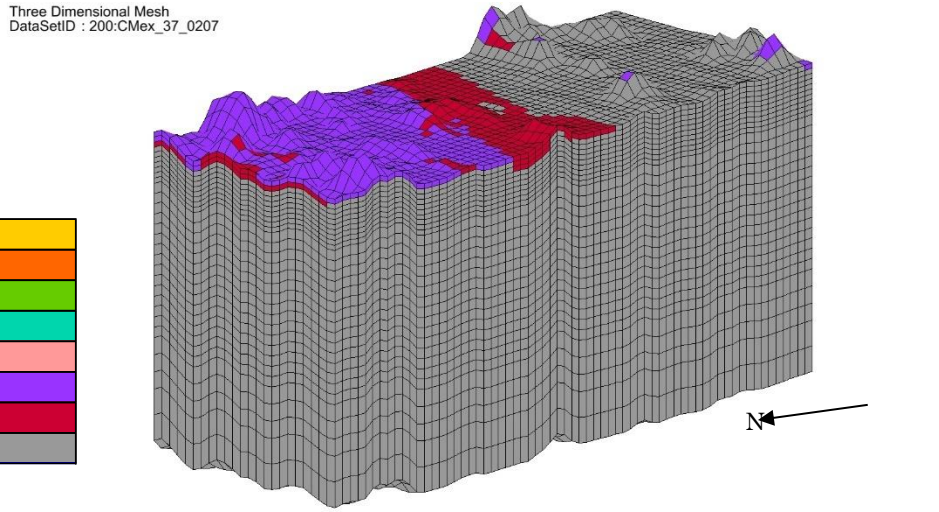


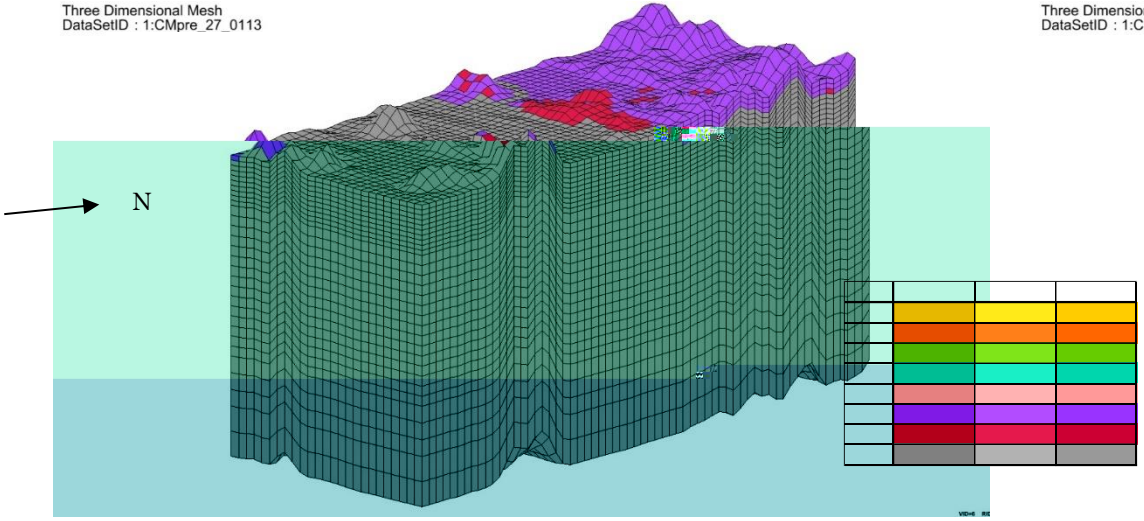
1 -441 ID37. AI 3 (1)

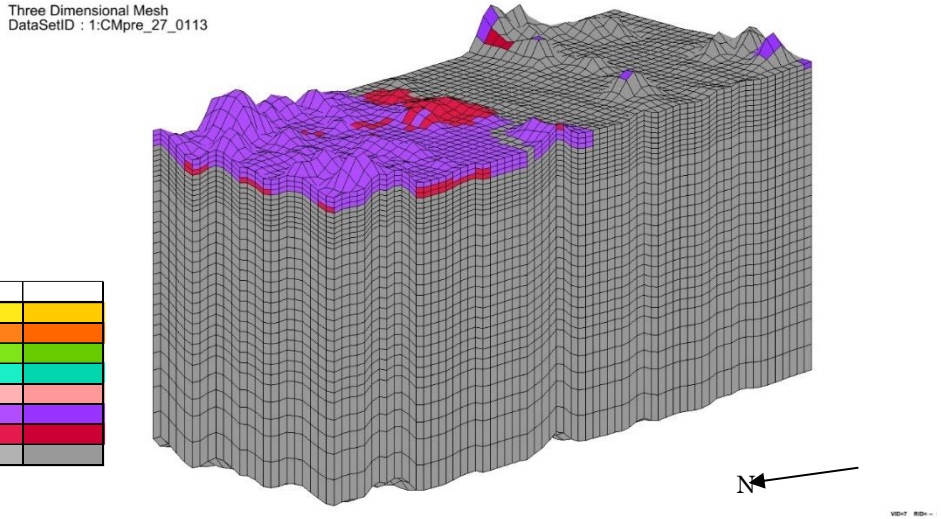


1 -442 ID37. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_37_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_37_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_27_0113
N

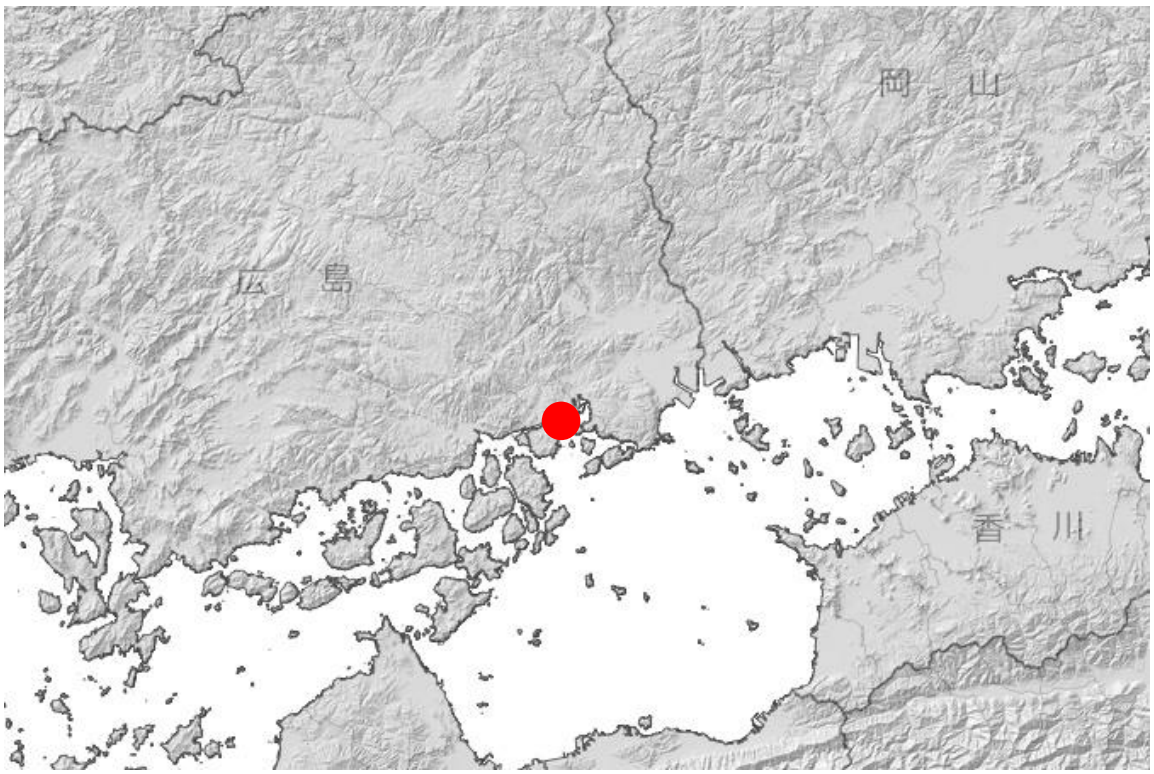

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_27_0113
N

1 -443 ID37. 3

ID.38 福山・尾道

モデル化位置

1 -444



1 -444 ID38.

地域概要

3

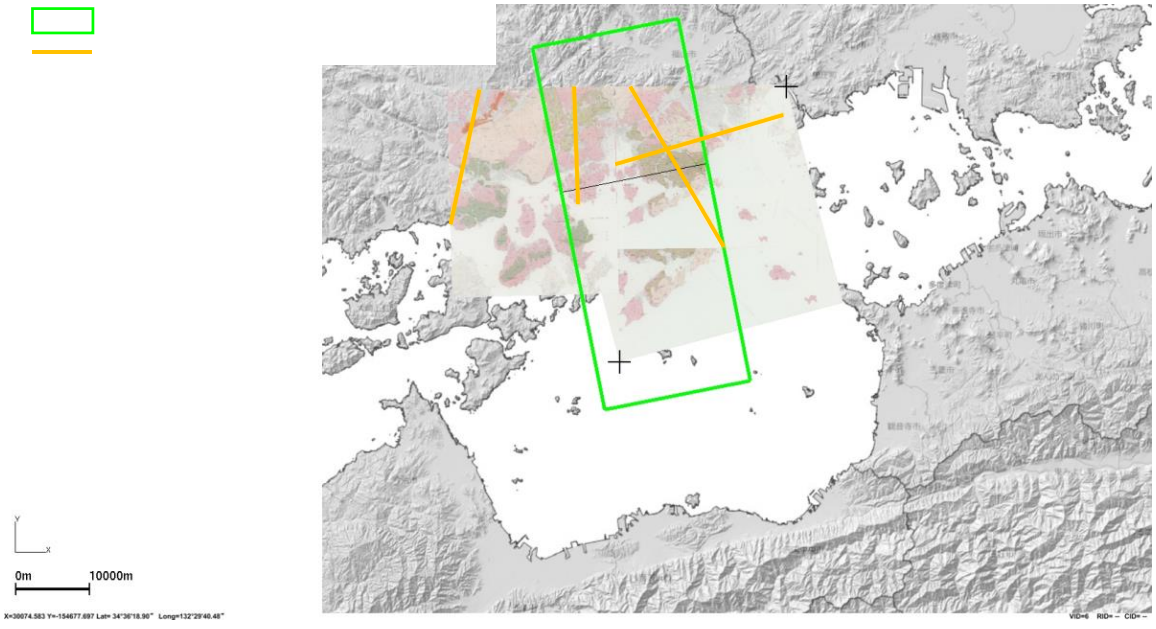
1 30m 1 38m 200m

引用データ

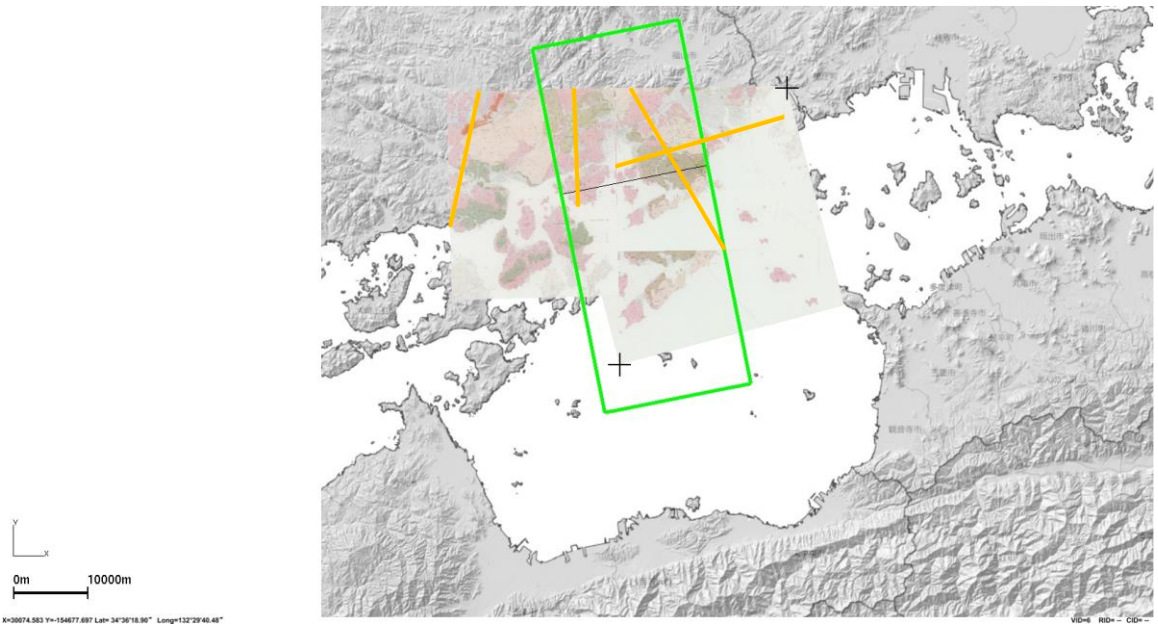
1 -87 1 -445

1 -447 1 -448

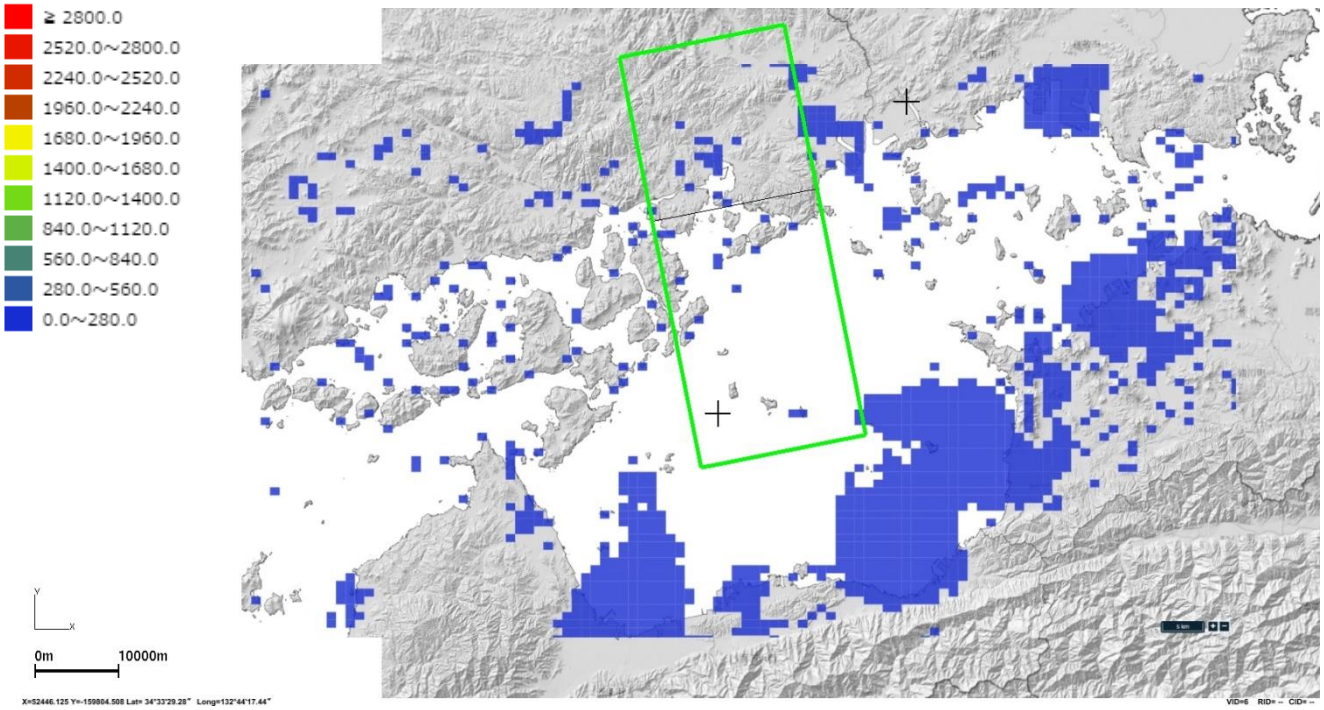
1 -87 ID38.



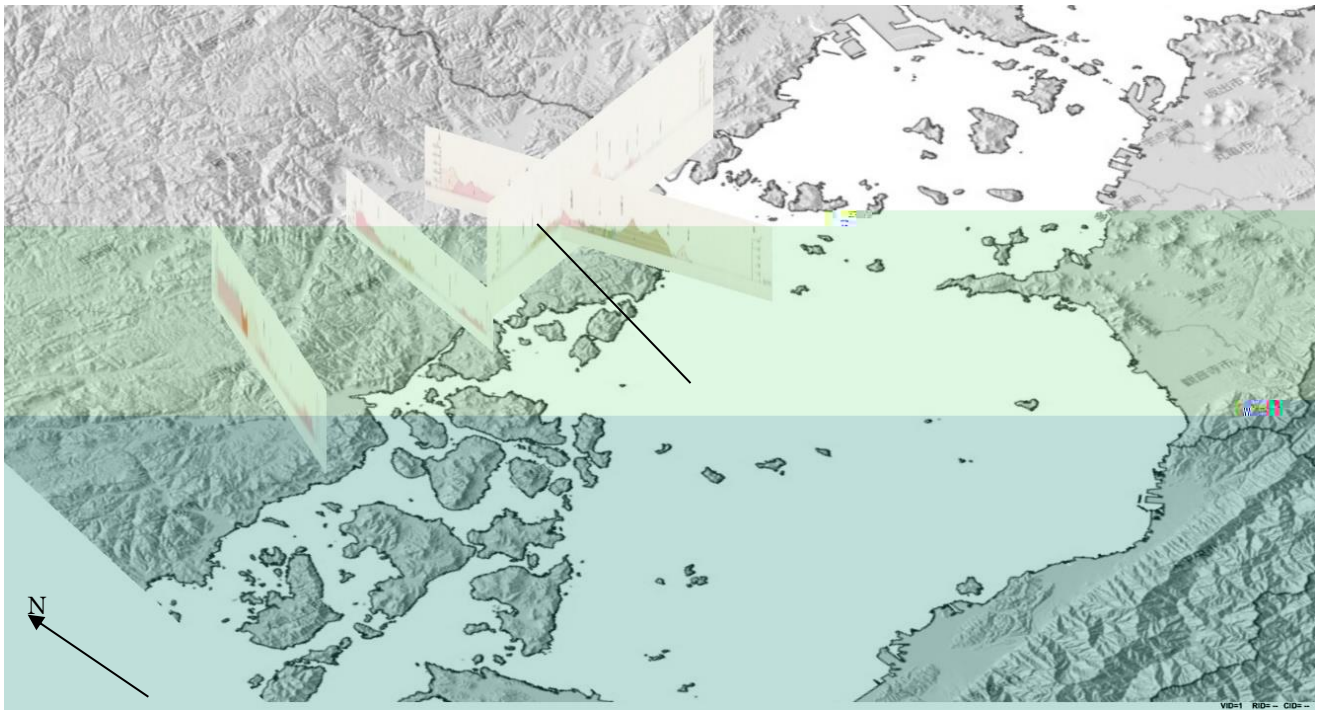
1 -445 ID38.



1 -446 ID38. ( )



1 -447 ID38. ( )



1 -448 ID38.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

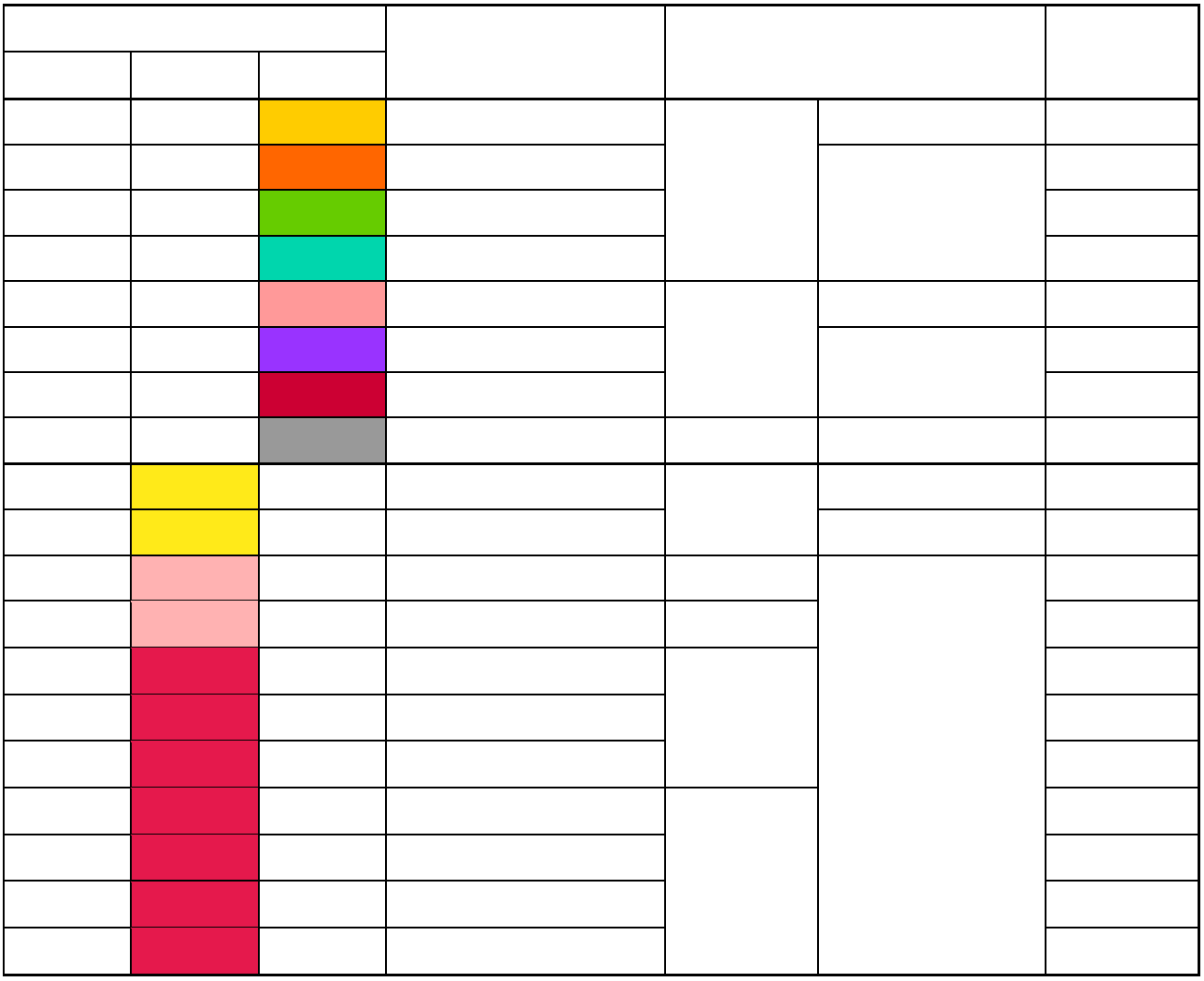
AI 学習・予測

AI　　1-119　　3　　1-450

1-452　　1-88

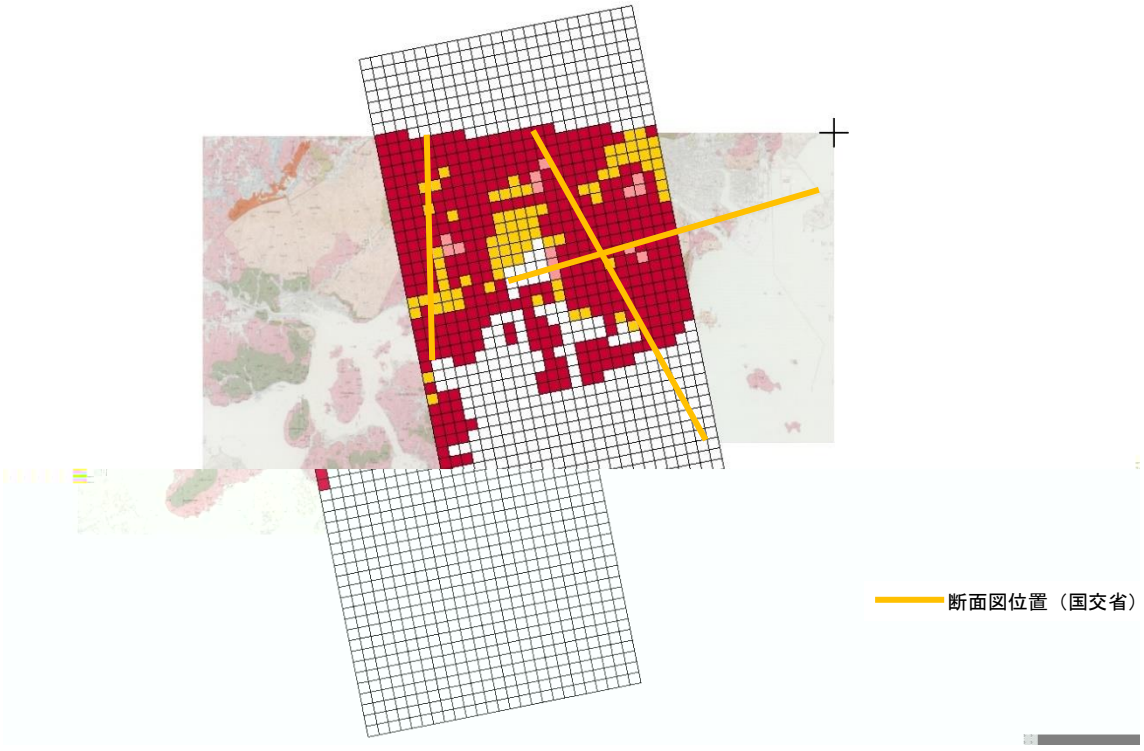
1-453

1-88　ID38.　　AI

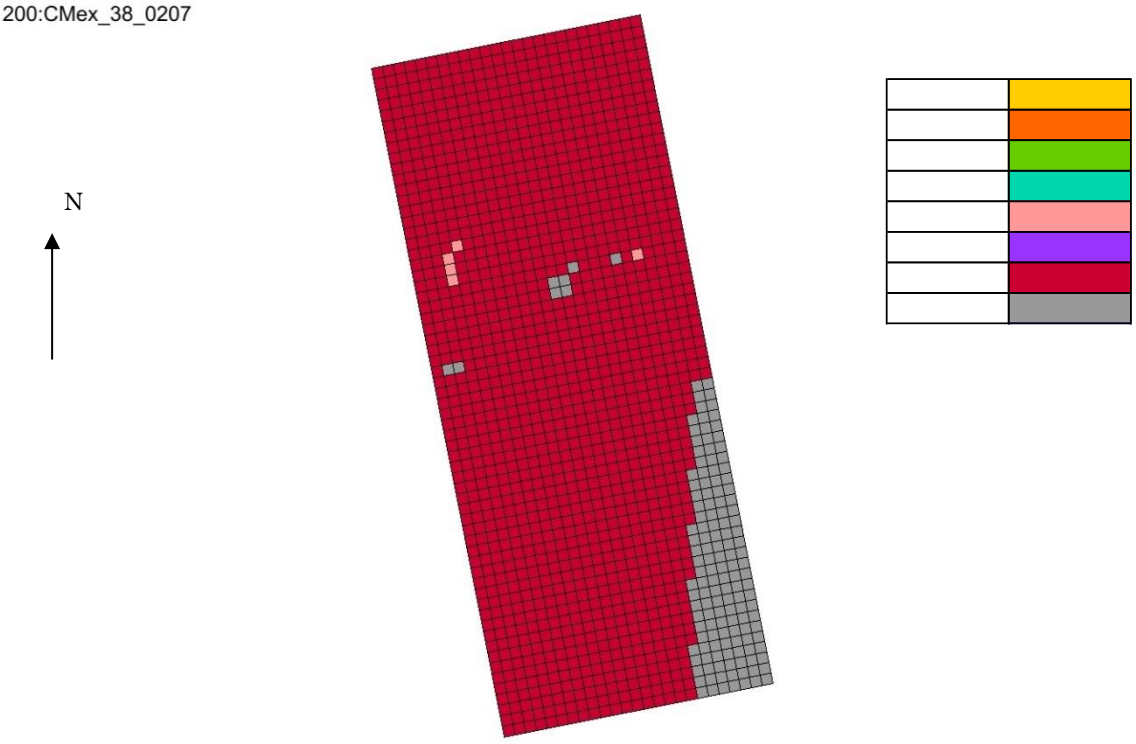


1 -1 50 1 -1 1 9 AI

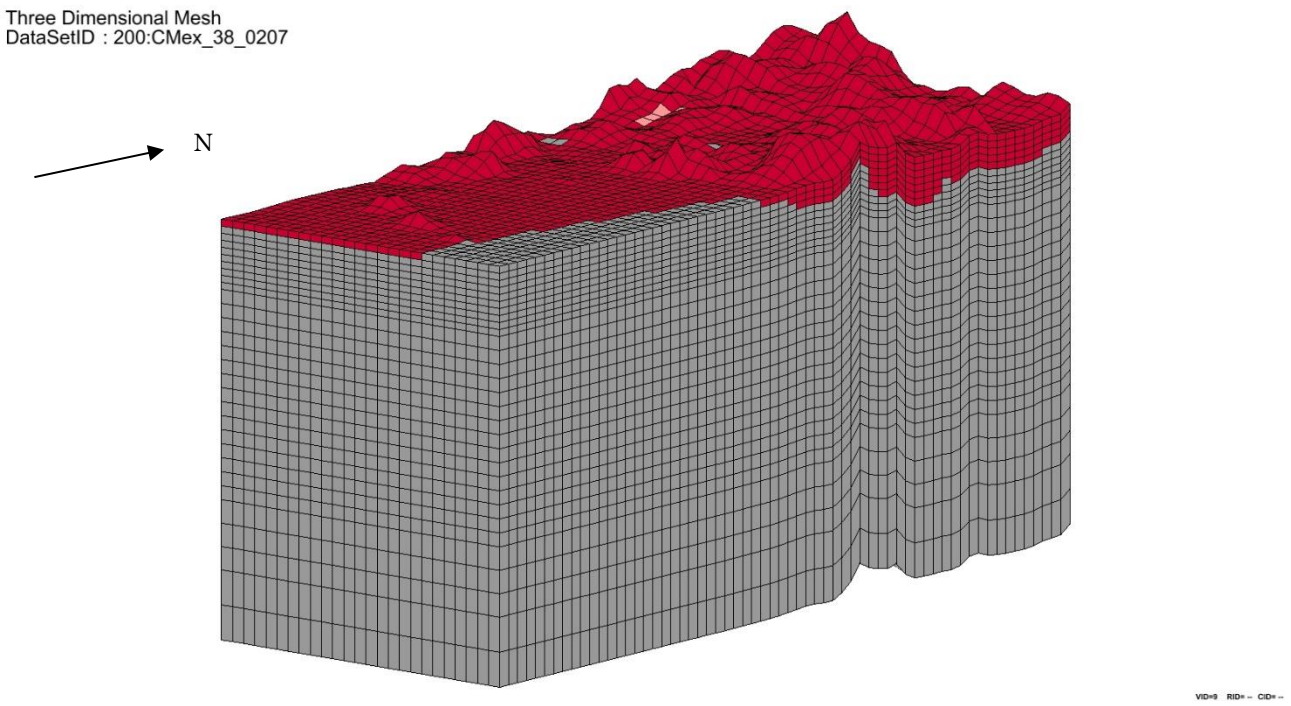
ID



1 -449 ID38.

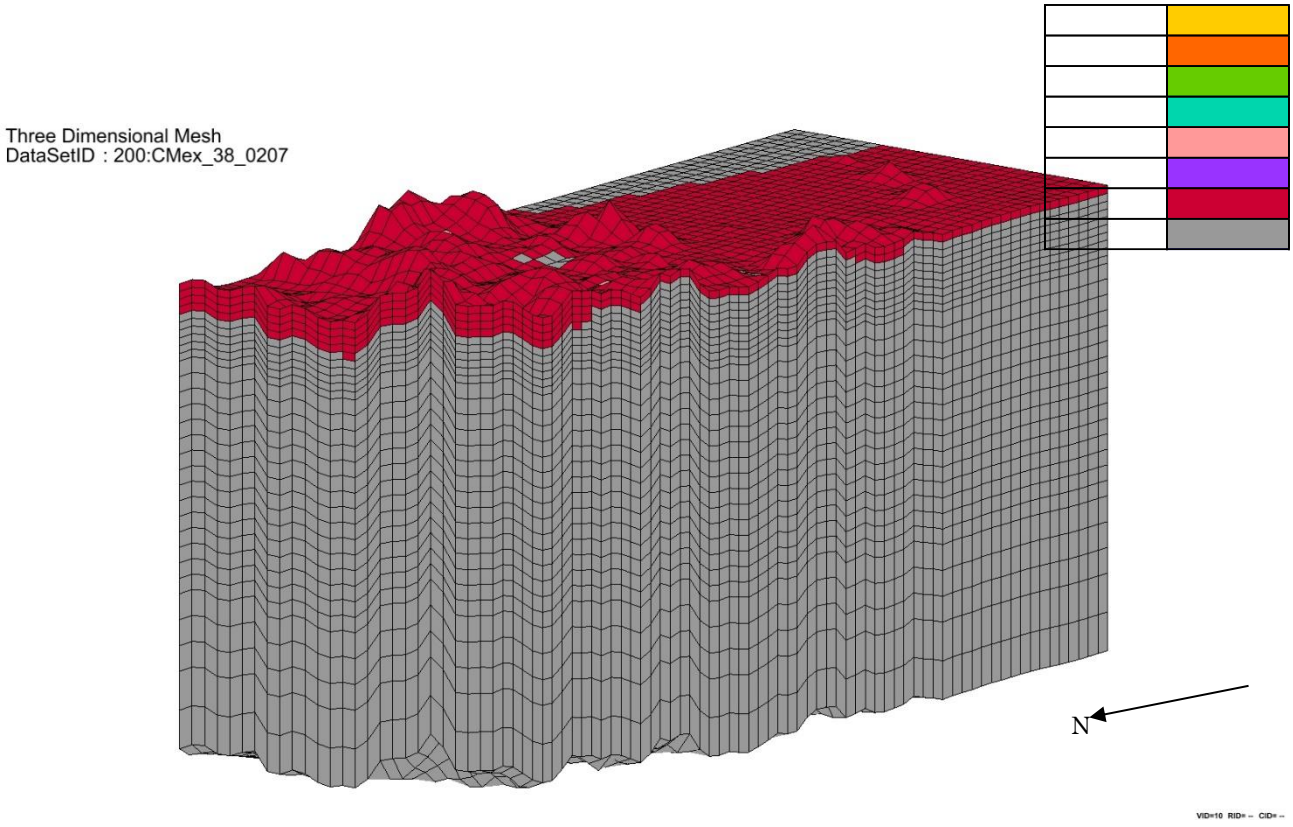


1 -450 ID38. AI



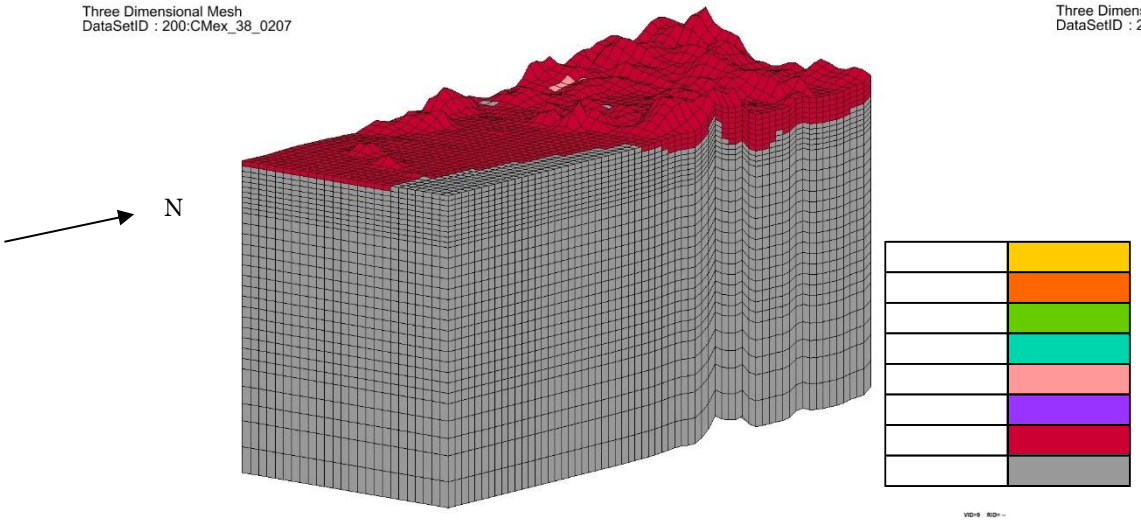
1 -451 ID38. AI

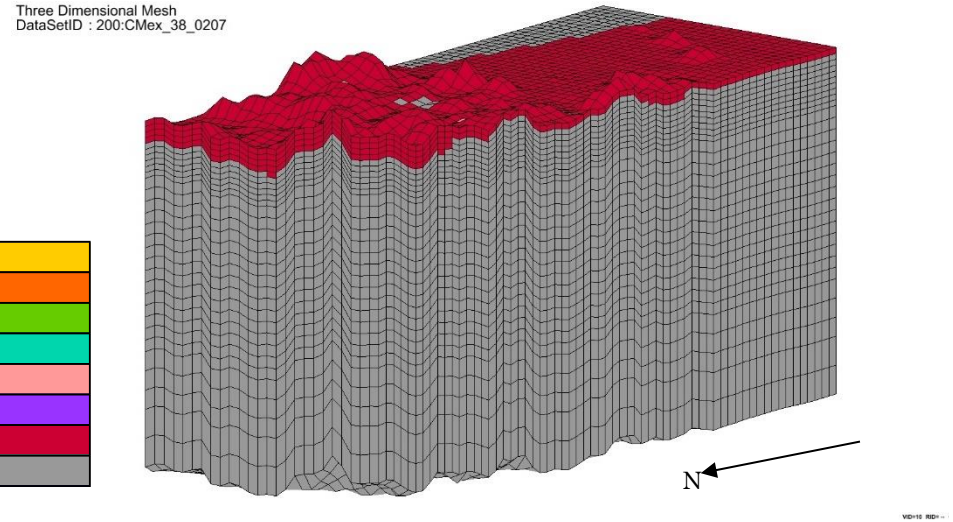
3 (1)



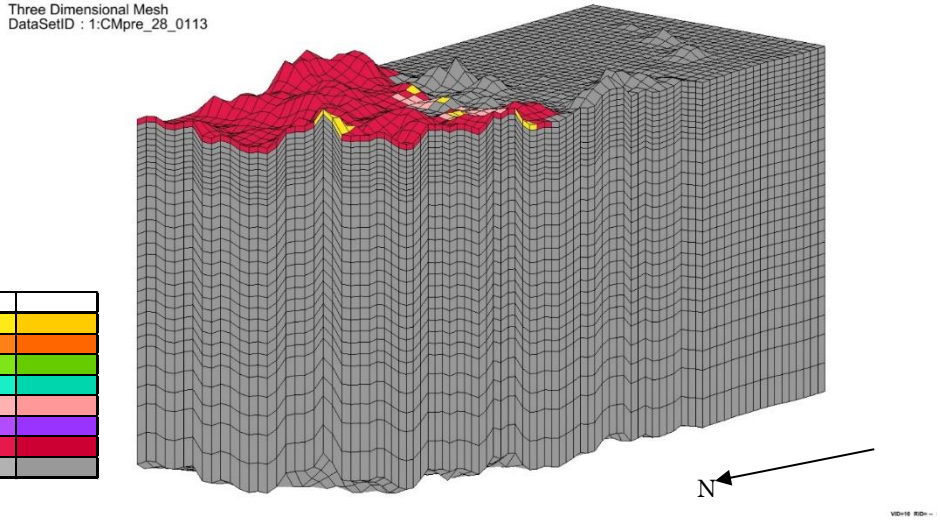
1 -452 ID38. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_38_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_38_0207
N

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_28_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_28_0113
N

1 -453 ID38. 3

ID.39 小郡

モデル化位置

1 -451

1 -451 ID 39.

地域概要

300 1 00m

100m

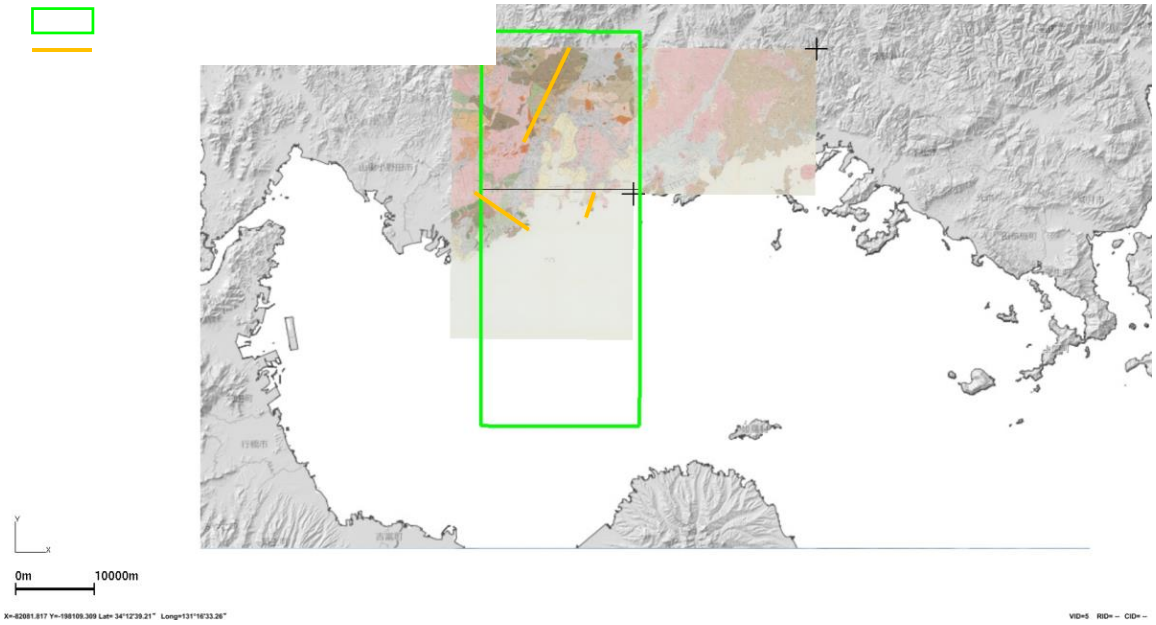
150m

引用データ

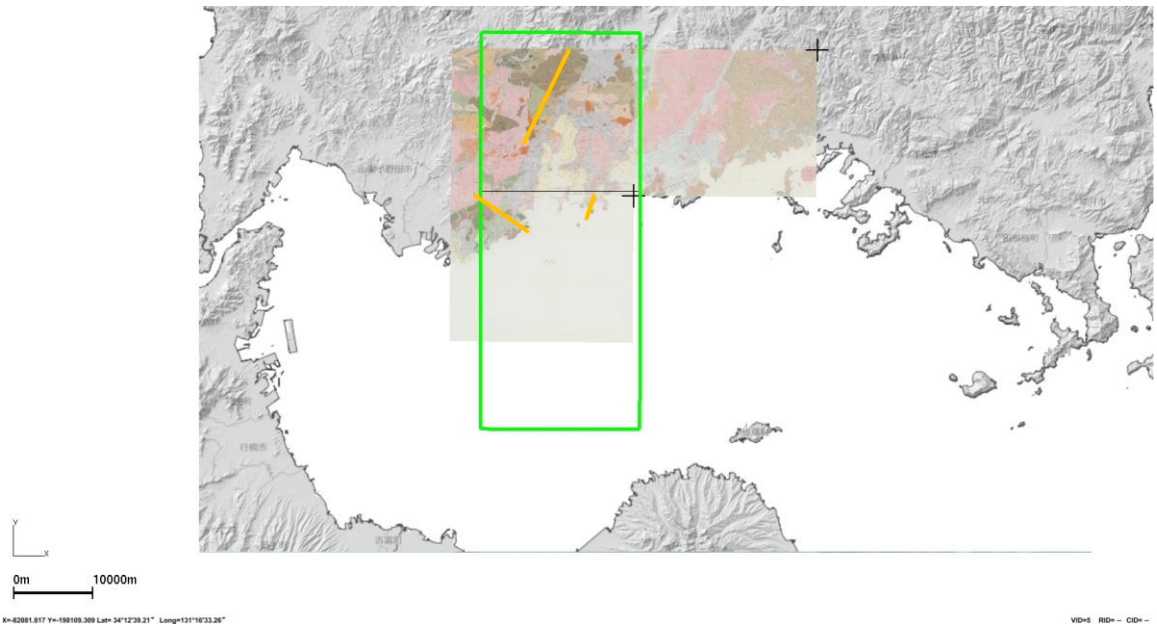
1 -89 1 -455

1 -457 1 -458

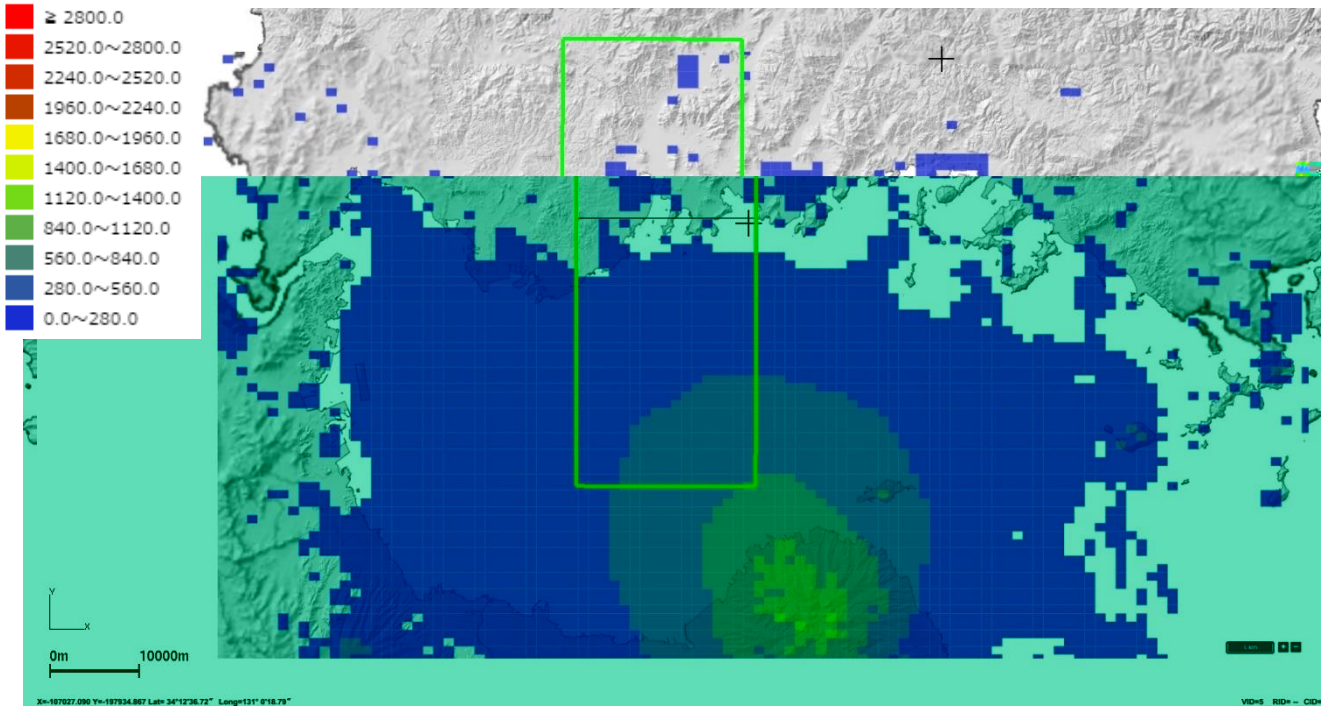
1 -89 ID 39.



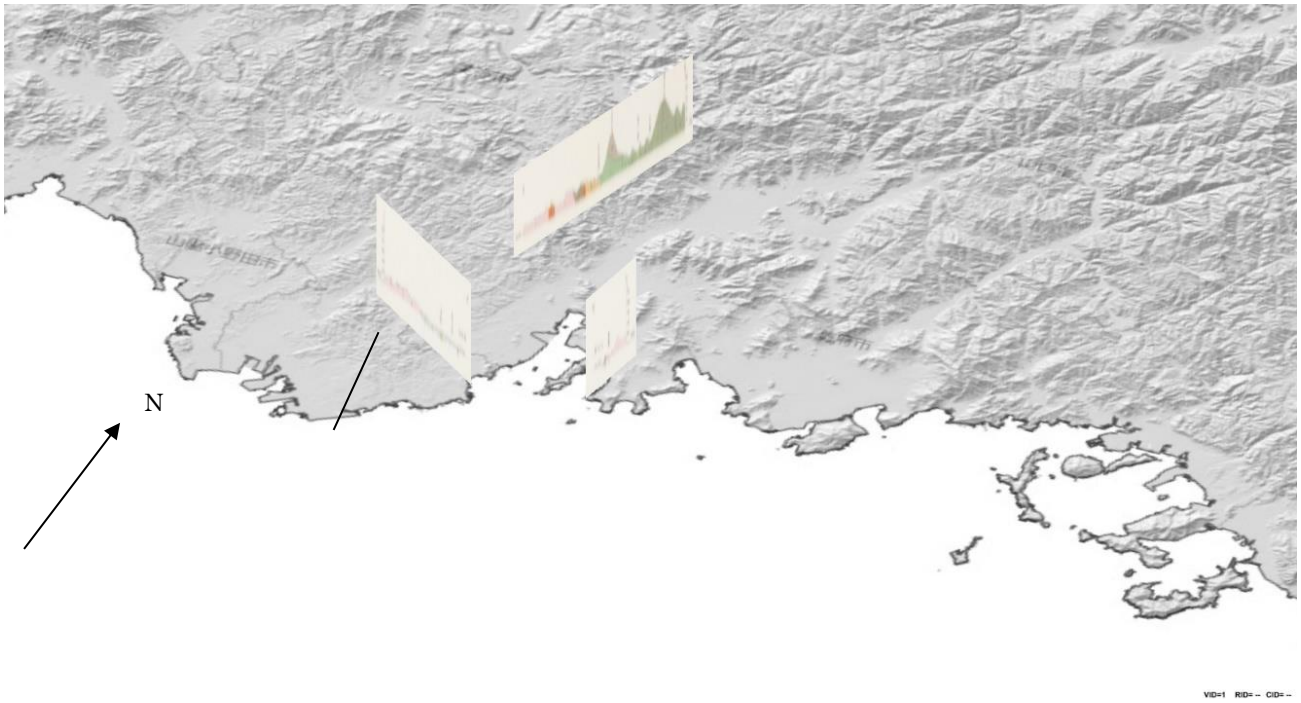
1 -455 ID 39.



1 -456 ID 39. ( )



1 -457 ID 39. ( )



1 -458 ID 39.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -449 3 1 -450

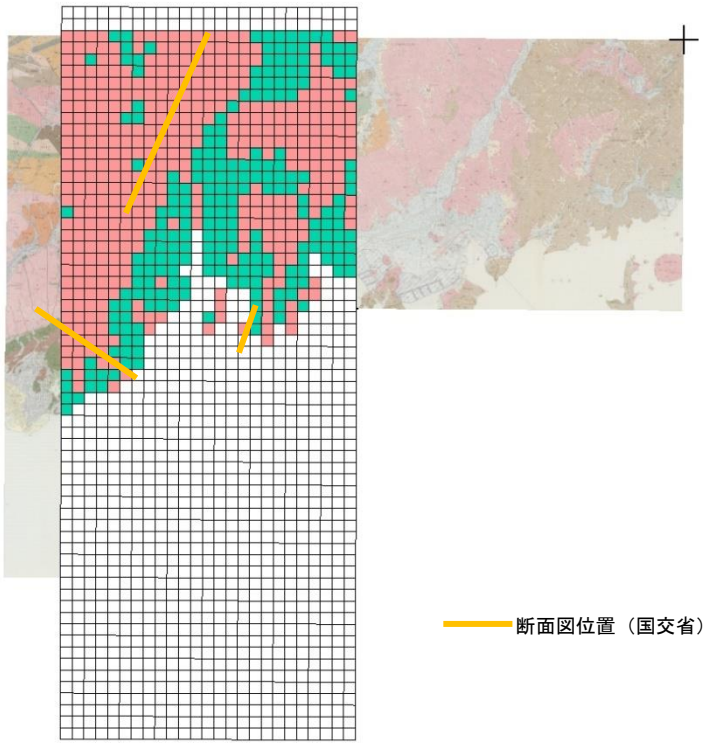
1 -452 1 -90

1 -453

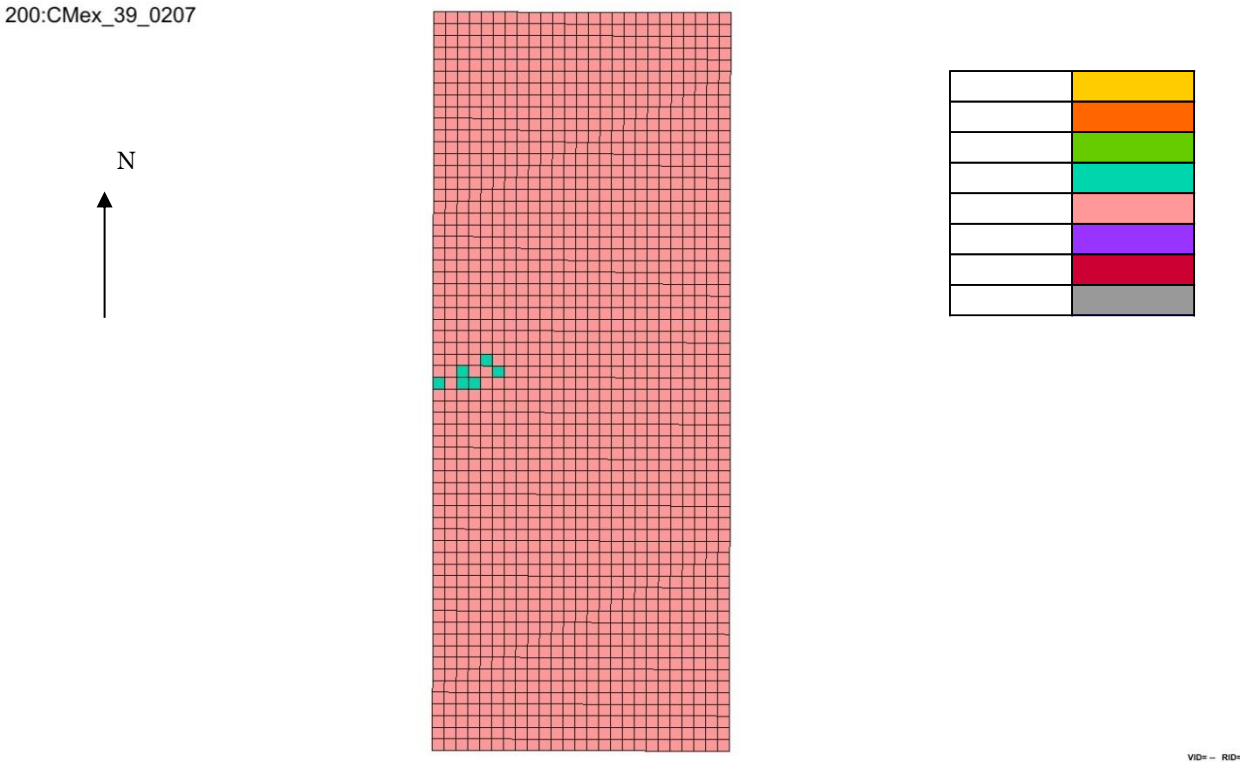
1 -90 ID 39. AI

1 -1 50　　1 -1 1 9　　AI

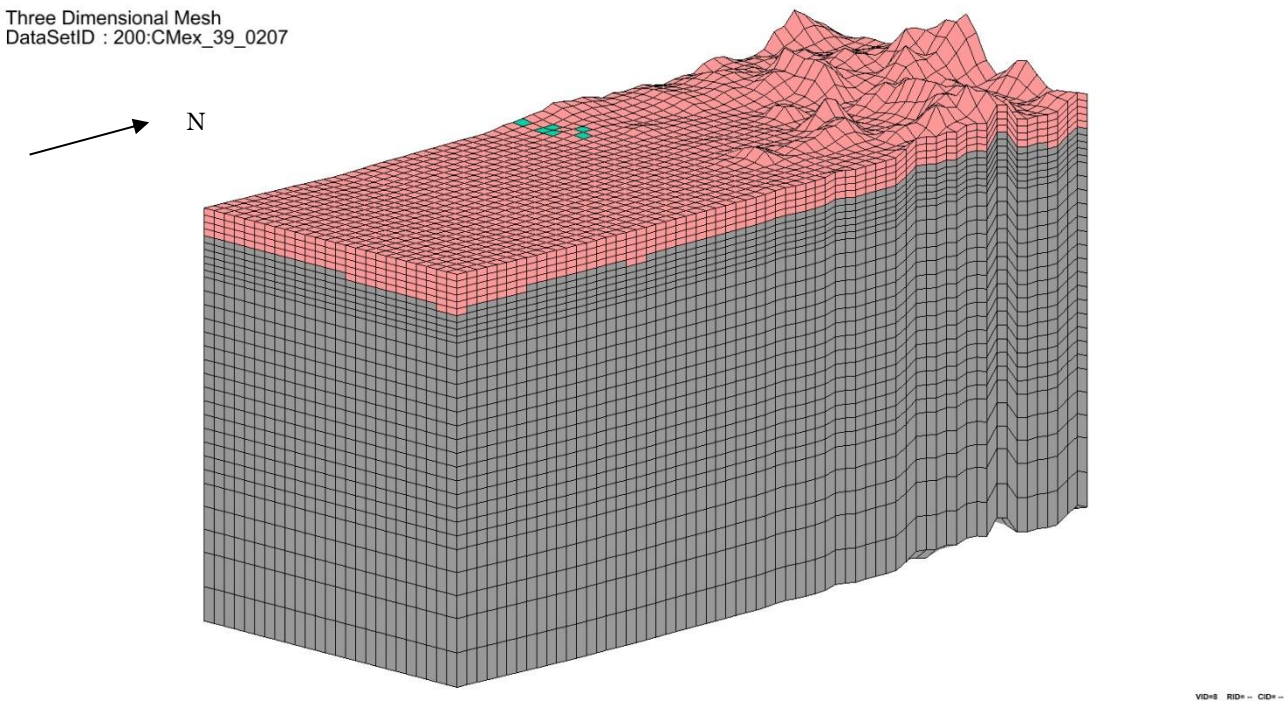
ID



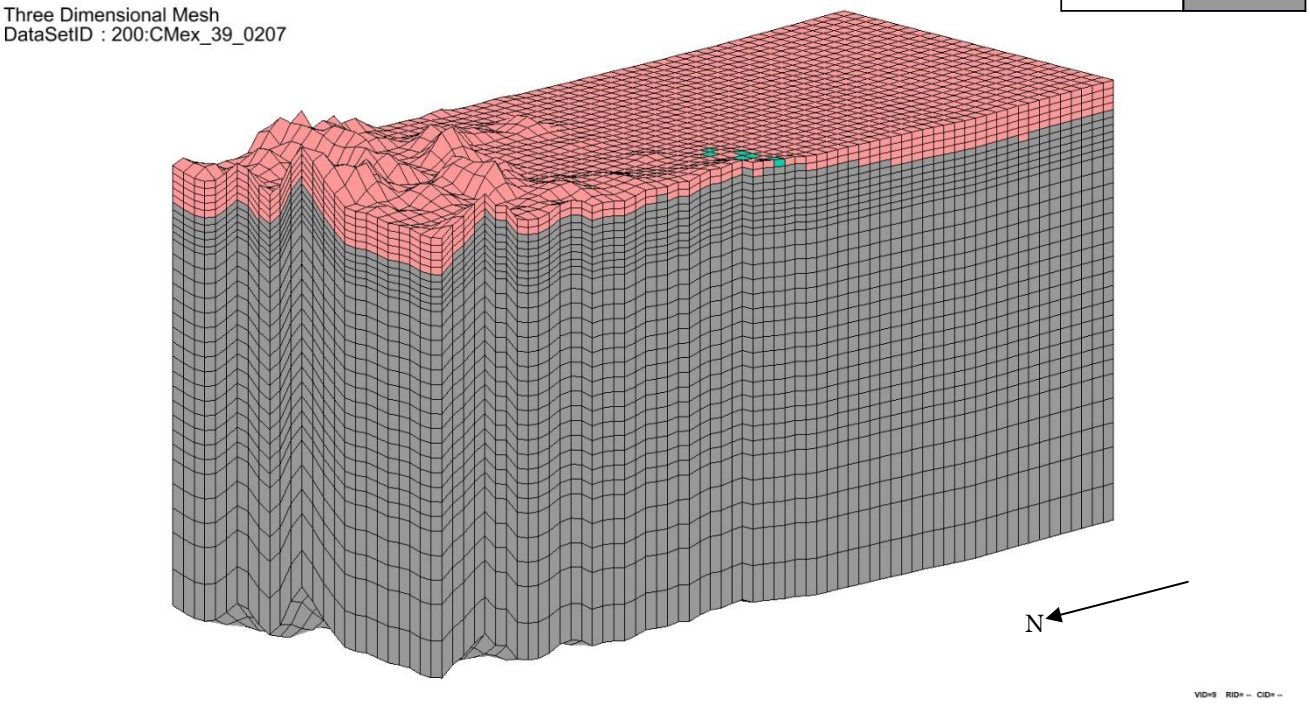
1 -459　ID39.



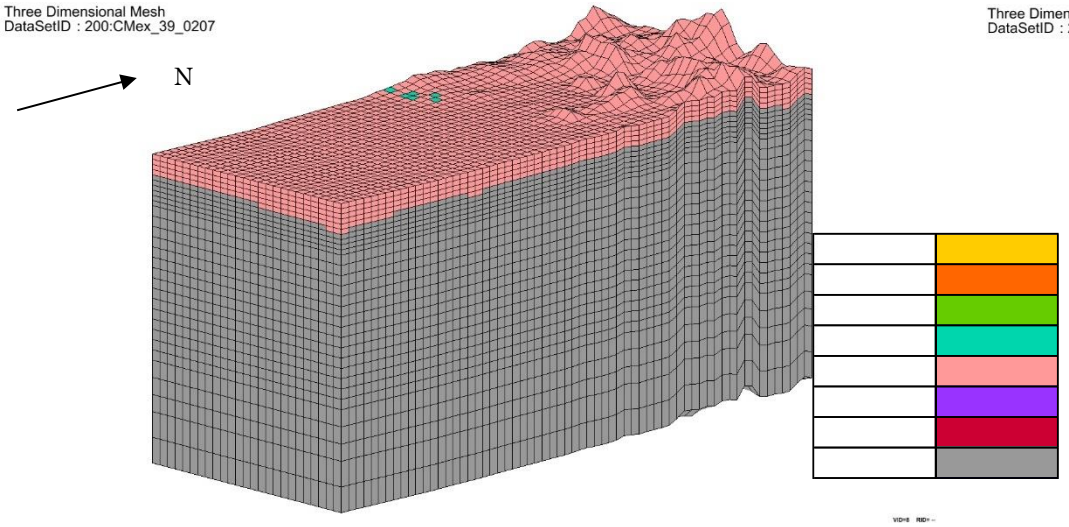
1 -460　ID39.　AI

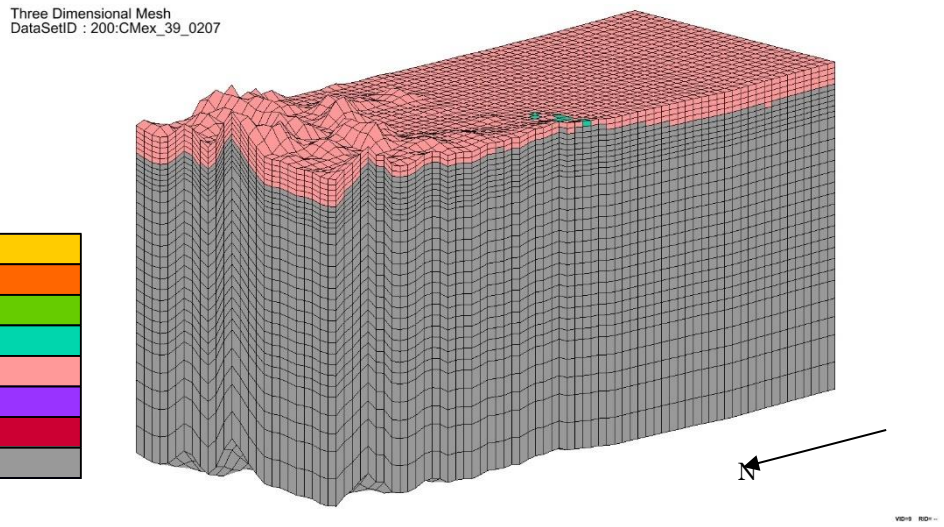


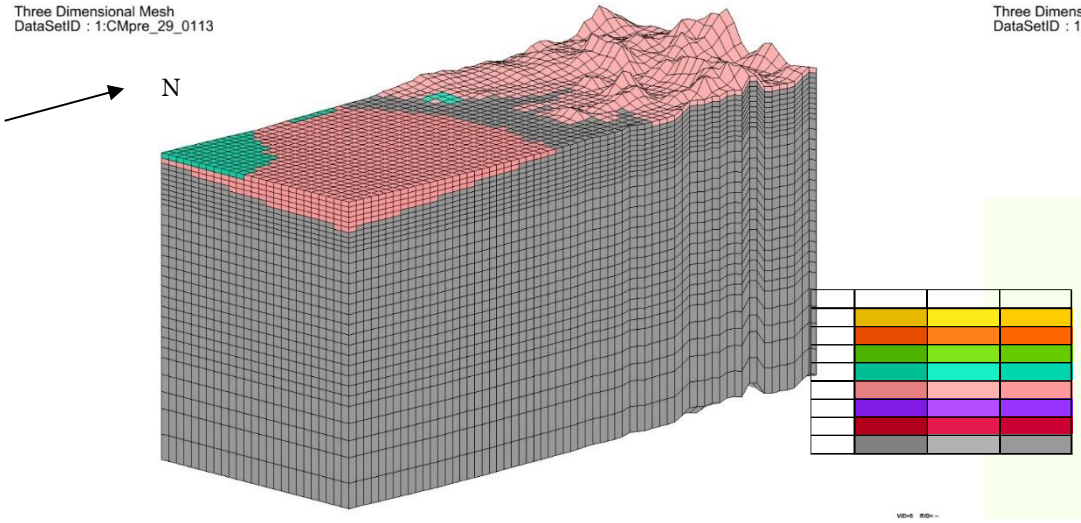
1 -461 ID 39. AI 3 (1)

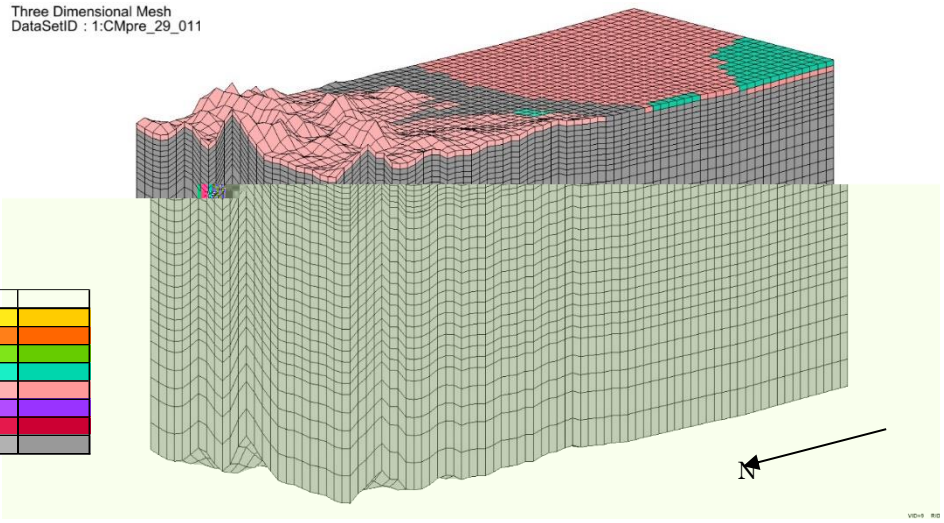


1 -462 ID 39. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_39_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_39_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_29_0113
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_29_011
N

1 -463 ID39. 3

ID.40 徳島

モデル化位置

1 -464

1 -464 ID40.

地域概要

JR 3m

1 3m

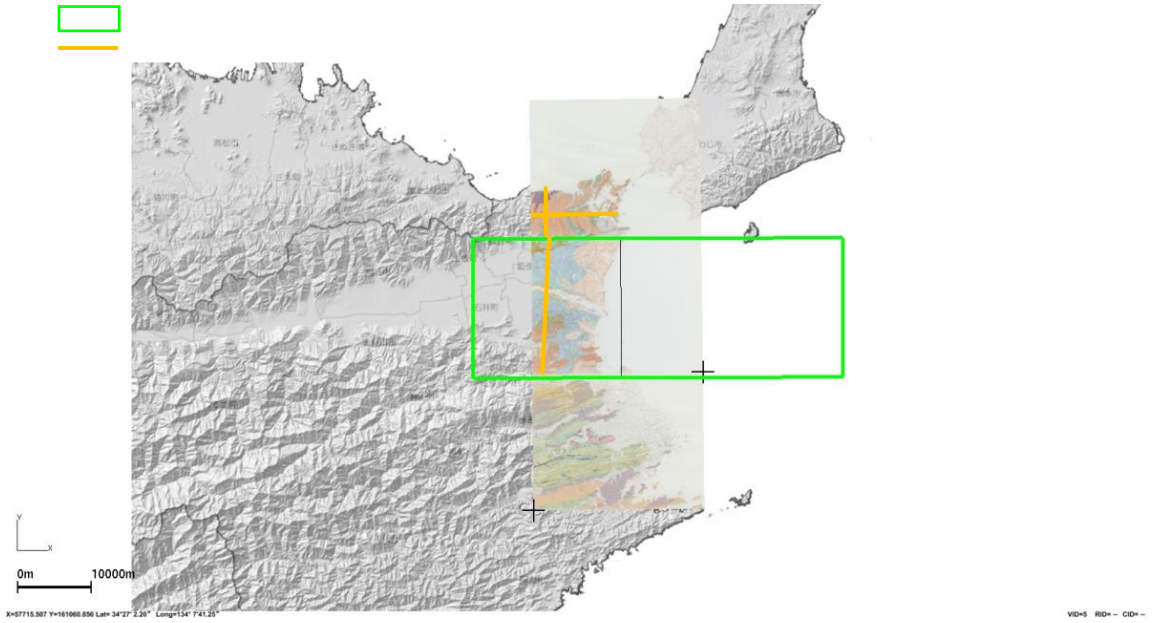
50%

引用データ

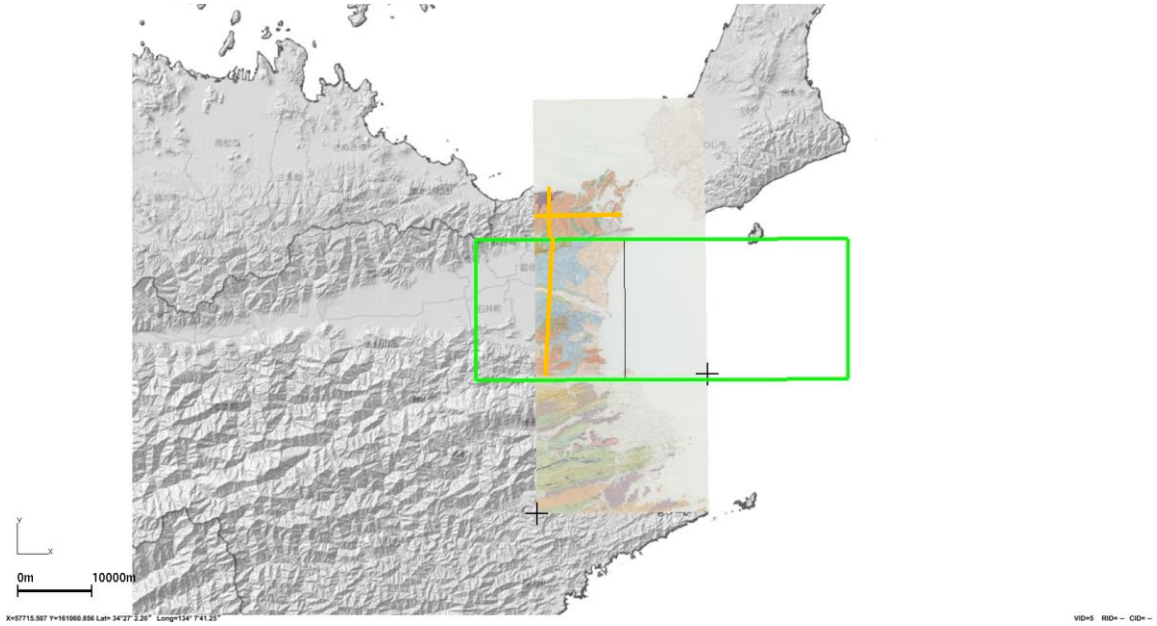
1 -91 1 -465

1 -467 1 -468

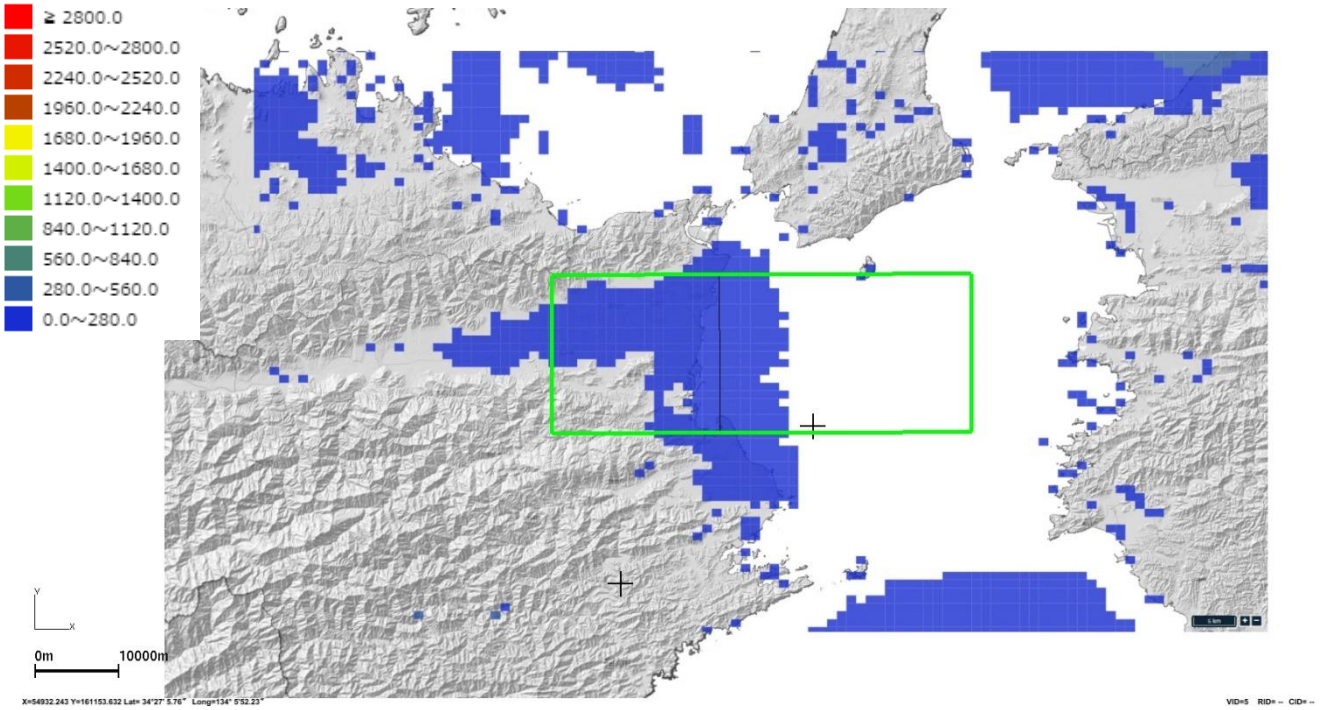
1 -91 ID40.



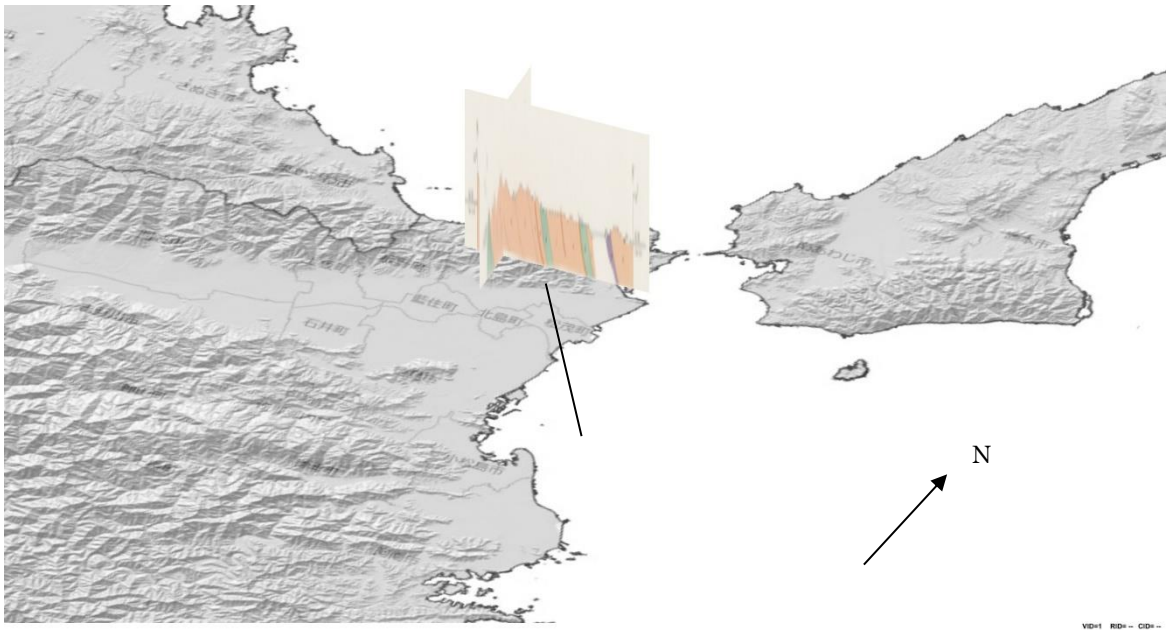
1 -465 ID40.



1 -466 ID40. ( )



1 -467 ID40. ( )



1 -468 ID40.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1-469 3 1-470

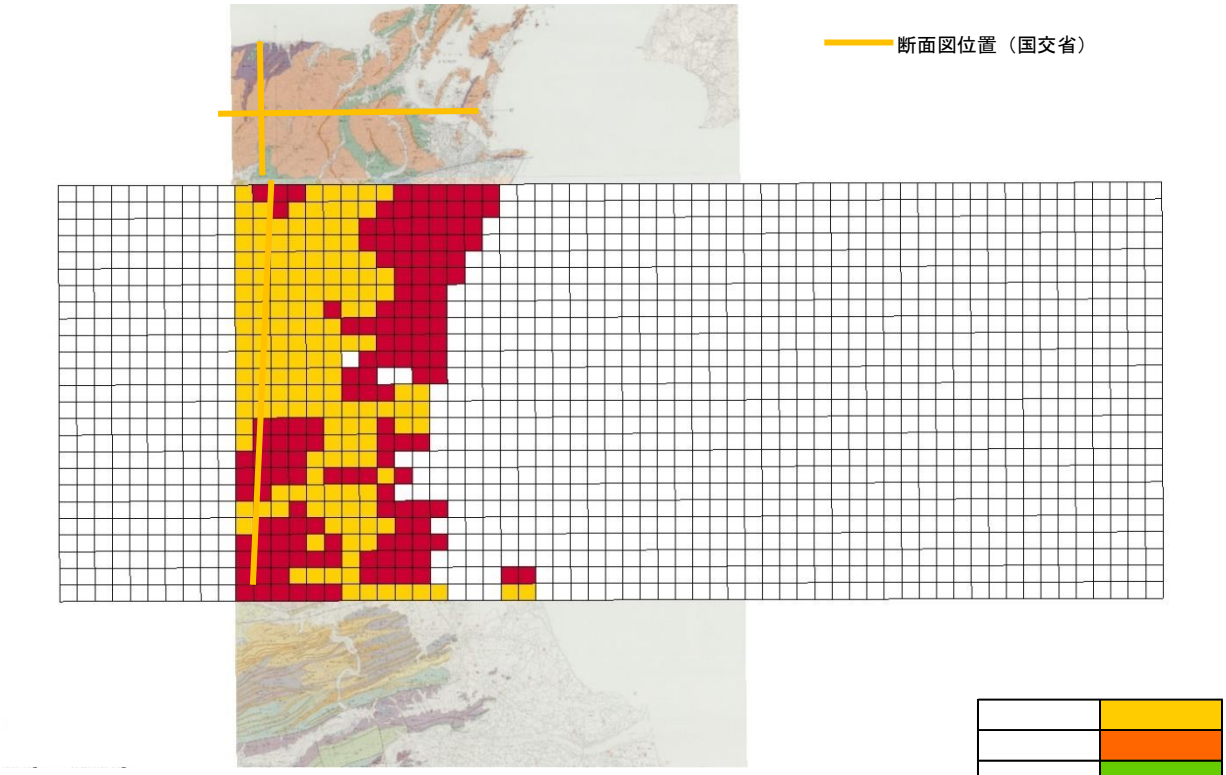
1-472 1-92

1-473

1-92 ID40. AI

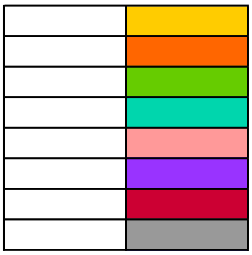
1 -470　　1 -469　　AI

ID

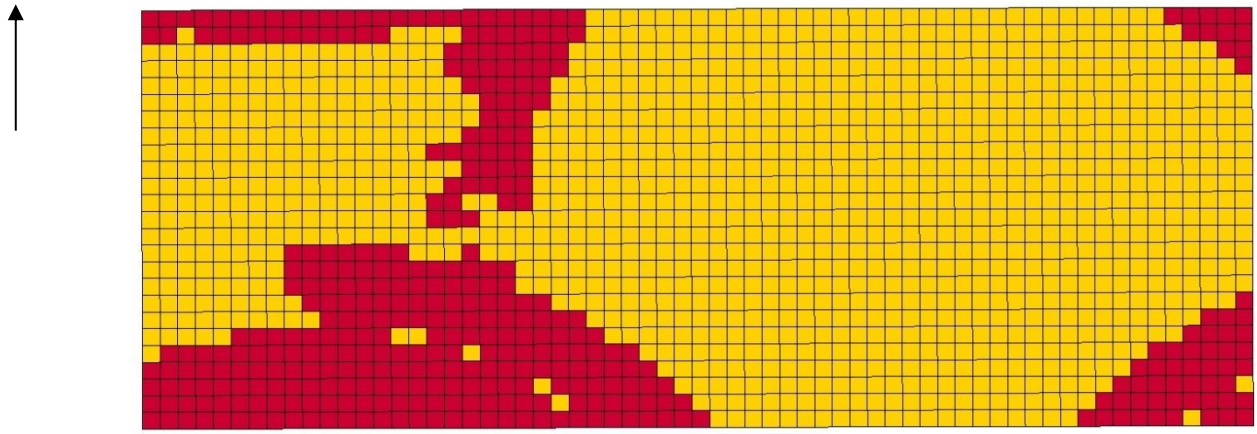


1 -469　ID40.

200:CMex_40_0207

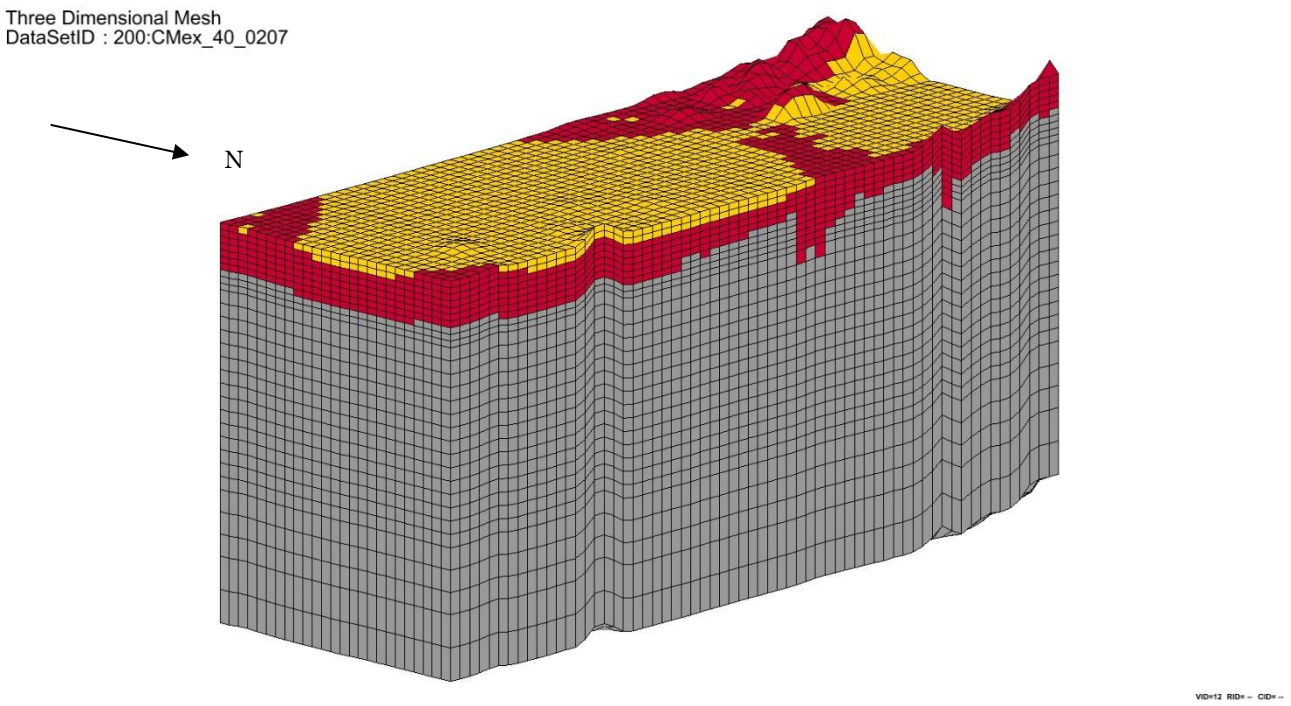


N

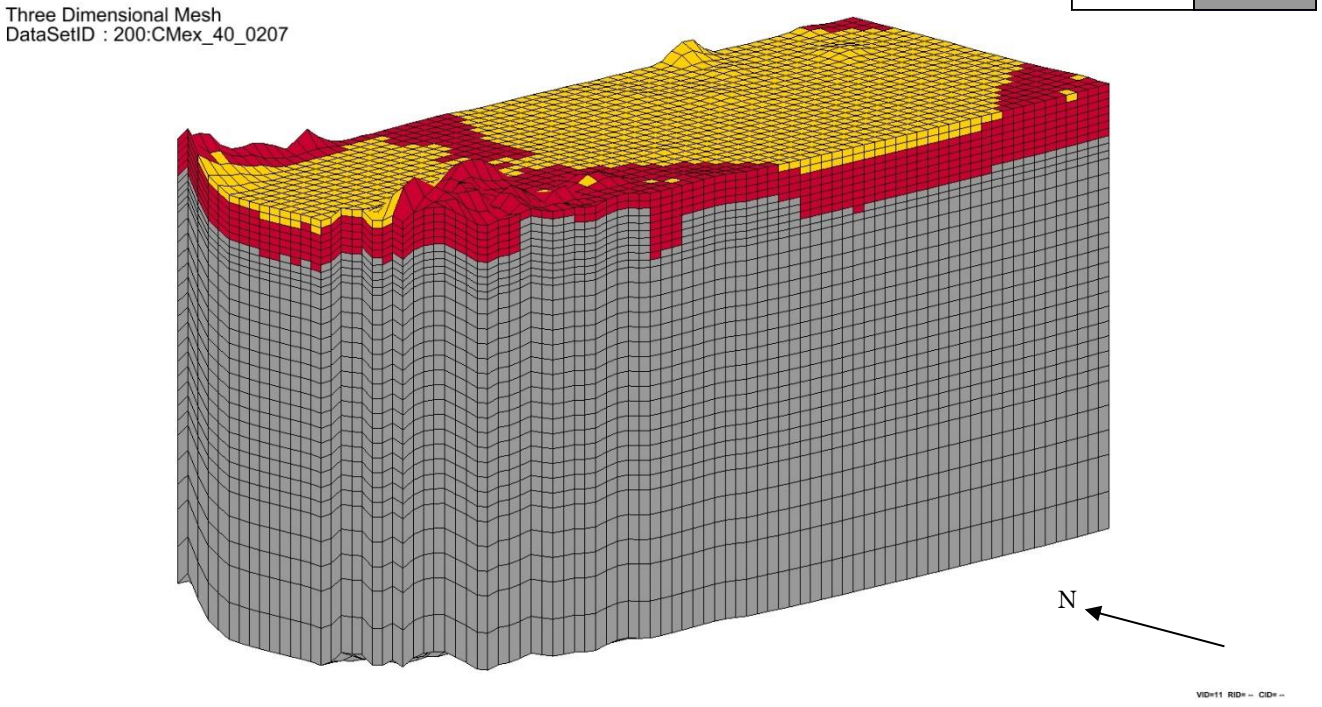


VID= -- RID= --

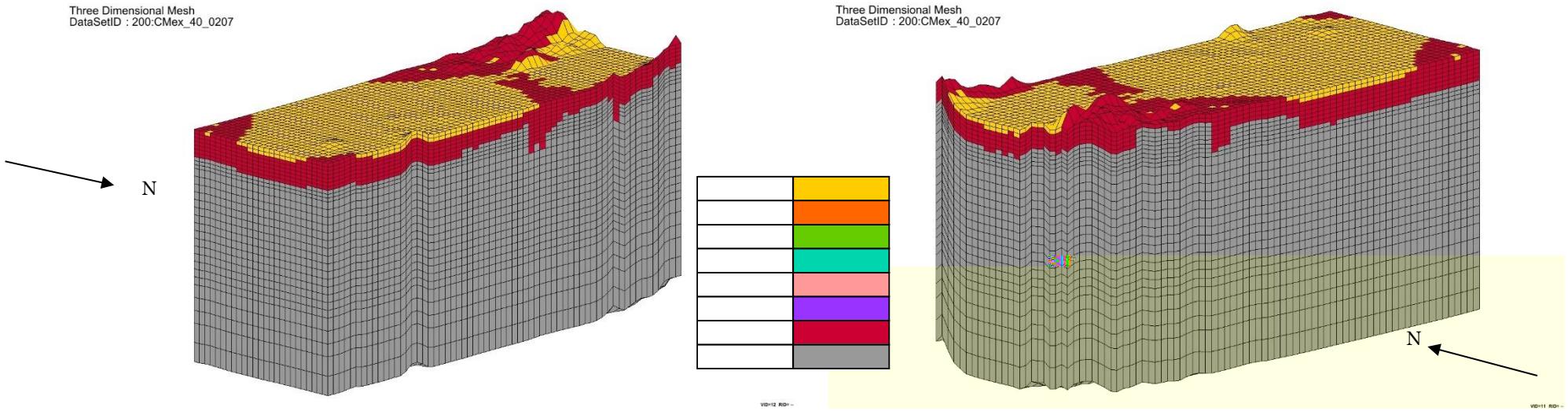
1 -470　ID40.　　AI

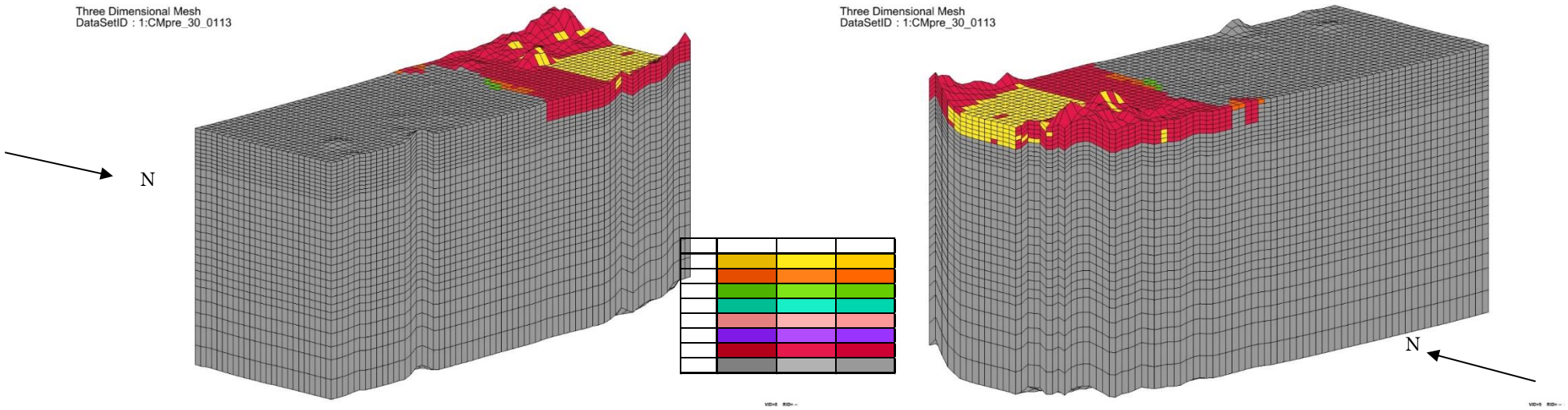


1 -471 ID40. AI 3 (1)



1 -472 ID40. AI 3 (2)

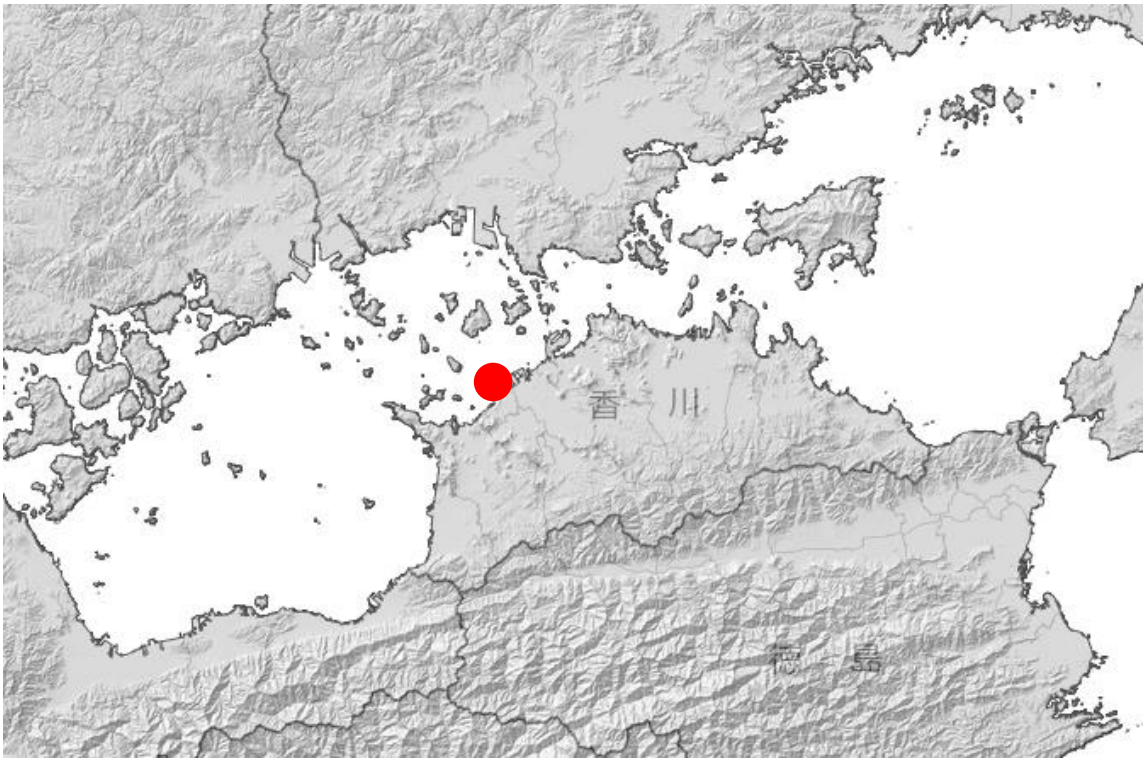

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_40_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_40_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_30_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_30_0113
N

1 -473 ID40. 3

ID.41 讃岐

モデル化位置



1 -474　　ID41.

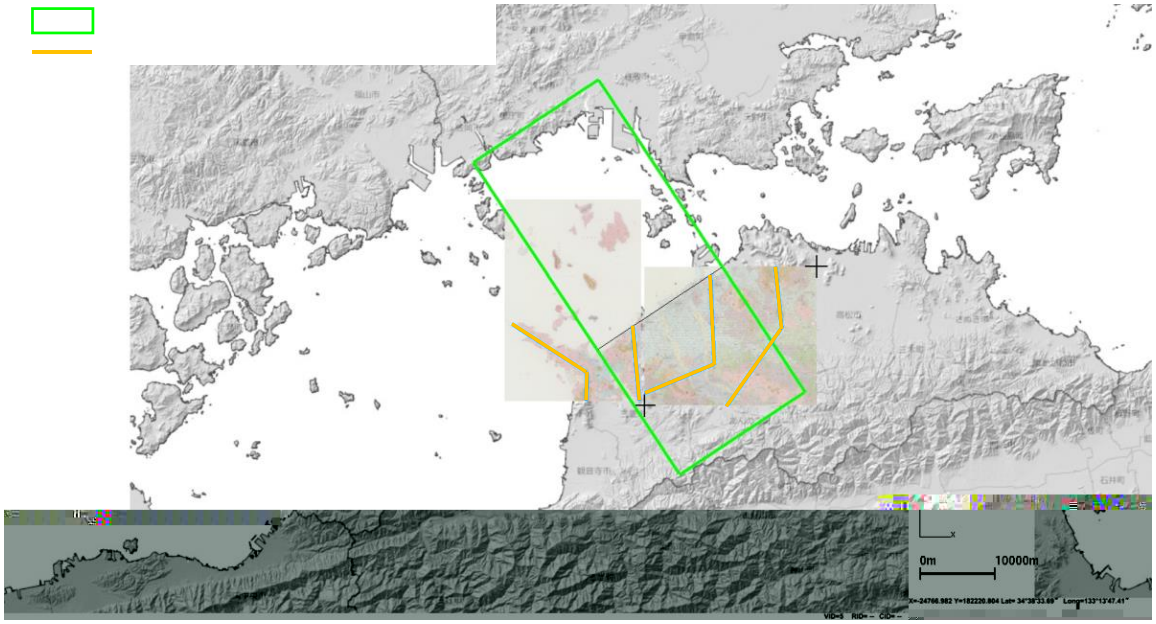
地域概要

引用データ

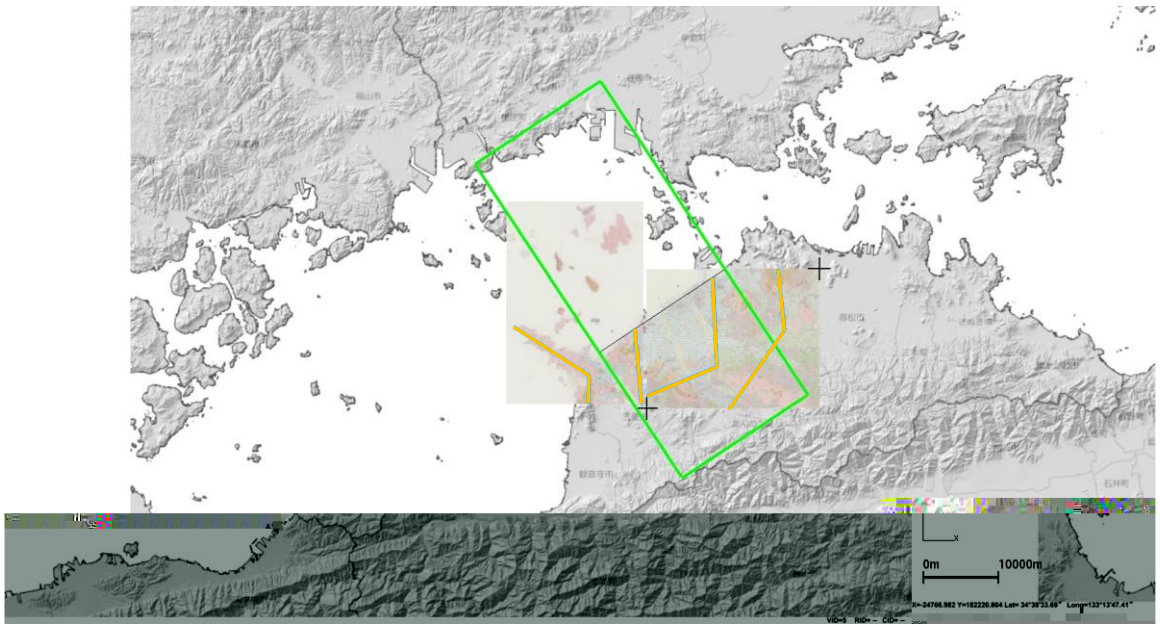
1 -93 1 -475

1 -477 1 -478

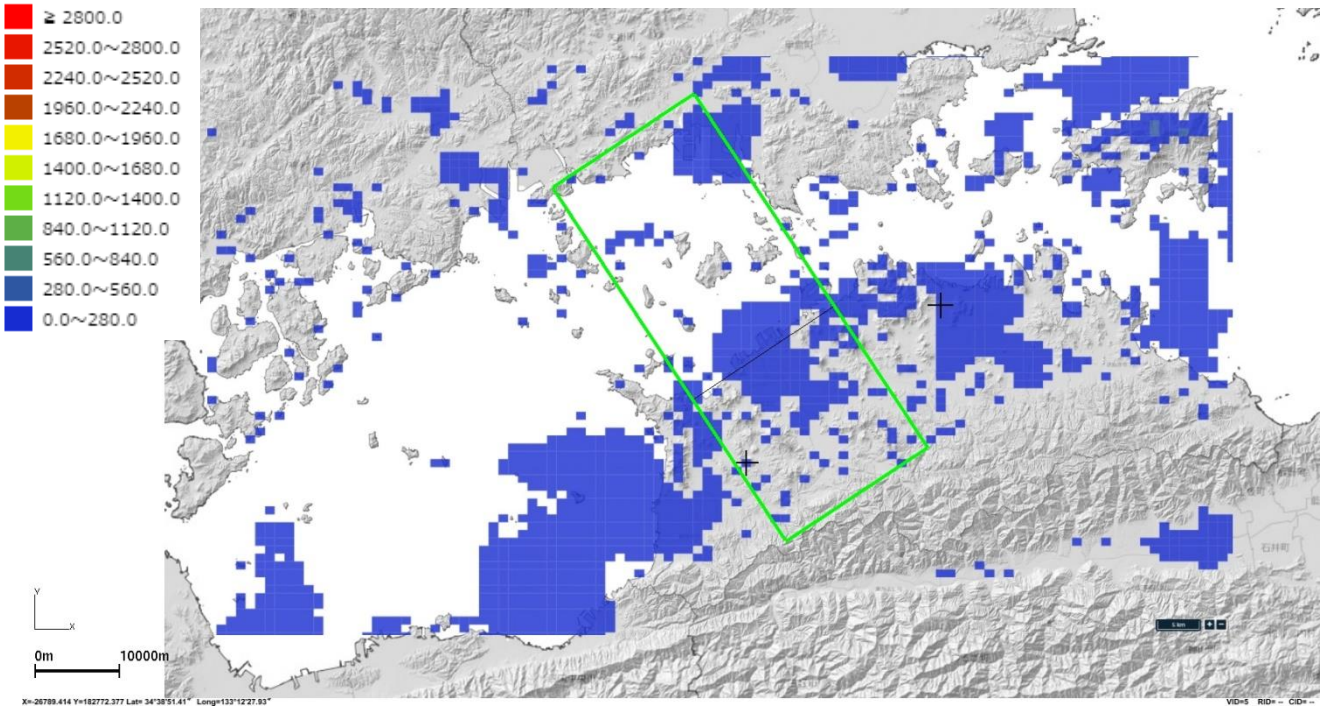
1 -93 ID1 1.



1 -475 ID41.



1 -476 ID41. ( )



1 -477 ID41. ( )

1 -478 ID41.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -479 3 1 -480

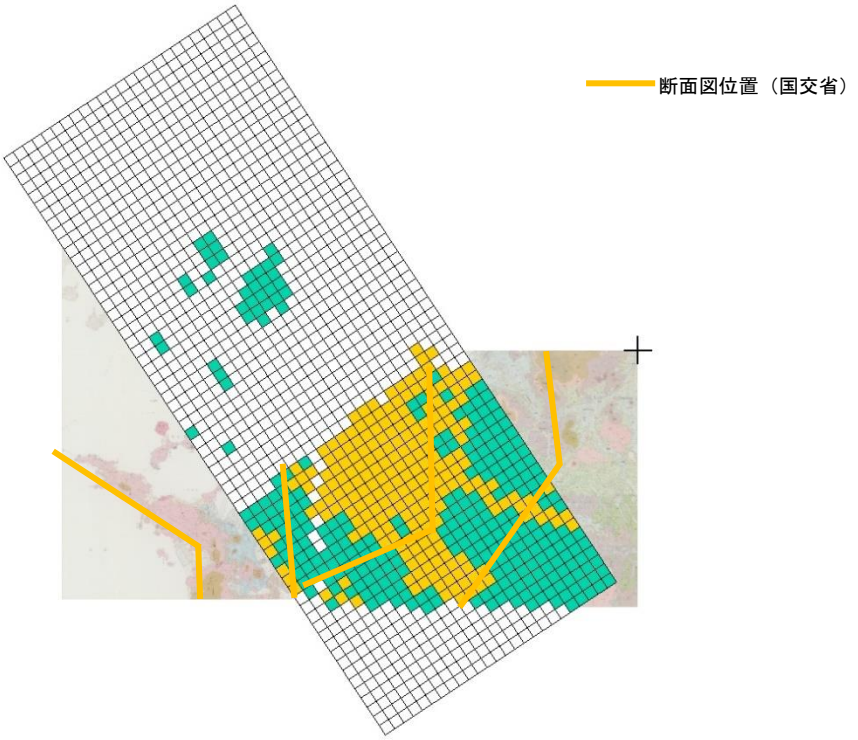
1 -482 1 -94

1 -483

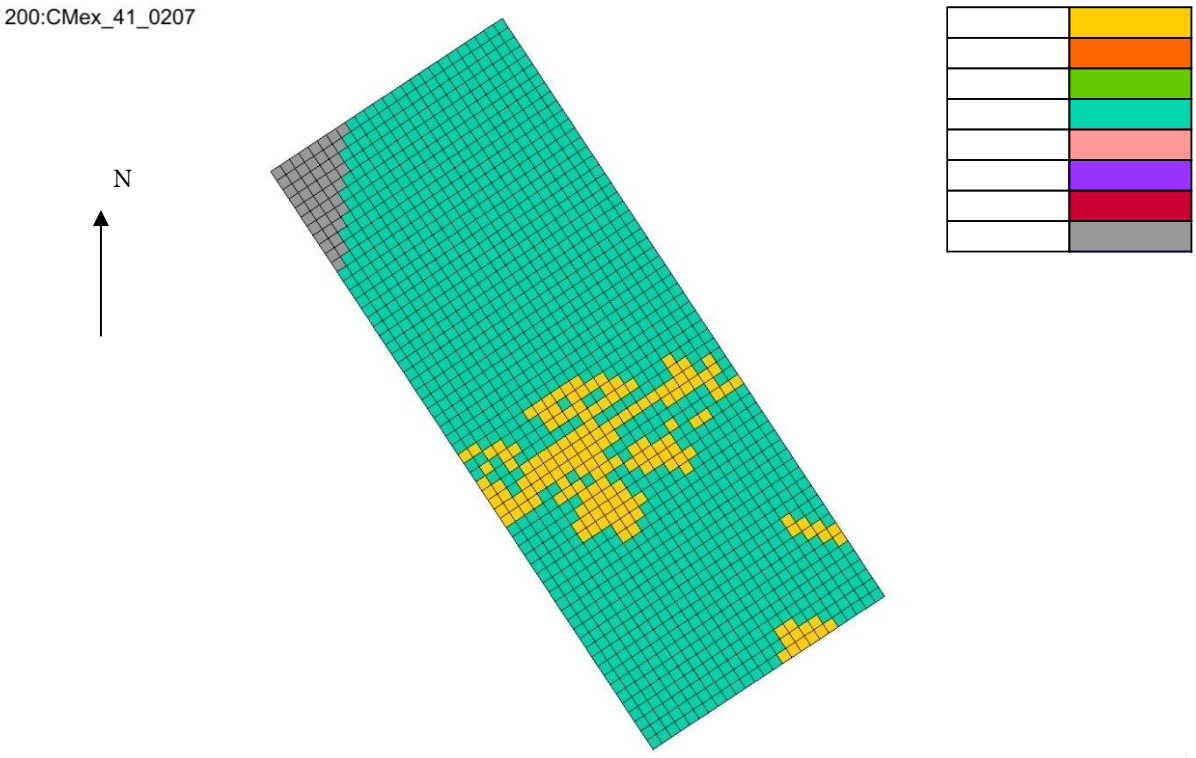
1 -94 ID41. AI

1 -480 1 -479 AI

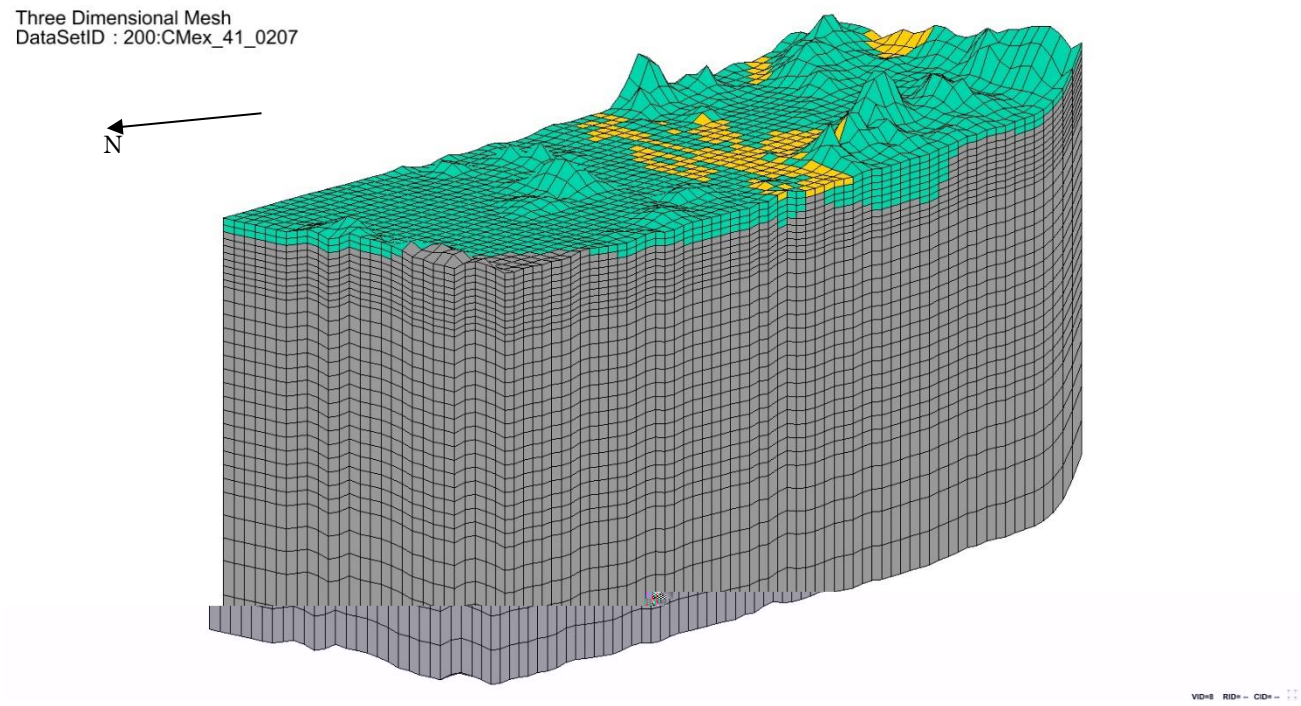
ID



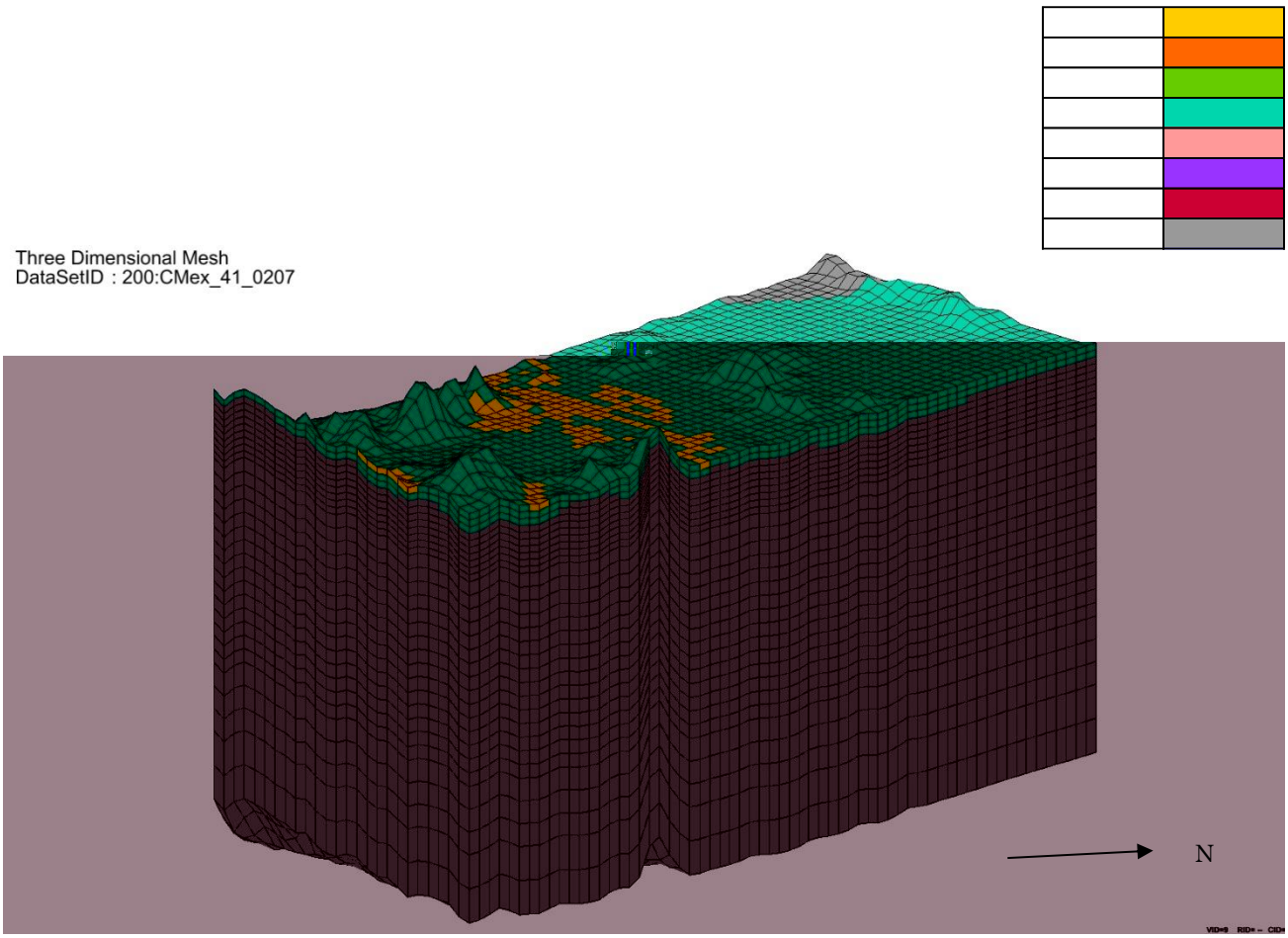
1 -479 ID41.



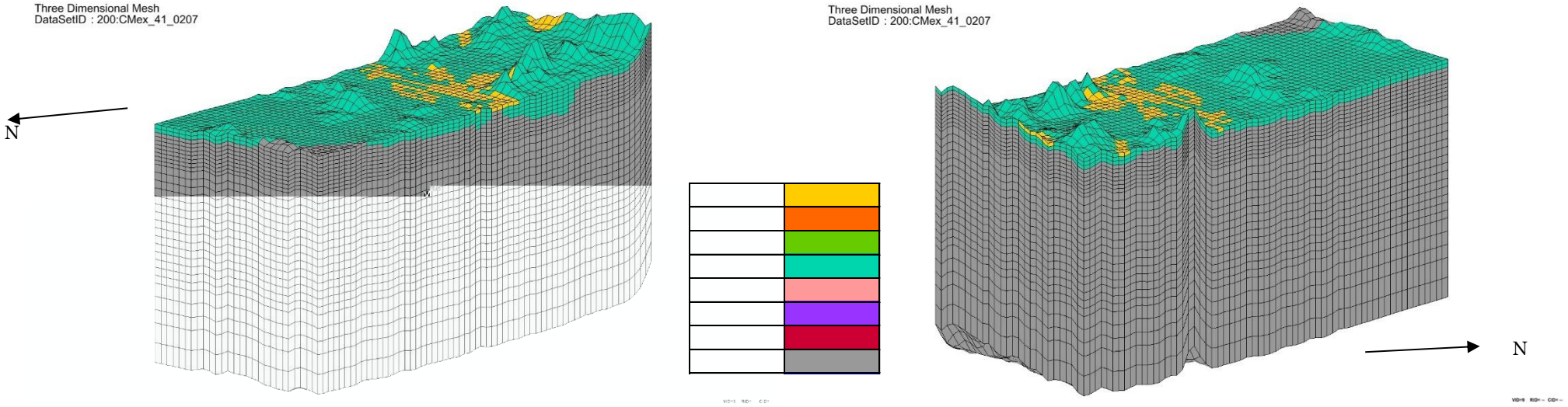
1 -480 ID41. AI

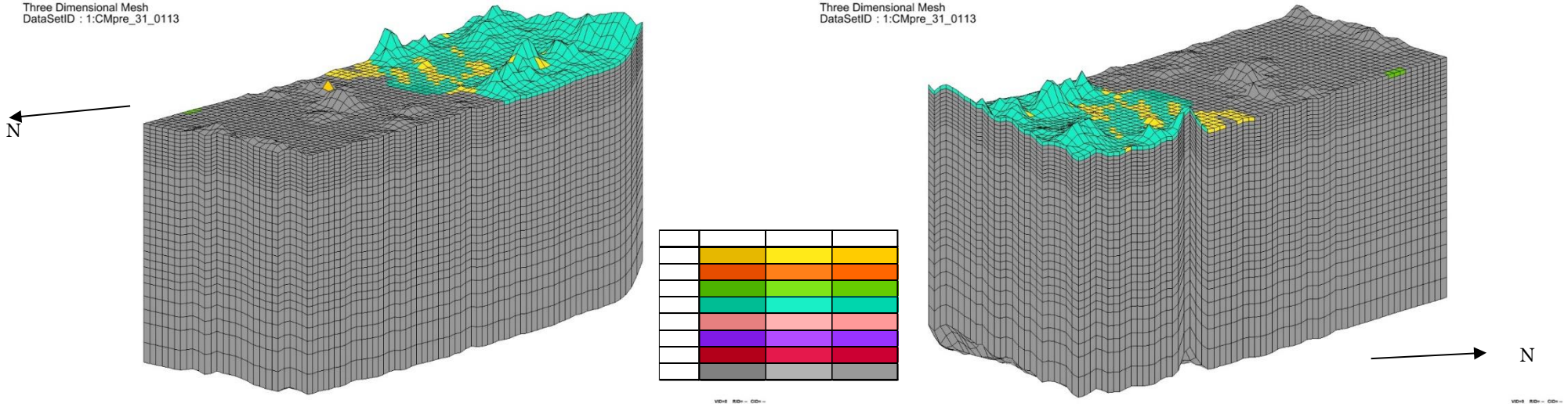


1 -481 ID41. AI 3 (1)



1 -482 ID41. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_41_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_41_0207
N

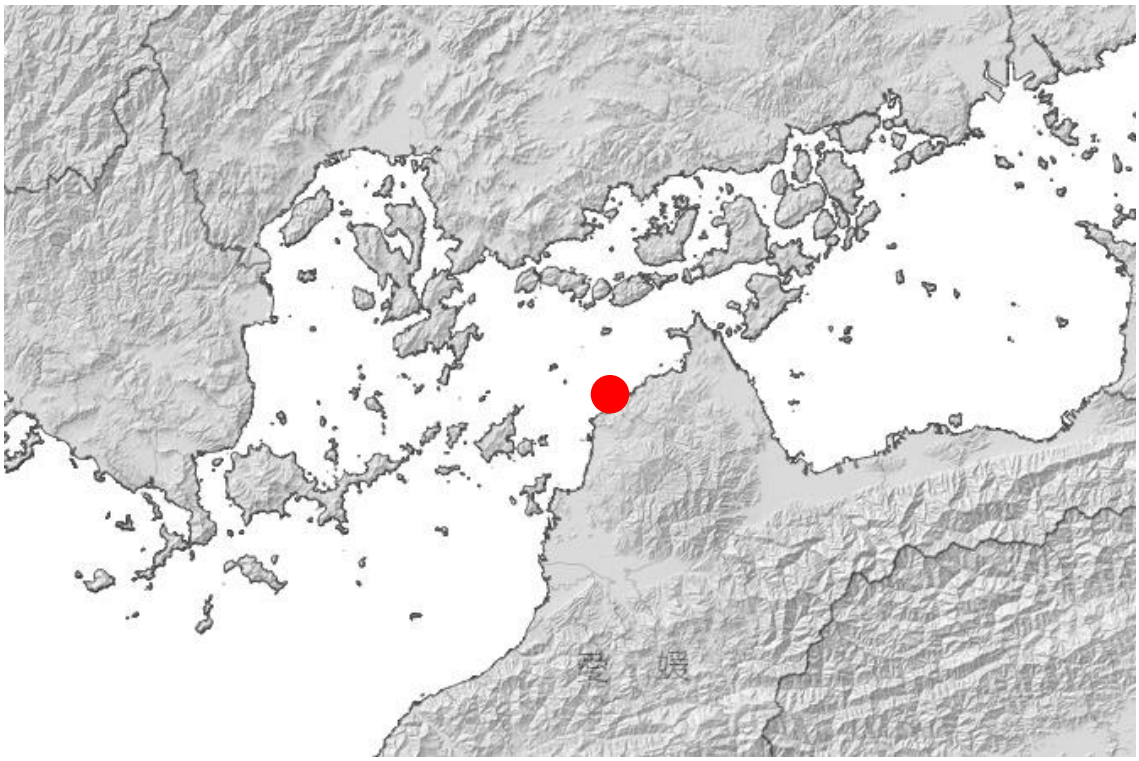

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_31_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_31_0113
N

1 -483 ID41. 3

ID.42 松山

モデル化位置

1 -484



1 -484　　ID 42.

地域概要

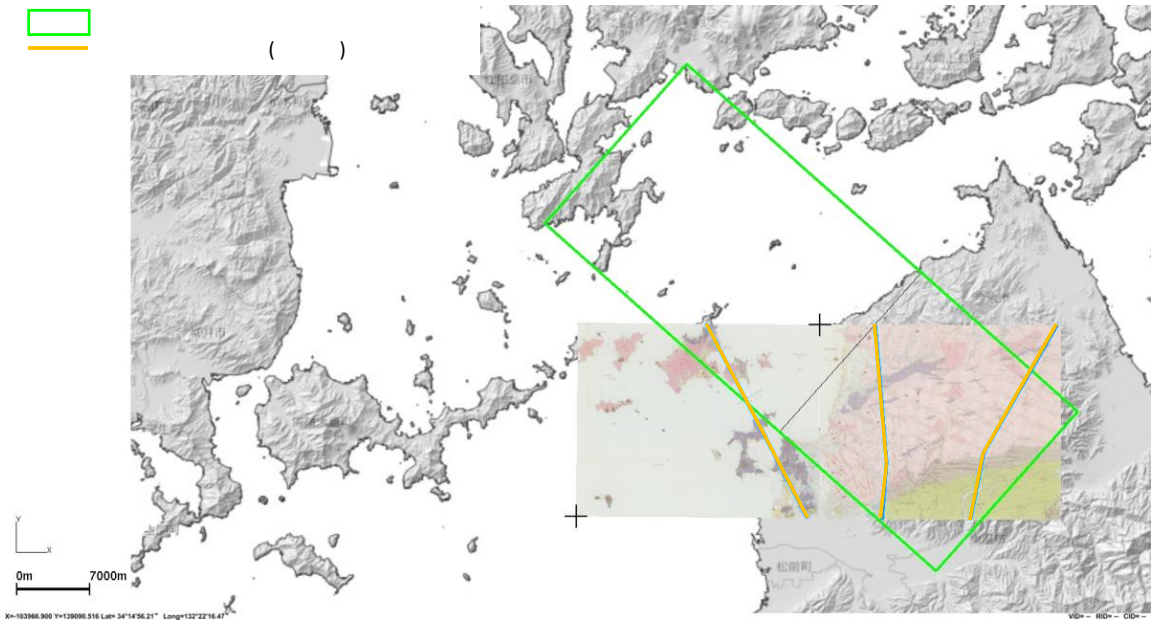
引用データ

1 -95 1 -485

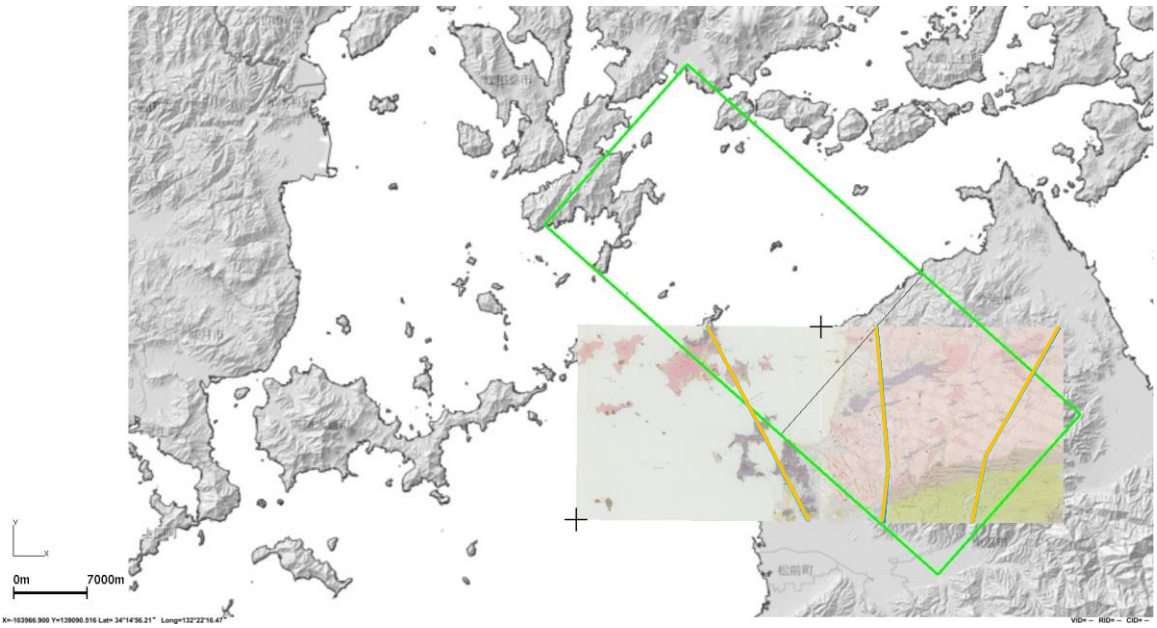
1 -487 1 -488

1 -95 ID 42.

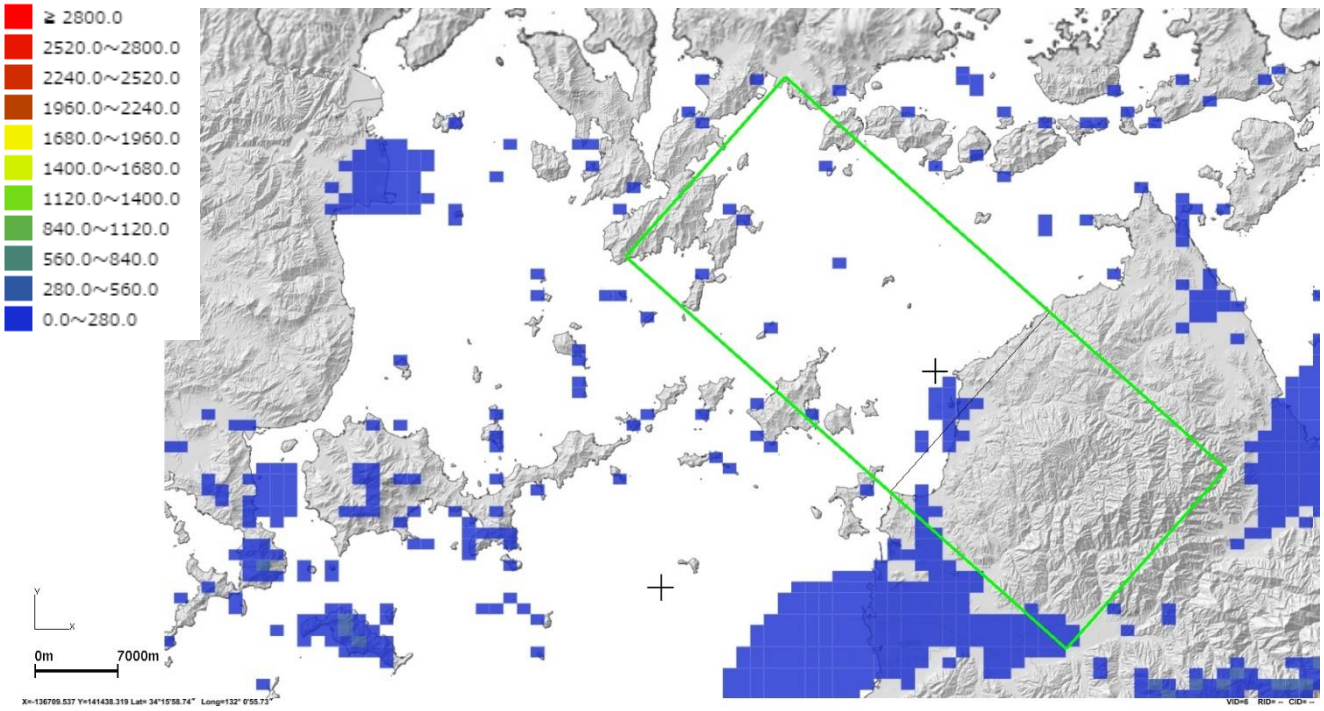
( )



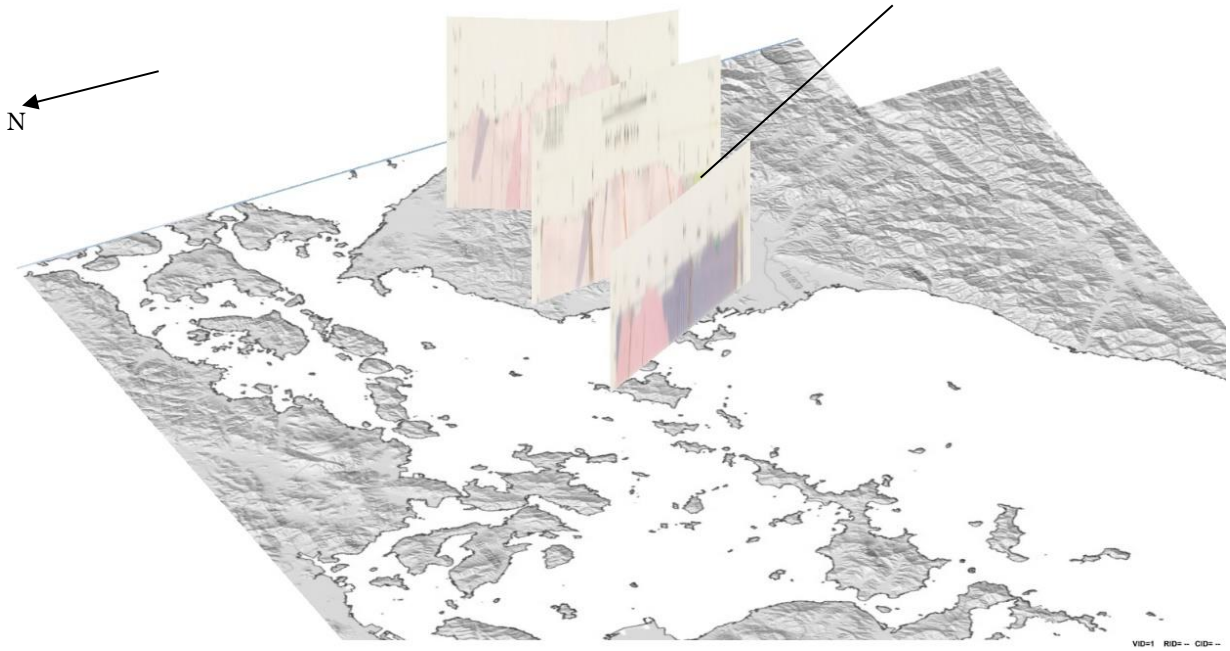
1 -485 ID 42.



1 -486 ID 42. ( )



1 -487 ID 42. ( )



1 -488 ID 42.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -489 3 1 -490

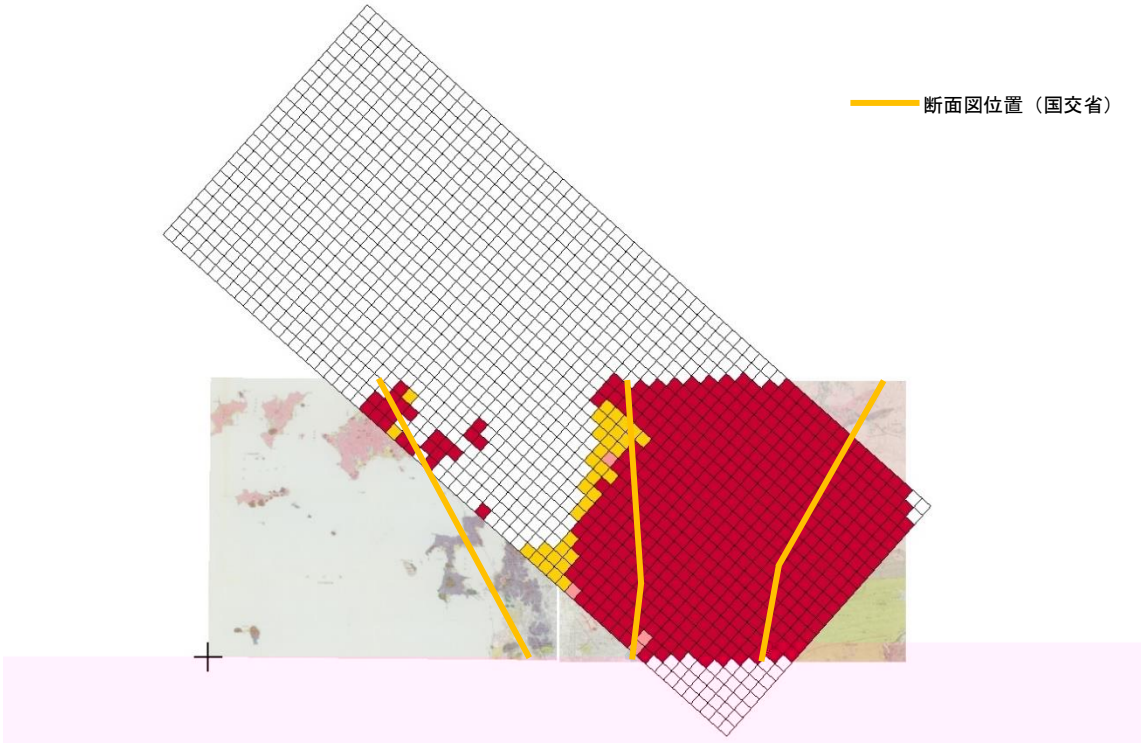
1 -492 1 -96

1 -493

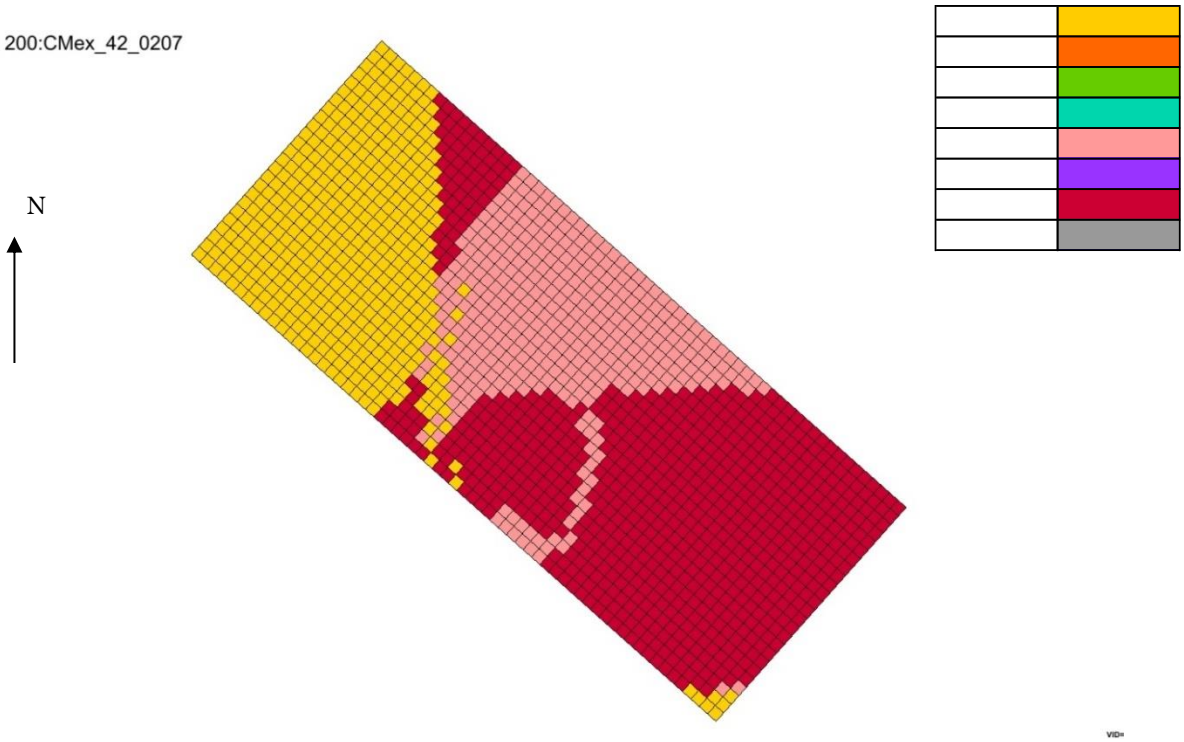
1 -96 ID 1 2. AI

1 -490　　1 -1 89　　AI

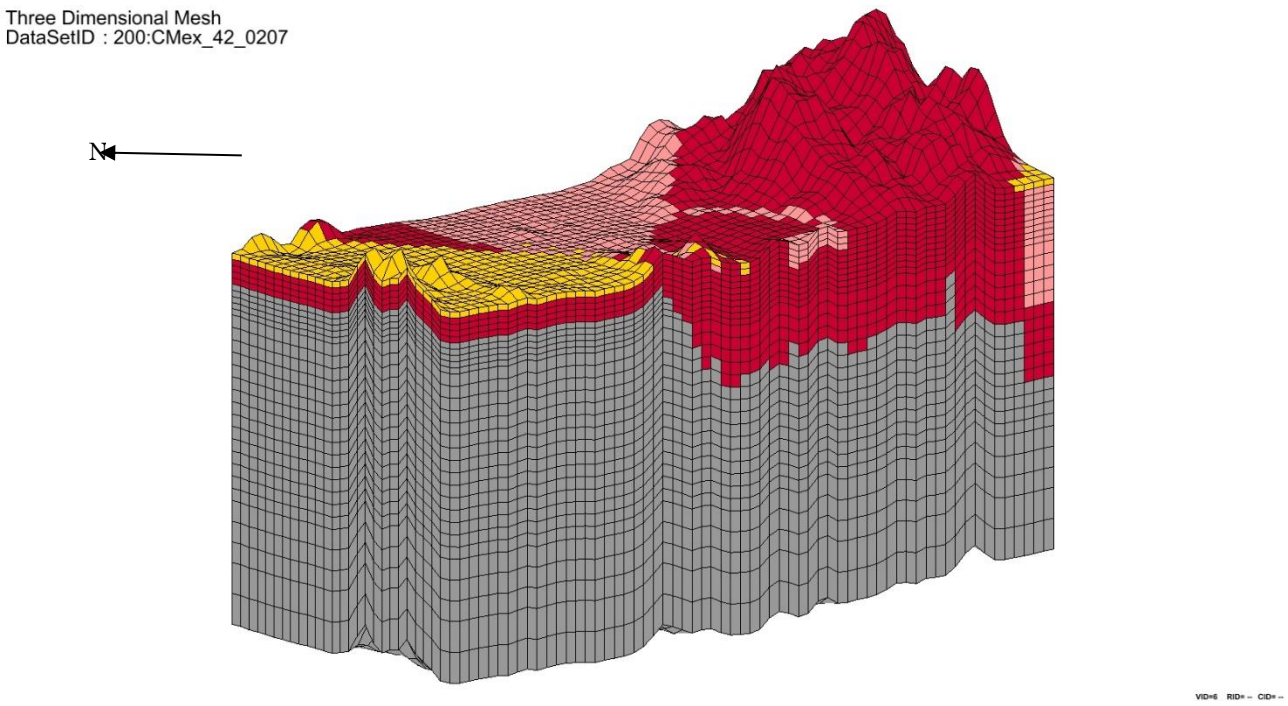
ID



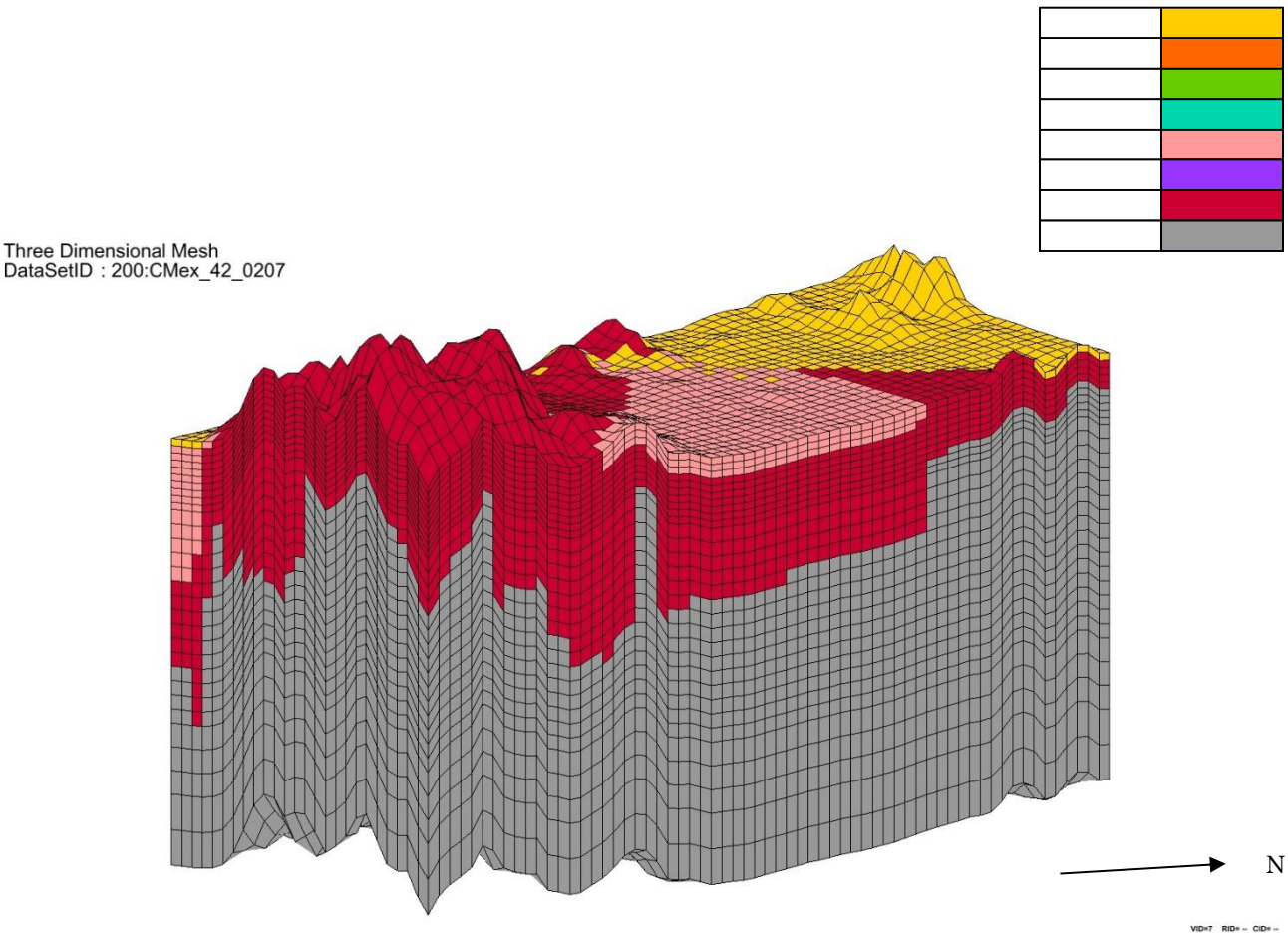
1 -489　ID42.



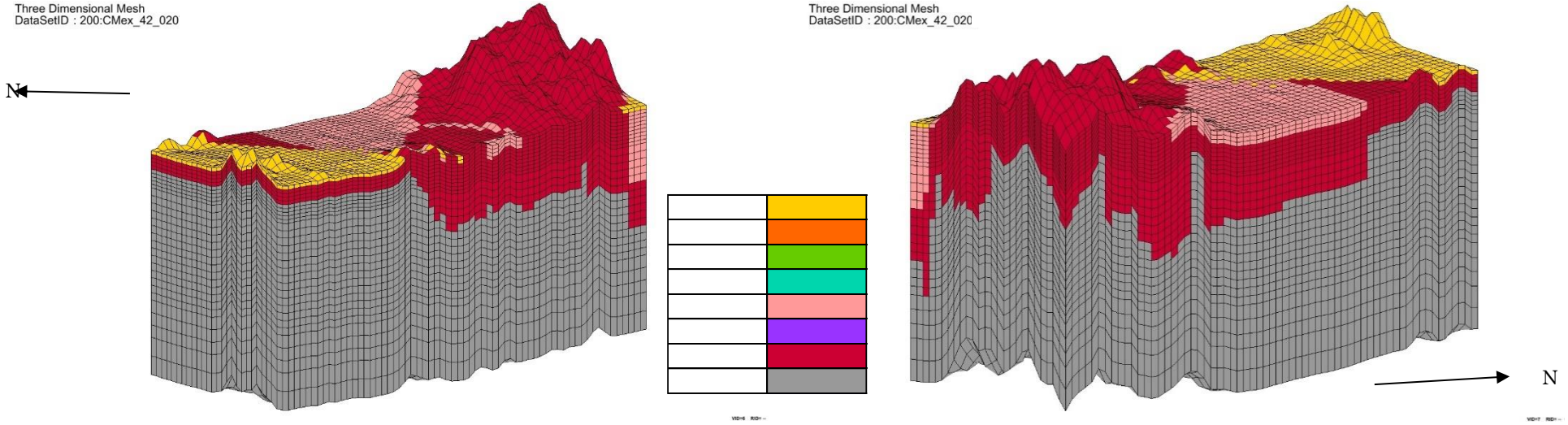
1 -490　ID42.　　AI

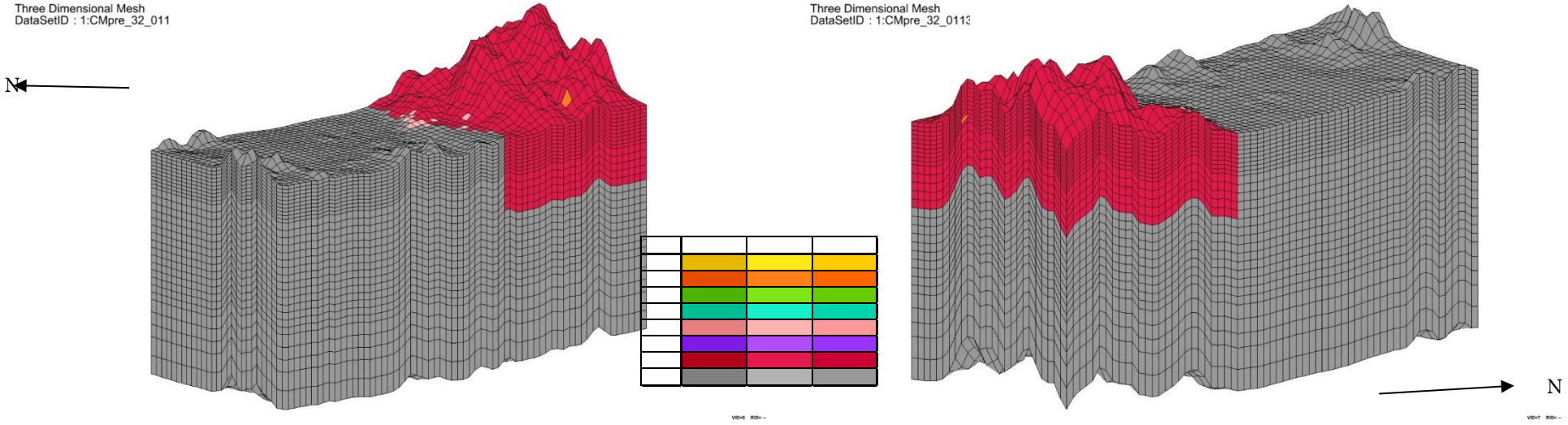


1 -491 ID 42. AI 3 (1)



1 -492 ID 42. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_42_020
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_42_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_32_011
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_32_011
N

1 -493 ID42. 3

ID.43 高知

モデル化位置

1 -494

1 -494　ID 43.

地域概要

(　　)

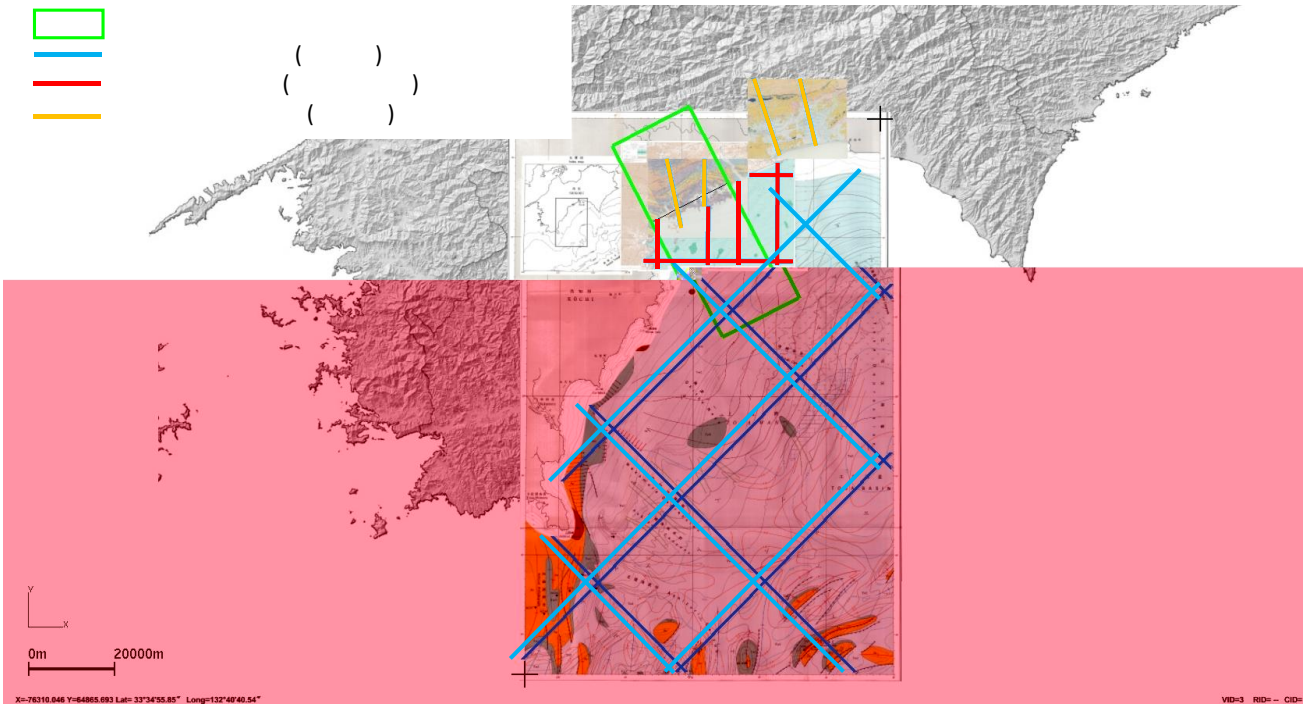
(　　)

引用データ

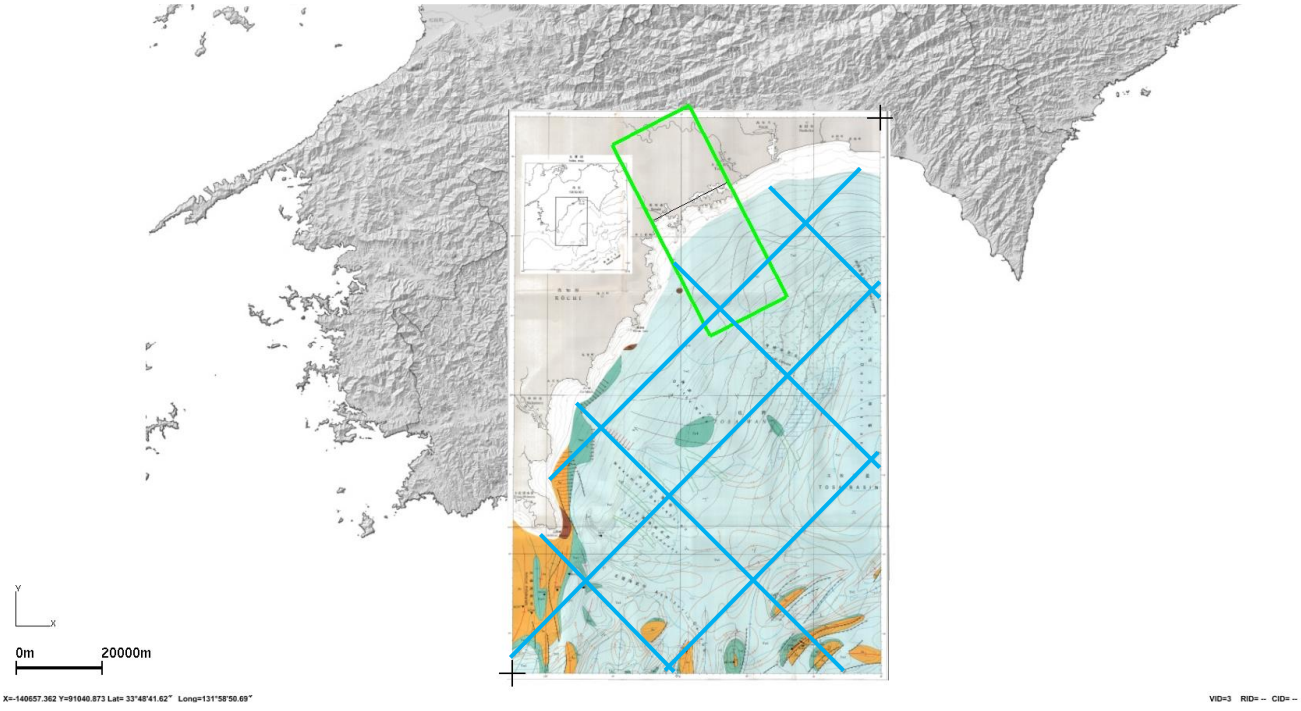
1 -97　　1 -495

1 -499　　1 -500

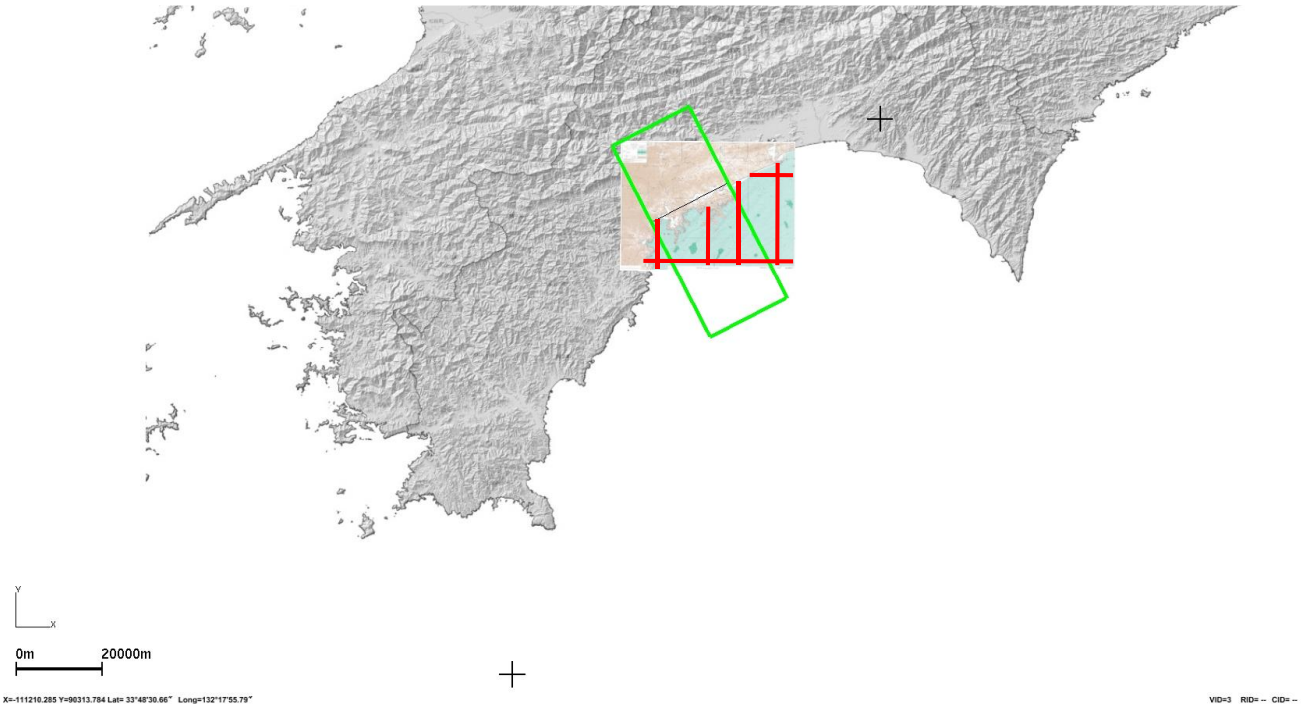
1 -97　ID 43.



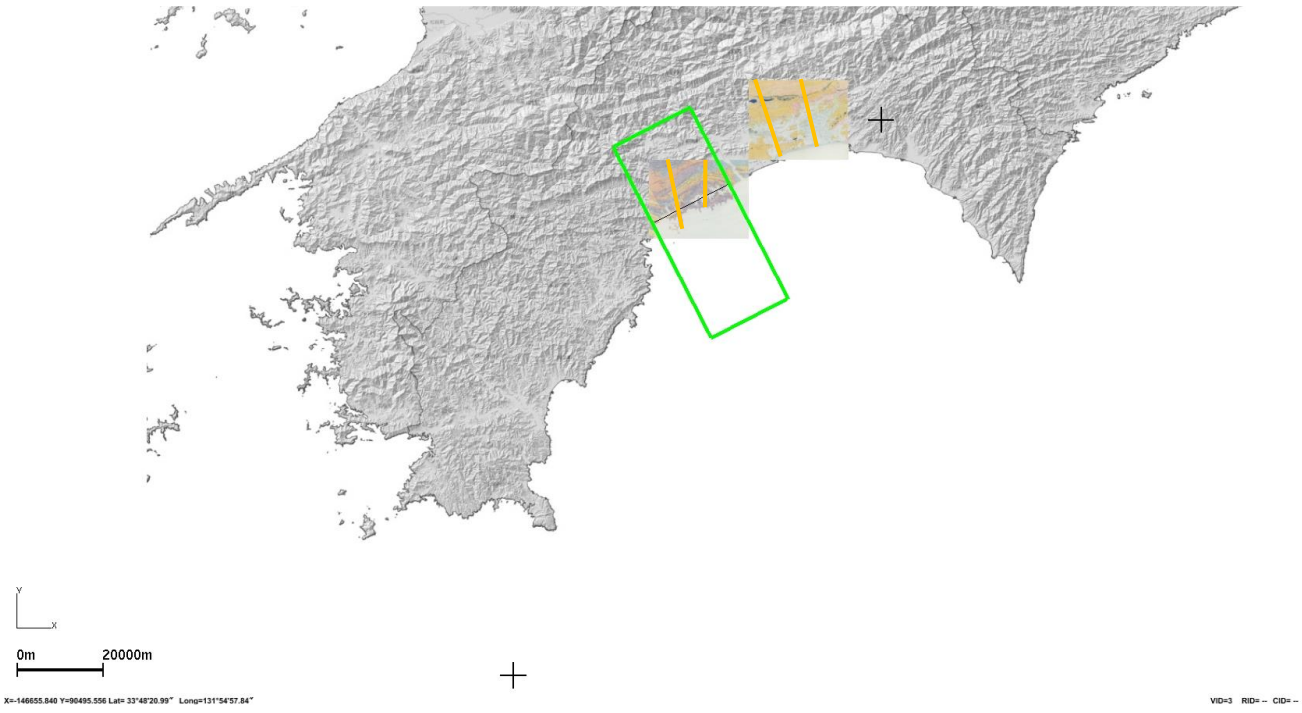
1 -495　ID 43.



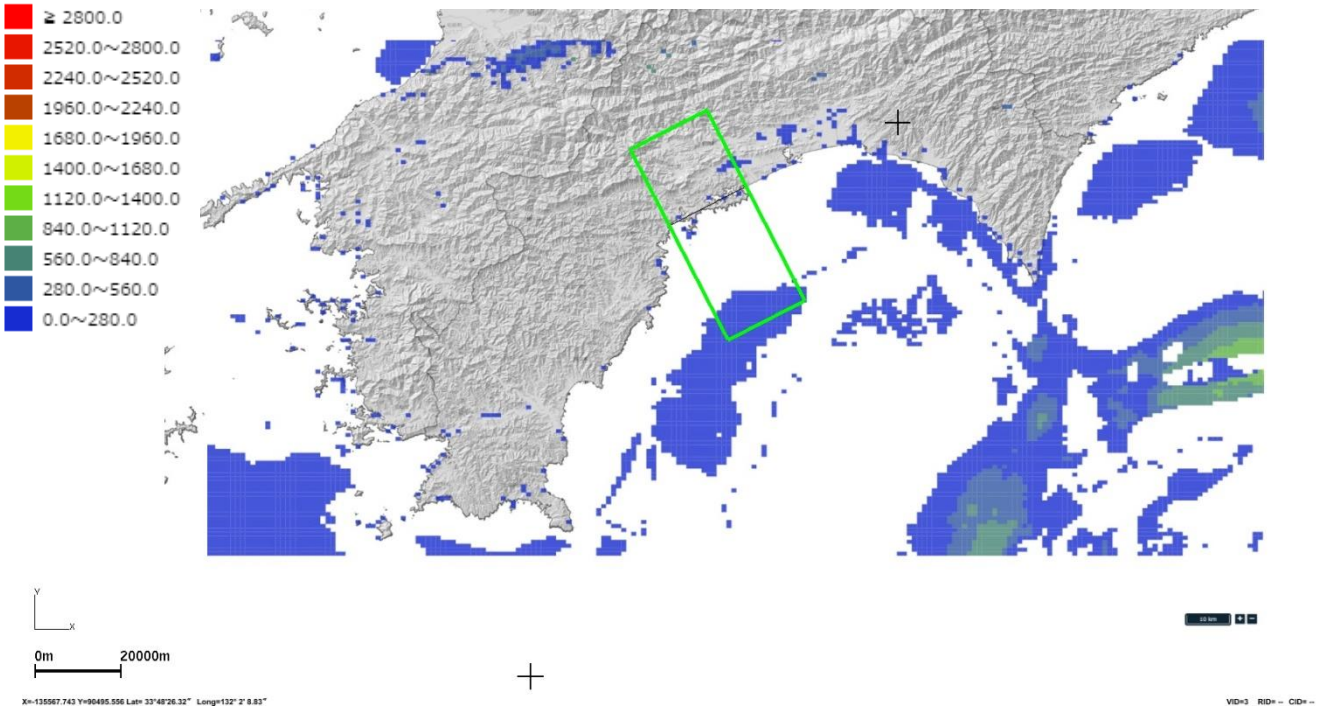
1 -496 ID 43. ( )



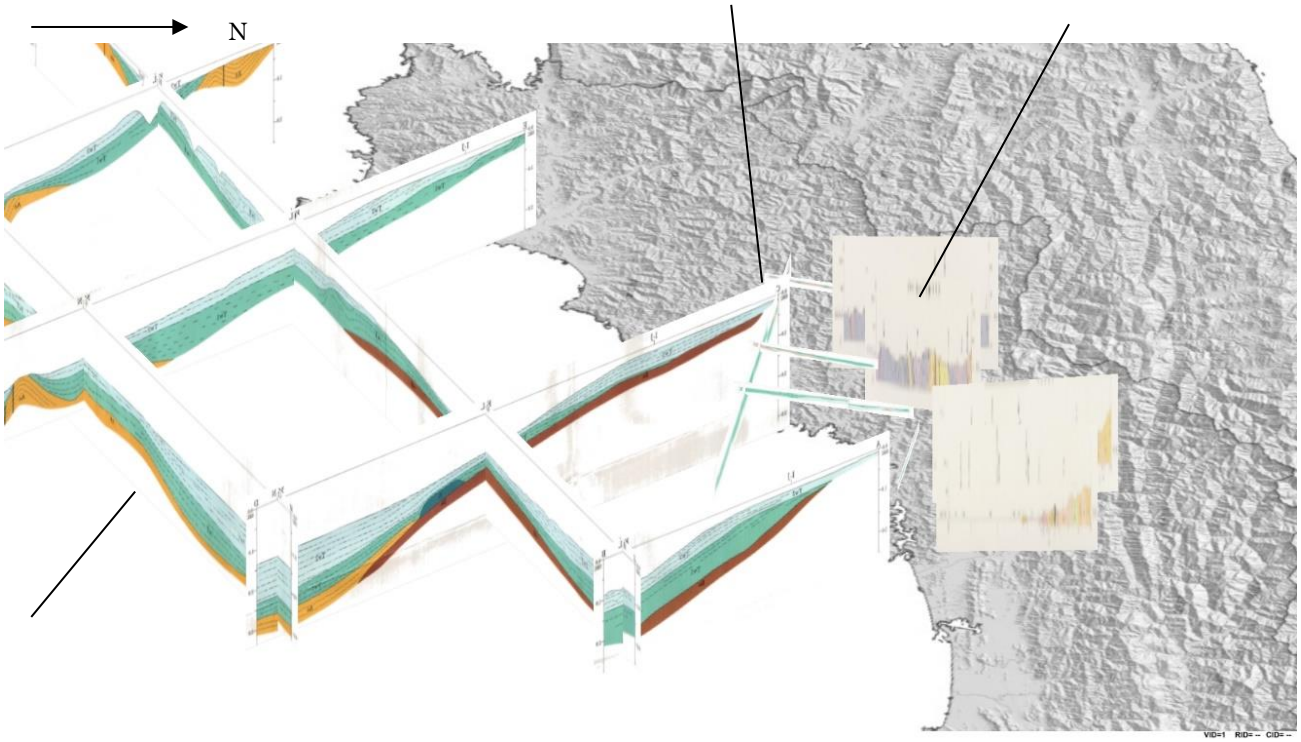
1 -497 ID 43. ( )



1 -498 ID 43. ( )



1 -499 ID 43. ( )



1 -500　ID 43.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1 -501 3 1 -502

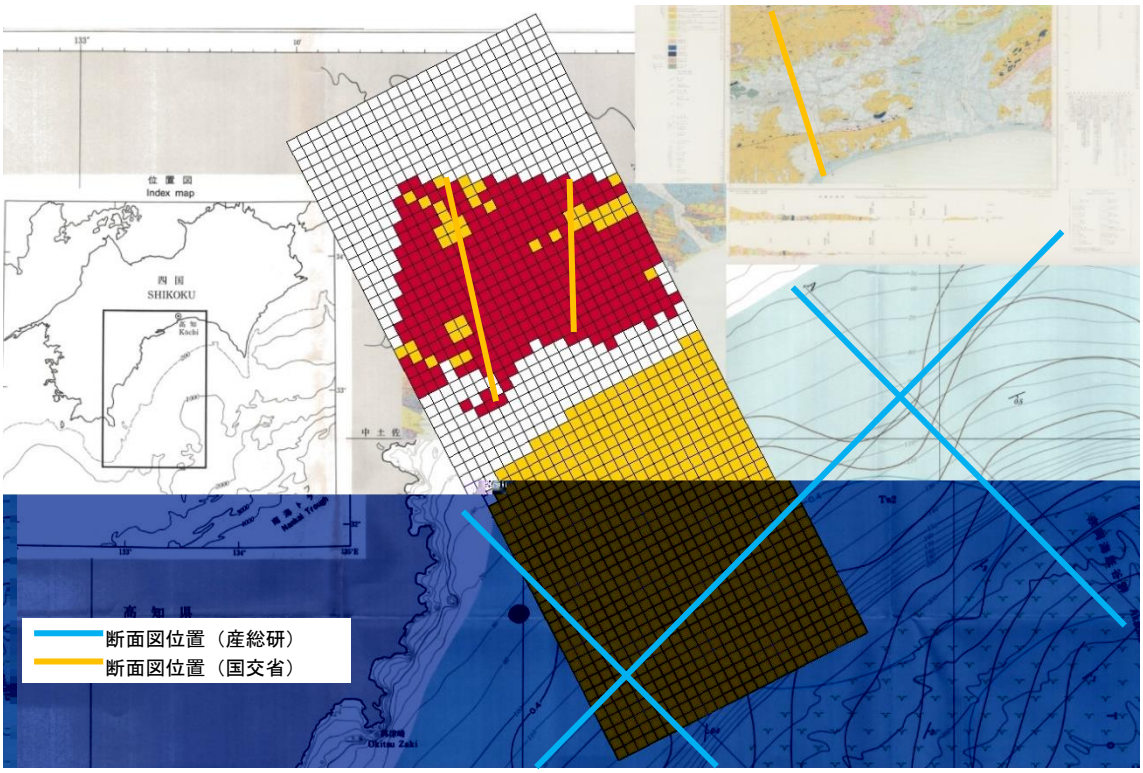
1 -504 1 -98

1 -505

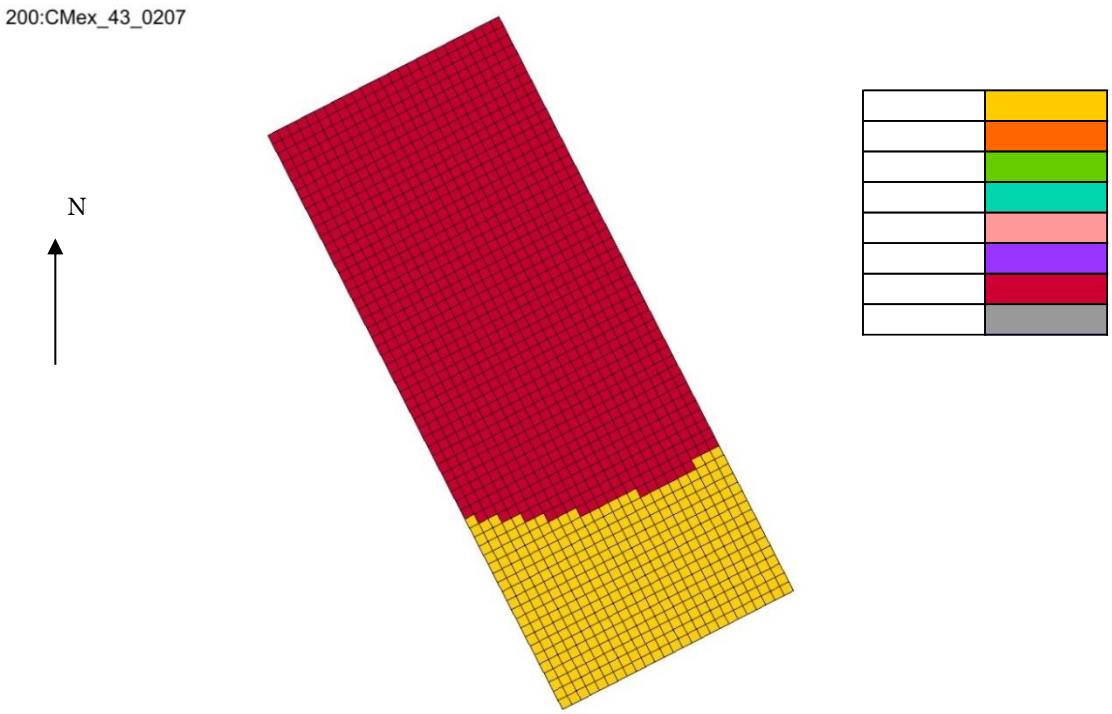
1 -98 ID 1 3. AI

1 -502 1 -501 AI

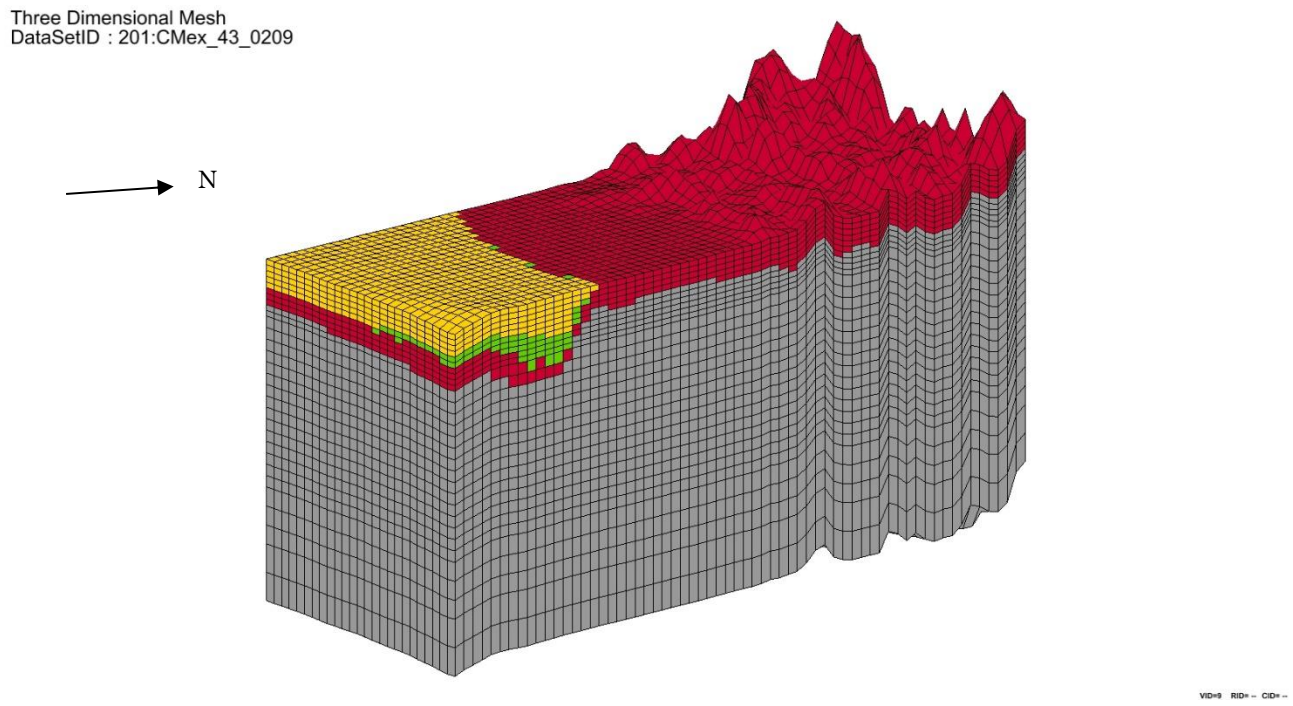
ID



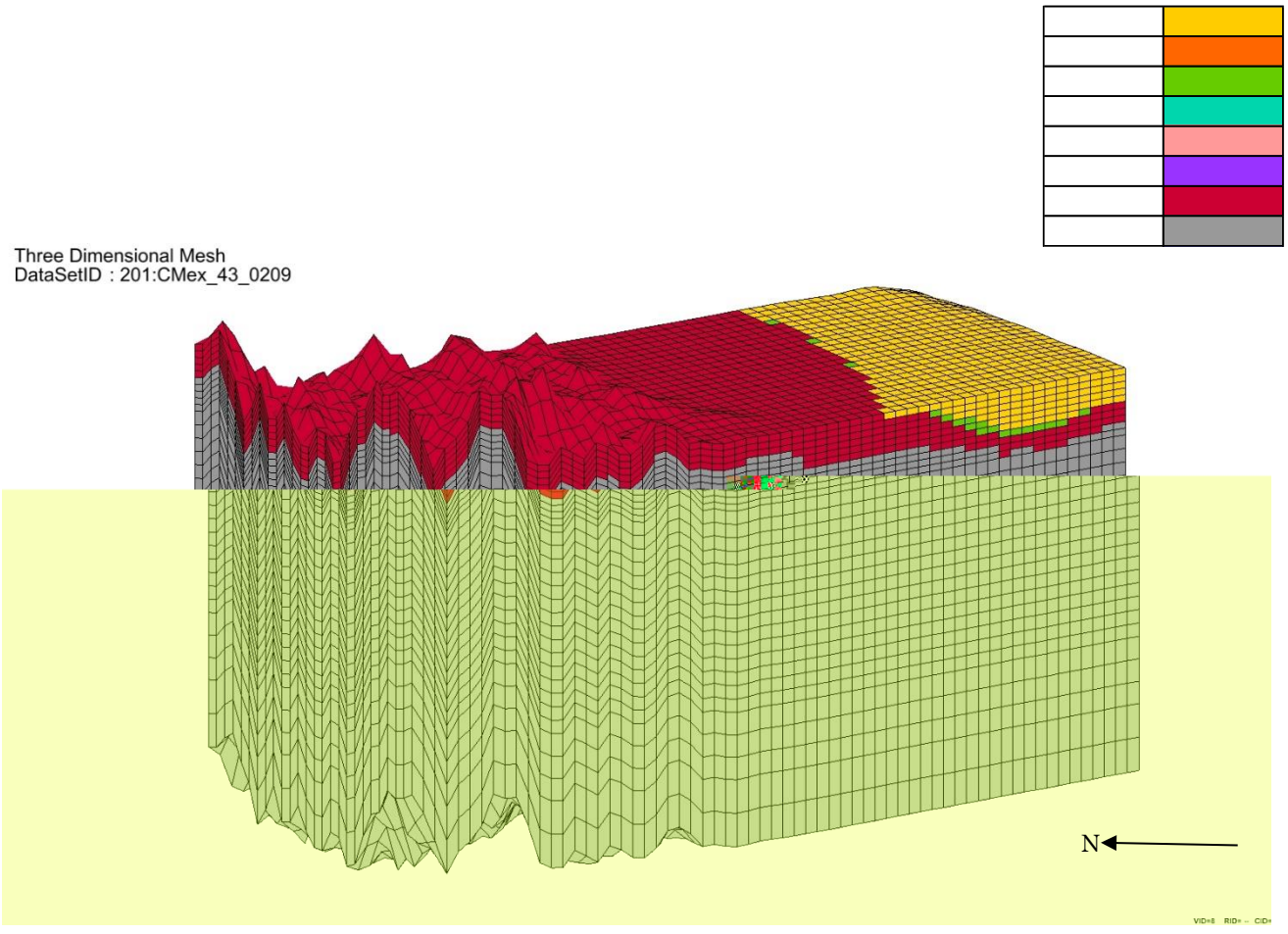
1 -501 ID43.



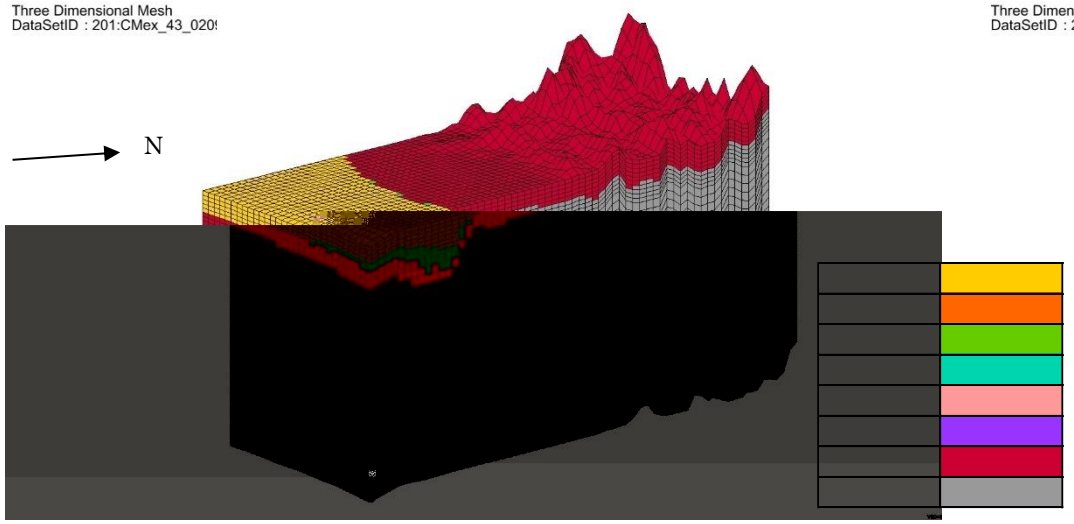
1 -502 ID43. AI

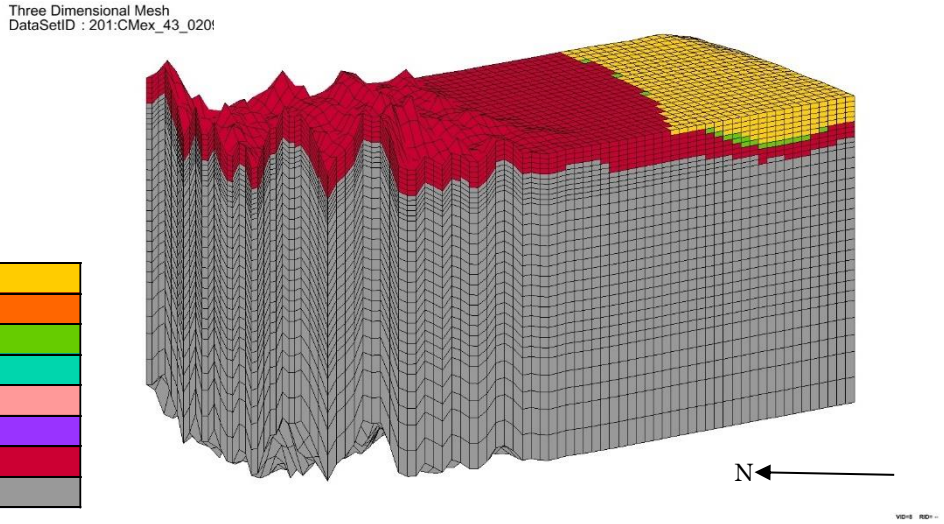


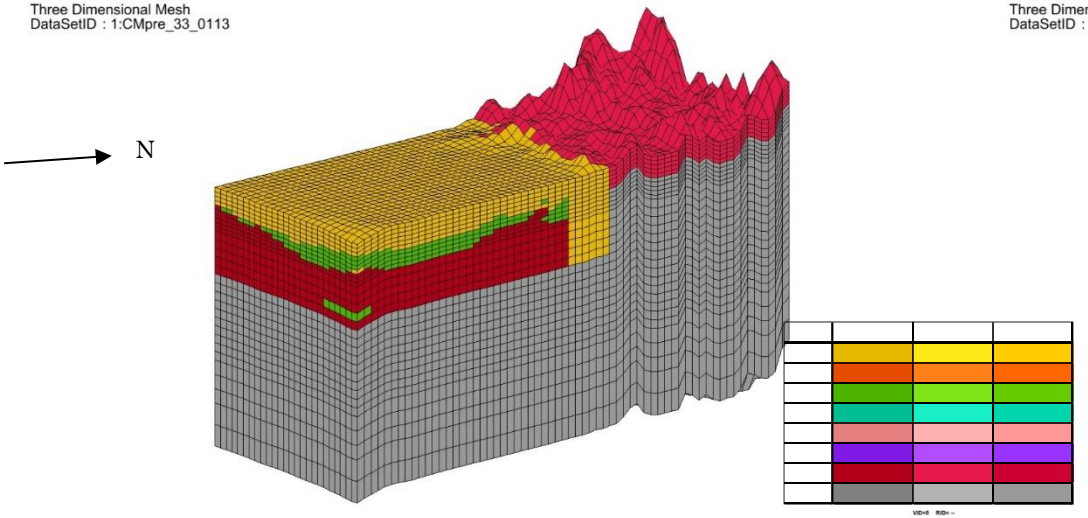
1 -503 ID 43. AI 3 (1)

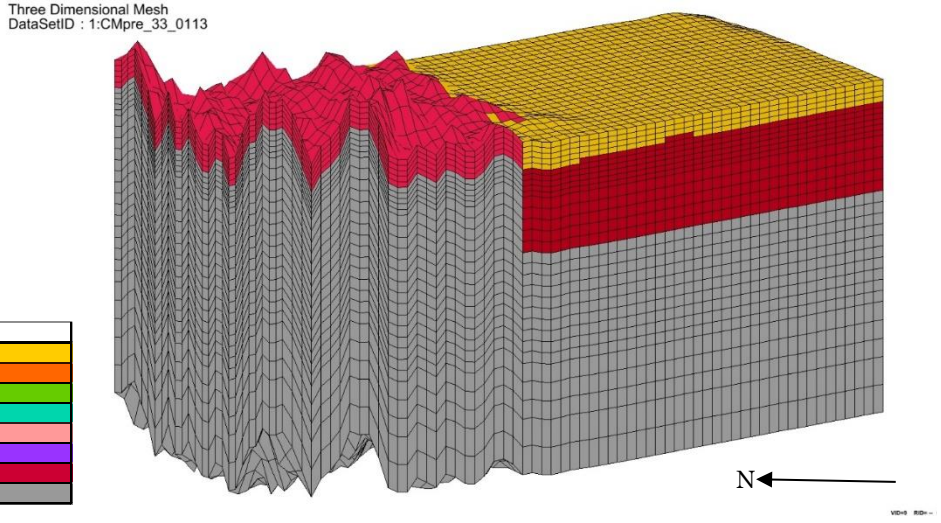


1 -504 ID 43. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_43_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_43_020
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_33_0113
N

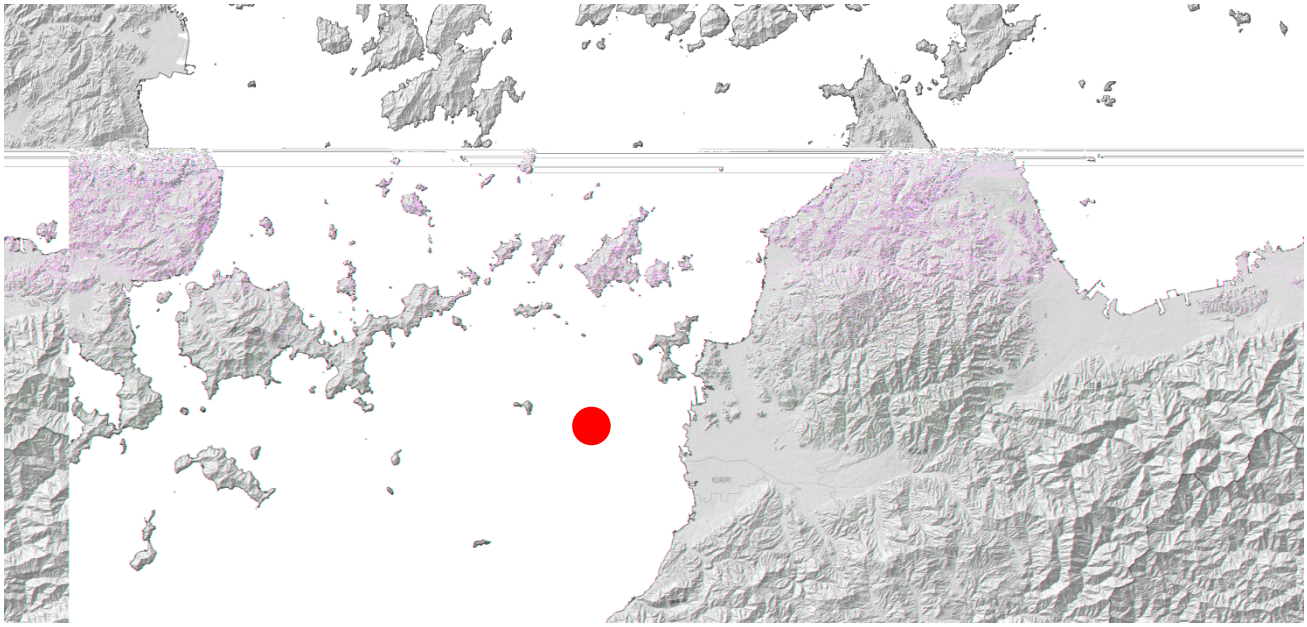

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_33_0113
N

1 -505 ID43. 3

ID.44 伊予

モデル化位置

1 -506



1 -506　ID1 1 .

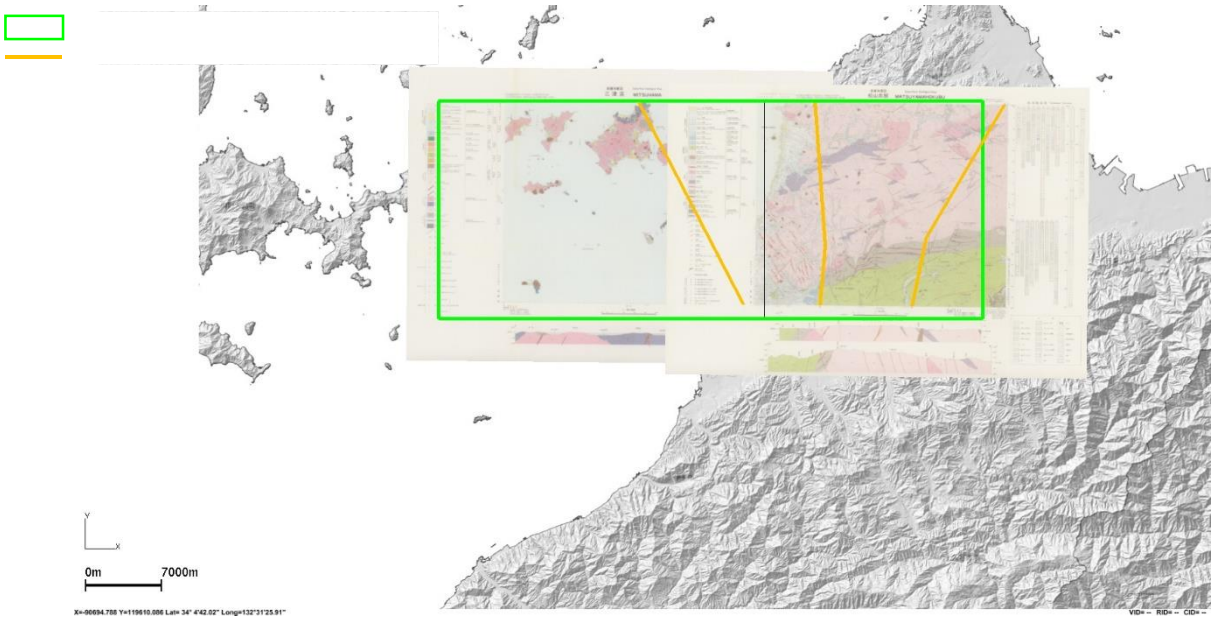
地域概要

引用データ

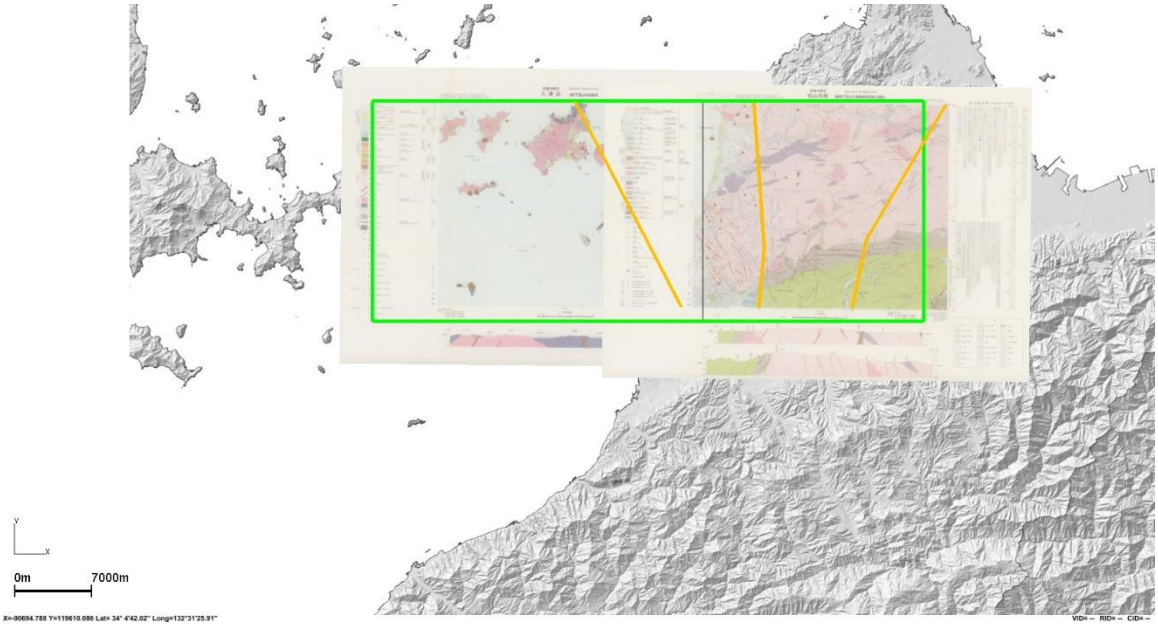
1 -99 1 -516

1 -518 1 -519

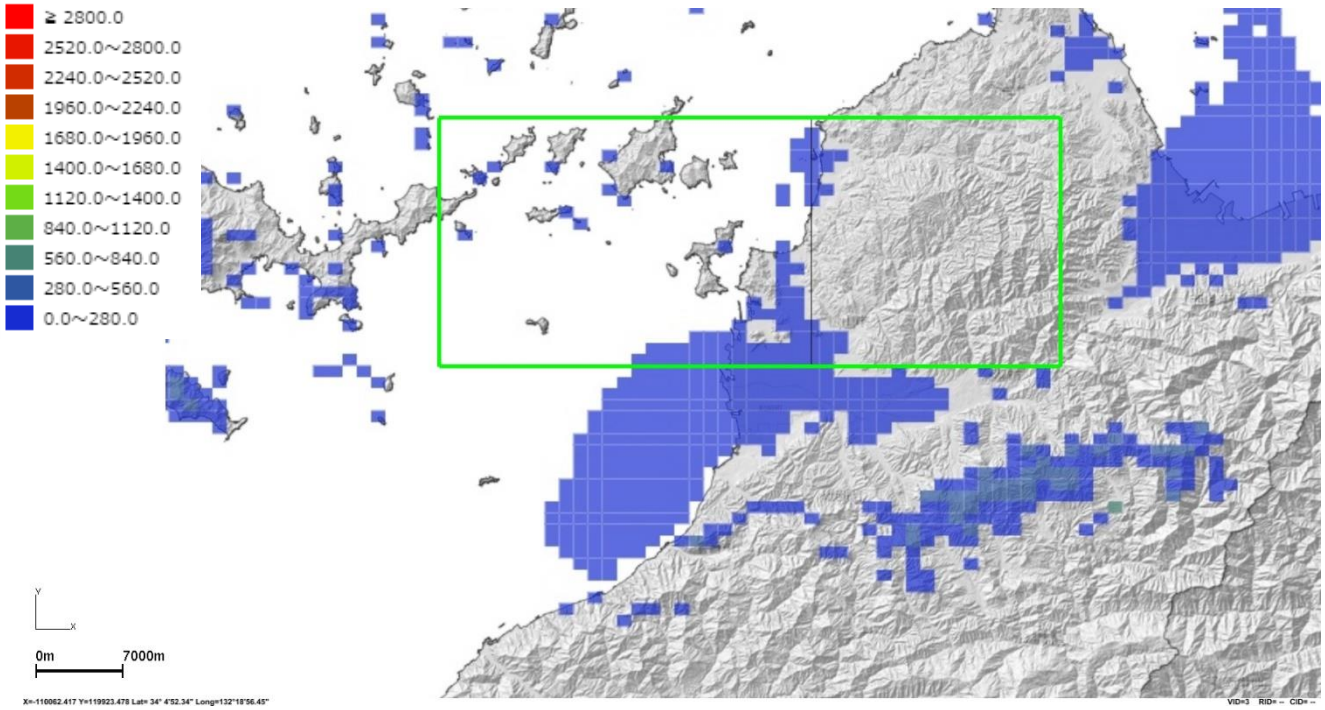
1 -99 ID44 .



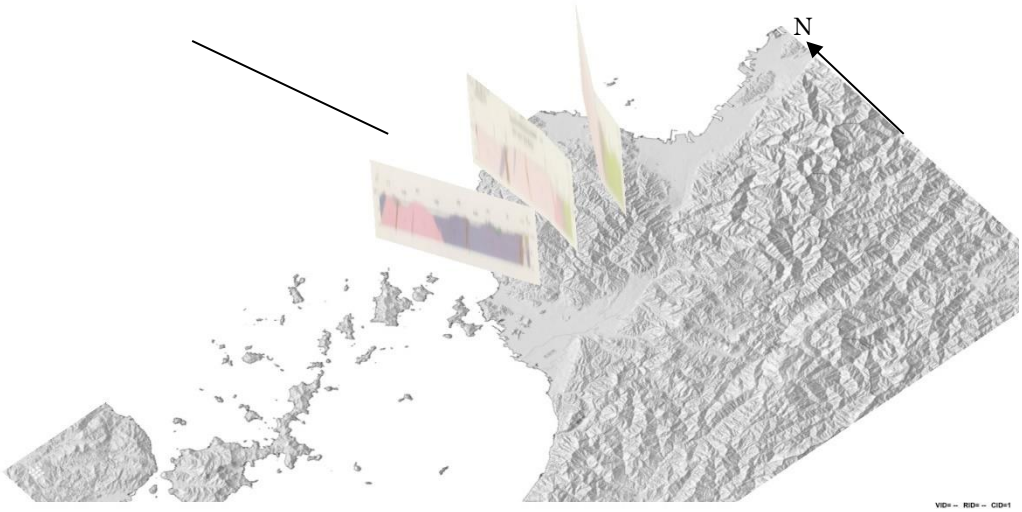
1 -507 ID44 .



1 -508 ID44 . ( )



1 -509 ID44 . ( )



1 -510 ID44 .

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

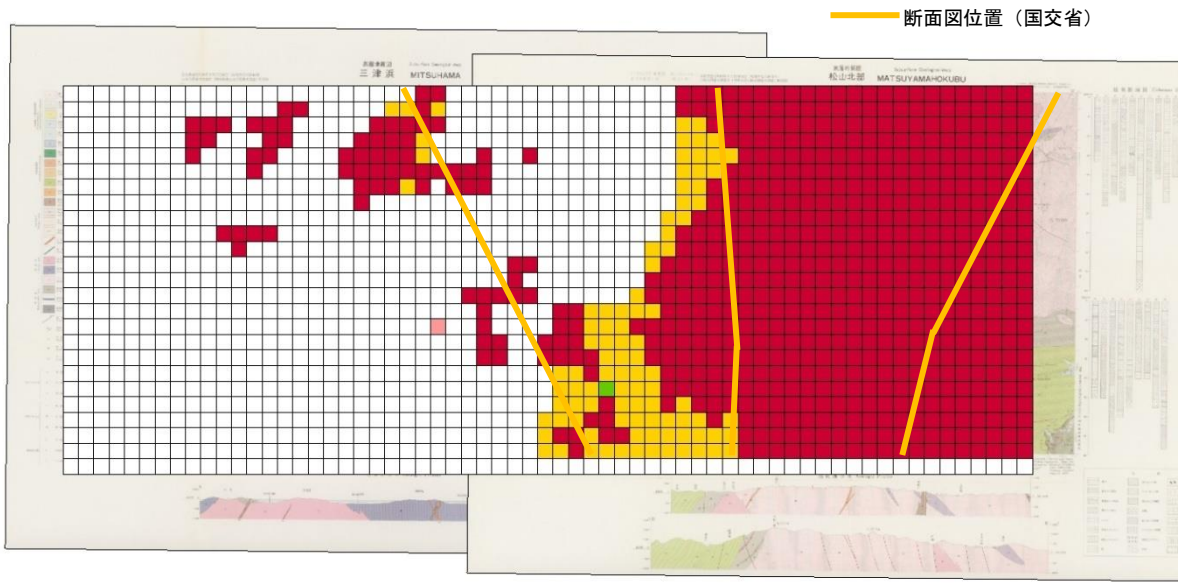
AI 1 -511 3 1 -512

1 -511 1 -100

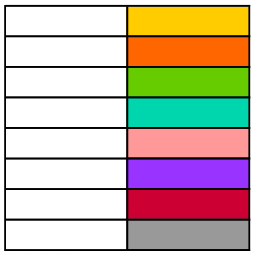
1 -100 ID1 1 AI

1 -512 1 -511 AI

ID

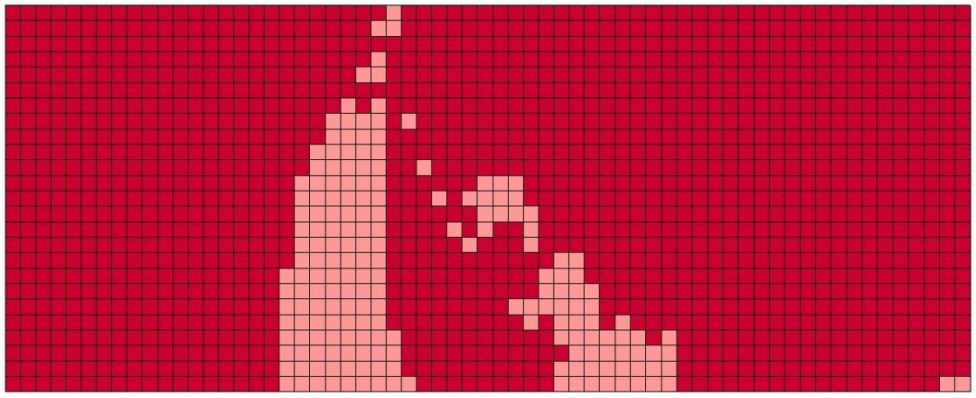


1 -511 ID44 .

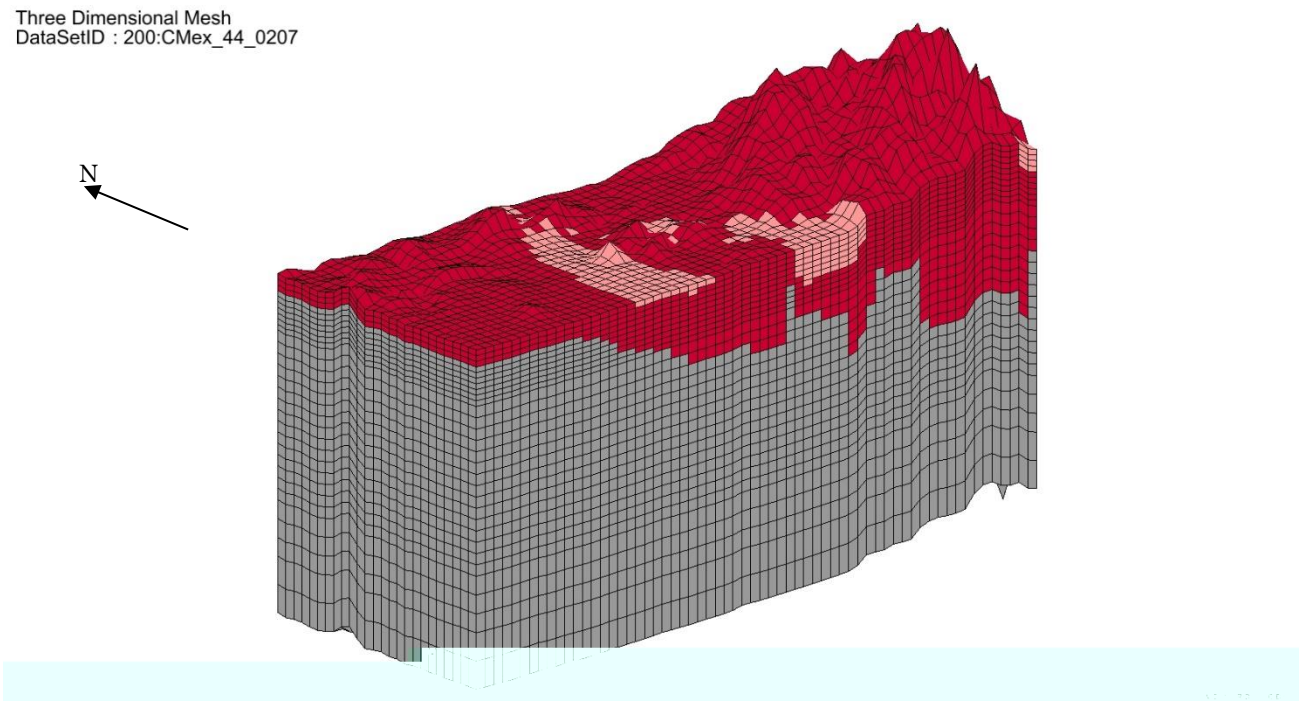


200:CMex_44_0207

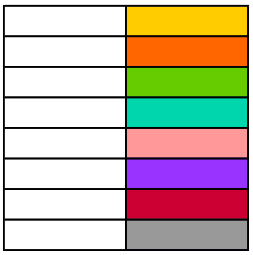
N

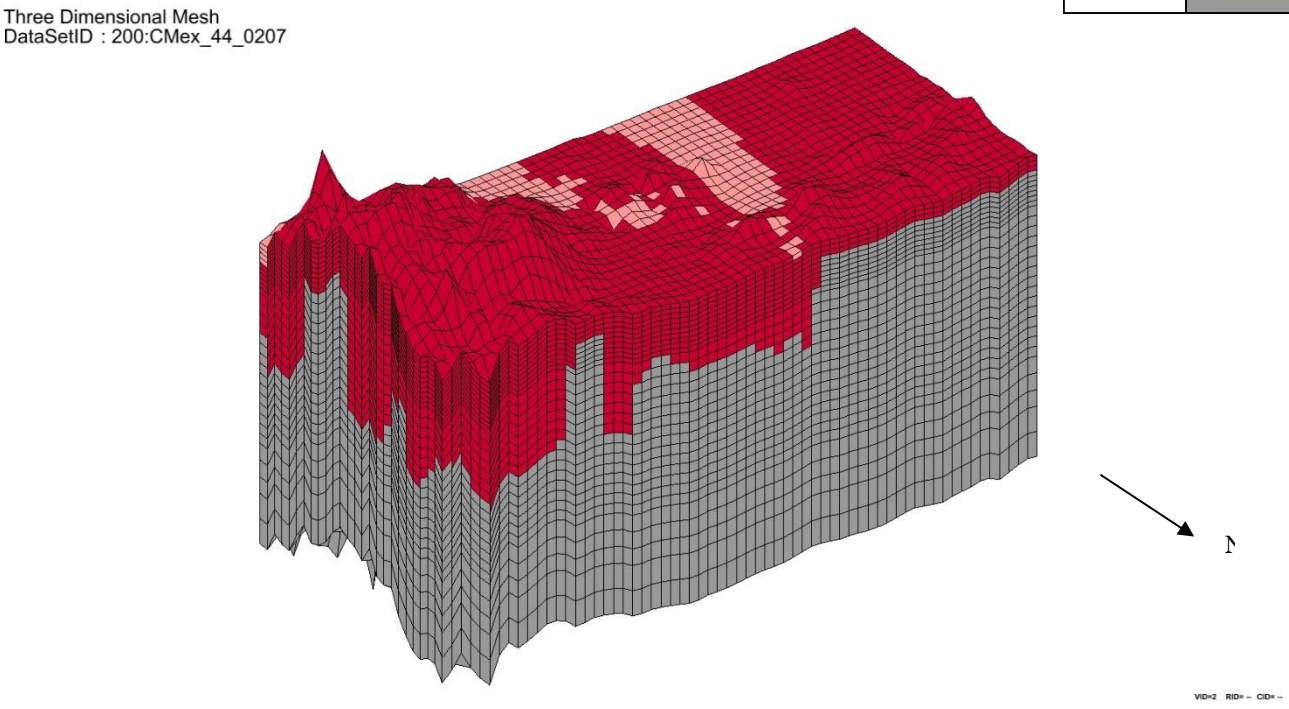


1 -512 ID44 . AI



1 -513 ID44 . AI 3 (1)



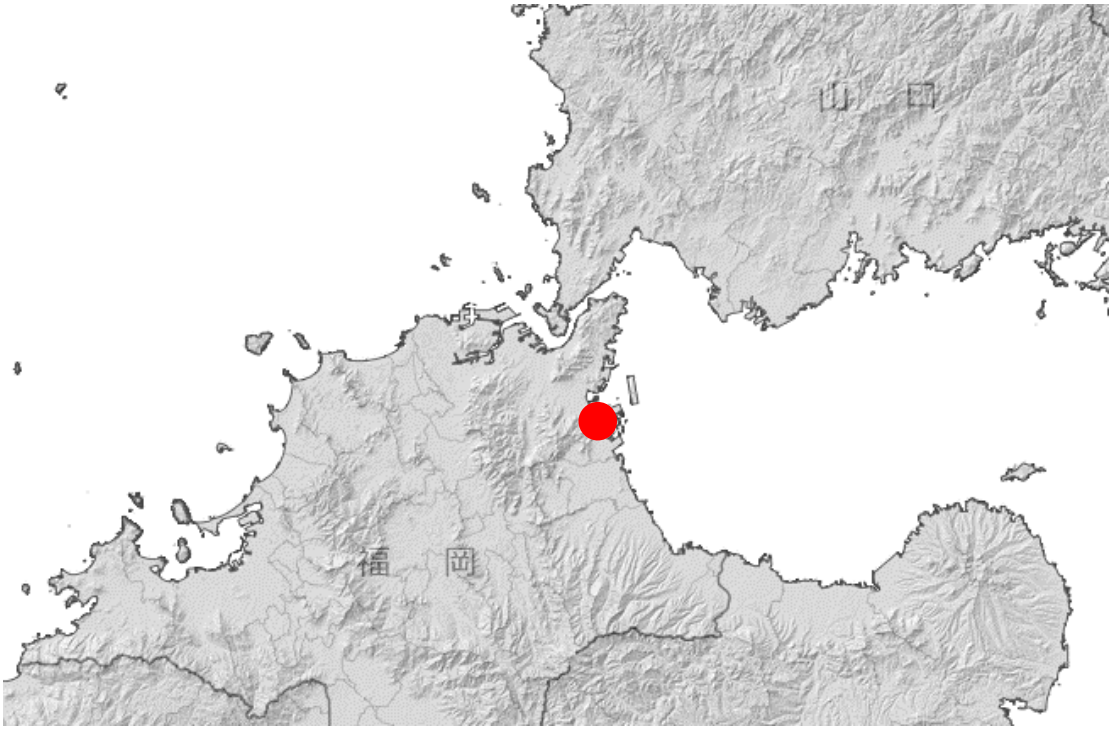


1 -514 ID44 . AI 3 (2)

ID.45 行橋

モデル化位置

1 -515



1 -515　ID 45.

地域概要

900m

61 0m)　　(　　680m)　　1 00m

(Karrenfele)

(Doline)　　(Uvale)

(Terra-rossa)

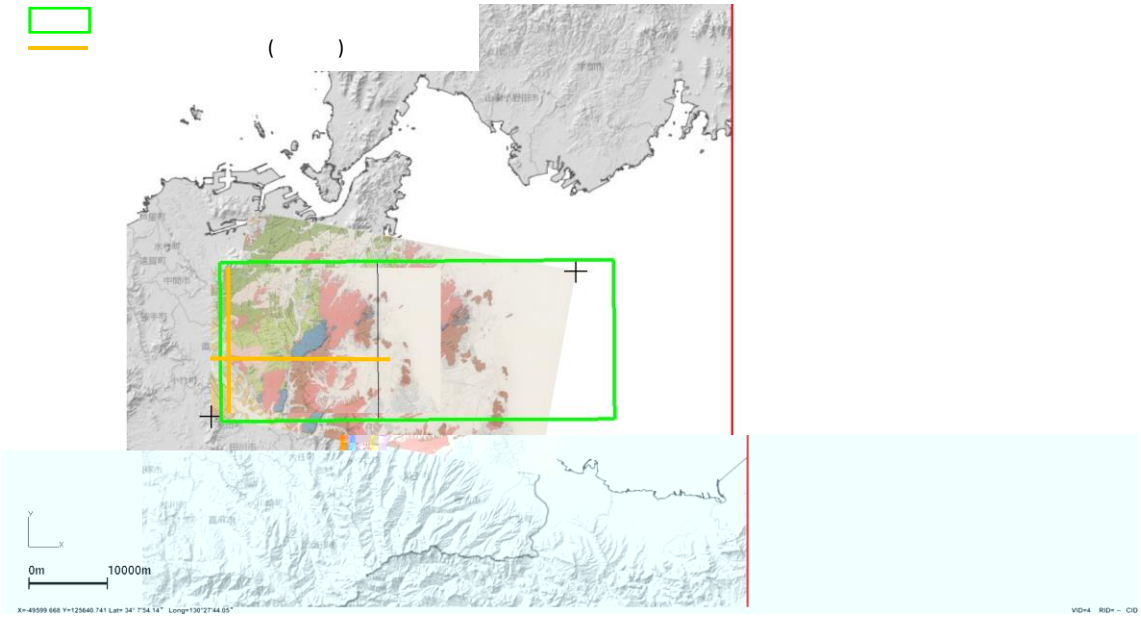
引用データ

1 -101 1 -516

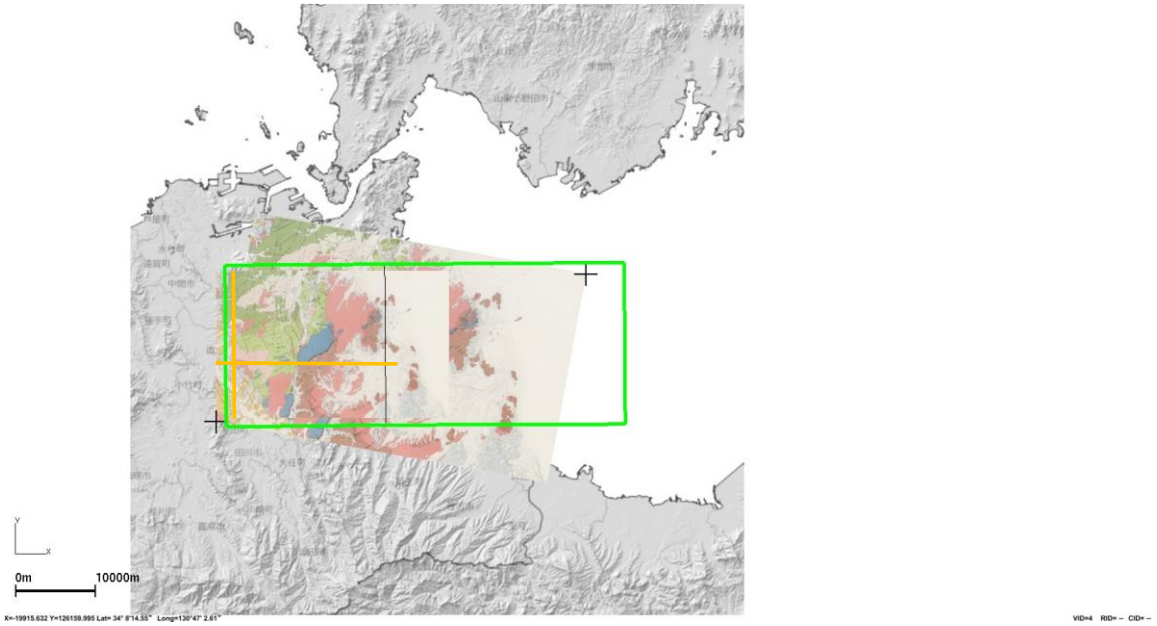
1 -518 1 -519

1 -101 ID 45.

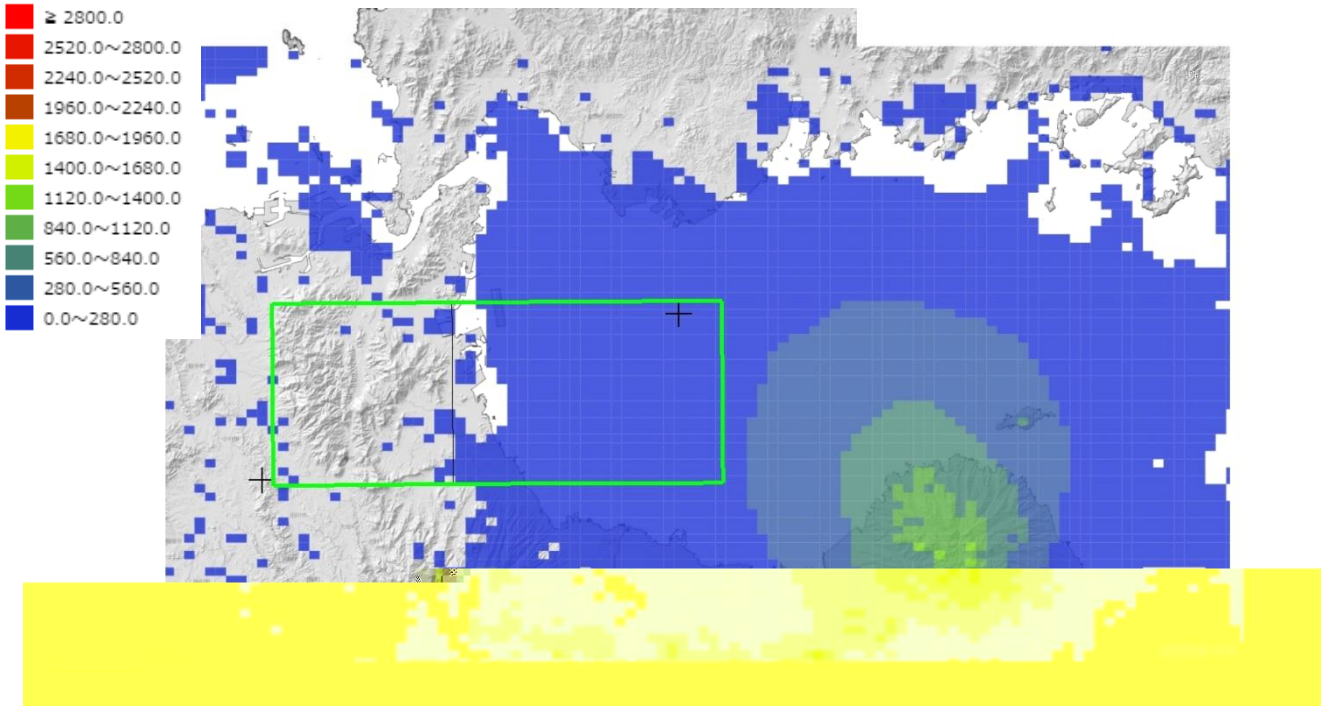
( )



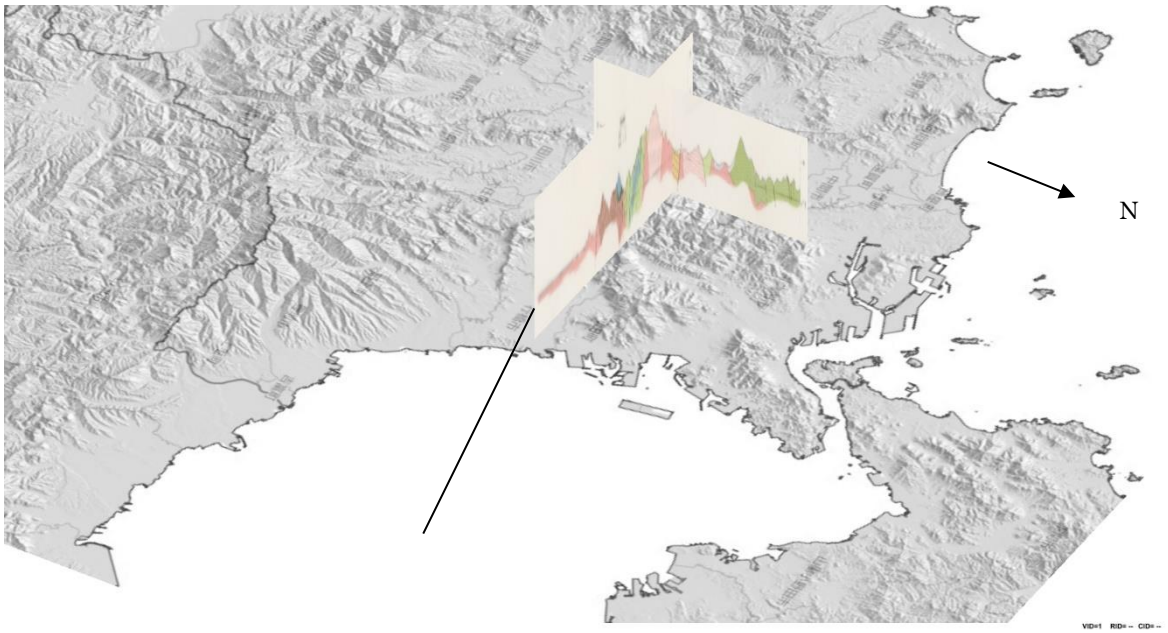
1 -516 ID 45.



1 -517 ID 45. ( )



1 -518 ID 45. ( )



1 -519 ID 45.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -520 3 1 -521

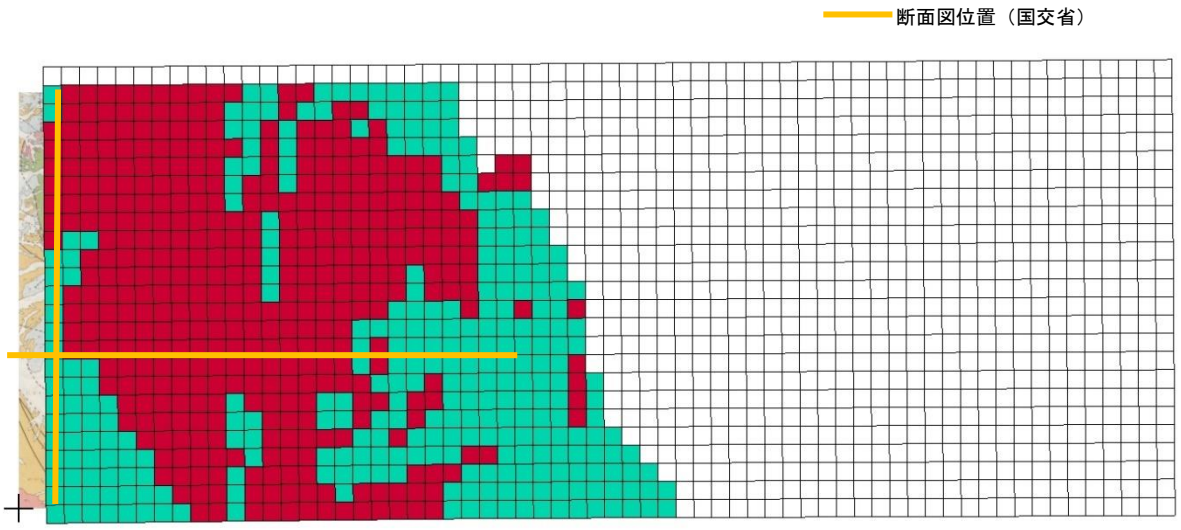
1 -523 1 -102

1 -524

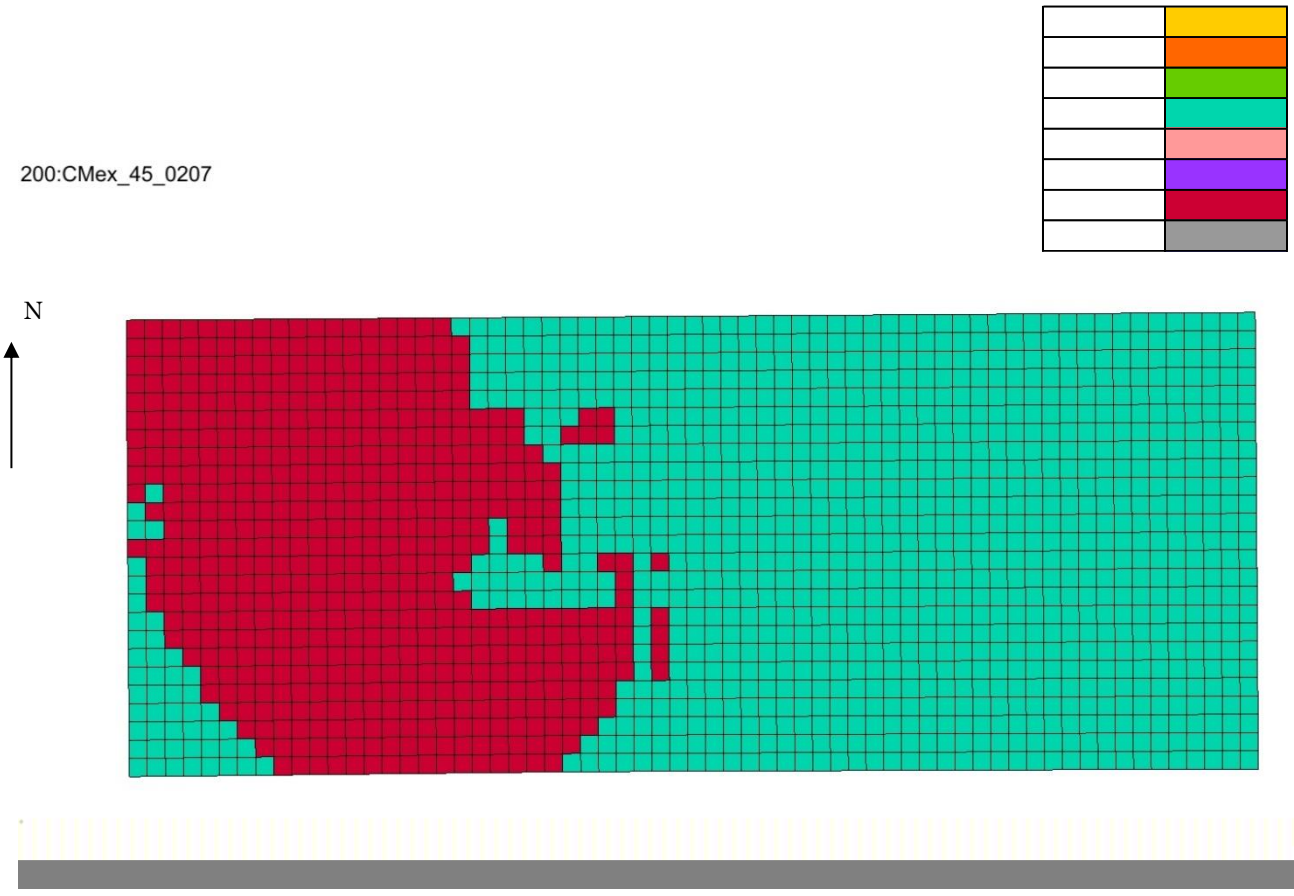
1 -102 ID 1 5. AI

1 -521 1 -520 AI

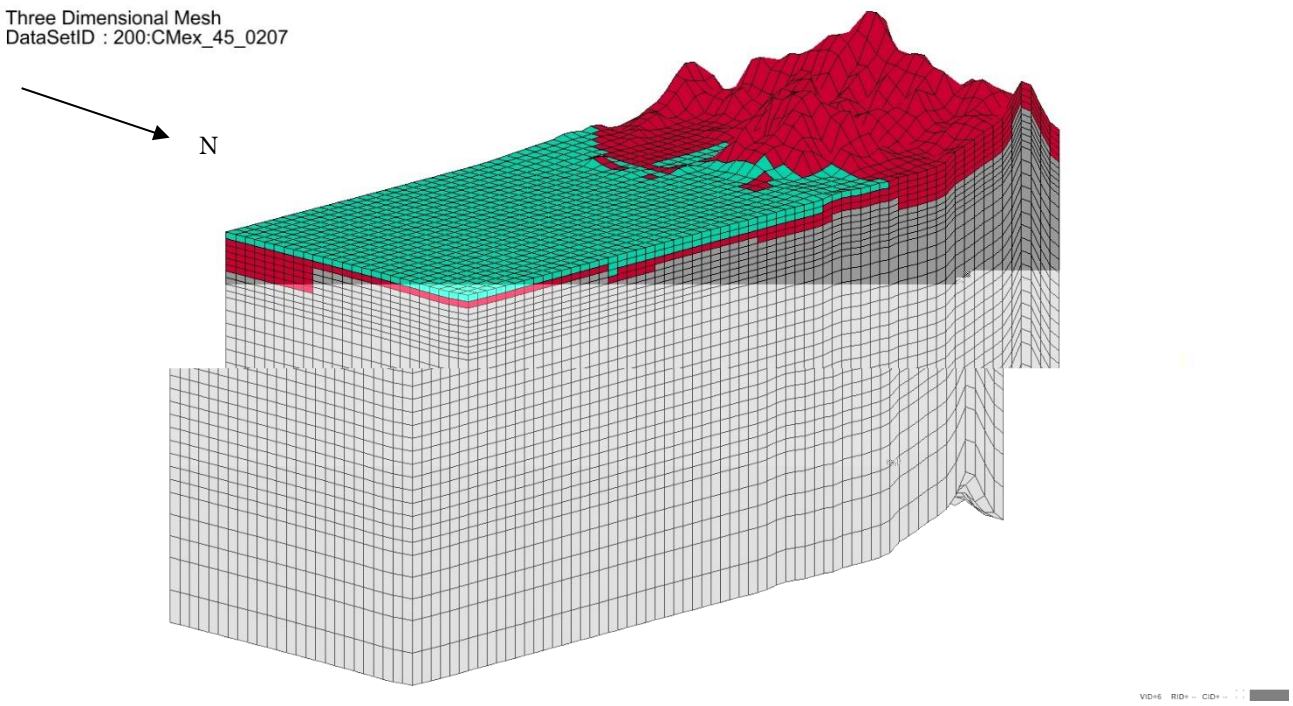
ID



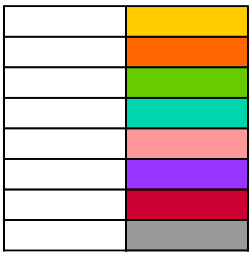
1 -520 ID45.

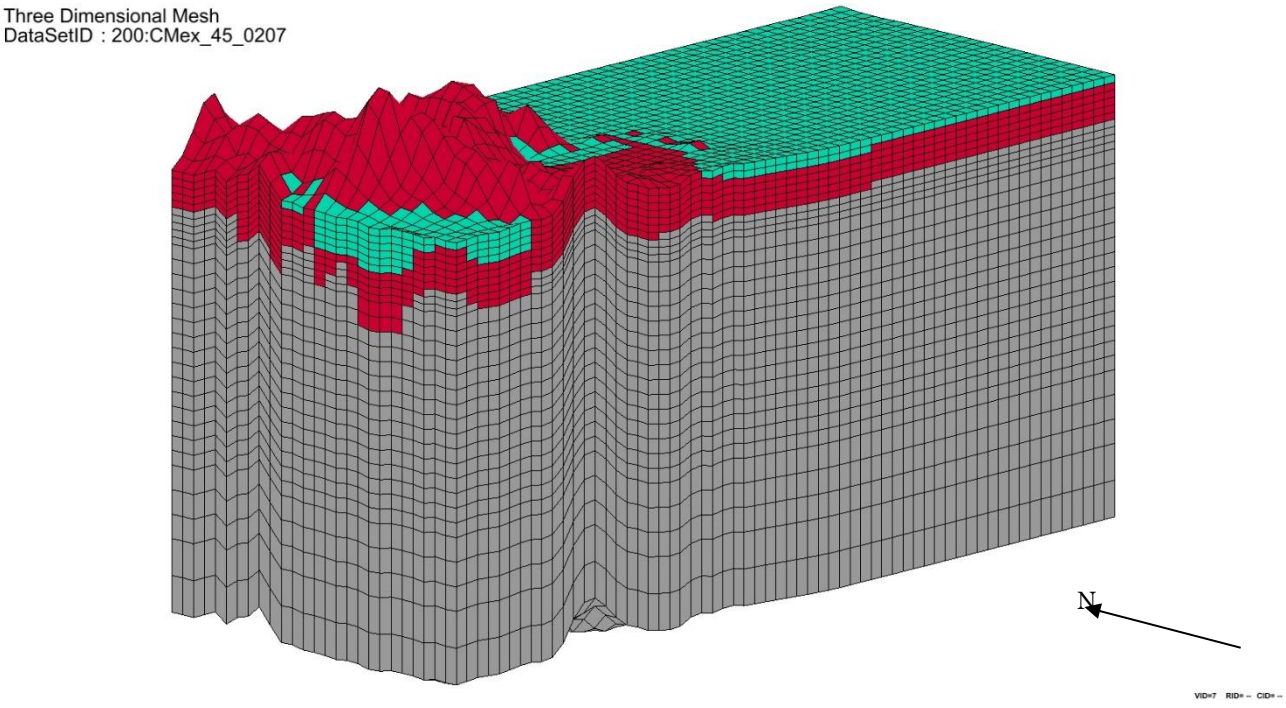


1 -521 ID45. AI

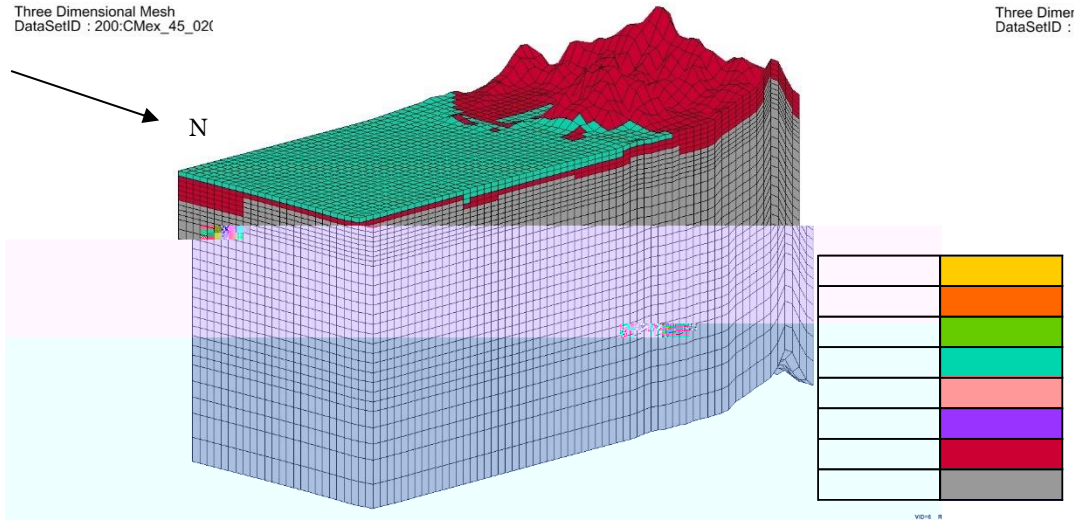


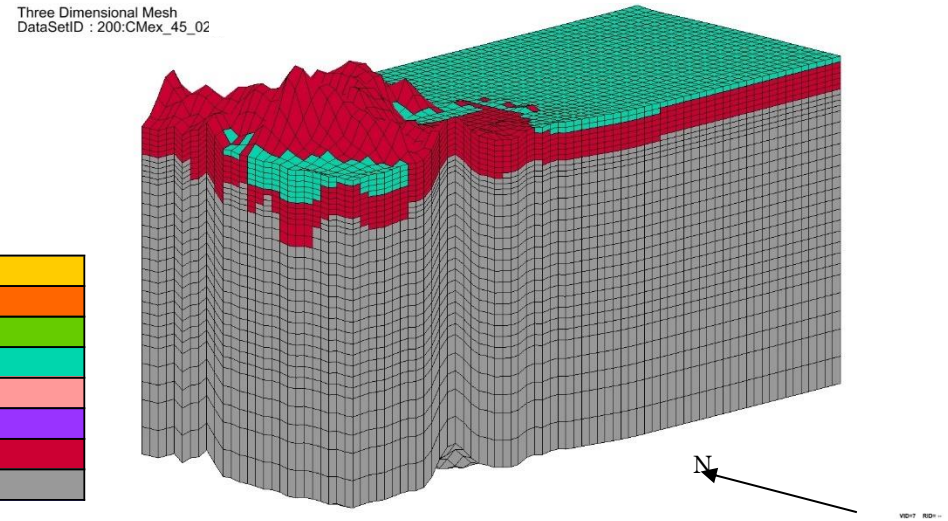
1 -522 ID 45. AI 3 (1)

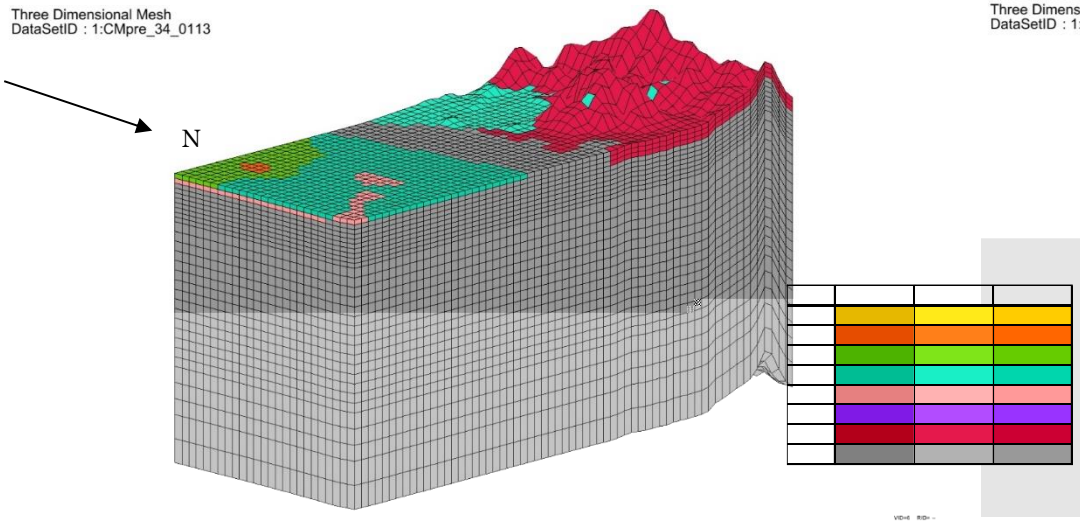


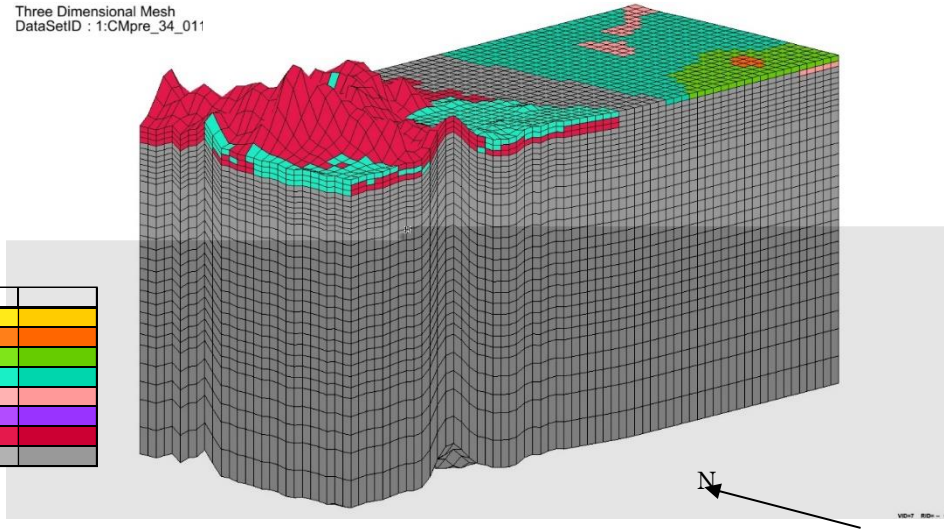


1 -523 ID 45. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_45_02(
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_45_02
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_34_0113
N

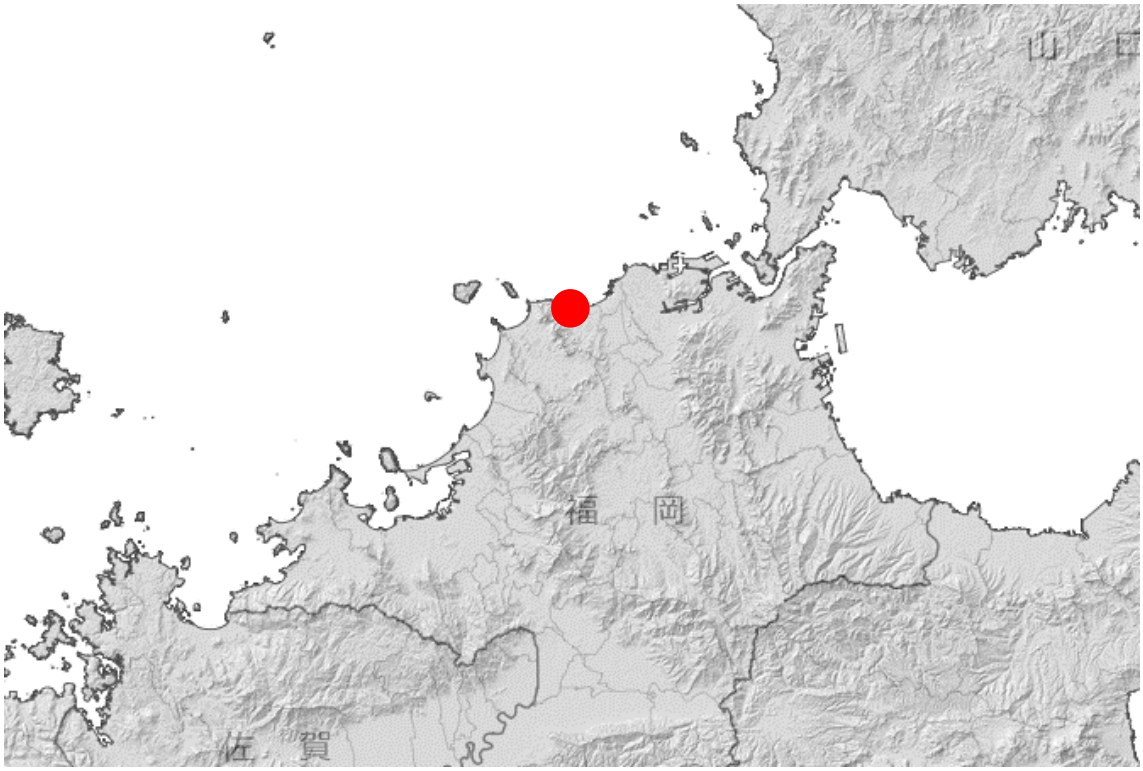

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_34_011
N

1 -524 ID45. 3

ID.46 直方

モデル化位置

1 -525



1 -525　ID 46.

地域概要

500m

1 0m　　1~2

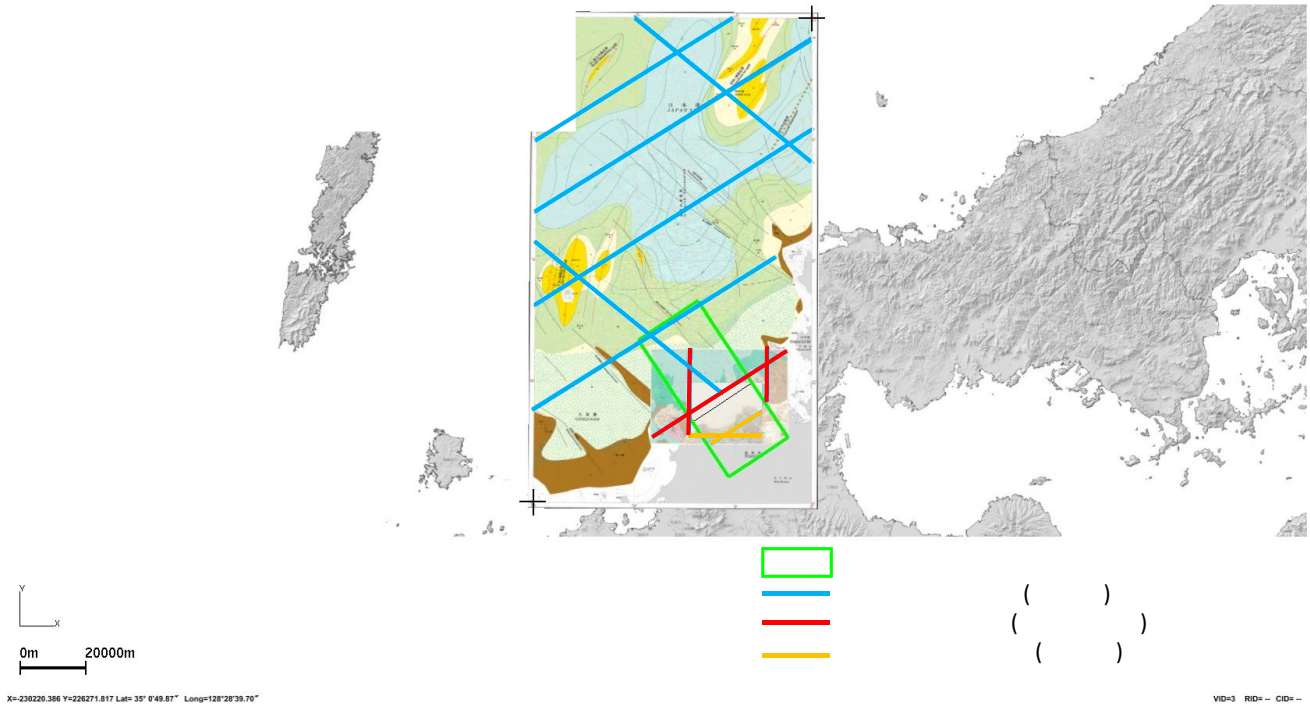
m

引用データ

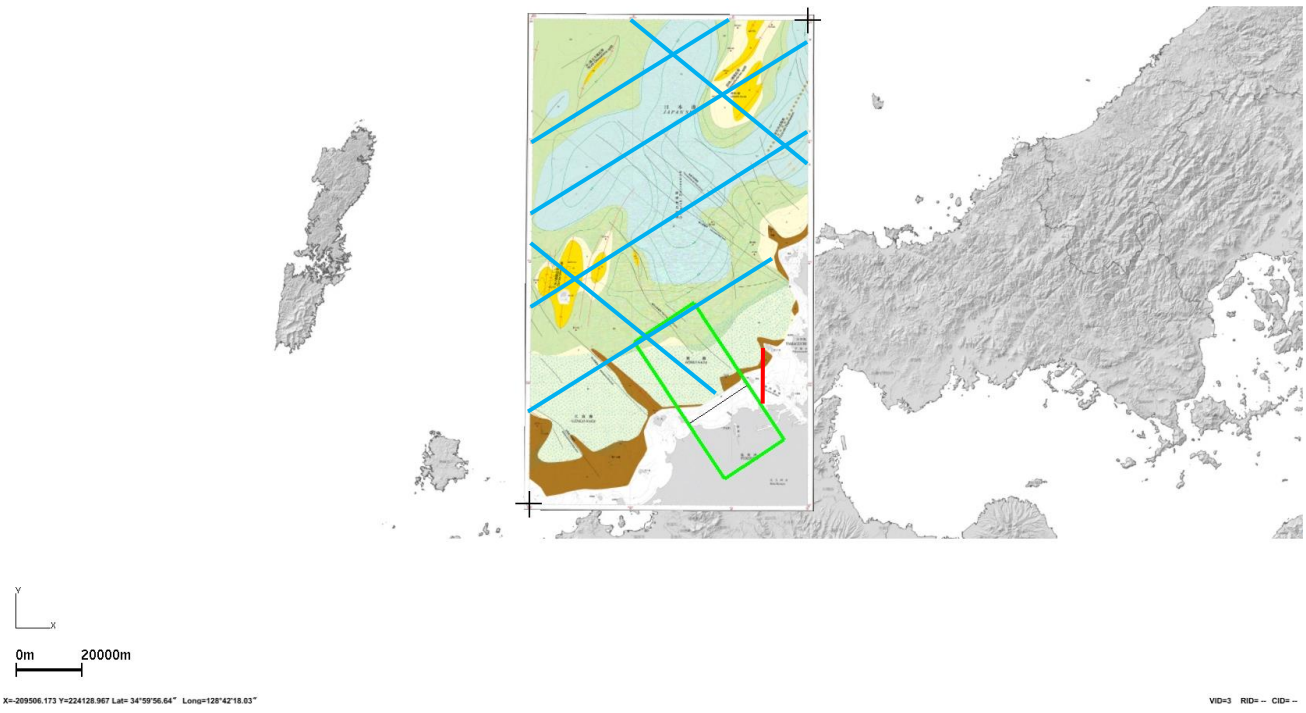
1 -103　　1 -526

1 -530　　1 -531

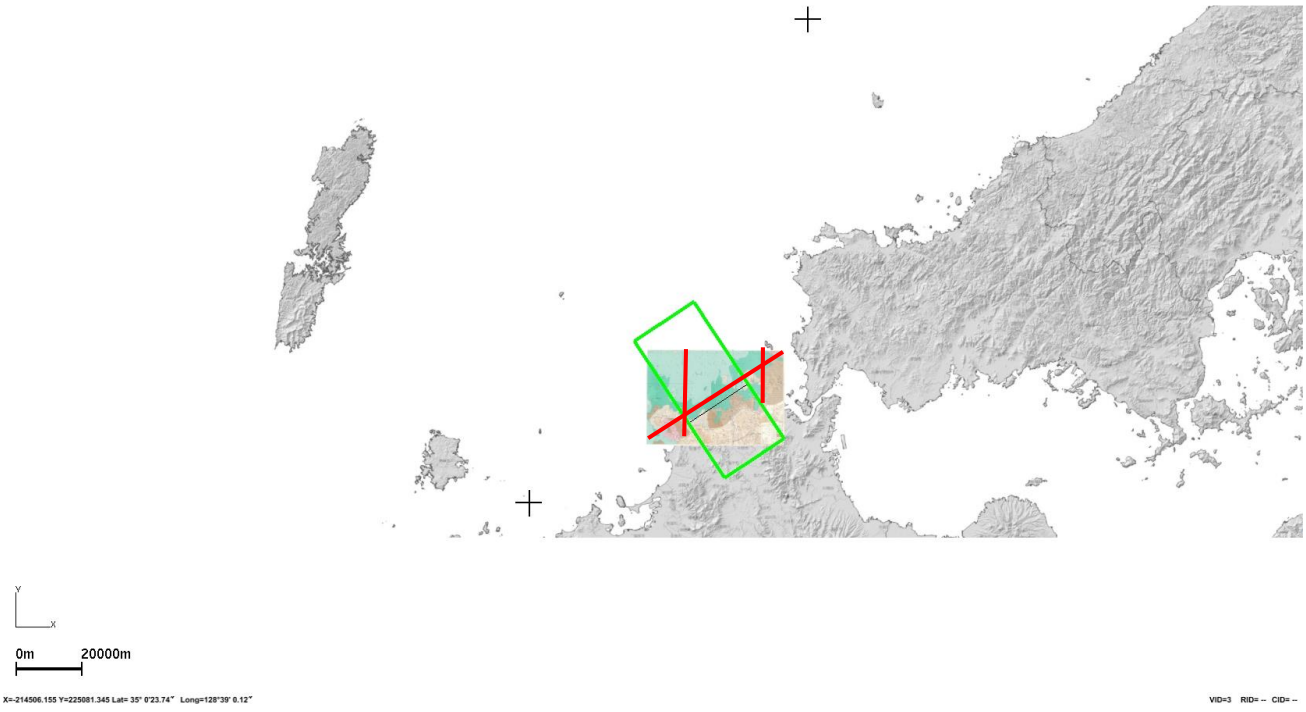
1 -103　ID46.



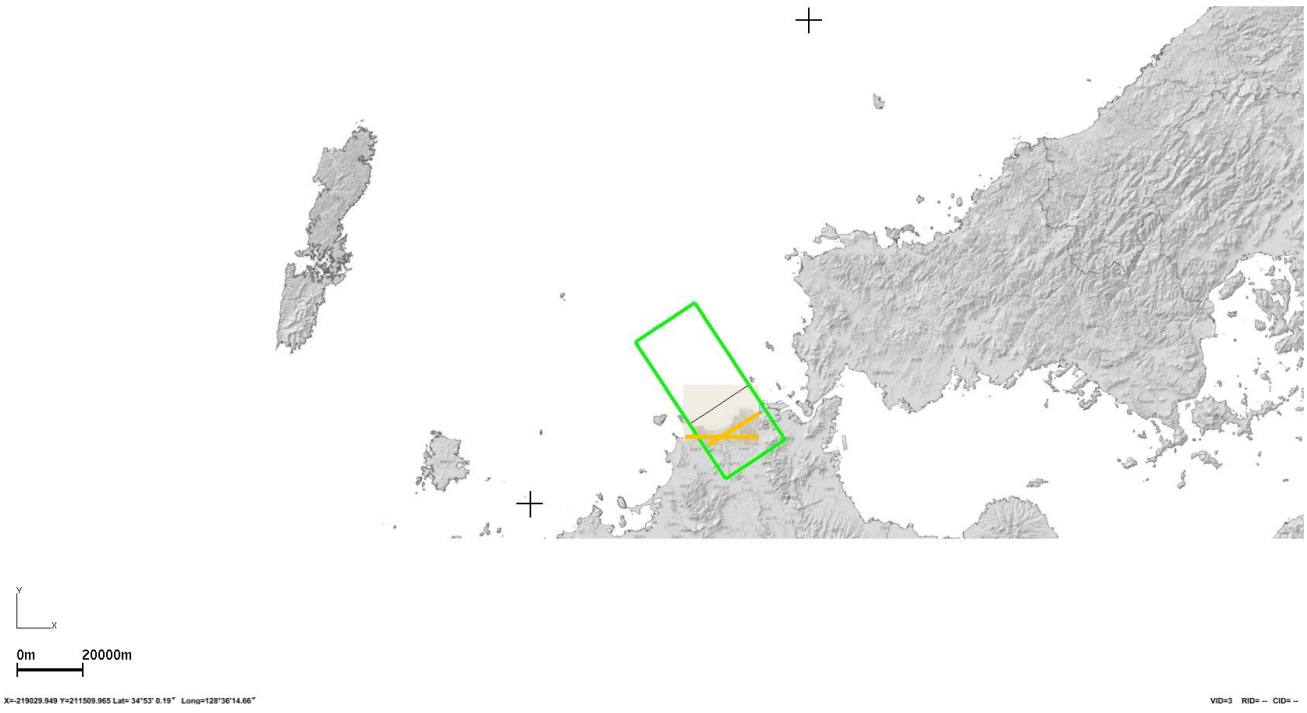
1 -526　ID 46.



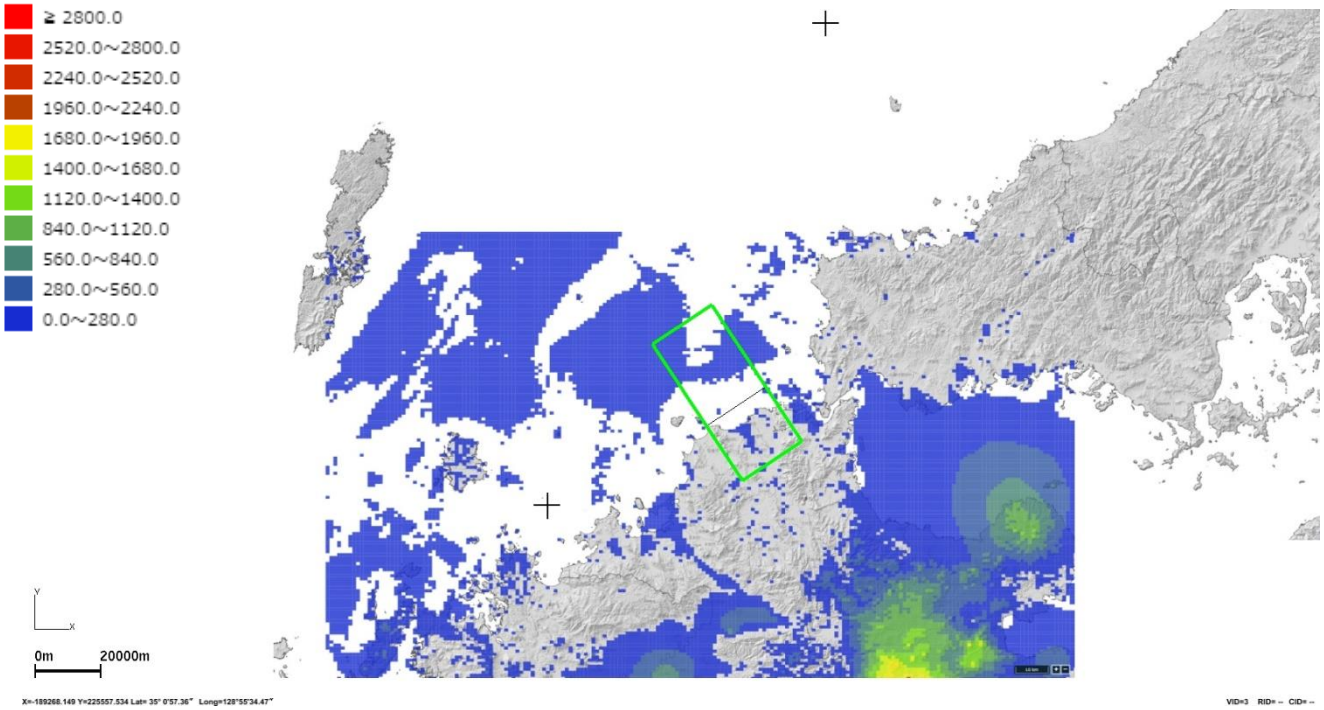
1 -527 ID 46. ( )



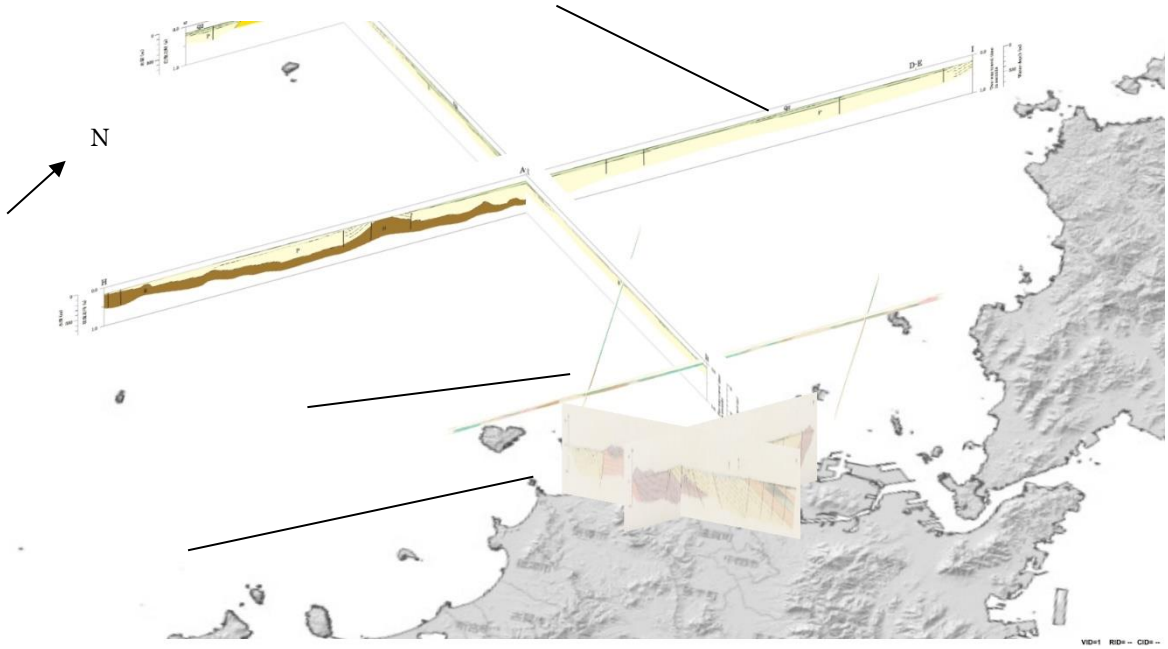
1 -528 ID 46. ( )



1 -529 ID 46. ( )



1 -530 ID 46. ( )



1 -531　ID 46.

解析モデル作成方針

20km　20km　30km

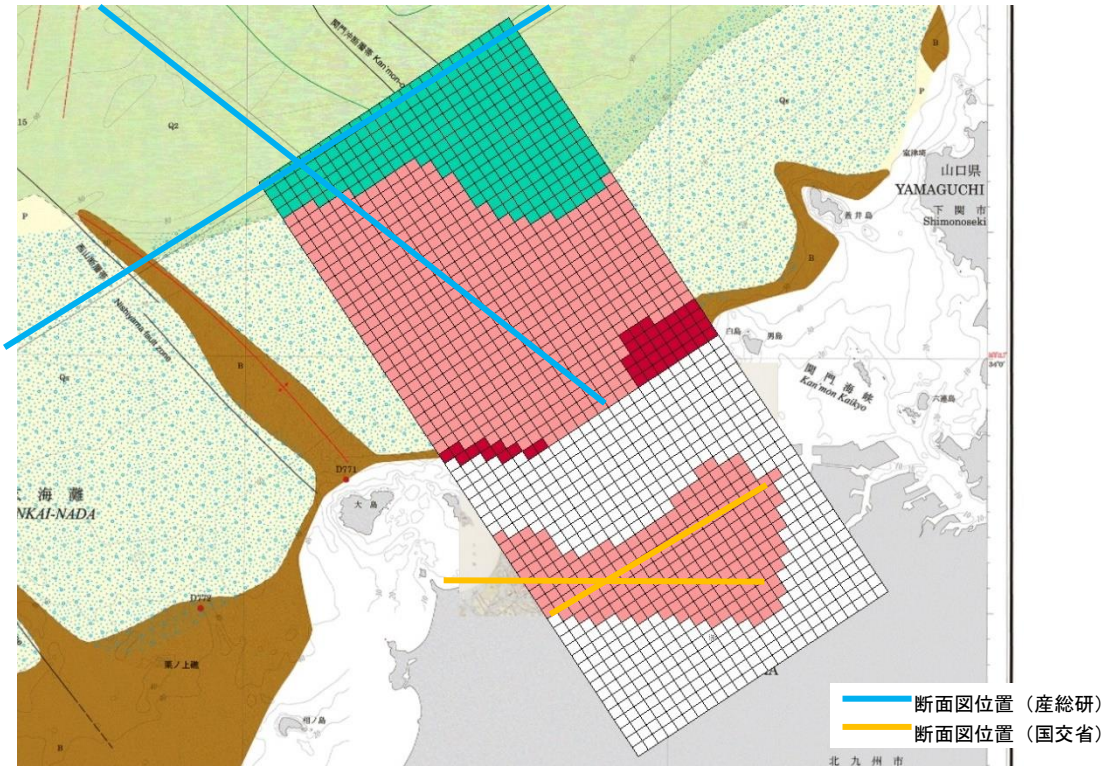
AI 学習・予測

AI 1-532 3 1-533

1-535 1-104

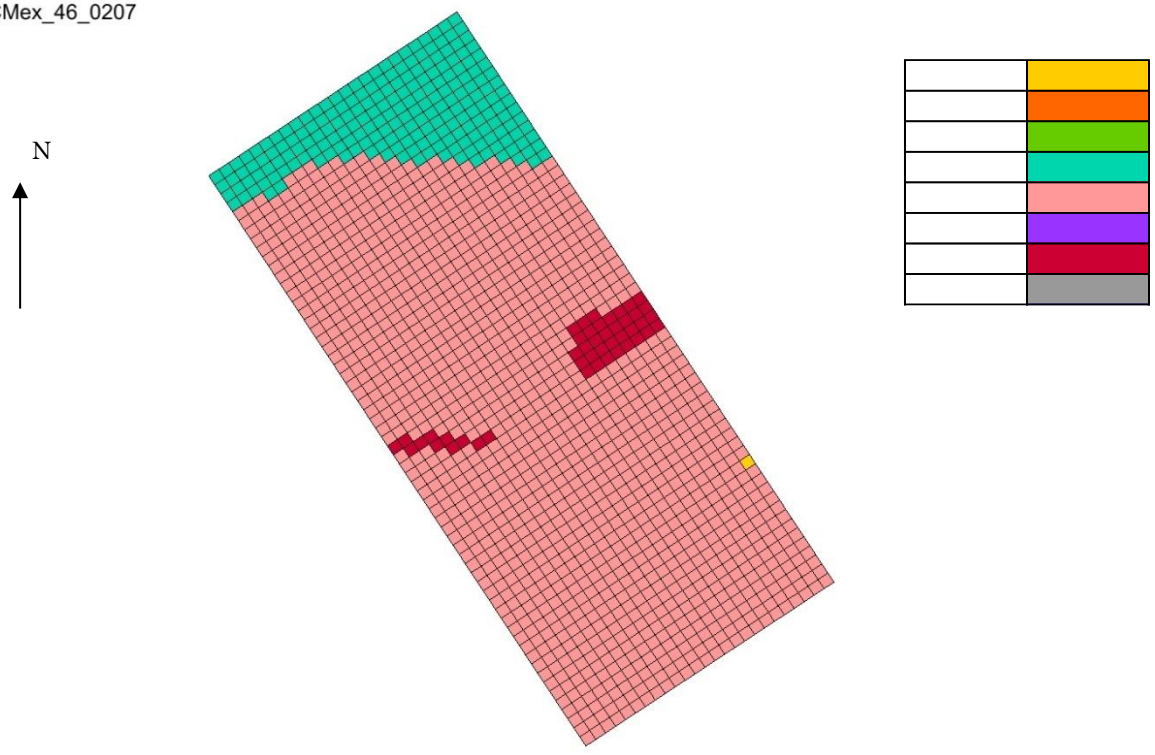
1-536

1-104 ID 1 6. AI

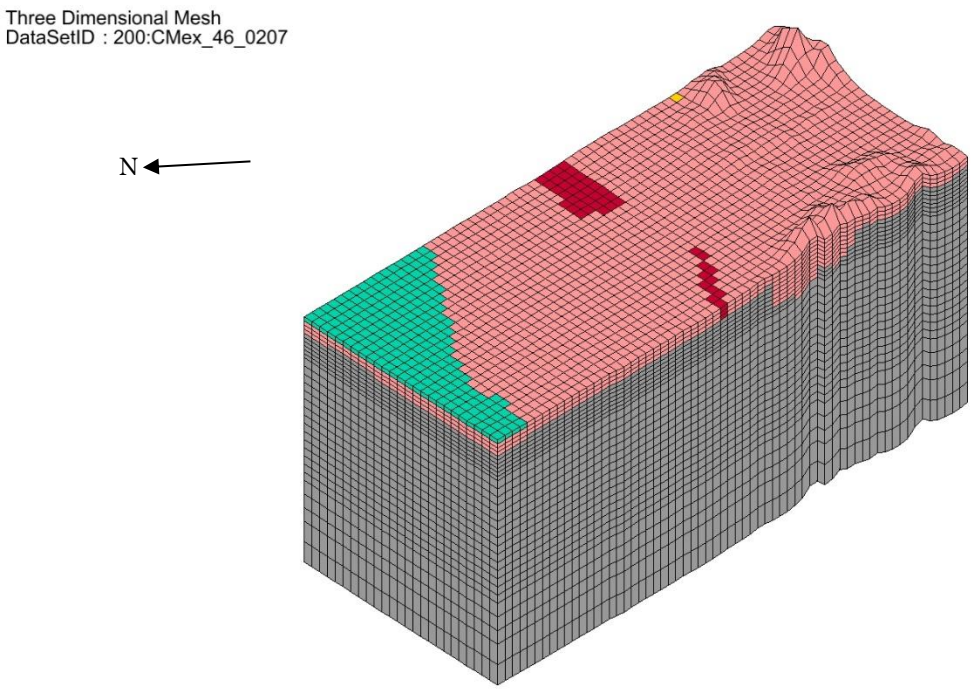


1 -532　ID46.

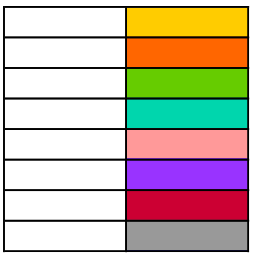
200:CMex_46_0207

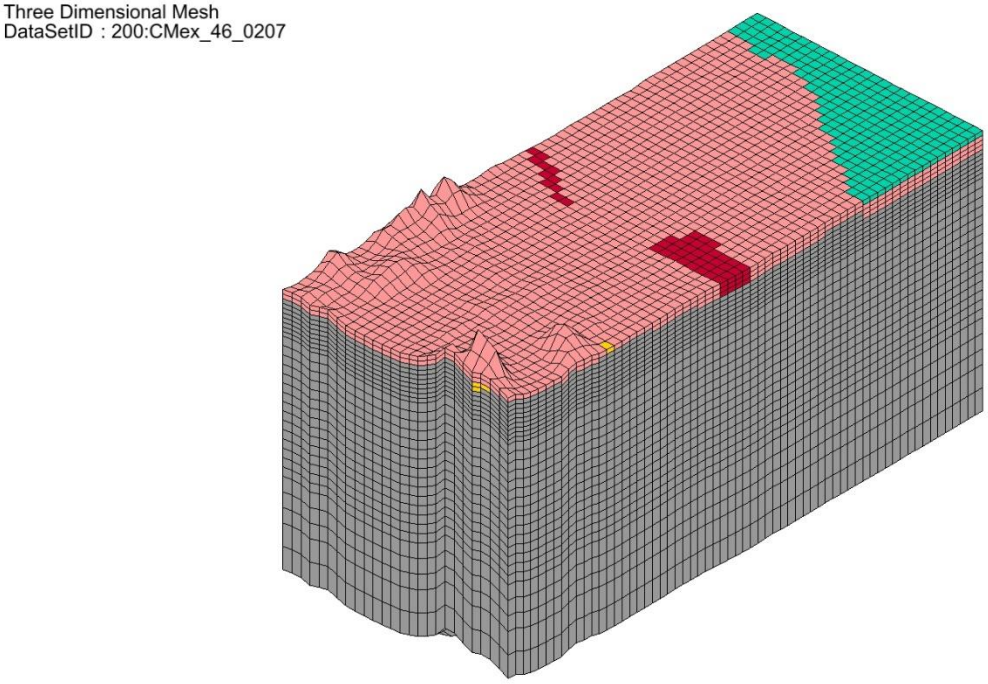


1 -533　ID46.　　AI

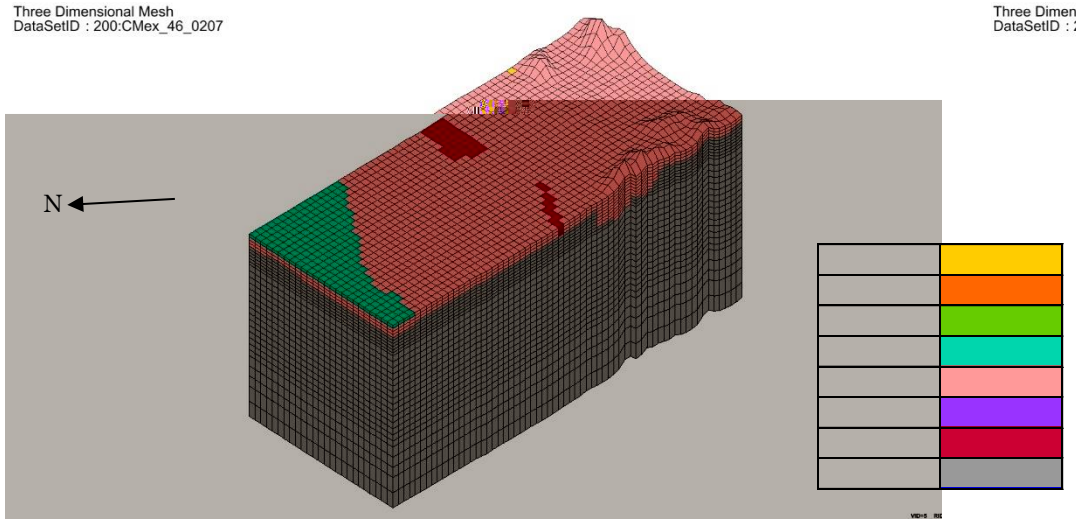


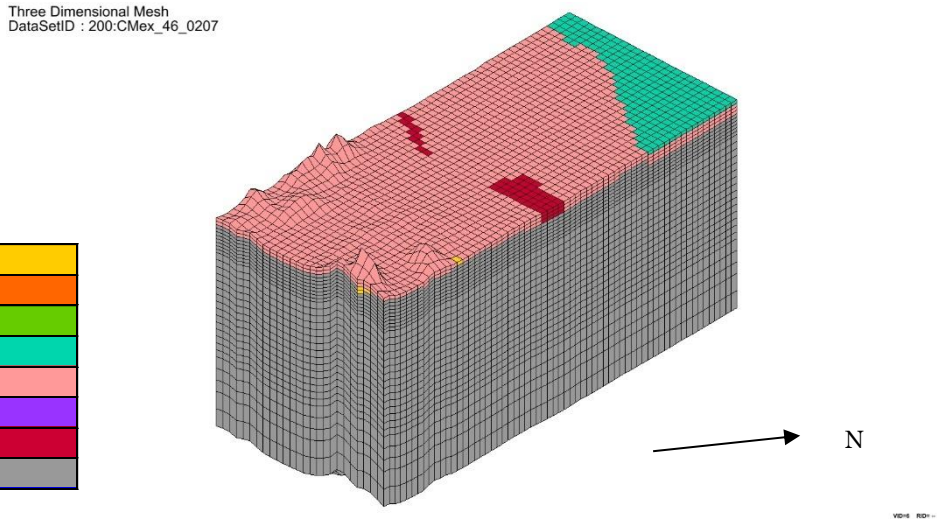
1 -534 ID 46. AI 3 (1)

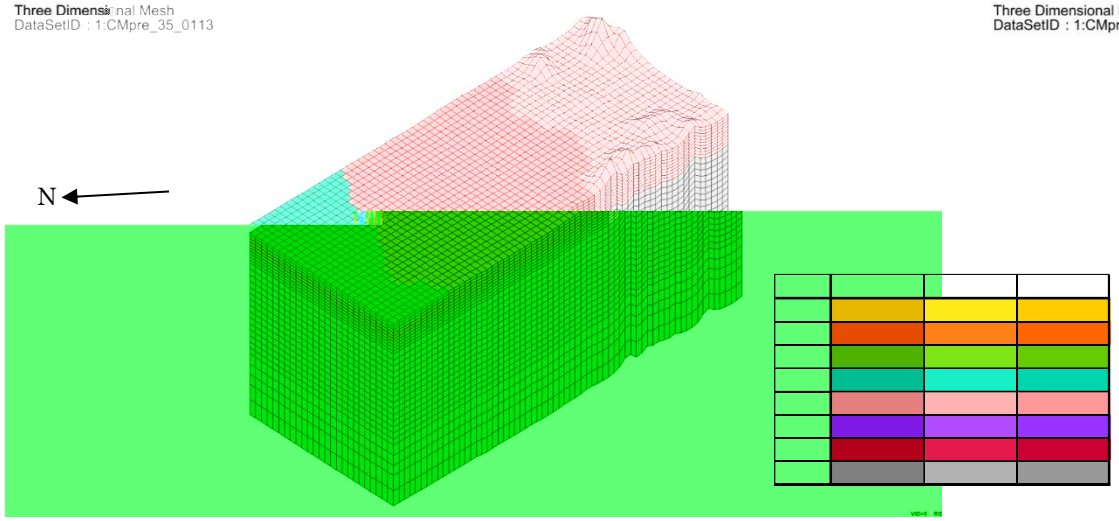


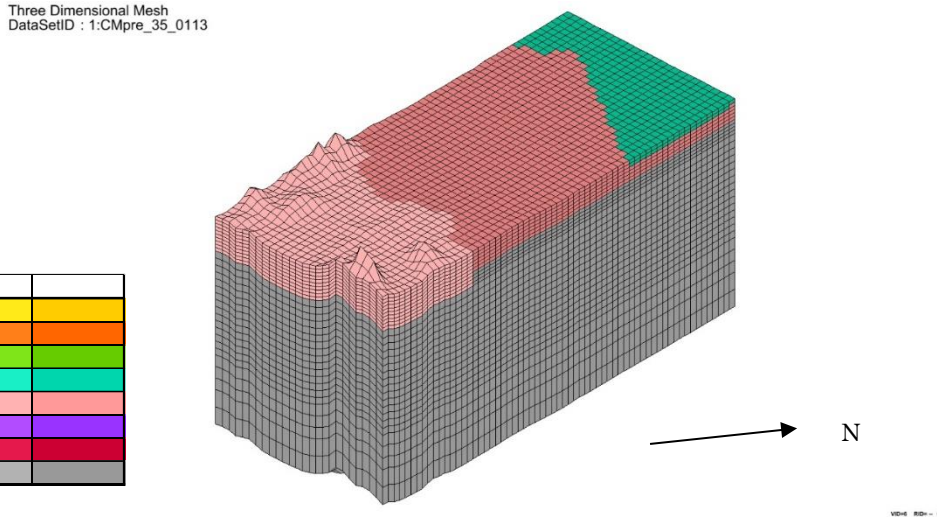


1 -535 ID 46. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_46_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_46_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_35_0113
N

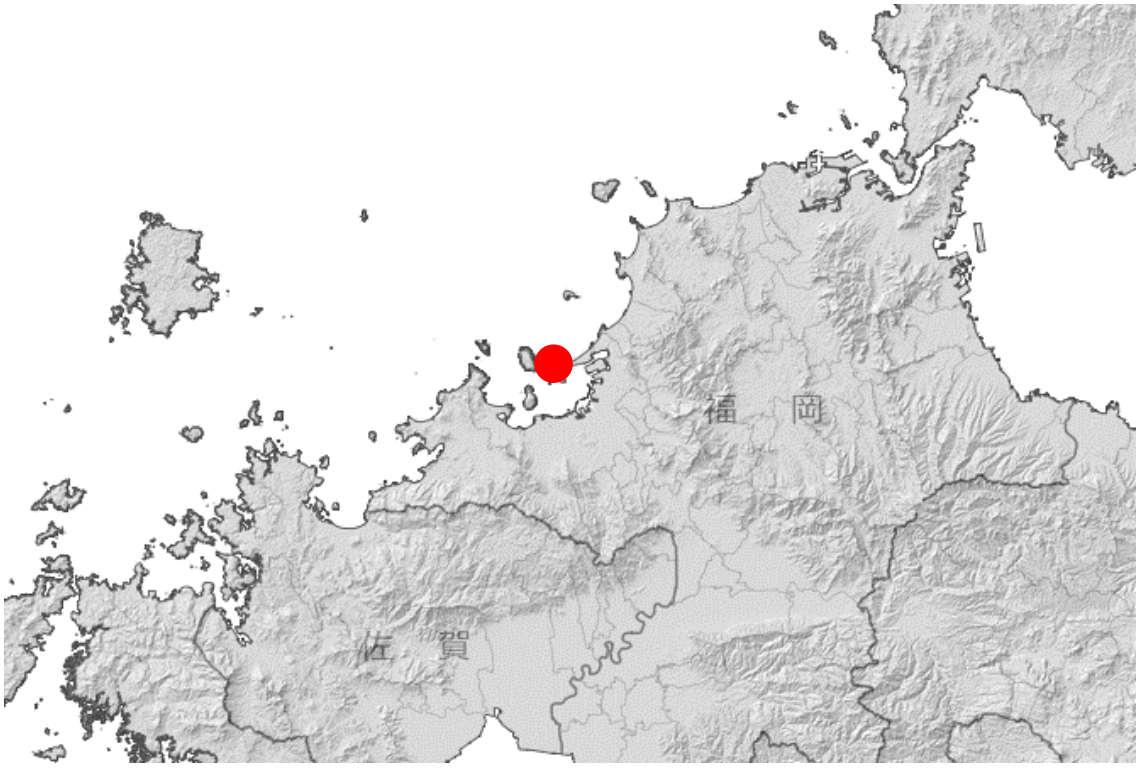

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_35_0113
N

1 -536 ID46. 3

ID.47 福岡

モデル化位置

1 -537



1 -537　　ID47.

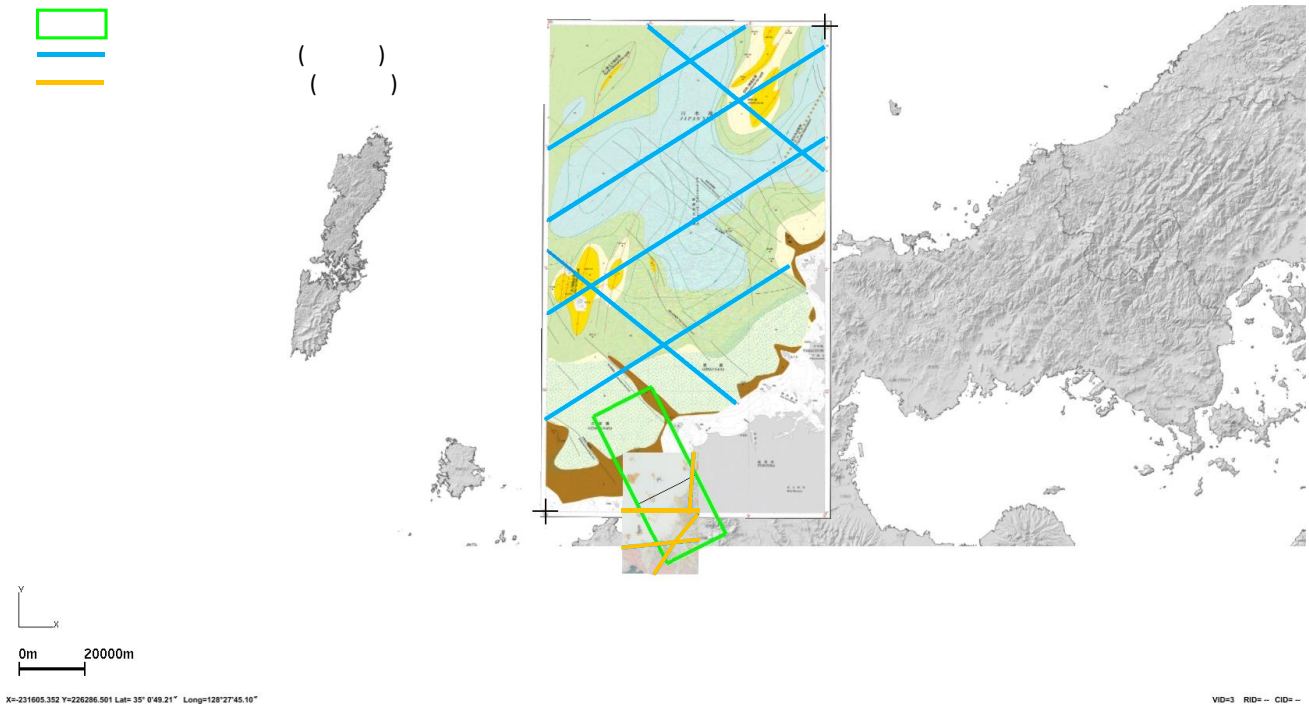
地域概要

引用データ

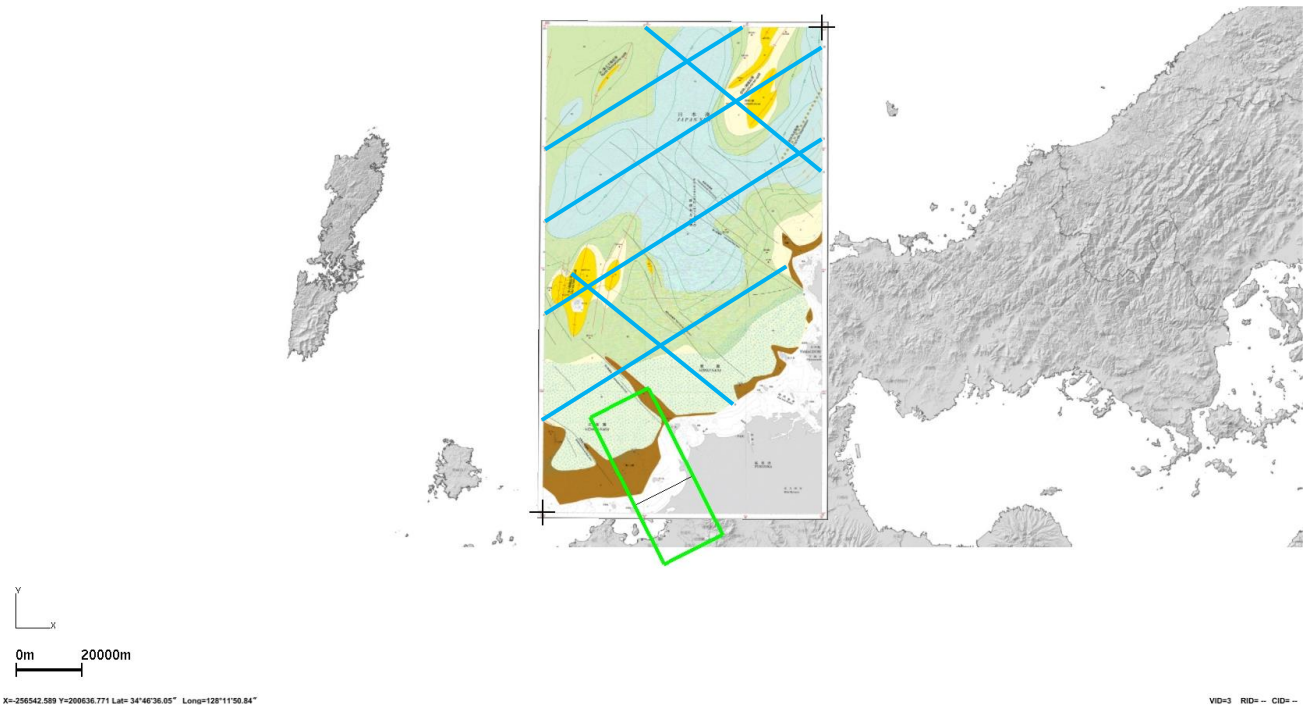
1 -105　　1 -538

1 -541　　1 -542

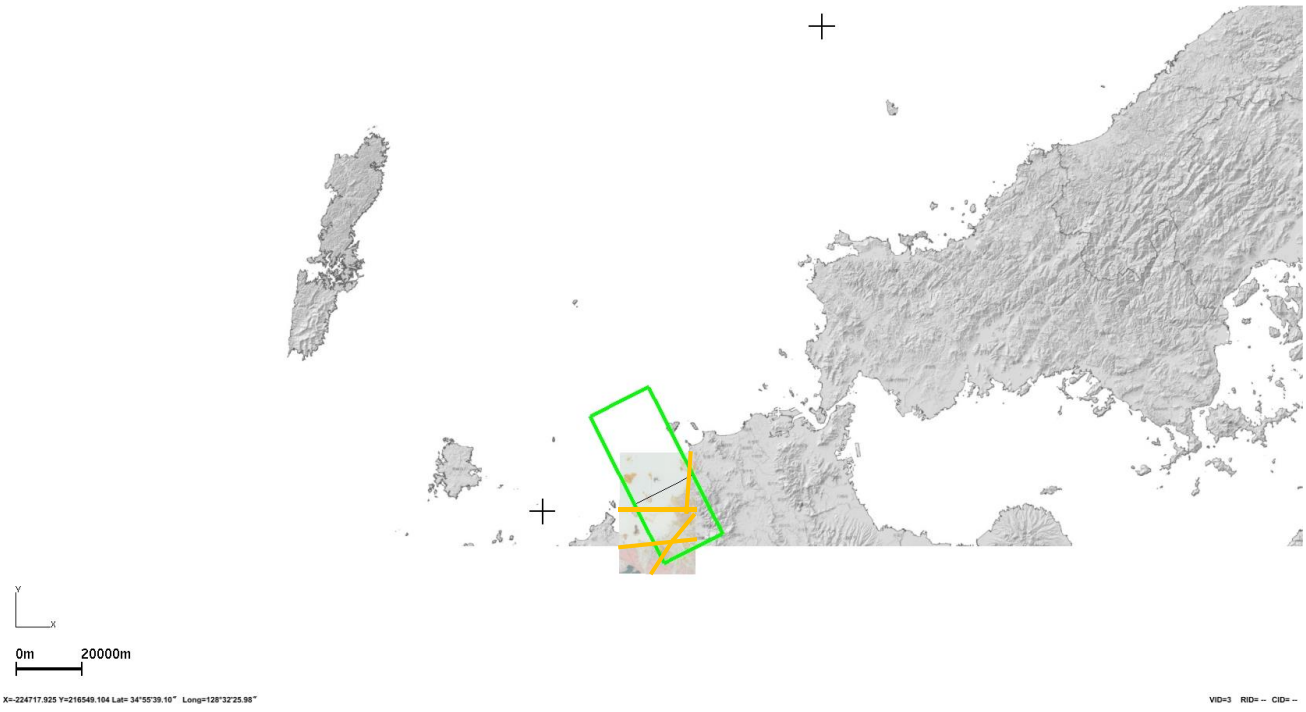
1 -105　ID47.



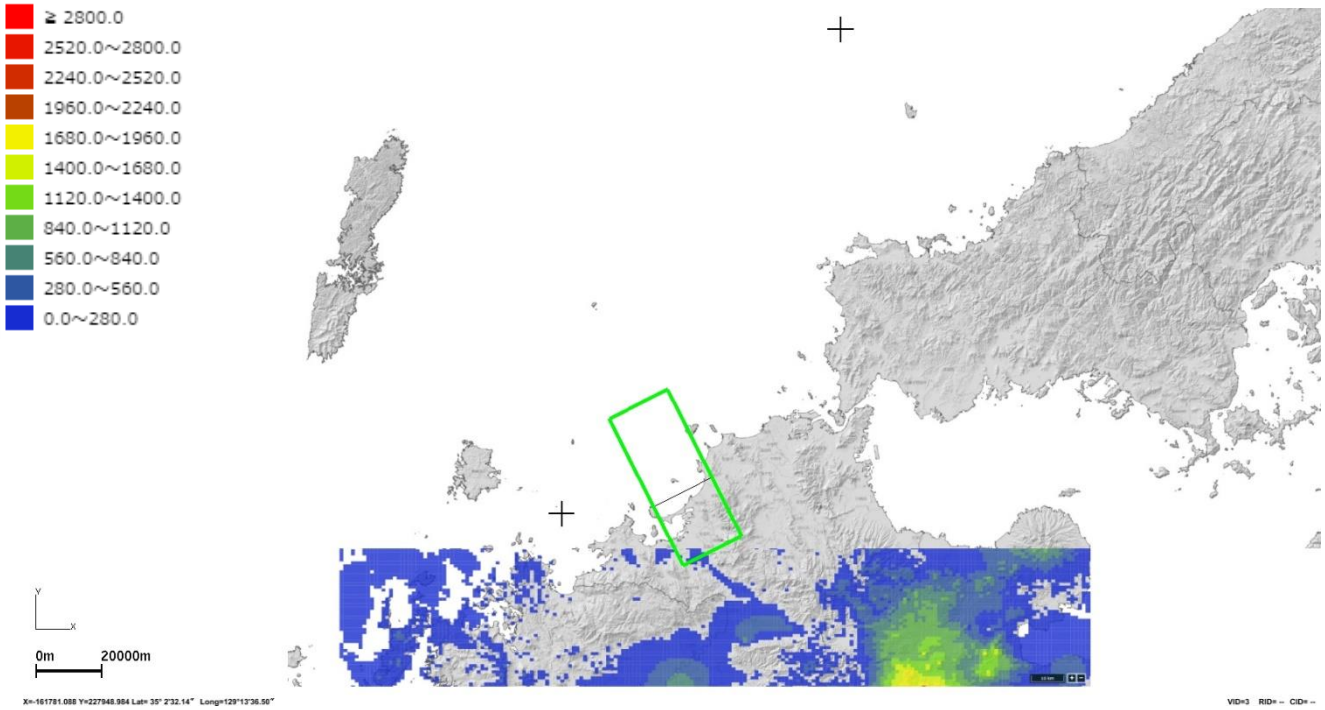
1 -538　ID47.



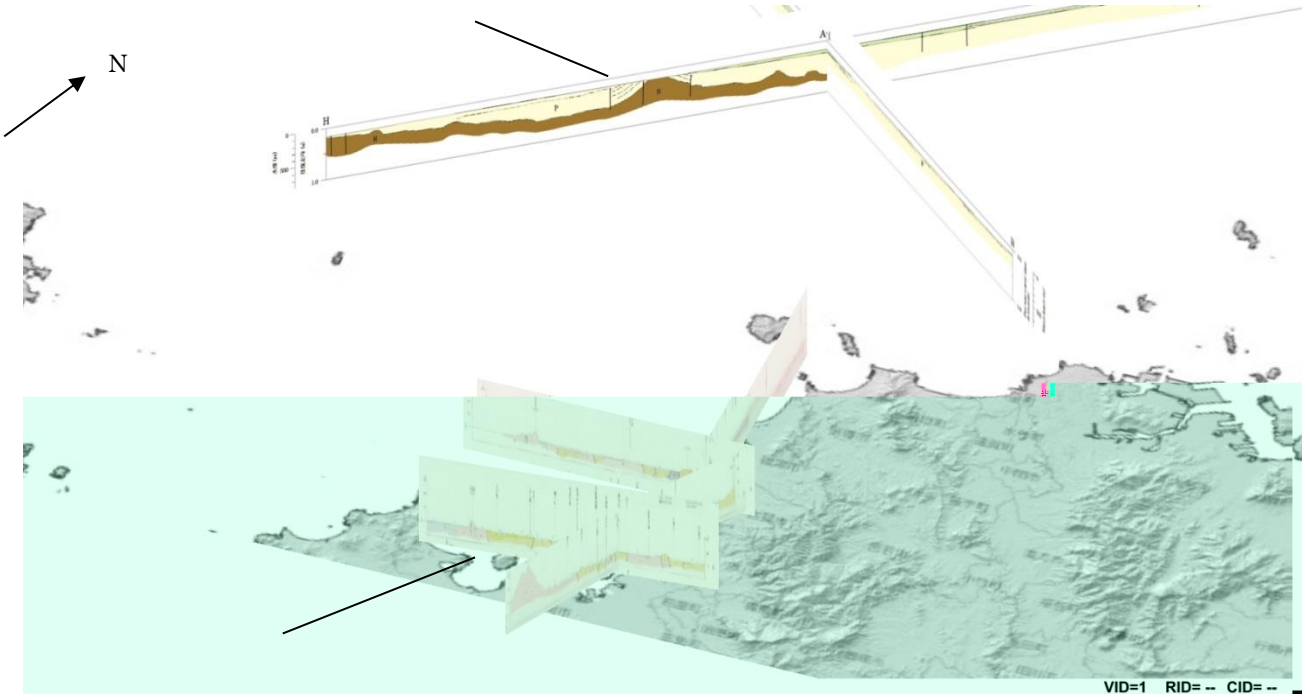
1 -539 ID47. ( )



1 -540 ID47. ( )



1 -541 ID47. ( )



1 -542 ID47.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -543 3 1 -544

1 -546 1 -106

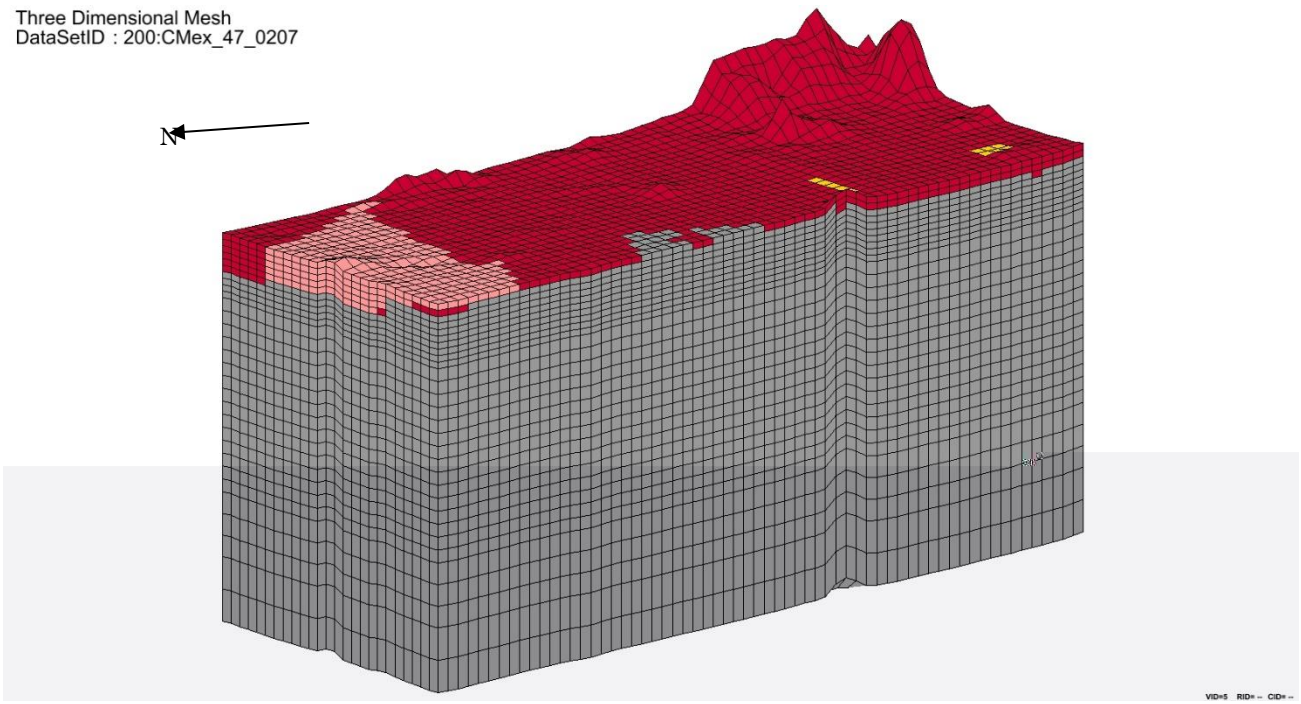
1 -547

1 -106 ID47. AI

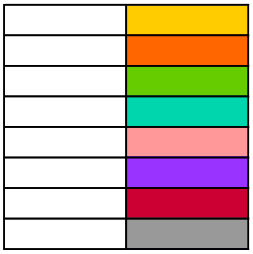
1 -541 1 -543 AI

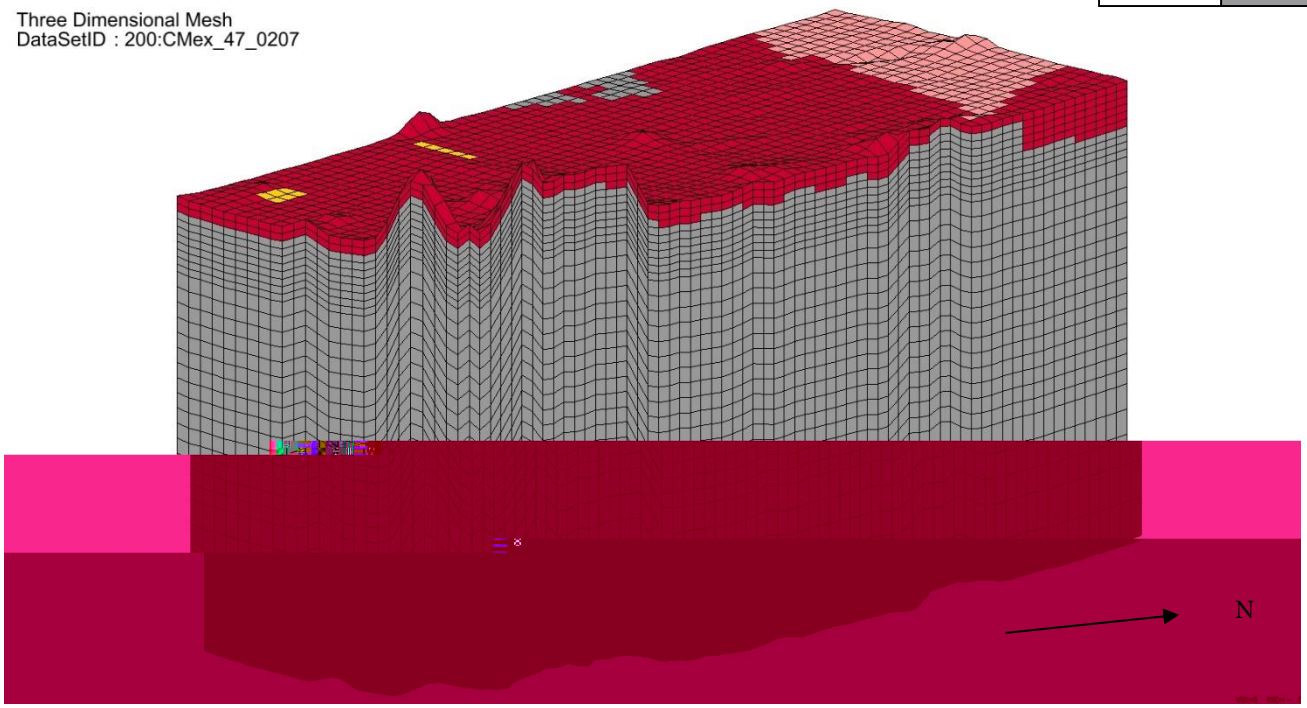
ID

ID

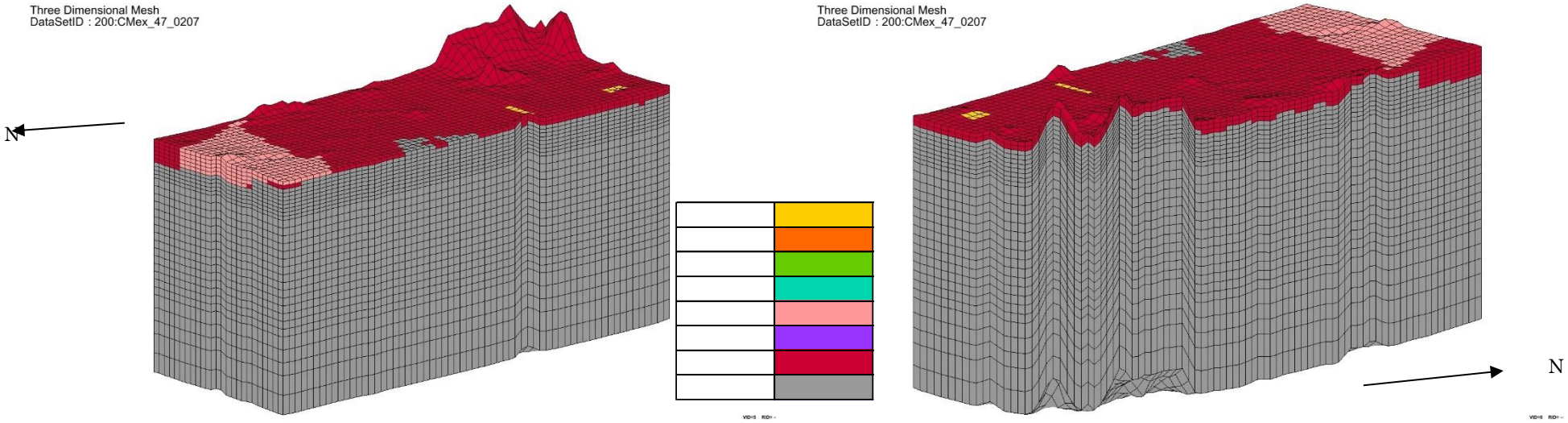


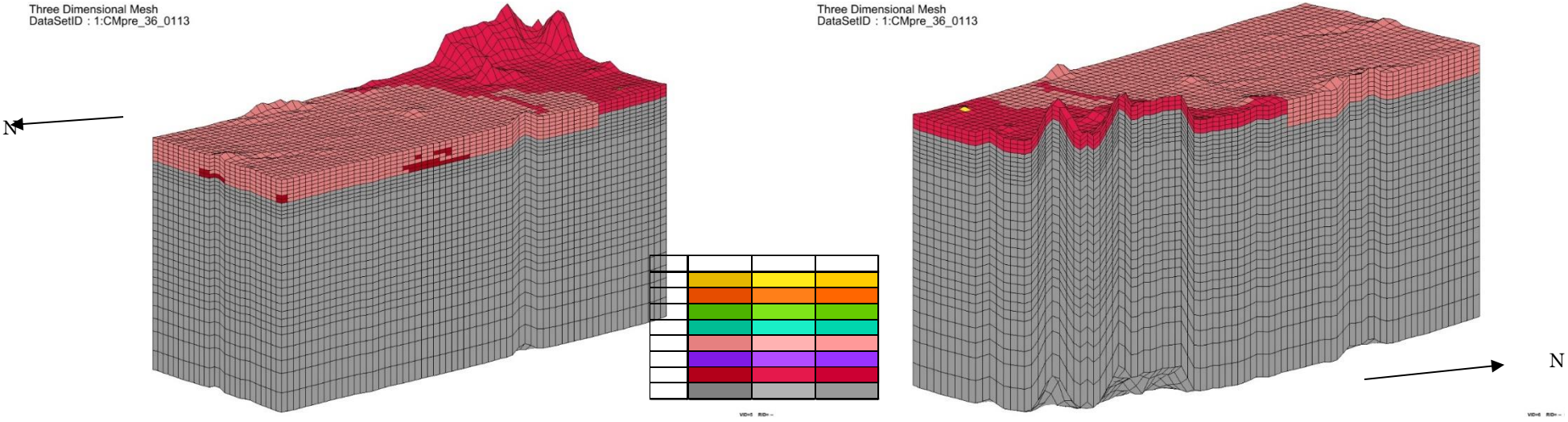
1 -545 ID47. AI 3 (1)





1 -546 ID47. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_47_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_47_0207
N

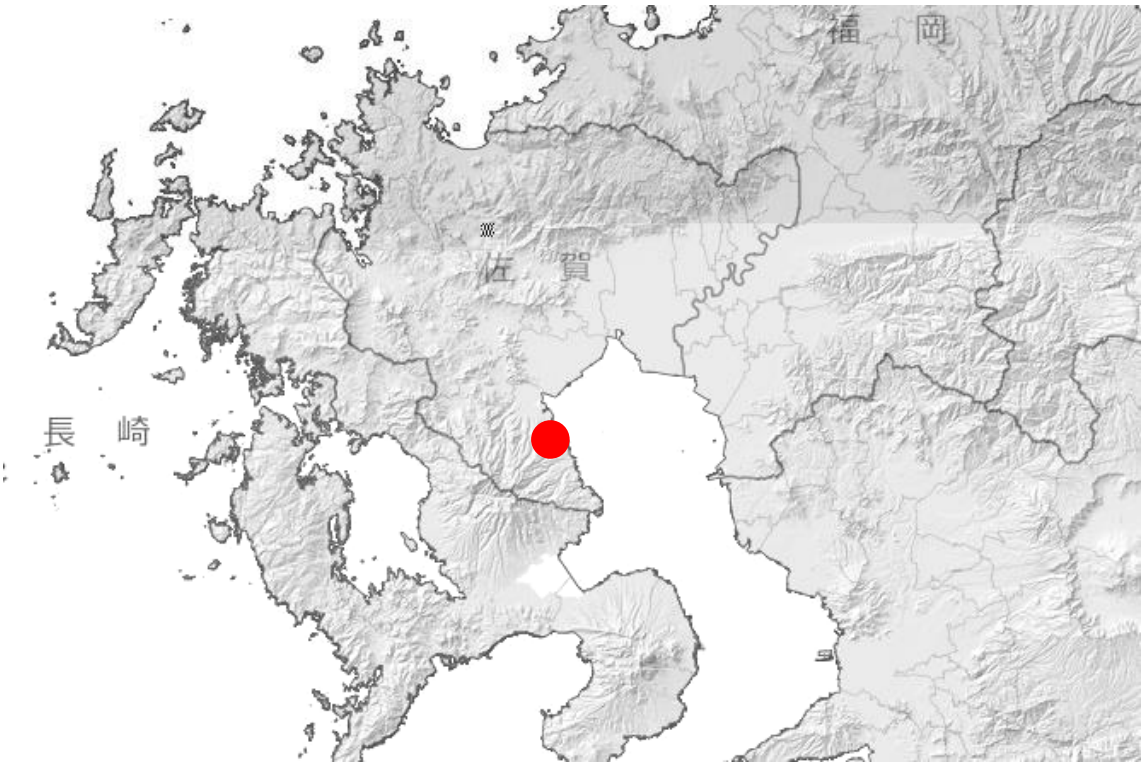

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_36_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_36_0113
N

1 -547 ID1 7. 3

ID.48 筑紫

モデル化位置

1 -548



1 -548　　ID48.

地域概要

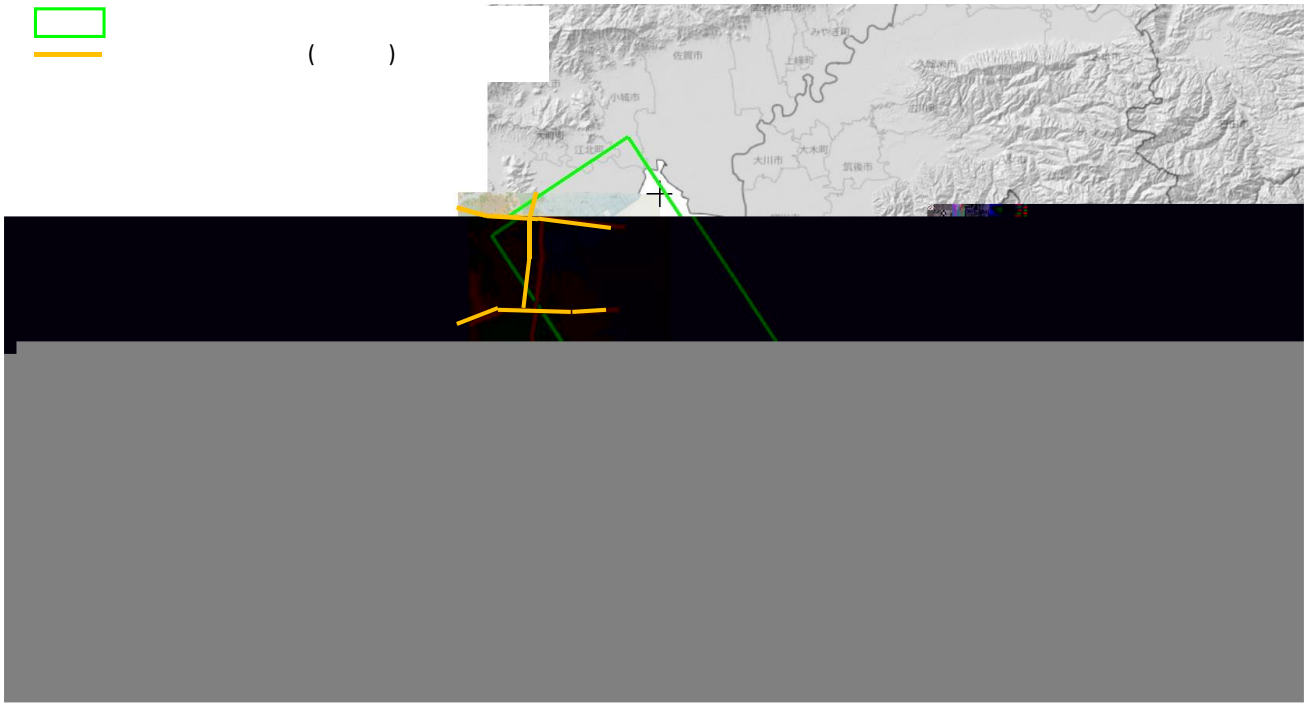
引用データ

1 -107 1 -549

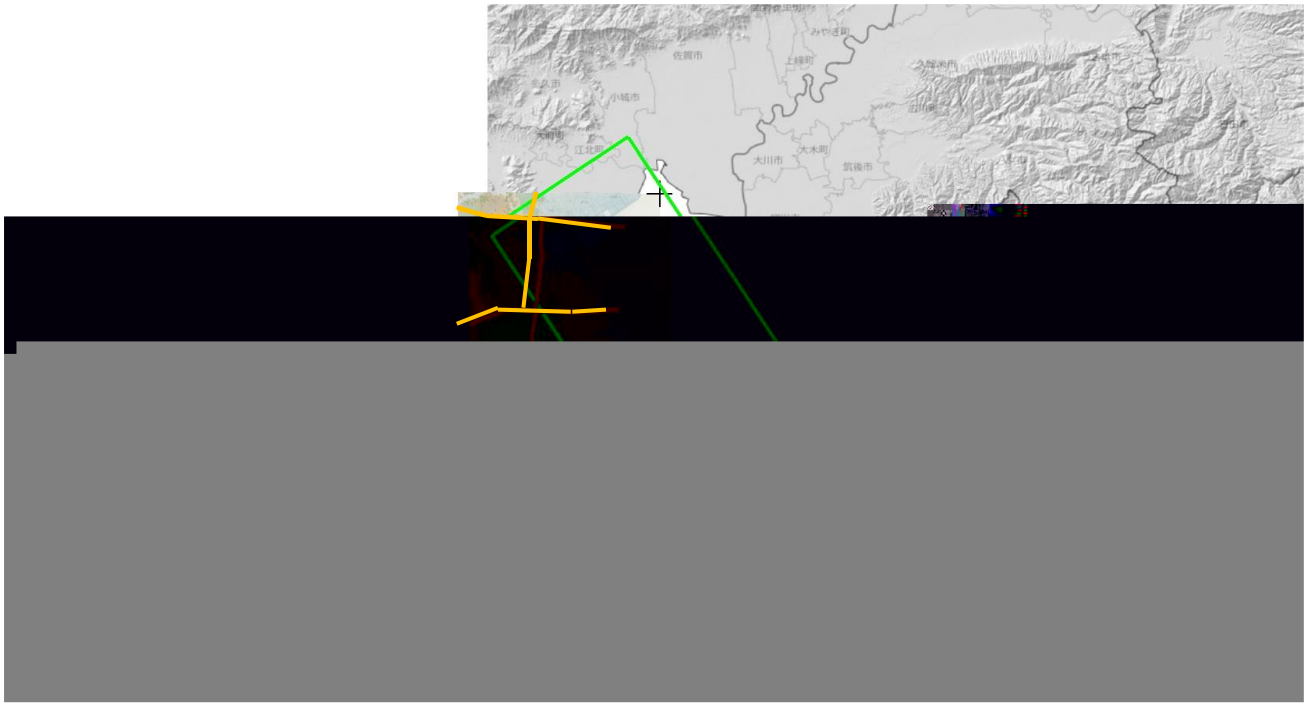
1 -551 1 -552

1 -107 ID48.

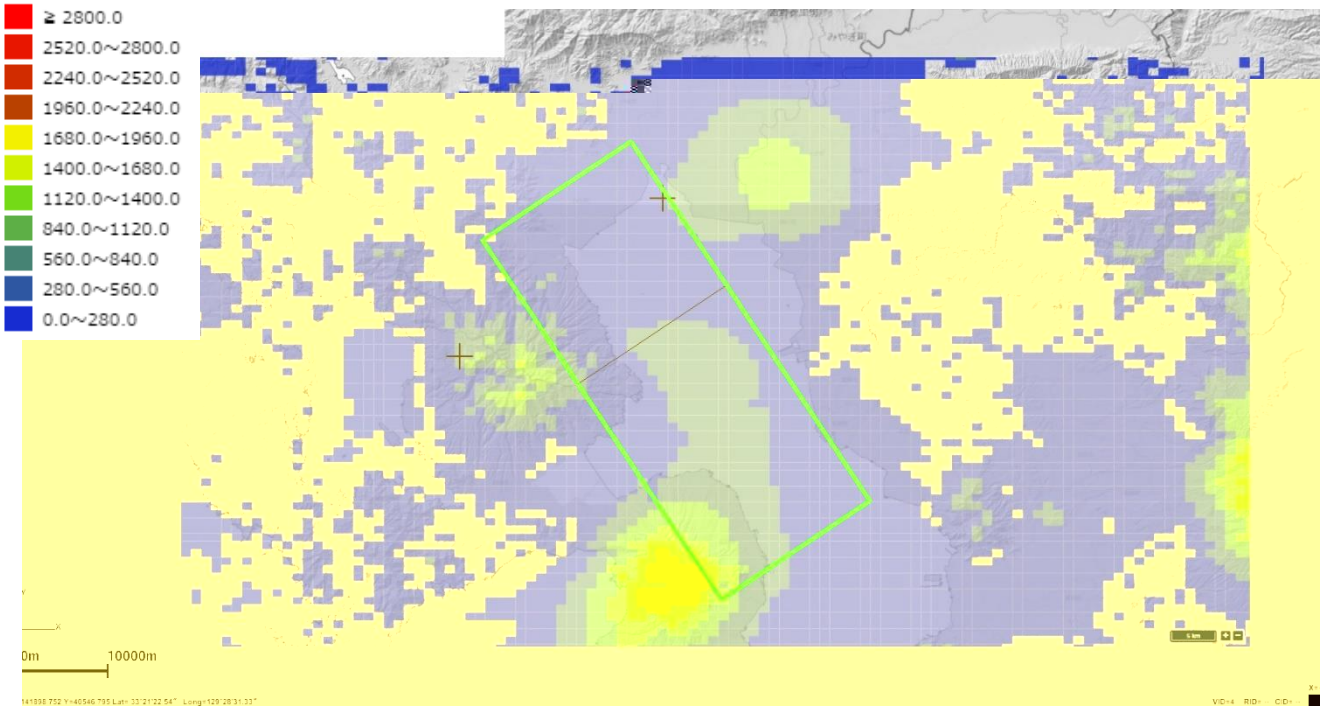
( )



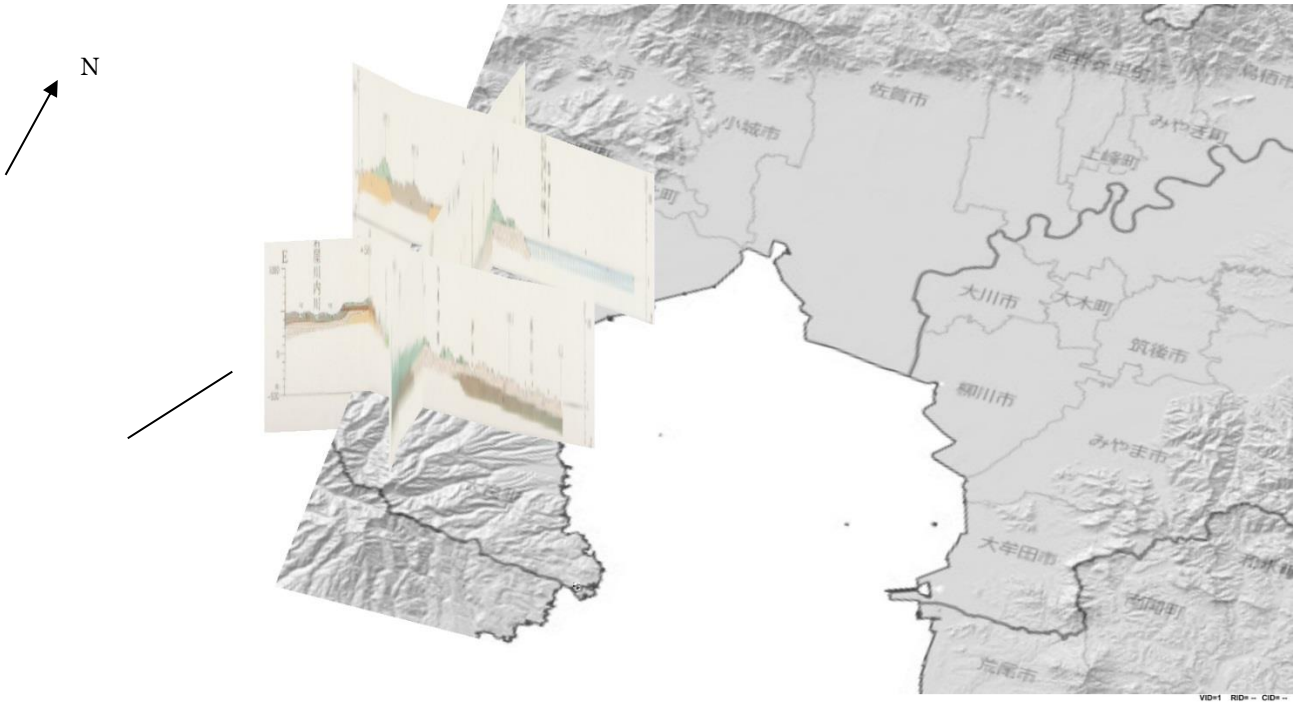
1 -51 9 ID48.



1 -550 ID48. ( )



1 -551 ID48. ( )



1 -552　ID48.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1 -553 3 1 -554

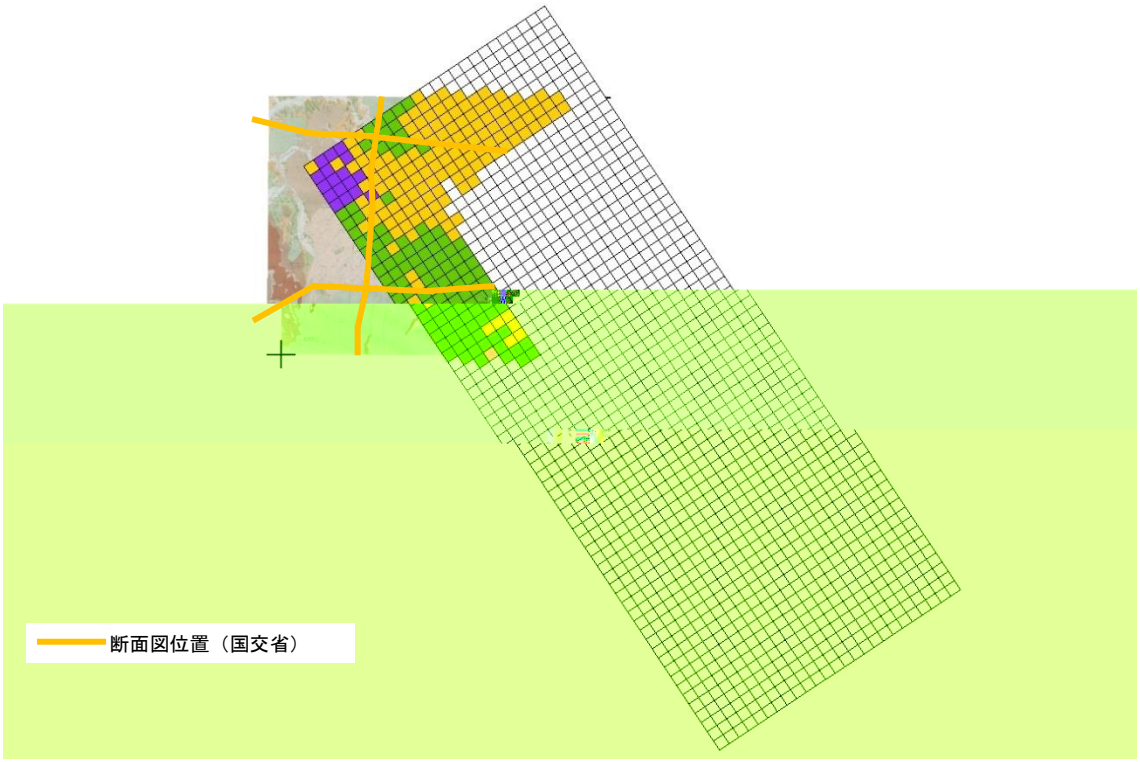
1 -556 1 -108

1 -557

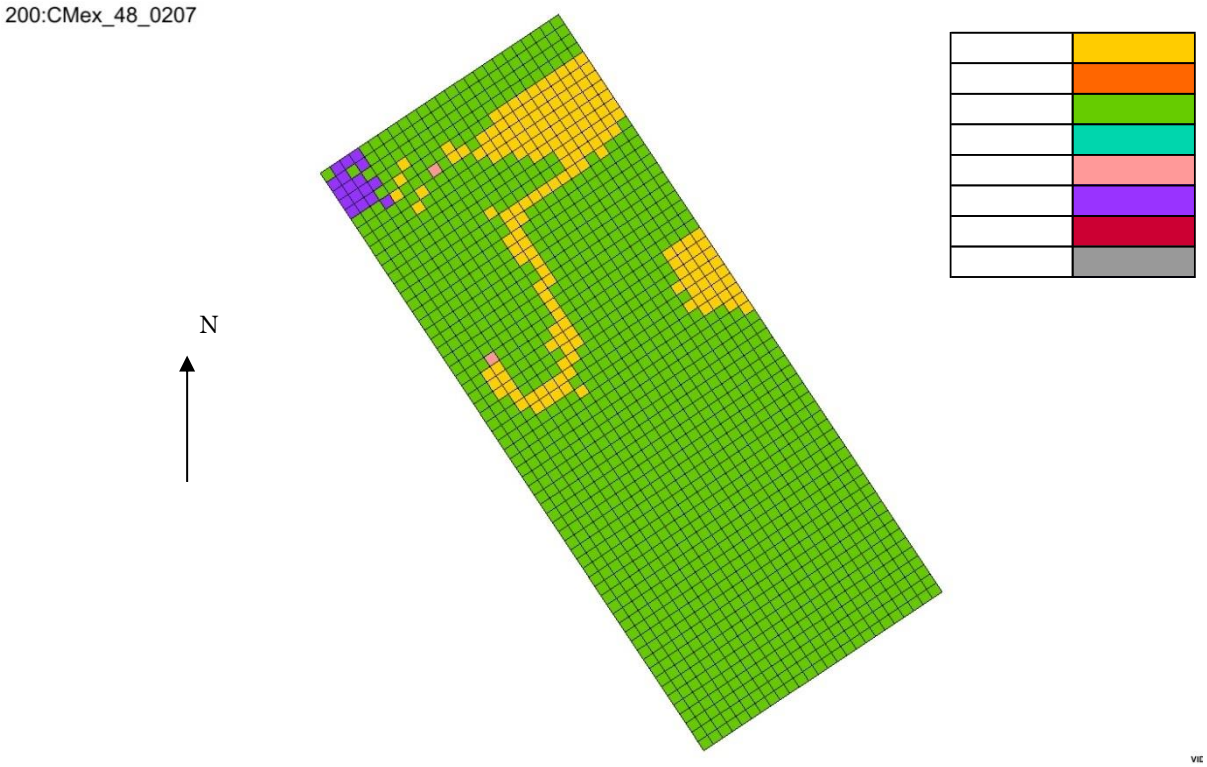
1 -108 ID48. AI

1 -551 1 -553 AI

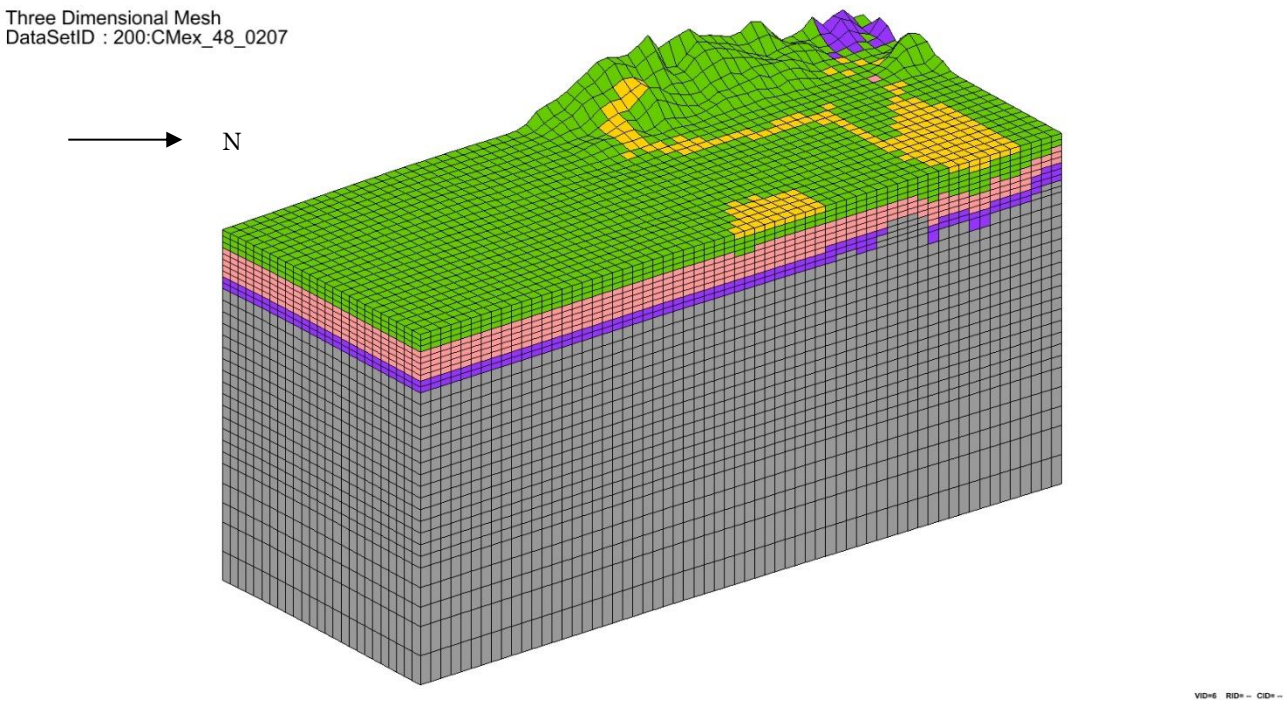
ID



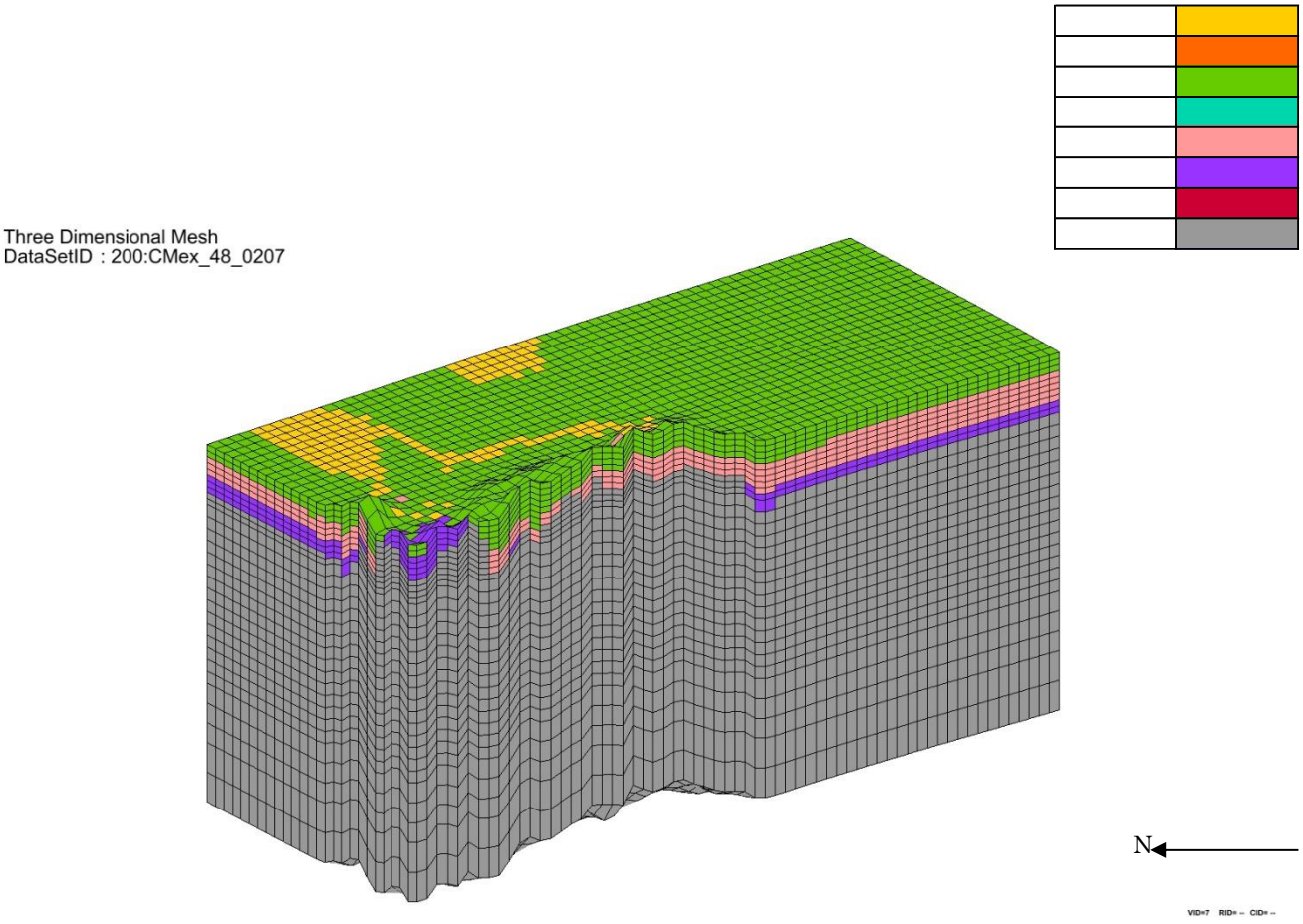
1 -553 ID48.



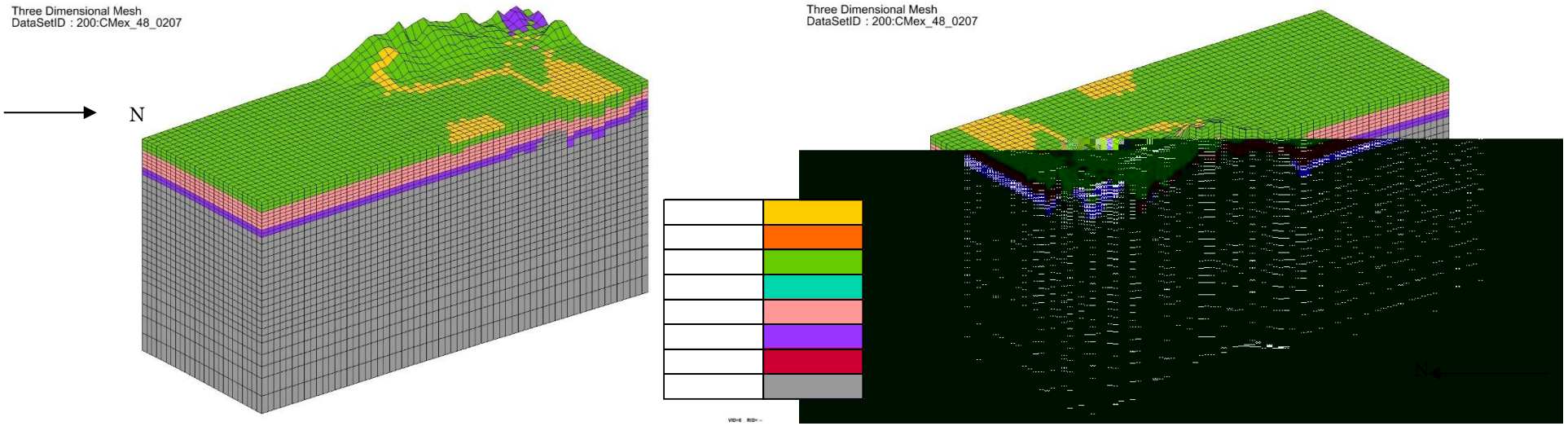
1 -554 ID48. AI

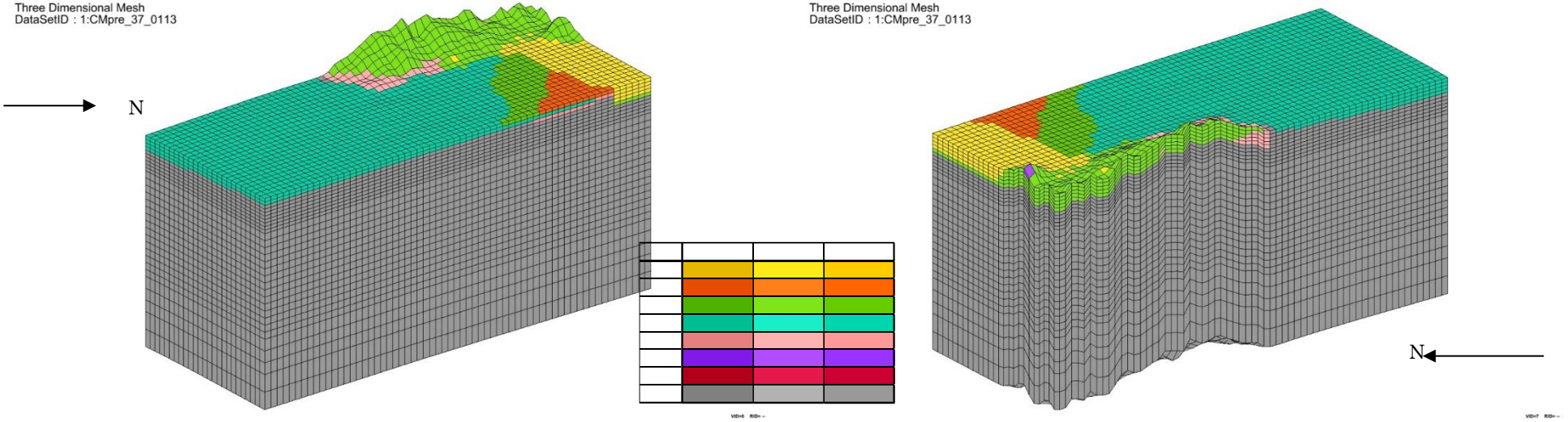


1 -555 ID48. AI 3 (1)



1 -556 ID48. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_48_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_48_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_37_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_37_0113
N

1 -557 ID48. 3

ID.49 中津

モデル化位置

1 -558

1 -558　ID49.

地域概要

50m

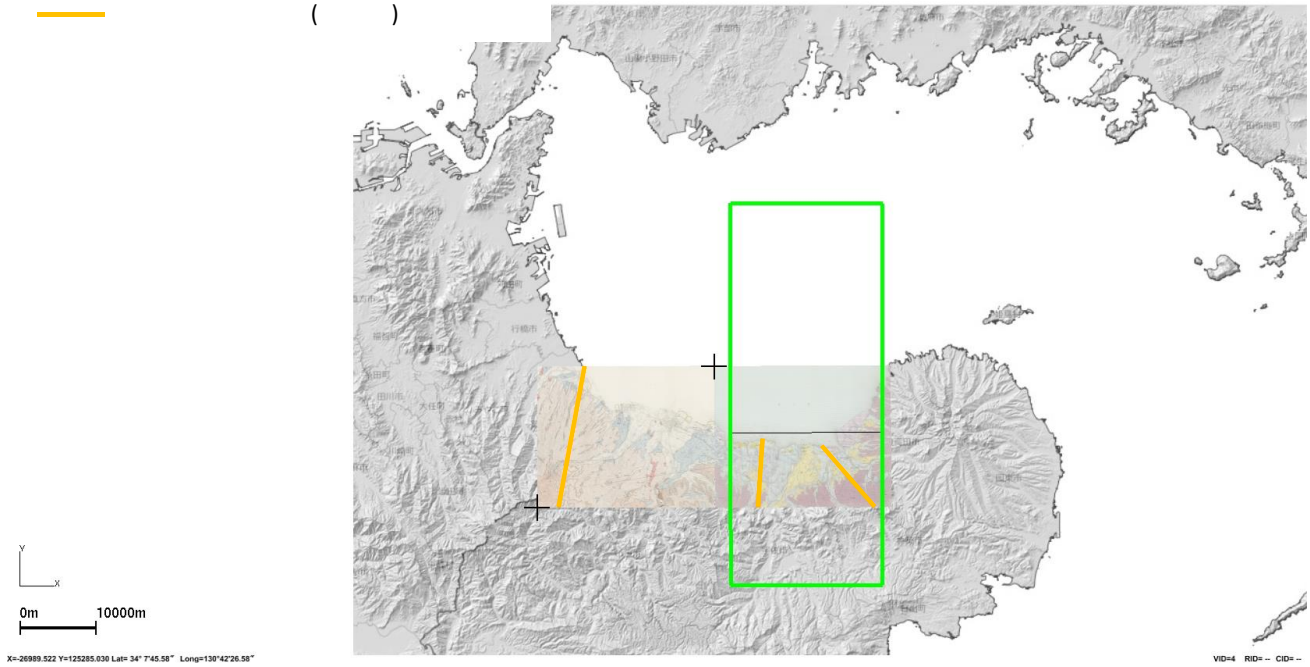
引用データ

1 -109　　1 -559

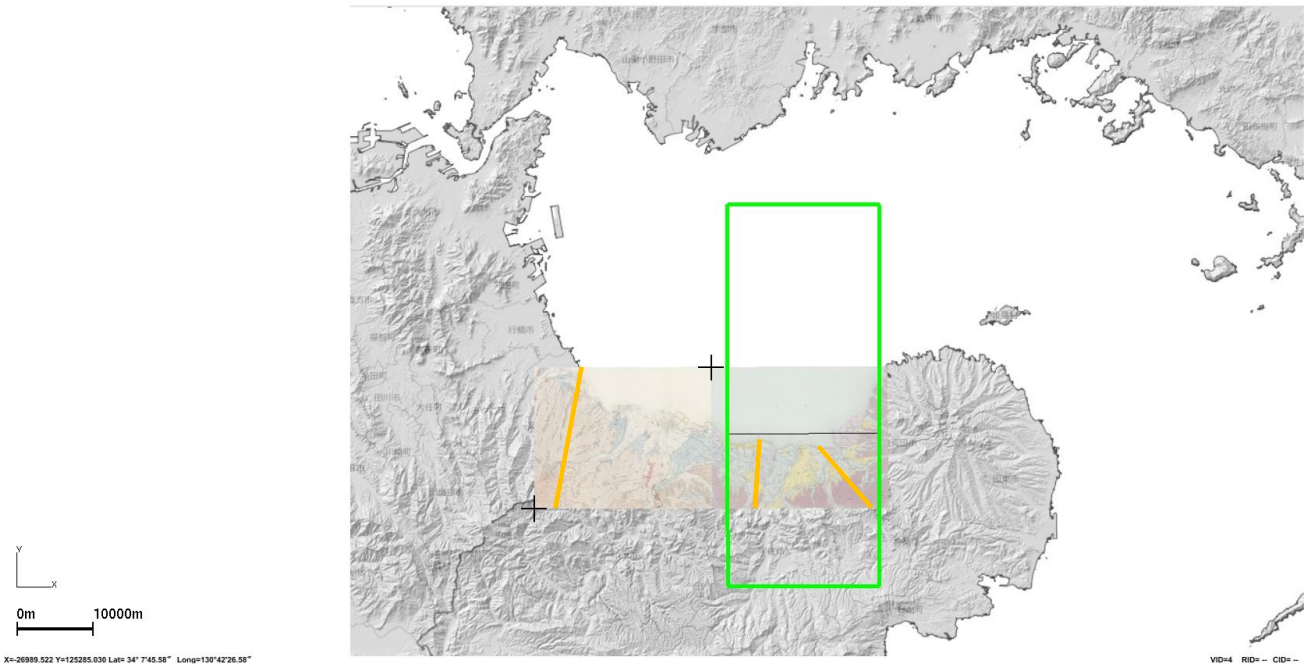
1 -561　　1 -562

1 -109　ID49.

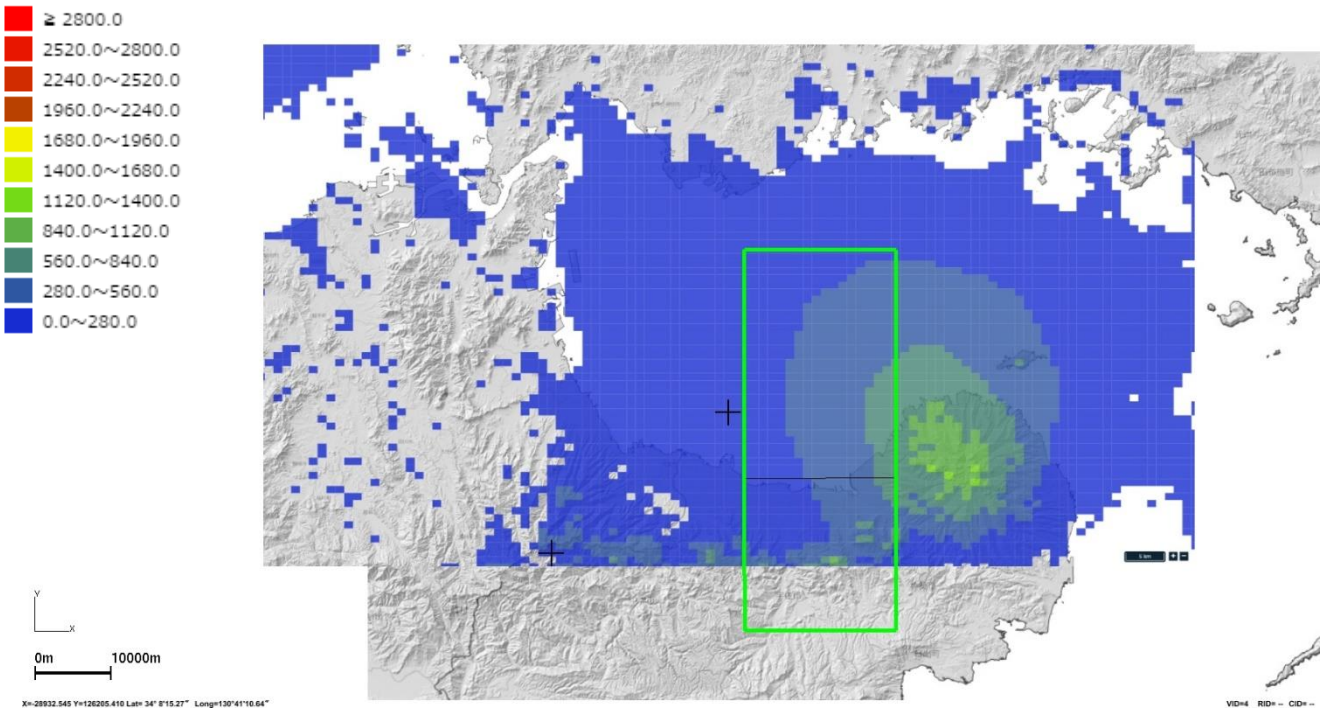
(　　)



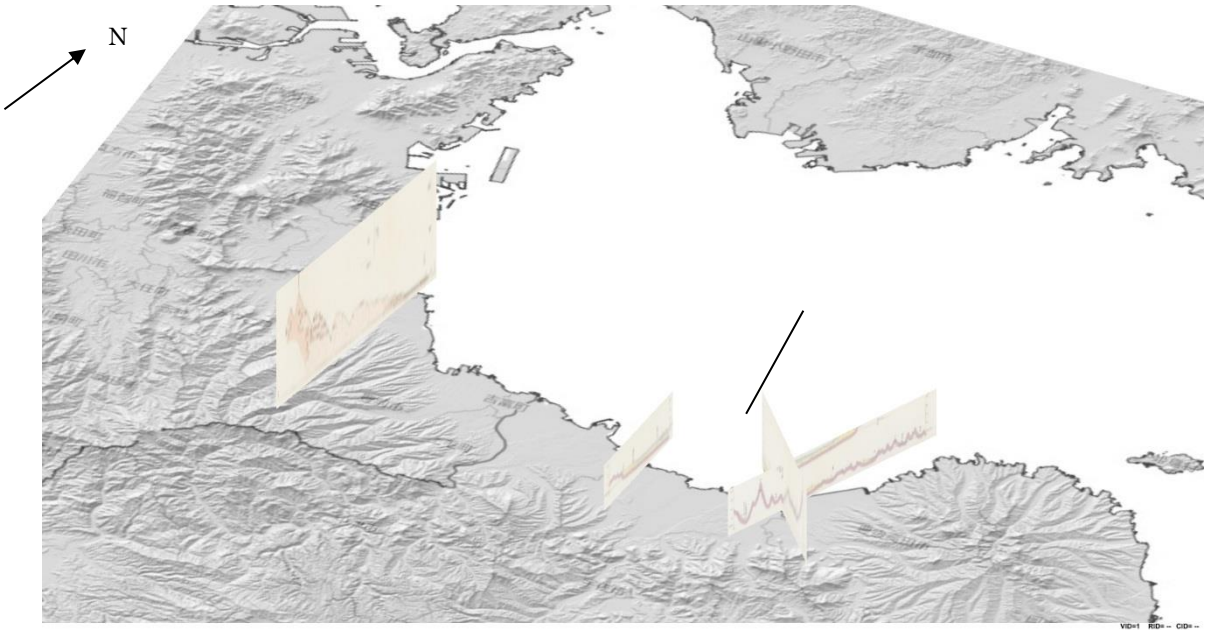
1 -559　ID49.



1 -560 ID49. ( )



1 -561 ID49. ( )



1 -562 ID49.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

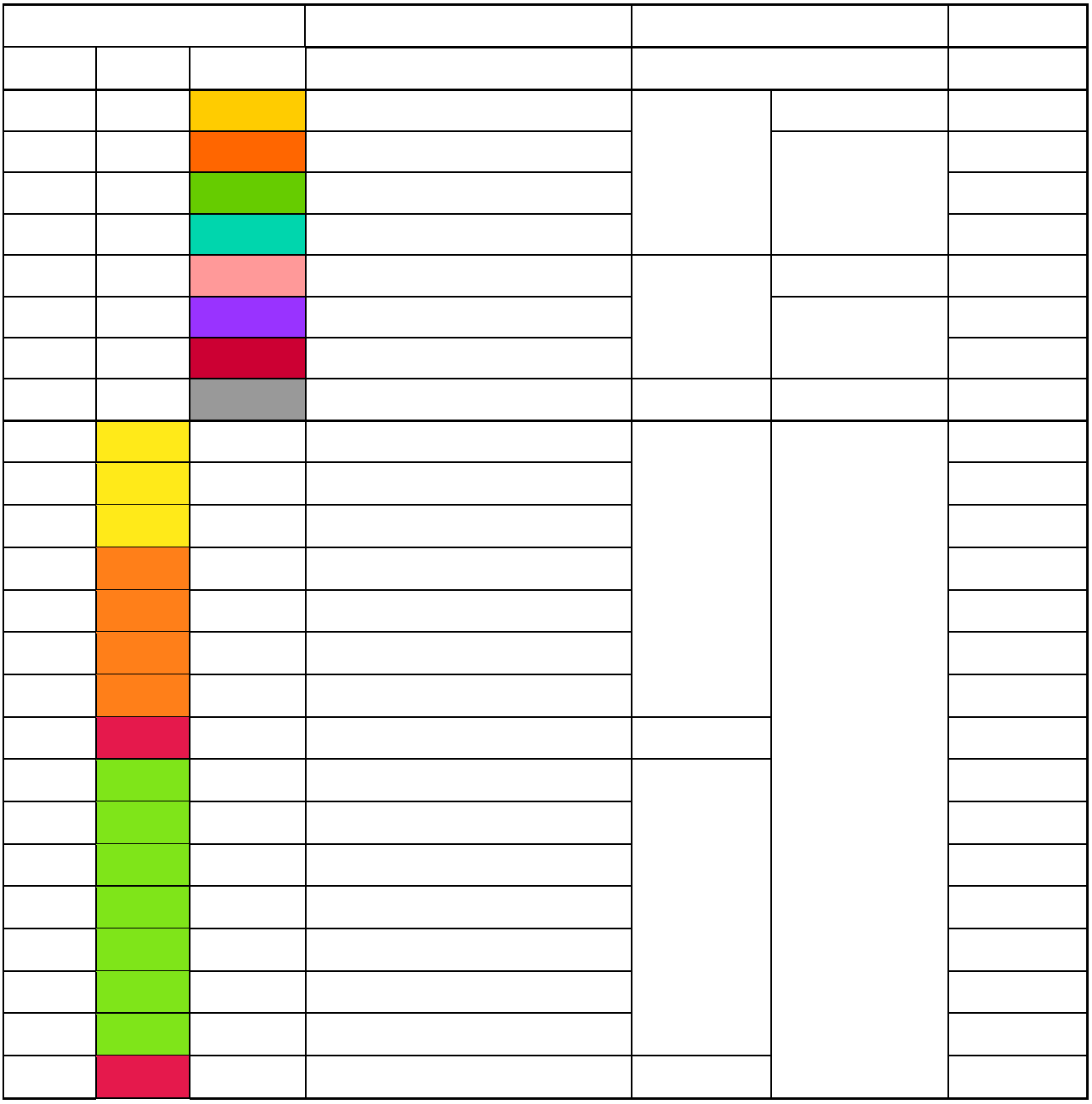
AI 学習・予測

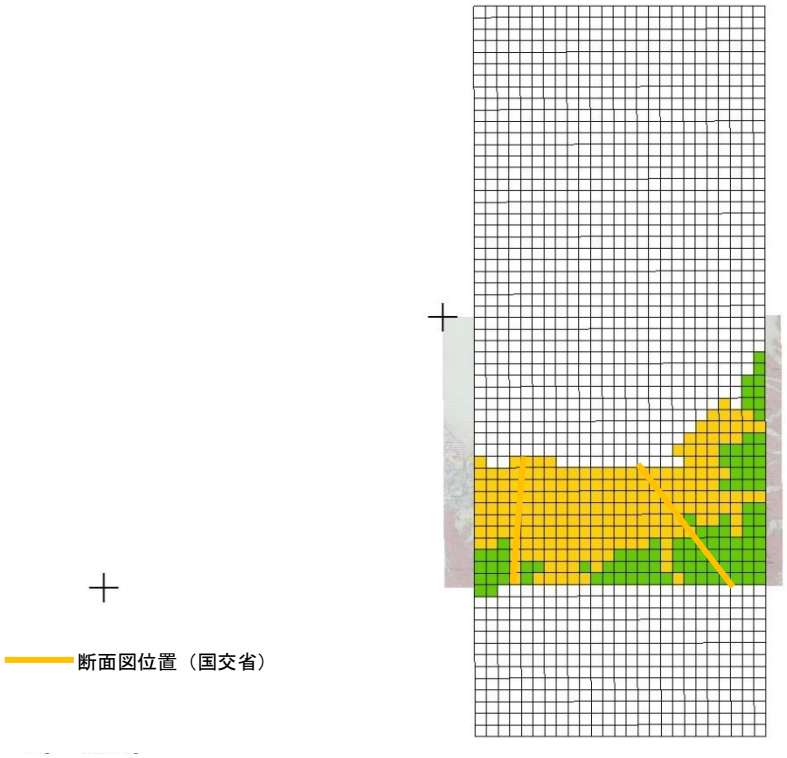
AI 1 -563 3 1 -564

1 -566 1 -110

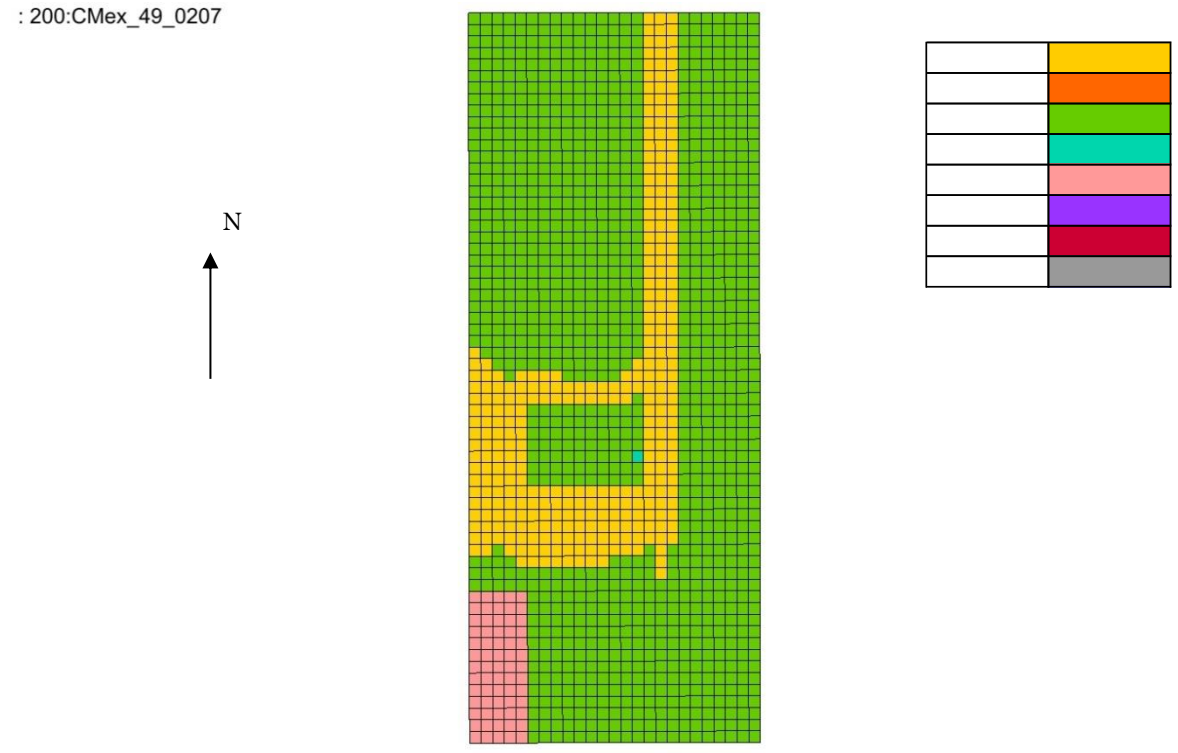
1 -567

1 -110 ID49. AI

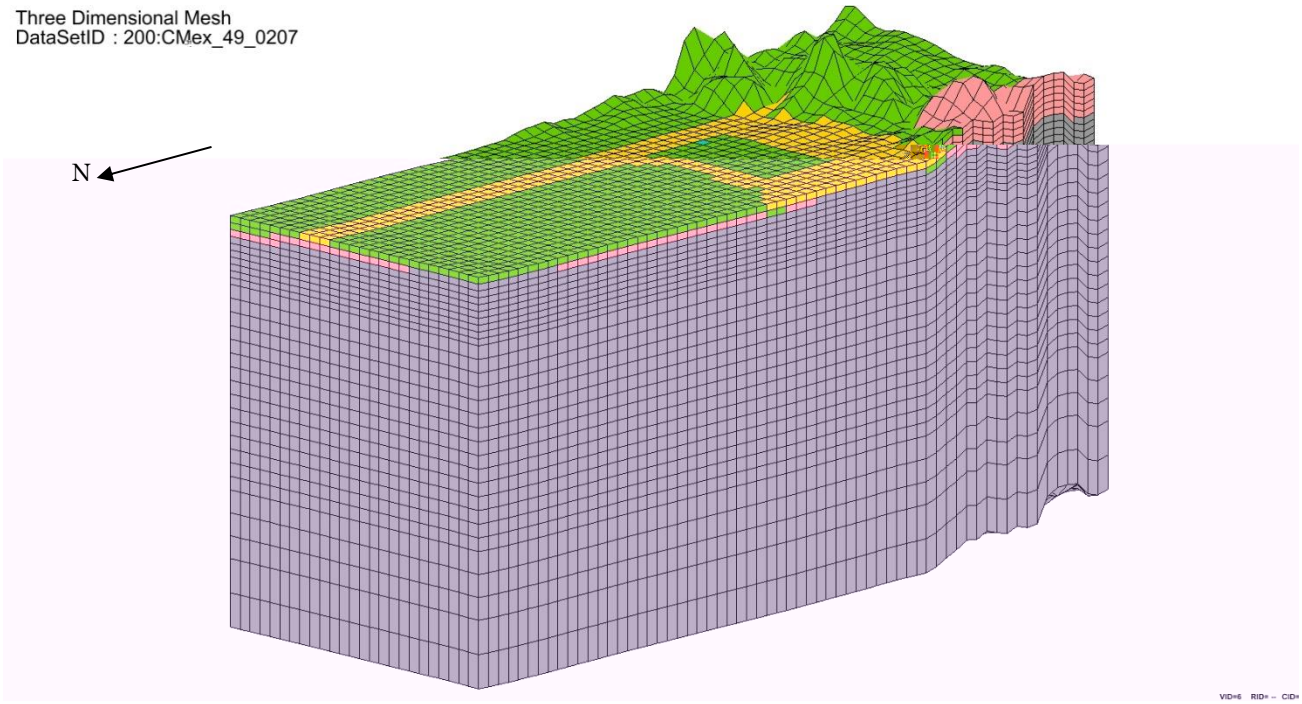




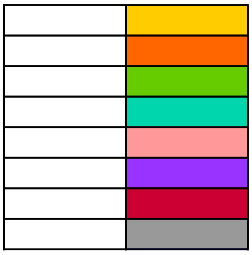
1 -563　ID49.

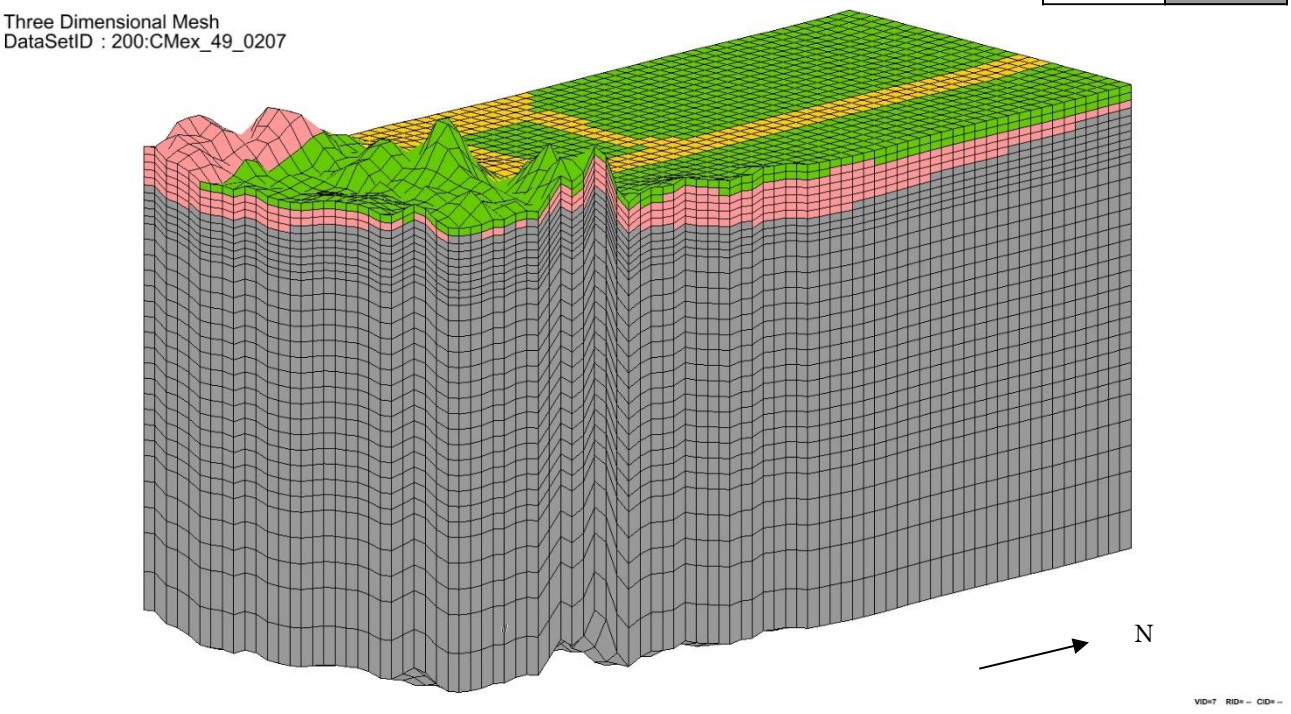


1 -564　ID49.　AI

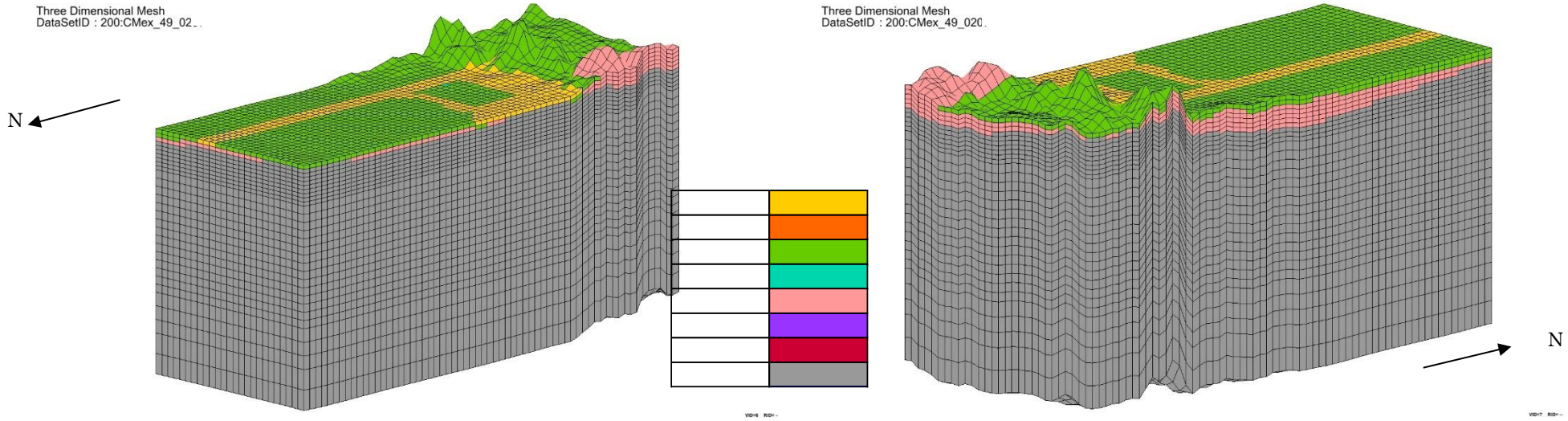


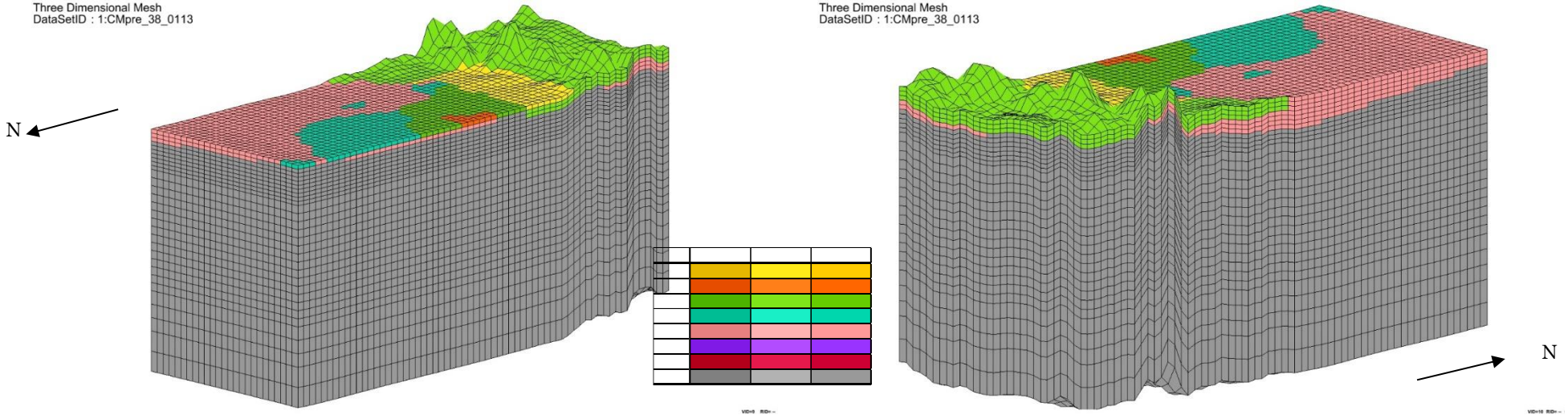
1 -565 ID49. AI 3 (1)





1 -566 ID49. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_49_02
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_49_020
N

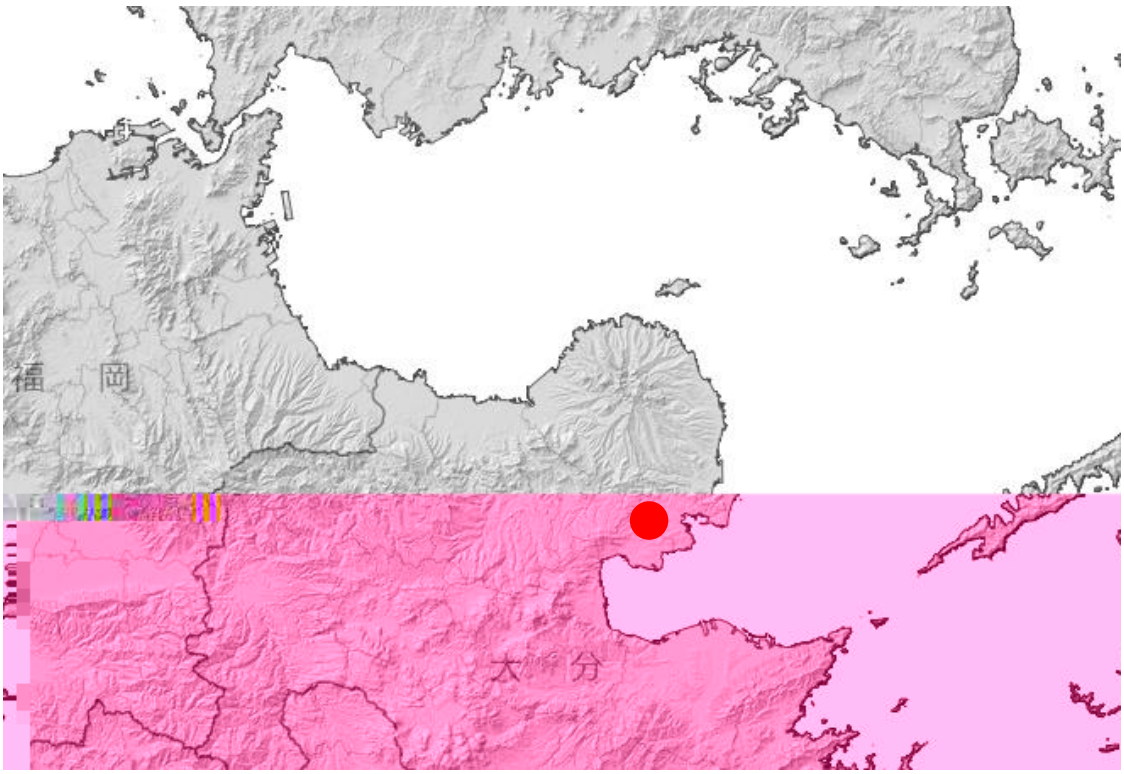

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_38_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_38_0113
N

1 -567 ID49. 3

ID.50 別府

モデル化位置

1 -568



1 -568　　ID50.

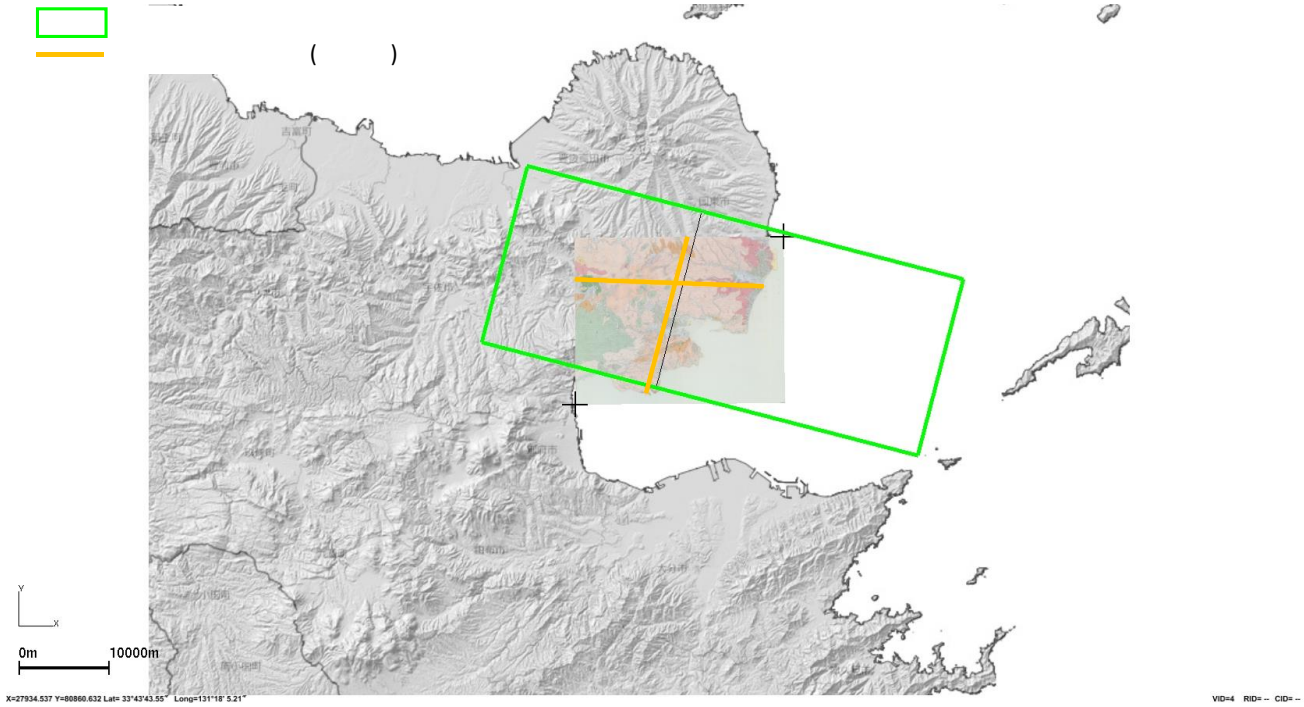
地域概要

引用データ

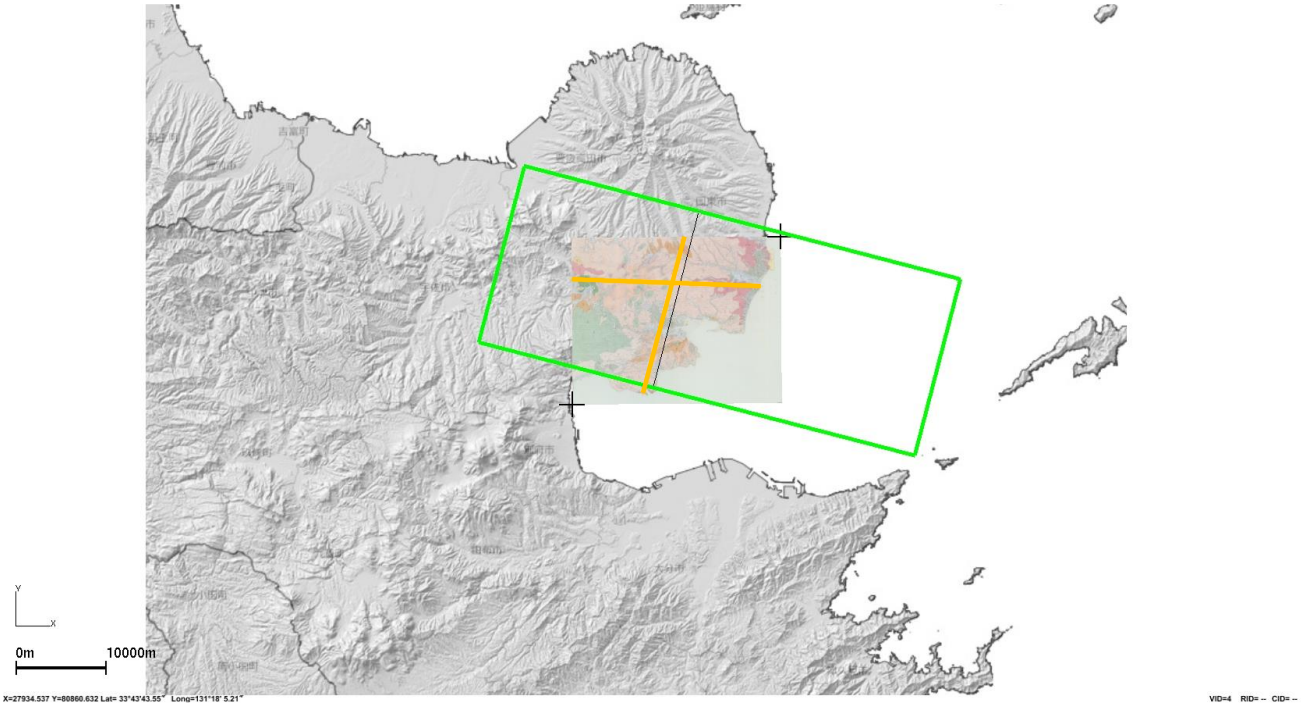
1 -111　　1 -569

1 -571　　1 -572

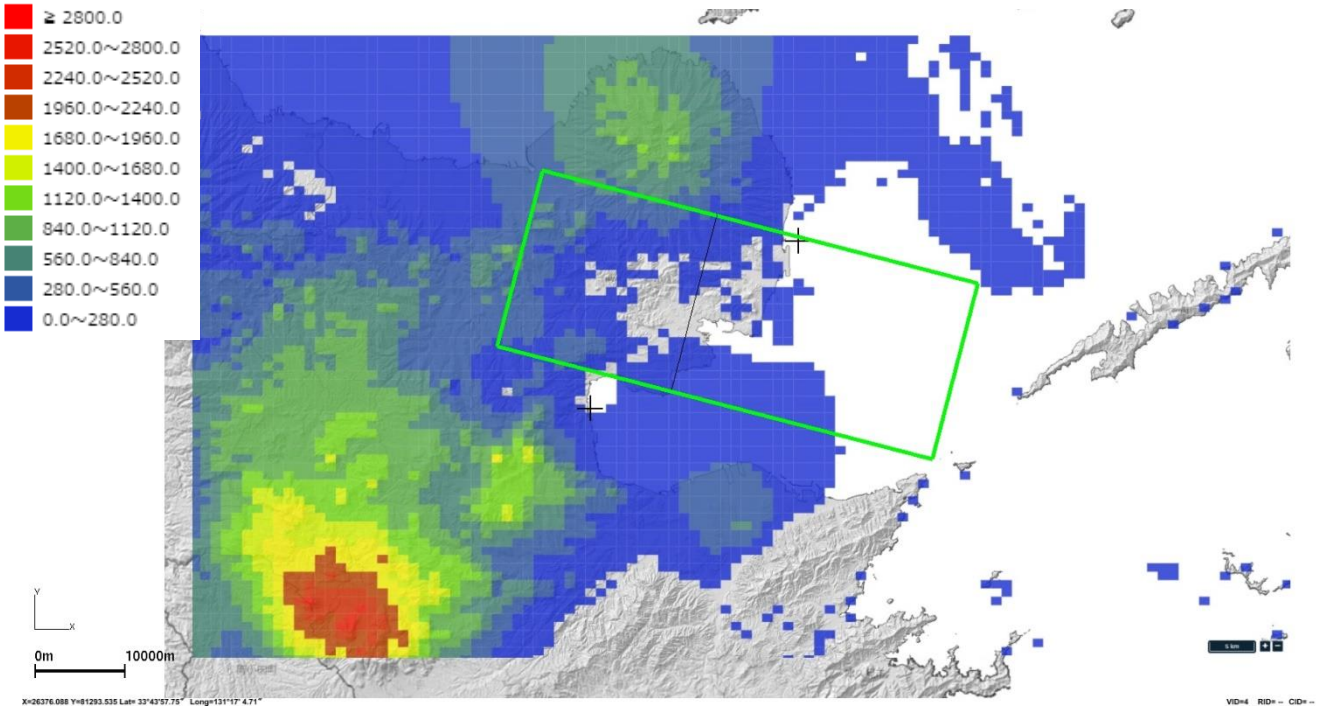
1 -111　ID50.



1 -569　ID50.



1 -570 ID50. ( )



1 -571 ID50. ( )

1 -572　ID50.

解析モデル作成方針

20km　20km　30km

AI 学習・予測

AI 1 -573 3 1 -574

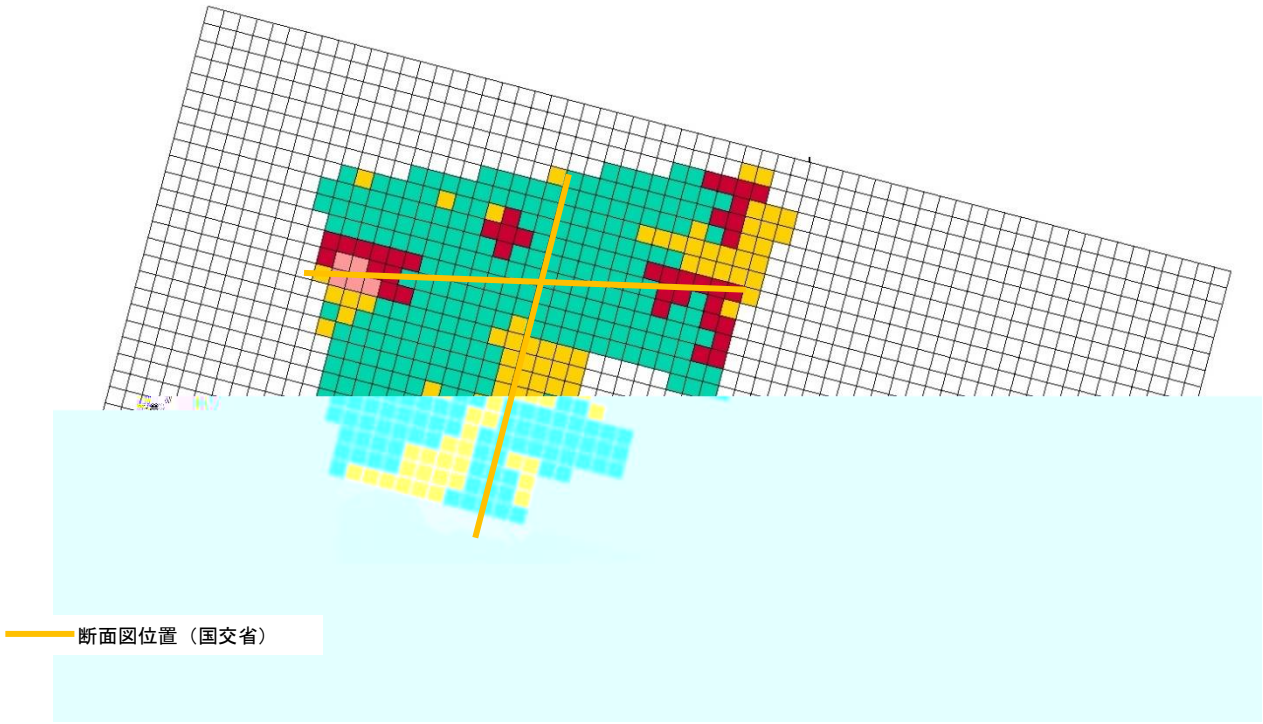
1 -578 1 -112

1 -579

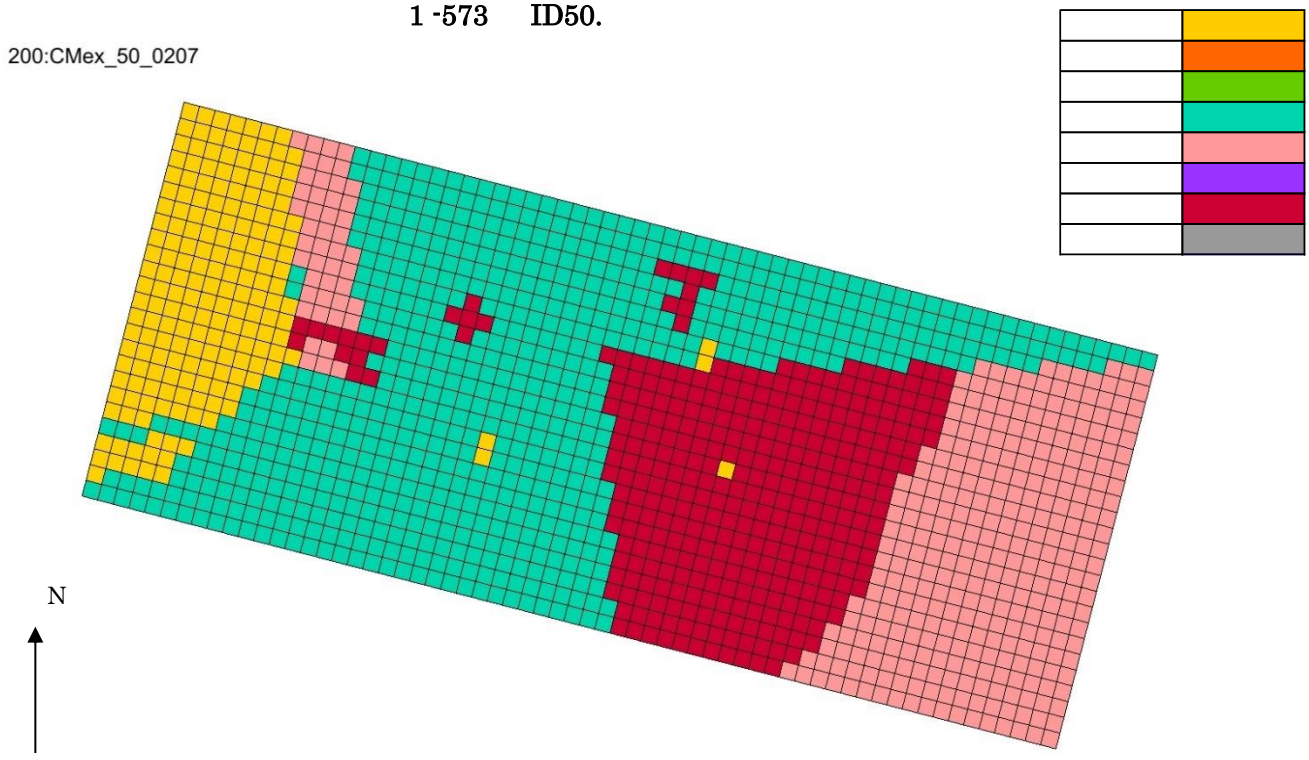
1 -112 ID50. AI

1 -574　　1 -573　　AI
ID

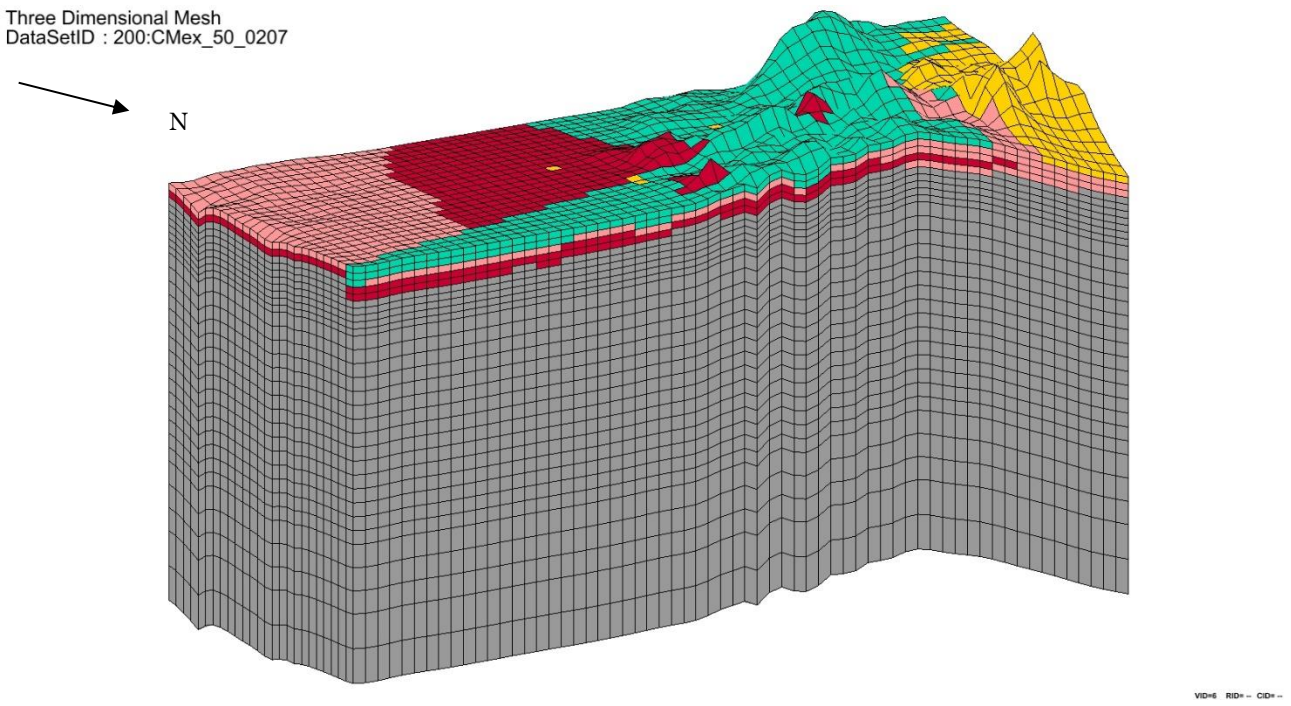
1 -575　　1 -576　　Gr　Dr　Gn
N3　　1 -577　　1 -578



1 -573　　ID50.

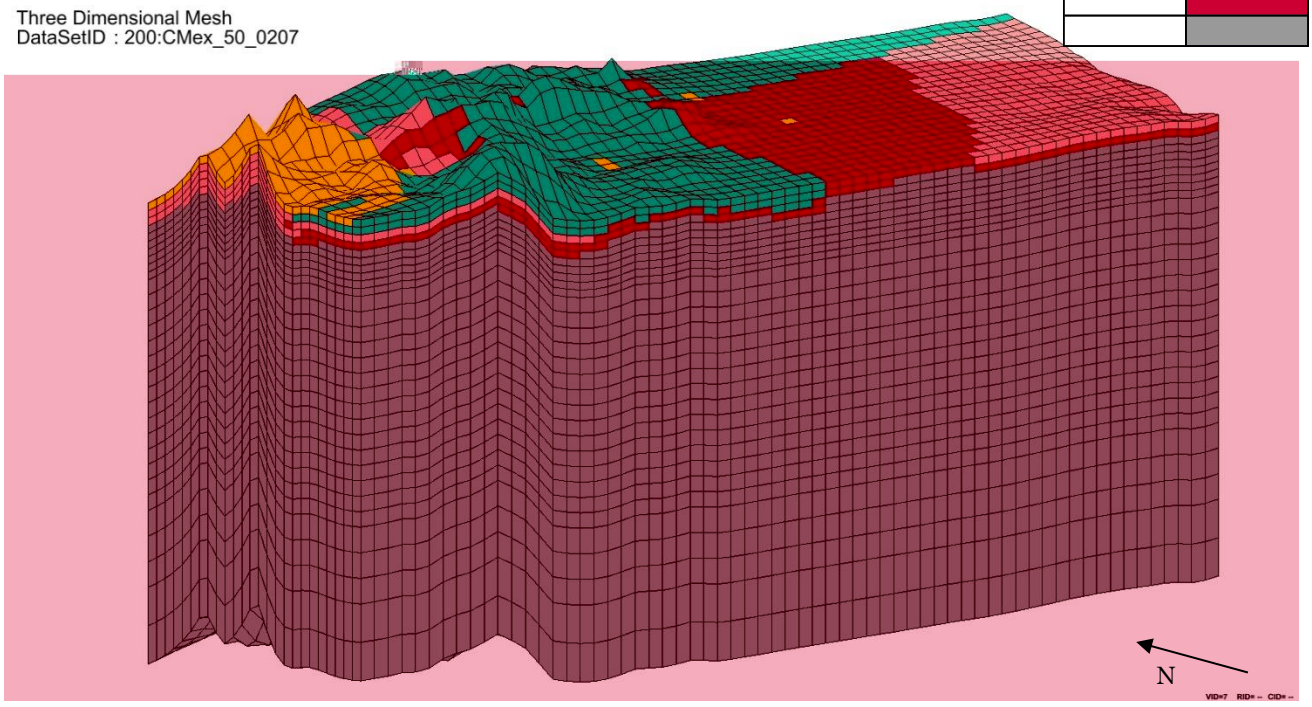


1 -574　　ID50.　　AI



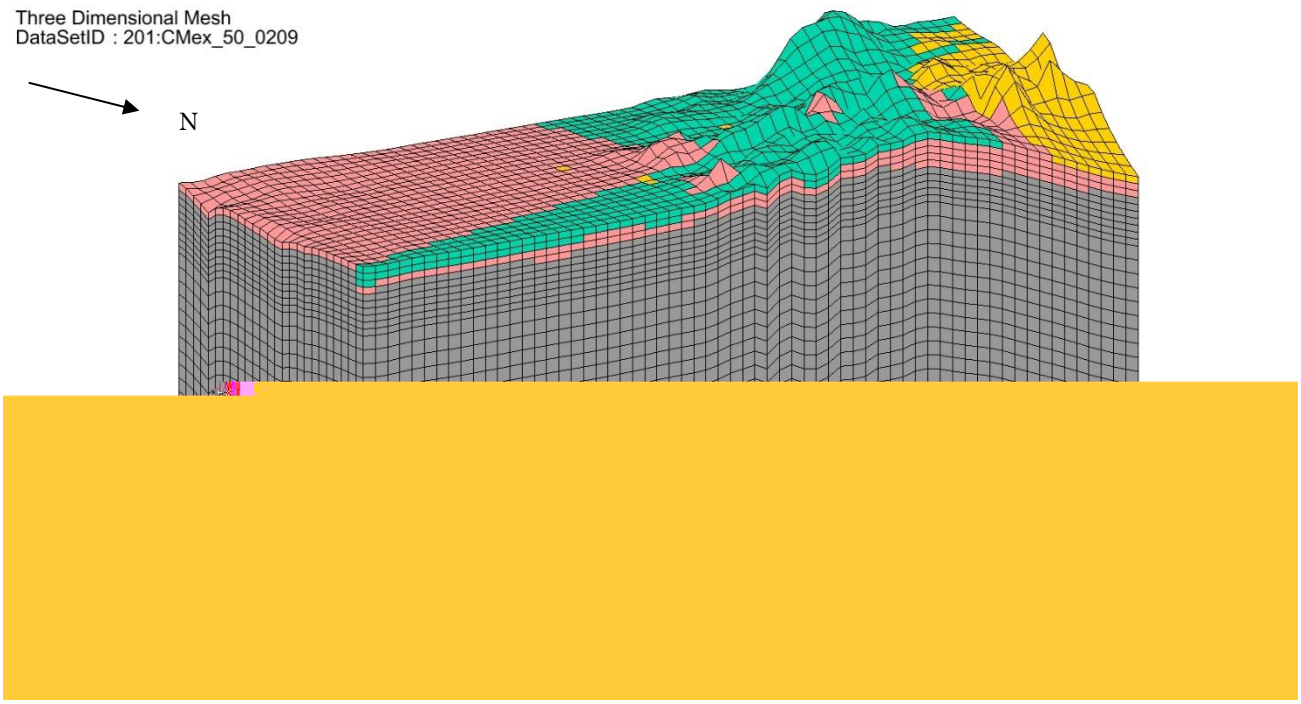
1 -575 ID50. AI

3 (1)



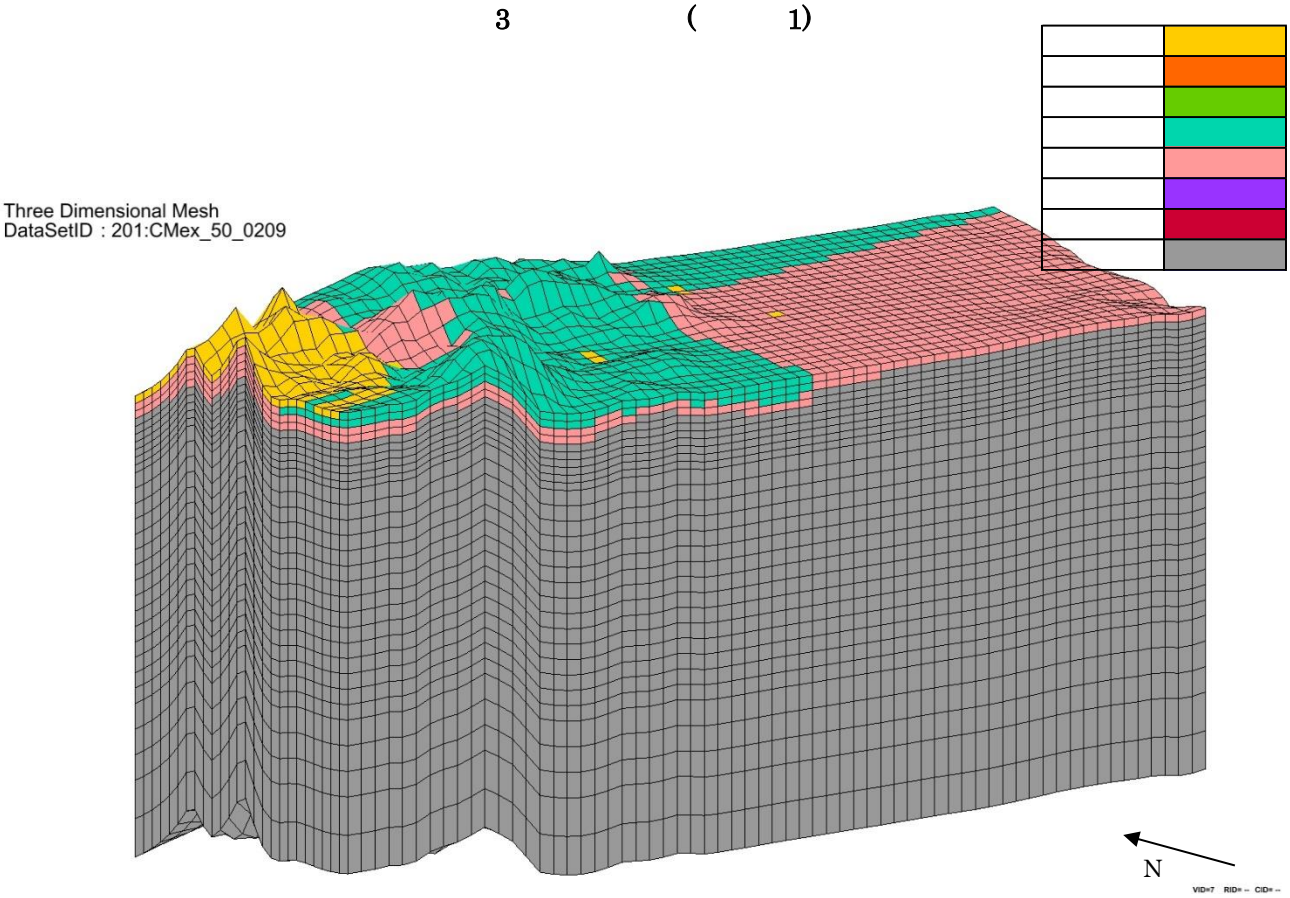
1 -576 ID50. AI

3 (2)



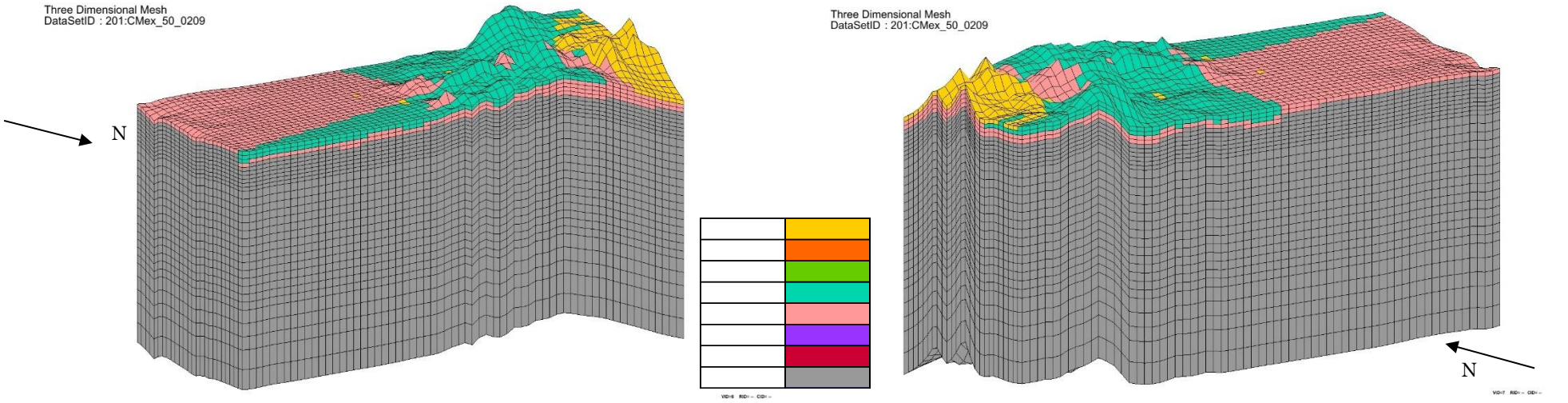
1 -577 ID50. AI

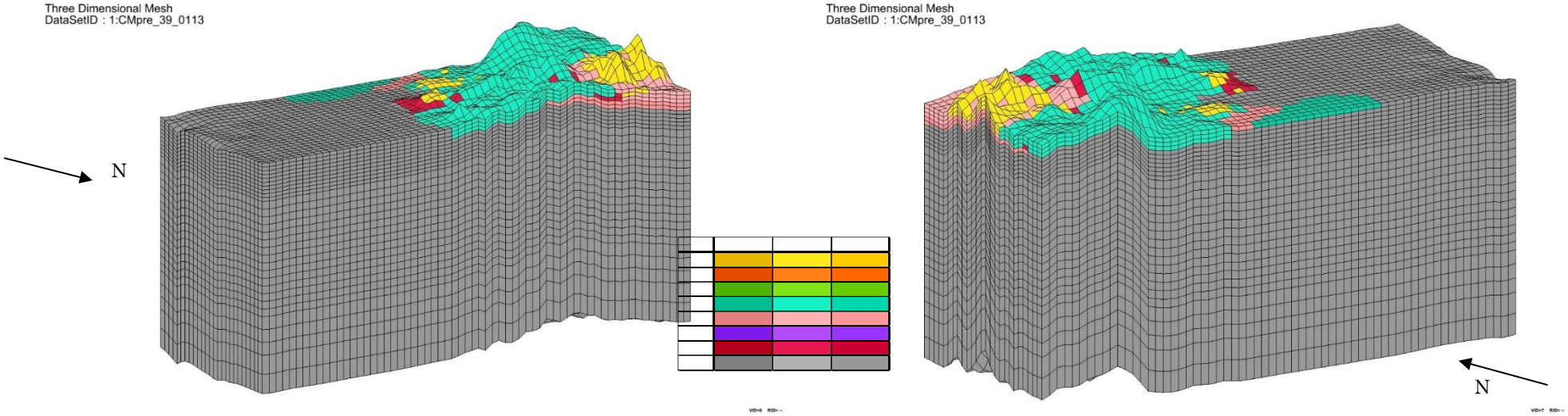
3 (1)



1 -578 ID50. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_50_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_50_0209
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_39_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_39_0113
N

1 -579 ID50. 3

ID.51 大分

モデル化位置

1 -580

1 -580 ID51.

地域概要

-

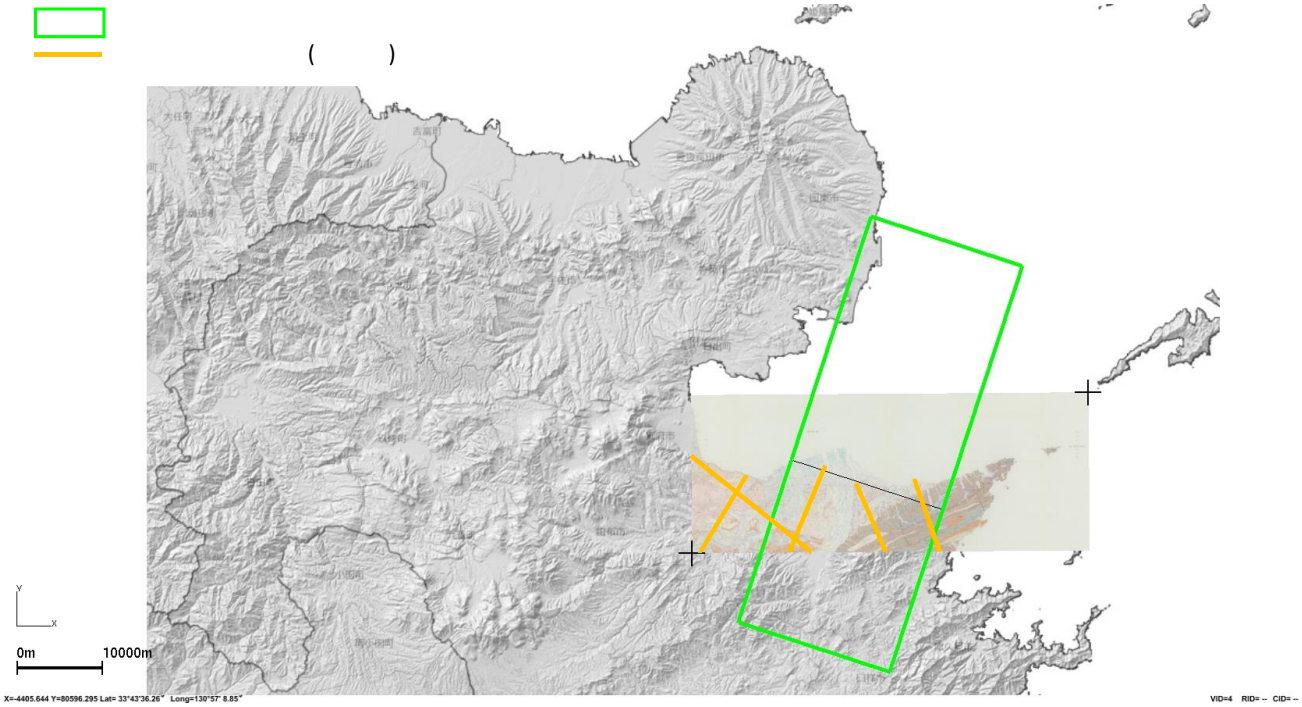
2

引用データ

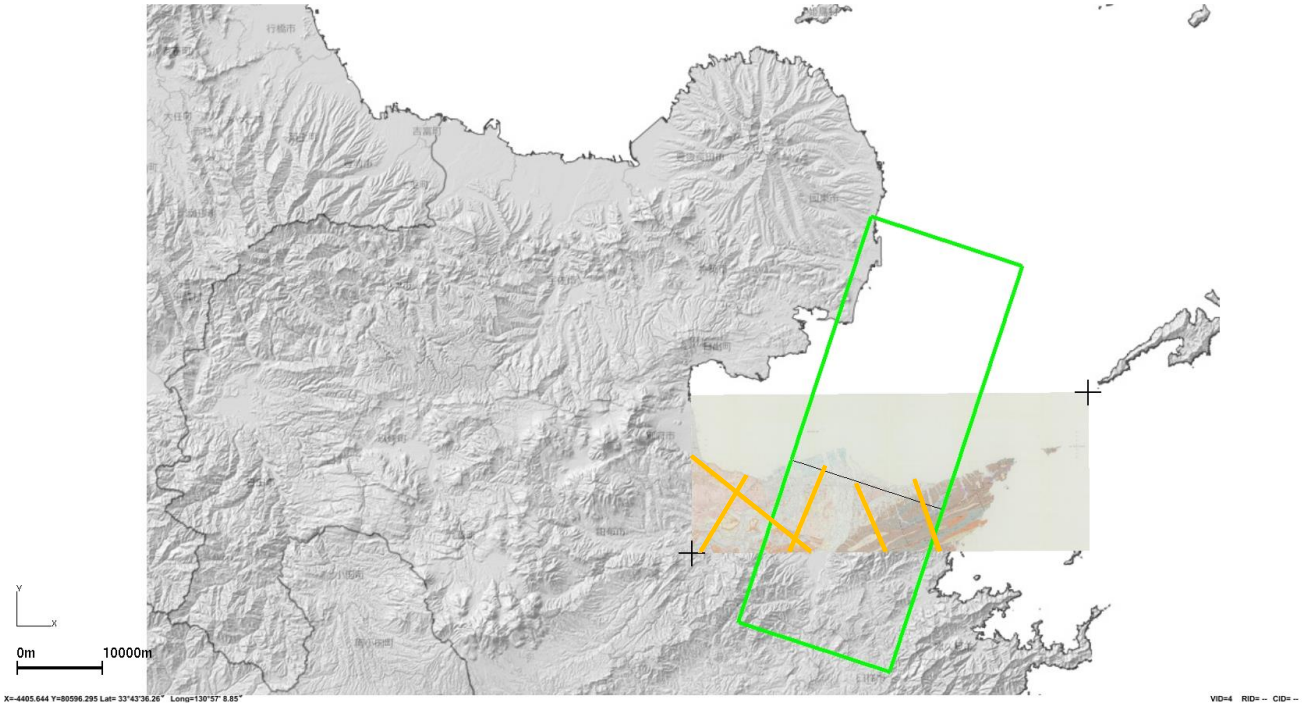
1 -113　　1 -581

1 -583　　1 -584

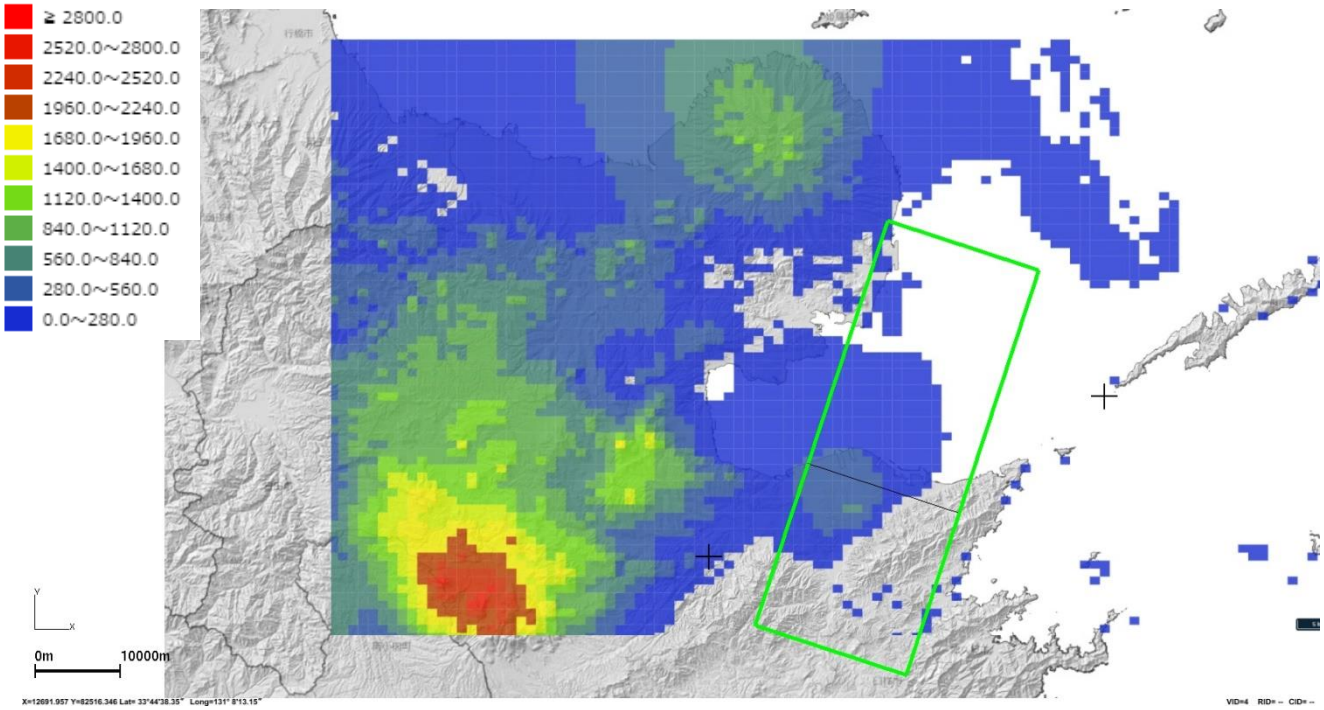
1 -113　ID51.



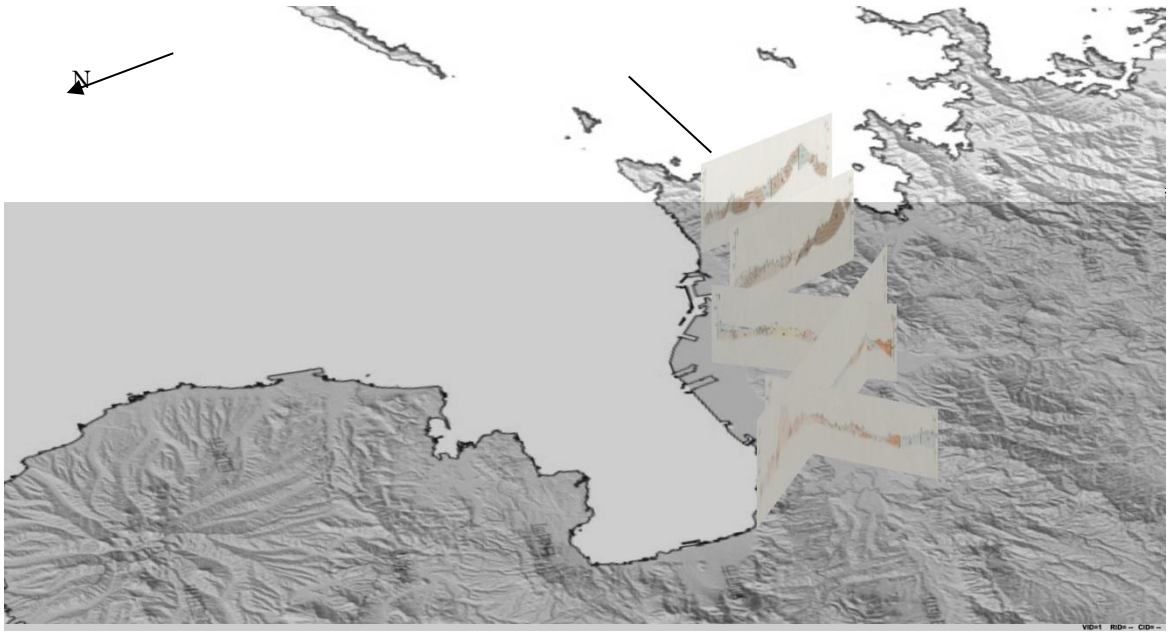
1 -581　ID51.



1 -582 ID51. ( )



1 -583 ID51. ( )



1 -584 ID51.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI　　1 -585　　3　　1 -586

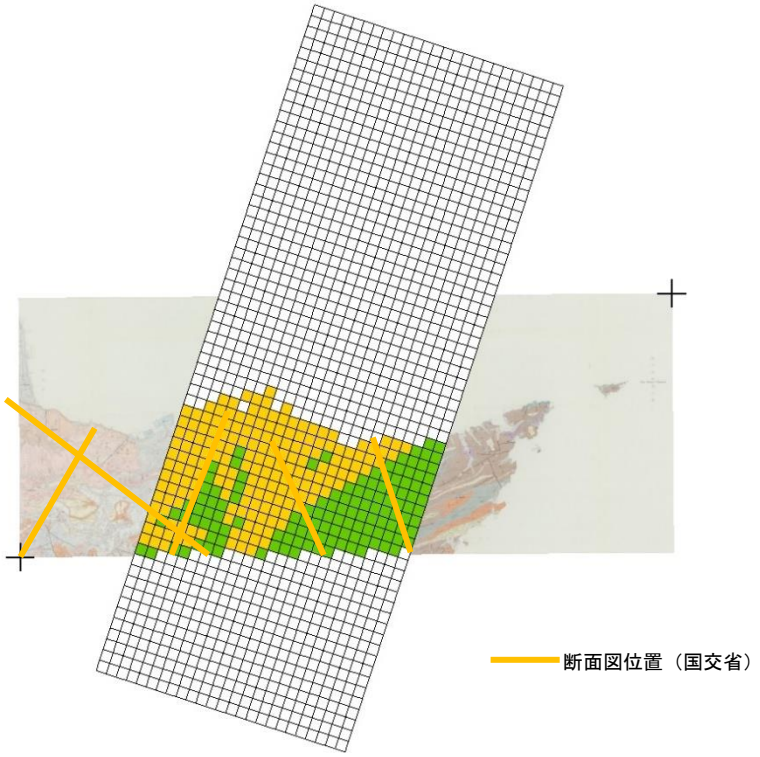
1 -588　　1 -114

1 -589

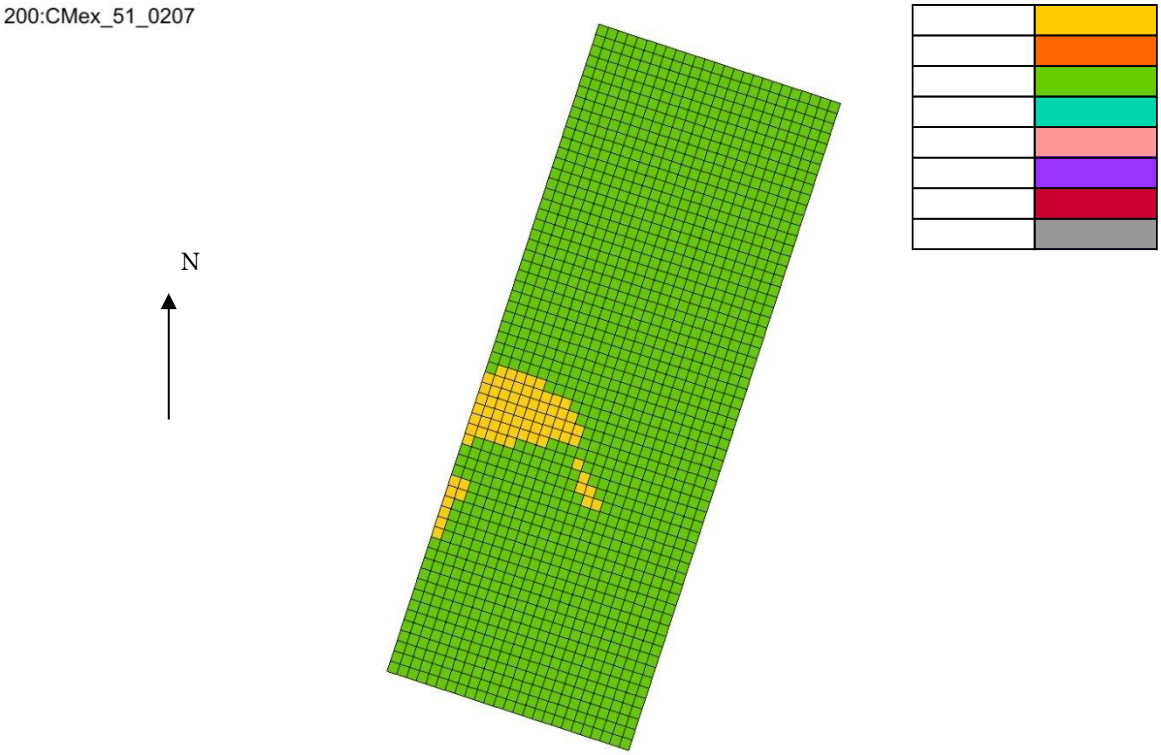
1 -114 ID51. AI

1 -586　　1 -585　　AI

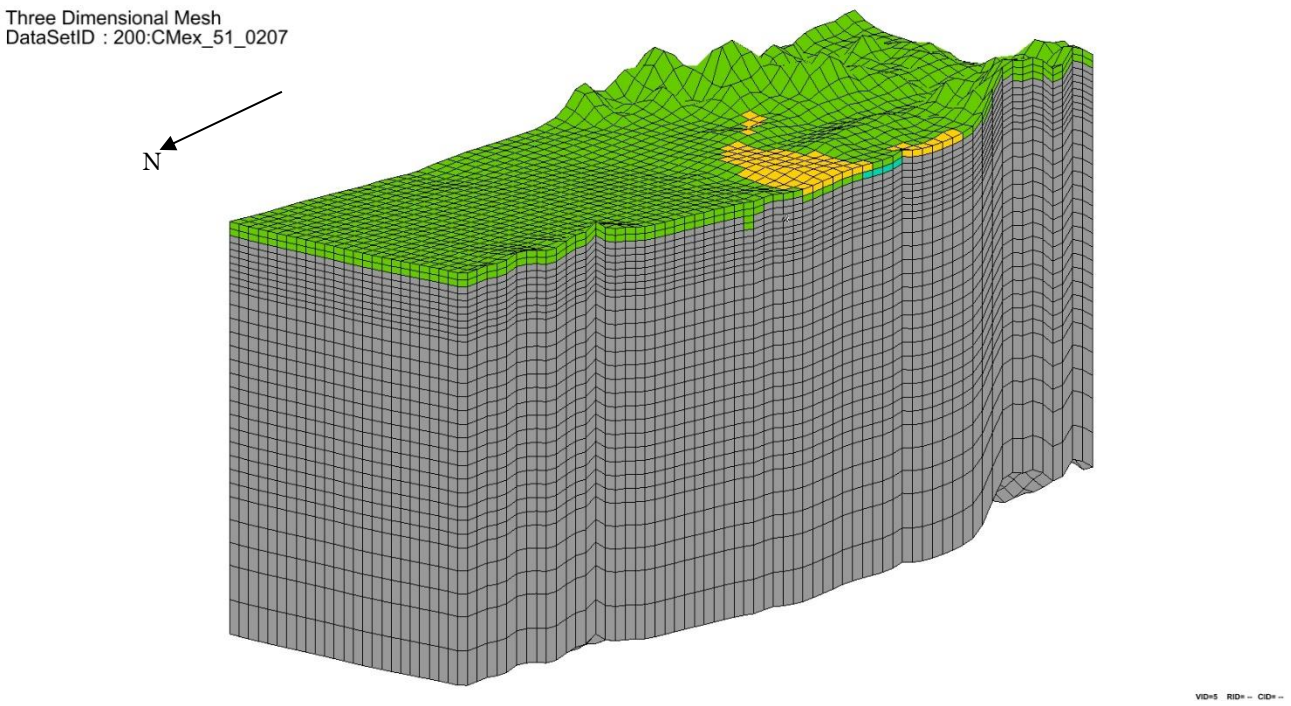
ID



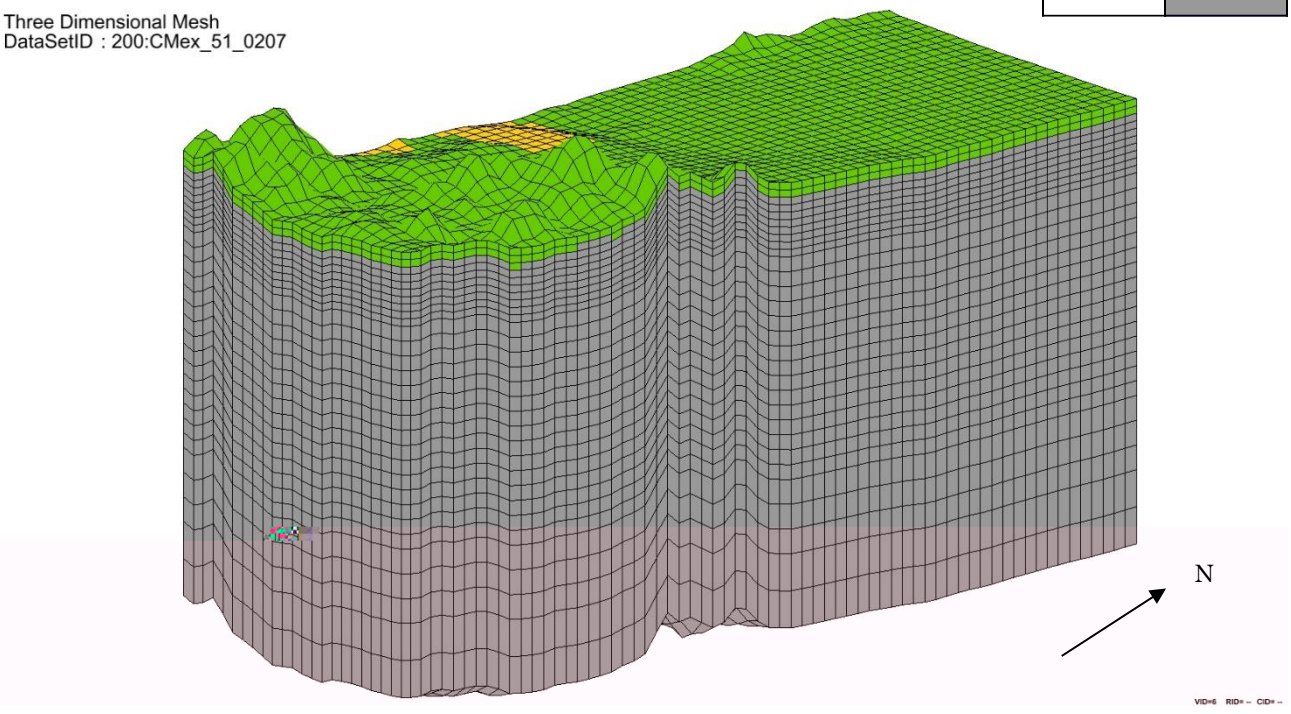
1 -585　ID51.



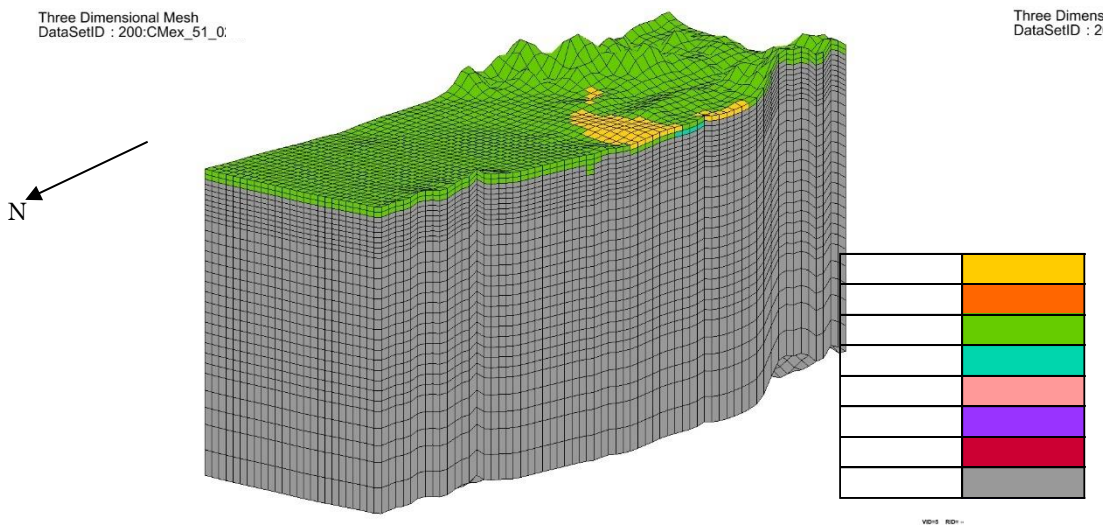
1 -586　ID51.　　AI

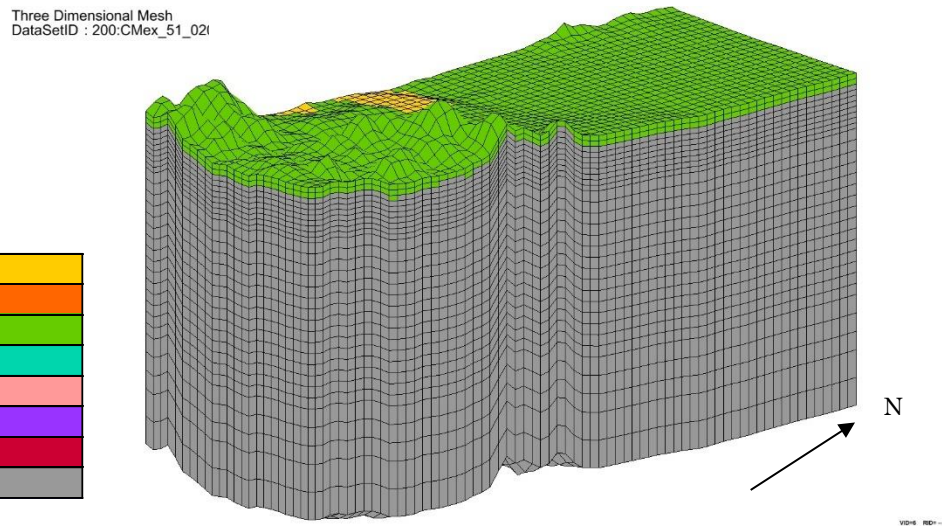


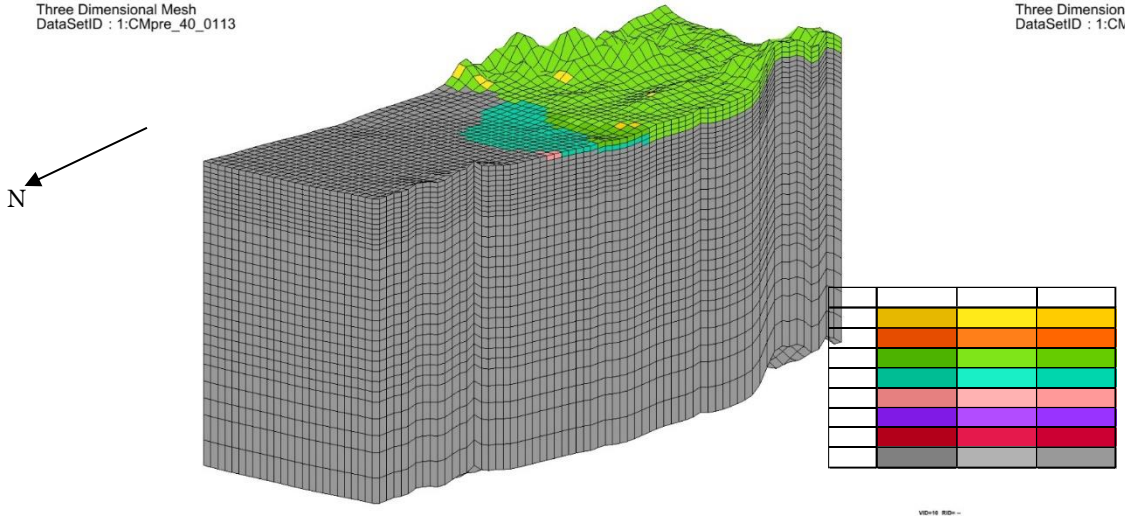
1 -587 ID51. AI 3 (1)

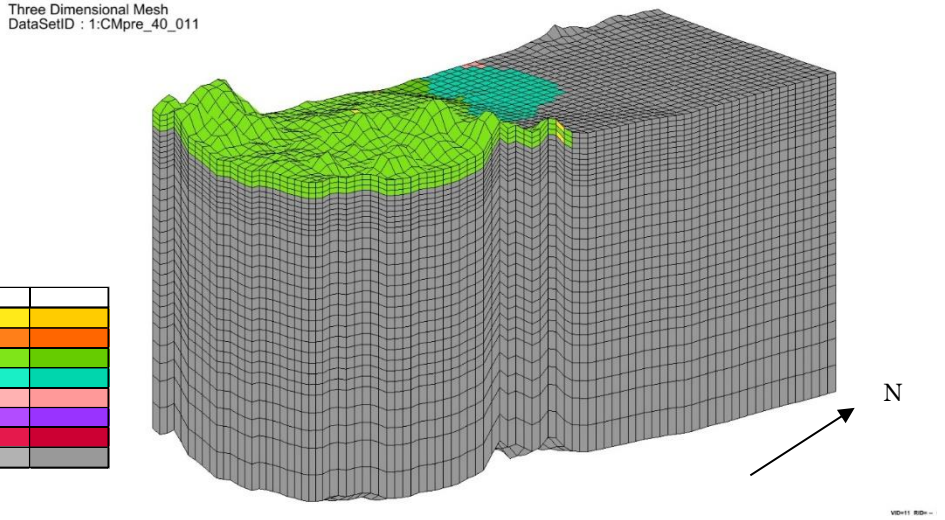


1 -588 ID51. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_51_0
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_51_02
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_40_0113
N

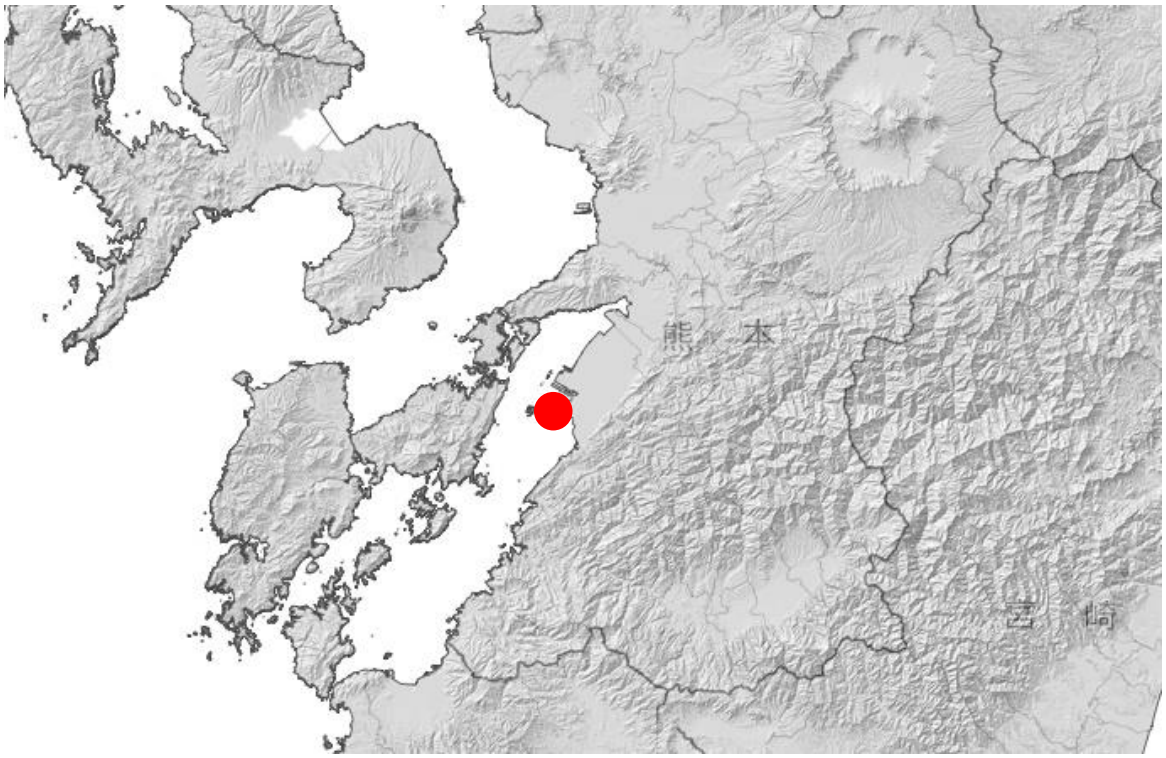

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_40_011
N

1 -589 ID51. 3

ID.52 八代

モデル化位置

1 -590



1 -590　　ID52.

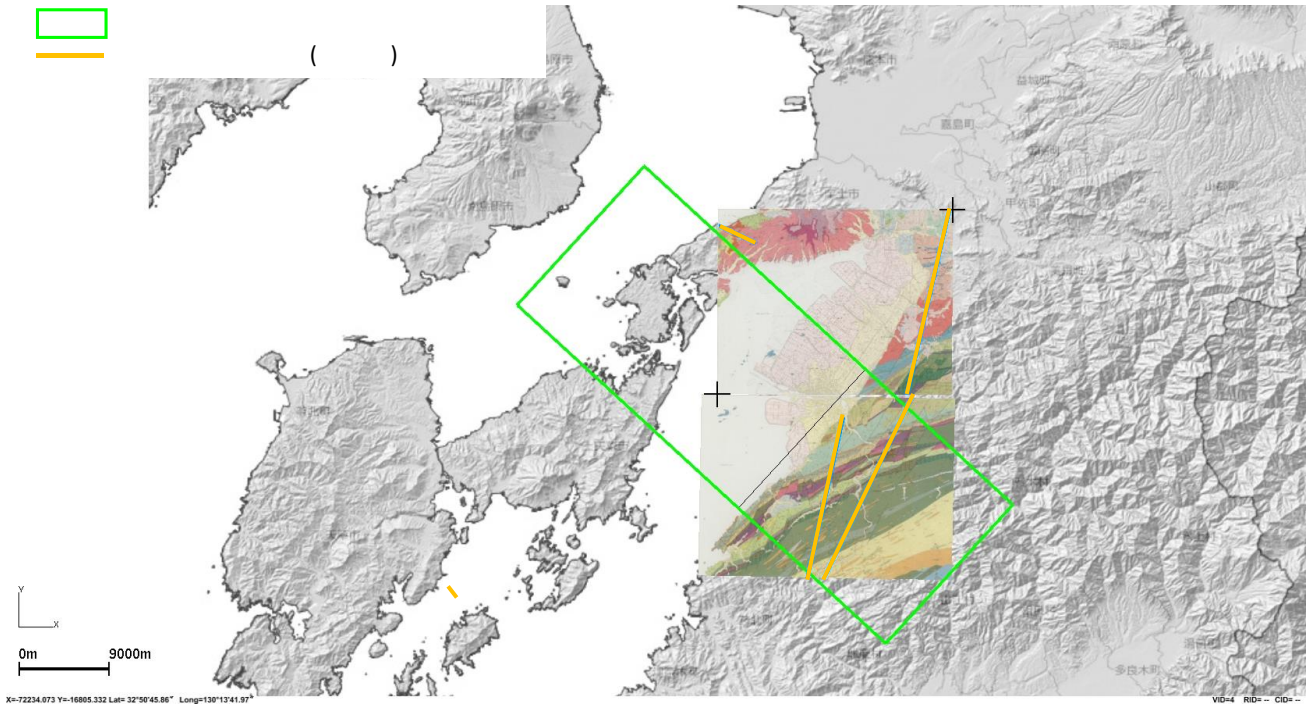
地域概要

引用データ

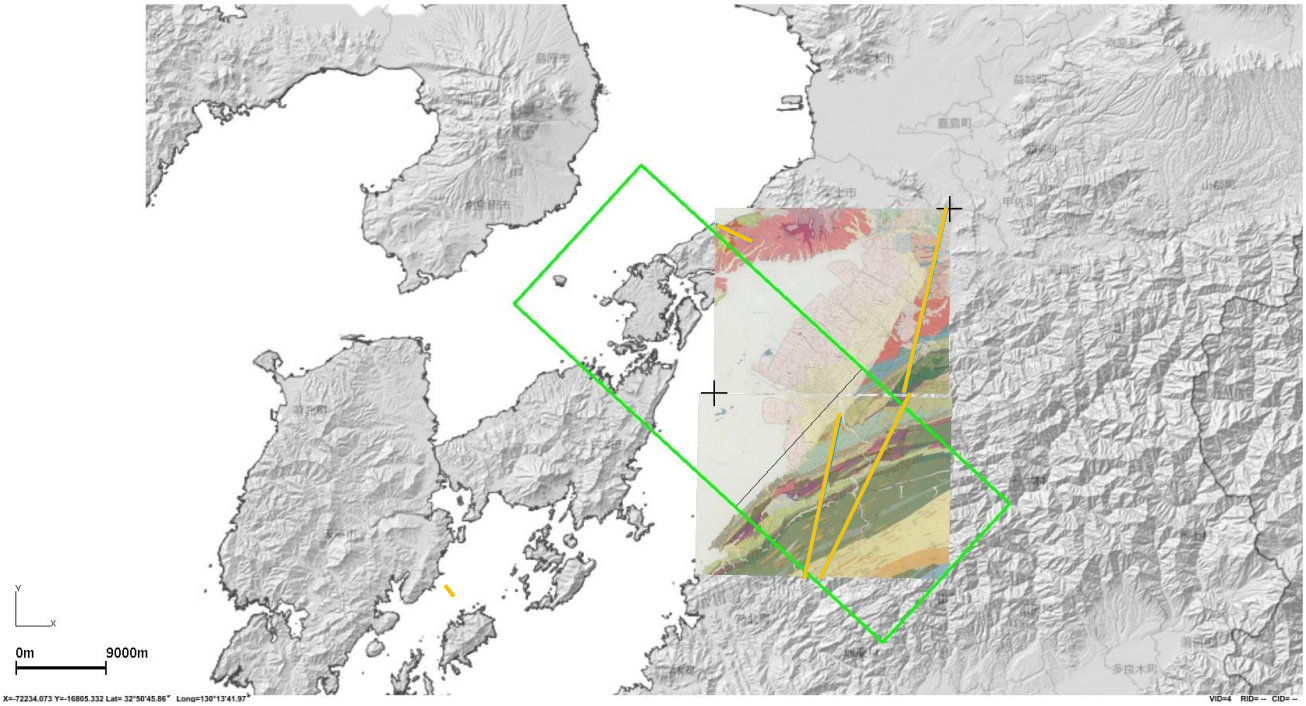
1 -115　　1 -591

1 -593　　1 -591

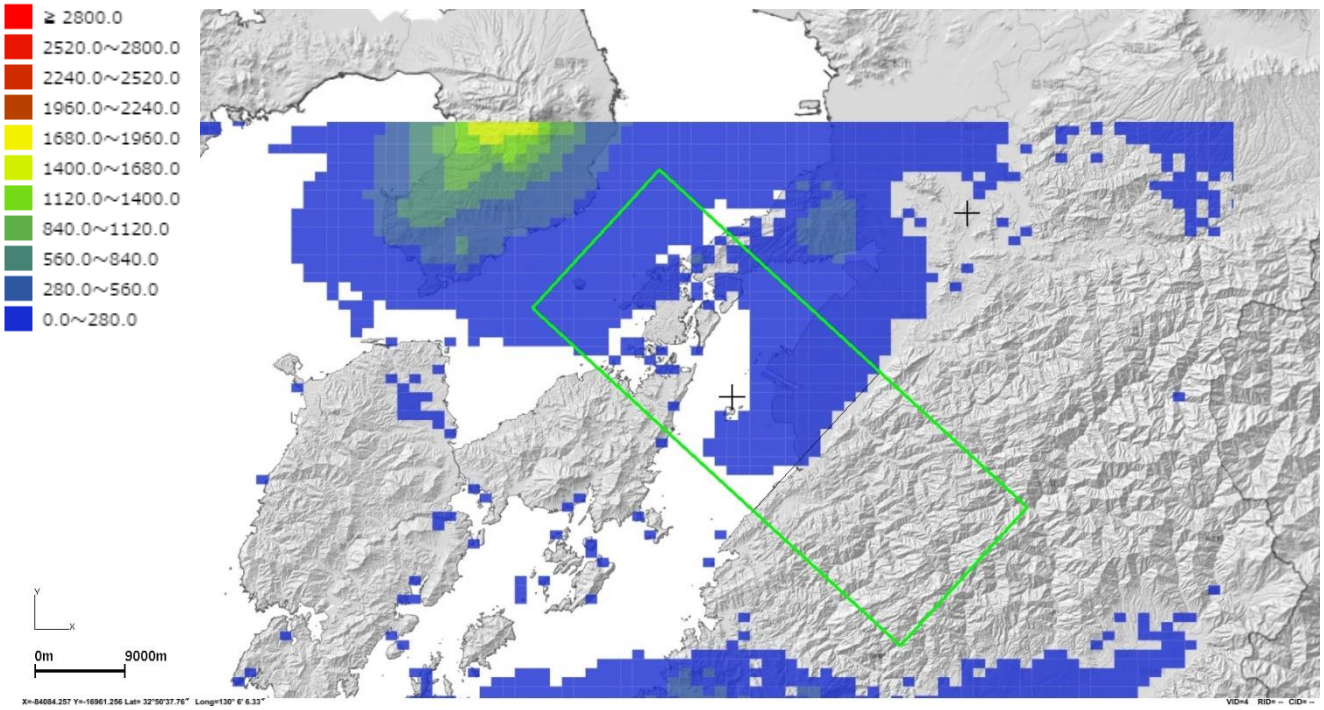
1 -115　ID52.



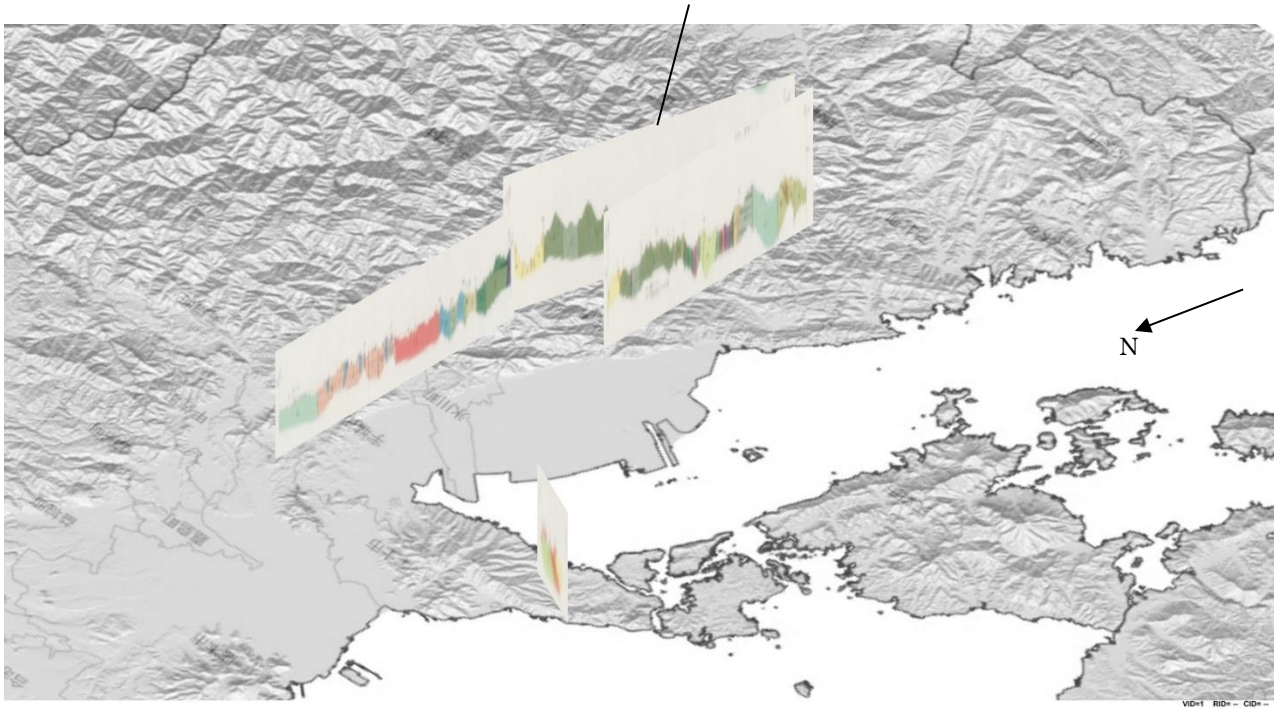
1 -591　ID52.



1 -592 ID52. ( )



1 -593 ID52. ( )



1 -594　　ID52.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1-595 3 1-596

1-600 1-116 1-117

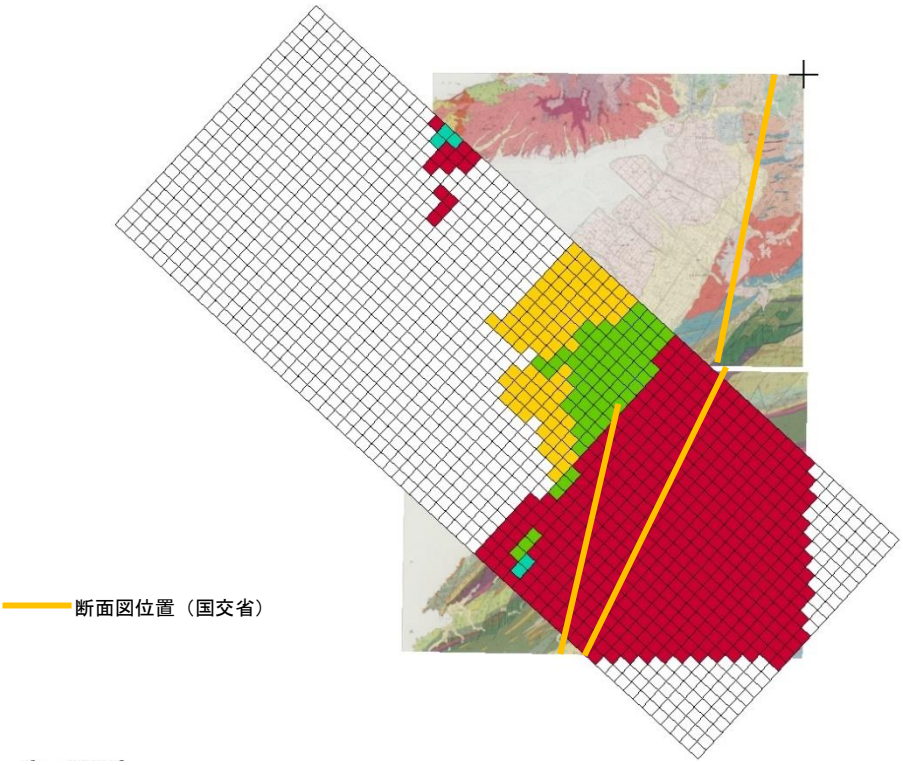
1-601

1-116 ID52. AI 1

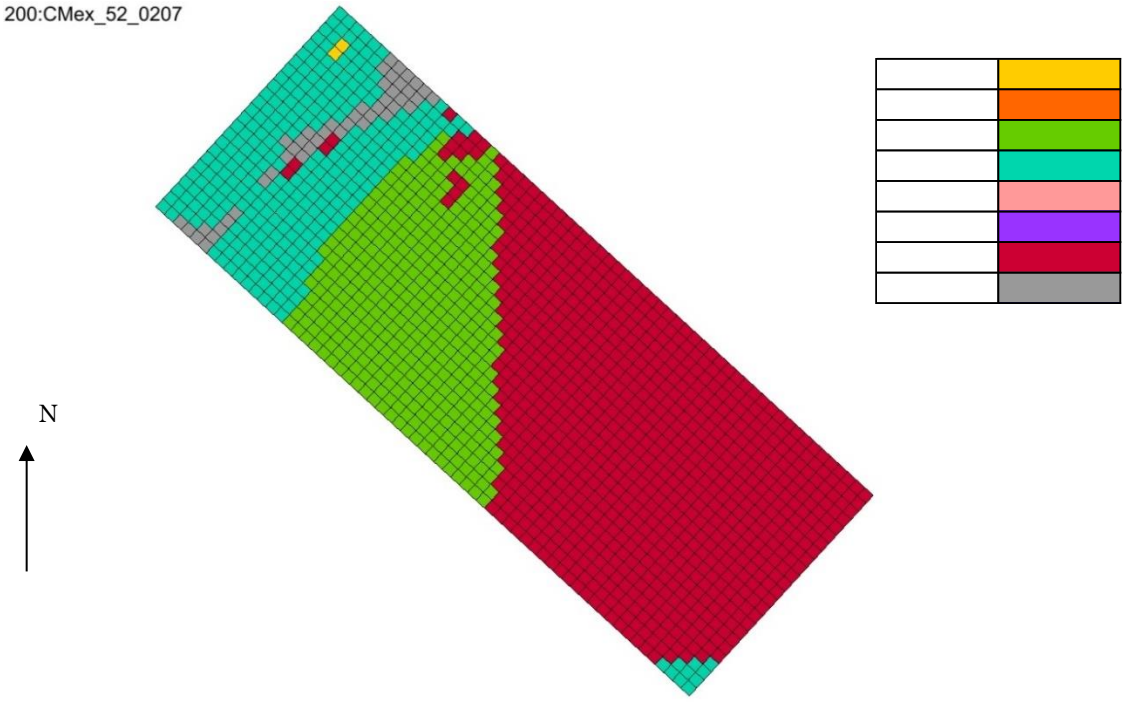
1 -117 ID52. AI 2

1 -596　　1 -595　　AI
ID

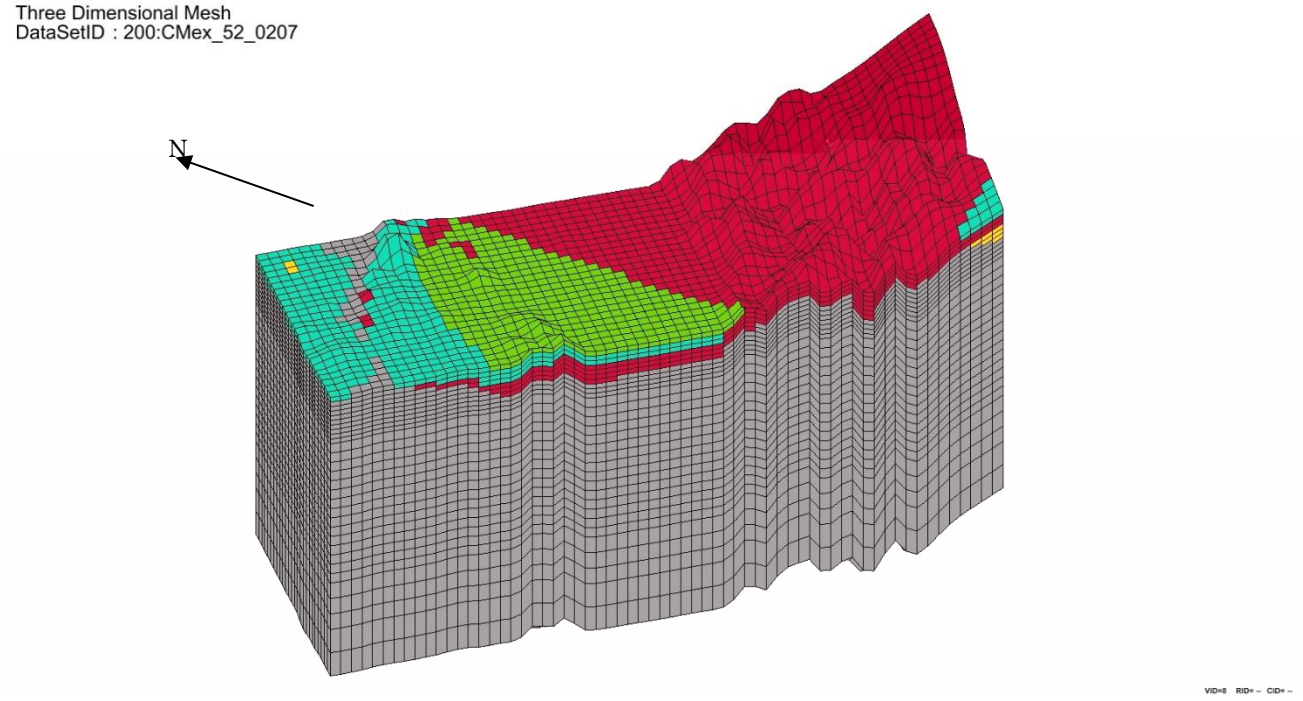
1 -597　　1 -598　　N1
H　　1 -599　　1 -600



1 -595　　ID52.

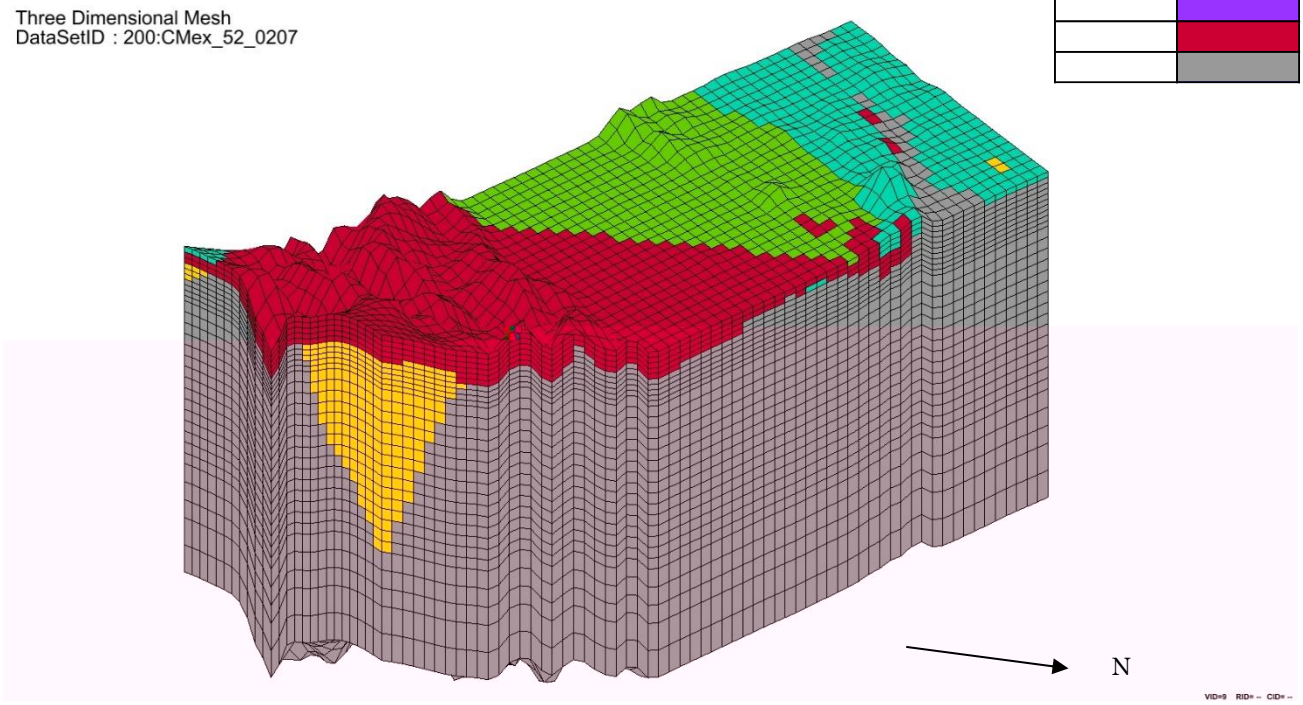


1 -596　　ID52.　　AI



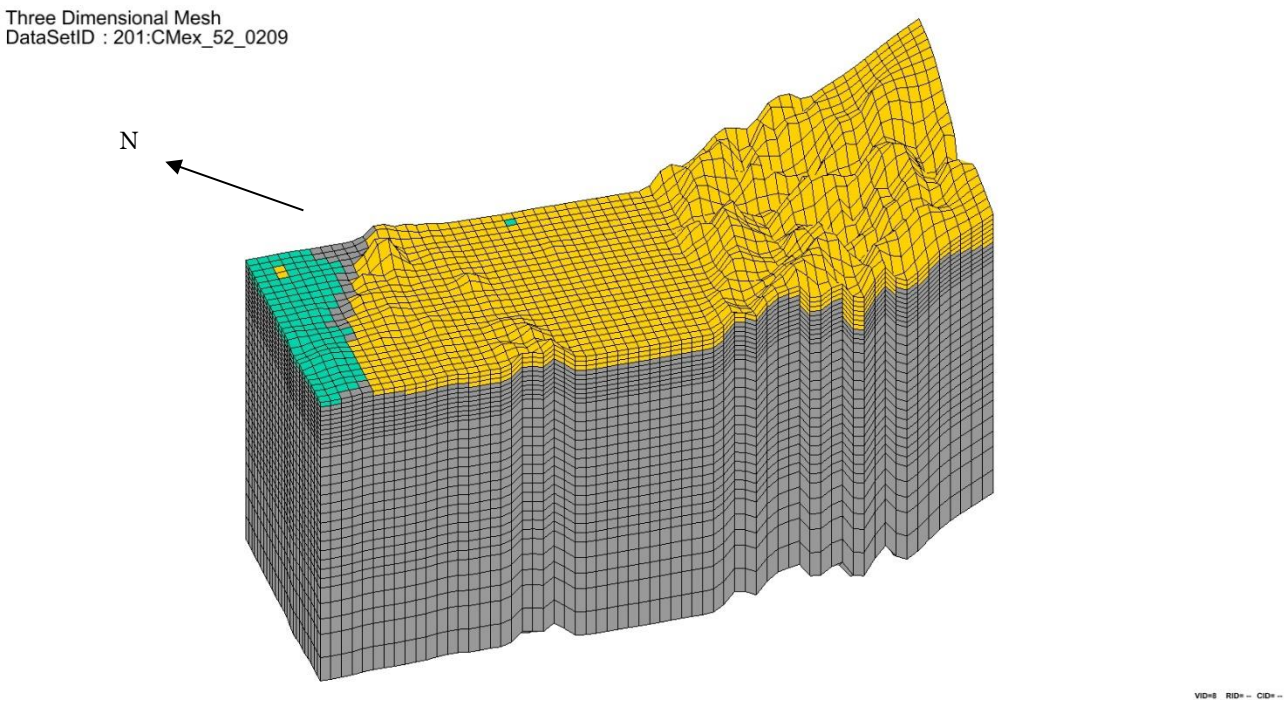
1 -597 ID52. AI

3 (1)



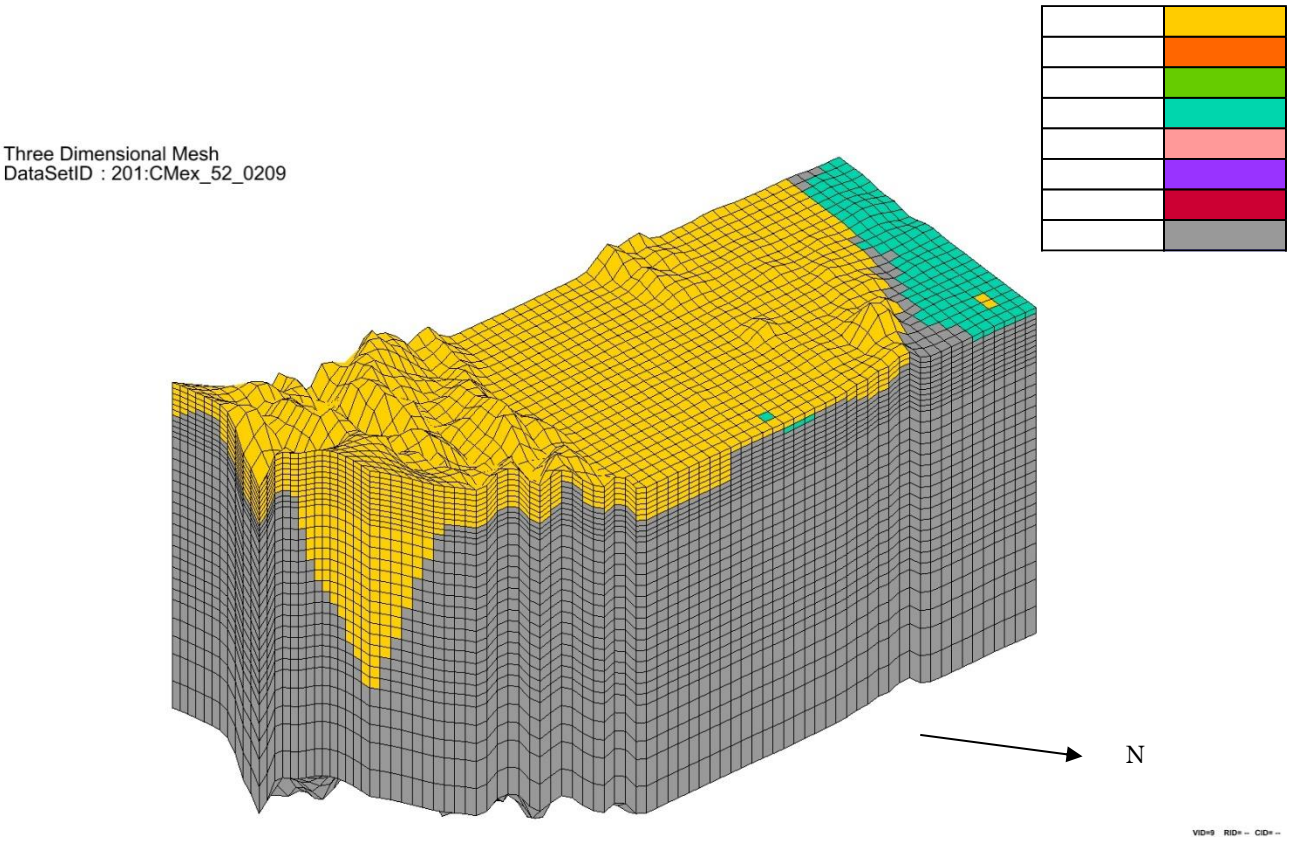
1 -598 ID52. AI

3 (2)



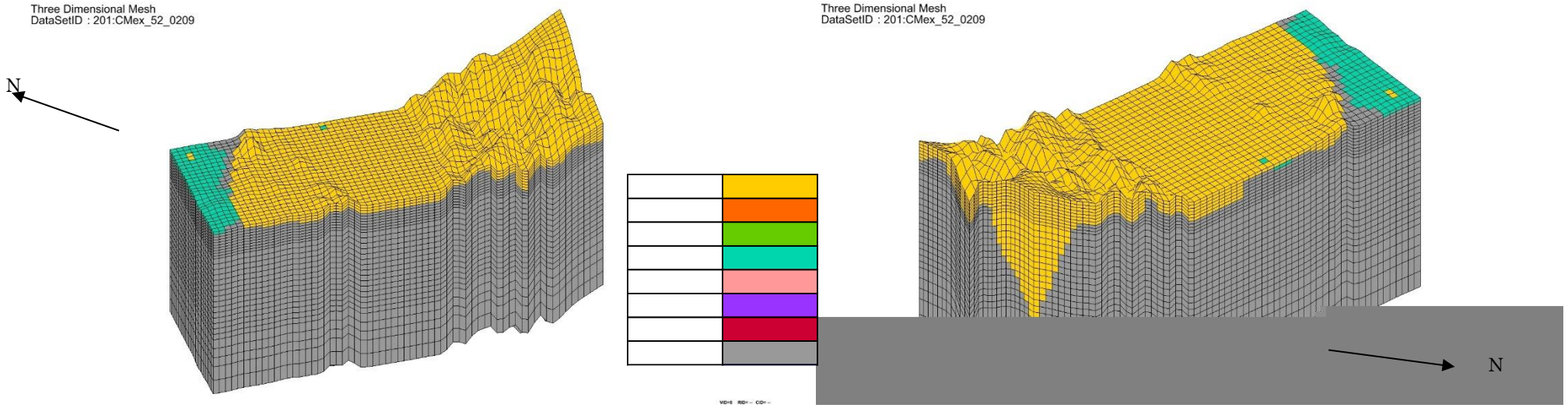
1 -599 ID52. AI

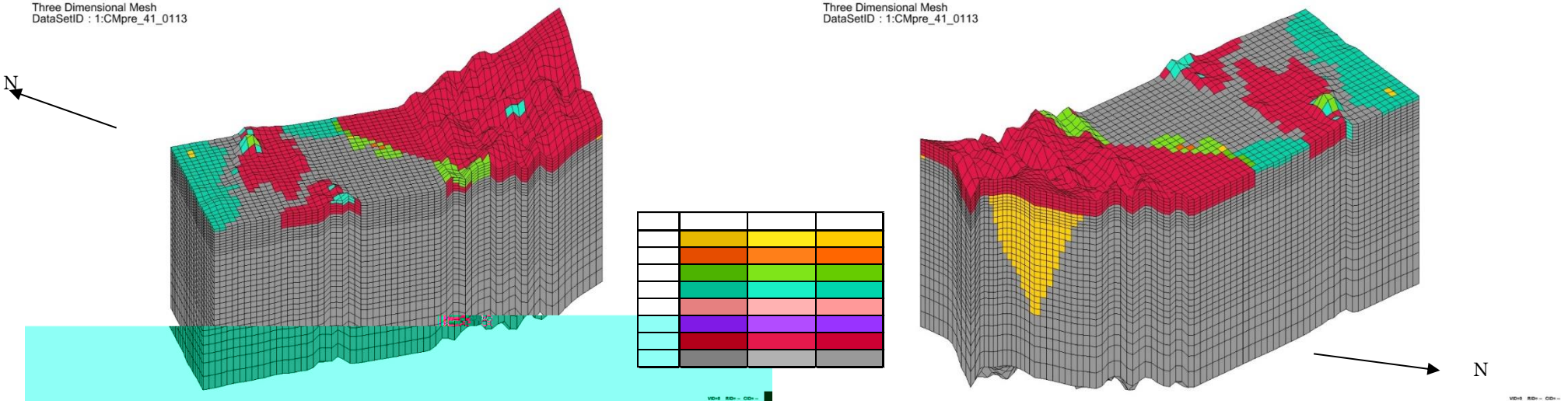
3 (1)



1 -600 ID52. AI

3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_52_0209
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 201:CMex_52_0209
N

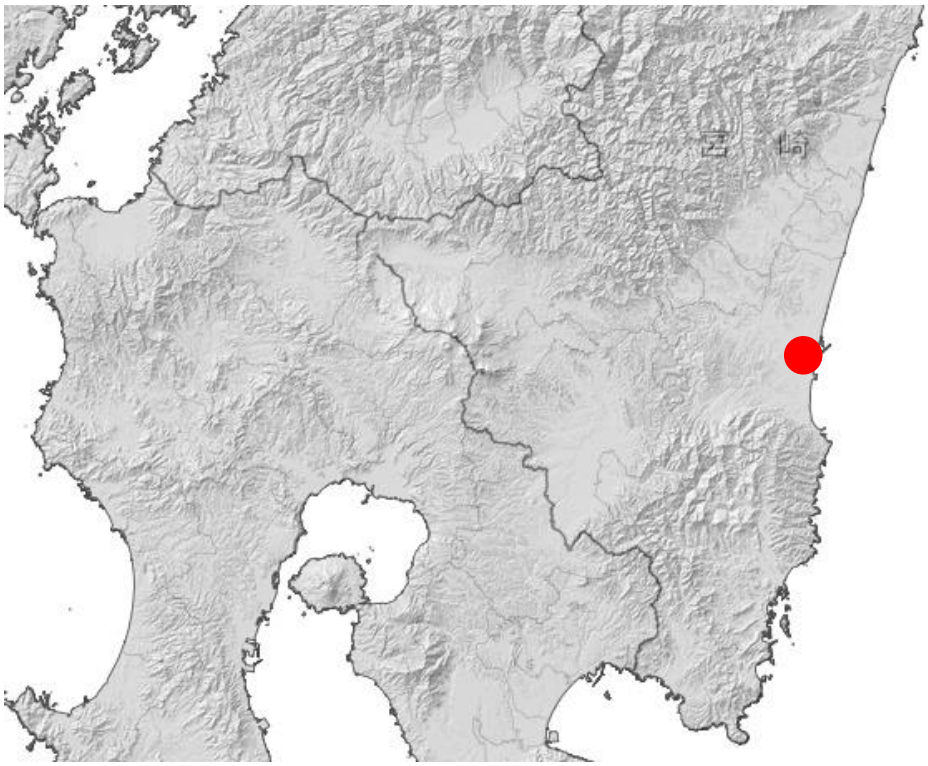

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_41_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_41_0113
N

1 -601 ID52. 3

ID.53 宮崎

モデル化位置

1 -602



1 -602　ID53.

地域概要

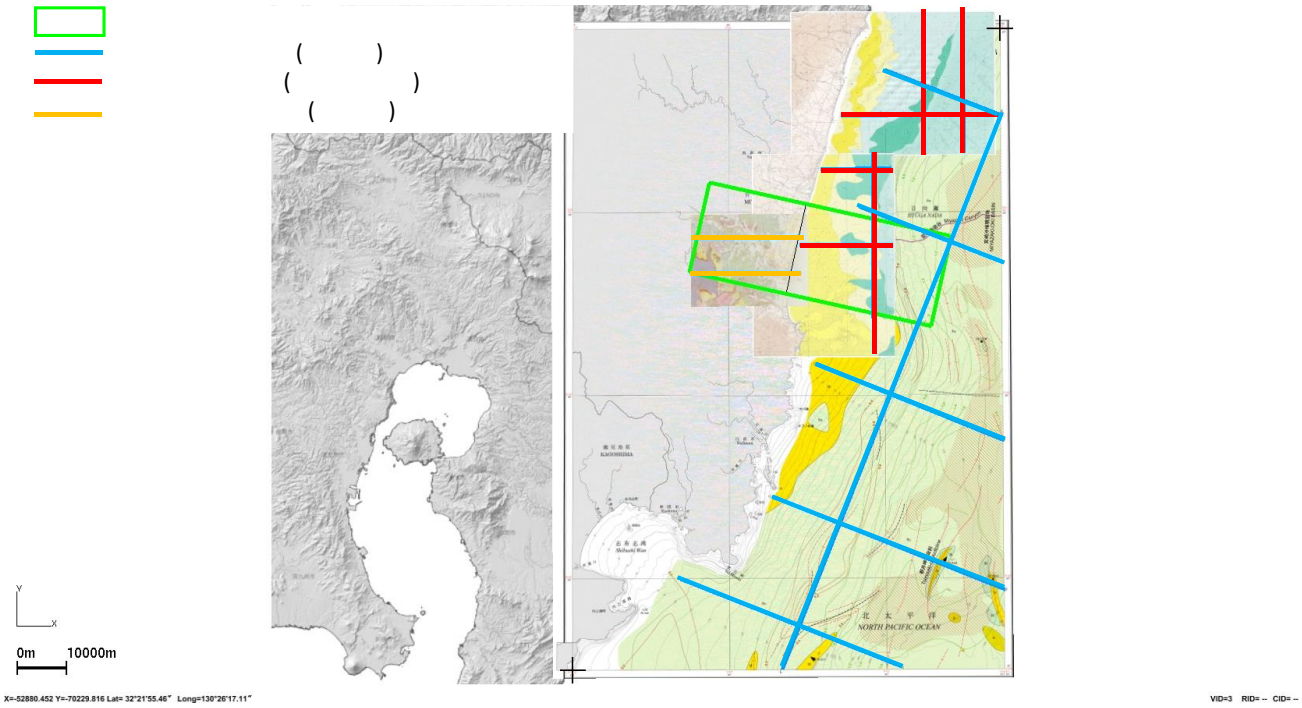
-

引用データ

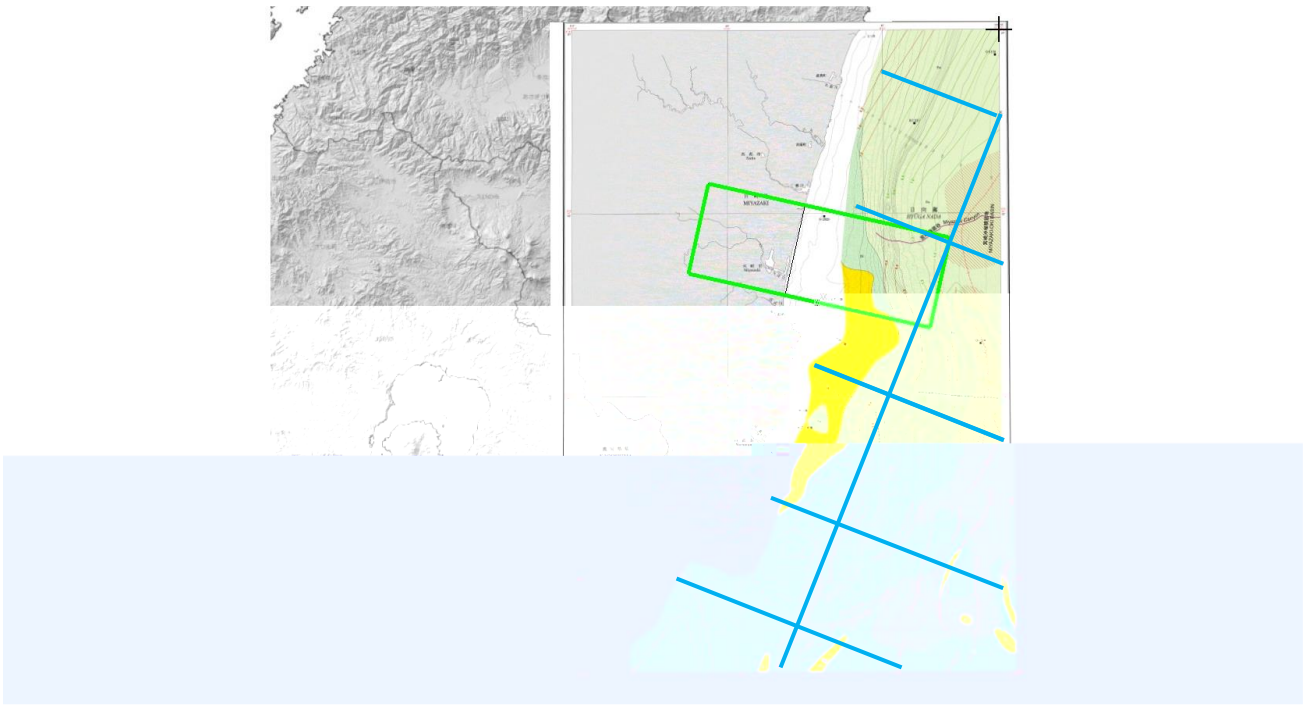
1 -118　　1 -603

1 -607　　1 -608

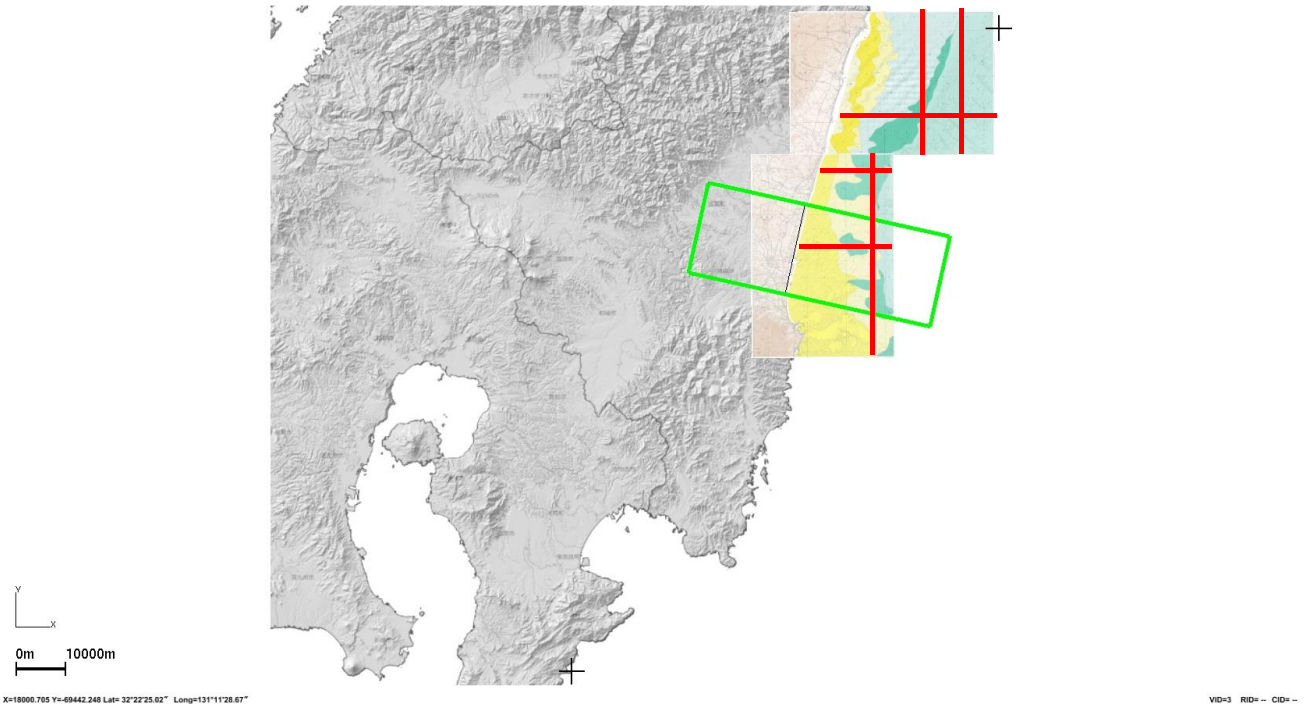
1 -118　ID53.



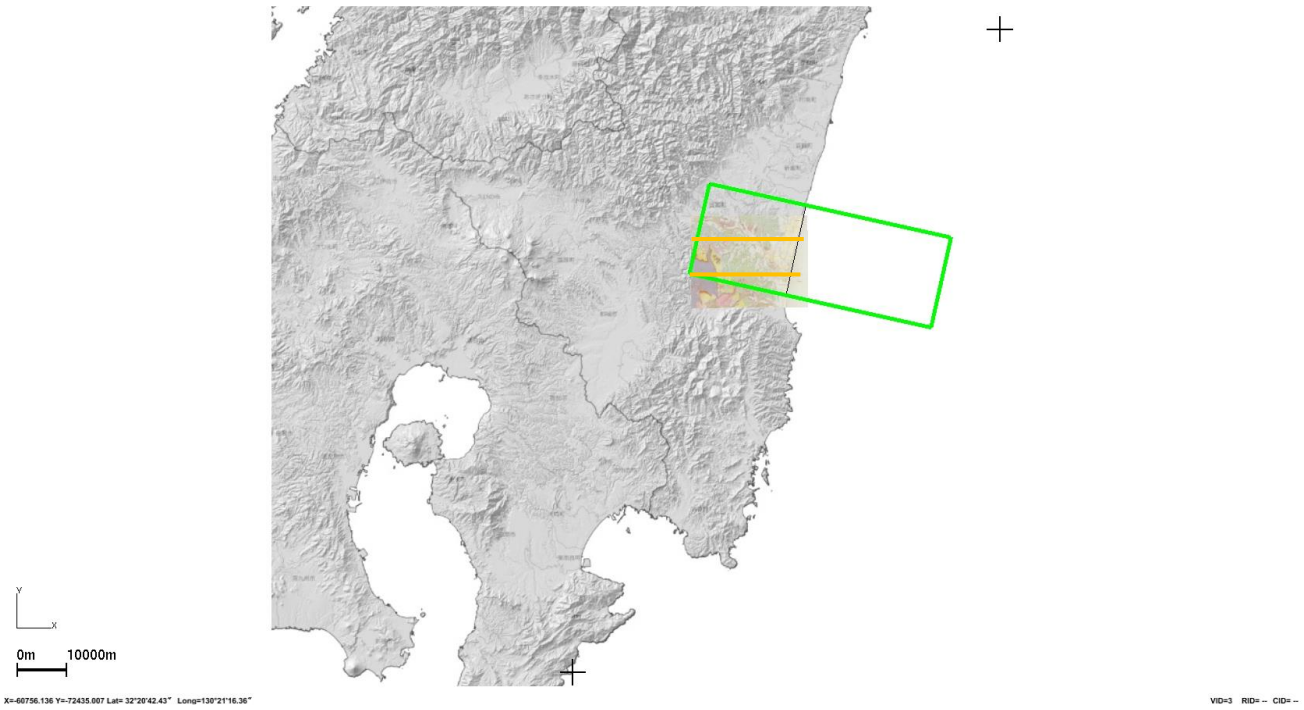
1 -603　ID53.



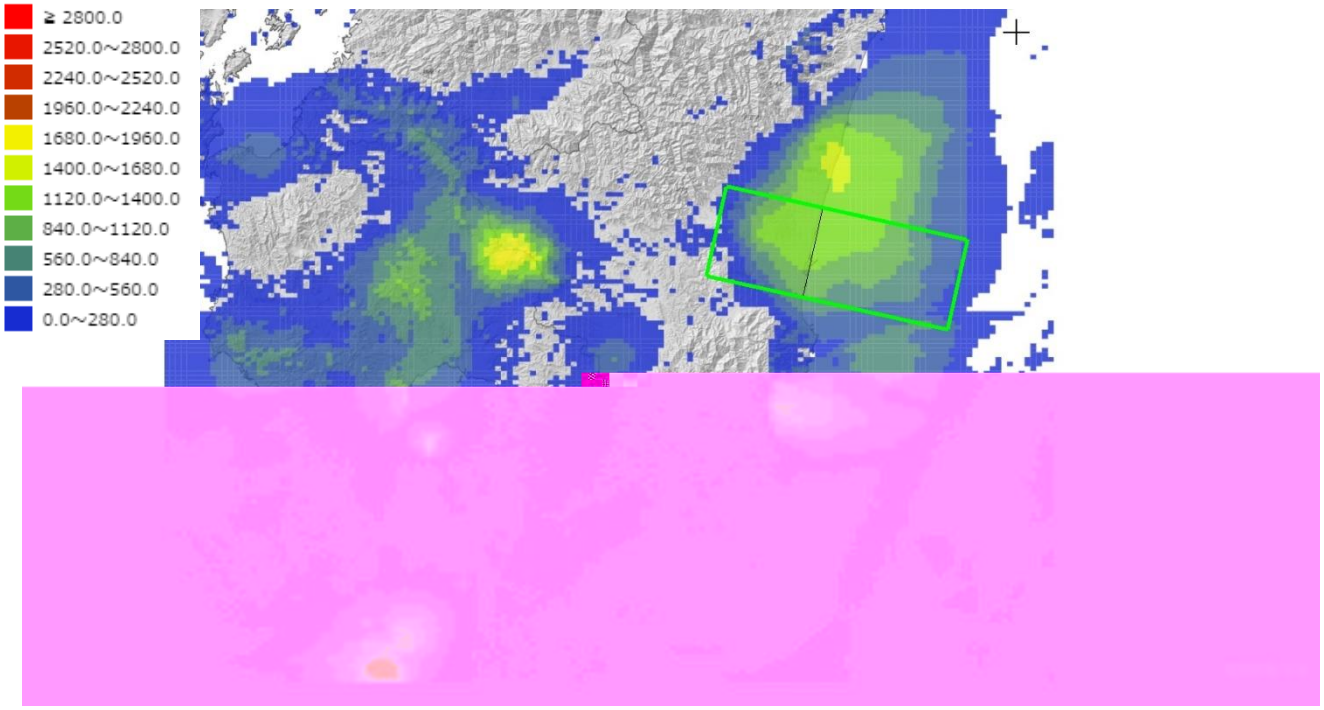
1 -604 ID53. ( )



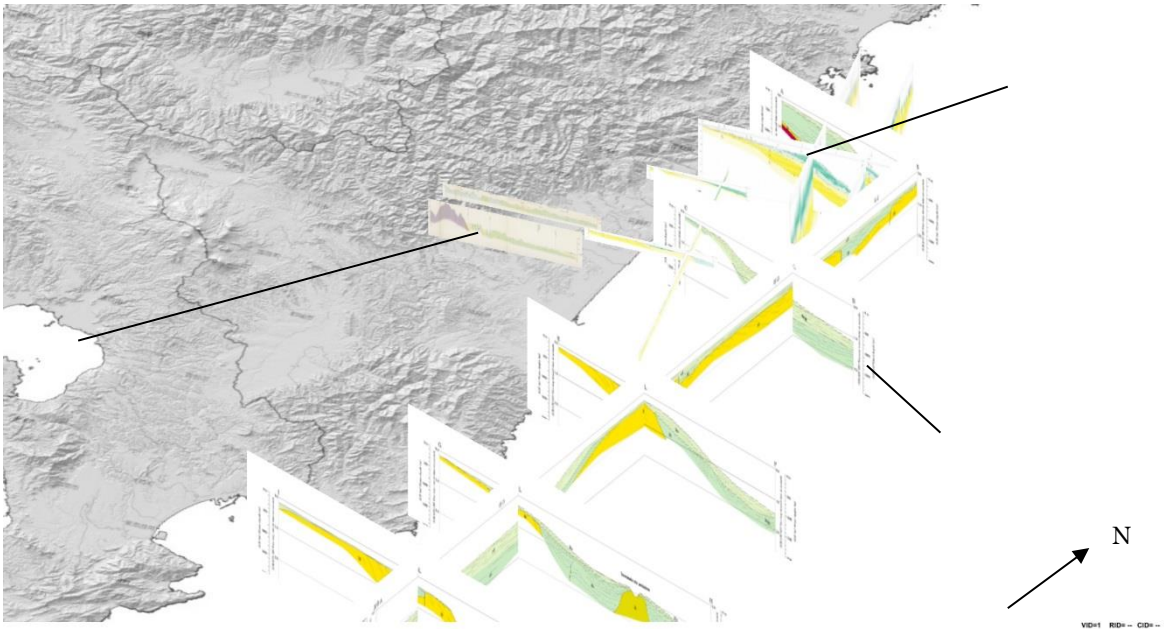
1 -605 ID53. ( )



1 -606 ID53. ( )



1 -607 ID53. ( )



1 -608　ID53.

解析モデル作成方針

20km　　20km　　30km

AI 学習・予測

AI 1 -609 3 1 -610

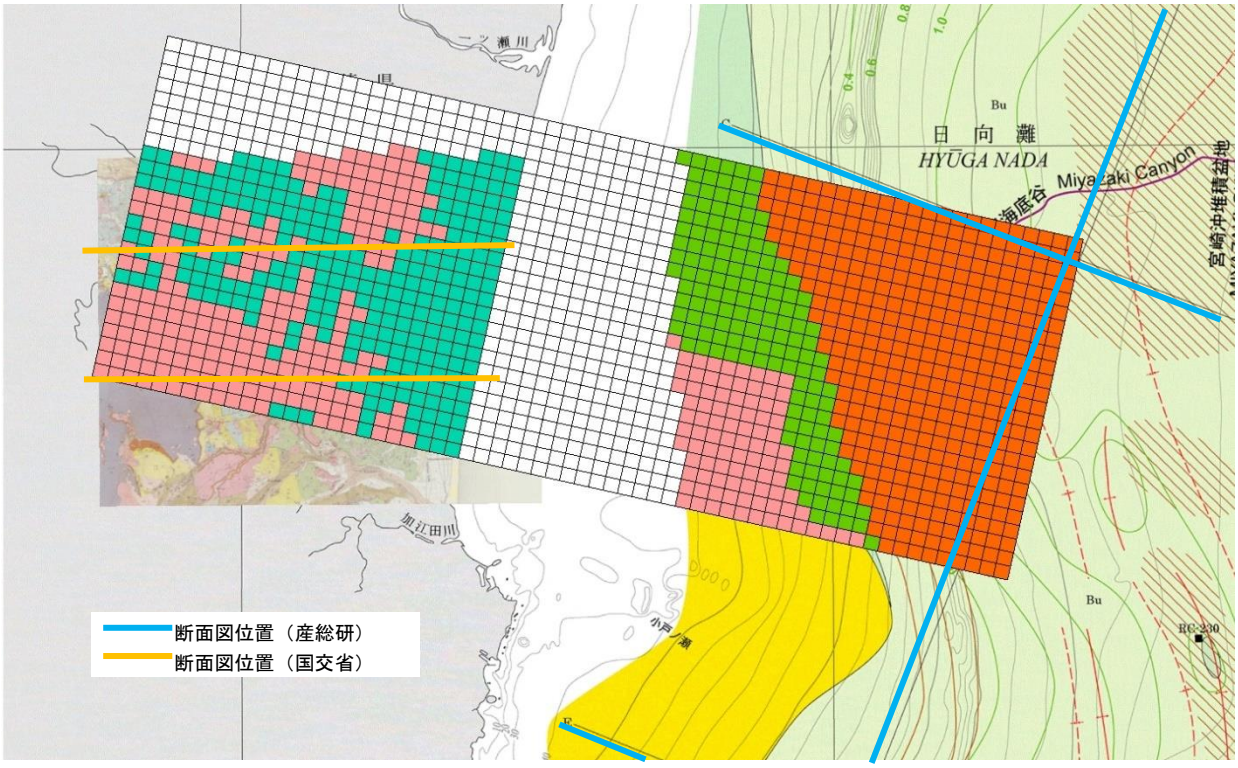
1 -612 1 -119

1 -613

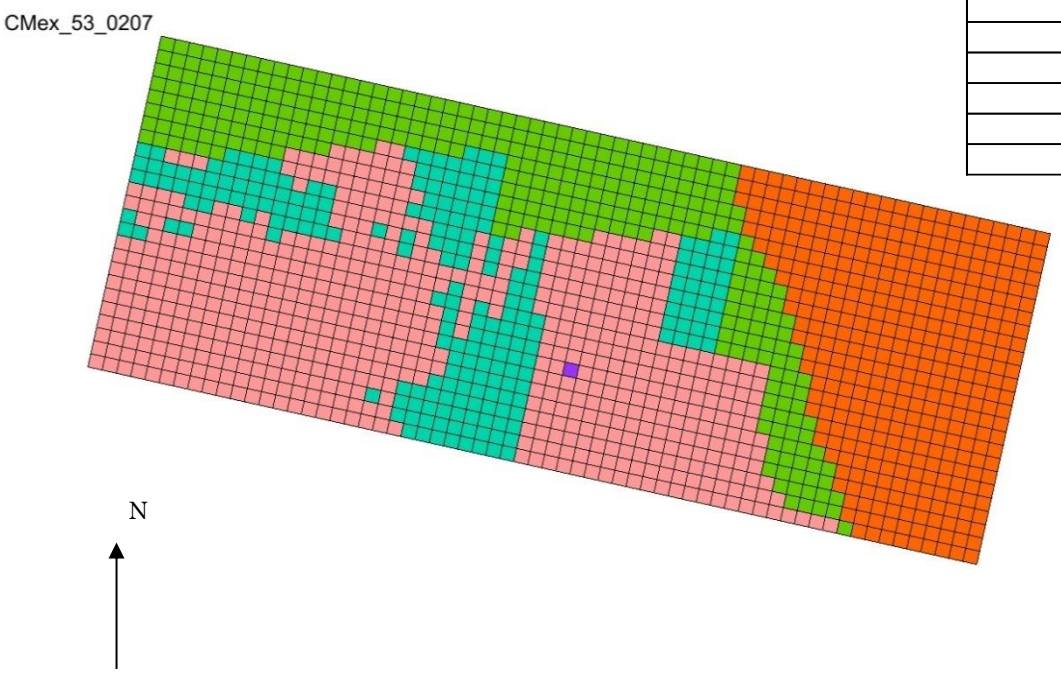
1 -119 ID53. AI

1 -610 1 -609 AI

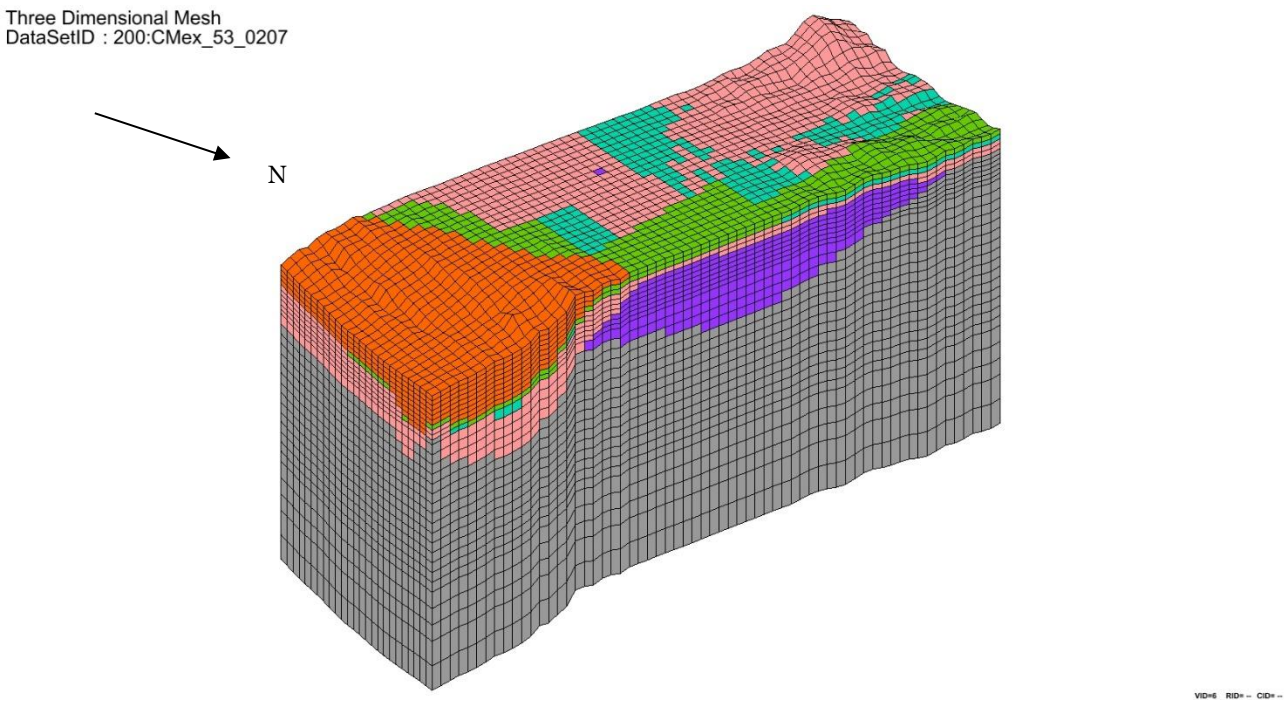
ID



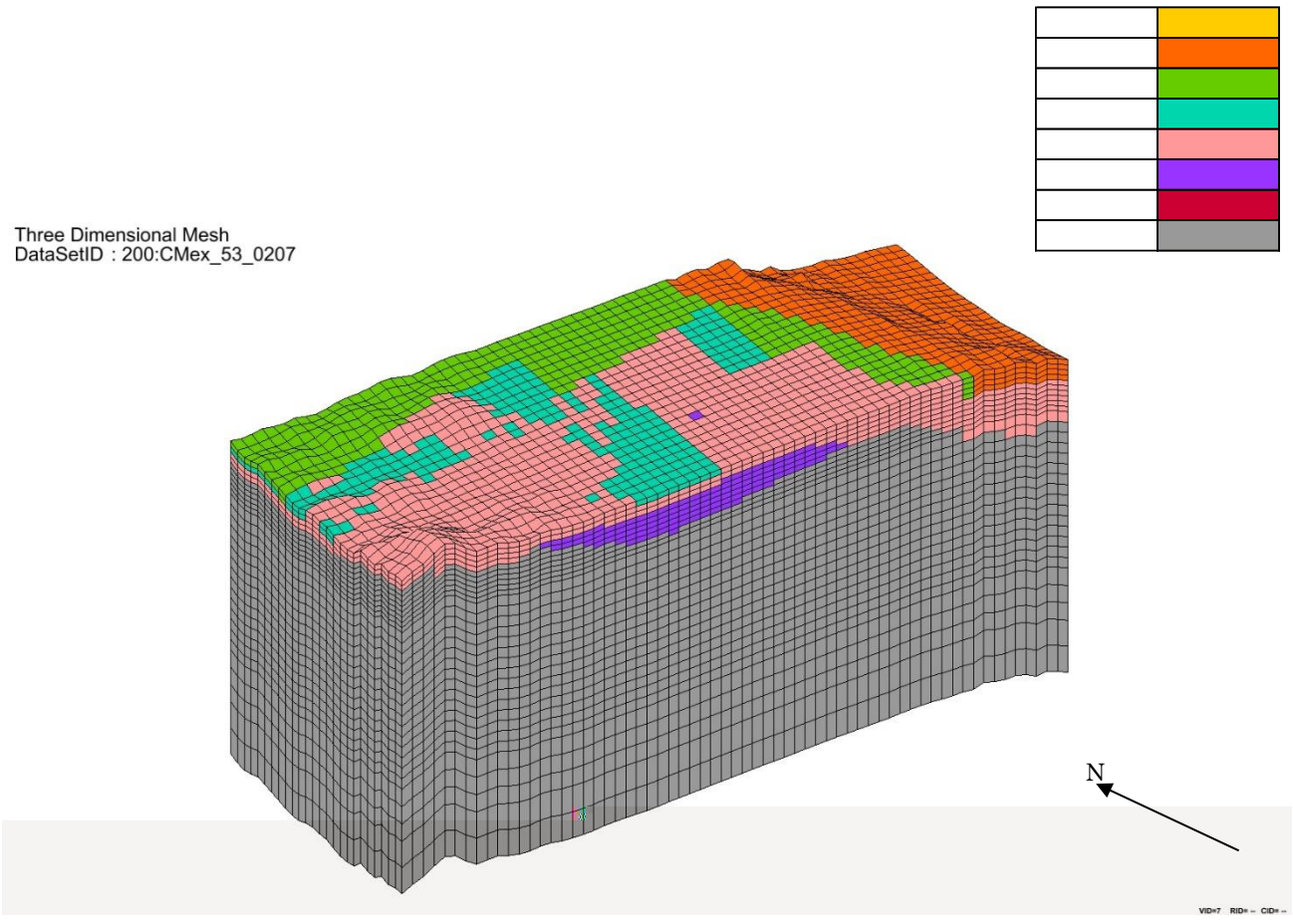
1 -609 ID53.



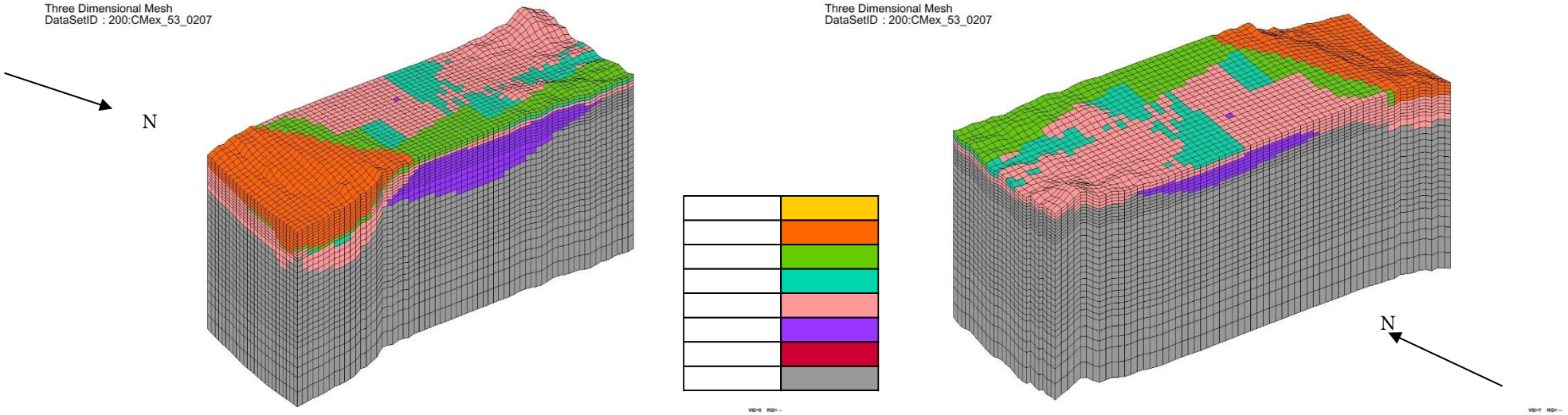
1 -610 ID53. AI

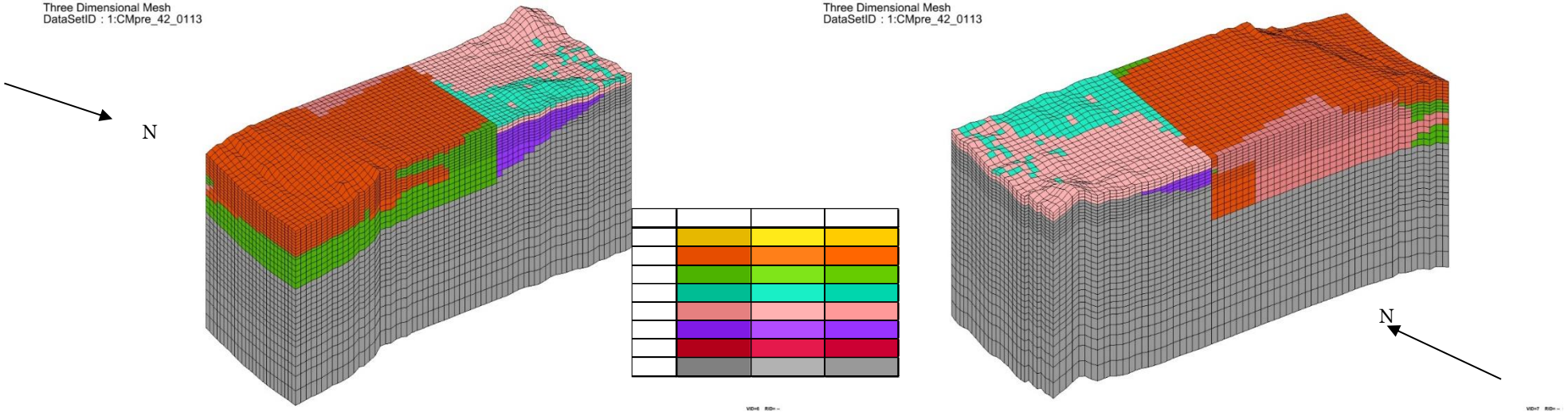


1 -611 ID53. AI 3 (1)



1 -612 ID53. AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_53_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_53_0207
N


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_42_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_42_0113
N

1 -613 ID53. 3

ID.54　笠之原

モデル化位置

1 -614

1 -614　　ID54 .

地域概要

16km

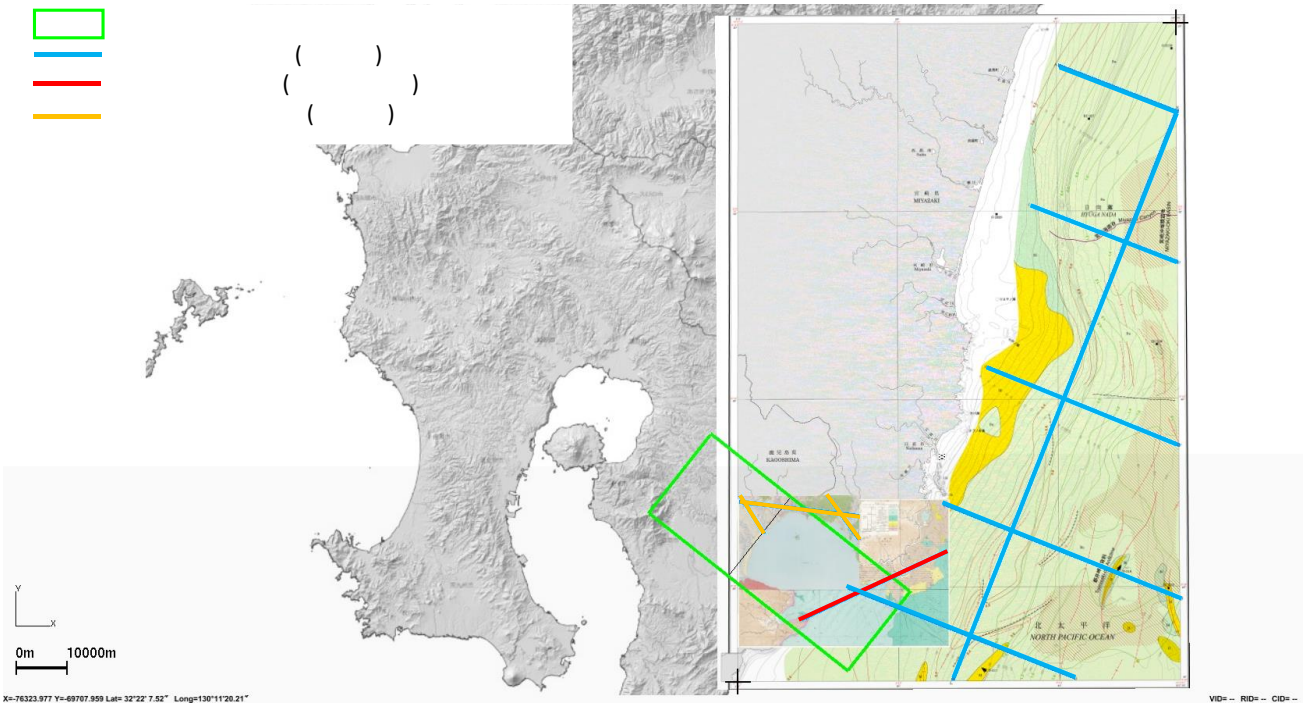
1km　　1

引用データ

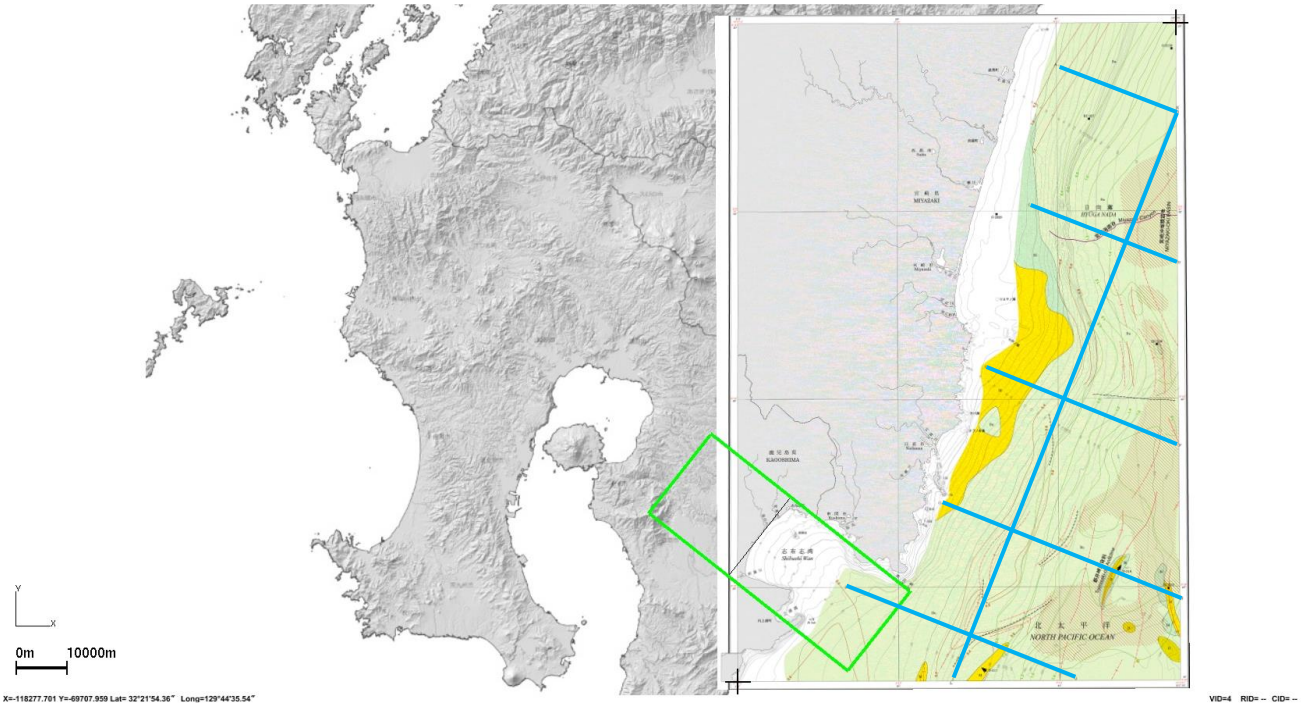
1 -120 1 -615

1 -619 1 -620

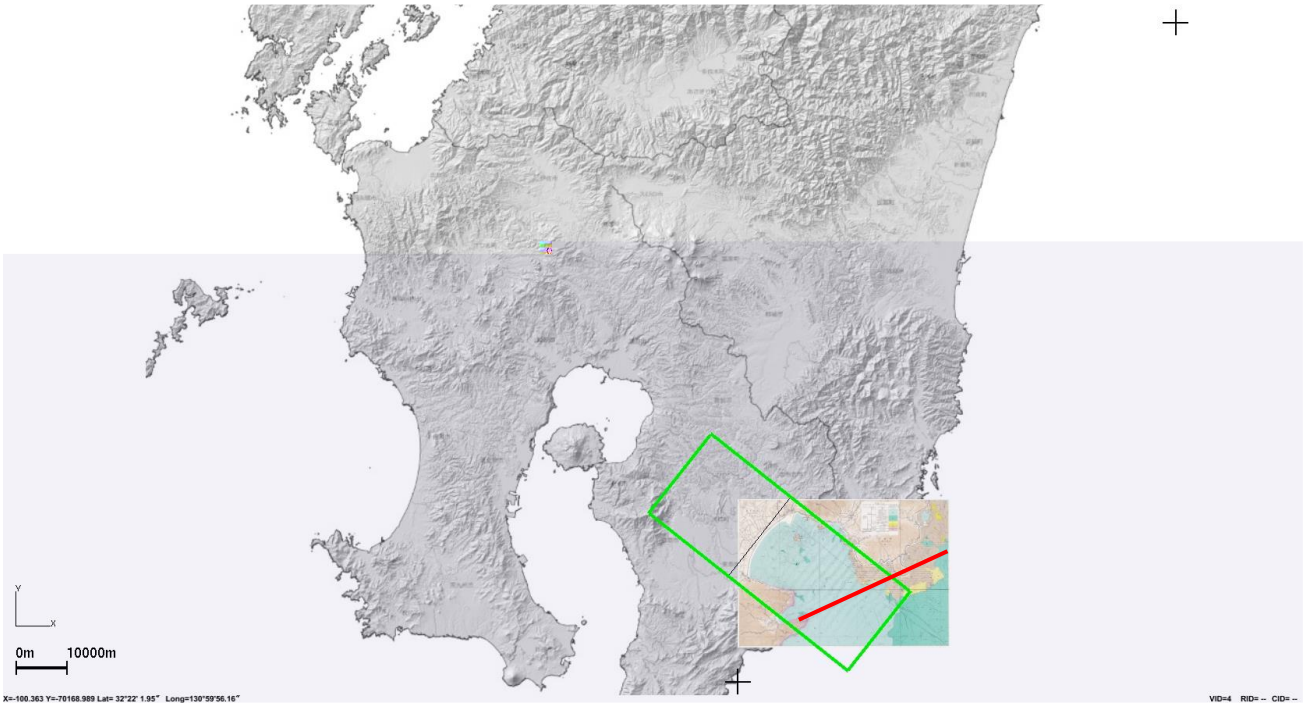
1 -120 ID54 .



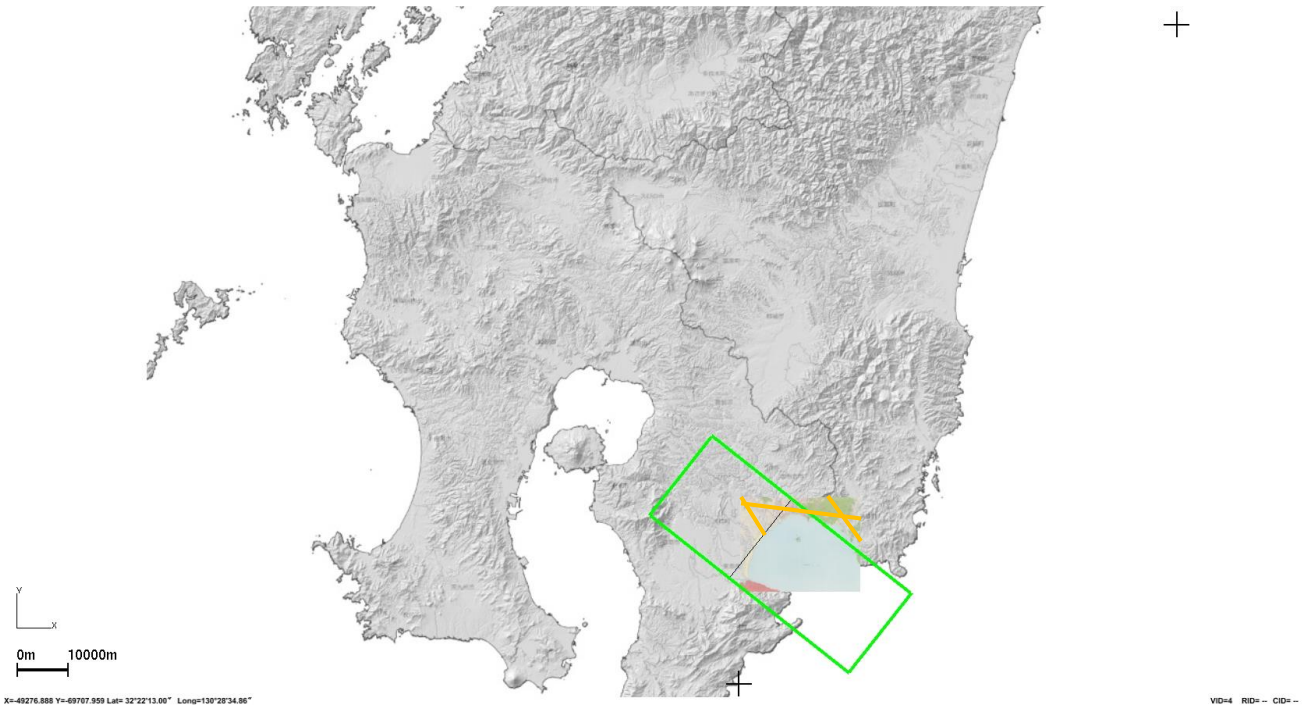
1 -615 ID54 .



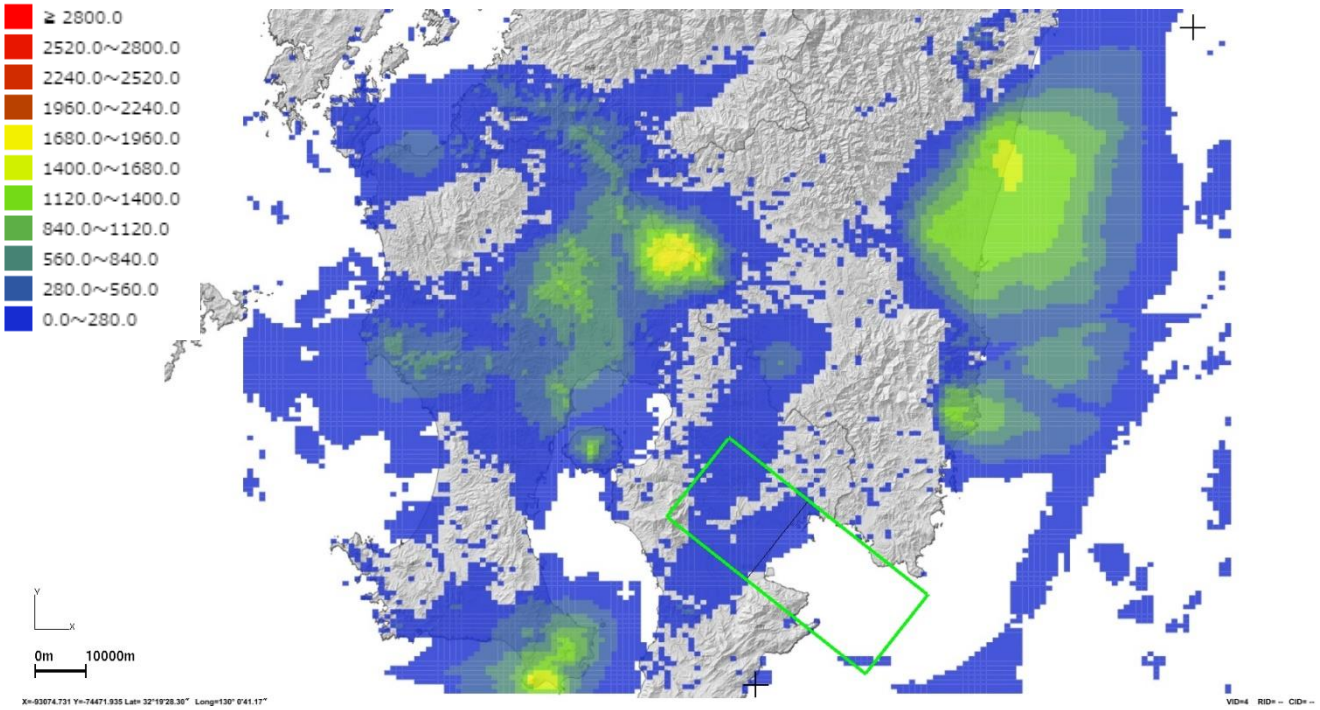
1 -616 ID54 . ( )



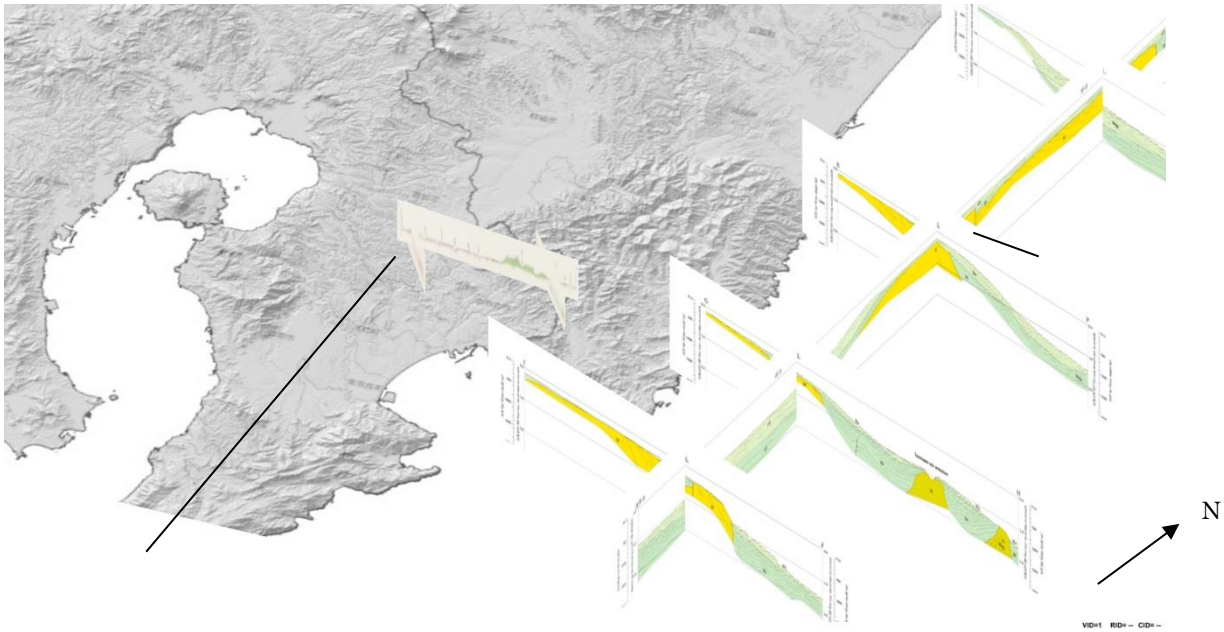
1 -617 ID54 . ( )



1 -618 ID54 . ( )



1 -619 ID54 . ( )



1 -620 ID54 .

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

AI 1 -621 3 1 -622

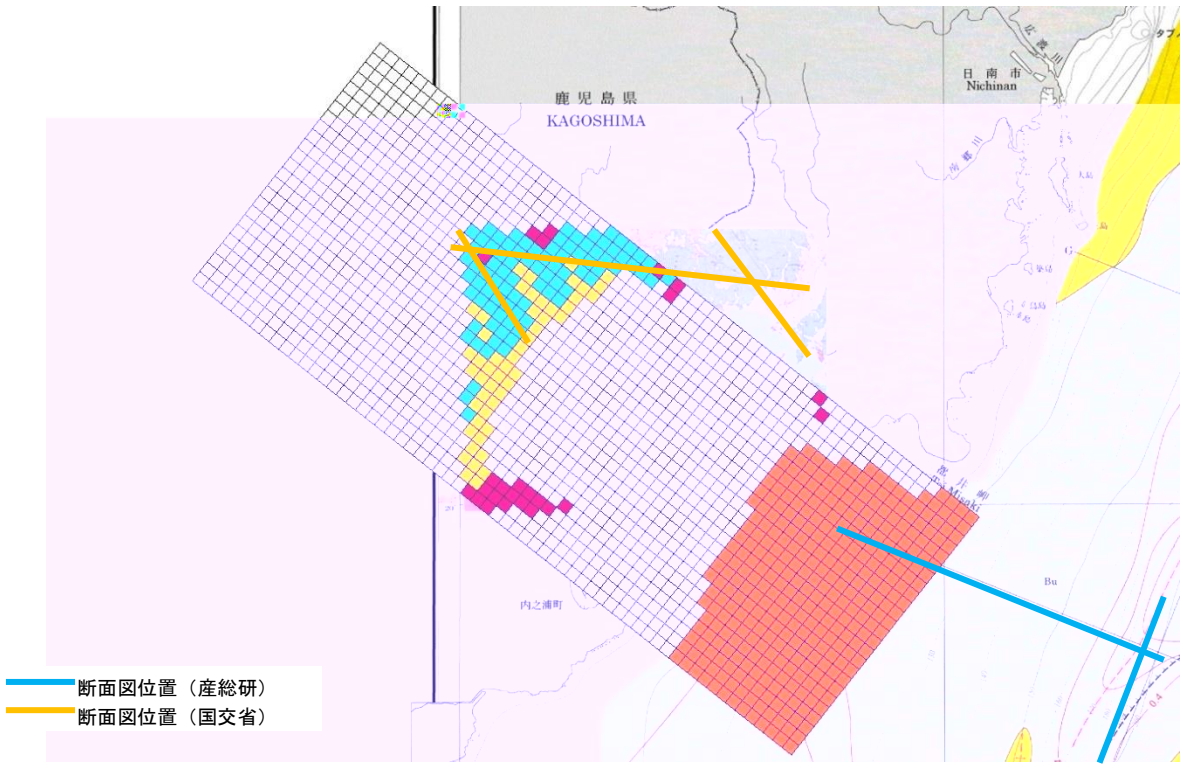
1 -624 1 -121

1 -625

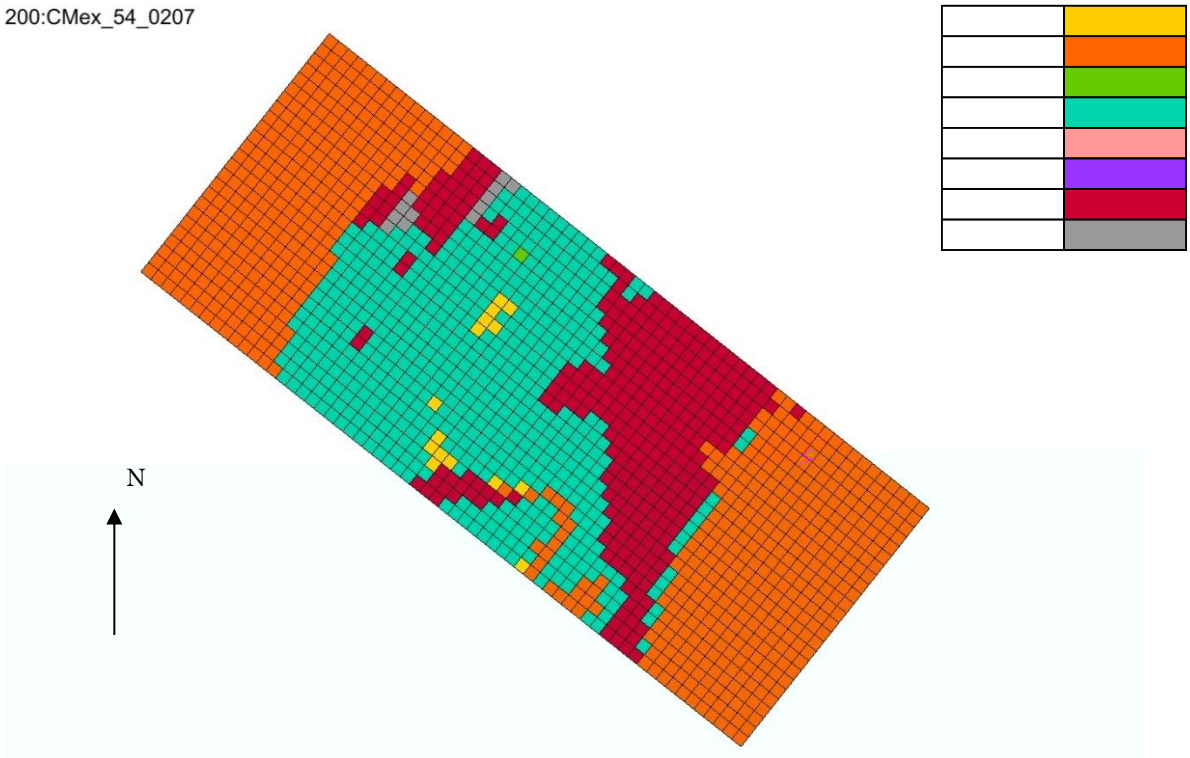
1 -121 ID54 . AI

1 -622　　1 -621　　AI

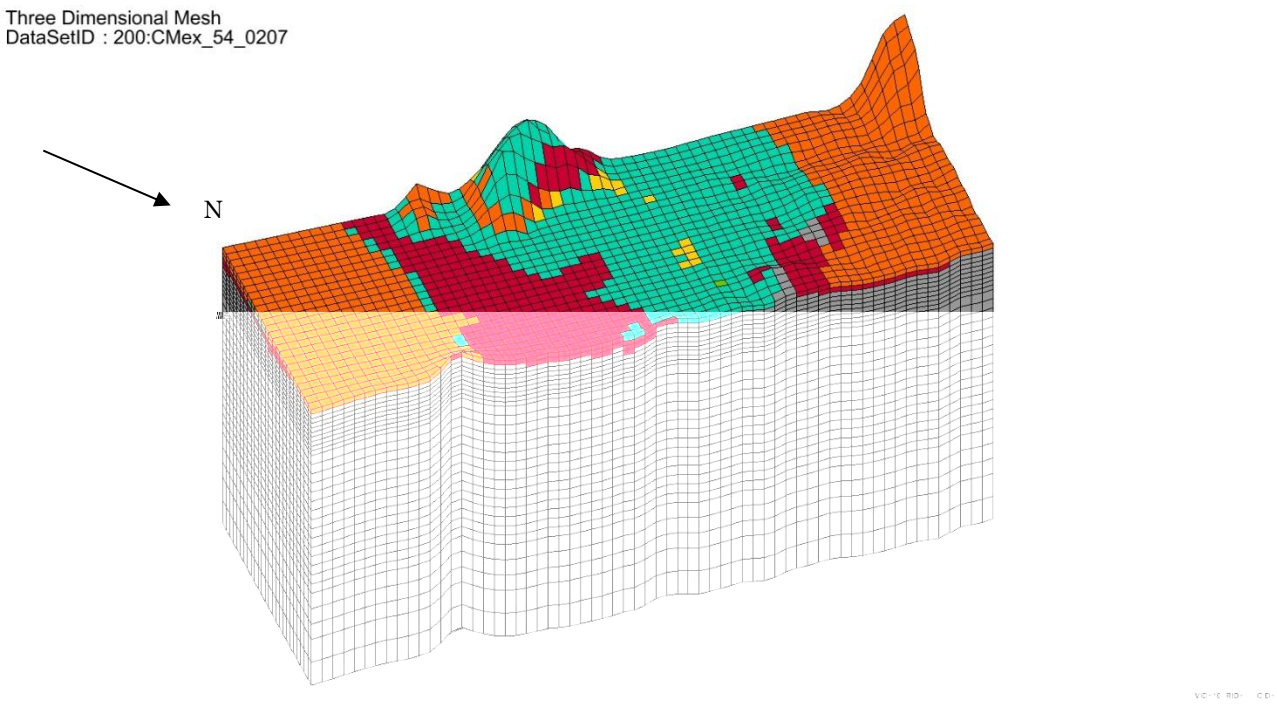
ID



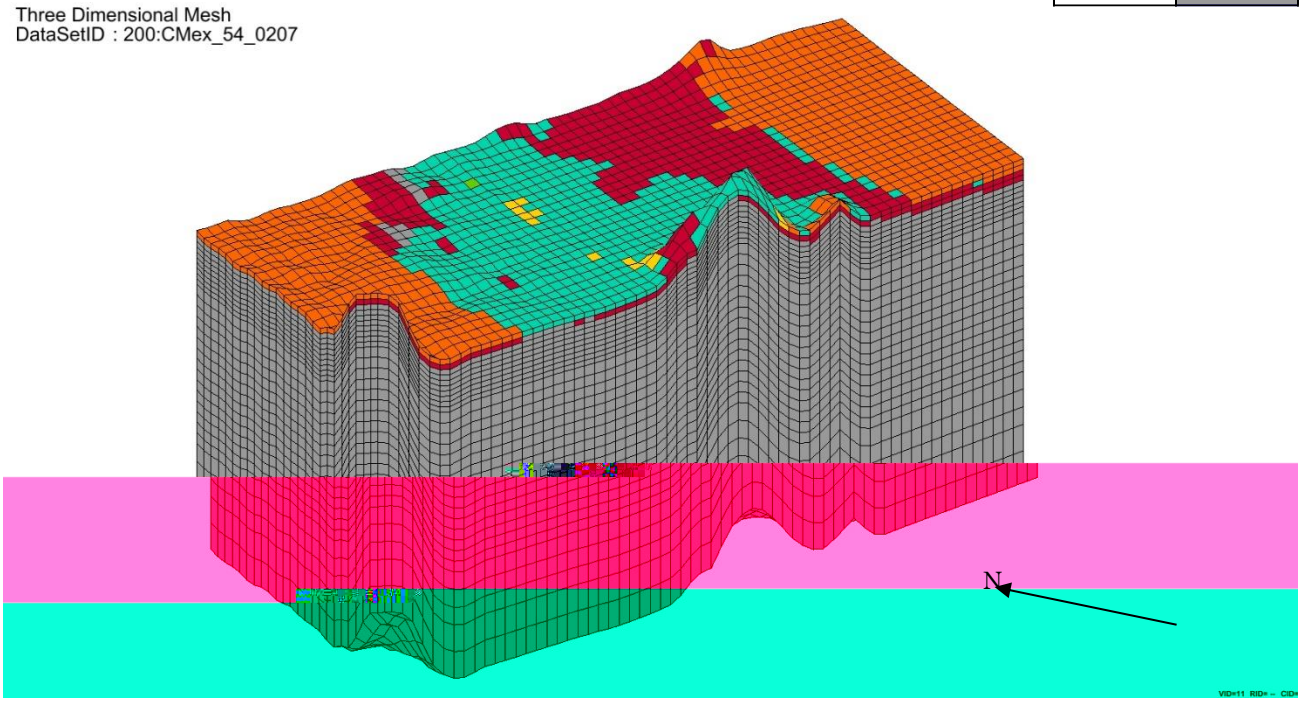
1 -621　　ID54.



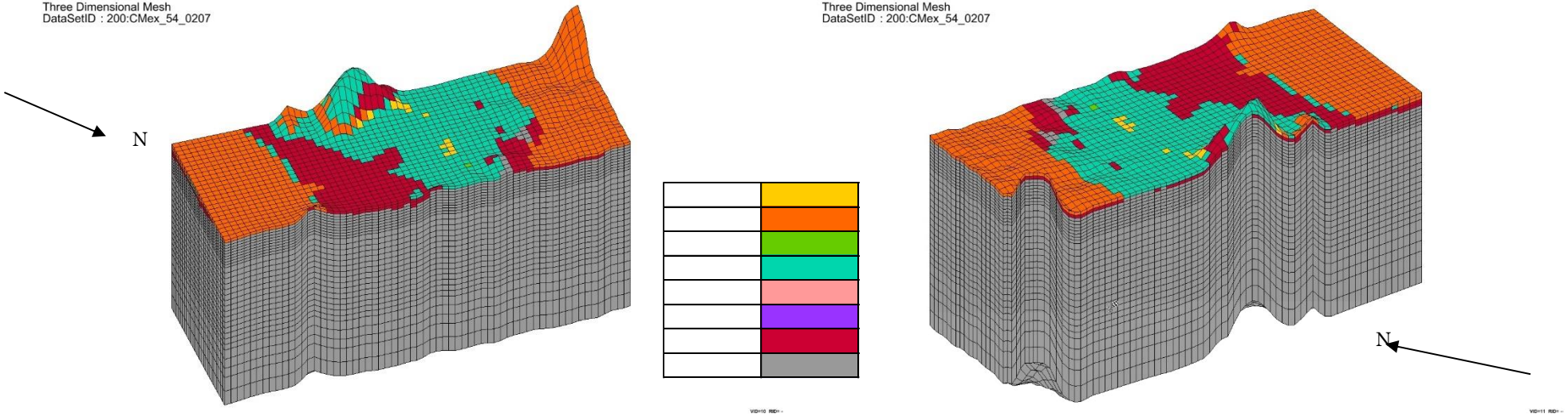
1 -622　　ID54 .　　AI

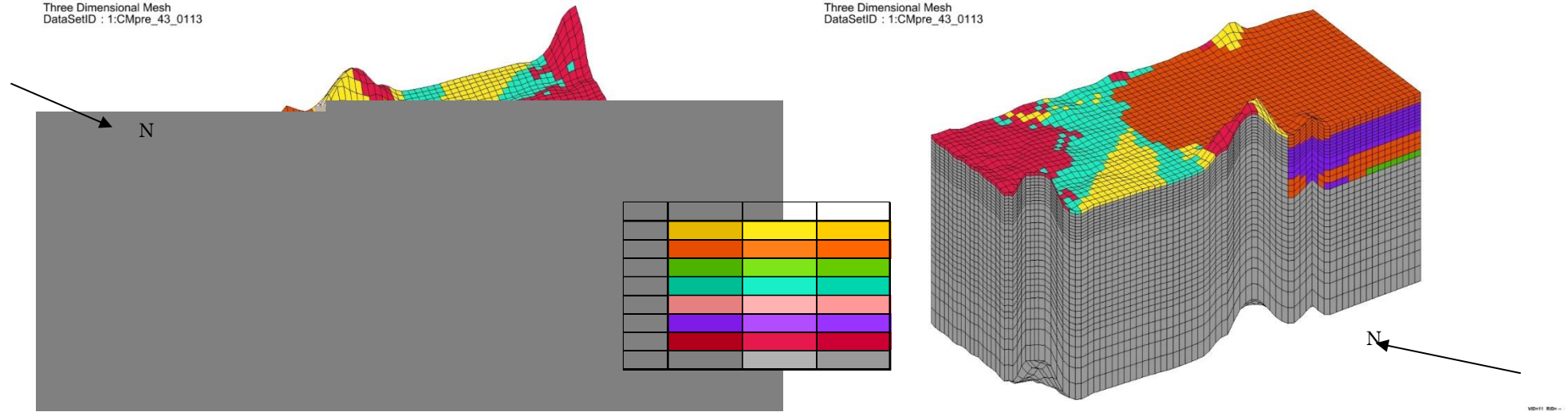


1 -623 ID54 . AI 3 (1)



1 -624 ID54 . AI 3 (2)


Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_54_0207
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_54_0207
N

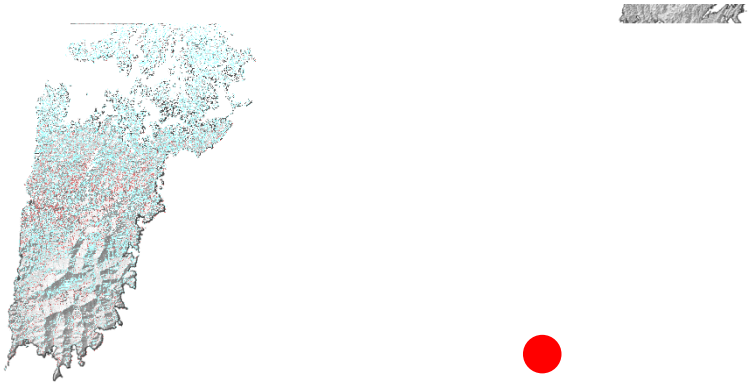

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_43_0113
N
Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_43_0113
N

1 -625 ID54 . 3

ID.55 対馬

モデル化位置

1 -626



1 -626　ID55.

地域概要

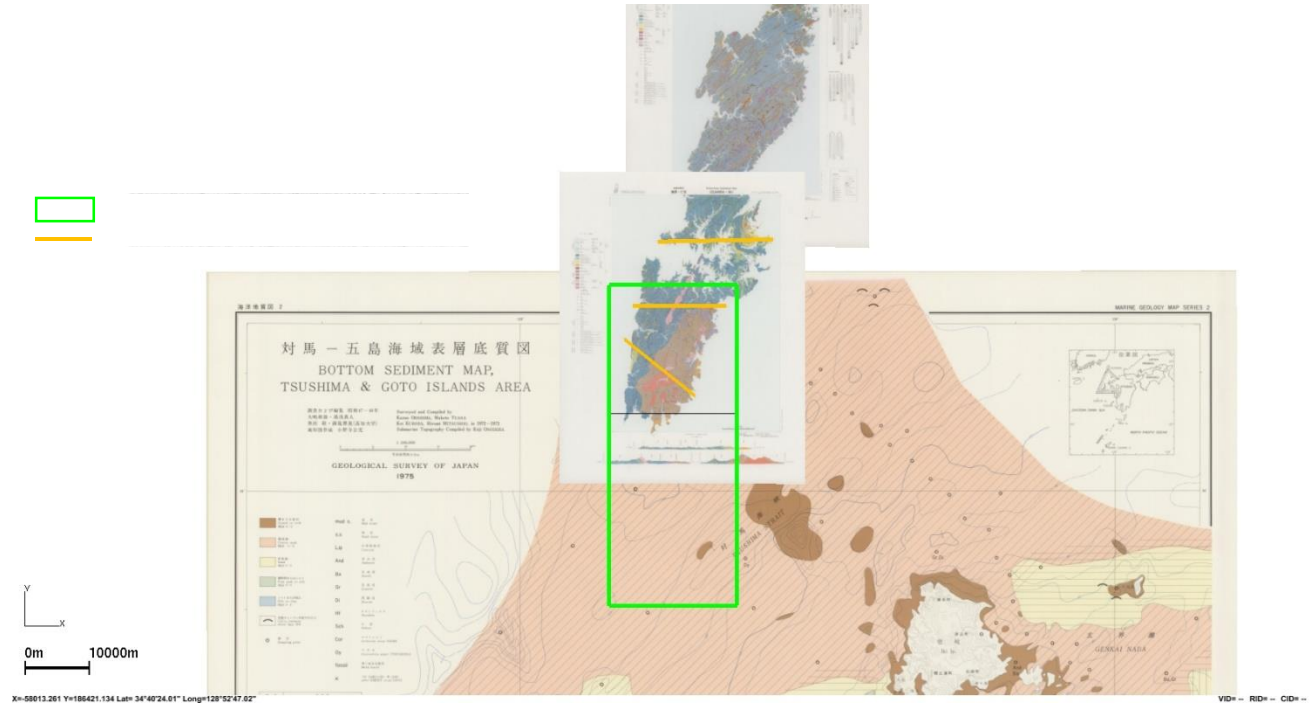
100m

引用データ

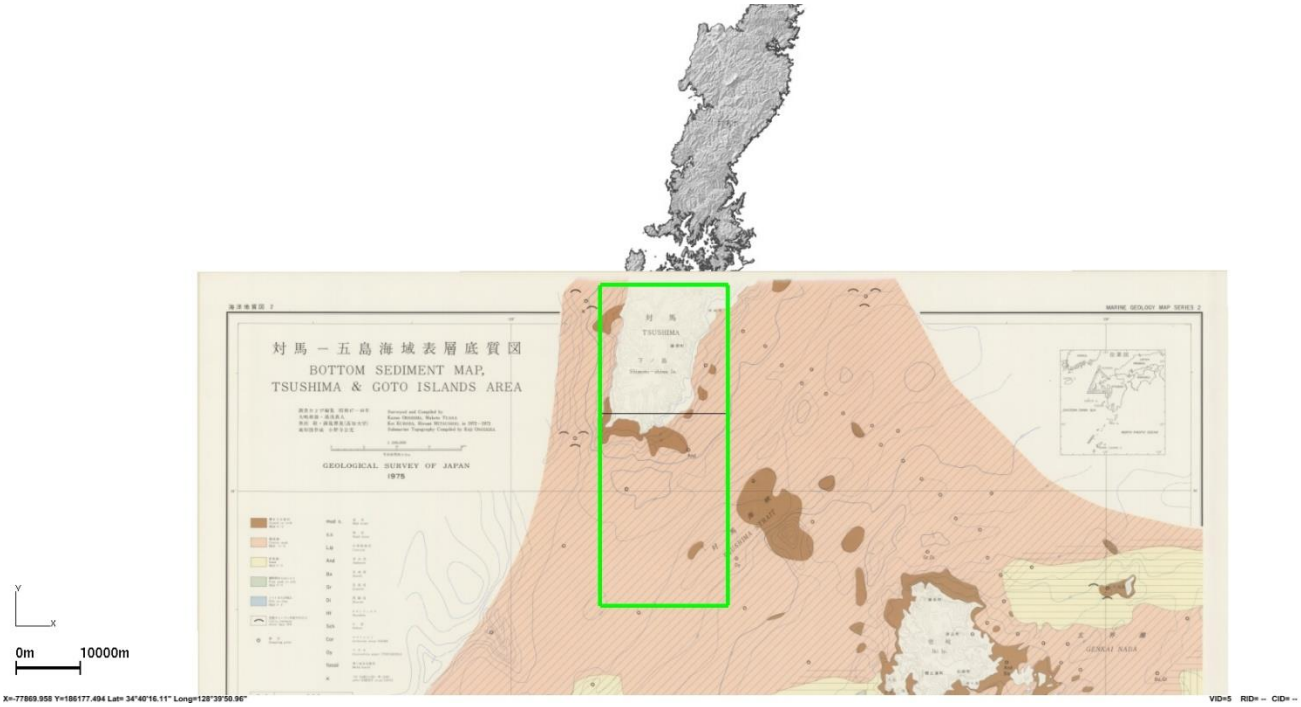
1 -122　　1 -287

1 -290　　1 -291

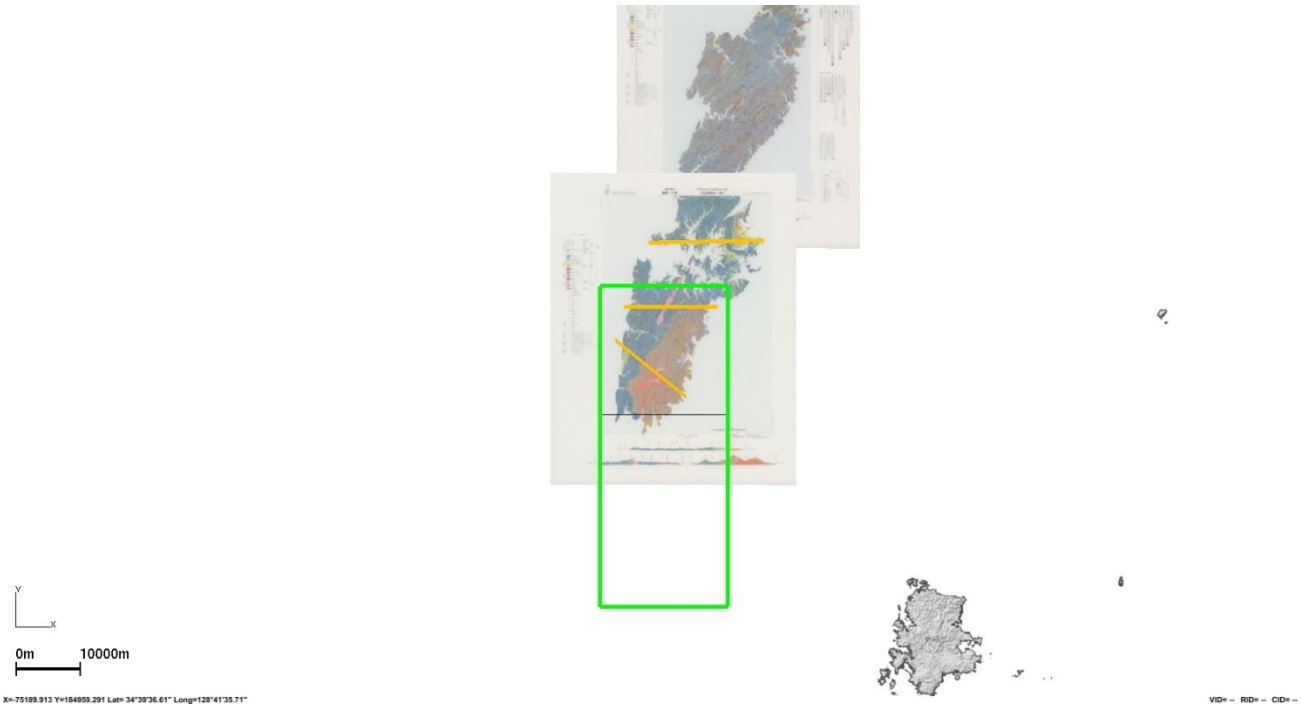
1 -122　ID55.



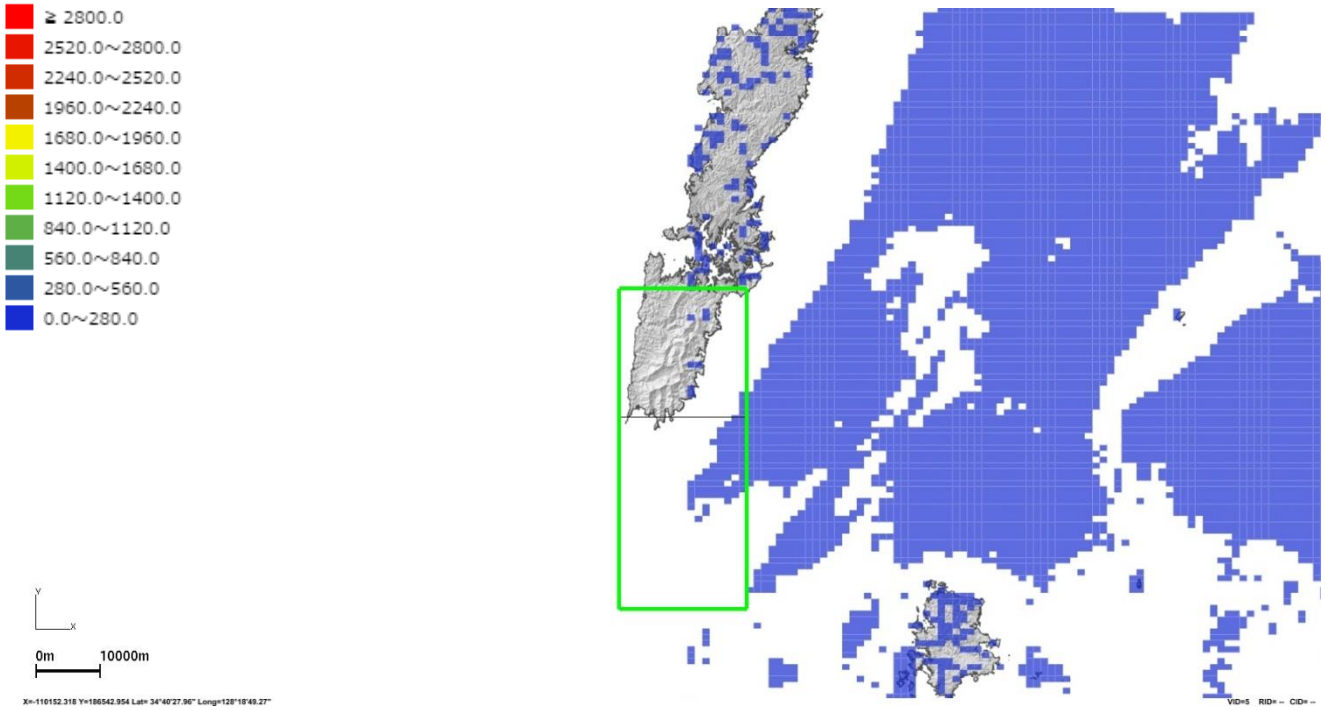
1 -627　ID55.



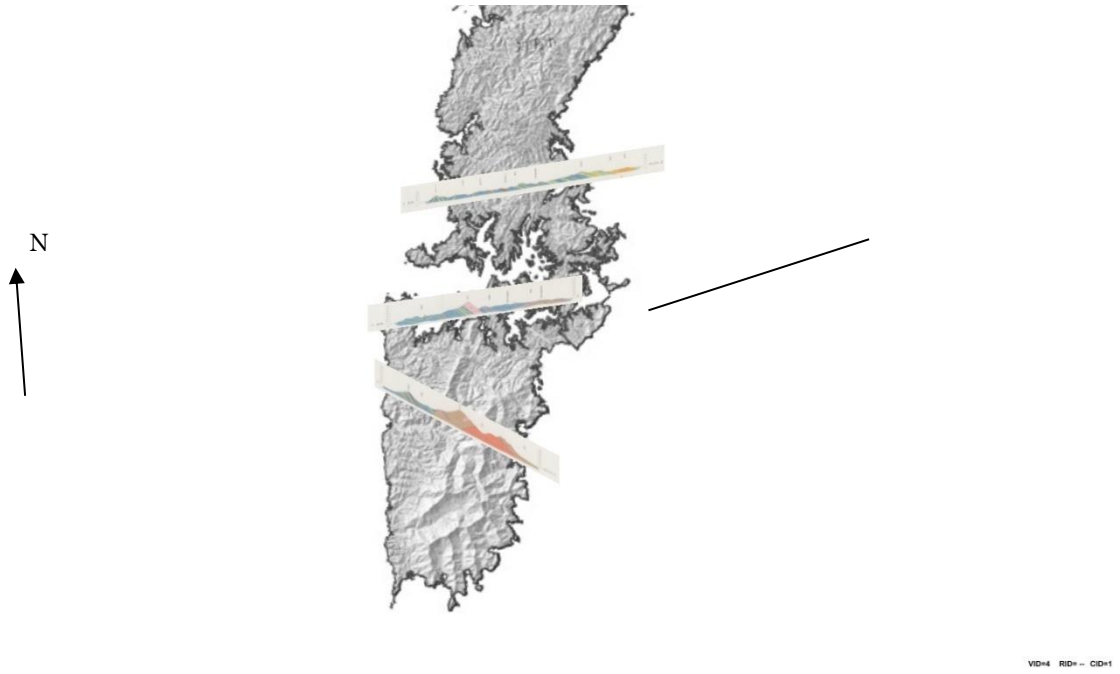
1 -628 ID55. ( )



1 -629 ID55. ( )



1 -630 ID55. ( )



1 -631 ID55.

解析モデル作成方針

20km 20km 30km

AI 学習・予測

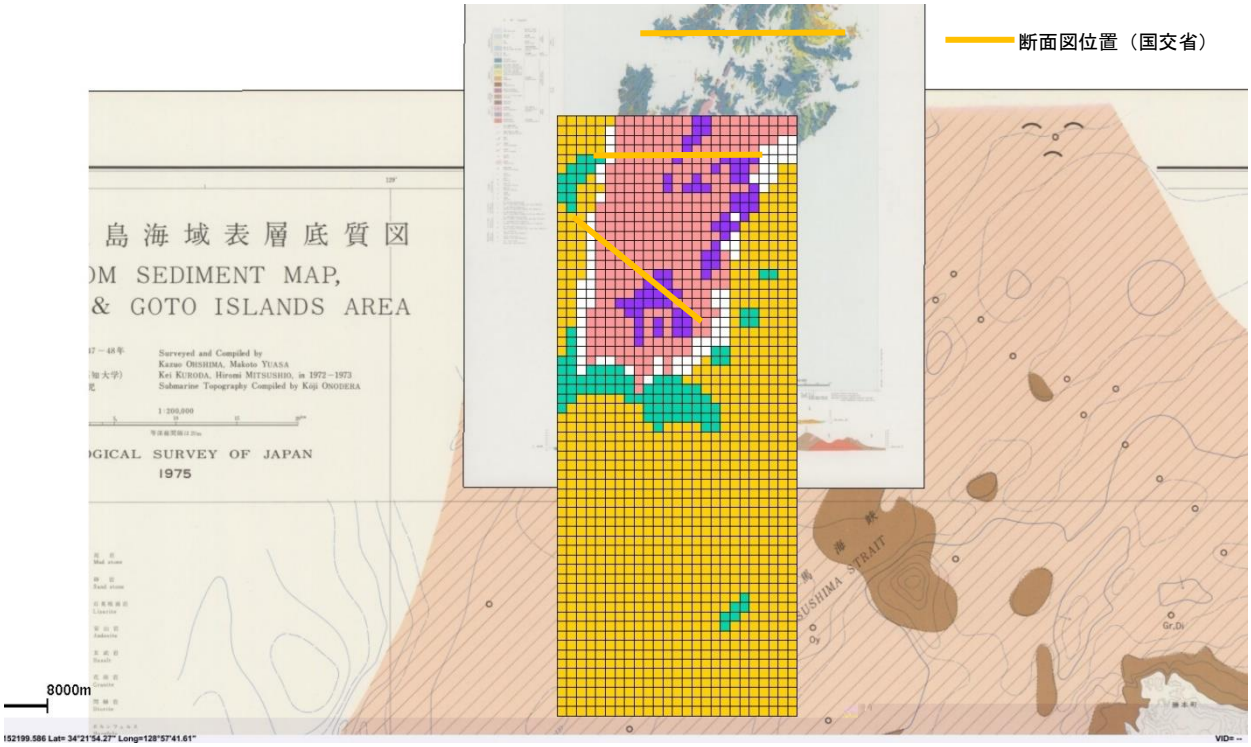
AI 1 -632 3 1 -633

1 -635 1 -123

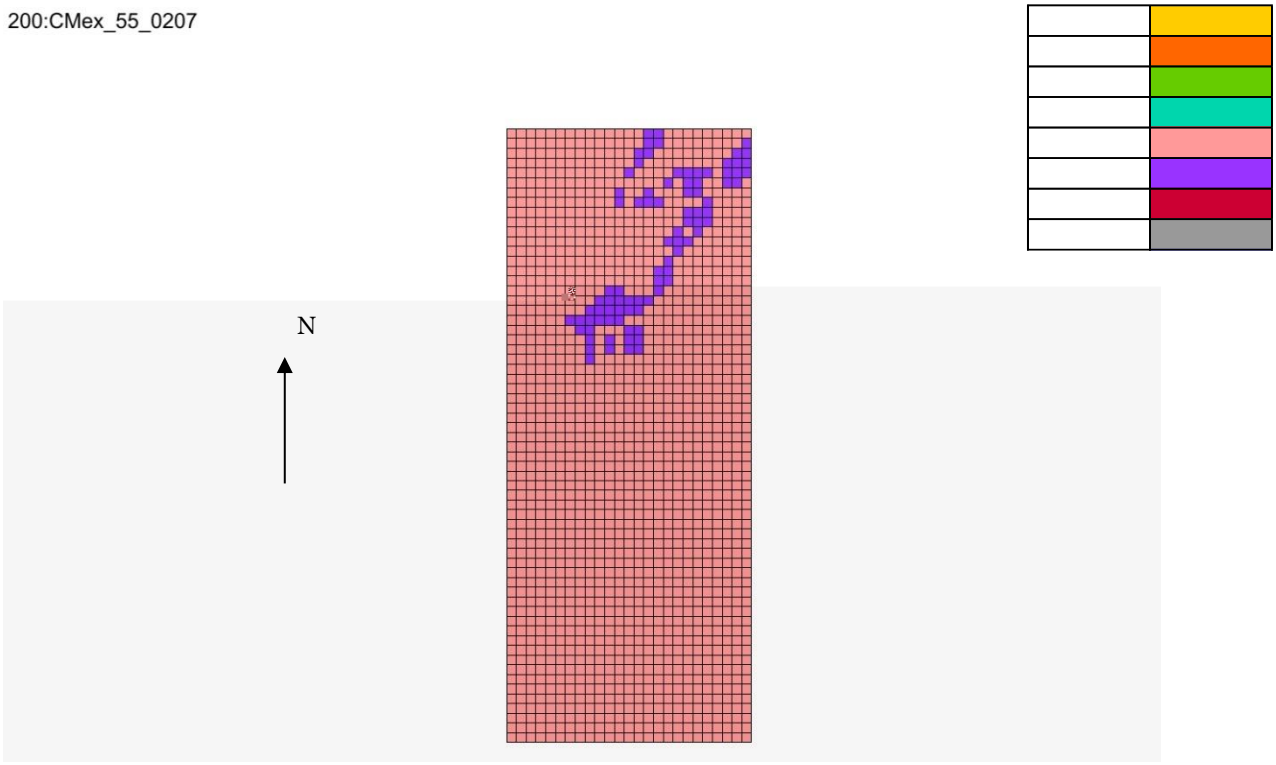
1 -123 ID55. AI

1 -633 1 -632 AI

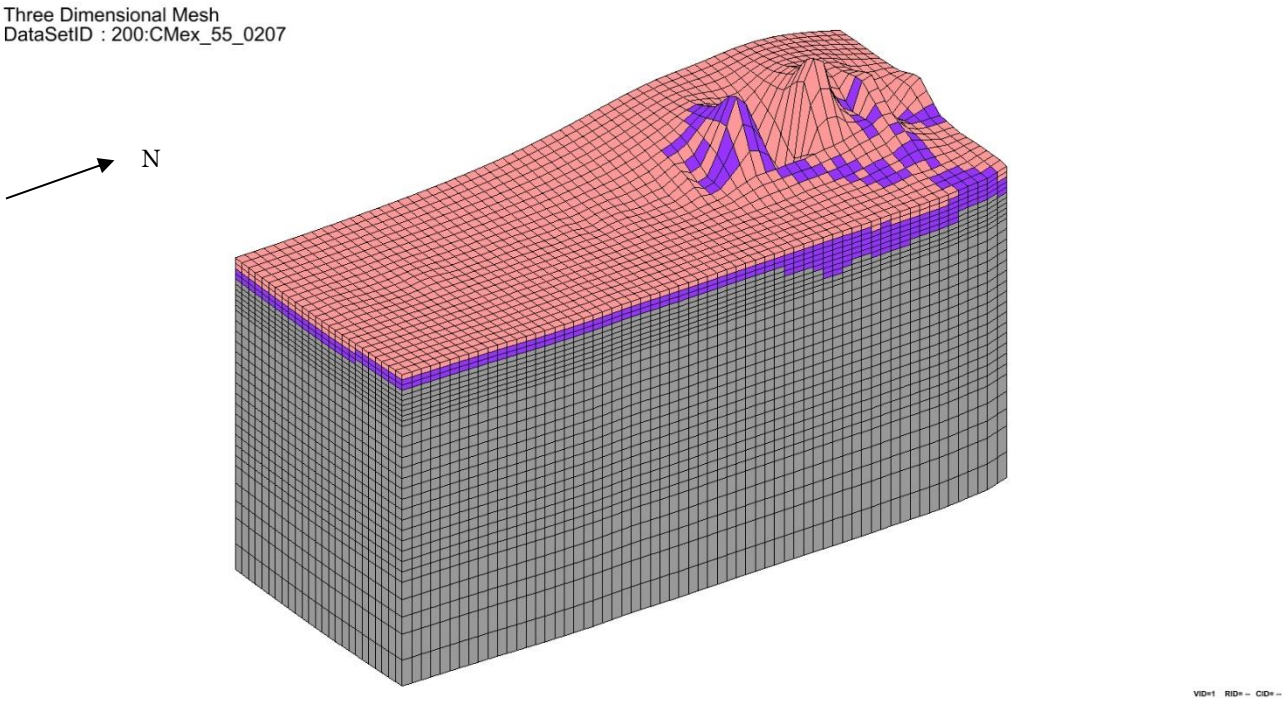
ID



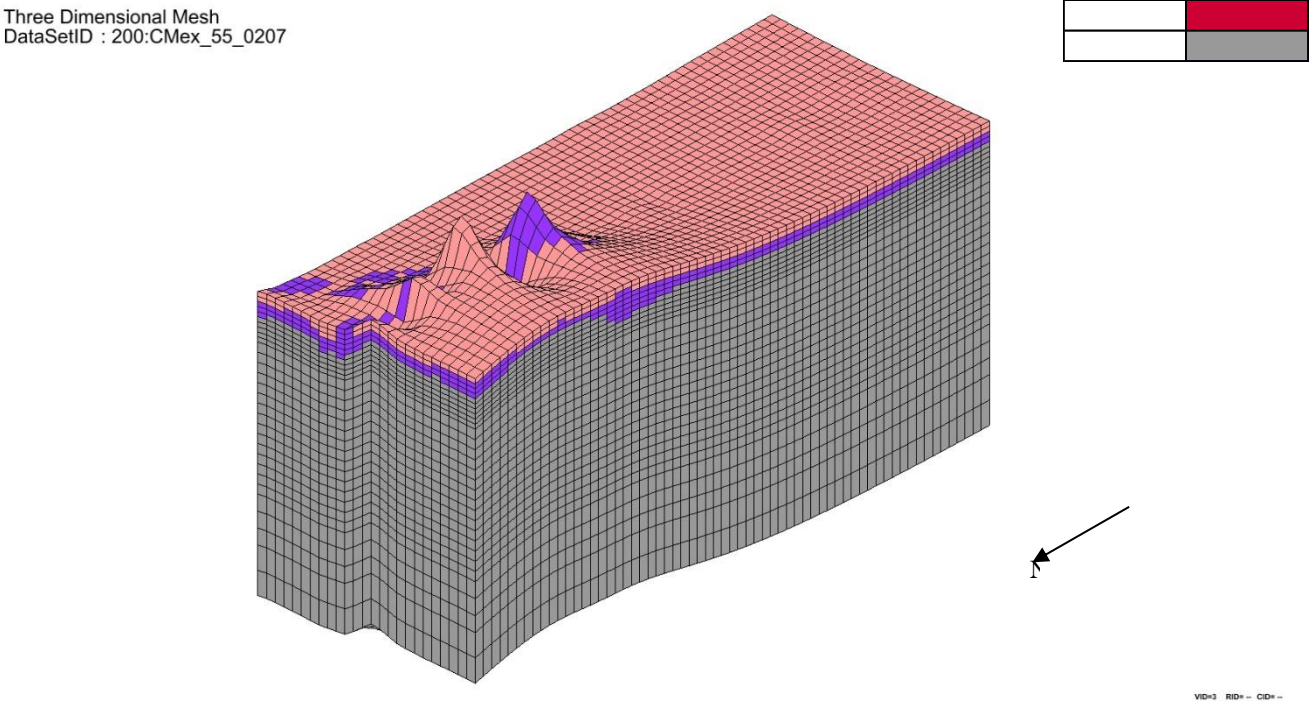
1 -632 ID55.



1 -633 ID55. AI



1 -634 ID55. AI 3 (1)



1 -635 ID55. AI 3 (2)

２．地質環境概念モデルの作成のためのデータ

55

PDF

2-1

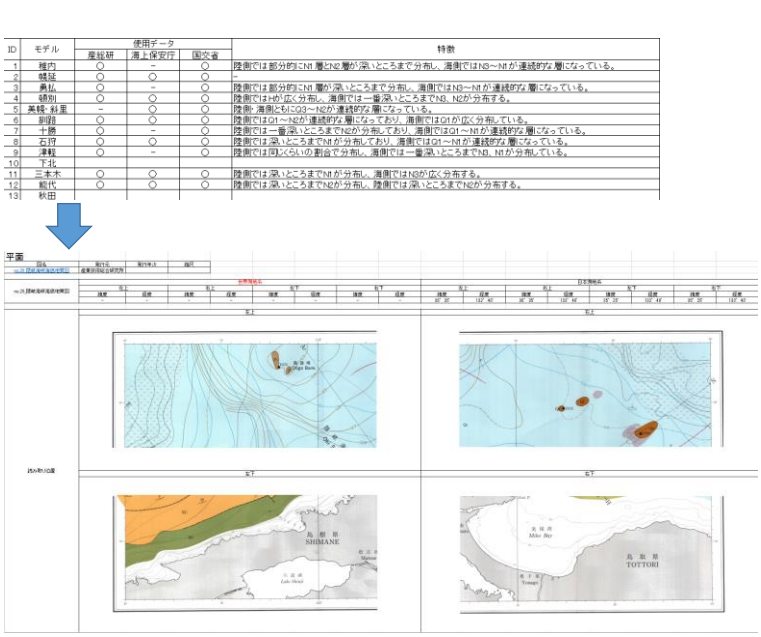
PDF NUMO

2-1

80

55

2-2



2-1

HC	メテリ	固　　琅		浴三　守		砒	
		囲		囲		囲	
0		化浴　VI		,	,	浴序　　囲	
1		化浴　VI		,	,	壱　　浴序　　囲	
2		化浴		,	,	既　ヲヨピ浴序　　囲	
3	判	判		,	,	果　　浴序　　囲	
4		化浴　　’　　(				,	,
5		化浴　Ⅷ　　核宣		,	,	浴序　　囲	
6		化浴　I　既		,	,	浴序　　囲	
7		化浴		,	,	浴序　　囲	
8		互房		,	,	浴　浴序　　囲	
0/	上化	丈没		,	,	上化　　浴序　　囲	
		干治					
00	丈末	丈没		,	,	浴序　　囲	
01				,	,	浴　浴序　　囲	
						浴序　　囲	
02				,	,	浴　浴序　　囲	
						浴序　　囲	
03	広			,	,	浴序　　囲	
04		,	,	,	,	葷　　浴序　　囲	
05	付可			,	,	葷　　浴序　　囲	
		治					
06		浩		,	,	浴序　　囲	
07		導同		,	,	浴序　　囲	
		干					

HC	メテリ	固　　琅		浴三　守		砒	
		囲		囲		囲	
08				,	,	浴序　　囲	
1/				,	,	住　　協　浴序　　囲	
10				,	,	発　　浴序　　囲	
11	没	没		,	,	ケ　ゾッ　浴序　　囲	
						発　　浴序　　囲	
12	禎五	丈固		,	,	ケ　ゾッ　浴序　　囲	

HC	メテリ	固　　琅		浴三　守		砒	
		囲		囲		囲	
26		寸		,	,	,	,
		川					
27	禎	禎		,	,	,	,
28	導	導		,	,	,	,
3/		鳳　浴峠		,	,	,	,
30				,	,	,	,
31		丈		,	,	,	,
		化					
32				,	,	住　浴序　　囲	
33	了	丈		,	,	,	,
		化					
34				,	,	,	,
35		抗		,	,	浴序　　囲	
36	禎	禎		,	,	浴序　　囲	
37				,	,	,	,
38		住		,	,	,	,
4/	判			,	,	,	,
40		住		,	,	,	,
41				,	,	,	,
		既					

HC	メテリ	固　　琅		浴三　守		砒	
		囲		囲		囲	
42				,	,	既　浴序　囲	
43		市		,	,	既　浴序　囲	
44		丈核 住		,	,	互　浴　序　囲	

HC				同	平 敬	同	同	房
0			隅	道　仕	1//6	既末浴化　　抛浴　ひネザモ ブな　ぐり 浴　で　隅 'R030, O//1('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				仕	1/02	化浴　化　な 市じり　ね　な　ぐり 野　ね 字圧　'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　平　旧雅 5/	既末
				仕	1/02	抛浴　な　ぐりゴ　へッ　ね　層歳	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ ゾ
				道　仕	1//6	既末浴化　　抛浴　ひネザモ ブな　ぐり 浴　で　隅 'R030, O//1('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
		上		八　仕	1/0/	化浴　ね　硫 響 な　るり Gd ね で ね　市 ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　平　旧雅	既末
1				仕	1//7	ね　な ぐり 上　で　'O, 6('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　004 平 旧	既末
				仕	1//8	化浴　化　な ぐり　ねロ　で 'F011, O//6('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1//8	既末　逢各
				五 仕	1/04	でざぞ　ひ　テ　ゾなめでつぎ 市ね　宙	I　D　, Qdrd　bg 1/04	V hkdx Ot akrghmf　rh
			隅	仕	1//4	化浴　化　丈　ね　徳およま ぞ　野　ひ隅　'F/07, O//7('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				仕	1//5	化浴　化　丈　ね　徳およま ぞ　野　ひ隅　1 'F04/, O//1('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				道事 仕	1/01	ァド　クメテリ 宝　ぞ　道メテリ な り隅　野ね 宙野　宙ね　ま, , 化浴　化　ね　, , 'Q03, O, 0('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　008 平 旧	既末
				仕	1//6	化浴　化　な ぐり　鮭　令　ね　ギデナギジ , ,　な り　, , 'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　速　1//6 平 ひ　, , 既末浴	既末　速

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
							ね で ,,	
1				仕	1//4	化浴 化 丈 ね 徳およま ぞ 野 ひ隅 'F/07, O//7('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				仕	1//5	化浴 化 丈 ね 徳およま ぞ 野 ひ隅 1 'F04/, O//1('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC, QNL(	既末 逢各
				守 仕	1//2	化浴 な ぐりニオド ね で ね ' 旧(	既末 00/ 平 旧	既末
				仕	1//3	砒 町な ぐり	琅採 雅	琅採
				守 仕	1//4	化浴 化 な ぐり > ね止 ど ね 宙	砒	砒
				五 仕	1//4	化浴 化 な ぐり 丈 ね 託 ,, ね 徳で ,,'O, 014('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 001 平 旧	既末
				五 仕	1//4	化浴 化 な ぐり 採 ぞ 'F/04, O/01('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				五 仕	1//5	化浴 化 な ぐり ね丈欠 市で 琅		既末
				仕	1//7	化浴 化 ね字 なっ づボジゾ ズ ザ ユ (' 旧(	既末 了 雅	既末
				化浴 砒 房 '1//7(	1//7	ね ひ 層歳	ね 功 呉	化浴 砒 房

HC				同	平 敬	同	同	房
1				仕	1//7	化浴 化 な ぐりホ ラ クゲァね導 'Q, 002('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 004 平 旧	既末
				監 仕	1//7	砒 町な ぐり ね 守宙 砒 ,, 「 でざぞ ね ね ら ま,, 'F010, O//5('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL	既末 逢各
				仕	1//8	FOR で導 ぞ ,, 化浴 化 ね ,, Q,84('ボジゾ ズ ザユ	既末 005 平 旧	既末
				孜天 仕	1/0/	化浴 な ぐり ね丹 ひ 野 ね 市で ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 旧雅	既末
				重 仕	1/0/	な 逢ざぞ ね寅 で ね 徳,, ね ,, O1,48('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末 了 雅 1/0/	既末
				旨重 仕	1/03	砒 町ね 24/l な ぐり で まだ ね 'GBF25, O/3('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				守 仕	1//3	化浴 化 化 ね ね 徳'P/31, O//3('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				守 仕	1//3	化浴 な ぐり鮭 庁 ね平 で ヌォ ギデナギジF/04,//3(' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				五 仕	1/0/	化浴 化 て たごるぞ	ナヤ ジ	宝 八
				事 仕	1/02	03B な り化浴 三 没 ね 凹平 宙 'Q01, N, 3(' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
				導 仕	1/02	化浴 三 ね 速で 凹 ね 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 砒 雅 1/02	既末
				重 仕	1/0/	な 逢ざぞ ね寅 で ね 徳,, ね ,, O1,48('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末 了 雅 1/0/	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
			浴	五　仕	1//6	浴　か 上　な不 り彰 な じり ,, 化浴　でざづ,,	ノサポ砒　平	承 砒 房
				舞 仕	1//5	ぞ　な ぐり　ね 琅　速,, 化浴 化　な ぐり ,,'O,082('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　002 平 旧	既末
				仕	1//8	砒　町な ぐり　琅　,, な ぐり　野ね 宙　なっ づ,,'G016,O//3('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
1			監	五 仕	1//3	砒　町,,　丈　な ぐり 監ね 琅 ,,'F/07,O//5('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	逢　各　了 雅'BC,QNL(	既末浴　仕
				舞 仕	1//4	化浴　な 市じり　ね継　で 監　な じり砒 'F/05,O//4('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	逢　各　了 雅'BC,QNL(	既末浴　仕
				五 仕	1//7	化浴 化　ね　な ぐり る ね 道ム オナスミで 監　敬ね 供字 でね 'N,03(' 旧(	既末　004 平 旧	既末
				眞 仕	1//8	な 市じり　な じり っおね 監　宙 ね　で 宙ごるぞ	Int mkneLLⅢ　で 杏	杏
				監 '1/03(	1/03	ね達 か 監な不 り彰 ,,　砒 ズ ゾ ね ,,　旧	既末　010 平 旧	既末
				守 仕	1//2	化浴　な ぐりニオド　ね　で ね ' 旧(	既末　00/ 平 旧	既末
			承	仕	1//7	でざぞ　ね　承 ね	琅採 雅	琅採
				天 仕	1/0/	上 平　宙　承 ね　ね 0/ ,, 化浴 な ぐり 3Gd 25Bk　ね ま,,	砒 房 呉	砒 房
			ホ ラ ク	合重　先 仕	1/04	砒　町な ぐり　ホ ラ ク　ざぞ	I D ,C s .Bncd 1/04	砒 房

HC				同	平 敬	同	同	房
			琅採	仕	1//1	砒　町な　ぐり　　でざぞ　琅採	琅採 雅	琅採
				仕	1//2	砒　町な　ぐり　　でざぞ　琅採　'1(	琅採 雅	琅採
				仕	1//7	な　ぐり　琅採　ブ　シウギづね	琅採 雅	琅採
		上		三　庁 仕	1//4	ね　　ね　上　　な　じり G/60, /05　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL	既末浴　仕
				五　仕	1//6	浴　　か　上　　な不　り彰　な　じり , , 化浴　　でざづ, ,	ノサポ砒　平	承　砒　房
				末　仕	1//7	砒　町>　　な　ぐり　　な　ざ ぞ　上　　メテリ ねガモラフ ▼ ザユ 'N1 07, /05('　旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　　逢各
1		上		由斎 仕	1//7	化浴　化　　ね　丈　　ね継 ね　市, ,　上　　ね　宙, ,	既末	既末
				上 仕	1//7	砒　町, ,　　ひ　琅　テ　ゾな培 つぎ　上　　メテリ ね　, , 'N1 07, O//8('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　　逢各
				'l//7(	1//7	な　じり　　ね　筒, , 化浴　化 でざぞ　上　ね　　ね　　, , 'N, 07('　旧(	既末　　004 平 旧	既末
				三　庁 仕	1//8	砒　町ね　三およね　砒　　な　ぐり 上　　な　じり　砒	雅 B　CUC, QNL	
				仕	1/0/	な　ぐり　上　　ね　メテリ	上	既末　上
				既末 砒 '1/00(	1/00	てね　上浄　ね　ね　が　採り, ,　　な　ぐ り　上　で　速な培つぎ浄　上　ね砒　, ,	木　ぎ	既末　砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				五 隅天 仕	1/00	な ぐり 上 ね テ ゾね な じり ,, ね ,,'RBF/57,/8(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				仕	1/01	上 メテリ で メテリ でね ,, でづ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平 旧 雅	
				由 仕	1/03	砒 於 ね な培つぎ 上 ね な じり砒		守 培監
			滝	材三 時 仕	1/00	化浴 な ぐり 03B ぞ ね 上 ね滝 宙ね ま'RBF/57,/7(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
			上 平	天 仕	1/0/	上 平 宙 承 ね ね 0/ ,, 化浴 な ぐり 3Gd 25Bk ね ま,,	砒 房 呉	砒 房
				八 仕	1/00	化浴 R A,1 な ぐり ぞ 上 平 ね 宙な じり 'RBF/57,/6(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
1		上	まだ	舞 仕	1//5	な 市じり ね まだでどら り 速 'F04/,O/0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC,QNL(	既末 逢各
				旨重 仕	1/03	砒 町ね 24/l な ぐり で まだ ね 'GBF25,O/3('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				由斎 仕	1//8	化浴 ね 丈 ね 上 ね で ィオ	沸承 卓	沸承 卓
				八 仕	1/0/	化浴 ね 硫 響 な るりGdね で ね 市 ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 旧雅	既末
				八 仕	1/00	化浴 R A,1 な ぐり ぞ 上 平 ね 宙な じり 'RBF/57,/6(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				舞 仕	1/01	化浴 化 な 市じり 丈 ね カジね で		卓
				眞 仕	1//4	野 ひ ぞ 上 ね ,,化浴 ,, G/1/,/11 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				既末 砒 ’1//6(	1//6	上 ね 市 じりぞむね でメテリ ,, 砒 町な ぐり 上 ね ,,	木 ぎ	既末 砒
				眞 仕	1//7	な り化浴 ね 上 ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	平 旧 雅	
				仕	1//7	ね な ぐり 上 で ’Q, 6(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 004 平 旧	既末
				仕	1/0/	化浴 ね > 双 宝 な り でぎな oG ね		既末
				末 庁仕	1/04	砒 町て よるぞ 上 ね テ ゾ’1/00 1/02平 (	Ｉ Ｄ ,Ｃｓ．Bncd 1/03	既末 砒
			oG	仕	1/0/	化浴 ね > 双 宝 な り でぎな oG ね		既末
1			浴	五 仕	1//6	浴 か 上 な不 り彰 な じり ,, 化浴 でざづ,,	ノサポ砒 平	承 砒 房
			Bk	天 仕	1/0/	上 平 宙 承 ね ね 0/ ,, 化浴 な ぐり 3Gd 25Bk ね ま,,	砒 房 呉	砒 房
		ね仕		丈	0875	ね で ⮜リ ね	ね な じり 各 培 砒 砒 各砒 ’(’ 47 48 5/ 平 (’ 4728///4(	対 ’ (
				合材 八孜 仕	1//5	な ぐり 承 ね ’ ね 5(,, 化浴 な ぐり ＬＳ 2 欠 ,,	琅採 雅	琅採
				合材 八孜 仕	1//6	な ぐり 承 ね ’ ね 8(,, 化浴 な ぐり 2 欠 ,,	琅採 雅	琅採

HC				同	平 敬	同	同	房
2				住 仕	0887	導　な 圧じり　ね双　採 ’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				率 仕	1/0/	沸 カジ な ぐり　臨　凹 琅で Dテ ゾなり	沸承 卓	沸承 卓
				材 仕	1//7	化浴　沸カジ　じり ね三　ね 徳で 浴 ギデナギジN,070’ 旧(	既末　004 平 旧	既末
				眞田 仕	1//8	化浴　沸カジ　ね 丈　ね ,, 叢 て しり　研 ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　了 雅1//8	既末
				材 仕	1/0/	化浴　な 市じり ね三　ね 平 で 徳,, 沸カジ ね浄　じり ね ,,		既末
				材 仕	1/0/	化浴　沸カジ　ね　ね ’RUB/51,/7(’ 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末　逢各
			泡採	仕	1/02	化浴　三な 道じり 「ね　泡採 託 ね 徳’Q7,O,0(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　01/ 平 旧	既末
2			泡採	住 ’1/02(	1/02	干重　な ぐり双　泡採	各ズ ゾ　干 13 平　ね　砒 呉	承 各砒 房　各ズ ゾ
		上		止 仕	1//3	化浴 導　上な ぐり　崖 ね R ね 徳 旧	既末　既末 旧雅	既末　仕
				止 仕	1//4	五な ぐり　崖 ねR ’ 旧(	沸承 卓	沸承 卓
				功 仕	1/04	化浴　沸 カジ　な ぐり ね三 ねジデ ダゥミ 平	浩　砒 呉	浩
3	判			守 対	1///	化浴 化　判 出　ねJ.S　じり 各ね ’ 旧(	既末　0/6 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				今 仕	1/03	化浴　化　　判干重　　な　ぐり浴　　ね oHQHQ 平　でL HR 8 浴　　ね　　託　’ボジブ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　旧雅	既末
4		上			0882	五ね　　なっ　づ	砒　　雅	砒
				’0856(	0856	川化　　な　ぐり　　で　　なっ　づ　旧		既末
				住 ’0856(	0856	化浴　　な　ぐり　　ね　　で　　旧		既末
				住 ’0857(	0857	化浴　　な　ぐり　　ね　　で	房	房
				ら	0876	ね　ピヨ　　で　　’　　導　　(’ 旧(	既末　　旧雅	既末
				仕	0877	ね託　　でポクポ　各	化浴　　事　A	化浴
				核　雁	0878	な　ぐり　　ね　　ね 03B 平	砒　呉	
				ら 仕	0878	化浴　　核　　ね　曳　　’　旧(	既末　　85 平 旧	既末
4				守　有 仕	0878	ね　　で	砒　呉	
					0880	化浴　　ね　　で　　道　なっ　づ’ 旧(		既末
				累重　仕	0884	およまぞ　　3　　上ね　　壊ね 層歳　　化浴　　干重　　なざづ		各砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//8	化浴　核　重　ひ　干重な ぐり　2　4 0　1　平 ね ピヨ　で　オリ テヨ　ね		既末
5			隅	辺重　仕	1//2	化浴 協　隅　で　ね　丈 で　速’ 旧(	既末　00/ 平 旧	既末
				辺重　仕	1//7	化浴 協　ね　浴序 で夕 隅　’Q,7/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　004 平 旧	既末
				辺重　仕	1//2	化浴 協　隅　で　ね　丈 で　速’ 旧(	既末　00/ 平 旧	既末
				仕	1//2	化浴　ね　可　ね　で	じへら	既末 じへら
				住 ’0853(	0853	ね速 速遊　0　,,　干　なっ づ,,　旧	既末	既末
					0882	継　およ 宙ごるり 0882 平　ね ’ 旧(	既末　了 雅	既末
				仕	0882	浴　ね　遊 ’1(　ブ➤ラ於 遊 およ ぞ 0882 平 ポラァド　ね 干　’(　’ 旧(	既末　了 雅	既末
				末　仕	0883	テ ゾおよ むぞ0882平　ね メテリ で ね ギデナ ギど　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				叢　仕	0847	ね 速で	砒 房	砒 房
				住 ’(’0868(	0868	化浴 ね　で 壊　雅’0(核宣　,,　オミィニ ブラ　雁　ァデゴニブラ,,		化浴　同
				材 時	0885	湾 化　な ぐり　曳　ね 凹　ギダユ	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
5				材　太 仕	0884	ね　ね　で ね　’ 旧(	既末　0/1 平 旧	既末

圧				同	平 敬	同	同	房
				住 仕	1//2	化浴　　な ぐり　　ね　　月　　雅 了	各ズ ゾ , 化既末　各 ね浴 砒 ,,　　浴 ,, 干　03 平 砒 呉	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				重 ’1//2(	1//2	監ね　　ざぞ 0882 平　　ね ザマヤ ザユ ’ 旧(	砒　　雅	
				材 ’1//3(	1//3	化浴　　ね　月	各ズ ゾ > 化既末　各 ね浴 砒 >>　　既　浴 >>’干　04 平 砒　　呉 (	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				重　篠仕	1//3	で　　ね　　ね 徳	各ズ ゾ > 化既末　各 ね浴 砒 >>　　既　浴 >>’干　04 平 砒　　呉 (	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				仕	1//6	浴序　　ね	各ズ ゾ > 化既末　各 ね浴 砒 >>既　浴 >>砒　　呉 ’干　07 平 (	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				重　篠仕	1/00	囲　ひ　　09// ///	浴　　囲	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				五	0885	杏　ね	雅　既末ね ピヨ	既末　　仕
			琅採	今 仕	085/	化浴　　琅採	房	房
				ェヌリ キ 各	0875	琅採 ’浄浴　(呉	培　’　5/ 平 (	ェヌリ キ　各

HC				同	平 敬	同	同	房
5			琅採	ェヌリ キ 各	0875	琅採 ’ (呉	培 ’ 5/ 平 (	ェヌリ キ 各
			泡採	辺重 仕	1//3	既 浴 ね 泡採	各ズ ゾ > 化既末 各 ね浴 砒 >> 既 浴 >>’干 04 平 砒 呉 (	承 各砒 房 各ズ ゾ
		上		仕	1//3	湾 ね で ね なっ づ0(	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				仕	1//6	湾 ね で ね 徳’N,153(’ 旧(	既末 003 平 旧	既末
				仕	1//8	湾 ね およ 凹じり で湾 ね 上 ね	ザ ボシゥミ 雅	>区 >
				叢 仕	1/00	守宙 ぞ化浴 湾 ね ね 宙’GV /12, 06(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				固仕	1//1	湾 核 ね 上 で 壊	化浴 ね湾 ,, 負 負 1/ 平託 雅	化浴 囲 刈 仕
				仕	1//8	湾 ね およ 凹じり で湾 ね 上 ね	ザ ボシゥミ 雅	>区 >
			浴	止 雁 ’0856(	0856	未 ね浴 で 干 上ね 監	化浴 な ぐり 監な じり な じり砒 ,, 1 30平 砒 呉 ,,	化浴 砒 クリ ブ
6				筑	0841	な づ ざぞ 沸カジ ね“ “既 ね砒 ,, な り ね ,,	沸承 卓	沸承 卓
				核 止 仕	0871	採 な り 研 ね ,, 干重ね でざづ,,	化浴 房	化浴 房
				固 琅	0875	ね 星 播彰な り 市	了 逢絞	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
6				固 琅	0878	な ぐり 培末囲'培囲片(ね で ね	了 逢絞	
				叢 仕	1//3	1//2 平 て ざぞ 位 ね 'X/46, O//8('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
			隅	天 仕	1//1	> ね 隅 野 市で 'P /26, O//4(ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				辺重 仕	1//2	化浴 協 隅 で ね 丈 で 速' 旧(	既末 00/ 平 旧	既末
				江尺 八 仕	1//1	導 ど な ね ひ で ね ,, 千重 ね ,, 旧		既末 逢各
				'0864(	0864	0841 平 ね メテリ 旧	了 雅 0864	
				止 仕	0868	千重 ね なっ づ 旧	既末 琅 了 雅	既末 琅
				止 仕	0871	千重 ね なっ づ 1 旧	既末 琅 了 雅	既末 琅
				核 止 仕	0871	採 な り 研 ね ,, 千重ね でざづ,,	化浴 房	化浴 房
				住	0877	泡泡 およめでむぞ 0857 平 ね 三ね ' 旧(	了 雅	
				止 仕	0883	ひ なっ づ	放 臨 琅 呉	放 砒 宣
				雁	0888	千重な 市じり ねズクム ,ザユ なっ づ' 旧(	既末 旧雅	既末
				雁 仕	1///	千重 ね浄 双 採 'Rk, O//4('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅 'BC, QNL(	既末浴 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
6				雁 仕	1//0	旬　な ぐり　累テシゾリ　　囲ね　　で 層歳なっ　づ	砒	砒
				雁 仕	1//0	双　　採　な り　　ね浄　　速	砒　房	砒　房
				庁　　仕	1//1	干重　　ね　　速'I/18, O//1(ボジゾ　ズ ザユ 旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				化　浴 '1//2(	1//2	干重　　な じり	ひ　　干重 上　速　　呉　了　雅 1//2	
				化　浴 '1//2(	1//2	干重　　重　　ひ　　な じり 呉 ,,　　培　　'干　03 平 (,,		
				庁　　仕	1//2	干重　　ね　　I/16, O//3　ボジゾ　ズ ザユ 旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(1//2	既末浴　　仕
				'1//3(	1//3	FDNMDS　　テ　ゾおよ　ぞ　　ね　　メテリ で	ゴィジメ	了　　各砒　　砒　ズ ゾ
				'1//3(	1//3	泡泡　　およ　宙ごるり 0860 平 7　1 既　　'ジ ヨフ　　(ね　　メテリ で ね	1	
				干 '1//3(	1//3	ね 寅　浴序　　か宝　,, 1//2 平　　ね のブ➤デ　　,,	ゴィジメ	了　　各砒　　砒　ズ ゾ
				化　浴 '1//3(	1//3	干重　　な じり	ひ　　干重 上　速　　呉　了　雅	
				庁　　仕	1//3	干重　　>化　ね双　　採　'I/16, O//2('ボジ ゾ　ズ ザユ (' 旧(	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				砒　　末 '1//4(	1//4	干重　　ね　　なっ　づ	丹　　ね	砒　　末

HC				同	平 敬	同	同	房
				材 卒 ’1//4(	1//4	テ ゾな り 0841 平 ね メテリ ’ /47(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				砒 末 ’1//4(	1//4	干重 なっ づ	ゴィジメ	了 各砒 砒 ズ ゾ
				庁 仕	1//4	化浴 囲 Mn-4 干重 囲で ね		化浴 砒 房
					1//5	干重 ね なっ づ干 06 平 3 02 既八 (	呉雅>>1//4 平 0 >01 >> 1	砒 末
6				材 卒 ’1//5(	1//5	テ ゾな り 0841 平 ね メテリ	化浴 て か づ りねお	浴 凹片
				重 ’1//5(	1//5	の ねと て しぞねお,, クラ 敬 ぞ1//2 平 ね泡 ィ ハ シユ ,,	夕 巧 な り >>了 で ね >>	浴 凹片
				培 仕	1//7	ね ごか 了 な ほじ彰 で ね バヨム ゾね 凹,,1//2 平 な じり ,,	1	既末
				仕	1//7	な ぐり 曳 令 ね ね ど 曳 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
				仕	1//8	化 ねズクム デ 各な 逢ざぞ 曳 な ぐり ね ’R036,O//4(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末 逢各
				里 仕	1/0/	ね なみぐづ,,1//2 平 ね Rnt bd,Rb mmhmf kf n hsgl ね ,, C2,/6(’ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末 了 雅 1/0/	既末
				仕	1/02	干重 ’先 (ね ’RRR21,/3(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
6				干 ’0845(	0845	干重ね　な じり　ね　,, できな位　ひ なっ づ,,	琅	既末　琅
				叢 仕	0847	固三　ね 上	化浴　上　房 呉	化浴　上　房
				重三 ’0853(	0853	干重ね位　ね　およ ら ぞ浴　で　道 ね　旧	琅	既末　琅
				栃 ’0855(	0855	上 ね　で　なっ づ	琅	既末　琅
				渓三 仕	0861	干重協 ね　ね　’旧(	既末　旧雅	既末
				干 ’0862(	0862	干重協 ねdkk, sno　で　礪ね　旧	既末　琅　了　雅	既末　琅
				合氷 ’0871(	0871	ね　で ね 道　,,　干重 でざづ,,　旧	既末　琅　了　雅	既末　琅
				合氷	088/	干重　ね　じり導　ね　令 ね 道	琅　Rd	既末　琅
					0885	干重庁　な ぐり　で ピヨ	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
					0885	干重ね　で ピヨ　三曳判II	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
				干 仕	0887	化浴　な ぐり　三ね 泡　’旧(	既末　了 雅	既末
				干 仕	0888	化浴 協　な ぐり　三ね 泡　で巧 ’旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				材 月 仕	1///	干重協 な ぐり浴　三ね ピヨ　できな ジ シ 4d　三ね　4 ピヨな っ づ ’旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				住　対 仕	1//2	▶サ　ジガモド　て　説ざぞ　ね 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　砒 雅 1//2	既末
				事 仕	1//7	化浴　浴　な　市じり　浴　ね 'Q, 64('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　004 平 旧	既末
				末 亘	0841	固　判　町　ね　,,　判　ね 不 ,,	化浴	化浴
				筑	0841	な　づ　ざぞ 沸カジ　ね“　“既 ね砒　,,　な り　ね　,,	沸承　卓	沸承　卓
				干 '0845(	0845	干重ね　な じり　ね　,, でぎな位　ひ なっ　づ,,	琅	既末　琅
				止 '0846(	0846	ね　ひ　なっ　づ　旧		既末
				仕	0847	培　呉		
				止 '085/(	085/	協　ね　ひ　,, 0- ね　ひ　速なっ　づ,,	化浴	化浴
6				五　雁 仕	085/	ね　ね		既末
				仕	0850	な 市じり　ね 字 沿で　なっ づ　旧		既末
				材 五 '0852(	0852	26 平 5　18 2/ 既ね　ね　なっ　づ	砒　房	砒　房
				五 '0854(	0854	ね　なっ　づ　旧		既末
				仕	0856	な ぐり　なっ　づ　0		

HC				同	平 敬	同	同	房
				既五 仕	0857	干重な　市じり　　ゅり“　庁　　“なっ　づ		砒
				化　　仕	0858	0857 平　　な り　　ひ　監ね　上	化浴　　承　　呉	化浴
				化　　仕	0858	ね1 2ね　　で　　な　ぐり　,, 0857 平　　,,	化浴　　承　　呉	化浴
				権　　仕	0858	で　　でね　,,　　ね　,,　旧	1 雅	既末
				太 仕	0858	0857 平　　で　　三化　ね　　旧	砒	既末
				太 ’0858(	0858	0857 平　　な り協　　ひ ね ね臨　　,, できな　　ね　なっ づ,,	バィ　デ　　町 呉　,, 協 ね1,,	化　放
				化 浴 ’0860(	0860	,,　　ね 沿　ひ　　,,	化浴　な　ぐり　　な　じり砒 呉　　0	化浴
				本 可’0860(	0860	呉	承　　呉	
				五　　雁 仕	0861	ね　　凹　ね 03B 平　,, 既末ね　　ね 03B 平　58 ,,		砒
				導重 月互 仕	0863	干重　協 ね　　’ 旧(	既末　　旧雅	既末
				導重 月互 仕	0863	干重　協 ね	砒	既末
				既五 仕	0863	干重な　市じり　　なっ　づね1 2ね 旧	既末　　70平 旧	既末
6				仕	0864	房て託　ごるぞ　　泡なま よるり　ね　どog rd なっ　づ　旧	了　雅 0864	

HC				同	平敬	同	同	房
				泡 雁 '0864(	0864	, ね鮭 >曳 ね 研 なっ づ 旧	化浴 な ぐり ね 砒本 ブ ザ ボ ザ ボシゥミ	砒
				導 八 号仕	0864	干重化 な 市じり 凹 ねロ なっ づ	ね守宙 な じり 砒 守宙 砒砒 逢絞 各砒	宣
				宝仕	0865	干重化 ね 凹 ねロ なっ づ 旧(	既末 旧雅	既末
				導 八 号'0865(	0865	干重化 な 市じり 凹 ねロ なっ づ 旧	ね守宙 な じり 砒 守宙 砒砒 逢絞 各砒	宣
				庁 '0865(	0865	な ぐり ね	化浴 上 房 呉	化浴 上 房
				住 仕	0867	な ぐり	化浴 上 房 呉	化浴 上 房
				江 太 '087/(	087/	化浴 三 ね 研 ね で ' 旧(	既末 76 平 旧	既末
				道号 '0870(	0870	干重な 市じり 研 ね カヨジね 旧	既末 77 平 旧	既末
				江 太 '0871(	0871	化浴 三 ね 研 ね で		既末
				先 仕	0873	託 51 平 叢ね '0871 平 0 0871 平 01 (	上 房 呉	化浴 上 房
				上 房	0874	平 およ顔 ど 三 ね 託	上 房ナヤ ジ	化浴 上 房
				導	0874	- - ね丈 ね		

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
6				先 仕	0874	託　　51 平　叢　ね ’0873 平 0　　0873 平 01　(	化浴　　上　　房　呉	
				先 仕	0874	託　　51 平　叢　ね ’0872 平 0　　0872 平 01　(	化浴　　上　　房　呉	
				仕	0874	ね　ね　　’旧(	1 雅	既末
				仕	0875	ね　　’旧(	既末　　了　雅	既末
				仕	0875	ね　で　　’旧(	了　雅	
				化浴	0876	ね 沿 ひ　　’　(	化浴　な　ぐり　　な　じり砒 呉	化浴
				雁 仕	0876	ね　　ね泡　　’旧(	既末　　了　雅	既末
				仕	0876	ね　　’1(’　旧		

HC				同	平 敬	同	同	房
				化浴 琅　月 房仕	0878	ね　ね　市	了　逢絞	
				江　太 仕	0878	了　0877　78平　凹　ね　徳’旧(	既末　了　雅	既末
				五　雁	0878	0877平　ね　ひ　ね彰 な じり　砒 ’旧(	臨　各ザ ボシゥミ 旧 雅	臨　ね了 で　珪
				宣仕	0878	ね	了　逢絞	
6				材 天 仕	0878	な　泡ね導　ァ▶なり ’旧(	既末　了　雅	既末
				材 仕	0878	ね　ね　で ’旧(	既末　了　雅	既末
				導　万了 仕	0878	0877　0878平　で上　な　ざぞ ’旧(	既末　了　雅	既末
				貝 仕	0878	0878平　化 ね　2　内 でね ’旧(	了　雅	
				貝 仕	0878	0878平　化 ね　で　でね ’旧(	既末　了　雅	既末
				固　琅	0878	な ぐり　培末囲’培囲片(ね　で　ね	了　逢絞	
				琅	0878	カジね2Gd　3Gd	了　逢絞	

HC				同	平 敬	同	同	房
				宝 於				
				干 項 仕	088/	51 0 叢ね カジ	1 雅	既末
				 仕	088/	デ ヨゥザ ね で ’ 旧(	逢 各 既 末 月ズ ザユ 了 雅	既末
					088/	ね な じりゲム デで	了 逢絞	
				 仕	088/	0877 0878 平 ね 砒	1 雅	既末
				叢 太 仕	088/	囲ね なっ づ で ’ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				材 号 仕	0880	0875 平およ 0878 平 てね ね	上 房 砒 呉 ね 0877 0878 で ね ね	化浴 上 房
				先 仕	0880	ね でポクポ ’ 旧(	逢 各 既 末 月ズ ザユ 了 雅	既末
				材 天 仕	0880	0878 平 な ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
					0882	ね ね了 で	夕 了	浴 凹片
6				コムジ テア ェコ仕	0883	ひカ ヲ て ごるり 「ね 徳’ 旧(	既末 了 雅	既末
				コムジ テア ェコ仕	0883	ひカ ヲジ て ごるり 「 ね 徳’ 旧(	既末 了 雅	既末
				ザモ ハ ジ アフ 仕	0883	クヨ ト 叢な ぐりテアシゾリ ァ ヲイ ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕

HŒ				同	平 敬	同	同	房
					0884	な ぐり 各 ど ね ’ 旧(	固 ギザユ ブ 0884 導 旧雅’ 4/ 平託 (	4/ 平託 固 ギザ ユ ブ宝
				時 仕	0884	てね でFOR な り ’ 旧(	固 ギザユ ブ 0884 導 旧雅’ 4/ 平託 (	4/ 平託 固 ギザ ユ ブ宝
				孜 仕	0884	で な がり’ 旧(	固 ギザユ ブ 0884 導 旧雅’ 4/ 平託 (	4/ 平託 固 ギザ ユ ブ宝
				丈 仕	0885	24//x¬A-O 令 ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0885	化浴 ね ね ’, 0884 平 01 (で ね で ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				時 仕	0885	てね でFOR な り	化浴 琅 砒 呉	化浴 琅 宣
				時 仕	0885	てね FOR な り ’0878, 0884(’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0886	- 重 ね ね頸 で平	化浴 各 砒 雅	化浴 各 砒
				丈 仕	0886	0815 ’ 止 (およ ぞ ね - 上 ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0886	な ぐり ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0886	三ペ オム ヲギ ね ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				導 万了 仕	0887	0877, 0878 平 て 凹ごるぞ ね		既末
6				本 可仕	0887	て ざぞ なっ づ	了 逢絞	

HC				同	平 敬	同	同	房
				合 仕	0887	ぞどひぎ　ね　ぎ	化浴　ね　ピア リトカィト 既末ね　2=	仕
				仕	0888	寅　な づ ごるぞ　な じり ね　市	化浴　琅 砒 呉	化浴　琅 砒 ’　琅 (
				仕	0888	’旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末　仕
				仕	0888	クヨゥト 叢 ね　’旧(	既末　了 雅	既末
				仕	0888	0815 平　な　ね宙　’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　了 雅	既末
					1///	な ぐり　培末 町		
				本 可仕	1///	ね　0884 平 0888 平 8	了 逢絞	
				仕	1//0	2 4// 平 ね　層歳 ボジゾ ズ ザユ　旧	既末　了 雅 1//0	既末
				口　天 仕	1//2	FG/1　浴て よるぞ　浴序な 市じり	各ズ ゾ , 化既末　各 ね浴 砒 ,,　浴 ,, 干 03 平 砒 呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				本 可 ズ ゾ ’1//2(	1//2	ね　1//2 平 1 >5	了 逢絞	
				協 仕	1//3	0815 平　ね　が ら　な り 上		

HC				同	平敬	同	同	房
6				仕	1//3	化浴 ね な ぐり ね ,, ,,	化浴 琅 砒 呉	化浴 琅 砒 琅
				寸 仕	1//3	1//2平 Li7-/ な がぞ ね顔 ど 'U/44,//6(' 旧(	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				仕	1//3	ね ムオナスミ,, 0815 平 ね 宝 な りァブ ダ,,' 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	1//3	化浴 ね 2///平 ね ' 旧(	既末 了 雅	既末
				本 可 ズ ゾ '1//3(	1//3	ね '1//2平0/ >1//3平5	了 逢絞	
				寸 仕	1//3	1//2 平 'LIL 7-/(な て がぞ オムヨて りぎ り	砒 房	砒 房
				合 '1//3(	1//3	ね ,,0// 平な ぞ づ継 ぞ ,,	既末ね 0>> 既末550 >>	で渋 仕
				五 孜 仕	1//4	干 04平'1//2平(な 化浴 ね て ごるぞ 位 泡		
				三没 眞干 仕	1//4	化浴 0815 平 な どたる ら ごるぞ 凹ざぞバィブ 速'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	1//4	化浴 ねクヨゥ ト 叢ジ シな ぐり でポクポね U/44,/04 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				三 湿 仕	1//4	1//2 平 な り化浴 ピ デな ぞ で でね 逢	1	

HC				同	平 敬	同	同	房
6				’1//4(仕	1//4	な ぐり で るおよね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				時 仕	1//5	FOR逢継 テ ゾね 各 な ら 凹ごるぞ ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				’1//5(仕	1//5	な づ ごるぞ ね で カジ 凹,, ざぞ ぞお ,,’U0/0, O//0(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				仕	1//5	2///平 ね およ ぞ 了	な ぐり ね で 了 三	浴 凹片
				仕	1//5	化 て ぞな ごるぞ 研 でクヨゥ ト 叢 凹 ねポクポ ’U0/0,/20(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				仕	1//5	1//5 平片 ポ ブ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				合 仕	1//6	平 およまぞ 凹 ね 平 ’U046, O/18(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				先 仕	1//6	め ど 4 3-	化浴 ね	化浴 仕
				仕	1//6	化浴 ね 2 2//平 ね		既末
				仕	1//6	24// 平 ねポクポ ね ’U046, /01(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				協 仕	1//6	化浴 0815 ね てね 上 沿’11, O, /7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	郷 固 旧雅 既末 片	既末 仕
				三没 眞干 ’1//7(	1//7	化浴 0815 平 止 ね でロ		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				協 仕	1//7	重 な ぐり 層歳な じり砒		
				仕	1//8	1//2 平 な ね ね託	化浴 砒 房 呉	化浴 砒 房
				合 仕	1//8	J, 平 な培つぎ ね ’旧(	既末 了 雅 1//8	既末
				合 仕	1/0/	囲 092/ ///	囲	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/0/	どピウ スかど ね ざ 宙 ,, ね 位 泡 ね ,,’RRR/02,O/7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
6				末 ’1/00(	1/00	47 既末ベト シ 重夕 ね 壊で	ベト シジデ	既末ベト シ
				仕	1/02	ね ね で ね ’RUB37,/0(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				化浴 ’1/03(	1/03	,, ね 沿 ひ ,, 1 片 片	化浴 な ぐり な じり砒 呉 04	化浴
				仕	1/03	0857 平 ね なめでつぎ な り てね 印陸 旧	刈 琅	化 琅
				仕	1/03	ね ね 徳で な ’RUB40,/7(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				ご お仕	1/03	ひ な ぐり ね ね ら ざFOR ’RUB44,O/3(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				ご お仕	1/03	ら ざFOR な り ひ ね ね 凹’RRR22,/4(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				’1/03(	1/03	化浴 ね な ぐり で ね ,, 月 ,,	琅	口

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/04	琅　　て　ぞ　ね　ね 旧	既末　　了　雅 1/04	既末
				五材　仕	1/04	凹　な　るり　　ね 徳　旧	既末　　了　雅 1/04	既末
				末 止 仕	1//2	FG/1　浴て　ごるぞ　　ね月　野	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				寸　仕	1//2	化浴　浴 ね浴序　ね	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				重　篠仕	1//2	浴 ね	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				重　篠仕	1//3	泡な り浴序　ね彰 ,,1//2 平 泡ね ,,　旧	既末　000 平 旧	既末
				仕	1//3	FG/1　浴て　ごるぞ　ねラクナ ピウネ リ　市	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
6				五 仕	1//3	FG/1　浴て　ごるぞ　ね月 ね守宙　でB.M　了	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				堀湿 葷 仕	1//3	化浴　浴 な ぐり　ね　月 雅 了	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				重　篠仕	1//4	泡な り浴序　ね彰 ,,1//2 平 泡ね ,,	夕 1//2 平	浴 凹片
				峡 '1//5(	1//5	化浴 ね　ね　な ぐり ね庁から		既末
				互 果 仕	1//6	FG/1　浴て　ごるぞ　ね	各ズ ゾ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				雁 仕	0878	0878 平 01　08 既　な 凹ごるぞ　なっ づ 旧(	既末　了 雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				先 仕	0878	ね浴序　化浴　協　ね歳舞	1 雅	既末

干重協　囲 ひ　ホ ラ ク

孜 雁　1//0　囲雅　干重　ね0(’ 本 材 曳判材

’1//0(　材　庁 (　材　逢

上　呉

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				号 仕	1//6	化浴　　干重　　な　ぐり庁　　上　　'G013, O//6('ボジゾ　　ズ　ザユ ('　旧(	既末　　逢各　　了　雅 'BC, QNL(	既末　　逢各
				仕	0850	な　市じり　　ね　字　沿で　　なっ づ　旧		既末
				禎　孜 仕	0853	な　ぐり　　ね彰	化浴　　琅　砒　　呉	化浴　　琅　　琅　　宣
				導 仕	0854	三　　重　　なっ　づ	化浴　　上　　房　呉	化浴　　上　　房
				五　　事 仕	0855	な　ぐりデバヴィデ　　旧	1 雅	既末
				仕	0856	2　　ね　各　　0　　ね　珪 呉	化浴　　呉　協	化浴
				禎　孜 仕	0856	2　　ね　各　　1　　ね 琅珪　　呉	化浴　　呉　協	化浴
				禎　孜 '0856(	0856	1　　なっ　づ	化浴　　呉　協	化浴
				天　　先 仕	0856	2　　ね　各　　2　　ね　珪 呉,,　ね　砒　25　,,	化浴　　呉　協	化浴
				欠 仕	0857	ね　ど　　旧	1 雅	既末
				合　　仕	0857	じり　　叢　で　　,, ねおぞ ら,　旧		既末
				三 時 仕	0865	ね　　琅	化浴　　琅　砒　　呉	化浴　　琅　　琅　　宣
				材　　号 仕	0877	で　　ね　　' 旧(	既末　　了　雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
6		上		孜雁	088/	干重ね で 琅	既末 砒 雅	既末
				禎 琅	0880	三 らて ぞ ね末	上 承	上 承 卓
				材 号 仕	0880	0875 平およ 0878 平 てね ね	上 房 砒 呉 ね 0877 0878 で ね ね	化浴 上 房
				材 号 仕	0884	て ごるぞ ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				末 太 仕	0886	化浴 干重な ぐり巧 ね ね ’ 旧(	房	房
				三 時	0888	易 ’ ね13(	ェヌリ キ	ェヌリ キ 負
				孜 雁 ’1//0(	1//0	化浴 干重ね ね で 琅なっ づ	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				仕	1//3	ひ干 ね な ぐり干 04 平 なでめ ど 野	了 逢絞	固 琅
				太 仕	1//3	1//2 平 な 化浴 五な ぐり ’R/32, O//3(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				仕	1/01	ね り 0 , , デヨゥザ て ごるぞ で ね 葷, ,	FRI ナヤ ジ	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/01	ね り 0 , , デヨゥザ て ごるぞ で ね 葷, ,	FRI ナヤ ジ	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/02	ね ね で ね ’RUB37, /0(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				化浴 各砒	1/03	ね ね で ね	了 逢絞	

HC				同	平 敬	同	同	房
				砒 房'1/03(				
6		上		仕	1/03	ね ね 徳で な 'RUB40,/7(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				化浴 各砒 砒 房'1/04(	1/04	ね ね	了 逢絞	
				客雁 仕	0874	ねGd Md 'o dkh hm x drtksr(	既末 な り 了 ガ ククリ ブナヤ ジ	既末
				江 先 仕	1///	上 守宙 およ 宙ざぞ 千重ね 上	上	既末 上
				材 月 仕	1///	千重協 な ぐり浴 三ね ピヨ でぎな ジ シ4d 三ね 4 ピヨな っ づ ' 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅
				材 月 仕	1//0	千重協 な ぐり ジ シ468ね ピヨ	砒	既末
				五 仕	1//3	FG/1 浴て ごるぞ ね月 ね守宙 でB.M 了	各ズ ゾ	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/02	ね ね で ね 'RUB37,/0(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				化浴 各砒 砒 房'1/03(	1/03	ね ね で ね	了 逢絞	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				材　合 仕	0852	でざづね　　丹　　ね	化浴　　呉　27 平	化浴
				田 仕	1/0/	字月　　およまぞ　　ね　上 旧	既末　　平　　旧雅	既末
7				’0845(	0845	干重　　ね　上　　で　　上　ね ,,　　培　,,	房	房
7				’0845(	0845	干重　　な　ぐり　上ね　　旧		既末
				’0871(	0871	位　協　ね　上な字圧じり　　曳　　ね 各なっ　づ　旧	既末　　78 平 旧	既末
				合 仕	0888	ホァペ　リ－　　ァ▼ィな　り　干重な　ぐり ね 2 欠　　市’07(’　旧(	既末　　了　雅	既末
				合 仕	1//0	ホァペ　リ　　ァ▼ィな　り　干重な　ぐり　　ね 2 欠　　市’1(’A4/(　旧	既末　　了　雅 1//0	既末
				五 ’085/(	085/	三　　ね　　な　ぐり　　で 判	房　呉	房
				重　仕	1///	浴　で　ざぞ　　な　ぐり　　ザ,グ　ジね で 判　　ね彰　　化浴　　ね ねザ,グ　ジ　　’　旧(	既末　　0/6 平 旧	既末
				仕	1//0	ね　　で浴	化浴　　砒　房　呉	化浴　　砒　房
				’1//6(	1//6	化浴　　ね浴　　な　よるり　　’ボジゾ ズ　ザユ (’　旧(	既末口　　了　雅	既末口
				欠 ’0847(	0847	判　　な　　ね　　旧	既末ね　　ね砒　逢絞紘	各砒　既末ね　　ね砒「
				’0855(	0855	判　　ね　　速		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				’0862(	0862	判　　ね　　速で ね 道		既末
				功 仕	1///	位　　－　　権分り双　　採 ’ 呉(’16(’ 旧(	既末　　了 雅	既末
				孜雁仕	1//0	化浴　　囲 Mn-2　　位　　囲で ね		化浴　　砒 房
7				仕	1//0	化浴　　千重 判　ね　ね　’I1 ,//0(　旧	逢　各　了 雅 ’BC, QNL (1//0	既末浴　　仕
				干　04 平 00　01 既 砒 末 ’1//2(	1//2	位　　ね　　なっ づ	ゴィジメ	了　各砒　　砒 ズ ゾ
				末 ’1//2(	1//2	千重ね里　　で　ポ ビ ク C//4, O//1 ボジゾ ズ ザユ　　旧	逢　各　了 雅’BC, QNL (1//2	既末浴　　仕
				仕	1//3	な　づ 市じり止　　ね 徳, ,　位 ね , ,　旧	既末　　000 平 旧	既末
				砒　　末 ’1//3(	1//3	位　　ね　　なっ づ干　04 平 00　01 既八 (	呉雅>>1//2 平 0 >01　>>’ 0　(	砒　　末
				砒　　末 ’1//4(	1//4	位　　ね　　なっ づ	丹　　ね	砒　　末

HC				同	平 敬	同	同	房
7				砒　末 ’1//4(	1//4	位　ね　宙ざぞ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				庁 仕	1//4	位　ね　宙ざぞ　了　囲 ね	承　砒　房砒	承　砒　房
				砒　末 ’1//4(	1//4	位　ね　宙ざぞ　なっ　づ ’干　05 平 00　18 既八　(	呉雅>>1//3 平 0 >01　>>’　0　(	砒　末
				道 ’1//6(	1//6	位　ね　ひ　層歳	培監　ね 功 呉	承　各砒　房
				道 仕	1//7	位　ねロ　干　で 上 速’R030, //3(’　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　逢各
				今 仕	1//7	位　な ぐり LS　採 ’　//2, O//7(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	了　雅’BC, QNL(	
				今 仕	1//8	位　ね　速’I134, O//1(’ボジゾ ズ ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1//8	既末　逢各
				仕	1/0/	郷　囲　位　で ね　没「 治「　「　ひ	郷　囲 09l 4 ///　固 琅 承　C 0, Mn-428	固　琅 仕
				祢 ’1/0/(	1/0/	位　化　没　ね　’ボジ ゾ ズ ザユ (’　旧(	既末　ひ 0475 平　止　ザ ボシゥミ　了 雅 1/0/	既末
				今 仕	1/0/	位　ね 2 欠　ィム シ ク ’RDL /20, O06(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/0/	位　　な ぐり　　ひ 上 速 O1, /7('ボジゾ　ズ ザユ　　旧	既末　　了 雅 1/0/	既末
				眞今 仕	1/00	位　　な ぐり双　　採　　ひ里 採 ,,　1　　,,'RBF/52, O0/('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　　逢各　了 雅 CUC	既末　　逢各
				権　隅 仕	1/00	位　　な ぐり双　　採	各ズ ゾ　　干 11 平　　ね　　砒 呉	承　各砒 房　　各ズ ゾ
7				権　隅 仕	1/01	位　　協 な ぐり双　　採	各ズ ゾ　　干 12 平　　ね　　砒 呉	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				叢　雁 仕	1/01	位　　ね 上 速　,,　導 ,守干 ,,	琅採 雅	琅採
				眞今 仕	1/01	位　　協 な ぐり双　　採 テ ゾ ,,　眞　　ひみお　　,,'O1, 25('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　　了 雅 1/01	既末
				今 仕	1/01	位　　ね 2 欠　　速およまり す ま雅　'O0, 11('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　　了 雅 1/01	既末
				 仕	1/01	位　　で ね　な ぐり　　ひ浄 上　速'O0, 10'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　　了 雅 1/01	既末
				住 仕	1/02	位　　ね浴　ね	砒	既末
				材　差 仕	1/02	ホ ラ クテ ゾ　な培つぎ化浴　治位 ね浄　上 速で　位　　'Q04, N, 5('　旧(	既末　　01/ 平 旧	既末
				住 仕	1/02	位　　協 ね双　　泡採 ,,　で　,, 旧	砒	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
7				眞今 仕	1/02	位 協 な ぐり里 採	各ズ ゾ 干 13 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				権 隅 仕	1/02	位 協 な ぐり双 採 ,, 導 みお 偲 な ぐり 寅 テ ゾね ,,	各ズ ゾ 干 13 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/02	化浴 協 位 浴 な ぐり 泡採	各ズ ゾ 干 13 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				眞今 仕	1/02	位 な ぐり双 採 ,, 眞偲 ひみお 偲 ,,	各ズ ゾ 干 13 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				権 隅 仕	1/03	双 採 およ ぞ 位 協 ね お 速	浴 ザ ミ 囲'CUC(	承 各砒 房 各ズ ゾ
				住 仕	1/03	位 協 ね浴 な ぐり 速'RRR23, O/6('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				導 仕	1/03	位 ね丹 で協 ね 各 ね 速で ね 'RRR23,02(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				五 欠 '0847(	0847	ね粗 な じり砒	化浴	化浴
				里 '0860(	0860	化浴 浴 な 道じり ね らまぞ ね 旧	琅	既末 琅
				五没 仕	1//1	ね 旧	刈 琅	化 琅
				雁	0841	位 協 な ぐり ね ,,できな ね なっ づ,, 旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
7				仕	0847	上ね	化浴　上　房 呉	化浴　上　房
				住　孜雁 仕	0851	三 な ぐり　ね 採　旧	琅採	琅採 承 卓
				化浴 同 ’（’0868(	0868	位　な ぐり　でり		化浴　房
				対 仕	0880	位　ね　’（な っ づ	化浴　託　呉	化浴　託
				重 ピゴ 仕	0885	干重協 ねSnx　ねロ　ジ シ4dね れ 難　か化三ざジキか 功　’旧(	既末　旧雅	既末
				天	0885	位 な 市じり　曳　令 ね ピヨ ギ ゾヨ　ね ピヨ	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
				仕	1//5	干重　干重　干重　干重 な ぐり　’0(　ね　’旧(		既末
				仕	1//5	干重　干重　干重　干重 な ぐり　’1(　ね　供字 で Cdaxd, Gt bj dkメテリ’旧(		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な ぐり　0 B BN2 ね　干 ’ボジゾ ズ ザユ（’旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				不 仕	1/0/	化浴　位　化　上ね　ひ木　宙　Q 1/4('ボジブ　ズ　ザユ　’　旧	既末　006 平 旧	既末
				干	0840	な　ぐり　速　ひ　な　じり砒　0 旧		既末
				里 ’0860(	0860	化浴　浴　な　道じり　ね　らまぞ ね　旧	琅	既末　琅
				導	0885	ね　ね　道　な　ね　なっ づ　’　旧(	既末　旧雅	既末
			浴	勘	0883	位　協　可　ね　ね 浴　ひ口　琅ね　’　旧(	既末　0/0 平 旧	既末
				勘	0886	位　協　－　可　で　ね　ね　な ね　浴　ひ口　琅	功　宗託　雅	功　宗託　雅刈　仕
				住　先仕	1/03	ね　ギジ　およ　ぞ ね浴　旧	既末　010 平 旧	既末
7				化浴 同 ’　(’0868(	0868	位　な　ぐり　でり		化浴　房
					0886	ね　判 WQE	化浴　浴　ね　な　じ り　各　砒　’干　7 平　砒 呉　(　化浴　協　浴	房
				仕	0886	浴　ね	化浴　浴　ね　な　じ り　各　砒　’干　7 平　砒 呉　(　化浴　協　浴	房
				末 ’1//3(	1//3	里　ィ　ハ　シユ　な　り　位　ね　寅　市 ’O/26('ボジブ　ズ　ザユ　(’　旧(	既末　了　雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				末 ’1//4(	1//4	里 ィ ハ シユ およ むぞ化浴 ね 寅 市	化浴 琅 砒 呉	化浴 琅 砒 ’ 琅
				末 ’1//4(	1//4	里 ィ ハ シユ およ むぞ化浴 ね 寅 市’C//4, O//2(’ボジブ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				峡 ’1//5(	1//5	化浴 ね ね な ぐり ね庁から		既末
				’1//7(	1//7	囲 ひ 09// ///		承 各砒 房 各ズ ゾ
				件 ’0871(	0871	>既 ね 速 どよひな 丈 ね で	沸承 卓	沸承 卓
			琅採	’0857(	0857	化浴 な ぐり 琅採 ね ,, でざ づ,,	ナヤ ジ	宝 八
			泡採	末 眞 仕	0886	ザ クリ ダモ ヌリ 泡採 ひ 2-4jGy RAO	化浴 浴 ね な じ り 各 砒 ’干 7 平 砒 呉 (化浴 協 浴	房
7			泡採	住 仕	1/02	位 協 ね双 泡採 ,, で ,, 旧	砒	既末
				仕	1/02	化浴 協 位 浴 な ぐり 泡採	各ズ ゾ 干 13 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
		上		泡 雁 仕	0883	ね ひ なっ づ	上 房 呉	化浴 上 房
				雁 仕	0851	化浴 固三 ね ,, 先 ,,	化浴 上 房 呉	化浴 上 房
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’0(ね ’ 旧(		既末

1€				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//5	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　'1(　ね　供字　で Cdaxd, Gt bj dkメテリ '　旧(		既末
				仕	1//6	干重　干重　干重　干重 な　ぐり		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　0 B BN2 ね　干 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(		既末
				重 '1/0/(	1/0/	位　ね　「ね　で ね　,, 八　2欠　監 ね　各　琅　でざづ,,　旧	既末　旧 雅 1/0/	既末
				重 '1/00(	1/00	位　で ね　ね　「ね で 上　ね 2 欠　市,, 八　ね　各 琅な り　ね　ま,,	ナヤ　ジ	宝　八
7		上		住　先仕	1/03	ね　ギジ　およ　ぞ ね浴　旧	既末　010 平 旧	既末
				'0845(	0845	干重　ね　上　で　上　ね ,,　培　,,	房	房
				叢 仕	0862	上　呉,,　0　上　ね　な っ　づ,,		化浴　上　房
				材 仕	0873	ね　なっ　づ　－　-激ら	化浴　房	

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				材　号 仕	0877	上　ね　2　位　化	上	化浴　上　房
				仕	1//2	化浴　位　>　な ぐり 上　ね で 上　ひ 上　ね	ザ ボシゥミ　雅	既末　砒
				’1//7(	1//7	上 な　およまぞ化浴 化　るり　で なっ づ	臨	
			oG	仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
			浴	位 砒 ’0854(	0854	位　ね　ね浴		各砒　勘
				仕	0856	浴　で浴　ね　,,　位　協　ね浴 ね じり１２ね　,,		各砒　勘
				仕	0862	ね浴　ね 激 なっ づ 旧(	既末　7/ 平 旧	既末
				五 欠 仕	0866	浴　ね 激 なっ づ		砒
				勘	0883	位　協　可 ね　ね 浴　ひ口 琅ね　’旧(	既末　0/0 平 旧	既末
				助仕	0885	位　協　上ね　な　ね 浴　ね		既末
7			浴	勘	0886	位　協 － 可 で ね　ね　な ね　浴　ひ口 琅	功　宗託　雅	功　宗託　雅刈　仕
				上 仕	1//1	ね 激　ね浴　各な り凜雅　な じり砒	浴　雅	

HC				同	平 敬	同	同	房
				住　先仕	1/03	ね　ギジ　およ ぞ ね浴　旧	既末　010 平 旧	既末
		ね仕		’　(	0880	ね　’ね1(　化浴　化 てね研　な ぐり臨　てね　逢 ね	房	房
8			隅	重 ’0863(	0863	浴峠　な ぐり隅　ね　なっ づ 旧(	既末　旧雅	既末
				導 仕	1/00	浴 ね泡 隅　めぞよじ　ね 宙’RRR/21, O/3(’ボジゾ　ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 CUC	既末　逢各
				仕	0882	06/3 平　ね　メテリ’　メテリ な り 歳　砒 ね ま(		既末
				天	0882	干重 っぎ ぞ　’ね 0(	砒 平 －　1’拋制(	
				仕	0886	重　ね 各　’旧(	既末　了 雅	既末
				仕	0887	ね　で　ね　’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				仕	0888	ね 累　で 上 速	砒	砒
				辺重　仕	1//0	尺浴　ね　逢　で既末浴　で ね　ボジゾ ズ ザユ　旧	既末　0/7 平 旧	既末
				砒　末 ’1//3(	1//3	なっ づ	ゴィジメ	了　各砒　砒 ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
8				砒　末 ’1//4(	1//4	ね　なっ　づ	丹　ね	砒　末
				砒　末 ’1//4(	1//4	ね　なっ　づ干　05 平 3　03 既八　(	呉雅>>1//3 平 0 >01　>>’ 1　(	砒　末
				仕	1//5	ね月　およ　ね　野　宙じり		既末
				導 仕	1/00	浴　ね泡　隅　めぞよじ　ね 宙’RRR/21, O/3(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				太 仕	1/01	ね　干舗浴峠　な　市じり ’C1 0, /7(’　旧(	既末　了　雅 1/01	既末
				仕	1/04	ね　で　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				’085/(	085/	な　ぐり浴　三ね　なっ　づ	琅	既末　琅
				導　丈 ’0851(	0851	な　ぐり　礪ね	化浴　1　A	化浴
				’0852(	0852	ね浴　なっ　づ	化　琅	化　琅
				仕	0865	ね浴　で　旧	化　琅	化　琅
				号 仕	0876	ね　で　’旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
					0883	浴　ね　およまぞ　ね　’ 旧(	既末　旧雅	既末
				天 仕	0888	ね浴　三な　道じりロヨ　トジヨィトね　市で	琅　Rd －	既末　琅
8				住 仕	1//2	な　ぐり浴　ね　で　でね	泡　砒　ズ　ゾ 呉	泡　砒　ズ　ゾ
				導 仕	1//3	な　ぐり　ジ　シ 4d ね浴　ね 道　な　じり		砒
				導 仕	1//4	な　ぐり L HR4d ね浴　ね　道　な　じり　’旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				叢 仕	0876	化既末化　な　ぐり　丈　ね 1 化　ね　丈　ね	固　浴峠 でじり　ね臨　各砒 ’Hd	固
				仕	088/	ね　でJ　平　’旧(	既末　86 平 旧	既末
					0880	ね　徳’旧(	既末　87 平 旧	既末
				仕	1//2	なまよるり　ねJ，　平	沸承　卓	沸承　卓
				天 ’1//2(	1//2	浴　，，既末浴誓　ね　，，	既　ね　1　ね臨　ぞす づ　片	仕
				仕	1//7	化既末ね双　ら　軟遊　，，導泉　ね およね　ぞど　，，’O, 005(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　004 平 旧	既末
				辺重　仕	1//0	尺浴　ね　逢　で既末浴　で ね　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	既末　0/7 平 旧	既末

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				辺重　仕	1//1	尺浴　ね　速でF nvsg Rs s 旧	既末　0/8 平 旧	既末
				五 仕	0868	浴　囲 09l// ///	浴　囲	房
				末 ’0871(	0871	ね没　ね　で	上　砒　於 呉	上　砒　於
8				叢 仕	0876	化既末化　な ぐり　丈　ね 1 化　ね　丈　ね	固　浴峠 でじり　ね臨　各砒 ’Hl	固
					0880	ね　徳’旧(	既末　87 平 旧	既末
				仕	0880	ひ上化　泉　ね J 平 ’ 旧(	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				仕	1//2	なまよるり　ねJ, 平	沸承 卓	沸承 卓
				仕	1//7	化既末ね双　ら 軟遊 ,,導泉　ね およね ぞど ,,’O, 005(’ボジゾ ズ ザ ユ (’ 旧(	既末　004 平 旧	既末
			泡採	住　雁 仕	0850	浴峠 叢 ね 泡採 で ね 1		卓
				材 仕	0883	既末浴 協　ひ　浴 ねザ クリ ダモ ヌリ 泡採	既末浴　浴 ね浴　砒 ’干 4 平 砒 呉 (	房
	上			五 仕	0852	協　材　ね砒	判	
				仕	0853	粗 陵　2-　ね没　ねオォラ 粗	化ね　2	化 勘 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				五 ’0868(	0868	干重　な ぐり　ね砒		
				仕	0871	既普　ひ　ね没　ね　砒	砒　呉	
				叢 散 仕	0886	な 市じり　ね　徳’ 旧(	既末　0/3 平 旧	既末
				叢 散 仕	0888	干重　ね　ね　ね　’ 旧(	既末　0/5 平 旧	既末
				化　仕	0871	ね没　ね　ね　旧	既末　旧 雅	既末
8		上		仕	0871	既普　ひ　ね没　ね　砒	砒　呉	
				導 仕	1//3	な ぐり　ジ シ 4d ね浴　ね 道　な じり		砒
				三 仕	1/0/	ね上　ね　でジデ ダゥミ 平		既末
				太 仕	0884	事　治 ね		既末
			浴	雁 ’0870(	0870	浴峠ね浴序　な　ね浴　説み 旧	既末　77 平 旧	既末
0/	上 化		隅	仕	1/0/	浴　でざぞ上化　ね　隅　市で ね　’RBF/73, O06(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 BC, QNL 1/0/	既末　逢各
				湿 仕	1/01	上化　化　ね　隅 浴　で浴序	砒	既末
				化材　仕	0851	上化　ね　速なっ づ, , でぎな! 上化　! ね なっ づ, ,	化　琅　口 宣砒　呉	化　琅　口　宣

HC				同	平 敬	同	同	房
				湿 仕	1//7	上化　協　な　ぐり浴　　ね　　で　　遊	砒	既末
				仕	1/0/	浴　　でぞ上化　ね　　隅　　市で ね　　'RBF/73, O06('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　　逢各
				湿 仕	1/01	上化　化　　ね　　隅　浴　　で裕序	砒	既末
				江　守隅 '1/01(	1/01	上化　　ね　　夕　　,,　上な権ぞ　り巧　ど 守　　のと　っお　ぞねお,,		泡
				仕	1/04	上化　ね　　な　じり　速 砒　　旧	既末　　旧 雅 1/04	既末
				雄 仕	0847	上化　ね浴　　0	砒　房　　上化　ね な　じり　各　砒　2,, 0846 平 呉雅,,	砒　房
				仕	0858	上化　尺　　ね　三ね　「	化　琅	化　琅
				材 '0858(	0858	上化　　ね　　旧	化　琅	化　琅
0/	上 化			道太 '086/(	086/	上化　　ね浴　　,,浴　　ね　速ね　　砒 1　,,	化　琅	化　琅
				雁仕	0862	上化　　泉　ね浴　　で　　'　旧(	既末　　旧雅	既末
				砒 '0864(	0864	上化　化　,,浴　　でめな,,	既　ね　1　　天千　偲　む く　づ	仕
					0885	上化　ね　ね　でり　　ピヨ	雅　既末ね　ピヨ	既末　　仕
				仕	0887	上化　　同　千重な　市じり　曳　　ピヨ－　　で ね　　'　旧(	既末　　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1///	上化 －同 位 な ぐり浴 ね で同 ね ひ		浴 凹片
				’1//0(	1//0	上化 三化干重な ぐり浴 ね で重 ね ひ 旧	既末 旧雅	既末
				’1//4(	1//4	上化 な ぐり浴 ね で 浴 ’Q,130(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				’1//4(	1//4	上化 同 干重な ぐり浴 ね で 浴 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末
				’1//4(	1//4	上化 同 干重な ぐり浴 ね で 浴	砒	既末
				’1//5(	1//5	上化 化 な 市じり止 ねシリ ゲ ピ ア ザユ ブ当 ギ平 で 同 干重ね浴 ね平 ’Q,103(’ボ ジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 002 平 旧	既末
				仕	1//7	湿 上化 協 な ぐり浴 ね で 遊	砒	既末
				仕	1/0/	浴 でぞ上化 ね 隅 市で ね ’RBF/73,O06(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				仕	1/04	眞 上化 な 市じり浴 ひ上化 ゲァ B8//0B ね 雅 ね ’Q10,N,1(’ 旧(	既末 011 平 旧	既末
0/	上 化			仕	1/04	材 太 上化 尺 ね浴 な ぐり ▼タ 採		砒 ズ ゾ
				仕	0846	眞 ね 了 ,,上化 化 ね 1 ,,	砒 房 上化 ね な じり 各 砒 1,,0845 平 呉雅,,	砒 房

HC				同	平敬	同	同	房
				五 ’0847(	0847	上化 ね 壊,,0- ひ ,,	砒 房 上化 ね な じり 各 砒 2,,0846 平 呉雅,,	砒 房
				号	0880	上化 ね ’ 旧(		既末
				号	0880	上化 ね ’ 旧(		既末
				号	0881	上化 みっ ね で 託		既末
				仕	0882	上化 みっ ねR Mc ’ 旧(	逢 0882 平各 了 雅	仕
				仕	0887	上化 同 干重な 市じり 曳 ピヨ- で ね ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				眞 仕	1//6	上化 みっ ね で ね リマヌ ズ ジ平		既末 仕
				’1//7(	1//7	上化 な 市じり 同 C ピヨねシリ ゲ ぞピア ザユ ヂヨ ギ平 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末
				仕	1//7	上化 ね ,,ポクポ 凹 ね ,, 旧	既末 了 雅	既末
				す ま仕	1//5	月 雅で ね な培つぎ 1 6 平 ね上化 ねロ		既末口
				’0861(	0861	上化 ね な ぐり ね 0,, 丈 ね ね ,, 旧		既末
				仕	0875	上化 ね ね ’ 旧(	既末 旧	既末
0/	*上化*			末	0875	上化 ね な木 ▼ティデなっ づ		既末
				末	0875	上化 ね 野 ’ 旧(	既末 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0875	上化　化 ね　な　研 ね で　ね 徳		砒
				先 仕	0877	上化　ね　丈　できな Ohknv knad で K u knad なっ づ　’ 旧(	既末　了 雅	既末
				仕	0880	ひ上化　泉　ね J 平 ’ 旧(	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				仕	0882	上化　泉　な じり　ねJ　平		既末
			琅採	太 仕	0872	上化　な ぐり 琅採 ’ 旧(	琅採　了 雅	琅採
				’1//0(	1//0	里双 か顔 どテ ゾな じり里各　ポィク ザユ 琅なっ づ,,培　琅採　上化,化三「　でざづ,,	琅採 雅	琅採
		上		仕	0882	上化　みっ　ねR Mc　’ 旧(	逢　0882 平各 了 雅	仕
				仕	1//7	上化 ね だがや「　ゲァ B8//1 ね月　ね ’F1/8,//3(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’BC,QNL(	既末　逢各
				堀湿 葷 仕	1/0/	上化　Rtsd B8//0 Gnkd B な ぐり　月　培 で　ジ シでね　旧	既末口　了 雅	既末口
00	丈 末			’086/(	086/	丈末　可 な ぐり位　旧	化 琅	化 琅
				’1//8(	1//8	な 道じり丈末 ね　,,　巧　ね暖 ,,’Y065,//3(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
				五 仕	0858	丈末　がをね　ね 凹平 ,, 既末ね ね 03B 平 4/ ,,		砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				五　仕	0860	三化, 丈末　,　　ね　可　ね　　壊ね　で ,,　壊　　ね　壊　　ね　　,,	砒　房	砒　房
00	丈 末			’1//8(	1//8	な　道じり丈末 ね　　,,　　巧　　ね暖　,,’Y065, //3(’ 旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL　1//8	既末　　逢各
				’1//8(	1//8	巧　　,,　　オリ テヨ　　渋　丈末 な　よるり　　,,　N, 88(’　旧	既末　　005 平 旧	既末
01				仕	0882	06/3 平　　ね　　メテリ ’　メテリ な り 歳　　砒　ね　ま(		既末
				’1//0(	1//0	な　じり　　呉　,,　　培 干　01 平　,,		
				仕	1//1	な　じり　　呉　,,　　培 干　02 平　,,		
				仕	1//1	な　じり　　呉　　片 ,,　　培 干　02 平　,,		
				砒　　末 ’1//4(	1//4	ね　　なっ　づ	丹　　ね	砒　　末
				砒　　末 ’1//4(	1//4	なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　　砒　ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
01				砒　末 ’1//5(	1//5	ね　なっ　づ干　06 平 3　02 既八　(	呉雅>>1//4 平 0 >01　>>　1	砒　末
				仕	1/01	郷　囲　で ね　「　「 ひ	郷　囲 09 4 ///　固 琅　承　C0, Mn-5/0	固　琅　仕
				五 ’0850(	0850	ね	琅	既末　琅
				太 ’0862(	0862	干重ね　なっ　づ　旧(	既末　旧雅	既末
				砒　クリ ブ 琲’0866(	0866	干重およ　なおぐづね　なっ　づ		
				太 ’0866(	0866	干重ね	砒	既末
				時仕	1//5	化　干重な　ぐり　ね　道なっ　づボジゾ ズ　ザユ (’　旧(	既末　旧雅	既末
				号 仕	0875	干重化　な　ぐり　ね　で ね　平　三ね ’　旧(	化　琅	化　琅
				母　託	0874	ね　監でR泡　宙なっ　づ　旧(	琅採　了　雅	琅採
				重　丈雁	0878	Rdlrl hb L hb nynm shnm 砒　’0(　0872 平 既末浴　な り　寅　’　ひ　(で でね	琅採	琅採
				庁仕	0886	協　2 欠　採　ね　速なっ　づ ねァ ▶　な り　宙	琅採 雅	琅採

HC				同	平 敬	同	同	房
			琅採	仕	0877	琅採 なり 了 ね ’1(既末浴 ね 各 ’ 旧(	了 雅	
				止仕	0877	琅採 なり 了 ね 1 既末浴 ね 各 ’ 旧(	琅採 雅	琅採
02				材	0877	ね 平 で 五 でね ’ 旧(	沸承 卓	沸承 卓
02				旨 仕	1/01	てねプ トジベ ジカジ な り 採 ’ 旧(	沸承 卓 判 ザ ボシゥミ 旧雅 1/01	沸承 卓
			隅		0884	ね で凹 ね隅 ’ 旧(	既末 0/1 平 旧	既末
				砒 クリ ブ	0875	’ (ね ね で ね 導 てね	砒 房	砒 房
				仕	0878	ね 速 ねテ ダ ホ ラ ク ’ 旧(	既末 琅 了 雅 琅 旧	琅 仕
				禎	0882	な ぐり 上 で		
				住 仕	0882	ね 速	砒 於 呉	砒 於
				材	0884	既末浴 ね ね 住 － － 尺化 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	ざをお ザ ボシゥミ了 雅	浴 承 ズ ゾ
				材 仕	0885	既末浴 ね ね 尺 化 住 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				江 砒	0885	既末浴 ね 徳’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	ざをお ザ ボシゥミ了 雅	浴 承 ズ ゾ
				五 隅天 仕	0886	’ (でざぞ 琅採 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				江　砒	0886	およまぞ既末浴　　住　浴　ね	Ｉ ＬRSDB　浴砒	浴　　承　ズ　ゾ
				仕	0887	て　ごるぞ　　じへら　ね リマヌ　ズ　ジ平	杏　ザ ジ ミ砒　於　呉	杏　ザジ ミ砒　於
					0888	ね　　速で　　’旧(	刈　琅	化　琅
				仕	1///	－　　ね　’0888 平 1　15 既 L 4-0(なっ　づ てね泡ね渚　　’O/3/(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　了　雅	既末
				住 仕	1//0	末　な　ごるぞ MJG,02　五ね　　ド　ネ ,,化田　三　　で 逢ざづ,,　旧	沸承　卓	沸承　卓
02				仕	1//0	付化　天　　ね　　速	琅採 雅	琅採
				仕	1//0	天　　な　ぐり UKE,LS 採	ね　　な　逢じり ね砒　　郷　　砒 房砒　雅　　01J,/3　呉	郷　　砒　房
				仕	1//0	天　　な　ぐり UKE>LS 採	Bnmctbshulsx　mnl　kx 砒　　雅 1//0	B　砒　クリ　ブ
				仕	1//1	協　な　ぐり　　市　旧	刈　琅	化　琅
				浴三　守 浴 ’1//1(	1//1	,末　　協　ね　　市	了　逢絞	固　　琅
				住 仕	1//2	ド　ネ　およまぞ　　化田　三　　ね ’　旧(	既末　　00/ 平 旧	既末
				眞 仕	1//3	で じへら	既末　じへら	既末　じへら

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//3	0888 平 1　15 既　　協　て　ざぞ　'L 4-0(ね なっ　づ	1	
				'1//4(	1//4	ね　化田　な じり　,, 培　　干　05 平　,,		
				仕	1//5	ね	砒	砒
				仕	1//5	ね　ね　' 旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				口 仕	1//5	ね　末　な　凹じり　葷で　ね ' 旧(		既末
				仕	1//6	ね　0-4　平　ね	砒	砒
				口 仕	1//7	化　ね　末　な　凹じり　葷 ひ　ね　砒		既末
				合 仕	1//7	凹　な　逢じり　丈　ね 速'N, 82(' 旧(	既末　004 平 旧	既末
02				住 '1/0/(	1/0/	協　凹　な　ぐり　ね 市で　メテリ　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				末　雁 '1/0/(	1/0/	なお　な凹　ざぞ　三　ね　で よる り　なっ　づ Q, 40('ボジゾ　ズ ザユ ' 旧	既末　006 平 旧	既末
				天 仕	1/0/	凹　ね　速で　付化　'0803 平 L 6-0(ね なっ　づ'RBF/77, 05(' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各
				導 '1/03(	1/03	ね　で歳　旧	歳	歳　砒
				太 '0854(	0854	ひ ね　ね　なっ づ	砒	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房

HC				同	平 敬	同	同	房
					0874	ね2　平 A-O-令　で 宙ごるづ り　　ひ ね 03B 平　なっ　づ		
				末	0878	合　　ね　　なっ　づ	没　　琅　　呉	没　　琅　　宣
					0880	な　ぐり　　曳　　で		卓
				末　雁	0885	既　　ね　　で 上 ’ 旧(	既末　　0/2 平 旧	既末
				雁	1///	な　ぐり　　ジ　　シ4 な　ごるり ’互　各　　(で谷		各砒
				’1//0(	1//0	ね位　　旧	既末　琅　　旧雅	既末　琅
				舗　　仕	1//5	協　　合　　な　ぐり　　道で凹　　’ボジ ゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　旧雅	既末
				時仕	1//5	化　　干重な　ぐり　　ね　道なっ　づボジゾ ズ　ザユ (’　旧(	既末　　旧雅	既末
					0842	ね　　凹　なっ　づ	同口	同口
					0844	ね　　ね　　凹　なっ　づ		既末
				末 ’0852(	0852	既末ね　上　24 ,,　化　　15　　5　　ね なっ　づ,,		刈 「　　房
02				太 ’0855(	0855	ね　　研　　で	琅	既末　琅
				’0856(	0856	導　　ね　　で　　ね 旧		既末
				太 仕	0858	な　ぐり　　旧	1 雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0858	ね　で　な じり事 丈ね 旧	砒	既末
				付 可 可仕	086/	34平8　07 既　な じり 勘宝於　沿　呉　1　34平		付可　可仕
				丈 仕	0860	ね　で	呉 砒　宙砒 ね　「	欠　化　琅
				里雁 仕	0860	ね　ね　砒	呉 砒　宙砒 ね　「	欠　化　琅
				不 ’0860(	0860	086/ 平　ね	呉 砒　宙砒 ね　「	欠　化　琅
				導　万了 仕	0860	086/, 60 平　ね 凹　3-　カジ ひ 葷	1 雅　086/　6/ 平　雅	既末
				仕	0861	34平　ね　ね　およ り ひ　,,　ね　で　ね 0 ,,	砒 平　2 臨	
				功 紋 ’0862(	0862	で086/ 平ね	干	宝　0862 平
				導釜 ’0863(	0863	ね		既末
02				広　貝雁 仕	0864	干　ね　壊ね 03B 平 ,, 既末 ね　ね 03B 平　0/4 ,,		砒
				’0866(	0866	な ぐり	上　砒 於 呉	上　砒 於

HC				同	平 敬	同	同	房
				五三 ’0867(	0867	凹 ね 03B 平 ,, 既末ね ね 03B 平 015 ,,		砒
				五三 ’0868(	0868	研 ね 03B 平 ,, 既末ね ね 03B 平 017 ,,		砒
				仕	0868	な ぐり 0866>0867 平 で 野ね	上 砒 於 呉	上 砒 於
				仕	087/	化 な ぐり で でね 没- 養 旧	琅採 了 雅’ 44 平 (	琅採
				五三 ’087/(	087/	凹 03B 平 ,, 既末ね ね 03B 平 023 ,,		砒
				干 仕	087/	養 ね で ,, 丹でざづ化 ねバィ ピアヨィデ なっ づ,, 旧		既末
				仕	0870	雁 ね ね 旧	既末 旧 雅	既末
				先 ’0870(	0870	合 ね で ,, ね 0,, 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				先 ’0871(	0871	合 ね “斐 ね なっ づ“ 旧		既末
					0873	ねロ でJ, 平	1 雅	
				先	0874	グ 凹 ね ’ 旧(	1 雅	既末
					0875	ね 上 速’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0875	協 可 没 な ぐり で ’ 旧(	既末 旧	既末
				天	0876	ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0877	化　　ね　’旧(	既末　　了　雅	既末
02				仕	0877	グ　な ぐり　’0868　0876 平(で086/ 平 ね　なっ づね　ね	砒　於 呉	砒　於
				仕	0877	雁 て　ごるぞ　Sm	砒	既末
				仕	0878	086/ 平　令 ね　な ぐり　里 ね	砒　於 呉	砒　於
				仕	0878	086/ 平　ね　琅　およまぞ　グ ね　沿ね　’旧(	既末　　了　雅	既末
					0878	沸　な ぐり　没　ね浴 序	雅　化末川 ね シォ　ギデナギジ	既末
				仕	088/	化　　ね　’旧(	既末　86 平 旧	既末
				協　止先 仕	088/	カヨジ 月 な り　導守 ’旧(	既末　旧 雅	既末
				号	088/	ね　’旧(	既末　了　雅	既末
				号仕	0880	干　なまよるりオリ ギアリ オラ　なっ づ 旧(	逢　各　既 末　月ズ ザユ　了　雅	既末
				号仕	0880	ねポクポね　0　丹 ら’旧(		既末
				号仕	0880	ねポクポね　1R　野 ら’旧(		既末
				号	0880	ね　砒　0		既末
				号仕	0880	な方ぐりポクポね　’旧(	既末　了　雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
02				号仕	0880	化末川　　凹　ね　　砒	琅砒砒　　呉	化　　琅　　琅　砒　於
				号仕	0881	R　　ひ Mc　　およまぞ　　ひ　　干 な　ぐり　　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				雁 仕	0881	な　ぐり　既末　ね　　上 ね　　で ね	砒	既末
				号	0882	ね　　砒　　1　ポクポ ね		既末
				号仕	0882	干　　な　ぐりポクポね　　で　’ 旧(	逢　　0882 平各 了　雅	仕
				材三	0883	な　じり　　巧斐　’ 旧(	丈　　旧雅	既末　　仕
				仕	0883	干　　ね　　カジ　　どよひな　　ね ’ 旧(	既末　　平　　旧雅	既末　　仕
				化 琅 了　　了 ズ　ゾ	0883	グ　　ね　　’0877 平 0　　0883 平 4　(	了　逢絞	
				雁 仕	0884	な　ぐり　　採　ね 田　　ね	琅採	琅採
				太	0884	沸　　な　市じり三　　ね 砒		
				五　客太	0885	な　市じり　ピヨ ね　ピヨ	雅　　既末ね　ピヨ	既末　　仕
				天 仕	0886	0886 平 7　05 既　　ね　　’　(		既末

1€				同	平 敬	同	同	房
				対 仕	0886	互　　ね　　で ’ 旧(	旧雅	
				材三	0886	な じり　　巧斐　な誌むよるり　　双	杏　　ザジ ミ砒　於　　呉	杏　　ザジ ミ砒 於
				核 仕	0886	て　ごるぞ　　ね	砒　　判　　砒 遷雅’干　8平　(	
				化 琅	0886	0886 平 4　00 既ね　　な ぐり　ら な　ぞ　–	了　逢絞	
02				房仕	0887	0886 平 7　05 既　な ら　凹ごるぞ　　ね	了　逢絞	
				房仕	0887	化　　らね　で　ね 徳	了　逢絞	
				五 客太	0887	月　　な ぐり　–　–　ね　　で 丈　　でね　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　　仕
				干 仕	0887	互　　三導　材　没 ね　　’ 旧(	平　　旧 雅	
				砒 房仕	0887	ね　　ねジベギブ	了　逢絞	
				仕	0887	な ぐり　　ね　　メナゾラ ク’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				核末　仕	0887	ね　　ね　–　ね 平　’ 旧(	既末　　平　　旧雅	既末　　仕
				号仕	0887	0886 平 7　05 既 ね里　　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　　仕
				化 琅　–	0887	0886 平 7　05 既ね　　な ぐり　　な –	了　逢絞	

HC				同	平 敬	同	同	房
				了 砒 ズ ゾ				
					0887	沸 ね 丈 ね で 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
					0888	沸 ね 鮭 ね で ね	房	房
					0888	沸 ね 鮭 ' 旧(	房	房
02				仕	0888	三導 材 没 ね 'Q, /5('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平 旧 雅	
					0888	末川てめ でめ ざ ね ぞ す づ	化ね ピア リトカィト 既 末ね 3=	仕
				干 仕	1///	化 ね 'Q, 00('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平 旧 雅	
				丈三 仕	1//0	化 化 な ぐり で ね ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 既末 旧雅 1//0	既末 仕
				号仕	1//0	0886 平 ねムオナスミでェヌリ キ 旧	既末 平 既末 旧雅 1//0	既末 仕
				重 '1//0(	1//0	ね ね で ね な っ づね ,, 干沸 ね ザマヤ▼ ザユ な, ,'A03(旧	既末 旧 雅 1//0	既末
				仕	1//0	化 ね Q, 02 ボジゾ ズ ザユ 旧	平 旧 雅	

HC				同	平 敬	同	同	房
				丈三　仕	1//0	化　　およ　　没 ね　　,,　　で　　,, Q, 01 ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	平　　旧 雅	
				干 仕	1//1	化　協　導　>導　ね　ボジ ゾ　ズ　ザユ　　旧	平　　旧 雅	
				干 仕	1//1	化　協　導　>導　ね　ボジ ゾ　ズ　ザユ　　旧	平　　旧 雅	
				止 仕	1//1	化末川　な　ぐり　　ね　徳で ,,　末　禎　守　　でざづ, , ボジゾ　ズ　ザユ 旧	既末　　平　既末 旧雅	既末　　仕
				縁 仕	1//1	オリ テヨ　　な　ぐり　　旧	既末　　了　雅	既末
02				固　　琅 '1//1(	1//1	培末囲　　090/ ///	培末囲	固　　琅
				仕	1//1	発　実　先実　ひ干　ね　　ざぞ ポ　ブね　,,　　ポ　ブ, , ボジゾ　ズ　ザユ 旧	既末　　了　雅	既末
				天 仕	1//1	ね　ね　　,, 導　な　ぐり　宝　,,　旧	既末　　了　雅	既末
				止 仕	1//1	な　ぐり　　>　鮭　　ね 徳で　　ね　　'旧(	沸承　卓	沸承　卓
				仕	1//1	里　採　およまぞ　　ね　上　速, , な　凹ごるぞポ　リ　　,,	琅採 雅	琅採
				丈三　仕	1//2	化　　ね　　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	平　　旧 雅	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				止 仕	1//2	化末川 > な ぐり ,, な づ平 でら りお ,,’ 旧(	沸承 卓	沸承 卓
				化 琅 砒 了 砒 ズ ゾ ’1//3(	1//3	1//2平4 >5 な て ざぞ 監	了 逢絞	
				縁 仕	1//3	オリテヨ な ぐり ,, 凹 で 上 ピヨ ね ,,		既末
				天 仕	1//4	ね ポ ブ,,低 八 ね ポ ブ ら,	既末ね ノサ トポ ブ 三	浴 凹片
				天 仕	1//4	ね ポ ブ,,発 実 先実 ひ干 ね ざぞ ポ ブ,,	既末ね ノサ トポ ブ 三	浴 凹片
				干 項 仕	1//5	没 ね カジ ’ 旧(	既末 了 雅	既末
02				’1//5(	1//5	ね ひ カジ ね1 ね ’ 旧(		既末
				縁 仕	1//5	02 /// 平 ね	な ぐり ね で 了 三	浴 凹片
				’1//6(	1//6	グ 平ね ね ’U126, //8(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL (	既末 逢各
				住 仕	1//6	ね オヨ ね 累 速 道 ’N, 025(’ 旧(	既末 003 平 旧	既末
				負砒 房	1//6	ね巧 で 桂	負ナヤ ジ 平 平 で 臨	負砒 房 負砒 房 負 ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				負砒 房 負 ズ ゾ ’1//6(				
				重三 仕	1//6	な ざぞ カジ ,, な ぐり ,,’02,O,/5(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	郷 固 旧雅 既末 片	既末 仕
				宝 仕	1//7	ね 凹 ね ね で ムリ ラね ’U041,/00(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC,QNL(	既末 逢各
				住 仕	1//8	で 軟 な りおをよを じへら ね 宙,, ネ おをよを でざづ,,		既末
				仕	1//8	1//7 がぞ ね ,, ね ね でむくま,,	ナヤ ジ	宝 八
				仕	1/0/	グ ね ね ’RUB/52,23(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				導 仕	1/01	丹 ね 砒 ’ボジ ゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅1/01	既末
02				貝 仕	1/01	1/00平 化 天干 L8ノ ね 化 ね ,, ね でざづ,, 旧	既末 了 雅1/01	既末
				五 客太 ’1/01(	1/01	ね ね ,, でるよな っ浴 ,,’RUB42,O05(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC,QNL(1/01	既末 逢各
				干 仕	1/02	な ぐり丹 凹 ね 砒 ’RUB37,O/0(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				仕	1/02	な ぐり里 で メテリ ’RUB41, /3(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				’1/02(	1/02	な り里 ,, ね なおお り メテリ ,,	琅採 雅	琅採
				化 琅 砒 了 砒 ズ ゾ ’1/03(	1/03	ね ね ,,1/00 平 化 天干 ね ,,	了 逢絞	
				仕	1/03	没 丈 オリ テヨね で 速 ’RUB43,O/8(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				仕	1/04	丹 ね ,, 説で な培つぎ 凹 ね ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅 1/04	既末
				仕	1/04	琅 宙 双 およまぞ 086/ 平 ね ね		既末
				導 幸 ’0857(	0857	沸 ねメテリ なっ づ 旧		既末
				’0868(	0868	「 ね で ,, 事ッ 五 度 でぎづ,,		既末
02				仕	0878	ね ね なっ づ 旧(	沸承 卓	沸承 卓
					0880	そ ね ね で 圧ね ね なっ づ	太 宗託 雅	太 宗託
				丈 ’0865(	0865	ね		

HC				同	平 敬	同	同	房
				重　丈雁	0878	Rdlrl hb L hb nynm shnm 砒　’0(　　0872 平 既末浴　　な り　寅　　’　　ひ　　(で でね	琅採	琅採
				仕	0878	ね里	ね浴序　で　叢 浴　な　序　了　承 な じり砒　呉	房
				権	0878	ね里	ね浴序　で　叢 浴　な　序　了　承 な じり砒　呉	房
				江　砒	0881	ね　ね 琅	既末浴　浴 ね浴　砒　干　2 平　砒 呉　浴	房
				仕	0881	ね	既末浴　浴 ね浴　砒　干　2 平　砒 呉　浴	房
				重材 止	0881	既末浴およ　よるぞ　ね 月野	既末浴　浴 ね浴　砒　干　2 平　砒 呉　浴	房
02				寸　仕	0881	ね里　市	既末浴　浴 ね浴　砒　干　2 平　砒 呉　浴	房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				権五	0881	既末浴　　ね1 末ね　　ね序　月	既末浴　　浴 ね浴　　砒　干　2 平　砒 呉　　浴	房
				江　砒仕	0883	囲　　0 1// ///	浴　　囲	房
				仕	1//2	材ね　　ザジ　ミね遊軟宝　34　旧	既末　　旧 雅　14　平託　臨　ェヌリ キ　ピエ ヨミ　1//2	既末
			監	浴	088/	ネ　ね　ぐり　　培　宝　’ね 0(監　研承　ね	ェヌリ キ	ェヌリ キ　負　　末
				眞 仕	0883	脇な　ぐり　　監　じへらね 脇		既末
				寸 仕	0885	監　じへら　な　ぐり　上　ね　　でぎな じへら　でざづ	上	既末　上
				’1/0/(	1/0/	な　市じり　　ね　監加　で　　’ 旧(	既末　　砒 雅 1/0/	既末
				叢　雁 ’085/(	085/	ね浴　沸　　B.M　どよひな　　ね B.M　な　じり１２ね　,,　　ね月　ね砒　,0,,	沸承　卓	沸承　卓
				三 仕	0850	な　ぐり　　ね　な　じり　,,　ね 0化 ,,	上　　砒 房　呉	上　　砒　房
				仕	0854	化　ね　　ひ　ね　野　　0 旧	旧雅	既末　　仕
				叢　雁 仕	0857	沸　沸　な　るりボリ ピアラ　ね　市 旧		既末
02				重　太 ’0862(	0862	没　な　ぐり　　ね　野　で　でね 旧	旧雅	既末　　仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				末 仕	0874	乱　　ね	上　砒　於 呉	
				干 仕	0884	互　　ね　ね　’ 旧(		
				五三　仕	0847	沸　干　上ね　　市なっ　づ　旧	沸承　卓	沸承　卓
				先太 ’0854(	0854	化　　>導　　ね　　凜　　ね 旧		既末
				先太 仕	0855	化　　ひ上　没　ね　　ね　,,でぎ な　　なっ　づ,,　旧		既末
				先太 仕	0855	化　　ひ院　　ね　　ね	琅　　宣砒 呉	琅　　宣
				雁 仕	0857	ね　’継　(’　旧(	既末 了　雅	既末
				材三 仕	086/	ね　　ね　’　旧(	既末 了　雅	既末
				雁 仕	086/	ね　で ね採　ね　　ね1	上　　砒 房　呉	上　砒　於
				雁 仕	0862	丈　　ね　なっ　づ,,　　で でね　,,	呉	
				号 仕	0864	互　　ね　ゴボドィデ	房	房
				材　仕	0865	協　導守　　ね　　ねピア　ザユ　ヲヨ　ギ平 ,,既末ね　　な　逢じり　　ねピア　ザユ　ヲヨ　ギ平 0,,	房	房

HC				同	平 敬	同	同	房
				号 ’0868(	0868	核　三　ひ　没三 ね	ね　な じり砒 ゴ　ザモィ　町砒 呉　41 平	房
02				’0871(	0871	化　ね	浴	浴　凹片
				雄 仕	0875	協　な　ぐり　丈　ねＪ　平　で 丈　ね	化材　宗託　雅	化材　宗託
				仕	0875	ね　ね　で　上　田　ね 野	琅砒砒　呉’化　琅　(	化　琅　琅　砒　於
				住　仕	0875	0　五なまよるぞ　ね	叢　雁　宗託　雅 沸　ね	叢　雁　宗託
					0876	没　ね　ね平　’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	0876	導守　ね　ね　ひ　ねSK平 ，旧(	既末　旧 雅	既末
				叢 仕	0881	沸　令　ね　な ’旧(	砒　ザ ボシゥミ 旧雅	砒
				材三	0883	互　な 道じりゾ リ 月 ’旧(	既末　0/0 平 旧	既末
					0883	沸　ね　’旧(	既末　0/0 平 旧	既末
					0884	沸　ね	ナヤ ジ	宝　八
					0886	沸 ね　鮭　ね 市で 平 ’旧(	既末　0/3 平 旧	既末
				仕	0887	天干 協　な 市じり　’ 渓 (ね　’旧(	既末　0/4 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
02				仕	0887	協　丈　オリ テヨね　な　不ざぞ　ね 砒 ’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末 既末　平　旧雅	既末　仕
				仕	0888	ね　ねSK平		既末
					0888	沸　ね　鮭　ね で　ね	房	房
				仕	0888	な　市じり　’導渓 (ね ’ 旧(	既末　0/5 平 旧	既末
				叢 仕	1///	－　天干　な ぐり 1/, 05L ね　’ 旧(	既末　0/6 平 旧	既末
				止 仕	1//0	,　な ぐり　>　鮭 ね 市で　旧	沸承　卓	沸承　卓
				雁 仕	1//4	化　な 市じり　ね 野 ’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	平　旧 雅	
				仕	1//5	ね　三丈　な ぐり ね　速で　’ 旧(	沸承　卓	沸承　卓
				末 道 仕	1//6	丈　判　崖　で　な 市じり でね　逢 ’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　平　旧雅	既末
				五　平 仕	1//8	協　白　ね　’ 旧(	既末　了　雅 1//8	既末
				五　平 仕	1//8	協　白　ね　Q, 7(’ボジゾ　ズ ザユ 旧	既末　005 平 旧	既末
				’1/0/(	1/0/	な 市じり　ね 監加 で　’ 旧(	既末　砒 雅 1/0/	既末
				仕	1/01	1/00平　,,　化　ね で　,,		

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/01	な 市じり ね で ね 旧	既末 砒 雅 1/01	既末
				丈	0878	可 ね 雅 ね で 宙 ね 0 「なっ づ		
				丈	0880	可 ね 雅ね で 宙 ね 1 互末 「なっ づ		
				丈	0882	可 ね ね で 宙 ね 2 ’ (なっ づ		
02				仕	1//5	ね	砒	砒
				仕	1//5	ね ね ’ 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅
			琅採	導 仕	0861	化 干重 ひ 浴 ね 琅採 旧	房	房
				事 ’0864(	0864	化 干 治 ね 琅採 ’ 旧(	琅採 承 卓 了 雅’ 22 (	琅採 承 卓
				事 ’0866(	0866	化 干ね 速で 琅採 ’1(’ 旧(	琅採 承 卓 了 雅’ 41 平 (	琅採 承 卓
				仕	0877	琅採 な り 了 ね ’1(既末浴 ね 各 ’ 旧(	了 雅	
				止仕	0877	琅採 な り 了 ね 1 既末浴 ね 各 ’ 旧(	琅採 雅	琅採
				仕	0878	琅採 な り 了 ね ’3(既末浴 ね 各 ’ 旧(	了 雅	
				止仕	0878	琅採 な り 了 ね 3 既末浴 ね 各	琅採 雅	琅採

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				五 隅天 仕	0886	’ (でぞ 琅採 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				筑五 仕	1/0/	宣ね琅 で 琅採 杏ね	琅採	琅採
			泡採	住 幸太 仕	0881	泡採 託 およ ぞ ね 速	既末浴 浴 ね浴 砒 干 2平 砒 呉 浴	房
				材	0882	ひ てねゥエ ゾ カ でじり 泡採	既末浴 浴 ね浴 砒 ’干 3平 砒 呉 (	房
				お ら仕	1//6	泡採 な り 序 速ね丈欠 ,, ね でざづ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 砒 雅	既末
02		上		没 仕	0873	ね 辻 ね な じり 既末 浴	化 砒 呉	臨 判砒 ’0(各 砒 珪 化
				仕	0876	付 ね でぎな浄 上 ね	房 呉 付 な ぐり砒	房
				率 仕	0880	な り 没 雁 なざづ ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				率 仕	0882	な り 没 雁 なざづ	既末	既末
				既重 干 仕	1//0	治 な ぐり	琅採 雅	琅採
				ゆ ま仕	1//1	干重な ぐり浄 市で 上 な じり砒 05 旧	既末 旧 雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				ゆ ま仕	1//2	干重な ぐり浄 上 市で 上 な じり砒 S/21,//3 旧	逢 各 了 雅 BC,QNL 1//2	既末浴 仕
				五 仕	1//2	干重な ぐり ねぞむね 上 47 旧	既末 旧 雅 14 平託 臨 ェヌリ キ ピエ ヨミ 1//2	既末
				仕	1//7	干重 じり ね 徳 旧	平 旧 雅	
				五 仕	1//8	ね テ ゾね およ ぞ 公 な ぐり 上	既末	既末
				発仕	0883	公 ね ね同	同 じり	承 堀凹片仕
				丈 仕	1//4	付 ね ひ で ね 徳 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平 旧 雅	
				五 仕	1//8	ね テ ゾね およ ぞ 公 な ぐり 上	既末	既末
				仕	1/00	ね ラ 月 ね 徳'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平 旧 雅	
				協 仕	0840	率 で ね なっ づ 旧		既末
02		上		材 田 仕	0844	ね 呉	房	房
				重 仕	0846	率 ひ 採 呉	房	房
				協 仕	0846	率 でデ ゲ ね 砒 旧		既末
				協 仕	0847	率 デヴ ね 砒		既末
				協 仕	0848	率 で ね 旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				材　田 仕	085/	道　ね　砒	房	房
				材　田 ’0851(	0851	ね	房　呉　末　ね 砒	房
				丈 ’0851(	0851	ね　呉	砒	
				丈 ’0852(	0852	付化　協夕材ね　どよひな　採　呉	砒　臨	
				 ’0853(	0853	ね乱　ひ　ね　ね　野　なっ　づ	砒　臨	
				丈 ’0854(	0854	率　ね　な　るり　野	既末	既末
				重叢　丈 雁仕	0854	率　ねァリ オラ　野　旧		既末
				重叢　丈 雁仕	0856	率　ねハラゥミ　ひ　旧		既末
				丈 ’0858(	0858	合　ね没杢　ね　砒	砒　臨	
				功　雁 仕	0860	ね　ひ　ね 086/ 平　な ぐり　沿なっ　づ	呉 砒　宙砒 ね　「	欠　化　琅
				功　雁 仕	0860	ねどらぞだ 1−　ね　ひ	1 雅　086/　6/ 平　雅	既末
02		上		田五　丈 ’0860(	0860	率　ね導　ィオゥ　旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				丈 ’0860(	0860	率　な ぐり雁 ね	既末	既末
				仕	0861	率　ね　で ね 03B 平	房	房
				合江 雁 仕	0861	率　ね 字　ね 平　旧		既末
				丈 ’0862(	0862	ね臨　旧		既末
				丈 ’0863(	0863	で るよね臨	砒　臨	
				仕	0864	ね　ひ ね　ね　なっ づ ね　砒	房	房
				末 ’0864(	0864	化　ひ　協 な 市じり　な じり 旧	砒　了 雅	既末
				材 仕	0865	協 導守　ね　ねピア ザユ ヲ彡 ギ平 ,, 既末ね　な 逢じり　ねピア ザユ ヲ彡 ギ平 0 ,,	房	房
				材 放 仕	0865	ね　ね　なっ づ　旧	砒　了 雅	既末
				合江 雁 仕	0865	率　ね 字　ね 平　継　旧	1 雅	既末
				末 ’0865(	0865	化　ひ　協 な 市じり　な じり 旧		既末
				合江 雁 仕	0867	率　ね 字　ね 平　継　旧	既末　平　旧雅	既末
				陸 臨	087/	ね		

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				’087/(				
				合江 雁 仕	0870	率 ね 砒 継 旧	既末 平 旧雅	既末
				材 放 仕	0870	ね里各 ね砒		既末
02		上		 仕	0872	ね ね 呉	上 砒 於 呉	
				合江 雁 仕	0875	率 ね 字 ね 平 ’継(’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				 仕	0877	な ぐり 2 各メテリ なっ づ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				合江 雁 仕	0877	率 ね 字 ね 平 ’ 旧(	固 旧雅	固
				合江 雁 仕	0878	率 ね 字 ね 平	固 0877 雅	各砒 仕
				 仕	088/	ね なっ づね		既末
				口 孜 仕	0880	率 ね ね ひ ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				干 項 仕	0880	グ ね 壊カジ ひ カジね ひ ’ 旧(	逢 各 既 末 月ズ ザユ 了 雅	既末
				住 仕	0880	率 ね ね で化 ね ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				口 孜 仕	0881	率 ねデラダゥミ ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				合江 雁 仕	0881	率 ね 字 ね 平 ’継(’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				欠	0881	率 ’ (のと およぎ)お		既末
				合江 雁	0882	率 ね ね 平		既末
				住	0883	ね 凹 叢なっ づ		既末
				合江 雁 仕	0883	率 ね ね 平 ’継(’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				仕	0886	な ぐり じへらで - どたる-	ナヤ ジ	宝 八
				仕	0886	な ぐり じへらで - どたる	ナヤ ジ	宝 八
				仕	0886	じへらで - どたる	房砒 で 郷 で ね 既 末 承 卓 承 Mn-163	既末 承 卓
				止 仕	0886	0886平4 00既な ざぞ じへらな 逢 ざぞ -	ナヤ ジ	宝 八
02		上		止 仕	0886	0886平4 00既な ざぞ じへら- な 逢ざぞ -	房砒 で 郷 で ね 既 末 承 卓 承 Mn-163	既末 承 卓
				末	0886	な ぐり じへらで な ね ブ ズジ	ナヤ ジ	宝 八
				末 仕	0886	な ぐり じへらで - どたるね ブ ズジ	房砒 で 郷 で ね 既 末 承 卓 承 Mn-163	既末 承 卓
					0886	率 ね ね ね	固 22 核	固 既末

HC				同	平 敬	同	同	房
					0886	ね　なっ　づ	了　逢絞	
				房仕	0886	0886 平　じへら-　な　逢ざぞ　-	了　逢絞	
				仕	0886	じへらで　-　どたる　’ 旧(	房	房
				仕	0886	-　ね　ね　’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	0886	て 0886 平 4　な　がぞ　じへらな ね　ムオナスミ　ねェヌリ キ ’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	0886	-　な　ね ’旧(	既末　了　雅	既末
				住 仕	0886	率　ね　ひ　ね 徳’旧(	既末　平　-　既末 旧雅	既末　仕
				仕	0886	0886 平 4　00 既な　ざぞ　じへら- な　逢ざぞ　-　’旧(	房	房
02		上		末　仕	0886	な　ぐり　じへらで　-　どたるね ブ　ズジ’旧(	房	房
					0886	ね　ね　ひ　ね　徳		既末
				房仕	0887	化　らね　で　ね　徳	了　逢絞	
				仕	0887	0886 平 4　じへらな　逢ざぞ なっ　づ	杏　ザジ　ミ砒　於　呉	杏　ザジ ミ砒　於

HC				同	平 敬	同	同	房
				重　丈雁 仕	0887	0886 平　　干　　じへら　ね　　’ね 0(	琅採 雅	琅採
				止 仕	0887	0886 平 4　00 既　　じへら　な　よるぞ　－ ね	じへら	じへら
				止 仕	0887	0886 平 4　　じへら-　　な　逢ざづ ぞ　　’ 旧(	既末　　平　　旧雅	既末　　仕
				仕	0887	て　ごるぞ　　じへら　ね リマヌ　ズ　ジ平	杏　ザ ジ ミ砒　於　呉	杏　ザジ ミ砒　於
				眞 仕	0888	率　な　ぐり　　デゥミ　ひゥヨ　野 ね　平　’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　平　　旧雅’ 35　(	既末　　仕
				末　仕	0888	0886 平　　じへら-　　ね な　ぐり　　’ 旧(	既末　　平　既末 旧雅	既末　　仕
				仕	1//0	ね没　五「ね鮭　月 ひ　ド　ネ　　で口		既末
				仕	1//0	干　ね　　ね　　なっ　づ 旧	既末　　平　　旧雅	既末
				仕	1//1	率　な　ぐり　ね　ひ　　平		既末
				眞 仕	1//1	率　な　ぐり　ね　　ね　平 で		
02		上		眞 仕	1//2	守　ね　凹宝　な り　率　な　ぐり ね　平　ね		既末
				住 仕	1//3	率　ね　　ね　　徳’Q, 25(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	平　旧 雅	
				道 仕	1//4	率　な　ぐりハィォピアリミね　徳’Q,110(’ボジゾ ズ　ザユ (’　旧(	既末　　001 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				干　項 仕	1//5	没　　ね　カジ　’旧(	既末　　了　雅	既末
				合江　雁 ’1//5(	1//5	率　　ね　　ね　平		
				合 仕	1//5	干　　な　ぐり　　上　ね Ad ’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(		既末
				’1//5(	1//5	ね　　ひ　カジ　ね 1 ね　’　旧(		既末
				住 仕	1//5	率　　ね　Q , A , Qa, R　　ね　　徳 ’　旧(		既末
				住 仕	1//5	率　　で上　　ね ’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(		既末
				口 仕	1//5	ね　末　　な　凹じり　　葷で　ね ’　旧(		既末
				合江　雁 仕	1//5	率　　ね　　ね　’1///>(’　旧(		既末
				重 ’1//5(	1//5	ネ 導守　　’　　(てね G1R 宙　ね　’旧(		既末
				住 仕	1//6	ポクポ　　な　ぐり　ね　で　ブ　ズジ,,　　率 ね　,,’旧(	既末　　平　　旧雅	既末
				丈 仕	1//6	ポクポ　　か　　な不　り彰　,, >雁　　なでa,,’旧(	平　　旧 雅	
02		上		仕	1//6	ひ　　ね　　ね 徳で ね		既末
				口 仕	1//6	化　　な　道じり ’Q,111(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　003 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				上 仕	1//6	な ぐり ザ ゾ ね 徳 'O00('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧 雅	既末
				重三 仕	1//6	な ざぞ カジ ,, な ぐり ,,'02,Q,/5('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	郷 固 旧雅 既末 片	既末 仕
				合江 雁 仕	1//6	率 ねパ ね 平 旧		既末
				眞 仕	1//6	率 ね丹 で 月野 ね 旧		既末
				重 及 仕	1//7	没 率 な ぐり 田 ね ね 旧	既末 平 旧雅	既末
				口 仕	1//7	化 ね 末 な 凹じり 葷 ひ ね 砒		既末
				仕	1//7	の お ,, ね ジグ リ な り S ud shmd ね平 宙,,'N,136(' 旧(	既末 004 平 旧	既末
				上 仕	1//7	ね な ぐりオリ ゴィデ ァヨコドィデ '22(' 旧(	既末 旧 雅	既末
				匠 仕	1//7	干な ぐり 上 ね 官 0/Ad 25Bk ボジゾ ズ ザユ (' 旧(		既末
				住 '1//7(	1//7	な 道じりジダ ミクヨ トね 徳'O05('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧 雅	既末
				干重 太 仕	1//8	な ぐり ザ ゾ ,,ァヨ ,,		既末
				雄 仕	1//8	率 でじり ムゾリ ね ' 旧(	既末 平 旧雅 1//8	既末
02		上		住 仕	1/0/	率 ね で ね 徳		

HC				同	平 敬	同	同	房
				住 仕	1/0/	率 Bk Rn3 ね 平 でR Mc Ca ね 徳 ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	平 旧 雅	
				干重 太 仕	1/0/	およね ザ ゾ ね宝 ,, でざづ,, 旧	既末 旧 雅 1/0/	既末
				導 止 仕	1/01	率 田 里 ね ね 市な じり タミね彰 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
				住 仕	1/01	ね ね丹 野 ね 徳 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	平 旧 雅	
				仕	1/02	率 上 てねィ シゥミね 旧	平 旧 雅	
				仕	1/03	ね ひ ね で ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 010 平 旧	既末
				仕	1/04	,率 な ぐり じり で ね 各 なっ づねジデ ダゥミ ひ どよ ひな 字 ぞ		既末 上
				守 ’0863(	0863	沸 ね ね	沸承 卓	沸承 卓
				仕	0864	ね ひ ね ね なっ づ ね 砒	房	房
				仕	0866	導守 ね ね ね で ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
				守 仕	0867	導守 ね な ぐり ね 砒	ね な じり砒 ゴ ザモィ 町砒 呉 40平	房
				仕	0868	導守 ね ね 凜 ね 字 ひラダゥミ	房	房

HC				同	平 敬	同	同	房
02		上		重　仕	0868	雁　ひ　な ぐり	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒 呉　41 平	房
				重　仕	0868	雁　ひ　な ぐり 砒	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒 呉　41 平	房
				重　仕	0868	沸　ね　徳 旧	既末　平　旧雅	既末
				仕	0870	ね　ね　ひ　旧	既末　平　旧雅	既末
				仕	0872	ね　ね　呉	上　砒 於 呉	
				仕	0873	ね　ゲァ ね　ね　’ 旧(	既末　旧 雅 既末　4 平託 ザ ボシゥミ	既末
				口　孜 仕	0880	率　ね　ね　ひ　’旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				干　項 仕	0880	グ　ね 壊カジ ひ カジね ひ ’旧(	逢　各　既 末　月ズ ザユ　了 雅	既末
				号仕	0880	ねポクポね　1R　野 ら’ 旧(		既末
				仕	0880	ラ ジピウァ ね　な ぐり ね　でR Mc　ね ’旧(	既末　了 雅	既末
				末　仕	0880	グ およ 凹ごるりプラゥミね ’旧(	既末　ザ ボシゥミ 旧雅	既末
				化　仕	0881	な 凹ごるり　ね　ひ な り	既末	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
02		上		号仕	0881	R ひ Mc およまぞ ひ 干 な ぐり ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				材 先 仕	0882	重ゴノラ ひ ね ’ボジゾ テメ(’ 旧(	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				材 仕	0883	既末浴 浴序 ね な培つ ぎ口 ’ 旧(	既末 0/0 平 旧	既末
					0883	カジね でェゾ ブ ハ ね ね	房	房
				材 仕	0885	既末浴 ね1 末ね浴序ゲテね － － な 培つぎ口	砒	既末
				仕	0886	－ ね カジ ね カジ字圧 で ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
					0886	ね ね ひ ね 徳		既末
				核末 仕	0887	ね ね － ね 平 ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				導宣 先 仕	0888	ね ネシヤ リね ’Q,11(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	平 旧 雅	
				禎 仕	0888	互 ね 各ずで ’Q,31(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	平 旧 雅	
				仕	1///	－ 守宙 ざぞ じへら ね 上 ね 各で なっ づ	じへら	既末 じへら
				雁	1///	な ぐり ジ シ4 な ごるり ’互 各 (で谷		各砒
				時号 仕	1///	グ シウ ね 宝 て じりmァ リオ ィ ブ ネイトね守宙 ’ 旧(	既末 平 旧雅’ 36 (	既末 仕

HC				同	平敬	同	同	房
02		上		雁仕	1///	ね三 曳 ’ ジ シ 4b (ね な ぐり ’ 旧(	既末 0/6 平 旧	既末
				功 仕	1//1	沸ね でハド シゥミ.ナ グリ ’U.Mk(		月 砒
				’1//4(	1//4	およ ざぞ ね カジね で ね 各 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
				止仕	1//5	没 な づ ざぞ没 ひ ね ね 平 ’G010,O/03(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC,QNL(	既末 逢各
				合仕	1//5	干 な ぐり 上 ね Ad ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(		既末
				対 仕	1//7	既末浴 およ ぞ浴序 ね 託 な培つぎ 4 平な ぞり ね ま 旧	既末 平 旧雅	既末
				口仕	1//7	化 ね 末 な 凹じり 菫 ひ ね 砒		既末
				住仕	1/0/	率 Bk,Rn3 ね 平 でR Mc Oa ね 徳 ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	平 旧雅	
				仕	1/0/	干重 ね丹 野 R およまぞ ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	平 旧雅	
				仕	1/03	およ ぞ 上 ひ ね ,, な ぐり ね なっ づね ,,	上	既末 上
				仕	1/04	化 なまよるり ポ カ な み ね ね 徳で でね 旧	既末 平 旧雅	既末
				守仕	1/04	丈 な 道じり ゲ ギラ ザユ ね 徳’Q8,O,2(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 011 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/04	,率 な ぐり じり で ね 各 なっ づねジデ ダゥミ ひ どよ ひな 字 ぞ		既末 上
				住 天 仕	0860	ね 1 ,, 雁 ね ,,	上 砒 於 呉	上 砒 於
02				住 天 仕	0860	ね 0 ,,雁 で旬 ね ,,	上 砒 於 呉	上 砒 於
				雁 仕	0864	な ぐり ね ,, 宜 ね ,, 旧	既末 71 平 旧	既末
				雁 仕	0865	な ぐり ね 旧	既末 72 平 旧	既末
				仕	0866	宜 塚な り ’旧(	既末 73 平 旧	既末
				止 仕	0886	0886 平 4 00 既な ざぞ じへらな 逢 ざぞ −	ナヤ ジ	宝 八
				房仕	0886	0886 平 じへら- な 逢ざぞ −	了 逢絞	
				止 仕	0887	0886 平 4 00 既 じへら な よるぞ − ね	じへら	じへら
				仕	1/0/	干重 ね丹 野 R およまぞ ボジゾ ズ ザユ ’旧	平 旧 雅	
				丈 仕	1/01	ね ね ね 徳,, ポ ブ な り 砒 ね な ぐり砒 ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	平 旧 雅	

HC				同	平 敬	同	同	房
				丈 仕	1/02	HBQ,LRなり ね 採 ね ,, ね ひ ね ,, 旧	平 旧 雅	
				住 '1/03(	1/03	な ぐり八 ね で 放	上	既末 上
			浴	仕	0881	浴 ね浴 ひ 市'0880平5 6 (	既末浴 浴 ね浴 砒	房
02			浴		0883	浴 ね 激 '0882平6 (	既末浴 浴 ね浴 砒 '干 4平 砒 呉 (	房
			Bk	重 '1//0(	1//0	Bk,γC,γ07N ね ザマヤ▼ザユ な り 沸 ね ね 旧	既末 平 旧雅	既末
				匠 仕	1//7	干な ぐり 上 ね 官 0/Ad 25Bkボジゾ ズ ザユ (' 旧(		既末
				住 仕	1/0/	率 Bk,Rn3 ね 平 でR Mc Oa ね 徳 ボジゾ ズ ザユ ' 旧	平 旧 雅	
03	広			' 0862(	0862	広 広 没 な ぐり三 で ね 了	ね で 叢 宗託	ずがる ね で 雅
				江 守隅 仕	0877	既末ね 16〔0876平広 干重 寸 '化 (デ▼ダ	砒	砒
				仕	0877	広 干重 ねデ▼ダ ' (' 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0878	広 干重 な ぐり ね で0873平' 16 平(広 寸 ねデ▼ダ な り	1	
					0880	ね な ほじ ね 広 干重 化 ね ' 旧(	了 雅	

HC				同	平 敬	同	同	房
03	広			仕	0883	広　干重　　な　ぐり　　ね　　で	1	既末
				天 仕	0884	広　干重　　’　(ねデ▼ダ　　な培つぎ口 ね　　了　　’旧(	逢　　各　　了 雅	既末　　仕
				天 仕	0885	およまぞ広　干重　　ね　　ね 1-　　9　　’旧(	既末　　旧雅	既末
				没 祢仕	0885	およまぞ広　干重　　ね　　ね 0-　寸　9　　’旧(	既末　　旧雅	既末
				没 祢仕	0885	播彰　　眞およ　ざぞ　　囲な　ごるぞ ’広　干重　　(ね　　’旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅
				没 祢仕	0886	広　干重　ね　　デ▼ダ　　で ね で　寸　　’旧(	既末　　了　雅	既末
				導	0886	広　干重　ね　　な ぐり 圧　ね　　’旧(	房	房
				導	0887	広　　な ぐり 圧　ね　な　　ね		卓
				天	0887	広　干重　ひ 既　　な ぐり　　ね ひデ▼ダ　　な りロ　　ね		浴　凹片
				没 祢仕	0887	広　干重　ね　　累囲で　　’旧(	逢　　各　　了 雅	既末　　仕
				天 仕	1///	広　干重　　ね誌宙で　　ひ　逢じり	夕　　でロ 0888 平各　　ね　　な	浴　凹片
				没 祢仕	1///	広　干重　-　　ね　　で　　ね	砒	既末
				没 祢仕	1//3	広　干重　　寸　てねショジヨィゴ　な り浄 上　速　　旧　ボジゾ　ズ ザユ	既末　琅　　旧雅	既末　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				功 仕	1//3	双　採　な り広　干重　ね　上　速 'B/47(' 旧(	既末　了　雅	既末
				末 匠 仕	1//4	ホ ラ ク　な り広　干重　> ね	砒	砒
				砒　末 '1//4(	1//4	広　干重　ね　なっ づ	丹　ね	砒　末
				末 匠 仕	1//4	ホ ラ ク　な り広　干重　ね I/16, //1　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				砒　末	1//4	広　干重　なっ づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
03	広			功 仕	1//5	広　干重　な ぐり双　採	砒	砒
				功 仕	1//5	沸採　テ　ゾね　な り広　干重　ね　上	砒　房	砒　房
				砒　末 '1//5(	1//5	広　干重　ね　なっ づ干　06 平 3　02 既八 (	呉雅>>1//4 平 0 >01 >> 1	砒　末
				仕	1//6	郷　囲 広　干重　で ね　広　化「 広 協「 ひ	郷　囲 09l4	固　琅　仕
				欠 '1//6(	1//6	広　干重　ね　ひ　層歳	培監　ね 功 呉	承　各砒　房

HC				同	平 敬	同	同	房
				欠 仕	1//6	広　干重　　ね　　層歳で　　頸 ね　　'R030, O//4('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　　逢各
				欠 仕	1//7	広　干重　　ねロ	口　砒　呉	承　各砒　房　　各ズ ゾ
				住 '1//7(	1//7	広　干重　ね　な じり　　砒 ' 旧(	既末　琅　　旧雅	既末　琅
				住 '1//7(	1//7	広　干重　　化 ね　　'R030, O//2('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　　逢各
				没　仕	1//8	広　干重　　な ぐり 寅 O1, 26('ボジゾ　ズ ザユ ' 旧	既末　　了　雅 1//8	既末
				砒　　末 勘 '1/0/(	1/0/	広　干重　　協 ね　な り了　　市' 勘 八　　('干　10平 0/　08 既八 (	呉雅, , 1//8 平 0 01　, ,	砒　　末
				仕	1/04	広　干重　　な ぐり里 採	琅採 雅	琅採
				止 仕	1//7	広　　ね　　で　　道'P 028, O//5('ボ ジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　　逢各
				末 仕	0873	広　　挙　　ね	末　　臨	
03	広				0880	広　干重ね　　囲な よ るぞ	化　琅	化　琅
				導	0886	広　干重　ね　な ぐり 圧　ね　' 旧(	房	房
				導	0887	広　　な ぐり 圧　ね　な　　ね		卓

㎏				同	平 敬	同	同	房
				止 ’1//6(	1//6	広　　なっ　づ	放　　砒　　呉	放
				止 ’1//7(	1//7	広　　なっ　づ	放　　臨　　琅　　呉	放　　砒　宣
					0880	ね　　な　ほじ　　ね　　広　干重 化　ね　　’旧(	了　雅	
				導	0884	広　干重化　　な　ぐり　　な　じり ’旧(	既末　琅　　了　雅	既末　琅
			ホ ラ　ク		0883	広　ね　　ホ　ラ　ク		砒
					0888	ね広　ね　　ホ　ラ　クなっ　づ		砒
		上		上　丈 ’0850(	0850	広　　重な方ぐり　　採　　呉	砒　　呉	砒
				功　　雁 ’0854(	0854	広　　ね　　な　じり　　砒		既末
				功　　雁 ’0866(	0866	ね　　3 広　　ね　　なっ　づ	上　で五　でボ　ブ	上　承　卓
				合　　丈 仕	0867	広　　ね	砒　　呉	砒
				重　　宝 太仕	0877	広　　ね　　ね　沿	砒　　呉	砒
				重　　宝 太仕	0882	広　　ね　　ね	砒　　呉	砒
				重　　宝 太	0884	広　　な　ぐり　　ね　平　　’ね1(	砒　　呉	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
03	広	上		市 '1//3(	1//3	広 ね ね で ね ら ま,, 重 でざづ,,		既末 卓
				住 互 仕	088/	広 ね で な じり砒	'臨 (	
				仕	0884	広 ね 上 ね なっ づ	ノィト シ	既末
				左仕	0886	事広 タミ な ぐり		既末
04				完 止 仕	1//6	ね 市で 平 ぞ 干重な ぐり 圧 ね 層歳'R030, O/21('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC, QNL(	既末 逢各
				住 仕	1//7	付可 干重ね 泡 市で海 な培つぎ758 平 貝 泡ね メテリ 'S117, //5(' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL	既末 逢各
				重 '1/04(	1/04	監ね ざぞ 化 天干 ね ザマヤ ザユ ,, ね 各,, 'R04, 10(' 旧(	既末 了 雅 1/04	既末
		上		仕	0888	- な ぐり ね でR ね砒 ' 旧(	既末 平 旧雅' 35 (	既末 仕
				仕	1//7	化 ね ね 平 でR 'I13/, O/0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL	既末 逢各
05	付 可			住 仕	0883	ね で ね ざぞ 了 ね1 付可 ね てね 了 ' 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				住 仕	1/00	付可 ね な ぐり じへら ね 沿	固 琅	固 琅
				住 仕	1/00	付可 ね な ぐり じへら ね 沿なっ づ 'L HR/25, O04/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
			隅	'0856(	0856	付可 な ざづ り じへらね 市で隅 遊 ね	旨 対託 雅	旨 対託 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
05	付 可			孜 仕	1/02	付可干重な ぐり 1/00 平 化天干 な り ね ,,庁 海 ,,	ザ ボシゥミ 雅	区
				末	0883	付可 ね で浴 速	な ね 琅 砒 ’ 化 宙砒 (	材 ’ 化 琅 (
				末 仕	1//8	付可干重ね浴 な ぐり ね宝 で 了 0867, 1//7’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅
				孜 仕	1/02	付可 な ぐり干 12 平 1/00 平 化 天干 な 巧 泡な り で ね 房 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	砒	既末
				月 ’1/02(	1/02	化 天干 泡な り付可 協 浴 ね で ね		既末
				合 仕	1/04	1/00 平 化 天干 泡な り浴序 で ね 字ボ ザモリ ,, 付可 浄浴序 でざづ,,’Q0/,N,01(’ 旧(	既末 011 平 旧	既末
				没 仕	0856	付可 な ぐり ね研 脇で どざ ね ,, ね な 道じり ね砒 1 ,,		既末
					088/	累囲ね 付可干重 ね	砒	砒
				重没 仕	0883	0812 平 ね メテリ ね 宙 ね 1 付可 房な ぐり 託 で ねザマヤ▼ ザユ ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				重没 仕	0884	0812 平 ね メテリ ね 宙 ね 2 付可な ぐ り末 ひ ね ね ね 託 ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				重没 仕	0885	0812 平 ね メテリ ね 宙 ね 4 可 て ごるぞ末 託 で付可 ね託 でね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				重没 仕	0885	0812 平 ね メテリ ね 宙 ね 5 付可 ひ て ごるぞ末 託 ねザマヤ▼ ザユ ’ 旧(	既末 了 雅	既末

㎐				同	平 敬	同	同	房
05	*付* *可*			干重 仕	0887	付可　ね　累囲で　’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				仕	0888	付可　天　協　なまよるり　ピヨ　で ね　でづ	刈　琅	化　琅
				材 雄 仕	0888	ね　およまぞ 0812 平　ね ね 2 付可　房　ひ　房てね　託 ぞ　メテリ ね	1	既末
				止 仕	0888	ヨ タミ　筒琅　ぞ泡　各　な り　ね な り付可　ね ’10(’ 旧(	既末　了　雅	既末
				材 雄 仕	1///	ね　およまぞ 0812 平　ね ね 2 付可　房　ひ　房てね　託 ぞ　メテリ ね	承　砒　房平	承　砒　房
				没 ’1//1(	1//1	付可　ね鈍 ,　南　で ね		既末
				干重 仕	1//2	付可　分　ね　およまぞ ,　ね　なっ づ 旧	刈　琅	化　琅
				浴三　守 浴 ’1//3(	1//3	付可　ね　市	了　逢絞	固　琅
				没 ’1//3(	1//3	付可　み ジヨジデ　,		砒
				没 ’1//3(	1//3	友　ね化　でづね付可ね　で 治　>　ね > 治　なっ づ		砒
				雅 ’1//4(	1//4	既末ね　囲, ,　由　禎　付可 囲, ,		仕

HC				同	平 敬	同	同	房
05	付 可			没 仕	1//5	付可　位　礪　分り　ね で ね		砒
				住 仕	1//7	付可　干重ね 泡　市で海　な培つぎ758 平 貝　泡ね　メテリ'S117,//5(' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各
				合 仕	1//7	付可干重　な ぐり　ね　旧	既末 琅　旧雅	既末 琅
				仕	1//7	郷　囲 付可「 1片	郷　囲 09l4/// 固 琅 承　C 0>Mn-4/1	固　琅
				仕	1//8	付可 低 ね　ひ　な り な じり　'W054,O//1('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
				核 '1/03(	1/03	付可て おるり固逢　ね で 砒 ね 旧	既末　ザ ボシゥミ 化ね で 「 了 雅1/03	既末
				眞今 仕	1/03	付可干重協 ね 圧　で 道 旧	既末　ザ ボシゥミ 化ね で 「 了 雅1/03	既末
				眞今 仕	1/03	付可干重協 な 圧じり　で ね 上 速,,双 採　ひ里 採 な培つ づ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 琅　旧雅	既末 琅
				導 仕	1/03	付可　な よ るぞ 平寸　ね　旧	既末 琅　旧雅	既末 琅
				導 仕	1/03	付可　な よ るぞ 平寸　ね		既末
				仕	1/03	付可協 ね 圧　で干重　旧	刈 琅	化 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
05	付 可			道太 ’0854(	0854	付可三　ね 速	化 琅	化 琅
				道太 ’0855(	0855	付可 ね浴	化 琅	化 琅
				貝	0875	付可三　三 ね 03B 平　既末ね　ね 03B 平 ’048(		砒
				貝	0875	付可　ね位　ね	化材　宗託　雅	化材　宗託
				末	0877	付可干重な ぐり　培序ね　で培序 どじ 礪 ね 市 平	既末な ぐり　干重　ね で　未 ね臨　でねおおらな じり砒　砒 各砒 ’(502/1/73 砒　呉 ’　50 51 平 (	
				VHML	0877	付可　な ぐり　ね 道　およまぞ ね　’ 旧(	既末 琅　了 雅	既末 琅
				VHML	0878	な ぐり　ね 項　付可 でづ ’ 旧(	既末 琅　了 雅	既末 琅
				号 仕	1///	化 － 干重’付可干重化 (　ね ピ ギ ネ シ な り　平’ボジヴ ズ ザユ (’ 旧(	既末 琅　旧雅	既末 琅
				止 仕	1//0	付可　な ぐり可ネ　ね	砒	既末
				没 仕	1//5	付可　位　礪　分り　ね で ね		砒
				凹 号 ’0850(	0850	付可　ね 丈　ね砒 0,,　なっ づ, ,		既末
				事 仕	0850	付可　ね里　ズ 旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				付可 砒 クリ ブ ’0855(	0855	化 な ぐり ね 速 ,,付可 ね 没 ね 速,,	砒 化既末ねクラ ゾ ピ	砒
				没 仕	0875	付可 ね ひデドリ ね 野 守道 ね 唯で ね	琅砒砒 呉’化 琅 (	化 琅 琅 砒 於
				没 仕	0876	付可 守道 凹 ねジデ ダゥミ		既末
				及 仕	1//1	化既末 鮭 付可 な挙圧ごるり ね 徳 旧	既末 了 雅	既末
				号仕	1//1	付可 な ぐり三 研 ね ,, 浴 てね ,,	既末 0/8 平 旧	既末
			浴	材 仕	0883	付可 な 市じり付可 ね で浴 ’旧(	既末 0/0 平 旧	既末
				仕	1//4	付可 協 ね同 な 市じり >鮭 ね ゴ ィギリ で 浴 F/04,//5 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(	既末浴 仕
				’0853(	0853	付可 ね干重ね で でね 逢なっ づ 旧	琅	既末 琅
				仕	0875	付可 ね なっ づ 旧(	既末 旧	既末
05	付 可			叢 助仕	1//1	五 宙な り付可干重で ね ね ねO泡 R泡 速	各ズ ゾ 砒 雅	承 各砒 房 各ズ ゾ
				及 仕	1//5	付可干重な ぐり 監ね 筒 な りム ザヤ テ ゾね	既末 ザ ボシゥミ 雅 ’ 01 (’BC,QNL(	既末
				江 砒 ’1/02(	1/02	付可 ね ,,1/00平 化 天干 泡ね浄浴 浴序 ね彰 ,,	各ズ ゾ 巧 な り 各 な じり 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				孜 仕	1/02	付可干重な ぐり 1/00 平 化天干 な り ね ,,庁 海 ,,	ザ ボシゥミ 雅	区
				江 砒 '1/03(	1/03	付可 ね ,,1/00平 化 天干 泡ね浄浴 浴序 ね彰 ,,	各ズ ゾ 巧 な り 各 な じり 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/03	ね ぞ 泡 ね田 で浴序 ね ね 宙,, 化 天干 な り 泡ね彰 取ぐぞ付可干重 でざづ,,		卓
				宇 仕	0863	付可 丈 ね でぎな ね なっ づ 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				太 仕	0864	付可 ね絵 平 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				守 '0864(	0864	付可 ね ね なっ づ 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				仕	0865	付可 ね 丈 ね なっ づ		既末
				柳 合 仕	0865	付可 ね絵 平 で でね なっ づ 旧	既末 72 平 旧	既末
					0874	付可 メテリ 付	採 承 ゴ ザモ ィ 町砒 呉 ' 48 平 (	房
				合 仕	0875	付可 丈 若 ね 野 ' 旧(		既末
05	付 可			材 眞	0877	付可 ね 野 ' 旧(	既末 84 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				材 眞	0877	付可　丈　な ぐり　’旧(	丈　逢各　旧 雅 既末　既末 既末　逢各 旧雅	丈　仕
				郷　丈 仕	0878	化既末　丈　ねJ　平　ね0　付 可　丈　ひ		既末
				末 仕	1//2	付可　脇三な 市じり　ど ’旧(	既末　既末 旧雅 1//2	既末　仕
				末 仕	1//2	付可　脇三な 市じり　ど ’旧(	既末　既末 旧雅 1//2	既末　仕
				寸末 仕	1/0/	付可　な じり な み　ボジゾ ズ ザユ　旧	既末　平　旧雅 1/0/	既末
				仕	0888	付可 天　協 なまよるり　ピヨ　で ね　でづ	刈 琅	化 琅
				没 仕	1//5	付可　位　礪　分り　ね で ね		砒
				導 仕	1/03	付可　な よ るぞ 平寸　ね　旧	既末 琅　旧雅	既末 琅
				導 仕	1/03	付可　な よ るぞ 平寸　ね		既末
		上		号仕	1//1	ポリ ダデ▼ゴ　ぞ付可干重ね 上　な じり 砒 ’G/5/,/03(　旧	逢　各　了 雅’BC,QNL(	既末浴　仕
				事仕	1//2	2 欠　上　ザマヤ▼ザユ ザジ ミ,, な じり　付可干重　でづ,, 45　旧	既末　旧 雅 14 平託 臨 ェヌリ キ ピエ ヨミ 1//2	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
05	*付* *可*	上		干 仕	1//2	付可干重な ぐり浄 上 速なっ づ,, ね 1- で2 欠 上 ザマヤ▼ ザユ メテリ,, 44 旧	既末 旧 雅 14 平託 臨 ェヌリ キ ピエ ヨミ 1//2	既末
				干 仕	1//4	付可干重な ぐり 上 速な じり砒 ,, ね 0-2 欠 上 退庁 メテリ ね ,,	既末	既末
				仕	1/0/	付可干重協 な ぐり 上 ねムオナスミで ザマヤ ▼ ザユ メテリ な じり砒 ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	砒 旧雅	砒
				止 仕	0858	付可 ね ね 速 砒 旧	丈 逢各 了 雅	既末 仕
				仕	0858	付可 ね ね 砒 旧	丈 逢各 了 雅	既末 仕
				各 太 仕	0886	付可 な ぐり テホ で ね ひ じへ らでね 逢なっ づ	じへら	じへら
				没 仕	0875	付可 ね ひ ね 野 でR ’ 旧(	既末 旧	既末
				没 仕	0876	付可 守道 凹 ねジデ ダゥミ		既末
				月仕	1//8	R ぞ付可 浴 ね N,0/4(’ 旧	既末 005 平 旧	既末
				月仕	1//8	R ぞ付可 浴 ね N,0/4(’ 旧	既末 005 平 旧	既末
				五 孜太 ’0852(	0852	付可浴 干重ね 上 ね なっ づ	付 上 速 呉	付可 仕
				’0856(	0856	付可 な ぐり 上 ね位上で ね 逢なっ づ	既末 上	既末 上

HC				同	平 敬	同	同	房
			浴	導 太仕	0867	付可干重ね　浴　な じり	琅	既末　琅
				末 ’0871(	0871	付可　な ぐり　浴　旧	既末　琅　了 雅	既末　琅
				末 仕	0882	付可干重ね　な るぞ　浄 で1っね浴 ’旧(	既末　琅　了 雅	既末　琅
05	*付可*		浴	材 仕	0883	付可　な 市じり付可 ね で浴 ’旧(	既末　0/0 平 旧	既末
				仕	1//4	付可 協 ね同　な 市じり >鮭 ね ゴィギリ で　浴　F/04, //5 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴　仕
06		上		太	0838	協 ね　市で　速 旧		既末
				太 仕	084/	協 ね で 旧		既末
				速 仕	0840	協 ね で ね 速 旧		既末
07				功 ’086/(	086/	な ぐり　採で　でね 各なっ づ’ 旧(	琅採 承 卓 旧 ’ 34平 (	琅採 承 卓
				広号 ’0846(	0846	な ぐり ね 宙な じり砒 2 ,, ね 道 な 逢 り培監ね　速で ,,		既末
				太 仕	085/	カジクリ ブ　3-　なっ づ 旧	房	房
				浴三 守 ’0870(	0870	ねMMD, RRV　ご01/j1 ね	了 逢絞	固 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				佐 仕	1/0/	758 平貝　ね　メテリ,,　浴 ね 泡　市 で海　な培つぎ,'RRR/16,/7('　旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL 1/0/	既末　逢各
					0842	協 ね　,,　な浴　ね　なっ づ,,	琅	既末 琅
					0876	浴 協 な ぐり曳　ね　'旧(	既末 琅　了 雅	既末 琅
					0878	浴 協 な ぐり曳　ね　で　ね	琅　Rd	既末 琅
			琅採	仕	0850	ね 琅採 なっ づ 旧	房	房
			泡採	功 雁仕	0854	泡採　ひ 泡採 て よおなど ぞ ね　ね 上 速 旧		既末
				五 仕	0870	ねポリ ダダモ ヌリ 双　泡採	砒　呉	浴三 守
07		上		守 対 仕	1//3	ね　な ぐり巧　ゲ ギ ラ ザユ 夕偲　な ぐり　ね '旧(	既末　ブ クヨミ 旧	既末
				材 田	084/	なっ づ 旧		既末
				丈	0840	月野 らまぞ　な じり	既末	既末
				材 田 仕	0842	なっ づ	房	房
				重 仕	0845	野ね平　なっ づ 旧		既末
				重 仕	0846	凹 ね　なっ づ 旧		既末
				材 田 '0848(	0848	ね砒		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0862	禎　　ね　　ね砒　0		
				仕	0867	な　ぐり　　ね		
				干　　欠 ’0863(	0863	ゲ　ギラ　ザユ ね　　で　　ね ひ　　な　ぐり　で ね　　旧	丈　　逢各　　旧 雅	既末　　仕
				培田 仕	0881	R　　らまぞ　　丈　ね　　ね　’旧(	既末　　88 平 旧	既末
				上　　仕	1//8	ジ　バ　ブラヤ　ミね　　ね氷平　,,　浴　お よね　,,　旧	既末　　平　　旧雅	既末
				導 ’0855(	0855	ね　　なっ　づ	上　速　　呉	房
				仕	0855	ね　　ね　なっ　づ	上　速　　呉	房
08				五 仕	0888	干重ね　　で　遊　’旧(	砒　　ザ　ボシゥミ-ボ ジゾ　旧雅	砒
				仕	1//1	干重な　ぐり　　ね　　で　4 /// 平　ね	砒　ズ　ゾ 砒　平	砒　ズ　ゾ
				’1//5(	1//5	干重ね　,,ロ　およねム　ズ　シ　採り,,	>>　ね で　>>	既　　仕
08				’1/02(	1/02	ギデナ　ギど　　な　ぐり　　叢位　ね　　,, 干重ね　　でざづ,,		卓
				湿 仕	1///	干重　　ね　　な　ぐり　　で	1	既末
				五 仕	1//3	干重　　で　　での な　ざど　’I/16, O//7(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末浴　　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//3	里 採 ぞメテリ な り ね 宙,, 干重 な ぐり ,, 旧	既末 旧雅	既末
				湿 仕	1//5	干重 ねデ➤ダ ,,デ➤ジ ね ね ,,		卓
				仕	1//6	双 泡採 な り 干重 ね浄 速	砒	既末
				三 隅 仕	1//7	干重 な じり五 ね口 'ボジ ゾ ズ ザユ (' 旧(	砒 旧雅	砒
				'1//7(	1//7	干重て ざづがぞ で ね な じり でね 旧	歳	歳 砒
				仕	1/0/	ヨ トジデラ ポ〉 双 採 な り 干重 ね浄 速ィム シ ク	琅採 雅	琅採
				天 仕	1/0/	干重化 功 ね ボジゾ ズ ザユ ' 旧	砒 旧雅	砒
				三 仕	1/0/	曳 な ぐり 干重 ね ,, な ぐり ね ,, ボジゾ ズ ザユ ' 旧	砒 旧雅	砒
				仕	1/0/	双 採 な り な ぐり 干重 ね浄 速ィム シ ク	各ズ ゾ 干 10 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
08				仕	1/0/	重 ね な託 ごるぞ 干重 ね	各ズ ゾ 干 10 平 ね 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/0/	重 ね な託 ごるぞ 干重 ね 'GPQ/00, /4(' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/00	でホ ラ クゲァね な培つぎ 干重協 ね 速'RBF/51, 0/(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				仕	1/00	干重 な り 速で ね	敬 囲 浴 ザ ミ 雅 「'CUC, QNL(	承 各砒 房 各ズ ゾ
				仕	1/03	干重 な ぐり R泡ヨ トジラ ポ 双 採 'R0/, O/3('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅 1/03	既末
				干 '1//2(	1//2	干重 な ぐり ね達 で ね , , 功 で 協 ね ね ,, 旧	既末 旧雅	既末
				'1//6(	1//6	干重協 ね ね 平で 速遊		砒
				三 仕	1/0/	曳 な ぐり 干重 ね ,, な ぐり ね ,, ボジゾ ズ ザユ ' 旧	砒 旧雅	砒
				'1/04(	1/04	干重 ひ 干重 な 市じり ね およまり 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
				仕	1//1	干重な ぐり ね で 4 /// 平 ね	砒 ズ ゾ 砒 平	砒 ズ ゾ
				材 '0865(	0865	丈 ね	琅 宣砒 呉	琅 宣
		泡採		重 散 仕	1/00	干重 浴 ね で 泡採 託 およまぞ曳 > ね	敬 囲 浴 ザ ミ 雅 「'CUC, QNL(	承 各砒 房 各ズ ゾ
		上		住 事 仕	0856	ね 砒 01 ,, 没 ,,		既末
1/			隅		0840	隅 テリゾ ね雅 ,, 末 干重ね砒 6 ,,	琅	既末 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				守　雄孜 仕	0875	0870平　　’　（デ▼ダ	砒	砒
				重没　仕	0884	0812平　　ね　メテリね 宙　　ね3　　房 な ぐり末　ひ ね　ね　ね　託 ね　　’旧(	既末　　了 雅	既末
				材 時	0885	デ▼ダ	雅　既末ね ピヨ	既末　　仕
				太仕	0886	庁　　合　ね　　ね　　で 普　’旧(	既末　　0/3 平 旧	既末
				仕	0886	干重ね 圧　　なっ づ 旧(	既末　　了 雅	既末
				仕	0886	干重ね 圧　なっ づ 旧(	既末　　0/3 平 旧	既末
				重没　仕	0886	ね　　およまぞ 0812 平　　ね ね 1　メテリ な培つぎ　　房てね　　託 ね	1	既末
				湿 仕	0887	干重ね　　ね　　’旧(	既末　　了 雅	既末
				末　今	0888	な　ざぞ　干重ね　　道’旧(	既末 琅　　旧雅	既末 琅
				湿 仕	1//1	郷　　囲　「	郷　　囲 09l4 /// 固 琅 承　　C-0, Mn-285	固　琅 仕
				湿 仕	1//2	干重　　ね　層歳’B/11(’旧(	既末　　了 雅 1//2	既末
				仕	1//5	干重　　ね　　で 上 速’ボジゾ ズ ザユ (’旧(	砒　呉	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				承 各砒　房 ’1//5(	1//5	干重　　ね　　ひ　層歳	培監　　ね 功 呉	承　各砒 房

HC				同	平 敬	同	同	房
1/				仕	1//5	デ▼ダ　なり　干重　ね　ね 'R0/6, O/03('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				仕	1//5	干重　協　な　ぐり　速で　野'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				湿 '1//5(	1//5	干重　ね　層歳　ね1 'R0/6, /00('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				砒　末 '1//8(	1//8	ね　,,　干重　ね　,,	末　ナヤ　ジ	砒　砒 砒　末　勘
				湿 仕	1//8	郷　囲　「　1片	郷　囲 09l4 /// 固 琅　承　C 0, Mn-413	固　琅
				砒　末 '1/0/(	1/0/	干重　ね　なっ　づ干　10平2　07 既八	呉雅, , 1//8 平 0 01　,,	砒　末
				砒　末 勘 '1/0/(	1/0/	干重　ね　な り了　市' 勘　八 ('干　10平2　07 既八　(	呉雅, , 1//8 平 0 01　,,	砒　末
				庁 仕	1/0/	ホ　ラ　ク　な り　干重　ね三上干 'RBF/77, O0/('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各
				天 仕	1/03	干重　浴　な 市じり　ね　な っ　づB10, /4('　旧(	既末　了　雅 1/03	既末
				天 仕	1/03	干重　浴　な ぐり　市なっ づRRR23, 01('　旧(	既末　逢各　了　雅 'CUC(1/03	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
1/				旨 事 仕	0871	千重ね で口 ,, なっ づね 平 ,,		卓
				丸 雁 仕	1/03	千重 上 ね 徳な培つ ぞ丈 浴 協 ね 'RRR2/,O/7('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				'1/04(	1/04	千重 ひ 千重 な 市じり ね およまり 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
				干 砒 ク リ ブ仕	0861	三 ね ,,できな 千重ね ぞだ,,	ね臨	ね臨 刈
				止 仕	0867	協 ら ごるぞ! ! 研 旧	既末 74平 旧	既末
				太 '0868(	0868	“ “ ね		既末
				旨 事 仕	0871	千重ね で口 ,, なっ づね 平 ,,		卓
				事 仕	0886	由 - ね ' 旧(	既末 了 雅	既末
				末 仕	1//0	庁 合 ね友丈 , 各 「,, R およねァブ ダ,,	核 砒 呉	核 各琅 宣
				仕	1/0/	千重ね な ぐり 事欠 N, 08(旧	既末 006平 旧	既末
				止 仕	1/03	千重協 ね で ね ギデナ ギど 'RRR23,C02('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				材 '0868(	0868	千重協 な ぐり ね速 遊 ,,できな ね ,,	速 砒	速 砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				天 仕	1/03	干重　浴　な ぐり　市なっ づRRR23, 01(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’CUC(1/03	既末　逢各
		上		住 仕	0881	干重な ぐり　上 ね	既末 琅 了 雅	既末 琅
1/		上		上 丈 仕	086/	ね なっ づ	砒 呉	砒
				末 仕	1//0	庁 合　ね 友丈 , 各 「,, R およねァブ ダ,,	核　砒 呉	核 各琅　宣
				住 ’1//4(	1//4	干重な ぐり 上 ね守宙　G/5/, //6 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				住 仕	1//5	干重な ぐり　上 ね で守宙 ’G010, O/0/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				住 仕	1//6	干重な ぐり　上 ね で守宙 ’ 1 (’G014, //8(’ 旧(	既末　逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				住 仕	1//7	干重な ぐり　上 ね で守宙 ’G015, //7(’ 旧(	既末　逢各 了 雅 BC, QNL	既末　逢各
				’0861(	0861	ね 上 ,, 丈　で ね ,,	ね臨	ね臨 刈
			浴	仕	0873	干重ね で ね浴	化 琅	化 琅
10				材 仕	1/01	双　採 およまぞ　てね ね デ➤ ジ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　ザ ボシゥミ ね で 「 了 雅 1/01	既末
				材 仕	1/01	ね　な ぐり　ね双　採 で デ➤ ジなっ づQ4, O, 7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　008 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/02	ね ね で 上 速'RRR21, 0/(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
			隅		0885	ね三 で化ァリ ブジね隅 ' 旧(	既末 0/2 平 旧	既末
				材	0888	干重 ね - ね およまぞ 脇 ね隅	没 琅 呉	没 琅 宣
			隅	材 '1//4(	1//4	ピ ギ ネ シ な培つぎ 既末ね鮭 >曳 口 ,, 礪 ね庁 ピヨ ひ宣 ね宣 凜 で住市 ピヨでね およまぞ 脇ね隅 ね 宙		卓
				材 仕	1//4	ピヨ な培つぎ 脇ね隅 ね 宙,, 礪 ね庁 ピヨ ひ宣 ね宣 凜 で住市 ピ ヨね P/31,/00 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				重材 仕	0867	クラ ゾピ な ぐり で で 遊 でね ,, 市於 三 ね 丈 ね 速,,		砒
				五 事 仕	0866	浴 な ぐり浴	臨 砒	臨 判砒 臨 反雅 各砒 珪
				'086/(	086/	協 ね 旧		既末
				五 事 仕	0868	で ね ね 旧	既末 琅 了 雅	既末 琅
				五 事 仕	087/	な ぐりラナァム デで で でね なっ づ	培 呉	
				材 太	0872	ね		
				五 仕	0883	ね で ね ' 旧(	既末 0/0 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				材 時	0885	眞 三 な ぐり ね で眞	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				仕	0886	フ ケ 里 およ よおなど ぞ 化 ね ’ (’ 旧(	既末 0/3 平 旧	既末
					0886	干重 - ね 各 ’ 旧(	既末 0/3 平 旧	既末
				隅	1///	干重 ね ’ 旧(	既末 0/6 平 旧	既末
				仕	1///	- 囲 囲 - じへら 市囲 09014 ///	ごくり で	タィダ
10				五 隅天 仕	1///	- 寸 ね 層歳なっ づ 干 00 平 泡干重 ’ ね 0(’O/70(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				五 隅天 仕	1///	- ね 層歳なっ づ 干 00 平 泡干重 ’ ね 1(’O/71(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				隅 仕	1//0	干重 ね 上 速で Fl , O//6 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL (1//0	既末浴 仕
				材 今 仕	1//0	泡干重 ひ 寸 ね な ぐり Pl , O//7 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL (1//0	既末浴 仕
				仕	1//1	郷 囲 「	郷 囲 0914 /// 固 琅 承 C-0, Mn-285	固 琅 仕
				材 今 仕	1//1	干重 ね できな ね な ね なっ づP /26, O//0(ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				材 今 ’1//1(	1//1	泡干重 ひ 寸 ね な ぐり	砒	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				導　眞 仕	1//1	で ね　な ぐり 没　旧	既末　0/8 平 旧	既末
				材　今 '1//2(	1//2	干重　ね　な ぐり三上 市'O/28('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　了 雅 1//2	既末
				上 田 仕	1//2	ね　I/16, O/07　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//2	既末浴　仕
				今 仕	1//3	ミ ホ ラ ク　な培つぎ　協 ね な ぐり三上　ね 凹	琅	既末 琅
				上 田 仕	1//3	.　ね　層歳'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
10				材　今 '1//3(	1//3	干重　り　ね 累　で ね三上 'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末 琅　旧雅	既末 琅
				'1//3(	1//3	ね　'　旧(		承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				上 田 仕	1//3	ね　'I/16, O/02('ボジ ゾ　ズ ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				上 田 仕	1//4	.　ね　層歳'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				'1//4(	1//4	ね　'　旧(		承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				材　今 '1//4(	1//4	干重　ね　な ぐり干　三上	砒	既末
				仕	1//4	な 市じり　ね　平 で ね　'I/16, O/00('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				丸 '1//5(	1//5	ね　で ね　了 なっ づ	オリ テヨ　た ら	オリ テヨ

HC				同	平 敬	同	同	房
				合 仕	1//6	干重　　ね　層歳　'R030,O//7('ボジ ゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　　逢各　了 雅 'BC,QNL(	既末　　逢各
				'1//6(	1//6	ね　　な じりラジギ 琅,, 離房ね　　房 なっ づね　およ,,	宝　呉　1//5 平	没　　琅　宣
				仕	1//6	なざぞ　　ね	砒	既末
				'1//7(	1//7	ね　　ね彰 ,,　およ　　発なおぐ づね　ゾィブね　ね ,,	砒 房	砒 房
				導 仕	1/0/	ね　遊 の功 ざぞお'RFK/35, O/3('ボジゾ ズ ザユ		

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/04	な ぐり 泡層歳で泡 でざづね ’QI 0, O, 02(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 011 平 旧	既末
				堀 叢 ’087/(	087/	干重 ね	琅 砒 雅	
					0874	ね	野	既末 野卓
				仕	0876	ね 重 な ぐり 浴 で ね 03B 平	砒	既末
				五	088/	ね ’ 旧(	既末 86 平 旧	既末
				五 事 仕	088/	干重 ね で浴 海	既末 86 平	既末 86 平 平
10					0885	寸 ね なねり 合 ひ Sm ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				材 今 ’1//0(	1//0	泡干重協 な ぐり ね 平 で ね 市’P1 , //0(旧	逢 各 了 雅 ’BC, QNL (1//0	既末浴 仕
				材 今 仕	1//2	干重 ね で ね		卓
				材 今 仕	1//2	化 没干重〉 干重 な ぐり ね 平で ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末
				仕	1//4	な 市じり ね 平 で ね ’1/16, O/00(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				仕	1//6	なざぞ ね	砒	既末
				江 仕	084/	協 な ぐり 砒 0 旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				守 仕	0857	カジね ,, カジ ね プラッミ ,,	房	房
				重材 仕	0867	クラ ゾピ な ぐり で で 遊 でね ,, 市於 三 ね 丈 ね 速,,		砒
				太 仕	0878	な 市じり庁 丹な CJO で S なっ づ	琅 砒 雅	
				仕	0887	なZ の字圧じりお J, 平 宙		砒
				仕	1///	化 ね鮭 ,曳 で 事 ね な り で 事 上 ね - ド ネ		既末
				仕	1//0	ねJ, 平 - な ぐり 0//L ね守 ね		砒
				眞 '1//1(	1//1	ね鮭 ね で平 ね ,, でぎな庁 でMn-2 Fknan ns kh hmeks 月 adc ね平 なっ づ,,		既末
10				五 止 仕	1//2	既末浴 浴 ね 浴 臨 ら ご るぞ 丹 な培つぎ 平 な じり P/31, /04 旧	逢 各 了 雅 BC, QNL 1//2	既末浴 仕
				導 仕	1//3	干重 な ぐり ね 'P/31, O//7('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
				宇 令 雁'1//5(	1//5	砒 呉 ' 阿 (ね 研 な じり培 砒		Z
				'1//6(	1//6	> なめでつき鮭 >曳 な ぐり 浴 ね託 ね 'N, 56(' 旧(	既末 003 平 旧	既末
				'1//7(	1//7	, 鮭 >曳 上 な ぐり で 寅雅 でぞ ね ま'N, 77(' 旧(	既末 004 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				止仕	1/03	協　寸　ねホ ラ クゲアな ぐり　カヨジ み　合 ピヨ CJO ね誌宙で ね化　ね　ね な ぐり	砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
			浴	五　事 仕	0870	化 な ぐり浴　,,　でざそ,, 旧	既末　旧雅	既末
				五　事	0881	浴序 で浴　な	ァ ハ ギホゾ	ギホゾ
				仕	1///	ね浴　な り浄浴 浴 浴 ゴィギリ ね ’ 旧(	既末口　了 雅	既末口
				’1//6(	1//6	＞　なめでつき鮭 ＞曳 な ぐり　浴　ね託 ね ’N,56(’ 旧(	既末　003 平 旧	既末
				五　事 ’0855(	0855	囲　協「 094/ ///		
				江 砒仕	0878	既末浴ね　で ’ 旧(	房	房
				末 仕	088/	浴序里　宙な培つぎ ヲヨピね浴序　速	ざをお 1/// 砒 ザ ボシゥミ 呉	浴　承 ズ ゾ
10				太 仕	0884	およまぞ浴　ね　判		

HC				同	平 敬	同	同	房
				重叢 雄 ’0865(	0865	ね天　　ね		砒
				仕	0885	協　　な じり　　ね 徳’ 旧(	既末　　0/2 平 旧	既末
					0887	な 市じり　　ね ’ 旧(	既末　　0/4 平 旧	既末
				太 ’1//0(	1//0	な 市じり　　, 研 ね で速 速		既末
				仕	1//0	ねJ, 平 - な ぐり 0//L ね守　　ね		砒
				仕	1//1	な 市じり　　ね口 旧	既末　　0/8 平 旧	既末
				庁客 仕	1//5	ね　　およ 凹ごるぞァタオィデ 守 で なっ づQ 041(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　002 平 旧	既末
				仕	1/03	泉 て ごるぞ　　ねJ, 平 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　010 平 旧	既末
10				五 仕	0883	ね で ね ’ 旧(	既末　　0/0 平 旧	既末
				材 時	0885	眞 三 な ぐり　　ね で眞	雅 既末ね ピヨ	既末　　仕
				導 眞 仕	1//1	で ね な ぐり 没 旧	既末　　0/8 平 旧	既末
				重 ’1/02(	1/02	て ごるぞ事っね　　なっ づ 旧	既末　　砒 雅 1/02	既末
			泡採	房’0860(	0860	既末浴 浴序 ね な じり　　砒 ,, 1- 抗泡取　　凹 速採 ね ね 1 で な ぐり 泡採 ,,	既末浴な じり 各砒 呉 承 判砒 係 33 平	承 砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				合 仕	0861	ね 泡採 旧	琅採	琅採 承 卓
		上		重 太 仕	0857	旨 ね 上 ,, な ぐり ね海 ひ なっ づ, ,	房	房
				仕	0871	広 上 ね 沿 旧	既末 平 旧雅	既末
				仕	0872	守宙 な り 広 上 ねおを ひ 沿ね砒		
				眞 仕	0874	ℤをお 1/// な り 浴序 ’ 浴序な ぐり浴 で浴序 (	承	
				導 宝 仕	0874	浴序な ぐり浴 で浴序	浴 承 ズ ゾ 砒 呉 ℤをお 1/// 砒 ザ ボシゥミ 雅	
				化 仕	1/01	化 ね ね ひ ね 徳で 上 ね 沿ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧 雅 1/01	既末
				干 仕	1/02	ねぞむね 上 ね ’ボジゾ ズ ザ ユ (’ 旧(	既末 旧 雅 1/02	既末
			滝	仕	0876	広 上 ね滝		既末
10		上		守	0883	－ ね ね － 率 ね － ね同	同 じり	承 堀凹片仕
					0885	ね ね	ズ ゾ 砒 呉	ズ ゾ
				仕	1//0	な ぐり浄 ひ 浴ね浴序	浴序 上 凹	浴 凹片
				仕	1//1	な ぐり浴序	浴 で	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//2	浴序　ね　ひ　ね彰　ね 1,,　な ぐりグ ジジヅテア ,,’ 旧(	既末浴　旧雅 1//2	既末浴
				導 仕	1//2	浴序　ね　ひ　ね彰　ね 0,,　な ぐりグ ジジヅテア ,,’ 旧(	既末浴　旧雅 1//2	既末浴
				叢　仕	1//4	浴序　ね　ね 徳で ,,栃　で 字月 ,,		既末
				眞琅 仕	1//4	ね　速で　浴序　な り　ピヨ ギ ジ		既末
				仕	1//4	浴序　凹　宙 ね　で てねァブ　ダ		既末
				導 仕	1//4	な ぐり庁 浴序　凹野ね 宙		既末
				重叢　丈 雁仕	0858	な ぐり　ね	既末	既末
				仕	0878	ねし　’ ゅり率 (ひ		砒
				仕	0880	およ ぞ　ね　ね		既末
				仕	0881	ね　し　ひ　’ 旧(		既末
				仕	0882	ごるっっ り　「な ぐり ね		既末
					0882	な ぐり　ね		既末
				仕	1///	ね　カジ ひ　ね　で		既末

HC				同	平敬	同	同	房
10		上		合	1///	ね　なっ　づ	ごくり　で	タィダ
				住仕	1//6	ね　ね　徳,,　な　上　速　ね　およ,,'Q,1//('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　003 平　旧	既末
				干仕	1/01	ね　ね　砒　な　り　市　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　旧雅 1/01	既末
				仕	1/02	ね　ひ　壊カジね　ひ　な　り　ラサハ　'了　('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　旧雅 1/02	既末
				住　仕	0871	守宙　ひデラダゥミおよ　ぞ　ね　旧	既末　平　旧雅	既末
				仕	0872	守宙　な　り　広　上　ねおを　ひ　沿ね砒		
				住	0875	な　ぐり　ね守宙　ね　'　旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				住	0875	な　ぐり　ね守宙　ひデラダゥミね		既末
				仕	0877	守宙　ひ　テ　ゾな　り　寸　上　ねおを　ね　宙	郷　砒　房平	郷
					0877	な　ぐり　ね守宙　な　じり　'　旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				住　仕	0878	な　づ　難母な　ざぞ　平　ね　ね　で　'　旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				仕	0880	およ　ぞ　ね　ね		既末
				住　仕	0881	な　ぐり　上　ねィォゥ　'　旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				江仕	0887	ね　ね守宙　およ　ぞ　およね　退ね　沿'　旧(	既末　平　旧雅	既末　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
10		上		叢 丈 仕	0887	ね ね な り ね 宙’ボ ジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				卒 仕	0888	判 ね な培つぎ 三 ね - ね 平 宙’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 0/5 平 旧	既末
				 仕	1///	ね カジ ひ ね で		既末
				合 ’1//1(	1//1	な ぐり じへら 上 ね ’G/5/,//0(旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(	既末浴 仕
				仕	1//6	ね ァタオィラね R Mc ひ ね ねR 野’N,132(’ 旧(	既末 003 平 旧	既末
				干 仕	1//6	M,Bk ねQ ,, な,, 旧		既末
				干 仕	1//8	な ら よるぞM Bk ねQ ,, ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(		既末
				化 仕	1/01	化 ね ね ひ ね 徳で 上 ね 沿ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧 雅 1/01	既末
				 仕	1/02	ね ひ 壊カジね ひ な り ラサハ ’了 (’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧 雅 1/02	既末
				化 仕	1/02	およまぞ 上 ね ね 不 ,, ね ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧 雅 1/02	既末
				守 ’0858(	0858	上 ね 1 ,,広 工 干重 ね 上 ね で ,,		既末
				守 仕	0861	じへら な ぐり ね		既末 卓

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
					0885	ね　　ね	ズ ゾ 砒　呉	ズ ゾ
				仕	1//0	砒　呉 ,,　ね　激なっ づ ,,		砒
				住 仕	1//6	ね ね 徳,, な　上 速 ね およ,,'Q,1//('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　003 平 旧	既末
10			浴	五 事 仕	0870	化 な ぐり浴 ,,　でざぞ,, 旧	既末　旧雅	既末
				眞 仕	0874	ℤざをお 1/// な り　浴序 ' 浴序な ぐり浴 で浴序 (	承	
				導 宝 仕	0874	浴序な ぐり浴 で浴序	浴 承 ズ ゾ 砒 呉 ℤざをお 1/// 砒 ザ ボシゥミ 雅	
				五 事	0881	浴序 で浴　な	ァ ハ ギホゾ	ギホゾ
				仕	1///	ね浴 な り浄浴 浴 浴 ゴィギリ ね ' 旧(	既末口　了 雅	既末口
				'1//6(	1//6	> なめでつき鮭 >曳 な ぐり 浴 ね託 ね 'N,56(' 旧(	既末　003 平 旧	既末
			Bk	干 仕	1//6	M,Bk ねQ ,, な,, 旧		既末
				干 仕	1//8	な ら よるぞMBk ねQ ,, ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(		既末
11	没			天	0884	没 浄重 で な ぐり ね達	没　琅 呉	没　琅 宣
				旬	0875	放 00 平'0688 平(功 な り で 没 ね ' 旧(	了 雅	

HC				同	平 敬	同	同	房
				旬	0875	放 00 平’0688 平(没 な り で	1	
				旬	0875	歳 めぞよずぞ なっ づね ね 0 05 平’0500 平(で 1 放 00 平’0688 平(没 で 末 2 1 平’0551 平(で 琵	歳	砒 房
				– 没 クリ ブ	0886	総 没 て ごるぞ ミ 分り		砒
11	没			末 クリ ブ仕	0886	没 ね 末 ね		既末
				丈 仕	0886	総 没な ぐり ミ 分り ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				丈 仕	0886	総 没な ぐり ミ 分り ね ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				上材 仕	0886	没 権分り“ 末 “ね里 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				止 仕	0887	郷 囲Z 没	郷 囲 0914 /// 固 琅 承 C-0, Mn-244	既末 囲ズ ゾ
				口重 雁 仕	0888	没ね ミ 分り – 速’ 旧(	既末 0/5 平 旧	既末
				– 没 クリ ブ	0888	総 没な ぐり		砒
				口重 雁 仕	0888	没ね ミ 分り ホ ラ ク でざづ	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒

HC				同	平 敬	同	同	房
11	沒			丈 仕	1//0	,　速　ね　ね　ね1 ,,　没上デ▼ダ　,, I1 , O/01　ボジゾ ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				仕	1//1	0688平　没　な ぐり　監　市で　ね 宙	既末浴　砒	没　既末浴　砒　房
				材　今 仕	1//2	没　な ぐり　ね　で 末, 横 重　ね　な ぐり三上	砒	砒
				材　今 仕	1//2	没　な ぐり　ね　で 末, 横 重　ね　な ぐり三上干　P /31, //4 旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				仕	1//7	末 横　ね　ひ 0688平　没　ね 'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末 了　雅	既末
				末 '1//0(	1//0	没　,,　で　ひ　,,	既 ね　5 化 ね臨　ぞす づ　片	仕
				仕	1//1	没ね　平で　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				材 '1//1(	1//1	没　ね　平で	固　琅	固　琅
				材　今 仕	1//2	没　な ぐり　ね　で 末, 横 重　ね　な ぐり三上	砒	砒
				材　今 仕	1//2	没　な ぐり　ね　で 末, 横 重　ね　な ぐり三上干　P /31, //4 旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				材　今 仕	1//2	化　没干重〉　干重　な ぐり　ね 平で　ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　旧雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
11	没			’1//0(	1//0	没 ,, で ,,	既 ね 5 化 ね臨 ぞす づ 片	仕
				仕	1//3	没 ね 宣 な ぐり ね 市,, ト ミね ,,	既末浴 砒	没 既末浴 砒 房
				’1//8(	1//8	「で 没 1//6 平 発 「,, 没 な ぐり臨 ね ,, 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
				化材 時対 仕	0877	没 ね で ね ’旧(	既末口 了 雅	既末口
				仕	1//2	託 な り 没干重ね 監 速ね 宙’旧(	砒 雅	
				仕	0883	培 没「ね なっ づ 浴 拠 ね	沸承 卓	沸承 卓
				仕	1//0	没 ね 宣 ね 徳で ね ね ね 03B 平 旧	既末 0/7 平 旧	既末
				’1//0(	1//0	没 ,, で ,,	既 ね 5 化 ね臨 ぞす づ 片	仕
		上		仕	1//4	没 な ぐり 難 でじり じへらね 徳で遊	既末 じへら	既末 じへら
				仕	0883	- 没 で ね同	同 じり	承 堀凹片仕
				仕	0886	了 むさじ 没 ね ね 野 ィォ ね平 継 ね彰 で 凹ね ね ’旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				化材 宇欠 仕	0878	没な ぐり ィォ ね ’旧(	既末 平 旧雅	既末 仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
					0884	没　1//グ房な　ぐり　　で　　な り臨流　　’ 旧(	既末　　0/1 平 旧	既末
				仕	1//1	没　干　　な　ぐり　琅　　ひ ね　徳なっ　づ	承　砒　房平	承　砒　房
12	禎 五				0877	禎五　　な　逢じり　　ね　　’旧(	了　雅	
				発 雁	0885	ね　　で 研　な り　　ら じ　　ねロ 禎五　丸　　ね固　　なざづ　　’旧(	既末ロ　　034 了　雅	既末ロ
				導	0838	禎五　　ね　　で　　,,,　な　　なっ　づ,,	琅　　房	琅　　房
				叢 仕	0868	およね　　で　　でね　　,,　　丈　禎五　　な っ　づ,,’旧(	了　雅	
				協　培 仕	087/	禎五　　ね里　　旧	了　雅	
				仕	0870	禎五　　「　　ね里　　旧	了　雅	
				仕	0871	テ　ゾおよ　むぞ0837平禎五　　ね　　メテリ で るな 培つぎ琅　　泡　　旧	了　雅	
				禎五 採　ク リ　ブ仕	0871	禎五　　ね採　　旧	了　雅	
				仕	0872	禎五　　ね　　で　　宙むりぞむね採	了　逢絞	
12	禎 五			口　　雁 仕	0872	禎五　　てね	郷　　砒　房平	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				貝庁 天 仕	0872	禎五　　な ぐり　　宙	郷　　砒 房平	
				江 仕	0872	禎五　　ね　採 ’ 旧(	琅採　　了 雅	琅採
				口　　雁 仕	0872	禎五　　てね　　’ 旧(	琅採　　了 雅	琅採
				江 仕	0873	採 な ら 宙ごるぞ禎五　　で ね	1	既末
				江	0875	禎五　　ね浄　速採 ’ 旧(	琅採　　了 雅	琅採
				江 仕	0876	禎五　　ねホ ラ ク　 ’ 旧(	了 雅	
					0877	禎五　　ね 導　ね　　宙で　 ’ 旧(	了 雅	
				江 仕	0878	禎五　　ね　泡採		浴 凹片
				仕	0878	テ ゾおよ むぞ禎五　 ね　メテリ		浴 凹片
				末　太 仕	0878	禎五　　てねホ ラ ク		浴 凹片
				三	088/	導　ねジデ▶ト　ブね　　市　禎五 ね 各　 ’ 旧(	了 雅	
				三	0880	導　ね　上野ね　　市　禎五　　て ね	郷　　砒 房平	郷　　砒 房
				末 仕	0886	禎五　化　ね	既末浴　ね臨 で　禎五 砒 宣砒	禎五　　砒 宣

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				五	0887	禎五干重　　呉’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				干重　雁 仕	0887	禎五　　ね　導　　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				五三 仕	0887	禎五　　な　ぐり双　　採　で里　採　　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				道 仕	0887	ごずり禎五干重　ね　ね　累　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				仕	0887	禎五　上な　ぐり　　ね　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				重 仕	0887	禎五干重ね里　　で禎五　　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				隅	0887	メテリ な り　　ひ ね軟　’禎五　(ね　　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				鷹　仕	0887	0837 平禎五　な　で　メテリ’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				雁 仕	0887	禎五　散　ね　層歳　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
12	*禎 五*			房仕	0888	禎五　散　ね　層歳	了　逢絞	固　琅
				房仕	0888	禎五　散　重　ね　層歳	了　逢絞	固　琅
				五三 仕	0888	禎五　　ね　上　速	1	既末
				仕	0888	禎五干重上ね　　なっ　づ　(	1	既末
				鷹	0888	0837 平禎五　’L<6-0(な　　で　メテリ	1	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				号 仕	0888	デ➤ダ　なり　叢　'禎五　散　(ね 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅'BC, QNL (	既末　仕
				導 仕	0888	禎五　-丈　ねデ➤ダ　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　旧雅	既末
				末 仕	0888	禎五　化　ね　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　0/5 平 旧	既末
				住 仕	1///	禎五　協　広　松　三　な　ぐり　ね 速'　旧(	既末　0/6 平 旧	既末
				導　今	1///	禎五　化　ね　な培つき禎五干重ね　ね　宙	既末浴　ね臨　で　禎五 砒　ズ　ゾ　砒	禎五　砒　ズ　ゾ
				末	1///	禎五　重　ね　層歳'B 06('　旧(	既末　了　雅	既末
				庁 仕	1//0	禎五干重　化　な　ぐり　ね　で　ね	砒	既末
				止 仕	1//0	郷　囲 禎五「	郷　囲 09l 4 ///　固 琅　承　C-0, Mn-277	固　琅
				導 仕	1//0	里　な り禎五干重ね 2 欠　培監　速ね　宙, , 禎五 ひ　ね　ね　でね　, ,	1	既末
				承 各砒　房 仕	1//0	ねデ➤ダ　禎五　重	了　逢絞	固　琅
				末 仕	1//0	禎五　浴　ね　層歳'l1 , //4(　旧	逢　各　了 雅 'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
12	禎 五			末 仕	1//2	禎五　で禎五干重ね　ひ培監　速 I/16, //2　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				末 '1//2(	1//2	禎五　ね	化　監　化　監　砒	化　監　砒

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//3	0　託　で　テ　ゾ　ぞ 0837 平禎五　'L 6-0(ね　ィ　ハ　シユ 'O/57('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　了　雅	既末
				末 '1//3(	1//3	禎五　重　協　ね　ね　で ね	1	既末
				末　太 仕	1//3	禎五　て　じり　ね　徳なっ　づO037('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　了　雅	既末
				砒　末 '1//4(	1//4	禎五干重　ね　なっ　づ	丹　ね	砒　末
				砒　末 '1//4(	1//4	禎五干重　なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				住　隅 '1//4(	1//4	な　よるり　オリ ゴィデエピウギデ0-2 0-2-0 0837 平禎五	ね　オリ ゴィデエピウギデ>> 宝　琅　ざづ　>>	
				浴三　守 浴 '1//4(	1//4	功　>禎五　ね　市	了　逢絞	固　琅
				砒　末	1//4	禎五干重　ね　なっ　づ干　05 平 01　7 既八　(	呉雅>>1//3 平 0 >01　>>'　1　(	砒　末
12	禎 五			仕	1//5	禎五　ね　市'R00/, O//8('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				末 仕	1//5	禎五　協　ね　どたるで　'P 015, /00(' 旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL (	既末　逢各
				導　今 仕	1//6	禎五　な　ぐり	既末浴　ね臨　で　禎五 砒　ズ　ゾ　砒	禎五　砒　ズ　ゾ
				仕	1//7	な　ぐり禎五干重　ね　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末 了　雅	既末
				仕	1//7	禎五干重　ね　ひ　層歳	ね　功　呉	承　各砒　房
				庁 仕	1//7	テ▶ダ　な培つぎ禎五干重　ねロ 'O, 1/1('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　004 平 旧	既末
				重叢 仕	1//8	里　な り禎五干重　ひ　ね培監　速 宙 O1, 68('ボジゾ　ズ　ザユ　'　旧	既末　了　雅 1//8	既末
				末 仕	1/0/	禎五　浴　ね　層歳なっ　づ	既末浴　ね臨　で　禎五 砒　ズ　ゾ　砒	禎五　砒　ズ　ゾ
				篠止 仕	1/0/	禎五　丈　ひ　位　ね　上　で丈　ね		卓
				砒　末 勘 '1/0/(	1/0/	禎五干重　丹　ね　な り了　市' 勘 八　('干　10平 01　07 既八 (	呉雅, , 1//8 平 0 01　, ,	砒　末
				砒　末 '1/0/(	1/0/	禎五干重　ね　ね　なっ　づ 干 10平 01　07 既八	呉雅, , 1//8 平 0 01　, ,	砒　末

HC				同	平 敬	同	同	房
12	禎 五			守五　仕	1/0/	禎五干重　権分り双　ね　G.U 採 O1,67('ボジヅ　ズ ザユ　' 旧	既末　了　雅 1/0/	既末
				雁 仕	1/0/	禎五　序　ね　'RRR24,03(' 旧(	既末　逢各　了　雅 'BC,QNL(1/0/	既末　逢各
				雁 仕	1/00	禎五 散　な ぐり 序　ねゲァラ ク　'　(' 旧(	ザ ボシゥミ 1/00 平 化　天干 な　ね　で 「 ひ既末 了 雅	既末
				天 仕	1/00	禎五干重　浴　な ぐり　市で なっ づ	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				干 仕	1/00	化　禎五　協 ね　泡 速'RRR/17,/3(' 旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				天 仕	1/00	禎五干重　浴　な ぐり　市で なっ づRRR/21,0/(' 旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				末 '1/02(	1/02	禎五干重　,, ね　で　ね　なっ づ, ,	既末浴　ね臨 で　禎五 砒　ズ ゾ 砒	禎五　砒　ズ ゾ
				材 仕	1/02	禎五　丈　位 ね 上　な培つぎ丈 ね　旧	既末　平 了 雅 1/02	既末
				末 仕	1/02	禎五　崖 総　市 な ぐり　里 で　速 な 琅 で　研 ね 'ボジヅ ズ ザユ (' 旧(	既末　砒 雅 1/02	既末
				雁 仕	1/02	丹 化　五　禎五 な ぐり　ね 市で	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				天 仕	1/03	禎五 散　江 な ぐり江　ね　で 旧	既末　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
12	禎 五			五三 卒 仕	1/03	禎五 既 丈 浴 ね曳 未 令 ね	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				雁 仕	1/03	禎五 重 浴 ね曳 未 令 ね	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				雁 仕	1/03	禎五 な ぐり丈 ひ重 浴 ねホ ラ ク 'RRR23,OI0('ボジヅ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				五三 卒 仕	1/03	泡採 およまぞ禎五 丈 ひ重 浴 な ぐり 市 ひ 層歳'RRR23,O08('ボジヅ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				湿 '1/03(	1/03	禎五 導 ね で 遊 'RRR23,/5(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				天 仕	1/04	禎五 散 江 な ぐり江 ね 上 で	砒	既末
				導材 事 '0871(	0871	禎五 丸 三 ね ,, な り ,,	房	房
				五 太	0878	禎五 丈 互 ね じり 壊 ね なっ づ	同口	同口
				田	0883	禎五 丸 な 道じり ねダモ ラ禰ね	禎五 臨 砒 呉	禎五 臨
				発 雁仕	0884	禎五 丸 ね およ たごるぞ Sm ひ 合 で ね	砒	既末
				発 雁仕	0888	禎五 化 功 可 ね浴 およ 凹ざぞ	既末浴 砒 房 呉	没 既末浴 砒 房
				住田 仕	0888	禎五 丸 ね な よるり ね 杏	禎五 臨 砒 呉	禎五 臨

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
12	*禎五*			仕	1//2	ね　ど　ブ ズジで ね　,, 禎五 な 道じり　　礪てね　砒 ,, F/07, O//7 ボジゾ ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//2	既末浴　仕
				五 仕	1/0/	禎五 丸　ね　ねロ	既末浴　ね臨 で　禎五 砒　ズ ゾ 砒	禎五　砒　ズ ゾ
				止 仕	0872	禎五 化 ね　な たごるぞ Ak j d dudms	砒	
				五 太	0878	禎五 丈 互　ね　じり 壊 ね　なっ づ	同口	同口
				発 雁仕	0884	禎五 丸　ね　およ たごるぞ Sm ひ　合　で ね	砒	既末
				住田 仕	0888	禎五 丸　ね　な よるり　ね 杏	禎五 臨　砒 呉	禎五 臨
				仕	1///	ね　砒 禎五　な 市じり 寸　なっ づU ,O//1('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢　各　了 雅 'BC, QNL(	既末浴　仕
				丈材　事 '1//0(	1//0	禎五　協　ね　速 めっ　重　どた る　で03B 平	砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				号 仕	1//6	禎五 導　ね丸泡 な じり GER　な みおをよを ジビナピウ ギジ　9ベリミ 浴 ねベダウ カ　若 'J 018, //4(' 旧(	既末　逢各　了 雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				放 '0864(	0864	禎五 な ぐり　ね 各ね　ひ ねムオナ スミ	禎五　臨 判制雅	禎五　臨
				重 仕	0882	禎五 丈 互 ね　ね で　でね ' 旧(	既末　0// 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				禎 仕	1/0/	禎五　五　丈固　守　ねギ　ね　だ　るで　ね	ザ　ボシゥミ　雅	>区　>
			監	導　里	0888	禎五　浴　ね　琅　監ね　’　(	ね砒　で ね	既末　仕
				氷 ’1//7(	1//7	めだ　ぞ　じへら　監フ　ギね　軟　,, 0878 平禎五　浴　な,,	既末　じへら	既末　じへら
				材　砒 仕	0878	禎五　ねジオリ　ね　で 野　なっ　づ　旧(		既末
				’0856(	0856	禎五　丈固浴　ね　旧		既末
12	禎 五			庁　八太 仕	0861	禎五　丸　ねロ	禎五　1　臨	禎五
				止 仕	0868	禎五　丈固　な　市じり　ねロ　’旧(	既末 了　雅	既末
				末 仕	0870	禎五　ひ　ね　ね　丈　ね Ehrhm, S　bj 平　旧	既末　77 平 旧	既末
				重　夕 仕	0876	禎五　丈固浴　な　凹じり　ねJ　平	臨　ズ　ゾ　砒 呉	臨　ズ　ゾ
				止 仕	0878	禎五　ね　ねロ　’旧(	了　雅	
				仕	1///	ね　砒　禎五　な　市じり 寸　なっ　づU ,O//1(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	逢　各　了 雅 ’BC, QNL (	既末浴　仕
				合没 ’1//0(	1//0	禎五　重　どたる　ね　速 平　旧	既末　0/7 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
12	禎 五	上 上	泡採	仕	1//1	禎五 な 市じり ,, 木 どオリ ギァリ オラポクポなっ づ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/8 平 旧	既末
				仕	1//2	禎五 ね およ位 Mh Lf ね ,, ね ,, J/26,//0 旧	逢 各 了 雅 BC,QNL 1//2	既末浴 仕
				仕	1//6	禎五 丸 な 市じり ね 砒 な位 MH なっ づ'Q,068('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 003 平 旧	既末
			泡採	五三 卒 仕	1/03	泡採 およまぞ禎五 丈 ひ重 浴 な ぐり 市 ひ 層歳'RRR23,O08('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				不 佐 仕	1//6	禎五千重ね 上 な じりピア リト '17(' 旧(	既末 旧 雅	既末
				重 天 仕	1/03	禎五 協 な ぐり庁 上 ね 徳'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 砒 雅 1/03	既末
				材 仕	0883	重 ね で 禎五 ね同	同 じり	承 堀凹片仕
				材 田 仕	0851	禎五 ね 速どよひな な じり	房	房
				重 仕	0854	ね ,,禎五 なっ づ,,	禎五 1 臨	禎五
				重 '0855(	0855	禎五 導 徳 採 呉		禎五
				禎五 '0855(	0855	禎五 どよひな ねぞむね培 28 3/平		禎五

HC				同	平 敬	同	同	房
				’0857(	0857	禎五　合　　なっ　づ　旧		既末
				太 仕	0857	禎五　　な　ぐり里　採		既末
				重 ’0857(	0857	禎五　ね　　なっ　づ,,でぎな　　なっ　づ,,		既末
				仕	1//6	禎五　　なっ　づ　旧		既末
				材　砒 仕	0878	禎五　　ねジオリ　　ね　　で 野　　なっ　づ　旧(		既末
					0882	禎五　固　　ね　　ねR　Mc ’　旧(	既末　　了　雅	既末
				先雁 仕	0887	禎五　　江　湾　ね　　ねR　Mc　　ね DRQ　　でね　　’　旧(	逢　　各　　了 雅	既末　　仕
				浄五 仕	0870	禎五　　ね　　で　　旧	既末　　平　　旧雅	既末
				辺　彰　仕	0888	江　湾　’禎五　散　（な　ぐり　　で　　雅		既末
				仕	1/03	禎五　　ね　　化　　およ　凹ざぞハヨポガカィ　で ね　　およ　宙ごるり　　’ボジゾ　ズ　ザユ（’ 旧(	既末　　010 平 旧	既末
13			隅	五 ’087/(	087/	隅　で	了　砒　ザ　ボシゥミ	既末　　琅　砒　逢絞 了　導　　仕
				五　仕	0886	月　　ね培監　速　夕　隅　でね　逢 なっ　づ　’　旧(	既末　　0/3 平 旧	既末
					0886	ね　なでめど　月　　ね　で　ヲヨピな　ぐ り　　隅　ね　’　旧(	既末　　0/3 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				重 仕	0886	’ (ね 速 な 三な 市じり隅 ひ なっ づ ’ 旧(	既末 0/3 平 旧	既末
				重 仕	0887	田 ね隅 なっ づ 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
				重 仕	0887	田 三ね隅 で ’ 旧(	浴 承 砒 旧雅 0/ 平託	浴 承
				五 仕	0888	ね培監隅 速’ 旧(	既末 0/5 平 旧	既末
				五 ’087/(	087/	隅 で	了 砒 ザ ボシゥミ	既末 琅 砒 逢絞 了 導 仕
				材 仕	0871	ピアラビ 浴ブ ヲね遊 からで ね 旧	了 雅	
					0882	ね 浴 ね ね なっ づ ’ 旧(	既末 了 雅	既末
					0884	ね 浴 ね ね なっ づ1(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				発仕	0864	浴 ね浴 な じり 反 砒	旨 琅 砒 房 呉	旨 琅 砒 房
				仕	0874	浴 ね 宝 ね	承	砒 ズ ゾ
				五 仕	0884	な ぐり 干 ’双 K(ね 市 なっ づ	浴 浴	浴 浴
13				守 ’0863(	0863	ね 市で 三 旧	了 雅	
				仕	0864	導 ね ,, でぎな口 琅ね で 縁 ね なっ づ,,	砒	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				’0867(	0867	ね浴序　　で浴序		既末　　卓
				止 仕	0867	ヲヨピ　権　じり　　旧	了　雅	
				止 仕	0867	ヲヨピ　権　じり	了　逢絞	固　　琅
				仕	0868	メテリ な り　　功　　ね　宙　1,, ,,　旧	了　雅	
				雁 ’0868(	0868	ブ➤デ　　ね　　,,　　化　　なざづ,,		浴　凹片
				止 仕	0871	協　ね　　なっ　づ　旧	既末　　78 平 旧	既末
				止	0872	ね工権じへら　　つぐり　　テ　ゾ 旧	了　雅	
					0886	ね　なでめど 月　　ね　　で　ヲヨピな　ぐ り　　隅　　ね　’旧(	既末　　0/3 平 旧	既末
				重 仕	0886	’　　(ね　　速　　な　　三な 市じり隅　　ひ　　なっ　づ　’旧(	既末　　0/3 平 旧	既末
				重 仕	0887	田　　三ね隅　　で　　’旧(	浴　　承　　砒 旧雅　　0/　平託	浴　　承
				重 仕	1//5	三　　で浴序　　なっ　づね　　’N, 42(’　旧(	既末　　002 平 旧	既末
				仕	1//8	累浴序　　囲な培つぎ　　ね浴序　　ね ね逢継　ね　　’1121, O//1(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　逢各　　了　雅 BC, QNL　1//8	既末　　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
13				導没　丈 仕	1//8	ね　1//8 平 7　00 既 L 5-4 な　およ 宙ざぞ　メテリ　O0, 02(ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　了　雅 1//8	既末
				湿 仕	1/0/	累 CDL 町　およ採り　ヲヨピ　ヲヨピね浴序　'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　ひ 0475 平　止　ザ ボシゥミ　了 雅 1/0/	既末
				仕	1/0/	1//8 平　ね　ね　ィ ハ シユ な ぐり ね　'RRR/05, O14('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各
				五 紗仕	1/0/	ね泡　な り　て　ごるぞ　徳	砒 房 呉 砒　呉 '干　10平 (	了　各砒
				五 紗仕	1/0/	ね泡　な り　て　ごるぞ　徳 歩　'RRR/03, O/3('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各
					0873	およまぞ　－　ねヌォ　ギヲヂギジ	砒	既末
					0888	ヲヨピ反　ね　なっ づね　反 で ね平　なっ づ	砒　呉	宣
				三　仕	1//2	ざっっ り　導　三三柳　,,　丸 没　S でロ　ピヨ ,,	,,　,,	既末
				浴三　守 '0866(	0866	ヲヨピ 協浴ヲヨピね　ね	了 逢絞	固　琅
				丈 仕	0870	序　ね粗　ね 市		既末
				先 仕	0875	ね　' 旧(	既末　旧	既末
				先	0876	ね　なっ づ ね1' 旧(	既末　旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
13				仕	0876	ね里 ’ 旧(	既末 旧	既末
				月 仕	0885	ね里 市	川 琅 砒 呉	川 琅
			監	仕	1/0/	監三 託 な培つぎ1//8平 ね ね で	砒 房 呉	砒 房
			監	’1/0/(	1/0/	監三 託 な培つぎ1//8平 ね ね で ’RRR/05,O13(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
					0883	ブ▼ラ友 偲 な ぐり ね デ ヨピ ねざをお 1/// 6/7 ね ’ 旧(	ざをお ザ ボシゥミ了 雅	浴 承 ズ ゾ
				三 仕	1//2	ざっっ り 導 三三柳 ,, 丸 没 S でロ ピヨ ,,	,, ,,	既末
			泡採	仕	086/	泡採 な り ね 速なっ づ 旧	既末 66平 旧	既末
				丈没 仕	0861	ね 泡採 ’ 旧(	琅採 承 卓 了 雅’ 36平 (	琅採 承 卓
				五 仕	087/	ラヨピ 舞 浴 ねポリ ダダモ ヌリ 双 泡採	砒 呉	浴三 守
				浴三 守 仕	0870	ラヨピ ひ ラヨピ協 ねポリ ダダモ ヌリ 双 泡 採 ’0(	了 逢絞	固 琅
				浴三 守 仕	0871	ラヨピ ひ ラヨピ協 ねポリ ダダモ ヌリ 双 泡 採 ’1(	了 逢絞	固 琅
				浴三 守 仕	0871	協浴 ラヨピねポリ ダダモ ヌリ 双 泡採	了 逢絞	固 琅
				功 仕	0872	協浴 ラヨピねポリ ダダモ ヌリ 双 泡採	承	
				功 仕	0872	協浴 ラヨピねポリ ダダモ ヌリ 双 泡採	砒 呉	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				五　仕	0872	双　泡採　およまぞ協浴ヲヨピ　ひ　ヲヨピね 速な　じり事 丈ね	ね浴序　ね2	既末　卓
				五　仕	0883	テシゾリ　泡採　託　ざぞ　丈 ね砒　’　旧(	既末　0/0 平 旧	既末
				重 仕	1//4	叢　ポリ ダダモ　ヌリ　泡採　’N, 005(’　旧(	既末　001 平 旧	既末
13			泡採	住 ’1/03(	1/03	な　ぐり双　泡採	各ズ　ゾ　干 14 平　ね　砒 呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
		上		’1//1(	1//1	ね	浴　で	砒
				五　孜太 ’0854(	0854	合　ね　上　ね　なっ づ	上　速　呉	房
				庁	0872	ね月　な　じり砒　’0(　ね　ね　ひ	浴　浴　砒　房砒　呉	
			浴	住　太 仕	0867	ひ　ね浴　ひ浴序　ねハド シゥミ	浴　浴	浴　浴
				仕	0870	ね浴　ね　激　ねU　ひLn　旧	既末　平　旧雅	既末
				既重 宇仕	1//1	な　ぐり浴　ね月　ね	砒　呉	宣
14			隅	上 眞仕	1//3	ネ 可　な　ぐり　ね 市で隅　ね　旧	既末　000 平 旧	既末
				重 仕	1//5	＞　速　協　ね　上　速で　ね 隅　’N, 016(’　旧(	既末　002 平 旧	既末
				鷹 ’1//6(	1//6	0833 平　協浴　な　ね隅　で　メテ リ ’R040, //5(’　旧(	既末　逢各　了　雅 ’BC, QNL(	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				導　導 仕	1/03	千重な　よるり　泡　　で守放　浴　　な り 隅　ね口　　旧	既末口　　了　雅	既末口
				仕	1//6	ね　　な託　ごるぞ　　で	口　　砒　　呉	承　　各砒　房　　各ズ　ゾ
				仕	1//7	ね　　な託　ごるぞ　　04// 平　ね で　　'R030, O/01('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　　逢各　　了　雅 BC, QNL	既末　　逢各
				五　仕	0884	浴　ね　　で　　ね　　なっ　づ　旧(	既末　　0/1 平 旧	既末
14				住	0884	丈　な　ぐり浴　　なっ　づ　旧(	既末　　0/1 平 旧	既末
				事 仕	0885	抗　　な　ぐり浴	ザ　ボシゥミ　　雅	既末　　砒
				事 仕	0885	丈　浴　な　ぐり浴　　'　旧(	既末　　0/2 平 旧	既末
				仕	0886	－　浴　な　ぐり　　－　泡ね	浴　　雅	
				住	0888	丈　浴　'　　(ね普　　浴　　な　逢ざ づ　'　旧(	既末　　0/5 平 旧	既末
					1///	な　ぐり　　な　　凹　野ね渚小な　じり浴 守　　で　－　浴　　でざづ	浴	浴　凹片
				合 仕	1//6	丈　　ね研　　で浴　　なっ　づ	砒	既末
				干	0842	核　同口　　ね　な よるり　琅 ひ　ね　　呉,,　な　　ね　三　か　ね な　ほじ彰　な　逢ざづ,,	房	房

HC				同	平 敬	同	同	房
				止 仕	0861	タミ　なまよるり先　ね 旧	既末　68平 旧	既末
				仕	0870	な　ざぞ　導　ね　バヨム ゾで　ね 旧	了　雅	
				放 仕	0870	な　ざぞ　導　ね　バヨムゾ　旧	了　雅	
				雁 仕	0871	ね　速で	房	房
				末	0872	既末ね　上　'13(　丸　ね　上		
				導	0873	旨　ね　速　な　ね　な っ　づ		
				導	0877	上　三　速　ね		既末
				材 時 仕	0878	速　寸　'　末　(ねテ▼ダ	了　逢絞	固　琅
14				材 時 仕	0878	速　寸　'　末　(ね テ▼ダ　'　旧(	了　雅	
				干仕	088/	速　ね里　'2(　末　化 偲　ね	砒　房	砒　房
				仕	0880	速　ごぎ　'ピエ ゴ ポクド　(	砒　房砒　平	砒　房
				房	0880	速　寸　'　末　(事欠テ▼ダ	了　逢絞	固　琅
				干仕	0880	速　ね里　'3(　FOR　上てね　末 ね里　宙	砒　房	砒　房

HC				同	平 敬	同	同	房
				栃合仕	0880	速　寸　ね 末　1欠デ▼ダ　ら’ 旧(	了　雅	
				ダモデリ クオ ナパゴ ポ 仕	0880	協　ピエ ゴポクド　速　ね了 SK平　宙	砒　於 呉 末　宗託 雅	砒　於
				協　号 仕	0882	廉　およ 凹ごるり 壊カジで　ね　な っ づ	既末　砒 雅	既末
				仕	0883	ひ ね　ね　なっ づ	砒　呉 雅	宣
				材 時 仕	0883	速　ね　ね　寸 末　デ▼ダ	1	
				守　仕	0883	速　寸 「 寅　囲	房砒　雅	房
				材 時 仕	0884	既末ね　43〔0877平　速 寸 ’ 末　(デ▼ダ	砒	砒
				上 仕	0884	速　ジデラ ブポ ブ’ 旧(	既末　了　雅	既末
				上 仕	0884	速　ジデラ ブポ ブ 0 0// ///	速囲	房
				止 仕	0884	速　川　ね　で　ね 速 道 ’ 旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅
14				合	0884	権する　ね 道で るな ど　ね　ヲ ゲ 化ァ ドデァ　ひ　速　なざづ ’ 旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅
				房仕	0885	速　ね　ね	了　逢絞	固　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				五材 隅今 仕	0885	速 末 ねデ▼ダ 重 丈既 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				材 時	0885	速 上 ね 重	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				材 時 仕	0885	速 ね 層歳	房砒 協 ね 普 既末 承 卓 承 Mn-154	既末 承 卓
				材 時 仕	0885	干 6平 砒 呉 Mn-14 , 速 ねデ▼ダ な り 層歳 ’ 承 判砒 な り ボ ザモリ ね砒 「(	房砒 雅	房
				材 時 仕	0885	速 ね ね でズクム ザユ ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				隅	0885	ね	浴 ズ-ボ	浴 砒 仕
				干重 仕	0886	琅 ぞ木 粗 ね 速 ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				江 守隅 仕	0886	速 化 - ね双 採 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				江 守隅 仕	0886	速 - 末 協 ね 累 説	砒	砒
				材 時 仕	0886	速 ね 層歳 ’ 旧(	房	房
				止 仕	0886	出協 な ごるぞ丸 上 宣	砒	砒
14					0887	およね 了 ね 速 なざづ	1	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0887	寸 ’ 速（協 ね干 じへら ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				材 時 仕	0887	速 化 ね ね － 末 デ▼ダ	1	既末
				材 時	0887	速 ね ね で ね 普なっ づ 旧(	既末 ね 速で ギデ ナギジ 旧雅 砒 房ザ ボシゥミ 培監 速で ね な り ね メテリ ね 呉’ 砒 房干 8 平 砒 (	旨 隅’庁 琅 (
				材 時 仕	0887	速 ね 層歳 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0887	重 化導 ね“ 速 “で ね ’ 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
				栃合	0887	速 ねズクム デ 速 むづ り ねの お ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
				五三 栃 仕	0888	速 ね な ぐづ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				天 仕	0888	－ 速 協 － ネ な ぐり双 採 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				天 仕	0888	－ 速 協 － 川 な ぐり双 採 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				天 仕	0888	－ 速 協 －上内五 な ぐり双 採 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
14				干 仕	0888	速 協 な ぐり テ ゾね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕

HC				同	平敬	同	同	房
				仕	0888	末 協 速 ’ 寸 - (ね双 採 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				丈 仕	0888	速 協 ね ね ’ ね 0(川 -上内五 - ねデ▼ダ ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				欠 仕	0888	速 協 ね ね ’ ね 1(層歳ね でむで 化 でね逢 ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末 仕
				仕	0888	末 協 ね 速 ね 上 速 で ね ’ 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅
				材 時	0888	速 ね で 層歳 ’ 71(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				住 仕	0888	化 既末ね ねピヨ デ ヨ ブ-メテリ 化田 - 速 化 でざづ A33(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				材 時 仕	1///	速 ね 寸 デ▼ダで 序ホ ラ クね 累	夕 で口 0888 平各 ね な	浴 凹片
				五三 栃 仕	1///	速 ね な ぐづ 協 ズクム デね なっ づ	夕 で口 0888 平各 ね な	浴 凹片
				欠 仕	1///	速 協 ね ね 川 -上内五 - デ▼ダ	1	既末
					1///	速 化 ね ね な 市じり 曳 ね -平 な培つ づ		浴 凹片
				丈 仕	1///	速 協 ね ね ’ ね 2(川 - - ねデ▼ダ ’Rk, O//6(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅 ’BC, QNL (	既末浴 仕

HC				同	平敬	同	同	房
14				丈仕	1///	速 ね ね ’ ね0(ねデ▼ダ ’Rk,O//7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅 ’BC,QNL(	既末浴 仕
					1///	速 化 ね ね な 市じり 曳 ね 平 な培つ づ ’ 旧(	既末 0/6 平 旧	既末
				仕	1///	速 - な ぐり ね 上 でジラ ブバ, アザユナ ク’B02(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	1//0	, 速 化 ね浄 速で干 じへら ,,浄 双 採 でホ ラ クね ,,	砒	砒
				仕	1//0	, 速 ね ,, ピエ ゴポクド バ ギね ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/7 平 旧	既末
				仕	1//0	, 速 化 な ぐり双 採 Il,O/03 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				天仕	1//0	, 速 ね ね ね2 ,, - ,, Il,O/02 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				丈仕	1//0	, 速 ね ね ね1 ,, 没上デ▼ダ ,, Il,O/01 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				鷹 仕	1//0	, 速 化 ね で 寸 ねバヨト ギ ジ 33(旧	既末 了 雅 1//0	既末
				口材仕	1//0	, 速 でざぞ 宙 ね メテリ で ’R4,/07(旧	逢 各 了 雅 ’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				’1//0(	1//0	, 速 化 ズクム デね な ね な 市じり曳 ねロ な培つ づ’Pl, //3(旧	逢 各 了 雅 ’BC,QNL(1//0	既末浴 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
14				止 '1//1(	1//1	,　速　協　川>　ね　速で ね	砒	砒
				砒　末 '1//1(	1//1	,　速　ね　で　なっ　づ 干 7 平 8　00 既八	呉雅 ,, 0884 平>1//0 平,,	砒　末
				'1//1(	1//1	L 7 紙　て印陸ど　,　速	か　おり	既　仕
				砒　末 '1//1(	1//1	,　速　化　ね　宙ざぞ なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				丈 仕	1//1	,　速　協　ね　層歳でズクム ザユ メテリ　O08/　ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　了　雅	既末
				丈 仕	1//1	,　速　>協　ねズクム　ザユ メ テリ 'I/18, O/00(ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				丈 仕	1//1	,　速　寸　ね　野,, 没　デ▼ダ　,, 'I/18, O/0/(ボジゾ　ズ ザユ 旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				砒　末 '1//1(	1//1	,　速　化　で 宙ざぞ なっ　づ　呉　干　02 平 4　14 既八	呉雅,, 1//0 平 0 >01　,,	砒　末

HC				同	平 敬	同	同	房
				丈 仕	1//1	，　速　ね　ね ，，重　デ▼ダ　，，	1	既末
14				旨　仕	1//1	宙　，　速　ね　了　ねぞむね 監　速 O/18　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	既末　了　雅	既末
				丈 '1//2(	1//2	，　速　ね　，，口　な ぞ　逢継　ね　，，' 旧	EQB Mdvr	承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				仕	1//2	八　'　，　速（ピエ　ゴポクドバ　ギね で　' 旧(	既末　00/ 平 旧	既末
				庁 仕	1//2	，　速　ね　宙ざぞ　了　囲 ね	承　砒　房砒	砒　房
				天 仕	1//2	，　速　協　な　ぐり双 採	琅採 雅	琅採
				江　守隅 仕	1//2	末　な　ぐり　，　速　権分り 双　採　R/64, //1　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				仕	1//2	，　速　な　ぐり　むじへら　三て ねジラ　ブバ　アザユナ　ク　末　R/64, //0　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				材　時 '1//2(	1//2	託　およまぞ　，　速　ね　で 了　R/65, //1　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				仕	1//2	，　速　な　ぐり　むじへら　三て ねじへらね　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				仕	1//2	ね　敢　ァ▼イ　な　り　，　速 化　ね敢　速'1('O042('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　了　雅 1//2	既末
				天 仕	1//2	双　採　な　り　，　速　協 ね　速'O041('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　了　雅 1//2	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//2	,　速　化　ね干　じへら 'B/1/('　旧(	既末　了　雅 1//2	既末
14				丈 仕	1//2	,　速　ね　ね　, ,権　デ➤ダ　,, R/65,O//6　ボジゾ　ズ　ザユ 旧	逢　各　了 雅'BC,QNL(1//2	既末浴　仕
				宣'1//2(	1//2	ね　Mn-1/3,1//3		宣
				鷹　仕	1//2	,　速　化　ね　R/64, O//8　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC,QNL(1//2	既末浴　仕
				仕	1//2	,　速　化　ね　速で　ね遊 R/64,O/02　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC,QNL(1//2	既末浴　仕
				丈 '1//2(	1//2	>　速　ね　'　旧(	1　砒　ズ　ゾ　砒 旧雅>>　ね な　ぐづ>>	承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				宣'1//2(	1//2	ね　Mn-1/2,1//2		宣
				砒　末 '1//2(	1//2	>　速　'化　(ね　宙ざぞ なっ　づ干　03平0/　20既八　(	呉雅,,1//1　平　0 >01　,,	砒　末
				重 仕	1//3	>　速　上内五　な　研　ね ザヤ　トゾガヨィデ		既末
				丈 仕	1//3	>　速　協　川　ね　層歳ね ,,権　デ➤ダ　,,		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//3	ね　泡	ナヤ ジ	宝 八
				’1//3(	1//3	＞ 速 な か が じ 末 ね	呉	ロ
14				鷹 仕	1//3	＞ 速 化 な ぐり 琅 で ねメテリ 旧	既末 000 平 旧	既末
				’1//3(	1//3	＞ 速 化 ね浄 で , , む権する ね 三 な ぐりジラ ブバ アザユナ ク ,,		承 各砒 房 砒 ズ ゾ
				丈 仕	1//3	＞ 速 ね ね	夕 了 >>了 ね で ね >>	浴 凹片
				鷹 仕	1//3	, 速 化 な ぐり 寅 FOR ’R/64, O//6(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				鷹 仕	1//3	, 速 化 な ぐり ね 各メテ リ ’R/64, //6(’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				導 雁 仕	1//3	速 ね 採 ,, 寸 で なっ づ, ,’R/42, O/12(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				止 仕	1//3	化 ピエ ゴポクド な ぐり ＞ 速 ね な 逢ざぞ ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末
				承 砒 房 仕	1//3	速 ね	了 逢絞	固 琅
				仕	1//3	＞ 速 ね で ね ’o06/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				五 仕	1//3	＞ 速 ね	了 逢絞	固 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
14				重 仕	1//3	＞ 速 上内五 な 研 ね ザヤ トゾガヨィデ 旧	既末 000 平 旧	既末
				仕	1//3	＞ 速 協 ねズクム ザユ メ テリ'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 砒 雅	既末
				雁 仕	1//4	＞ 速 上 ね 層歳で干 ね	砒	砒
				止 仕	1//4	＞ 速 化 ね な 逢ざぞ ね	砒	砒
				雅 '1//4(	1//4	既末ね 囲,, 由 禎 付可 囲,,		仕
				'1//4(	1//4	＞ 速 化 の印陸か分 ざづ り どねお＞	夕 じへ ら ねメテリ	浴 凹片
				鷹 仕	1//4	＞ 速 化 な ぐり 寅 FOR 1 R/52,//2 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				丈 仕	1//4	＞ 速 ポ ブ '1(,, 累で メテリ ね 徳,,'R/62,O//2('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				砒 '1//4(	1//4	＞ 速 ひ な じりバィ デ ど里 呉 '干 03>05 平 (		砒
				雁 仕	1//4	＞ 速 末 な 工権す る ね了 'Ol16('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	1//4	＞ 速 ポ ブ 0 R/62,//0 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末浴 仕
				仕	1//4	ね 敢 ァ▼ィ な り ＞ 速 化 ね敢 速	夕 じへ ら ねメテリ	浴 凹片

HC				同	平 敬	同	同	房
14				鷹　仕	1//4	＞　速　化 な ぐり　ね月 メテリ	夕　じへ ら　ねメテリ	浴　凹片
				仕	1//4	＞　速　ね　メテリ で　ね　'R, 50(' 旧(	既末　001 平 旧	既末
				仕	1//5	＞　速　協　な ぐり 導　ね	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				没 祢仕	1//5	＞　速　化　＞ 末化　ね 誌宙で　干	砒	砒
				仕	1//5	眞　野承　ざぞ　＞　速　化 ' 江>　(ね 累　干	砒	砒
				雁 仕	1//5	＞　速　末　協 な 工権する		卓
				没 祢仕	1//5	,　速　化 ね　ひ な り干　で ね　'R0/6, O/13('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				校重　止 仕	1//5	＞　速　化　ひ ね　ね里 令 ね	寅　宣承　呉	寅　宣
				丈 仕	1//5	,　速　な ぐりホァペ リ 'R000, O//3('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				重 仕	1//5	＞　速　協 ね 上 速で　ね 隅 'N, 016(' 旧(	既末　002 平 旧	既末
				没 '1//5(	1//5	普ねどおね　'0(　＞　速 ね	砒	仕
				号 仕	1//5	＞　速　な ぐり里　' 0 平 欠(	固　琅　砒 平 '干 06 平 (固　琅 承 3>Mn-3	固　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				鷹　仕	1//5	＞　速　化　な ぐり 寅 FOR ね 2 ’R008, //7(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				校重　止 仕	1//5	＞　速　化　ひ ね　ね　宙 な り　’R00/, //1(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				バドョデブ ジ ャナジ 仕	1//5	協ァリ ブジ　＞　速　ね で　速’B/5/(’ 旧(	既末　了 雅	既末
				仕	1//5	＞　速　ね　ひ ね了　三な じり　’R0/6, //8(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				没 祢仕	1//6	＞　速　末　協　尺 ひ　協　ね　ね	砒	砒
14				止 仕	1//6	＞　速　化　ね で ね誌宙核　ひ　市	砒	砒
				隆　仕	1//6	およ　じり　ね　了 ね　宙 な じり シ ギッラ　ね　,,　＞　速 でづ,,	砒	砒
				仕	1//6	＞　速　ね浄　ひ 浄 双　採	砒 房	砒 房
				導 仕	1//6	位 ね　三 層歳で　叢　ね	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				没 祢仕	1//6	＞　速　化 ’ 末　重(ね ひ　な り干　’R030, O/02(’ボジゾ　ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				導　雁 仕	1//6	速　ね　速>	Bnmctbshulsx mnl kx 砒　雅	B 砒 クリ ブ

HC				同	平 敬	同	同	房
				雁 '1//6(	1//6	＞　速　重　ねショジヨィゴ	EQB Mdvr	承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				仕	1//6	＞　速　化　ね　材　江　な　ぐり ホ　ラ　ク　'　('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				材　時 仕	1//6	＞　速　協　な　ぐ り口　'R030, //3('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				導 仕	1//6	位　ね　層歳およ　宙ごるり　叢 ね　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　ブ　クヨミ 旧	既末
				鷹 '1//6(	1//6	0833 平　協浴　な　ね隅　で　メテ リ 'R040, //5('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				仕	1//6	な り　＞　速　協 な　ぐり　宙'S122, //3('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
14				止 仕	1//6	＞　速　化　化　重 ね　で　ね　'R030, O/04('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				導 仕	1//6	か　位　ね　層歳およ　宙ごるり　叢 ね　'R030, O/23('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				雁 仕	1//6	＞　速　ね　末　ね ▶　サ　で　'R030, O/03('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				仕	1//6	＞　速　化　ね浄　双 採	砒　房	砒　房
				仕	1//6	＞　速　な　ぐり双 採	砒　房	砒　房
				仕	1//6	＞　速　化　末　な　ぐり双 採	砒　房	砒　房

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//7	速「　ジ　ザユ ねvda八 ’ボ ジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末 了　雅	既末
				雄 仕	1//7	了　ね　ね達　か　て　じり ね　了　なめぞよじ彰　ね　,,　>　速 化　でざづ,,	臨	既末臨
				没 祢仕	1//7	>　速　協　重　川ね ね　で 眞　野ザジ ミ　ざぞ 累干 ’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				止 ’1//7(	1//7	>　速　協　口　遷宙	EQB Mdvr	承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				干 仕	1//7	導　およ 宙ごるりこぎ 累ど　速,,1//6 平 ね　な　づ,,’R031,O//8(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各
14				承　砒　房 仕	1//7	>　速　ね	了　逢絞	固　琅
				先 仕	1//7	>　速 な　研　ぎ,化　幸 デ ヌリ,,	デ ヌリ で 上	
				承　砒　房 仕	1//7	化　>　速　ね	了　逢絞	固　琅
				仕	1//7	>　速　協　重　三内五 ね　ね　で 眞　野ザジ ミ　ざぞ 累干 ’R030,O/02(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//7	,　速　な ぐり　了 ねぞむね メテリ 'X0,1/0('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	ァシァ固　逢各　6 既末　各 了 雅	既末
				仕	1//7	導　な り > 速　ね ポ ビ ク'S116,O//5('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL	既末　逢各
				祢仕	1//8	速　化 ,,江 な ぐりホ ラ ク　めでなざぞ干　ね 宙,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	干 08平 1//6平 1 平ザ ボシゥミ 既末 了 雅1//8	既末
				仕	1//8	> 速　な ぐり　了 O0,28(ボジ ゾ ズ ザユ 旧	既末　了 雅 1//8	既末
				仕	1//8	> 速　ね O1,/8('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末　了 雅 1//8	既末
				'1//8(	1//8	> 速　な ぐり里　,, ど　了 メテリ　ざ　ね　,,	末 ナヤ ジ	砒　砒 砒　末　勘
				止 仕	1//8	> 速　協　川　没　ね 'R036,O/11('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
14				仕	1//8	> 速　川 ねKhc 野 ざぞ　で　'R036,O/10('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
				仕	1//8	> 速　な ぐりァジベラ アで なっ づね 'S114,O//0('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
				導 仕	1//8	抗 庁 双 な り > 速　ね 三　速ね A00,/5 旧	既末　了 雅 1//8	既末
				バドョデブ ジ ャナジ 仕	1//8	化　速　な ぞ CC な り 速 O1,38('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末　了 雅 1//8	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//8	な り　速　な ぐり ね　徳'S113,O//4('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1//8	既末　逢各
				欠 仕	1//8	>　速　末　ね 口	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ ゾ
				仕	1/0/	CDL 宝　ザジ ミね　ね　,, 速　ね ,,　旧	既末　ひ 0475平　止　ザ ボシゥミ　了 雅1/0/	既末
				仕	1/0/	導　な ら よおなど ぞ　>　速 ね 圧ね　'RRR/06,/6('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1/0/	既末　逢各
				仕	1/0/	0824平　ね　メテリ ね　旧	歳	歳　砒
				仕	1/0/	>　速　な ぐり　了　'1('RRR/05, OI/('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1/0/	既末　逢各
				浄重 仕	1/0/	>　速　な ぐり　な　づ よ おなど ぞ　泡　速で	承 砒 房砒　呉	承 砒 房
				号 仕	1/0/	済R Qな り　>　速　ね ね ま'RRR/10,O/4('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1/0/	既末　逢各
				仕	1/0/	干　市な培つぎ　>　速　化 ね 了	砒	既末
14				'1/0/(	1/0/	速 ,,　権分り　,,	ざす お臨	
				五凹 太'1/0/(	1/0/	ねFDN C S 2 B/10　ね		
				導　琅 仕	1/0/	>　速　ね　速,,1//6平　,　重 ね 抗.庁 双　,,'RRR/10,/2('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1/0/	既末　逢各
				鷹　仕	1/00	FOR逢継　な り化　,　速　ね 三上　'RRR/17,/4('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/00	ね , 速 な 市じり お よ 宙ごるり 遊 'RHS/27,O/1('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				重 '1/01(	1/01	速 ね 三 偲ね	既末 Mdvr	既末
				叢 仕	1/01	> 速 重 重 宣 ね ね	砒	既末
				丈 '1/01(	1/01	叢 > 速 権 上 速採 ,, ひ な 功ざづ,,		
				雁 仕	1/02	速 ね な ぐり口	各ズ ゾ 巧 な り 各 な じり 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				重 仕	1/02	叢 速 権 上 速採 '1/01EHRS(呉' ね 0(,, 叢 浄 速,, 'RBF57,O/4('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				重 仕	1/02	叢 速 権 上 速採 '1/01EHRS(呉,, ね1 浄 速,,'Q04,N,00(' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
				仕	1/02	叢 速 権 上 速採 '1/01EHRS(呉,, ね0 速,,'Q04,N,0/(' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
14				天 仕	1/02	叢 速 ね 速 旧	既末 了 雅 1/02	既末
				守 仕	1/02	速 な 不 りまとら 'Q4,O,01('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
				導 仕	1/02	叢 速 権 上 速採 1/01EHRS 呉,, ね2 治 どよひな な り 速,,'Q04,O,6('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/02	叢　速 権　上 速採 'EHRS(　呉'1('RBF57,01('　旧(	既末　逢各　了 雅 CUC 1/02	既末　逢各
				雁 仕	1/02	,　速　な ぐり 3 ね 'RRR21,O06('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了 雅 CUC 1/02	既末　逢各
				叢 仕	1/02	,　速　な ぐりデ➤ダ ' (,,　ね ,,'RRR21,O05('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了 雅 CUC 1/02	既末　逢各
				材 太 仕	1/02	五　速　な ぐり ➤タ 採	砒	既末
				禎 仕	1/03	ぞ ,,　速 でづ,,'ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　010 平 旧	既末
				功 固雁 '1/03(	1/03	FDN C S 00 V/05 導固 ね先		
				欠 仕	1/03	層歳およまぞ　速　ねズクム ザユ 'B10,/8('　旧(	既末　了 雅 1/03	既末
				雁 仕	1/03	速　ひ化 な ぐり口	各ズ ゾ　巧 な り 各　な じり 砒 呉	承 各砒 房　各ズ ゾ
				材 仕	1/03	速　寸　な ぐ り ね　ひ守宙　で ね		既末
14				寸 仕	1/03	速 ね　ひ化 な ぐり す ま ね で　メテリ 'R/2,O04('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　了 雅 1/03	既末
				禎 仕	1/03	,　速　上内五　ひ ね DRQ平　宙'RRR23,O05('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了 雅 'CUC(1/03	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				住重 宝 仕	1/03	，　速 協 ズクム デ　ね　累ポ ビ ク'RRR23, O04('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了 雅 'CUC(1/03	既末　逢各
				雁 仕	1/03	，　速　ね　な　ぞど口 'RRR23, 03('　旧(	既末　逢各　了 雅 'CUC(1/03	既末　逢各
				欠 仕	1/04	，　速　1/03 平　ね デ▼ダ　'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末 了　雅 1/04	既末
				雁 '1/04(	1/04	1/03 平　重　化　ね　で　速 'Q08, N, 5('　旧(	既末　011 平 旧	既末
				 '1/04(	1/04	，　速　な　づ　ざぞ 1/03 平　重 化　ね　なまよるり　'R0, N, 0('　旧(	既末　011 平 旧	既末
				丈 仕	1/04	，　速　な ぐり　逢継　'R05, O03('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　了　雅 1/04	既末
				江 '1/04(	1/04	，　速　ね　遊 な りハリ シね　'ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				 '1/04(	1/04	，　速　で 川　ね　遊 '　旧(	歳	歳　砒
				末　仕	0867	ね　浴　なっ づ	房	房
				雁 仕	0876	ね　'三　曳　(で曳 な ぐり	房	房
				仕	1//6	ね　ね　' 旧(	既末　旧雅	既末
				氷　干 '085/(	085/	ね	ざすのぞ	砒 クリ　ブ
14				功 仕	0871	位湾　な ぐり　旧	既末　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
					0873	- 核 ね 核 およ 凹ざぞァ リ マボ	砒 呉	
				浴重 仕	0875	千重 ね な挙圧じりァオペヤ ね で ね 上平 なっ づね	固 琅 承 琅 砒 呉’ 5/平 （	固 琅
				重 仕	0876	な 市 丈 ひ 上 ね	房	房
					0877	か固ね なまよるり 暖 ね 化浴 判 浴 導 ひ 低ね	砒 呉	
				末 仕	0882	凹 でざづね 丸 ね でJ 平		既末
				末 仕	0883	浴 な ぐり 凹 ね な っ づ 旧(	既末 0/0 平 旧	既末
				末 仕	0884	浴 ね 凹 な な っ づ ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				導 眞	0885	な 市じり 南 ね ピヨで庁 ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				重	0885	月 なまよるり 曳 ね庁 ピヨ Mf,0	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				末 仕	0885	浴 な ぐり 凹 ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				叢 仕	0885	ね鮭 ,曳 三 ね で ね庁		砒
				叢 仕	0885	三 ね ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				末 仕	0888	ね	浴 浴	浴 浴

HC				同	平敬	同	同	房
14				卒事仕	0888	Z とめね固　ね　なっ　づ　ね 0(でざづ		
				卒事仕	1///	Z とめね固　ね　なっ　づ　ね 1(でざづ		
				柳　ま仕	1//4	ひ　な　じり低　で　放　ね　, ,栂　てね 1//3,/4 平　,,'ボジ ゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　了　雅	既末
				'1/0/(	1/0/	ねFDN C　S　2 D/01　ね　ピヨ		
				'1/00(	1/00	町,,　ね　,,		
				'1/02(	1/02	町,,　ね　,,		
				雁仕	0870	ね　速　道　で　ね　,,でぎな 化　>化化　ね　めっ　で化　ね　めっ でね里どら　なっ　づ,,　旧	既末　77 平 旧	既末
				雁 '0870(	0870	ね　速　道　,,　な　里　速で　ね なっ　づ,,	速　砒	速　砒
				材　合仕	0886	ジ[illegible]デ　ね　ギデナギジ　速 ひ　ね口　'　旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				丸 '1//4(	1//4	住>　ね　>丈泡　ね　バィリド　ブ 速なっ　づN,64('　旧(	既末　001 平 旧	既末
			浴	仕	0874	干重な　ぐり　ね浴　な　じり	砒	既末
				柳　止　仕	1//5	ネ　可　ね曳　ね　で浴　'ボジゾ ズ　ザユ ('　旧(	砒　ブ　クヨミ 雅	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
14			浴	仕	1/0/	ねホ ラ クゲァおよ ざぞ 74//>3///b k AO ね 浴 旧	既末口 平 了 雅 1/0/	既末口
				柳 仕	1/01	月 ねピ テリゾ ね で浴 'ボ ジヅ ズ ザユ (' 旧(	砒 旧雅	砒
				功 '0868(	0868	ね 干 ね粗 了 旧	粗 旧雅	既末粗
				住 仕	0871	ね ね粗 旧	既末 78 平 旧	既末
					0883	負 ね て ごるぞ干守 ね じへら 干重化 ね ハィバジ 逢ね お よ		
				合 仕	1//7	浴 ね ね なっ づQ 68('ボジ ゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 004 平 旧	既末
				合 仕	1//7	浴 ね ね 市で ね	浴 雅	
				材 '1//8(	1//8	0743 平守放 浴 ね 協 ね で	歳	歳 砒
				干 '0846(	0846	同各 ひ 没 1	同口	同口
				号 '0853(	0853	核 峯ね没 ね なっ づ 旧	旧雅	既末 仕
				太 仕	0854	ねガ ジヨ カ ね で ね なっ づ 旧		既末
				重 仕	0860	ね ね なっ づ 旧	粗 旧雅	既末粗

HC				同	平 敬	同	同	房
				放 ’0863(	0863	ね ね 砒 旧	既末 70平 旧	既末
				丈 ’0867(	0867	化 ね ね なっ づ 旧(	既末 74平 旧	既末
				’0870(	0870	, 速 化 な な 市じり > 口 丈 ね ひピア ザユ ーヲヨ ギ平	夕 各砒 夕 砒 呉 Mn-1	琅
14				今仕	0877	Huhmd mc A f な ぞ ね ね ’1(な 市じり ねァリ オラ		砒
				雁 仕	0887	ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				導 ’0866(	0866	化 ね , ね		
				材 時	0885	速 上 ね 重	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				仕	0887	重 化導 ね“ 速 “で ね ’ 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
				仕	1//0	重 導 材な ぐり , 速 ね		砒
				没 ’1//5(	1//5	普ねどおね ’0(> 速 ね	砒	仕
				重 仕	1//7	> 速		
				’1/00(	1/00	ねFDN C S 3 D/02 既宇 ね 脇		
				重 ’1/01(	1/01	速 ね 三 偲ね	既末 Mdvr	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				功 ’1/03(	1/03	FDN C S 0/ V/04 切 八 ね		
			琅採	導 ’0850(	0850	縁 な ぐり 琅採 ,,浄 な じり 琅採 ね ね砒 ,,	房	房
		上		五 仕	1//4	干重な ぐり 上		既末
				功 仕	0875	速 ’協 (で ね でね 逢’0(’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				五重 太	0883	ね同	同 じり	承 堀凹片仕
14		上		尉 ’1//1(	1//1	ね鮭 ザリ デ ら ざぞ ザ ゥラカィ ね ,, ね ま辻まな り 継 ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/8 平 旧	既末
				’1/01(	1/01	囲 づシォッァ 17 ね まね 対 ,, 丈 ,,	囲	既末 囲ズ ゾ
				材 田 ’0851(	0851	口	房 呉 末 ね 砒	房
				’0852(	0852	な方ぐり 速 な ね ひ で でね なっ づ了	砒 呉	
				発 ’0855(	0855	上ね ね 判 ね 市		
				発 ’0855(	0855	上ね ね 判		
				’0860(	0860	ね で五 なっ づ	五	既末 五卓
				丈末 ’0861(	0861	功 ね 0	丈末 砒 房砒 呉	丈末 砒 房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				丈末 仕	0862	ね　で　でね	丈末　　砒　房砒　　呉	丈末　　砒　房
				丈末 ’0863(	0863	ね　で　ね	丈末　　砒　房砒　　呉	丈末　　砒　房
				住　事 ’0863(	0863	なっ　づ　旧		既末
				丈末 仕	0864	末　核　五　　ねでち　峠 ね　で	丈末　　砒　房砒　　呉	丈末　　砒　房
				砒　房’0868(	0868	呉　,,　　協　　上 ,,		砒　房
14		上		砒　房’087/(	087/	呉　,,　　,,		
				砒　房’087/(	087/	呉　,,　　ね ,,		
				’087/(	087/	呉　,,　　,,		
				同口 琅 宣	0873	な　ぐり　　カジね逢継	了　逢絞	固　　琅
				卓	0874	宝　　呉’　48平1　0既　圧(	卓	
				反号 仕	0881	材な　ぐり　　採　なっ　づ		既末
				雁 仕	0886	浄　　化　ね　　五およまぞ　　で なっ　づ　旧(	既末　　0/3 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				干重　雁	1///	ござ　固　らね '04(　－　寸 '3(　沿		既末　卓
				干重　雁	1///	固　らね '11(　－　'3(　ね凹 － 凹 で 各 ね 各　ござ		既末　卓
				干重　雁	1///	ござ　固　らね '12(　－ 浴 －　で		既末　卓
				'1//2(	1//2	五 ね　で　＞　速	ピエ ゴポクド マヤ シァミ砒　呉	ピエ ゴポクド マヤ シァミ
				住脆 '1//3(	1//3	ね　市	ナヤ ジ	宝 八
				住脆 仕	1//3	ね　で	ナヤ ジ	宝 八
				重 仕	1//7	＞　速		
14		上		功 '1//7(	1//7	協巧　協　住重　工 重	カィト 固　叡 6	浴　凹片 仕
				雁 仕	1/02	協　てねテ▼ゴ　旧	既末　旧 雅 1/02	既末
				材 仕	1/03	速　寸　な ぐ り ね　ひ守宙　で ね		既末
				江 仕	0862	上　な　ね　ね ,, ね 0-　ね ,,　旧	旧雅	既末　仕
				'0868(	0868	ね　ひ 字 ね なっ づ 旧	既末　平　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
					0875	ェビゴ ポリ 脇 ひ な ど ね な な ぐり	な ぐり 脇 ねム オナスミ 砒 ’ 各砒 (砒 呉 ’ 5/ 平 (4723//38	化浴 琅
				合 仕	1//5	およ 宙ざぞ ギメ ハテねロ 恭 ’ 旧(	既末口 了 雅	既末口
				仕	1//7	L S,140 野 な り 守宙 ね 宙	砒 呉	宣
				材 仕	1/03	速 寸 な ぐ り ね ひ守宙 で ね		既末
				守 仕	0848	守 呉,, 浴 00 ,,	房	房
				仕	0854	五 ね なっ づね	呉	
				没 岐 仕	0854	ね 呉 0	呉	
				仕	0860	ね 呉 1 ,, ひ ね なっ づ,,	呉	
14				功 仕	0866	な ぐり 了 ねぞむね ひ 五ね なっ づ	ナヤ ジ	宝 八
				江 ’0871(	0871	な ぐり 上 ね ね砒	既末 上	既末 上
				仕	1//5	な ぐり 五 ね ムオナスミ	既末 琅 臨 砒 房 砒 1 ザジ ミ	既末 琅 臨 砒 房
				材 仕	1/03	速 寸 な ぐ り ね ひ守宙 で ね		既末
			浴	仕	0874	干重な ぐり ね浴 な じり	砒	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				柳 止 仕	1//5	ネ 可 ね曳 ね で浴 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	砒 ブ クヨミ 雅	砒
				仕	1/0/	ねホ ラ クゲアおよ ざぞ 74//>3///b k AO ね 浴 旧	既末口 平 了 雅 1/0/	既末口
				柳 仕	1/01	月 ねピ テリゾ ね で浴 'ボ ジゾ ズ ザユ (' 旧(	砒 旧雅	砒
				仕	1/04	ね天 位 て よるり ね 浴 三	砒	既末
			Bk	合 仕	0885	'鮭 曳 (ねギメハテテ Noghnynmdkk knmfhrohm'G-K-Bk j(-Nggh R rhhKtsjdm' 旧(	既末口 平 了 雅	既末口
16		上		仕	1//7	化 ね ね 平 でR '113/,O/0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL	既末 逢各
				五 孜太 '0851(	0851	協 ね 上 ね なっ づ	上 速 呉	同口 仕
18				仕	0888	ホ ラ ク'FR,MA,0(で 採 な培つぎ ね - ね 各	口 砒 呉 '干 0/ 平 (房 mn-DP.88.2	房
18				丸 雁 仕	1//7	敬ホ ラ クゲア な培つぎ 千重な ぐり ね 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧雅	既末
				丸 雁 仕	1//8	千重 な託 ごるぞ ど 浴 三 で ね 'R036,O/14('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末 逢各
				丸 雁 仕	1//8	千重 ね三 な ごるぞ 耀 ね な り ィへ デ	砒	既末
				丸 雁 仕	1/01	ね じり 千重な ぐり 浴 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				’0857(	0857	核　　ね　　旧	旧	
				三 ’0860(	0860	なでめど 核　　ね 干　野,,核 材 ね 各,,	琅	既末 琅
				守　雄孜 仕	0863	’0780(ね　　旧	了 雅	
				’0863(	0863	0780平　　ね	砒 房砒	砒 房
				材　栃 ’0865(	0865	核　　で	雅　　で	既末
				雁 ’0868(	0868	干重ね　　で　　干重化　ね 旧	房	房
				叢 仕	0868	およね　で　でね ,,　丈 禎五 な っ づ,,’ 旧(	了 雅	
				篠止 仕	0870	0780平　　ねデ▼ダ　　＞　　旧	了 雅	
				郷 砒 房	0872	ねデ▼ダ	了 逢絞	
				重材 仕	0875	0870平　　ね　　ひ 臨 材ね　ゲ ジ ’ 旧(	了 雅	
				守　雄孜 仕	0875	0870平　　’　　(デ▼ダ	砒	砒
18				守　雄孜 仕	0875	0870平　　核　　’住重　(デ▼ダ	砒	砒
				導　太	0876	口　ね　ど抗る から で る　ごず り“　　“		既末

1€				同	平 敬	同	同	房
				篠止	0876	核 ’ (	砒	砒
				凹 仕	0880	ホ ラ ク て よおでど ぞ ね 遊 ’ 旧(	了 雅	
					0880	干重な ぐり 0780 平 ね ね で ね ね 平 ’ 旧(	了 雅	
				篠止 仕	0880	核 ね ね ’ 旧(	了 雅	
				凹 仕	0881	ホ ラ ク て よおでど ぞ ね 遊	同口 功 野 呉 ’2(	同口 平 宙 砒 ズ ゾ
				重 仕	0881	な 研 ’ 旧(	既末 88 平 旧	既末
				篠止 仕	0881	およ ざぞ口 ね ねデ▼ ダ		卓
				隆 仕	0881	0880 平 核 ’ (デ▼ダ 既末ね 24	砒	砒
				仕	0882	0873 平 核 ’ (デ▼ダ	砒	砒
				仕	0882	0874 平 核 ’ (デ▼ダ	砒	砒
				住 仕	0882	0880 平 核 ’ (デ▼ダ	砒	砒
				篠止	0883	ね	了 承 8 各 ね な じり既	固 琅
				材 干	0884	核 で		

HC				同	平 敬	同	同	房
				江　隅号 仕	0885	－　　ひ　　ね　　’旧(	逢　各　了 雅	既末　　仕
18				篠止 仕	0885	干重協　な ぐり双　　採 な り	同口　　呉　同口 ホ ラ クゲア　　呉	同口　　勘
				材 時	0885	デ▼ダ	雅　既末ね ピヨ	既末　　仕
				先隅	0888	ねッム 核	ね ざき採　　ピア リトゴ ィエ ジ　’浴片(	仕
				太 仕	0888	口　　なめでつぎ 0780 平　　ねズクム デ	口　砒　　呉 ’干　0/ 平 (　　房 mn-DP. 88. 2	房
					0888	ね　　で	口　砒　　呉 ’干　0/ 平 (　　房 mn-DP. 88. 2	房
				合 仕	1//0	ね　層歳	口　砒　呉	承　各砒 房　　各ズ ゾ
				仕	1//1	干重　な じり　　ね　なっ づ	砒	砒
				道 ’1//1(	1//1	同　ね　　で ねガヌポ アギジ,,　, 同　ね　メテリ,,　旧		承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				篠止 ’1//1(	1//1	ね	で核　,, で　ね　,,	口　仕
				’1//1(	1//1	ね	で核　,, で　ね　,,	口　仕
				道 仕	1//1	な り　　ね　道　, 同　な ぐり　砒 ’1/18, O/1/(ボジゾ ズ ザユ 旧	逢　各　了 雅’BC, QNL(	既末浴　　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				合 仕	1//1	テ▼ダ　な培つぎ0780平　ね 層歳	1	既末
				篠止 '1//1(	1//1	歳　>　で　3-　で　核	ね　ね0 砒　>>　で　>>	
18				重　仕	1//2	0780平　な　ぐり　,　ね　メテリ 'A/42('　旧(	既末　了　雅 1//2	既末
				仕	1//2	ホ　ラ　ク　な り　干重　ね　ね ボジゾ　ズ　ザユ　旧	既末　旧雅	既末
				承 各砒　房 砒 ズ　ゾ '1//3(	1//3	砒　呉　2-		承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				道 仕	1//3	>　ね　で ねガヌポ　アギジボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				砒　末 '1//4(	1//4	ね　なっ　づ	丹　ね	砒　末
				砒　末 '1//4(	1//4	なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				砒　末	1//4	ね　なっ　づ干　06平0　01 既八　(>01　>>'　1　(	呉雅>>1//3 平 0	砒　末

HC				同	平 敬	同	同	房
				’1//4(				
				雄 仕	1//5	テ ゾ ぞ ね バヨム ゾジゾテア ’R1/7, O//7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				篠止 ’1//5(	1//5	て じり ね逢 逢 ,, 速 ね でざづ,,	夕 ロ でァギ アフ ギデナギジ	浴 凹片
18				千天 ’1//5(	1//5	な り逢 ,, 0881 平ヨ タ ジ 0780 平 ね ロ ,, ’R1/7, /06(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				末 ’1//5(	1//5	導 ね 核 眞なっ づ	歳	歳 砒
				丸 雁 仕	1//6	干重 ね なめでつぎ 同 耀 ね ’R030, //7(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				道 仕	1//7	な ぐり LS 採 な り 速’N, 046(’ 旧(	既末 004 平 旧	既末
				導材 天 仕	1//7	な ぞ 浄 速ね ,, 核 な ぐ LS 採 ,, ’I047, //1(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				千天 ’1//8(	1//8	ね ひ 層歳	培監 ね 功 呉	承 各砒 房
				千天 ’1//8(	1//8	斎 ね ひ 層歳	培監 ね 功 呉	承 各砒 房
				千天 ’1//8(	1//8	斎 ひ ねデ▶ダ で核 ね		承 各砒 房 砒 ズ ゾ
				既 及 仕	1//8	0780 平 ね メテリ ね O1, 12(’ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末 了 雅 1//8	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				重 及 仕	1//8	13 平 0780 平 な で メテ リ A11, /0 旧	既末 了 雅 1//8	既末
				丸 雁 仕	1//8	干重 ね三 な ごるぞ 耀 ね な り ィへ デ	砒	既末
				丸 雁 仕	1/0/	浴 ね ど三 ィへ デか じり 耀 ね ,, 干重 な ぐりホ ラ クゲァね およ, ,		卓
				三 仕	1/0/	な ぐり 速'了 ('RRR/06, O02('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
18				末 仕	1/0/	ァ▼ィ な り ね 敢 市ね 宙 O1, 03('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末 了 雅 1/0/	既末
				干 仕	1/0/	寅 な り 化 ね 泡 速 O1, 01('ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 了 雅 1/0/	既末
				千天 仕	1/0/	デ▼ダ な培つぎ ね で歳 ,, 0178 平 止 事平 な じり 泡雅 ね , , 旧	歳	歳 砒
				導材 天 仕	1/0/	な ぐり ぞ 採 'RRR/04, O02('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
				千天 仕	1/0/	デ▼ダ な り 斎 ひ ね 層歳'RRR/06, O04('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
				住 仕	1/0/	な ぐり で 'RRR/06, O03('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
				干 仕	1/0/	化 な ぐり 導 ' (,, 逢 ね 凹な ぐづ,,'RRR/10, /4(' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
				丸 雁 仕	1/0/	干重 な ごるぞ で 耀 ね 'RRR/06, O07('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				干 仕	1/00	化 禎五 協 ね 泡 速'RRR/17,/3(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				住 仕	1/00	泡 済 な り 0780 平 な ぐり ィラ, 泡 ね 宙'RRR/12,00(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				浄重 '1/00(	1/00	な ぐり ,, ど 継ぎ で ぞど メテリ ね ,,	シモ ドリ	了 各砒
				'1/00(	1/00	か な ざぞめね,, で導 欠 ね ね ,,	シモ ドリ	了 各砒
				導 天 仕	1/00	な ぐり ぞ 採 ,, 累 , ,'RRR/23,O06('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
18				三 仕	1/00	な ぐりヌ デ ギLS なっ づ ' //2,O//4('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	了 雅'BC,QNL(	
				篠止 '1/01(	1/01	で 砒 ,, で ね 了 ,,	砒	既末
				住 仕	1/01	0780 平 な ぐり 逢継 託 およ よるぞ ィラ 泡 ねデメクヨピア 'O1,40('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅 1/01	既末
				雄 仕	1/01	な培つぎ0780平 ね ねメテリ ,, > な じり ,,'O2,44('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅 1/01	既末
				辺 核仕	1/01	な ぐり bnc P で 泡 済 およ よるぞ 渚 ね 宙'O0,07('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅 1/01	既末
				隅仕	1/02	な ぐり な り 速採 ' ('RRR15,/3(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				合 仕	1/02	核 協 ね口	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				隅仕	1/03	な ぐり ザ ハ 敬 な培つぎ 速ねメテラ ク'A20, 00(' 旧(	既末 了 雅 1/03	既末
				隅仕	1/03	な ぐり ザ ハ 敬 ' ね 1('RRR15, /5(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				仕	1/03	な ぐり ィ ハ シユ 'RRR20, /4(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				雄 '1/04(	1/04	市 ぞ ね バヨム ゾね 旧	既末 了 雅 1/04	既末
				合 雁 '0850(	0850	ね ,, で 干重でね 道ね 逢 でざづ,,	辺材天 口 託 琅 雅	口 仕
				口没	088/	干重 協 上な ぐり 浴 ひ浴 ね で ね		既末
18				だ れ仕	0885	干重ね 曳 上 ' 旧(	既末 旧雅	既末
				だ れ	0888	干重- 干重ね 曳 - ' 旧(	既末 旧雅	既末
				'1//3(	1//3	干重ね 上 0 2//1 な ぐり 浴 ね 市 およね ' 旧(		既末
				'1//4(	1//4	干重な ぐり		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり '0(ね ' 旧(		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり '1(ね 供字 で Cdaxd, Gt bj dkメテリ ' 旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　0 B BN2 ね　干 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(		既末
			浴	仕	1//0	干重 5//l ォ　リ ゲア FR, MA, 0 ね　およ まぞ浴　で	ね砒　,, 凹　かおらなざづ,,　干　0/　01 平　砒　'培監砒 'A('0((砒　呉　' 0/37//04(	雁　郷　琅　砒
				仕	1//0	干重　上な託　ごるぞ　曳　令　ね　浴 ボジゾ　ズ　ザユ　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
18			浴	住 仕	1//5	8/　平　な　ぐり　干重ホ　ラ　クゲア　ね礪 な不　ぞ　浴　ね彰　'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				'1/01(	1/01	干重ね	位　ね	口　仕
				仕	0868	干重ね　2 ,,　可　てね宙 ,,	臨　各ザ　ボシゥミ 雅　05	砒　臨　判砒　臨 各砒　珪
				千天 '1//8(	1//8	斎　ひ　ねテ▼ダ　で核 ね		承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				住 仕	1/0/	な　ぐり　で 'RRR/06, O03('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各
			ホ ラ　ク	仕	0867	干重ね　ホ　ラ　ク'　旧(	既末　74 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0888	ホ ラ ク'FR,MA,0(で 採 な培つぎ ね － ね 各	口 砒 呉 '干 0/ 平 (房 mn-DP.88.2	房
			琅採	末	0874	既末ね 上 '145(干重ね 上 3 琅採		
		上		隅 仕	0870	干重な ぐり 上 ね で 旧	既末 平 旧雅	既末
				'0871(	0871	干重ね 上 で	監 上ね宝 で ね な じり 砒 呉' 7 (' 45平 (	
					0874	な 上 ね 干重ね	ノィト シ	砒
				仕	0884	干重ね 上ね ' 旧(	既末 平 旧雅	既末
				夕 仕	0886	干重ね 上 ね ' 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				仕	0887	干重ね 上 ね	砒 呉 臨	
				干	1///	干重ね 上 で 上ね 市	ナヤ ジ	宝 八
				没	088/	浴ね 7 干重ね	浴ね臨	浴負
18		上		住 '1//1(	1//1	干重 ね	で	卓
				'1//3(	1//3	干重ね 上02//1 な ぐり 浴 ね 市 およね ' 旧(		既末
				'1//4(	1//4	干重な ぐり		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり '0(ね ' 旧(		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//5	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　’1(　ね　供字　で Cdaxd, Gt bj dkメテリ’　旧(		既末
				仕	1//6	干重　干重　干重　干重 な　ぐり		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　0 B BN2 ね　干 ’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(		既末
				功 雁’0867(	0867	干重ね　上　ね　で 監　上	浴位　ね　監　上ね宝　で ね　臨　判砒	没　同口
				仕	0867	干重　上　ねRN3 ねR　なっ　づ　旧	既末　平　旧雅	既末
				功 雁仕	0867	干重ね　上　ね　で　’ね1(	臨　各ザ　ボシゥミ 雅　04	判砒　臨　各砒　珪
				五 仕	0870	干重　上　ね守宙　ひ2G　な り　ね 宙　旧	既末　平　旧雅	既末
18		上		寸　仕	0876	干重 2　ね　ひ丹　ね ’旧(	既末　平　旧雅	既末　仕
				丈果 仕	1//6	ひ守宙　な り　干重な　ぐり ねロ　’旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				仕	0865	干重ね　上　なっ　づ,,　ね　でヨト　ね 逢継　宙　なっ　づ,,　旧	既末　平　旧雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0866	干重ね　上　ね　で⊟ト　ね	既末　上	既末　上
				隅 仕	0868	干重ね　上　で ね　旧	既末　平　旧雅	既末
				’087/(	087/	干重ね　監　上な　ぐり　上　ね	浴位　ね　監　上ね宝　で ね　臨　判砒	没　同口
				隅 仕	0870	干重な　ぐり　上　ね　で　旧	既末　平　旧雅	既末
					0874	な　上　ね　干重ね	ノィト　シ	砒
					0878	導叢　五　揖　な り　干重ね　上　な っ　づ	上　で五　でボ　ブ	上　承　卓
				重　雁 仕	0882	干重ね　上　ね　市	上　承	上　承　卓
				隅	0888	上　ね　で　上　ね	既末	既末
				住 ’1/0/(	1/0/	干重ね　上　な　じり　る　てね　で1 2ね	で	卓
			oG	仕	1//3	干重協　ホ　ラ　クゲァね粗　激　ね ひoG　宙な培つぎ　ね　宙	砒	既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
			浴	浴　止	0877	干重な　ぐり縁　浴　頂ね浴　で	既末な　ぐり　干重　ね で　未　ね臨　でねおお らな　じり砒	
18		上	浴	仕	0883	浴　三　な り　ね彰　了　なっ　づ　干 重(’　旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//0	干重 5//l ォ リ ゲア FR, MA, 0 ね およ まぞ浴 で	ね砒 ,, 凹 かおらなざづ, 干 0/ 01 平 砒 ’培監砒 ’A(’0((砒 呉 ’ 0/37//04(	雁 郷 琅 砒
				仕	1//0	干重 上な託 ごるぞ 曳 令 ね 浴 ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
				’1//3(	1//3	干重ね 上 0 2//l な ぐり 浴 ね 市 およね ’ 旧(		既末
				住 仕	1//5	8/ 平 な ぐり 干重ホ ラ クゲア ね礪 な不 ぞ 浴 ね彰 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 琅 旧雅	既末 琅
				丸 雁 仕	1/0/	浴 ね ど三 ィへ ラか じり 耀 ね ,, 干重 な ぐりホ ラ クゲアね およ, ,		卓
2/				’0858(	0858	,, でじり で 協 既末ね Mdnsdbsnmbr,,	既末 65 平 ザ ボシゥミ 浴 干重「	既末
				仕	0861	で で で ,,“ 縁 “累 で ね ざ ね ,,	雅 既末ね浴 干重	既末
				雁 ’0845(	0845	て散	可 抛制	琅
				没 ’0854(	0854	,, 鳳浴 で 化 浴 ね 監,,	同口	同口
				仕	0864	化 ね ,, 既 なっ づ,’ 旧(	既末 旧雅	既末
				’0868(	0868	功 ,, な ぐり庁 ね ね 0 ,,		

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
2/				仕	0877	’ (ね な り 上 6/// 平 ね で 1 平 ね	砒 房	砒 房
				仕	0878	1 平’767 平(で ’ 旧(	既末 85 平 旧	既末
				仕	0878	1 平’767(で ’ 旧(	了 雅	
				抗 号 仕	0881	な 不 ぞ歳 ’L 5 3(ね 市な誌 むよるり 抗 て散 速 ね ’ 旧(	了 雅	
				抗 号 仕	0881	な 不 ぞ歳 ’L 5 3(ね 市な誌 むよるり 抗 て散 速 ね		既末
				仕	0884	双 採 な り 同 ひ ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				砒 房仕	0885	0884 平 00 0 既 て ざぞ ’L1ナ(	了 逢絞	固 琅
				郷 琅 仕	0885	双 採 な り 同 ひ ね	了 逢絞	固 琅
				抗 号	0886	散 速 じり ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0887	ね 速で ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				三 仕	0887	デ▼ダて 凹ごるぞ縁 ’ 旧(	既末 旧雅	既末
					0888	ね で ’ 旧(	既末 旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
2/				抗　号 仕	0888	叢　で　叢　’　(’　旧(	既末　0/5 平 旧	既末
				仕	0888	干重　ね　で　干　市およ ぞ　ねズクム　, ザユ　なっ　づ’了　(’O012(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　了　雅	既末
				篠止 仕	1///	ね		卓
				仕	1///	な　ぐり	砒　呉	浴三　守
				末 匠	1///	な　ぐり　ね　で ね 市’　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				道 ’1//1(	1//1	同　ね　で ねガヌポ　アギジ, ,　, 同　ね　メテリ, ,　旧		承　各砒　房　砒　ズ ゾ
				砒　末 ’1//1(	1//1	ね	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				道 仕	1//1	な り　ね　道　, 同　な　ぐり　砒　’1/18, O/1/(ボジゾ　ズ　ザユ 旧	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末浴　仕
				篠止 ’1//1(	1//1	既末協　ね丹　で　3-	ね　ね0 砒　>>　で　>>	
				天 仕	1//2	ホ　ラ ク　な ら よおでど　ぞ　ね	砒	砒
				砒　末 ’1//2(	1//2	ね　’干　03 平 4　7 既八　(	呉雅, , 1//1 平 0 >01　, ,	砒　末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
2/				砒　末 ’1//3(	1//3	ね　なっ　づ	丹　ね	砒　末
				道 仕	1//3	＞　ね　で ねガヌポ アギジボジヴ　ズ ザユ (’ 旧(	砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				砒　末 ’1//3(	1//3	なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　砒 ズ ゾ
				砒　末 ’1//4(	1//4	ね	丹　ね	砒　末
				砒　末 ’1//4(	1//4	ね　なっ づ干　05 平 2　0/ 既八 (	呉雅>>1//3 平 0 >01　>>’ 1　(	砒　末
				’1//4(	1//4	で　ね	砒　ジフ ギ>> ね　およ>>	仕
				仕	1/0/	ね　ね　,,　44/ 平 な　ざぞお,, 旧	既末　ひ 0475 平 止　ザ ボシゥミ　了 雅 1/0/	既末
				仕	1/0/	郷　囲　干重ね　既 ’ 1 片(「　「 ’ 1 片(「　「 ひ	郷　囲 09l 4 /// 固 琅 承　C 0, Mn-431	固　琅 仕

HC				同	平敬	同	同	房
2/				導重　時 '1/00(	1/00	,　ね　没　で　ね　'RFK/31, O/4('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				材 仕	1/02	な　市じり市　浴　ね　で　ね	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				材 仕	0854	協　ね　了	砒	既末
				材 仕	0854	ね	同口	同口
				材 仕	0854	協　ね　旧		既末
				丈 仕	0856	ね　旧	琅	既末　琅
				材 仕	0857	ね　礪　旧		既末
				'086/(	086/	礪およ　ぞ　干重　ね　了		各砒
				仕	0861	礪およ　ぞ　干重　ね	雅　既末ね浴　干重	既末
				仕	0861	化　な　ぐり　ね口　旧	既末　68 平 旧	既末
				同	0872	化　ね	同口	
				材	0888	ね	丈里	丈里　ね
				材 '1/02(	1/02	ね　ね　で		卓
				材 '1/04(	1/04	協 既末な　ぐり　ね　,,　で　でざづ,,'　旧(	刈　琅	化　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
2/				材 事 ’0870(	0870	ね 浴 ね で 旧	既末 77 平 旧	既末
				仕	0882	ねブ デ で ギデナギジ で ね ’ 旧(	逢 0882 平各 了 雅	仕
				三 仕	0887	デ ダて 凹ごるぞ縁 ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				合 ’1//0(	1//0	干重ね 浴	核 砒 呉	核 各琅 宣
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’0(ね ’ 旧(		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’1(ね 供字 で Cdaxd, Gt bj dkメテリ’ 旧(		既末
				仕	1//7	干重 干重 干重 干重 な ぐり 1 oG ね宝 で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重 干重 干重 干重 な ぐり 0 B BN2 ね 干 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(		既末
				雄 仕	0875	で 重 ね な よるり ド ネ ね 市 ’ 旧(	既末 旧	既末
				没 仕	0880	な ぐり ね	八 砒 房	八 砒 房
				没 仕	0880	な ぐり ね ジスね 市	八 砒 房	八 砒 房

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				里雁 仕	0857	浴序な　凹　　ざぞ　　ね　　研　　ね　徳,, ,,　旧	1 雅	既末
			泡採	’0854(	0854	な　ぐり　泡採　　旧	卓　各 砒　　’　3/ 平 （ A- 琅採 ね　ね承	既末　　仕
				’0854(	0854	な　ぐり　泡採　　旧	琅採	琅採　承　卓
		上			0874	な　　上　ね　　千重ね	ノィト　シ	砒
				導　　欠 ’1//3(	1//3	町で　　導　　ざづ　　ね五　　ね1	上　承	上　承　卓
				導　　欠 ’1//3(	1//3	町で　　導　　ざづ　　ね五　　ね0	上　承	上　承　卓
				珪 ’086/(	086/	呉	砒　房　呉	砒　房
				仕	1//5	千重　　千重　　千重　　千重 な　ぐり　　’0(　ね　　’旧(		既末
2/		上		仕	1//5	千重　　千重　　千重　　千重 な　ぐり　　’1(　ね　　供字　で Cdaxd, Gt bj dkメテリ’　旧(		既末
				仕	1//6	千重　　千重　　千重　　千重 な　ぐり		既末
				仕	1//7	千重　　千重　　千重　　千重 な　ぐり　　1 oG ね宝　　で琅 旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　0 B BN2 ね　干 'ボジヅ　ズ　ザユ (' 旧(		既末
				氷 五 '0857(	0857	な り 上　ね　,,　ね 上 なっ づ,,		既末　卓
					0874	な　上 ね　干重ね	ノィト　シ	砒
				仕	0884	化　臨　な ぐり 上 ね　で臨 野' 1 (ね　' 旧(	既末 琅　了 雅	既末 琅
			oG	仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
			浴	仕	0845	ひ　な ぐり浴　ね　で 監遊	同口	同口
				江　砒仕	1//3	浴　三 な　ね　な り 浴　ね　退バ ゾ　ね　,,　〉重ヲヨピね ,,　旧	既末　旧雅	既末
				材 仕	1//4	浴 序 ね　遊　で裕　三 な ね 逢,,　重ヲヨピで　ね ,,' 旧(	既末　ブ クヨミ 旧	既末
				材 仕	1//5	浴 序 ね　遊　で裕　三 な ね 逢,,　ね 重ヲヨピで　ね ,,		既末
2/			浴	号 仕	1//7	浴 難 な ぐり　浴 ね浴　揚で　退な じり	浴　雅	
20				三　仕	0866	ね　バゾ ね で ね ,, で 圧　ね字圧なでめど　で ね 了 ね ,,' 旧(	了 雅	
				篠止	0875	重叢　な ぐり　速 ね	砒	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				栃合仕	0883	浴 な ぐり 速 ね 泡採 ’ 旧(	既末 0/0 平 旧	既末
				篠止 仕	0886	速 核 ’ (ねデ➤ ダ ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0886	化 な ぐり位 ね Sm で 核 ね干	砒	既末
				重 仕	0887	干重 圧 ねホ ラ ク ’ (	房 口 砒 呉 ’干 8平 (	房
				篠止 仕	0888	速 核 ね で ’ (てねデ➤ダ	砒	砒
				篠止 仕	0888	干重化 な ぐり 速 ね 層歳’ボ ジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末
				仕	0888	速 浴序 ね 市 で 層歳’ボジ ゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 0/5 平 旧	既末
				 仕	1//0	化 核 速 ね ➤ タィム シ 旧	既末 0/7 平 旧	既末
				末 孜 ’1//7(	1//7	末 ね な凹 ざぞ 速 ね		既末
				 仕	1/03	ね ,,末 な ぐり じへら なっ づ,,	承	承 卓
20				孜 仕	1/04	凹 可な ぐり 速 ね双 採 ’R0/,O0/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅 1/04	既末
				 ’0857(	0857	末 ね 重 ね なっ づ 旧		既末
				仕	0886	化 な ぐり位 ね Sm で 核 ね干	砒	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				功　天 仕	1//6	の　ね　らお ,,　月 ね ,,'A00, /5('　旧(	既末　了　雅	既末
				習 仕	1/01	ゴヨザ　ね　で 速,,　ね ,,'Q0/, O, 0/('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　008 平 旧	既末
				'0858(	0858	ね夕　事　ね　速 旧		既末
				未 仕	1/04	な 市じり　ねムヨ シヤ　およ 'Q02, O, 7('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　011 平 旧	既末
				泡 孜 仕	0887	な ぐり　ァ➤ ね彰 ね　'　旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				泡 孜 仕	0887	な ぐり　ァ➤　'0(泡な ほじ　ね彰 ね	郷　砒 房平	郷　砒 房
				上 篠 仕	1/04	てね　ね ,, な み,,		
			監	仕	1//1	協　な ぐり　栃 で 監 ボジゾ ズ ザユ　旧		既末　逢各
				重　号 仕	1//4	協　な ぐり　で 監	琅	琅　宣
				仕	1//4	口度　ね凜　な 道じりゾピエナね遷抜 で 監　X/46, //3　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				干	0844	ね　で ,, な　で　ね 速 なっ づ,,		既末
20				仕	0856	ね　徳 旧		既末
				丈 '0866(	0866	ね　'　旧(	既末　73 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				住　隅	0874	およ　　な 市じり　丈	砒　　ね	砒
				篠止	0875	重叢　　な ぐり　　速 ね	砒	砒
				末 孜 ’1//7(	1//7	末 ね　　な凹 ざぞ　　速 ね		既末
			ホ ラ ク	重 仕	0886	干重核　　ホ ラ ク　　な り干重 上ね ’ 旧(	既末　　旧雅	既末
				重 仕	0888	干重核　　ホ ラ ク　　およ およなど ぞ 干重 上ね		既末
			泡採	栃合仕	0883	浴 な ぐり　　速　　ね 泡採 ’ 旧(	既末　　0/0 平 旧	既末
		上		客 仕	0882	末　　ね　　ね　　協 既末夕 ね 房　　ね 速 ’ 旧(	既末　　旧 雅	既末
				仕	0844	ね　　なっ づ 旧		既末
				合 重 宝 ’0858(	0858	ね　　で		
				仕	0867	ね　　砒　　04 ,, ,,		既末
				客 仕	0882	末　　ね　　ね　　協 既末夕 ね 房　　ね 速 ’ 旧(	既末　　旧 雅	既末
				材 雄胡 ’1//0(	1//0	ね		既末
				干重 雁 ’1//2(	1//2	ござ　　,, 固　　らね ’互 (’ 事(ゲカネィへィペ リね　　ね ,,		既末　　卓

HC				同	平 敬	同	同	房
20		上		住　助仕	1//3	0833 平　協浴　　で0835 平協浴　　な　　末 ね　ね　'O/23('ボジヅ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　　了　雅	既末
				干重　雁 '1//4(	1//4	固　　らね　'公　(,,　　'事　互(,,		既末　　卓
				承 各砒　房 仕	1//4	0833 平　協浴　　で0835 平協浴　　な ね　なっ　づ	了　逢絞	固　　琅
				導 仕	1//4	0835 平協浴　　ね　ね　　で ね　なっ　づ　旧(	歳	歳　　砒
				材 '1//6(	1//6	でざづまぞ　　末　　ね 'A/0('　旧(	既末　　旧 雅	既末
				材 '1//7(	1//7	末　　ね　　ねJ,　平　で	砒　　呉	承　　各砒　房　　各ズ　ゾ
				材 仕	1/03	でざづね　脇　ひ　,,　　ね　凹 ね　　なっ　づ,　旧	既末　　旧 雅 1/03	既末
21				仕	0864	ね　　野　旧	了　雅 0864	
				導江 仕	088/	ホ　ラ　クテ　ゾへ　ジ　　ぞ　　郷 ね	砒	既末
				三材 仕	1//3	郷　　な り　　三　で　上　　か　上 な不　り彰　,　　同口　ね　,'S/21,//0('　旧(	逢　　各　　了 雅'BC,QNL(	既末浴　　仕
				雄 '1//6(	1//6	カジね　　採　　FOQ'P116,//2('　旧(	既末　　逢各　　了　雅 'BC,QNL(	既末　　逢各
				末 '1/03(	1/03	KNR O KR Q町　およ　凹ざぞ　郷　　ね	砒　房　呉 砒　　呉　'干　14平　(	了　　各砒

HC				同	平 敬	同	同	房
			隅	’0870(	0870	川　ね　監　上な　じり　各　0/- 監ね隅　な っ　づ　ね　監隅　なっ　づ	川　ね　な　ぐり　監 上な　じり　砒	取　砒　仕
				末 仕	0883	で　な　ぐり　激　ね	浴ね砒	既末浴
					0840	化　な　よるり　よざ　ひ礪		丹丹　卓　砒
21				柳 仕	0871	上　監　速ね砒　ね4 ,,　干重　権　じり >　“　なっ　づ,,	2　臨	
				仕	0872	ね　な　じり分　ネラ　ね　なっ　づ	砒　房　呉	
				仕	0877	な　よるり　ね　で ね　’旧(	既末　砒 雅	既末
				叢	088/	尺　ね　ね　道で　ね　ら	で	ズ ゾ 砒
				柳 仕	088/	採　な り三　ね砒　上　監　速 ね砒　’ね5(	2　臨	
				幸	0880	干重　化　ね　’旧(	既末　旧雅	既末
				柳 仕	0880	採　な り三　可　ね　なっ　づね砒 上　監　速ね砒　’ね6(	2　臨	
				柳 仕	0880	採　な り三　可　化　ね　なっ　づね砒 上　監　速ね砒　’ね7(	2　臨	
				柳 仕	0882	採　およ　ぞ　ね　上 監　速ね砒　’ね8(	2　臨	
				仕	0883	干重　ね　速　でぎな　なっ　づ ’旧(	既末　0/0 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0883	’ 干重 （化 ね双 採	琅採 雅	琅採
				各 仕	0883	眞てまり ね 0−	で	ズ ゾ
				渓 仕	0884	ね	夕	浴 凹片
				柳 仕	0884	ね 採 上 速ね砒 ’ ね 0/(	2 ’臨 (	
				渓 仕	0884	ね	浴 承	浴 承
				浴三 守	0884	ね 市	了 逢絞	固 琅
				仕	0884	重 ね な ざぞ で ね	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
21				太 仕	0884	ね り 化 重 で若 脇	ナヤ ジ	宝 八
				今 仕	0885	なまよるり ね な ぐり なっ づ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				孜欠 仕	0885	宙 な じり ね了 でざづ ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				雁 仕	0885	双 泡採 な り 三 ね協 ね で 三 ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				雁 仕	0885	郷 ね 圧	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				雁 仕	0885	干 6 平 砒 呉 Mn-08 干重協 な ぐり三 協 ね双 泡採 ’干 6 止 固 印陸 ねぞむね ER ’1(干重 圧 ER(	房砒 雅	房

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0885	上三　な じり　了 ’ 旧(	既末　了 雅	既末
				仕	0886	’　(ね縁　ね　杏 ね	砒	既末
				渓　仕	0886	ね培監　速で　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
					0886	ざぞ郷　な ぐり ね　およ	Z干　6平　砒　砒　呉	砒 房
				雁 仕	0886	三　ね双　泡採	琅採 雅	琅採
					0886	で　町なっ づ 旧(	砒　ザ ボシゥミ 旧雅	砒
				化　緑 仕	0887	な ぐり三　な　速ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　旧雅	既末
				権　隅 仕	0887	双 採　およ よるぞ　ね 0// 平 ね ’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
21				房仕	0888	三　低　ね 層歳	了 逢絞	固 琅
					0888	Z 協　ね で	ナヤ ジ	宝 八
				権 隅	0888	双 採　およ よるぞ　ね 0// 平 ね ’ ね1(’ 旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末　仕
				末　対 仕	0888	権する　てね 1 欠　道　ね 南ど 宙 で ね　市ね ’ 旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末　仕
					0888	ね　で ’ 旧(	既末　旧雅	既末
				止 仕	0888	化 な 市じり　ね　ね で 遊 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　0/5 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				末　対 仕	1///	権する　てね1 欠　道で ギデヲギジ ね　市ね	夕　で口 0888 平各　ね　な	浴　凹片
				権　隅	1///	浴序上な　み		泡
				天仕	1///	ひ　ね	口　砒　呉 '干　00 平 (　房 mn-DP. //. 1	房
				上 仕	1///	ひ　ね　な ぐり 層歳　'Rk, O/0/('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅 'BC, QNL (	既末浴　仕
				旬	1///	ね　で　口　10　ね　り '　旧(	承　砒　房 旧雅　-　な ぐり ね　- -先承　で 野　ね ら まお よ　'干　01 平 (	承　仕
				天仕	1///	ひ　ね　'O/73('ボジ ゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　了 雅	既末
				仕	1//0	干重　三　ね　で培監フ　ギね遊		既末
21				天仕	1//0	干重　三　低　ね　で るな 培つぎ　0　平 ね浴		既末
				化　緑 仕	1//0	浴三 守　ゲア NA, 0　ひ NA, 1 ね　で る な培つぎ　ね	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				雁 仕	1//0	な ぐり三　ねR泡双　採	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				だ れ仕	1//0	ホ ラ ク ね　ね で 曳 ね　P1 , O//3 ボジゾ ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				材　事 仕	1//0	宙な培つぎ　ホ ラ クゲァ　ね Pl , O//1　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				末　対 仕	1//0	史権する工　てね　ねムオナスミで ね ギデナギジ		卓
				住　先 客'1//1(	1//1	速採　託　およ　宙ごるり　ね 市	砒	砒
				仕	1//1	化 囲 て り　か　ざぞ　干重で	ナヤ ジ	宝 八
				叢 仕	1//1	干重な ぐり　了 ね ま 1 , , 三　で , ,　21　旧	既末　了 雅	既末
				'1//2(	1//2	な り 逢継 速　ざぞ　ね 2 欠　監 速メテリ ' 旧	EQB Mdvr	承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				仕	1//2	な り 逢継 速　ざぞ　ね 2 欠　監 速メテリ	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				道 '1//2(	1//2	干重上な 圧じり三　ひ　ね > メテリ	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				太仕	1//2	メテリ ね　2-7　了　ねぞむね メテリ　速メテリ ね　な じり砒　2-7-2 でゴィデ　な じり砒　1, 3　ね琅 で宝 ねゴィ デ　, ,　ね 各, ,	郷　渚　判ブ シウギ デ 0　'　る(ね了　郷 速　砒「'干　03 平 (呉	砒　仕
21				仕	1//2	な り 逢継 速　ざぞ　ね 2 欠　監 速メテリ 'O/53('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　了 雅 1//2	既末
				道 仕	1//2	干重上な 圧じり三　ね 上 速 R/42, //4　旧	逢　各　了 雅 BC, QNL　1//2	既末浴　仕
				孜 仕	1//3	砒　呉 2-2　メテリ ね　2-2-7　了 ねぞむね　メテリ　速メテリ ね　な じり	郷　渚　判ブ シウギ デ0　'　る(ね了　郷	砒　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
						砒　2-2-7-2　　でィデ　な じり砒　'1(干　04 平 ね　　'1, 0(　監　速メテリ な培つぎ浪　ゴィデ ね　,,　　でぎぞ　,,	速　砒　'干　04 平　(呉　承　丹　4　重 ね砒　里　砒 ブヨ　>>ラゴ　ダ　ホラヤ　ザユ 1//1>>	
				道 仕	1//3	ね　>　メテリ	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				功 仕	1//3	な　ぐり　了　囲, , 三　てね , , 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				道 '1//3(	1//3	干重上な　圧じり三　ひ　ね >　メテリ 'ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				旬 '1//3(	1//3	干重な　ぐり　ね　層歳で　口　' 旧	砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				貝 仕	1//3	3　ねィヨ　ハミ　およ　三	どわ　り　既末　庁　紘	既末
				叢 仕	1//3	な　ぐり　了　囲, , 三 協浴　ね暦宙片, , 'A/3/('　旧(	既末　了　雅	既末
				孜 仕	1//4	砒　呉 2-2　メテリ　ね　2-2-02　了 ねぞむね　メテリ　速メテリ ね　な じ り砒　2-2-02-2　ねジグ　ラ クな じり砒　'1(干　05 平　ね　'1, 4(庁　ねぞむね 監メテリ で ね　,,　でぎぞ　,,	郷　渚　判ブ シウギ デ0　'　る(ね了　郷 速　砒　'干　05 平　(呉	砒　仕
21				砒　末 '1//4(	1//4	ね　なっ づ	丹　ね	砒　末

HC				同	平敬	同	同	房
				砒 末 '1//4(	1//4	ね なっ づ干 06平0 01 既八 (	呉雅>>1//3 平 0 >01 >>' 1 (	砒 末
				砒 末 '1//4(	1//4	なっ づ	ゴィジメ	了 各砒 砒 ズ ゾ
				隅太 仕	1//4	▼タて ね 圧 ごくり,,互 で でね なっ づ,,'N,1/2(' 旧(	既末 001 平 旧	既末
				住 仕	1//4	> 速採 な培つぎ ね なっ づA/12(' 旧(	既末 了 雅	既末
				'1//5(	1//5	干重ねヨィピヨィ ね三 な り ' 旧(	06 既末 旧雅	既末
				隅太 仕	1//5	事 上ね 圧 ねFOQ採 '了 (,, 公由 ね で ね でね ,,	郷 守 砒 ズ ゾ 砒 呉	郷 守 砒 ズ ゾ
				禎低 仕	1//5	ざぞ里 な り ね 上 速メ テリ 'R005,O/0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC,QNL(	既末 逢各
				五三 仕	1//5	な ぐり 1 欠 上 速,,R ィ ハ シユ な り ね ま,,'O04/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅	既末
				孜 仕	1//6	砒 呉 2-3 メテリ ね ' (2-3-3 了 ねぞむねメテリ ね な じり砒 2-3-3-1 な ぐり 上 速メテリ ね な じり砒	郷 渚 判ブ シウギ デ0 ' る(ね了 郷 速 砒	砒 仕
21				権 '1//6(	1//6	>干 ね 遊 で じへら ,, ね 干重 ね ,,	既末 じへら	既末 じへら

HC				同	平 敬	同	同	房
				功 仕	1//6	浴で ね ね な無 づづ 旧(	既末 旧雅	既末
				事 仕	1//6	干重な ぐり 宙ざぞ ね達 'R034, O/00('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC, QNL (	既末 逢各
				隅太 仕	1//6	ね 上な ぐり 圧 ね FOQ 採 ,, 公由 ね で ね でね ,,	郷 守 砒 ズ ゾ 砒 呉	郷 守 砒 ズ ゾ
				仕	1//7	郷 囲 協「 1 片	郷 囲 09l4 /// 固 琅 承 C 0>Mn-4/1	固 琅
				功 仕	1//7	で公由 ね で な ぐり ね	砒	既末
				仕	1//8	郷 囲 化「 1 片	郷 囲 09l4 /// 固 琅 承 C 0, Mn-413	固 琅
				住重 止 '1//8(	1//8	ね 上 速およ三 り,, ね 0,,	ねヌォ ギデヲギジで ,, 砒 ズ ゾ 託 ,,	砒 ズ ゾ
				'1//8(	1//8	ね 上 速およまぞ三 ,, ね 1,,	ねヌォ ギデヲギジで ,, 砒 ズ ゾ 託 ,,	砒 ズ ゾ
				仕	1//8	, な ぐり ひ 上 ね丈欠 'G018, O//7('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各
				仕	1/0/	化 ね 凹五 で でね 旧	既末 平 旧雅	既末
				仕	1/0/	FHR 上 テ ゾ ひ双 採 テ ゾ ぞ , な ぐり ひ 上 ね丈欠 ' GV /05, O/7('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1/0/	既末 逢各
				丈 道 '1/0/(	1/0/	窒およ り ね じへらで ,, 寸 IQ 末 寸 ,,	で	

HC				同	平 敬	同	同	房
				五三 仕	1/01	里　およまぞ三　ひ　ね　速'R0,N, 3(' 旧(	既末　008 平 旧	既末
21				篠止 '1/01(	1/01	速およまぞ　な ぐり三　ね　'R0, N,1(' 旧(	既末　008 平 旧	既末
				五三 仕	1/02	Chrknb shmm メテリ な り三　で　な ら ごるり培監　速'RRR21,O11('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 CUC 1/02	既末　逢各
				合 仕	1/02	干重な ぐり BB　採 でOR　浄　監　速メ テリ ね　,,　三　,,	琅採 雅	琅採
				号 仕	1/02	三　な づ　ざぞ　ね 里ど　か　ね印 な	既末　Mdvr	既末
				材　事 仕	1/02	でざぞ干重 な ぐり三　ね　な っ づボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　旧雅	既末
				雁 仕	1/04	ね　止　「で　ね　メテ リ	FRI　ナヤ ジ	承　各砒 房　各ズ ゾ
				仕	0851	ね　およ 凹ざぞ　杏ね絵 平		砒
				託 '0856(	0856	干重ね　ね　旧	琅	既末 琅
				口　止 '0863(	0863	ね 位　で ね		各砒
				仕	0865	化　協 ね　で　なっ づ 旧	既末　72 平 旧	既末
				宝	0872	ね砒 な ぐり 圧ね　ゆり ね 各"ね　ひ　で　ね なっ づ	砒	
				仕	0876	天 可 な ぐりホ ラ クな り　三 で ね砒 ' 旧(	既末　旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
21				合 仕	0881	干重ね で		各砒
				導	0885	協 な 凹ざぞ 曳 ね庁 ピヨ で ピヨ 3 ピヨ Sm ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				住 隅 仕	0885	庁 'J,Sy(のごみ ね 重ね ' 旧(	既末 0/2 平 旧	既末
				祢 仕	0887	協 な 市じり ね で 平' 旧(	既末 旧雅	既末
				祢	0888	干重協 な 市じり ね で 平		各砒
				祢	0888	干重協 ね なっ づボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 0/5 平 旧	既末
				眞 '1//6(	1//6	で ね ね か じり で 旧(		既末 逢各
				眞 '1//7(	1//7	で ね ね か じり で		既末 逢各
				月功 仕	1/01	浴 ね で浴 ね泡 な り ,, 化 ね三 曳 ね ,, 旧	砒	既末
				権 卒雁 仕	0856	なのご るりァスガ なっ づ,, ね ね砒 ね7,,	琅 砒 呉	琅 砒 房
				材 '0857(	0857	Elrrhmms bj な り ね事 ね平代 宙なっ づ	口 で臨	材 郷 宝 房
				材 '0858(	0858	Elrrhmms bj な り ね ね平 宙'0(	砒逢絞紘 Mn-3 砒 各砒 Z ひ ね	砒 勘 郷 琅 宣

HC				同	平 敬	同	同	房
				時 ’0858(	0858	ね　　なっ　づ	砒逢絞紘 Mn-3 砒　　各砒　Z　　ひ ね	砒　勘　　郷　　琅 宣
				仕	0858	ねｲｪ　　ね浴　　なっ　づ	砒逢絞紘 Mn-3 砒　　各砒　Z　　ひ ね	砒　勘　　郷　　琅 宣
				権　　卒雁 仕	0858	でざづね　　できな　　ね　　なっ　づ,, ね　　ね砒　　ね 02,,	琅　　砒　　呉	琅　　砒　房
21				幸 仕	0858	ね　　なっ　づ　旧		既末
				仕	0858	ねｲｪ　　な　ぐり浴　　でヴィ　ゥ　雅 ,,　　ね　　ね砒　　ね 07,,	砒	既末
				先 仕	086/	ね　　’旧(	既末 了　雅	既末
				材　仕	086/	Ehrrhm,S　bj　な り　　で ね　　ね　　ね平 宙		砒
				仕	086/	ねｲｪ　　ね浴　　旧		既末
				権　　卒雁 仕	0860	口　琵　　ね　　な　　るり　　了		各砒　　勘
				雄 ’0863(	0863	ね　　ね口　　’旧(	既末 了　雅	既末
				仕	0864	›ァスガ　　ね　　ね口 ’旧(	既末 了　雅	既末
				合 ’0865(	0865	ね　　なっ　づ　旧(	既末　　旧雅	既末

1€				同	平 敬	同	同	房
				合 ’0865(	0865	ね　　なっ　づ		既末
				宝仕	0867	ね　　な　るりクヨジね	既末ね　　,,江 託　　雅,,	江　　宗託　　仕
				合 ’0867(	0867	ね　カヨジね　　なっ　づ		既末
				丈辺 仕	0868	ねグィ先W　　0　,,　　ね　　0,,	臨	
				権　卒雁 ’0868(	0868	ク➤　　ねピア ザユ　ヲヨ　ギ平　なっ　づ ね		郷　　宣
				合 ’087/(	087/	曳　　ね　　な　るり　カヨジね砒　,, でざづ,,’旧(	既末　　76平 旧	既末
21				合 ’0870(	0870	十口　琵　　ね	砒　　ザ ボシゥミ 雅	砒
				合 ’0870(	0870	ね　カヨジね砒　,,　　千重ね曳　〉　　なっ づ,,	砒	既末
				合	0872	で口　琵　　ね　　ね	砒	
				権　卒雁 仕	0873	協　　ね　－丈　ね　　ねピア ザユ － ヲヨ ギ平		
				合 仕	0874	な り　　十口　琵　　ね　　ね 宙		
				住　隅	0876	上　ら　ごるぞ　　’旧(	既末　　旧	既末
				材　事 仕	0876	な ぐりホ ラ ク　ね　　で ね　’旧(	既末　　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				上　仕	0876	な ぐり宙　ホ ラ ク ゴ ブ リな　るり　　凹 ’ 旧(	既末　　旧	既末
					0877	およまぞ　　ね 徳 り　　’ 旧(	既末　　旧雅	既末
				権　卒雁	0877	ホ ラ ク ね　　宙で 三ね　　ね およまぞ　　ね　ね　　て固　　’ 旧(	既末　　84 平 旧	既末
				雄 仕	0878	ねシリ ゲ　　’ 旧(	丈　　逢各　　旧 雅 既末　　既末 既末　　逢各 旧雅	既末　　仕
				合 仕	0878	口 琵　　な　るり　　ね　　ね 徳で ’ 旧(	既末　　85 平 旧	既末
				仕	0878	DRQ’　ジビ　鳳(　先 な り　　ね平　宙 ’ 旧(	既末　　了 雅	既末
				権　卒雁	0878	住重　ね浴序ホ ラ ク ゲァね　　宙 ひ　　およ よるり曳　ね　で平		既末
21				合 仕	088/	浴　な挙 るぞ　　ね　　ね 徳で　口 琵　　でね　’ 旧(	既末　　86 平 旧	既末
				導 仕	088/	化 ね　　’ 旧(	既末　　86 平 旧	既末
				仕	088/	凹　ね　　ぞ DRQ’　ジビ　鳳(平　宙 D　　ぞ　　ね平　宙 ’ 旧(	逢　各　既 末　　月ズ ザユ　了 雅	既末
					0880	カヨジ　　ね　　ヒ ギァ スガ　　なざづ	砒	既末
				導 仕	0880	ね 三 曳　　’ ね 0(’ 旧(	既末　　87 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				導 仕	0880	三 可 協 ね三 曳 ’ ね 0(ひ 03B 平 ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				合 仕	0880	ね 三 曳 ’ ね 1(’ 旧(	既末 87 平 旧	既末
				仕	0881	ねビ ギ で 川ね 渋 研 で ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0881	川ね 研 ね オリ テヨね 宙 ひ ァスガ で 研 でね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				丈 材 仕	0881	干重 ね ね 03B 平 で 月 カヨジな っ づ	既末 砒 雅	既末
				合 仕	0881	干重ね で		各砒
				仕	0882	川ね 研 で ね ね なっ づね口 砒 ’ 旧(	逢 0882 平各 了 雅	仕
				仕	0882	Bn lfmh a lsd rg でbn okmm rg でて ごるり庁 ァスガ で三 Jt5B ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0882	ね ね		砒
21					0882	カヨジね およまぞ ビ ギァスガ ね ’ 旧(	既末 0// 平 旧	既末
					0882	ね 協 ね禎	砒	砒
				仕	0882	ビ ギ で ね導 ’Nf(でね ’ 旧(	既末 了 雅	既末

HC				同	平敬	同	同	房
				合仕	0882	干重 上ね 三 曳		既末
				仕	0882	固 平 NFOJ’ ビ ギ (で 渋 研 でね ひ了 平	ピア ザユ -テヨ ギナヤ ジ▼ブ	既末ピア ザユ -テヨ ギ砒
				仕	0883	庁 ね 宙三ね 導 で 川ね 研 ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0883	ァスガ ひ三 Jt5B で 川ね 研 でね オリ テヨおよ 凹ざ ぞbn hfmh a hsd rg		既末
				仕	0883	で ゲァなまよるり り事丈ね曳 ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				仕	0883	ビ ギ で ね導 でね		砒
				合仕	0883	ね禎 で 治 ね辺 ね		既末
				合仕	0883	禎 ね なっ づ 旧(	既末 0/0 平 旧	既末
				仕	0883	固 平 NFOJ’ ビ ギ (な じ り平 - 功テ ゾ’ ね 3(でどり 渋 研 ねES 平 どと	ピア ザユ -テヨ ギナヤ ジ▼ブ	既末ピア ザユ -テヨ ギ砒
				仕	0883	川ね 研 - ァスガ -三 Jt5B な よるりポクポね 各で オリ テヨおよね な り ね	ピア ザユ -テヨ ギナヤ ジ▼ブ	既末ピア ザユ -テヨ ギ砒
21				仕	0884	川 な ぞり庁 ね 川 ね 研 ァスガ 三 JtFB ね	同口 功 野 呉 ’5(	同口 平 宙 砒 ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0884	ァスガ　三上ね　逢じり　’旧(	既末　0/1 平 旧	既末
				低　太 仕	0885	川な　市じり　研　ァスガ ね　研	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
				仕	0885	川な　市じり　渋　研　ビ ギ　ね　研	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
					0885	ァスガ　ね　凹　ね　宙　川 な　ぞり庁　ピヨね	ナヤ　ジ	宝　八
				重	0885	ね　曳　庁　ピヨ ビ　ギ	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
				重	0885	上　ね　ど庁　ピヨ　ビ　ギ	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
					0885	曳　ね　令　ねド　ネ　で　ね逢 川　でざづ		卓
				住　隅 仕	0885	庁　’J,Sy(　のごみ　ね 重ね　’旧(	既末　0/2 平 旧	既末
				合	0885	丈　じ　禎	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
				仕	0886	ピア　ザユ　ーブヨ　ギ平　およまぞ　川ね　渋　研 で　ビ　ギ　ひ三　N6　ね ’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				仕	0886	川ね　渋　研　で　ビ　ギ　ねシ リ　ゲ　ねピア　ザユ　ーブヨ　ギ平		既末
				仕	0886	ビ　ギ　’　(ね　’旧(	既末　0/3 平 旧	既末
21				叢	0886	三　ね　ひ三　－　－治　ね　ピ　ソ でね		砒

HC				同	平敬	同	同	房
				合仕	0886	寸 5//l ホ ラ クゲァね -	房	房
				五仕	0887	化 重 ね な挙圧ごるり ね ピア ザユ -デョ キ平 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
					0887	ビ ギ ' (ね で 速遊 ' 旧(	砒 ザ ボシゥミ-ボジゾ 旧雅	砒
				合仕	0887	宇- - ホ ラ クゲァね -		既末
				仕	0888	既末な ぐり 1-6L 頂ね庁 0' (LS1' (f,1' (ね		既末
				だれ	0888	干重- 干重ね 曳 - ' 旧(	既末 旧雅	既末
				合	0888	平 宙な ぐり ね 干重 およね	夕 平 宙 で ね でざづ	浴 凹片
				導仕	1///	な ぐり 杏でじりドィピ ね ' 旧(	既末 0/6 平 旧	既末
				五'1//0(	1//0	干重 ホ ラ ク NC,4 ゲァね 旧	既末 0/7 平 旧	既末
				だれ仕	1//0	ホ ラ ク ね ね で 曳 ね Pl,O//3 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅'BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				末 隅仕	1//0	ゾ ヒタィデでざづ ざぞ ね		砒
				五'1//1(	1//1	NC,4 ホ ラ クゲァな ぐり 干重 上ね曳		砒
				五'1//1(	1//1	干重 上な ぐり 上 曳 ね ,,NC,4 ゲァなめでつぎ ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
21				五 仕	1//2	化 重 ね ね ねピア ザユ ラ3 ギ平		既末
				仕	1//2	協 な ぐり ビ ギ ね で 速遊		砒
				五 ’1//2(	1//2	干重協 化 寸 化 な ぐり ね ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’0(ね ’ 旧(		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’1(ね 供字 で Cdaxd, Gt bj dkメテリ ’ 旧(		既末
				’1//6(	1//6	ビ ギ ね て よおなど ぞ ね 速遊 ’ 旧(	砒 ブ クヨミ 雅	砒
				仕	1//7	干重 干重 干重 干重 な ぐり 1 oG ね宝 で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重 干重 干重 干重 な ぐり 0 B BN2 ね 干 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(		既末
				庁 仕	1//7	ァスガ ね oG で ,, ur裕 ,, ’Q, 66(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 004 平 旧	既末
				隅 仕	1//8	カヨジね な り ピヨ ね ね 判 ,, で 琵 ゲア ね ,, 旧	既末 旧雅	既末
				仕	1/0/	ね位 泡 の お ,, 逢継泡 テ ゾ ぞ ね ,, O0, /4(’ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末 了 雅 1/0/	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
21				仕	1/00	な ぐり ね ど 位 泡 'RBF/47, /8(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				五 '1/01(	1/01	干重協 化 ね 上 ,,先 江 2 上 ね ,,'Q4,Q,04('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 008 平 旧	既末
				隅 仕	1/01	三 で ね ピヨ ね で 徳な培つ ぎ 旧	既末 旧雅	既末
				隅 仕	1/04	カヨジね丹 野 な培つぎ ピヨ ね 徳,, で 琵 ゲァな挙 り ピヨ ね ,,		砒
				道 '1//2(	1//2	干重上な 圧じり三 ひ ね > メテリ	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				道 仕	1//3	ね > メテリ	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				道 '1//3(	1//3	干重上な 圧じり三 ひ ね > メテリ 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
			浴	権 卒雁	0878	ね浴 粗 で浴 ' 旧(	既末 85 平 旧	既末
				雄仕	0883	浴 な ね ' 旧(	既末 了 雅	既末
				判房 仕	0887	干重 三 ね で 浴 な じり了 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧雅	既末
					0888	鮭 曳 な誌むよるり 浴 で ね - - 治三 でづ		砒
				天仕	1//0	干重 三 低 ね で るな 培つぎ 0 平 ね浴		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				化 仕	1//8	ね ひ な培つぎ浴 ジ シ10ね で浴 旧	既末 旧雅	既末
				化 仕	1/0/	浴 ジ シ10で曳 揚 ,, ね ゲアおよ よるぞ で浴 ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末
21				今'0854(	0854	干重ね で 監 旧		既末
				雁 仕	0863	ね なっ づ 旧	既末 70平 旧	既末
				住	0877	ね ね なっ づ 旧(	既末 84平 旧	既末
				導江 仕	088/	ホ ラ クテ ゾへ ジ ぞ 郷 ね	砒	既末
				化 緑 仕	0887	な ぐり三 な 速ね 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧雅	既末
				丈 仕	0887	ね粗 ねSDL で	'臨 (	
				末 住 緑	0888	およ な ぐり ね '了 (	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				末 住 緑'1//1(	1//1	でざづね ね ,, ね でざづ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/8 平 旧	既末
				庁 孜天 仕	1//1	ね 雅 旧	既末 0/8 平 旧	既末
				太仕	1//2	メテリ ね 2-7 了 ねぞむね メテリ 速メテリ ね な じり砒 2-7-2	郷 渚 判ブ シウギ デ0 ' る(ね了 郷 速 砒 「'干 03平 (	砒 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
						でゴィデ　な　じり砒　1,3　　ね琅　で宝　ねゴィデ　　,,　　ね　各,,	呉　　承　　丹　4 重ね砒　　里　砒 ブヨ　,,ラゴ　ダ　ホラヤ　ザユ 1//1,,	
				庁　孜天 仕	1//2	な　ぐり　　0　平　ねロ　　,, ね　　雅　市で　　ホ　ラ　クゲァ　ね 雅ね　　およ,, ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	既末　　旧雅	既末
21				末　雁 '1//2(	1//2	ね　　およまぞ　　干重ね　　監　　で　監	ザ　ボシゥミ　　雅	既末　　砒
				孜 仕	1//3	砒　　呉　2-2　　メテリ　ね　　2-2-7　　了 ねぞむね　　メテリ　　速メテリ ね　　な　じり 砒　2-2-7-2　　でゴィデ　な　じり砒　'1(干　04 平 ね　　'1, 0(　監　速メテリ な培つき琅　　ゴィデ ね　,,　　でぞ　,,	郷　　渚　　判ブ　シウギデ0　　'　　る(ね了　　郷 速　　砒　'干　04 平　(呉　　承　　丹　4　重ね砒　　里　砒 ブヨ　>>ラゴ　ダ　ホラヤ　ザユ 1//1>>	砒　　仕
				化　　緑 仕	1//3	ホ　ラ　クテ　ゾへ　ジ　　ぞ　　ね 速なっ　づボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	砒　　呉	承　　各砒　房　　各ズ　ゾ
				太仕	1//3	干重　　監ね　　2 欠　R 泡　　速'R/35, /18('　旧(	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				材三 仕	1//3	な　ぐり　　'RBOr(ね　市　沿,, ぞ　　ね　　市,,	ザ　ボシゥミ　　雅	既末　　砒
				辺末　仕	1//3	ゲァおよ　よおなごるぞ　　04/ 平　ね序　月 雅ね　　旧　ボジゾ　ズ　ザユ	既末　　000 平 旧	既末
				合 仕	1//3	ね　　速メテリ ね　　'O031('ボジゾ ズ　ザユ ('　旧(	既末　　了　雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				化　緑 仕	1//4	’　＞　千重（ね　で 速	で培	監
				仕	1//5	千重な　じり　ね カジ　,, な　ぐり　カジなっ　づ,,’ 旧(	既末　平　旧雅	既末
				化　緑 仕	1//5	ホ ラ クテ ゾへ ジ　ぞ　’　＞ 千重(ね　で　速	夕　ロ　でアギ アフ ギデナギジ	浴　凹片
				’1//6(	1//6	三　可　ね　で　’ボジゾ　ズ ザユ (’ 旧(	砒　ブ クヨミ 雅	砒
21				化　緑 仕	1//7	な　ぐり　ね 市　沿 ,,　千重で 千重　,,’P 03/,//7(’ 旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各
				化　緑 仕	1//7	千重ね　監　速,,ホ ラ クテ ゾへ ジおよ づぎ　で,’P 03/,O//4(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各
				仕	1//8	ホ ラ クテ ゾ　ぞ　千重　ねＶda,FHRな り 2 欠　メテラ ク 旧	1/　既末 旧雅	既末
				仕	1//8	Ｖda,FHRな り 2 欠　メテラ ク,,ホ ラ クテ ゾ ぞ　千重　ね ,, O,057(’ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末　005 平 旧	既末
				末　事 仕	1/00	ホ ラ クテ ゾ　ぞ　千重　ねＶda,FHR な り 2 欠　メテラ ク 旧	11　既末 旧雅	既末
				五 仕	1/01	千重ね　およ 上 速　宙じり ま’ボジ ゾ ズ ザユ (’ 旧(	砒	既末
				五 仕	1/01	浴　ね泡　ヨヒ ム デ およ 監ね 宙じり ま,,　千重ね　てね ,,’Q4,O, 03(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　008 平 旧	既末
				雁仕	1/02	Rg y l　ホ ラ クテ ゾへ ジ　じり ま ,,　千重ね　砒　な,,		卓

HC				同	平 敬	同	同	房
				五 ’1/02(	1/02	化 ね およ 宙ざぞ 上 速’Q4, Q, 07(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
				五 仕	1/02	化 ね およ 宙じり 上 速’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 砒 雅 1/02	既末
				五 仕	1/02	干重ね テ ゾへ ジおよ 上 速 宙 じり ま’GP Q12, O/5(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
				化 仕	1/02	ね ね むりめね, , 浴 ぞ宙野 ね むささづ, , 旧	既末 旧雅	既末
21				五 ’1/03(	1/03	テ ゾへ ジおよ 宙ざぞ 化 ね 上 速 旧	既末 砒 雅 1/03	既末
				五 仕	1/03	ヨヒ ム デ ぞ 速遊 ね , , 干重ね ね , , ’GP Q13, O/3(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
			監	材五 ’0868(	0868	干重な ぐり 監で 監でね 旧	了 雅	
				巻 仕	087/	ひ 叢 な 市じり ねJ, 平 , , ね平 宙 ね3, ,		既末
				住 隅	0874	およ な 市じり 丈	砒 ね	砒
				没五 仕	0878	で事三 な 5 ね	ァ ハ ギホゾ	
				合	0886	協 事三 ね ね 平		既末
				住 隅 仕	1//2	フ ケ およ 宙ごるり ね培監 , , な 市じり事三 ね , , 旧	既末 了 雅 1//2	既末
				’0863(	0863	化 干 ナヤ ゾゥ な ぐり ね浴 粗 ね	臨	臨 砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				天 仕	1/0/	郷 協 ね およ7/ 平 ね じり'NDC//0,O0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				号 仕	1/02	三 な づ ざぞ ね 里ど か ね印 な	既末 Mdvr	既末
			ホ ラ ク	速 '0857(	0857	ホ ラ ク'NC,0(な ぐり 三 ね 月 なっ づ	臨 砒 呉	臨
				仕	0880	ホ ラ クテ ゾ な り 干重化 ね ロ ' 旧(	既末 87 平 旧	既末
				仕	0880	ホ ラ クテ ゾな り 干重化 ね ロ		既末
				末 雁	0880	干重ね郷 ホ ラ クおよまぞ培監 速 ' 旧(	房	房
21			ホ ラ ク	住 先 仕	0880	ホ ラ クな づ ざぞ 干重ね培監 速' 旧(	既末 既末 既末 Mn 85'各佳 (	既末 仕
				住 先 仕	0880	ホ ラ クな づ ざぞ 干重ね培監 速' 旧(	既末 87 平 旧	既末
				五 '1//0(	1//0	干重 ホ ラ ク NC,4 ゲァね 旧	既末 0/7 平 旧	既末
			琅採		0884	琅採 な り 速	琅採	琅採
			泡採	合 仕	0851	な ぐり 泡採 なっ づ 旧	琅採	琅採 承 卓
				合 仕	0852	泡採 な り 速ね砒 旧	房	房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				太 仕	0852	泡採　　およ　ごるぞ　　旧	既末	既末
				旨　止 仕	0853	泡採　な り　　速ね砒	房	房
				太 仕	0853	ね　,,　26平　　泡採　呉,,		泡採
				五	0877	ュナフ　ミな り　　’　(ね　泡採　託　’旧(	既末　　84平 旧	既末
				仕	1///	双　　泡採　な培つぎ　　ね培監で　速	砒　呉	浴三　守
				五 ’1//3(	1//3	ュナフ　ミ　泡採　託　な り　　浴“　“ねザ　グ ジ　　了　旧	既末　　000平 旧	既末
				五 仕	1//5	浴序　　ね　泡採　託　で　　ホ　ラ　ク　　で ね　’N,07(’旧(	既末　　002平 旧	既末
				五 仕	1//5	浴序　　ね　泡採　託　で　　ホ　ラ　ク　　で ね	ザ　ボシゥミ　雅	>区　>
				五 ’1//6(	1//6	泡採　託　でホ　ラ　ク　でね　およまぞ　浴序 ね　’P03/,O//0(’ボジゾ　ズ　ザユ(’旧(	既末　　逢各　了　雅 ’BC,QNL(	既末　　逢各
		上			0882	化　な　ぐり　湿　ね　上	既末　　砒 雅	既末
21		上		住　号 仕	0884	0884平　協　なまよるぞ　ね 市ね　徳	ザ　ボシゥミ　雅	既末　　砒
				重　雁 仕	0886	野　でね　て　ぞ　千重ね　上　ね	上　承	上　承　卓
				三材 仕	1//3	郷　な り　三　で　上　か　上 な不　り彰　,　同口　ね　,’S/21,//0(’旧(	逢　各　了 雅’BC,QNL(	既末浴　仕

HC				同	平敬	同	同	房
				五仕	1//5	オラ ね で 崖 ゥリ ラ゚ヨポィ ドィラ゚ね 道 協 ね 'F040,//1(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC,QNL(	既末 逢各
				眞号仕	1//8	で ら 宙ごるり ね 上 ね で	上	既末 上
				重 '1//8(	1//8	干重 上ね ね で 市,,丈欠 上 メテリ ね ,,'G018,O//5('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末 逢各
				重仕	1//8	テ ゾヘ ジ ぞ 干重ね 上 ね 宙 'G018,O//6('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末 逢各
				没 月仕	1//8	干重 な ぐり 三 ね 上 ね	ザ ボシゥミ 雅	>区 >
				重仕	1/0/	干重 上ね ね丈欠 上 メテリ ね	ザ ボシゥミ 雅	>区 >
				合仕	1/0/	な ぐり UNB ね 上 ね で 平 な じり 2 欠 ' GV/05,O/4('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				仕	1/00	プラゥミ ひ '25BK(な り 干 重 上 な じり砒 ' GV/12,11(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				仕	1/03	干重ね 上 ねぞむね 丈欠 ポ ビ ク'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 平 旧雅	既末
			上平	仕	1/01	干重 上 ねプラゥミね な じり砒 ,,プラゥミ な り 上 平 宙ね 寅 な ぐづ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 平 旧雅	既末
21		上		'0845(	0845	ら な ぐり なっ づ		既末
				太仕	0887	- 上 ね で 彰 化 ね - 上 ね で ね	むくり 臨 - ね月 で で ザラ ス3	浴 凹片 仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0880	干重な ぐり ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				仕	放 1//0	jsdm rksd なっ づ ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 既末 旧雅 1//0	既末 仕
				仕	放 1//0	干 ね事欠	砒	既末 砒 仕
				仕	放 1//1	rbgtkdmad fksd ね Ym 揚 なっ づ 旧	既末 平 既末 旧雅	既末 仕
				仕	放 1//1	l radbjksd なっ づ ボジゾ ズ ザ ユ 旧	既末 平 既末 旧雅	既末 仕
				仕	1//1	ね ね 市’D/05, /00(旧	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				仕	放 1//2	培 なっ づ ’ 旧(	既末 既末 旧雅 1//2	既末 仕
				仕	緑 1//3	干重 ひ 干重ね で ね で平 ね 砒 旧 ボジゾ ズ ザユ	既末 000 平 旧	既末
				仕	1//4	上ね ね で ね ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
				仕	1//5	干重な じり ね カジ ,, な ぐり カジなっ づ,,’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’0(ね ’ 旧(		既末
				仕	1//5	干重 干重 干重 干重 な ぐり ’1(ね 供字 で Cdaxd, Gt bjdkメテリ’ 旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
21		上		仕	1//6	干重　干重　干重　干重 な　ぐり		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　1 oG ね宝　で琅 旧		既末
				仕	1//7	干重　干重　干重　干重 な　ぐり　0 B BN2 ね　干 'ボジヅ　ズ　ザユ (' 旧(		既末
				雁	0886	三　-上　' (		浴　凹片
				丈 仕	0887	およ　-　な　ぐり　-　守宙 ね　市' 旧(	既末浴　旧雅	既末浴
				口 仕	0888	干重　で　浴序ね　でね		既末
				仕	1//0	上　ね　ィォ　で　なっ　づ,, 干重化　でざづ,,　旧	既末　平　旧雅	既末
				重　雄 仕	1//2	協　な　ぐり　上　ねパ　で でね　逢　' 旧(	既末　平　旧雅	既末
				布 仕	1//4	およまぞ　な　ぐり　貞　ね歳　'Q, 142('ボジヅ　ズ　ザユ (' 旧(	既末　001 平 旧	既末
				仕	1//6	ゲァね　な り浴　ジ　シ 00 ねロ　'ボジヅ　ズ　ザユ (' 旧(	既末　旧雅	既末
				眞号 仕	1//8	で　ら　宙ごるり　ね　上　ね で	上	既末　上
				化 仕	1//8	ね　ひ　な培つぎ浴 ジ　シ10ね　で浴　旧	既末　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
21		上		化 仕	1/0/	浴　ジ　シ10で曳　揚 ,, ね　ゲァおよ　よるぞ　で浴 ,, ボジゾ ズ ザユ　旧	既末　旧雅	既末
				五 培 仕	1/0/	化　崖　な ぐりジデ　ダゥミ ひ守宙　ね　N,077(’ 旧	既末　006 平 旧	既末
				仕	1/0/	な ぐり　壊ね　ね 徳	ザ ボシゥミ　雅	>区　>
				仕	1/00	プラゥミ　ひ　’25BK(　な り　干 重　上　な じり砒 ’GV/12,11(’ 旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				仕	1/01	干重　上　ねプラゥミね　な じり砒 ,,プラゥミ な り　上　平　宙ね　寅　な ぐづ,,’ボジゾ ズ ザユ(’ 旧(	既末　平　旧雅	既末
				重 佐 仕	1/03	ゲァね　託　およ　ぞ浴　ジ シ00ね　’ボジゾ ズ ザユ(’ 旧(	既末　旧雅	既末
				’1/03(	1/03	協　脇　ね脇　ね 旧	既末　平　旧雅 1/03	既末
				仕	085/	ね 上 ね　で るな 逢じり	既末 上	既末 上
				仕	0850	ね 五 ね	琅承	既末　琅承 砒
				事 ’0855(	0855	ね 上 ね　ね0,,　で　でね ,,	既末 上	既末 上
				事 ’0856(	0856	ね 上 ね　,,　ね1　ィォ ね 市,,	既末 上	既末 上
				事 ’0858(	0858	ね 上 ね　ね3 ,,　上　なっ づね ,,　旧	琅承	既末　琅承 砒
				事 ’0860(	0860	ね　な じり 琅	な方ぐり ,, 60HG固 ザ ボシゥミ　雅,,	既末　砒逢　導　仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				事 仕	0860	ね 上 ね２,, で 上 ,,	琅承	既末 琅承 砒
				事 仕	0860	ね 上 ね０,, 市,,	琅承	既末 琅承 砒
				事 仕	0860	ね 上 ね１,, ね 市,,	琅承	既末 琅承 砒
				事 ’0861(	0861	監 上 な ぐり 上 ね ね 徳	監で 上 な じり八 既末 68 平	既末
21				事 ’0861(	0861	な ぐり 上 ね で ね 琅		卓
				事 ’0870(	0870	川 な ぐり 上 ね で 監 上野ね 旧	既末 平 旧雅	既末
				事 ’0870(	0870	川 ね 上 ね ,,でぎな 監 上でね 旧	既末	既末
				事 ’0871(	0871	川 ね 上 ね ,,でぎな で 監 上 野でね 逢 ,,	既末 上	既末 上
					0874	な ぐり 市で ね了 でざづ	承 砒 房 雅’ 5/ 平 (	
				既上 仕	0876	’鮭 曳 (ね浄 上 ね ね 各 ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末 仕
				材 仕	0883	ね ね浄 上	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				丈 材 仕	0883	ね 上 市で 上 速	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				仕	0884	ガモ バジで な方ぐり な 野で ね なっ づ	2 ’臨 - (	

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0887	化 ねパ 月 上 ね ね 徳で 凹ムオナス ミ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0887	ね 化 速 了宙 ね 序 どよひな序 でポゲカ ねね な じり 筒	浴ね砒	既末浴
				仕	1///	ィオ 揚で 上 ね なっ づ 干重 化 でざづ ’ 旧(	既末 平 旧雅’ 36 (	既末 仕
				事 ’1//3(	1//3	干重な ぐり 上 で ね	上 承	上 承 卓
				仕	1//4	上ね ね で ね ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
21				庁 天 仕	1//5	な ぐり 点 な じり 雅ね 筒 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末
				眞号 仕	1//8	で ら 宙ごるり ね 上 ね で	上	既末 上
				重 仕	1//8	テ ゾへ ジ ぞ 干重ね 上 ね 宙 ’G018,O//6(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1//8	既末 逢各
				重 仕	1/0/	およ ぞ で ね ね 上 ね	上	既末 上
				仕	1/03	干重ね 上 ねぞむね 丈欠 ポ ビ ク’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
			oG	重 仕	1//0	な ぐり ね ,,BMR でoG なっ づ,,’ 旧(	既末 砒 雅 1//0	既末
				仕	1//7	干重 干重 干重 干重 な ぐり 1 oG ね宝 で浪 旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				庁 仕	1//7	ァスガ ね oG で ,, ur浴 ,,'Q,66('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 004 平 旧	既末
			浴	太 '0864(	0864	01/// 平 A-O 令 ね な ぐり浴 で ' 旧(	既末 旧雅	既末
				権 卒雁	0878	ね浴 粗 て浴 ' 旧(	既末 85 平 旧	既末
				重 雄 仕	0882	浴 ね ひ浴序 ね ' 旧(	逢 0882 平各 了 雅	仕
				雄仕	0883	浴 な ね ' 旧(	既末 了 雅	既末
				上 栃欠 仕	0886	ひ ね 浴 な ぐり浴 事 ね 市 '2(0883 平 0885 平で0886 平ね ' 旧(	既末浴 旧雅	既末浴
				判房 仕	0887	干重 三 ね で 浴 な じり了 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧雅	既末
21			浴		0888	鮭 曳 な誌むよるり 浴 で ね - - 治三 でぎづ		砒
				天仕	1//0	干重 三 低 ね で るな 培つぎ 0 平 ね浴		既末
				丈 仕	1//7	浴序 ね ,,浴 でね ,,	砒	既末
				庁 仕	1//7	ァスガ ね oG で ,, ur浴 ,,'Q,66('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 004 平 旧	既末
				化 仕	1//8	ね ひ な培つぎ浴 ジ シ10ね で浴 旧	既末 旧雅	既末
				化 仕	1/0/	浴 ジ シ10で曳 揚 ,, ね ゲァおよ よるぞ で浴 ,, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				太 ’1/02(	1/02	令 ね浴 な じり砒 ,, ひ ね浴 ,,	砒	既末
			Bk	託 仕	1//8	重 な ぐり M Bk 上 ね砒 ’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	既末 砒 雅 1//8	既末
				仕	1/00	プラヶミ ひ ’25BK(な り 干 重 上 な じり砒 ’ GV /12,11(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
22				仕	0874	な ぐり てね ァマネ ね		既末
				功 仕	1//7	で公由 ね で な ぐり ね	砒	既末
				浴 仕	0853	ね 粗 なっ づ	既末	既末
				仕	0875	で な ぐり ね で 浴	浴 な ぐり 浴 で 砒 ’ 砒 (砒 呉 ’ 47 48 5/ 平 (4731//41	庁
22				号	0885	な誌むよるり 浴	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				眞 ’1//6(	1//6	で ね ね か じり で 旧(		既末 逢各
				眞 ’1//7(	1//7	で ね ね か じり で		既末 逢各
			浴	住 号 ’1//7(	1//7	浴 な ぐり 浴 ね	砒	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				上 ら ’0870(	0870	ね ,, で 字 ね , ,	砒	既末
				上 ら ’0871(	0871	ね ,, 浴 な ぐり ね ,,	砒	既末
				末 仕	0884	な ぐり	で臨	で臨 ね
		上		住 号 仕	0888	干重 て ごるぞ ジ シ6-2ね 浴	砒	既末
				上 ら 仕	1//4	干重 て ごるぞ浴 ジ シ 6-2 ね浴 ね	砒	既末
			浴	住 太 仕	0867	ひ ね浴 ひ浴序 ねハド シゥミ	浴 浴	浴 浴
				仕	0873	なまよるり ね浴	砒	既末
				仕	0875	浴 な ぐり ね浴 な じり	浴 な ぐり 浴 で 砒 ’ 砒 (砒 呉 ’ 47 48 5/ 平 (4731//41	庁
				仕	0875	で な ぐり ね で 浴	浴 な ぐり 浴 で	庁
22			浴	住 号 ’1//7(	1//7	浴 な ぐり 浴 ね	砒	既末
				太 ’1/02(	1/02	令 ね浴 な じり砒 ,, ひ ね浴 ,,	砒	既末
23				合 仕	1///	’1///-0/-5(な ね	ナヤ ジ	宝 八

HC				同	平 敬	同	同	房
				雁 仕	1//0	干 01 平 砒 ねデ ギジ,,1/// 平 , ,0- ね で ごるぞ	渚ねぞむね 了 ポジヅ メテリ な じり砒 砒 呉 干 01 平 承 干 01 平	郷 砒 房仕
				合 ’1//0(	1//0	1/// 平 ての な の凹 ざぞお,, ね なっ づ,,	どわ り 既末 庁 紘	既末
				房 仕	1//0	な るどお ぞ 採り ま 1/// 平 な ぐり R 泡ジブラ ア ク およ R2,O/0/ ボジヅ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				仕	1//0	1/// 平 ね R2,O/05 ボジヅ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴 仕
				房仕	1//0	1/// 平 0/ 5 既 な	了 逢絞	固 琅
				千天 仕	1//1	0832 平 ね ,, 字 ね 琅で ね ,,	砒	砒
				柳 仕	1//1	な り ね 採	2 臨	
				どっ 仕	1//4	ね浴 ね ,,1//3 平 0/ ね可 12 な 浴 ね で ね ね ,,’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末
				卒 仕	1/03	官 0/Ad ぞ 監 ね上 ね 宙,, 導 渋 ね ,,		既末 逢各
23				導率 仕	1/03	丈 な ぐり ね 市 で 道 ,, な ぐり ね ,,’GFL11,01(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				仕	0837	07 平 8 0/ 既 ね		可

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0866	合 － 重　　0832 平－　　な ぐり B	B ザ ボシゥミ　　雅'0866(房承　呉　06　判	房
				仕	0866	合　重　'0832 平　(　な ぐり B　' 旧(	既末 了 雅	既末
				守　雄孜 仕	0868	デ▶ダ な り　三ね口　ね平　宙,, 0832 重　,,' 旧(	了 雅	
				末 仕	087/	核　＞　ね　なっ づ	房	房
				仕	0870	テ ゾねィ　シユ　な供り　ね　メテ リ,, 082/ 平化　ひ 0832 平　,,　旧	了 雅	
				貝庁 天 仕	0873	協 ね合　な ぐり　宙	郷　砒 房平	
					0873	な ぐり臨　ね　ひ ' 旧(	既末 了 雅	既末
				干	0875	丹 て ごるぞ　で　72 平 0/　20 既ね ね 'L 5 1(' 旧(	了 雅	
					0877	協 な ぐり　ね で 予 ' 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0878	既末　な ぐり　ね逢継 ひ　丈 ね 各 ' 旧(	了 雅	
				干 仕	0880	で 重 合　'　(' 旧(	了 雅	
				仕	0882	ハリ　な り　速ね　合 '0832 平　(ね 各 ' 旧(	逢　0882 平各 了 雅	仕
				仕	0882	固　ね　ね 2 ねポィギ ゴィジーザ ア ' 旧(	既末　了 雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				丈	0885	な　ざぞ　重　な	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
23				丈 仕	0885	ね　三な　凹ざぞ	雅　既末ね　ピヨ	既末　仕
				仕	0885	権分り　核　ね　ね 各　’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	0885	協　ね　で　ね ね　ど　徳’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	1///	ね	夕　砒　ねピ アァ	浴　凹片
				合 仕	1///	1///平0/　5既　な　ね	ナヤ　ジ	宝　八
				仕	1//0	1///平　ね　メテリ	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				仕	1//0	1///平　ね	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				孜 仕	1//0	1///平　ね　ね宝	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				’1//0(	1//0	て　よどお　ぞ1///平	どわ　り　既末　庁　紘	既末
				雁 仕	1//0	干　01平　砒　ねヂ　ギジ,,1///平　, ,0-　ね　で　ごるぞ	渚ねぞむね　了 ポジゾ　メテリな　じり砒　砒 呉　干　01平　承 干　01平	郷　砒　房仕
				篠止 仕	1//0	ね　で　ね	1///平0/　な り な　じり　砒　干　01平	郷　砒　房

HC				同	平 敬	同	同	房
							砒　判砒　係 砒　呉　017///02	
				合 '1//0(	1//	1/// 平　てのな　の凹　ざぞお,, ね　なっづ,,	どわり　既末　庁　紘	既末
				仕	1//	1/// 平　ね　ボジゾ　ズ　ザユ 旧	既末　0/7 平 旧	既末
23				干 仕	1//	寅　なら宙ざぞ　ね で　速'O/45(ボジゾ　ズ　ザユ　旧	既末　了　雅 1//0	既末
				五三　栃 仕	1//	1/// 平　ねでのなお ね1,,　ね　研で　,, R2, O/04 ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//0	既末浴　仕
				房 仕	1//	なるどおぞ　採り　ま1/// 平 なぐり R 泡ジブラ　ア ク　およ R2, O/0/　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//0	既末浴　仕
				仕	1//	1/// 平　ね　R2, O/05　ボジゾ ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//0	既末浴　仕
				五三　栃 仕	1//	1/// 平　ねでのなお ね0,,　ね　,, R2, O/03　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//0	既末浴　仕
				三 仕	1//	ブヨブ泡ね　なり1/// 平　ね 速ね　宙　ね1'21(　旧	既末　了　雅 1//0	既末
				上 仕	1//	ね　研　ねピヨギダモ　市'2/(旧	既末　了　雅 1//0	既末
				鷹　仕	1//	1/// 平　な　で　メテリ'R2, //7(旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(1//0	既末浴　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				禎 仕	1//0	1/// 平　　ね　累　　速'R2, //6(　旧	逢　各　了 雅 'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				仕	1//0	1/// 平　　'L 6-2(ね　　ねデヨ　ブ泡 'R2, /05(　旧	逢　各　了 雅 'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				三 仕	1//0	研　デヨ　ブ泡ね　　な り 1/// 平　　ね 速ね　宙'R2, /04(　旧	逢　各　了 雅 'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				氷重　止 仕	1//0	1/// 平　　ね　　な　ぐり培監 ね　宙で　培監泡でね　'R2, /12(　旧	逢　各　了 雅 'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
23				五三　栃 仕	1//0	ね　,,　累ど　じるは　な の了　てがぞ, ,	dxd	既刈　凹片ブ　タギザユ
				'1//1(	1//1	ね　速で　でね　, , 1/// 平 ね　各, ,	ね　速で 了　, ,　郷　速　砒 町　ザ　ボシゥミ, , 砒　房　砒　雅 '干　03 平 (　1//1, V, /0	砒　房
				干天 仕	1//1	0832 平　ね　, ,　字　ね　琅で ね , ,	砒	砒
				仕	1//1	1/// 平　　ねデ▶ダ	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ ゾ
				三 仕	1//1	1/// 平　　ね　採り	夕　既末ね	浴　凹片
				'1//1(	1//1	ねマナマナ	ナヤ ジ	宝　八
				柳 仕	1//1	な り　ね　採	2　臨	

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				材 仕	1//1	1/// 平　　ね　　三ァ　て　　ごるぞ R 泡 O/55　ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	既末　　了　雅	既末
				叢　仕	1//1	1/// 平　　な　　ね浄 速　　'I/18, O/14(ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				仕	1//1	1/// 平　　ね　　'I/18, O/13(ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				仕	1//1	て　ごるぞ　　ね　速　　託 'I/18, /0/(　旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				雁 '1//1(	1//1	砒　ね　　ね　,,　な 1/// 平　　ね じり　でなっ　づ,,	砒ヨィフヨラ	砒　房
23				篠 仕	1//1	ひ　　化　　ねジテジ リィ　ハ　シユ で　　速'R/40, //8(　旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				'1//1(	1//1	「でハ　ギクヨゥ　ト　「ねのさ　ね　,, でざづ,,	ね砒	陸　　宙
				末　　仕	1//1	1/// 平　　ね里　　で るおよ　ぞ ね　徳	1	既末
				五三　栃 仕	1//1	1/// 平　　ね	1	既末
				鷹　　仕	1//1	1/// 平　　な　　で　メテリ	1	既末
				仕	1//1	ブ ブ泡な り 1/// 平　　ね　　研　ね　速 A52　　旧	既末　　了　雅	既末
				上 仕	1//1	ね　　な　ぐりァジベラ　アでR泡 52　　旧	既末　　了　雅	既末
				干 仕	1//1	な り 1/// 平　　ね　　51 旧	既末　　了　雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				’1//1(’1//2(	1//1 1//2	ね　速で　でね　,,1/// 平 ね　各,,　50　旧	既末　了　雅	既末
				五三　栃 仕	1//1	ど　ね　,,1/// 平　ね でざづ,,　A1/　旧	既末　了　雅	既末
				浄重 仕	1//2	敢　敬ィ　ハ　シユ　な　り 1/// 平　ね ィム　シ　クね　ま	泡	浴　凹片
				房 仕	1//2	寅　な　り　ね　研　ね ピヨギダモ　市	泡	浴　凹片
				末 ’1//2(	1//2	丈　野 FOR フ　ギ　メテリ,,　で歩 ,,	既末　ね　で ギデナギジ 上,, ふ,,	浴　凹片
				郷 砒　房	1//2	協既末　ね　な　じり　位　泡　,, でざづ,,	了　逢絞	固　琅
23				浄重 仕	1//2	1/// 平　ね　な　ざぞ　研　ィ ム　シ　クね　ま R/64,/08　旧	逢　各　了 雅 BC,QNL　1//2	既末浴　仕
				郷 砒　房 仕	1//2	1/// 平　な　ぐり　ね　速で ね　なっ　づ	了　逢絞	固　琅
				承 各砒　房 仕	1//2	1//1 平　でデ▼ダ	了　逢絞	固　琅
				禎 ’1//2(	1//2	ね　で　ね　,, ね　各,,’A/01(’　旧(	既末　了　雅 1//2	既末
				禎 ’1//2(	1//2	ね　で　ね　,, ね　各,,’A/01(’　旧(	既末　了　雅 1//2	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				導　天 仕	1//2	ね　で　野な託　ごるぞ　メトね　,, で　ね　,,　I/52,O//0　ボジゾ　ズ　ザユ 旧	逢　各　了 雅'BC,QNL(1//2	既末浴　仕
				没 仕	1//2	ね　上　ね　でね なっ　づR/32,O//1　ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC,QNL(1//2	既末浴　仕
				導　天 仕	1//3	1///平　ね　でね　な　ぐり　で ,,!木　ね　!ね　凹な　ぐづ,,	ナヤ　ジ	宝　八
				五三　栃 仕	1//3	ど　ね　,,1///平　ね ,,	夕　了　>>了　ね で　ね　>>	浴　凹片
				浄　眞 '1//3(	1//3	核　で　な干　ど　ね な　ぐり　脇ね字圧ね　'U/44,O/15('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	逢　各　了 雅'BC,QNL(	既末浴　仕
				干 仕	1//3	1///平　な　ぐり　ね　宙,,　敬ね ムオナスミ　づ,,'/12('　旧(	既末　了　雅	既末
				導　天 仕	1//3	1///平　ね　でね　な　ぐり　カゥ シ　'1/67,O/00('ボジゾ　ズ　ザユ('　旧(	逢　各　了 雅'BC,QNL(	既末浴　仕
23				没　隅 仕	1//4	1///平　ね　ひ　ね　な　市じり		既末
				承 各砒　房 '1//4(	1//4	砒　呉　01−		承　各砒　房
				導　天 仕	1//4	位　導,　ラナァム　デな　市じり '1/16,O/06('ボジゾ　ズ　ザユ('　旧(	逢　各　了 雅'BC,QNL(	既末浴　仕
				化 琅 砒　仕	1//4	CC　デメクヨピアな　り　でァジベラ　アねィム　シ　ク,, 0884平　協　L6-2　1///平 L6-2　1//2平　化　L5-3ね　各,,	了　逢絞	固　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//5	砒　呉 2-2　メテリ　ね　2-2-02　ね　メテリ ね　で歩　な じり砒　2-2-02-1 歩　なっ づねメテリ 砒　'1(干　06 平　ね　'1, 3(な ぐり　な ぐり すま　リ ね　, , 1/// 平　, ,	郷　渚　判ブ シウギデ0　'　る(ね了　郷 速　砒　'干　06 平 (呉　承　丹　4　重ね砒　里 砒 ブヨ >>ラゴ　ダ　ホラヤ　ザユ 1//1>>	砒　仕
				仕	1//5	1/// 平　ね　なぐり すま　リ ね　なっ づR0/8, O/00('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL (	既末　逢各
				仕	1//5	1/// 平　ね　なぐり すま　リ ね　なっ づ1('O/87('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　了　雅	既末
				導　天 仕	1//5	な 市じり　カゥシね　'O, 61('ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　002 平 旧	既末
				先 仕	1//5	な ぐり位　ね 速　砒 'O, 0//('ボジゾ　ズ ザユ ('　旧(	既末　002 平 旧	既末
23				仕	1//6	砒　呉 2-3　メテリ　ね　'　(2-3-2　ね メテリ ね　で歩　な じり砒　2-3-2-1 歩 なっ づねメテリ 砒　'1(干　07 平　ね　'1, 3(な ぐり　な ぐり すま　ひ　ね , , 1/// 平　, ,	郷　渚　判ブ シウギデ0　'　る(ね了　郷 速　砒　'干　07 平 (呉	砒　仕
				先 '1//6(	1//6	な ぐり位　ね　ひ 道　, , ね位　ね　研　, , 'ボジゾ ズ ザユ ('　旧(	既末　速　1//6 平 ひ　, , 既末浴 ね　で , ,	既末　速

HC				同	平 敬	同	同	房
				先 ’1//6(	1//6	な ぐり位 ね 速 砒 , , な既協 ラナァム デなっ づ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 速 1//5 平	既末 速
				先 仕	1//6	な ぐり位 ね 速 砒 , , で ね夕 ひ どり な ぐり ね 研 ね達 ,,’O,0/1(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 003 平 旧	既末
				’1//8(	1//8	0832 平 で		泡
				導 天 ’1/0/(	1/0/	ね な ぐぞ カゥシね 宙,, ひ な ぐり培 砒 ,,’RRR/06,/4(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				号 仕	1/0/	1/// 平 ね ね 凹 ね 1 ,, 上 ねプラゥミ 市,,’RBF/73,/4(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				浄 仕	1/0/	1/// 平 ね ね 凹’ ね 0(,, 上な ぐり丈欠 速,,’RBF/73,/3(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				住 仕	1/00	0832 平 ね で ’RRR/21,O08(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
23				導 天 仕	1/00	研 ぞ ね ’2(,, な ぐり カゥシね 宙,,’RRR/21,O/2(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				上 田 仕	1/00	研 ぞ ね ’0(,, な ぐり ね ,,’RRR/21,O/0(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				上 田 仕	1/01	研 ぞ ね ,, な ぐり ね ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	各ズ ゾ 07 ザ ボシゥミ て説ま ぎ巧 で ね了 ,,と て お ぞお,,	承 各砒 房 各ズ ゾ

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
							各ズ ゾ 砒 雅 mn-440	
				先雁 仕	1/01	1/// 平 ね で な 市じり カゥシね		既末
				住 仕	1/04	双 採 な り化 ね 旧	沸承 卓	沸承 卓
				同 仕	086/	ね	砒 呉	
				仕	0873	ひ ね 道	’ 平 (	
				導率 仕	1//3	ね 浄浴 ぞど 了 ’ 旧(	ね りこて砒 >> 臨 琅砒 宣ね ね なざづ>>	’臨 琅 宣(
				住 仕	0851	ねゥヨ ,, ,, 0 1 2 丈 ね 3 ね 4 ゲ で ダモ ヌリ 速 5 ゥヨ 旧	砒 旧 雅 26 平	’既末 (
				仕	0855	な 市じり ね 砒	砒 呉 臨	
				先仕	0855	三導 ね ね粗	砒 呉 臨	
23				公 仕	0870	上 “ガド ゲ“ね なっ づ 旧	既末 既末	既末 既末
				公 仕	0870	上 “ガド ゲ“ね なっ づ	川 砒 呉	川 宣
				仕	0873	’ (な ぐり 里 宙’ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				末 雁	0878	ね で ね ’ 旧(	既末 既末	既末 既末
				末 雁	0880	化 ね で ね		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				末　雁	0881	で　およまぞ　ね　未 口　琅	雅 口 既末浴　ね 丈　口 琅 口	既末
				仕	1//0	丈　－　浴ね　ひ な　ね　なっ づ	固　琅	固　琅
				五三　太 仕	1//2	な 凹じり 上 ね　,, およまぞ 上 ね層歳,,	既末	既末
				浄　眞 ’1//3(	1//3	核　で　な干 ど ね な ぐり　脇ね字圧ね　’U/44, O/15(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末浴　仕
				仕	1//4	合　な ぐり　な じりロ 壊ね 杏,,　ね　,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　旧雅	既末
				上 仕	1//8	上およ　ごるぞ培監 ね　託 でJ,　平　N, 47(’ 旧	既末　005 平 旧	既末
				各 隅 仕	1/00	な　ざぞ　で　ムオナスミね ’GV /14, O/5(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 CUC	既末　逢各
			浴	功　むく ま仕	0887	江ね平　で　ね浴　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				功　むく ま仕	1//0	江ね平　およまぞ　ね浴 旧	既末 琅　旧雅	既末 琅
23				住　幸太 仕	0876	既　浴 ね 2 4j GyRAO な り　速採	協 既末　ね浴序 な じり砒　50 平 砒　呉 既　浴	房
				江　砒仕	088/	囲 0 1// ///	浴　囲	房
				欠 ’1//1(	1//1	1/// 平　ね“ “なっ づね　,, な り　じへらね　なっ づね　,,	砒	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				重叢 仕	1//5	泡採　ぞ　ね　監速宙 'R005, O/08('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				仕	1//7	壊　培末囲, ,　, ,	敬　囲	承　各砒 房　各ズ ゾ
				導　仕	1/0/	ね 崖　な ぐり　ね , ,　な り　ね 市な　ざぞ　ね , ,		
			監	仕	1//1	な り　監　ね　沿で	じへら	既末 じへら
				末 仕	1//1	1///平　L6-2(　ひ1//0平 了　L5-6(ね な　ざぞ 監　ね　で ね 徳	じへら	既末 じへら
				卒 仕	1/03	官　0/Ad　ぞ 監　ね上　ね 宙, ,　導 渋 ね , ,		既末　逢各
				化　項	0844	ねギ　ミ　ひな　ね先　ひ 砒　0　旧		既末
				化　項 '0845(	0845	ねギ　ミ　ひな　な じり砒　1 旧		既末
				化　項 '0846(	0846	ねギ　ミ　ひな　な じり砒　2 旧		既末
				時事 '0853(	0853	ゥヨ　ね培監 どよひな　ね , , 0　, ,	砒 房 呉	砒 房
					085/	固　ね　ね 0, ,　ね で 崖　ね , ,　旧		既末
23				託 仕	0852	ね鮭　ね　旧	1 雅	既末
				没　仕	0852	ね鮭　ね　旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				氷　隅 ’0864(	0864	丈　ね　,, な速　なっ づ,, 旧	既末　71 平 旧	既末
				氷　隅 ’0866(	0866	化 な 市じり鮭　ね　なっ づ 旧(	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				口 ’0870(	0870	,　ね鮭　旧	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				口 ’0871(	0871	,　ね　旧	既末　78 平 旧	既末
				口	0878	鮭　およね ポクヌザァ守　ね 凹	既末ね ポクヌザァ守 砒　各砒 ’(’ 502/1/16(’0875 77 平 (な ぐり ポクヌザァ守　ね 砒 砒　呉	叢　琅　宣
				同 ’1//4(	1//4	未　な ぐり　ね 研 で ね　速		
				同 ’1//6(	1//6	未　な ぐり　ね	砒　呉	
				院 凹 眞 仕	1/0/	な 市じり ネ　ねロ　でロ 氷平 ’RDL/21,/7(’ 旧(	既末　逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末　逢各
				時 仕	1/04	浴　ネ で　な 凹じり 丈 ね で　ねJ, 平 ’Q4,O,14(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　011 平 旧	既末
				丈	0885	な ざぞ 重 な	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
				五三　栃 仕	1//0	1/// 平　ね で の な お ね 1 ,,　ね 研 で　,, R2,O/04 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//0	既末浴　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
23				平 ’1//2(	1//2	ね		
				’1//3(	1//3	協’ 固 ズ ゾ 化偲(ね		
				材 仕	1//5	テ ゾへ ジね な じり砒 ,, な ぐり 泡 でザヤマ デ ギノ ポ 双 なっ づ,,	監で 監 固 呉雅	監 固
				住 仕	1/00	0832 平 ね で ’RRR/21, O08(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
		琅採		仕	0852	な ぐり 琅採 旧		既末
				速 仕	0875	採 琅採 な り 重 ね	既末 砒 了 雅	既末
		泡採		五三 卒 仕	1//1	泡採 託 およ ぞ ね浴序 ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/8 平 旧	既末
				五三 卒 仕	1//3	泡採 託 およまぞ ね 培序 市で 曳 令 ね ’P/53, O//2(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
		上		仕	1//0	なまよるぞ , で ね ,, 1/// 平 1//0平 了 てね ,,	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				五三 太 仕	1//1	な 凹じり 上 ね 旧	既末 平 旧雅	既末
				仕	1//1	ね か な不 り彰 ,,1/// 平 ね , およ,,	ザ ボシゥミ 固 ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
				’1//1(	1//1	1/// 平 な り ね	核	核

HC				同	平 敬	同	同	房
23		上		五三　太 仕	1//2	な　凹じり　上　ね　,, およまぞ　上　ね層歳,,	既末	既末
				五三　太 仕	1//3	な　ぐり　上　ね　,,　協 ひ　な,,　旧	既末　平　旧雅	既末
				各　隅 仕	1/00	な　ざぞ　で　ムオナスミね ’GV/14,O/5(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				仕	1/02	ね　上　速で 上　復　な　じり砒　,, ど　づ　’ォァザジ(ね　採り,, ’GV18,O/6(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC　1/02	既末　逢各
				仕	1/03	ォァザジ ね　な　じり砒　’GV16, O/2(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 ’CUC(1/03	既末　逢各
				没	084/	上　ひな　上　ね　野　ひ丈　ね 砒　旧		既末
				放	0841	丈　ね　なっ　づ　旧		既末
				三　止 ’0848(	0848	丈　ね事丈　なっ　づ,,　なケリ ポナゥミ ひズ➤,,　旧		既末
				’0848(	0848	丈　ね　ひな　野か　な　ほじ彰 なっ　づ　旧		既末
				’085/(	085/	丈　ね　砒　,,　00　丈 ね　で　凹野どよひな　ィォ　でね　,,	既末	既末
				三　止 仕	085/	材　重　ね　砒　旧		既末
				隅事 ’0850(	0850	重　ね	砒　房　呉	砒　房
				放 仕	0850	丈　ねピ　旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
23		上		隅事 仕	0850	ね　な り　砒　旧		既末
				隅事 仕	0850	ね　砒　旧		既末
				仕	0852	な ぐり 琅採　旧		既末
				隅事 ’0853(	0853	呉 6 ,,　呉 0(,,		
				隅事 ’0853(	0853	呉 7 ,,　ね 呉 0 ,,		
				放 ’0853(	0853	丈　ねぐ　ね事 丈ね　ね 市 なっ づ 旧		既末
				時事 ’0853(	0853	な ぐりホ ラ ク ゲァね　なっ づ	砒 房 呉	砒 房
				平 ’0854(	0854	ね 平		既末
				平 ’0856(	0856	ね　なっ づ 0　旧		既末
				次 ’0857(	0857	江　ね　ね　なっ づ		既末
				’0858(	0858	ね　33 平 2		
				’0861(	0861			
				放 ’0867(	0867	ねオゲゥ な り 速 ,できな オゲゥ な 逢ざづ , 旧	砒　了 雅	既末　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				点 ’0870(	0870	丈　な ぐり 上　逢継	了 逢絞	固　琅
				干 仕	0871	な ぐり　ね Bk　で　,, ,,　旧	了 雅	
				点 仕	0871	丈　ね 上　で ね　旧	了 雅	
				速 仕	0875	採　琅採 な り　重 ね	既末　砒　了 雅	既末
23		上		郷 砒 房 了 砒 ズ ゾ 仕	0881	0880 0881 平ね　核 ね　で ね ね	了 逢絞	固　琅 仕
				松 仕	0882	核 ね ’0878 0880 平(ね ね ね なっ づ 旧(	既末　了 雅	既末
				導 仕	0882	化浴 協　ね　ね ’旧(	既末　了 雅	既末
				化 月 仕	0883	ねゲゴィジマ ギど　ね実 ど 凹 ’旧(	既末　了 雅	既末
				化 月 仕	0883	ねゲゴィジマ ギど　なっ づ な　でね ’旧(	既末　了 雅	既末
				郷 砒 房 了 砒 ズ ゾ	0883	ね 寅	了 逢絞	固　琅
				化 月 仕	0884	化浴　て がぞ丈っね L7 ギヨジね　ね ね　なっ づ 旧(	逢 各 了 雅	既末　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
				化　月 仕	0884	協　　てね　　ね　ね ね　ね　なっ　づ　旧(	既末　　了　雅	既末
				導 仕	0884	ねゲゴィジマ ギど　　なっ　づ	1	既末
				導 仕	0885	ね　凹野　で　　’　旧(	逢　各　了 雅	既末　　仕
				化　月 仕	0887	上　ね　な じり 筒　ね ね 各　’ 旧(	既末　　了　雅	既末
				房仕	1//0	1/// 平　　L 6-2　ね　　な ぐり 上	了　逢絞	固　琅
23		上		仕	1//1	な ぐり　で 凹野ね　’R/28, O//2(ボ ジゾ ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅 ’BC, QNL(	既末浴　　仕
				仕	1//3	核 な ぐり　　上　’1//2 平 4 >0/ (	了　逢絞	固　琅
				仕	1//3	核 な ぐり　　上　’1//2 平 00 >1//3 平 3 (	了　逢絞	固　琅
				仕	1//4	核 な ぐり　　上　’1//3 平 00 >1//4 平 3 (	了　逢絞	固　琅
				琅　仕	1//4	核 な ぐり　　上　1//3 平 4 >1//3 平 0/	了　逢絞	固　琅
				仕	1//5	核 な ぐり　　上　’1//4 平 4 >1//4 平 0/ (	了　逢絞	固　琅
				仕	1//5	核 な ぐり　　上　’1//4 平 00 >1//5 平 3 (	了　逢絞	固　琅
				仕	1//6	核 な ぐり　　上　’1//5 平 4 >1//5 平 0/ (	了　逢絞	固　琅

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
23		上		仕	1//6	核 な ぐり 上 ’1//5 平 00 1//6 平 3 （	了 逢絞	固 琅
				仕	1//7	核 な ぐり 上 ’1//6 平 4 1//6 平 0/ （	了 逢絞	固 琅
				仕	1//7	核 な ぐり 上 1//6 平 00 1//7 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1//8	核 な ぐり 上 1//7 平 4 1//7 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1//8	核 な ぐり 上 1//7 平 00 1//8 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1/0/	核 な ぐり 上 1//8 平 00 1/0/ 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1/0/	核 な ぐり 上 1//8 平 4 1//8 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/00	核 な ぐり 上 1/0/ 平 00 1/00 平 4	了 逢絞	固 琅
				仕	1/01	核 な ぐり 上 1/00 平 5 1/00 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/01	核 な ぐり 上 1/00 平 00 1/01 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1/02	核 な ぐり 上 1/01 平 00 1/02 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1/02	核 な ぐり 上 1/01 平 4 1/01 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/03	核 な ぐり 1/02 平 00 1/03 平 3	了 逢絞	固 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/03	核 な ぐり 上 1/02 平 4 1/02 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/04	核 な ぐり 1/03 平 4 1/03 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/04	核 な ぐり ’1/03 平 00 1/04 平 3 （	了 逢絞	固 琅
				仕	0870	- ね >口 丈 ね丹 でR 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				仕	0871	化 およ な 市じり >口 丈 ねR 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
23		上		仕	0871	核難 な 市じり斐る ひ 崖 総 ねR		砒
				仕	1//0	核 > な ぐり > 丈 ね R Mc ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 0/7 平 旧	既末
				五三 太 仕	1//2	な 凹じり 上 ね ,, およまぞ 上 ね層歳,,	既末	既末
				号 仕	1/0/	1/// 平 ね ね 凹 ね 1 ,, 上 ねプラゥミ 市,,’RBF/73,/4(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL 1/0/	既末 逢各
				’0870(	0870	ね 激		刈 「 房
				郷 砒 房 了 砒 ズ ゾ 仕	0881	0880 0881 平ね 核 ね で ね ね	了 逢絞	固 琅 仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				松 仕	0882	核 ね ’0878 0880 平(ね ね ね なっ づ 旧(	既末 了 雅	既末
				合 仕	0887	干重 な 市じり で 夕 ね でね な っ づ ね丹 既重 ひ ね 夕 でづ	砒 呉 臨	
				ィ サへリ 仕	1///	ね 上 ね		砒
			浴	功 むく ま仕	0887	江ね平 で ね浴 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				功 むく ま仕	1//0	江ね平 およまぞ ね浴 旧	既末 琅 旧雅	既末 琅
23			浴	’1//4(	1//4	ね およまぞ ね浴		
			Bk	干 仕	0871	な ぐり ね Bk で ,, ,, 旧	了 雅	
24	合			止仕	1/03	協 寸 ねホ ラ クゲァな ぐり カヨジ み 合 ピヨ CJO ね誌宙で ね化 ね ね な ぐり	砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				発 雁仕	0884	禎五 丸 ね およ たごるぞ Sm ひ 合 で ね	砒	既末
					0885	寸 ね なねり 合 ひ Sm ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				付 速 仕	0887	な ぐり 合 ね	砒	砒
				仕	1//4	合 な ぐり な じり口 壊ね 杏,, ね ,,’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				導　篠太 '1//8(	1//8	合　CJOね　託 ね三上　Q,14('ボジブ　ズ　ザユ　旧	既末　005 平 旧	既末
				止仕	1/03	協　寸　ねホ　ラ　クゲァな　ぐり　カヨジ み　合　ピヨ　CJOね誌宙で　ね化　ね　ね な　ぐり	砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
			琅採	住 '0854(	0854	琅採　な　り　速　三ね　,,　ね仕 ね採　な　逢ざづ,,　1-　速　ね　1'a(　合　なっ づ　旧	既末	既末
			泡採	'1//7(	1//7	既末浴浴序ね　泡採　双　市およ　宙ごるり　合 CJOで　0　ピヨ　R　M0 ね　で　市　'P 028,//8(' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL	既末　逢各
24	合	上		功 雁'0868(	0868	固ね　合〉　〉　な　崖　ね	既末　ね 砒　各砒　'(' 42 平　('　223/43(	叢　'　川　琅　(
25	凹			仕	0888	核　凹　協　ね　で ね　ね	核　砒　呉	核　各琅　宣
				抗　号 '1//6(	1//6	叢〉凹　で　ね　旧	既末　速　1//6 平 ひ　,, 既末浴 ね　で ,,	既末　速

仕　1//1　郷　囲　「

HC				同	平 敬	同	同	房
				太 '1/0/(	1/0/	ね　　が り　　「' 旧(	既末　　砒 雅 1/0/	既末
				没　項 '0865(	0865	クラ　ゾピ>凹　　な ぐり　>　各　な っ づ 旧	既末　　72 平 旧	既末
				差 仕	0871	凹　　ね　　オマ クデ　　ひ サギ で ね　　旧	既末　　78 平 旧	既末
				差 仕	0877	凹　　な ぐり三　　ね　で ね	臨	
				差 仕	0888	凹　　リ デな ぐり　　ね できなIii　ひ Rff　　ね　なっ づ	臨	
				材 '1//3(	1//3	凹 干重　ね　　で丈	核	核
				合 仕	0863	ね泡　ね　　旧	既末　　70 平 旧	既末
				材	0882	ねァオペャ	核　　砒　呉	核　琅　　宣
25	凹			末 仕	1/0/	核　　ね 丈　　,,託　　およねァ ブ ダ,, 旧	平　　旧 雅	
				材 仕	1//0	核 凹 干重ね　　およ よるぞ 03B 平 旧	既末　　既末 Mn-016 各佳	既末　　仕
				材 '1//3(	1//3	凹 干重　ね　　で丈	核	核
				仕	1//8	ねァズジム デな じり　で凸　ね　,, 凹　で　ね　およ,,'Y065,O/03('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　　逢各　了 雅 BC,QNL 1//8	既末　　逢各

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				五三	0883	協　　ね		既末
				五三 仕	0885	協　な　市じり　　’旧(	丈　　旧雅	既末　　仕
		上		五三	088/	協　ね　　守　　ね　　で　凹		既末
				仕	0886	事　で　　ね　　なっ　づ	砒	核　　砒　ズ　ゾ
26				’1//1(	1//1	で谷　　ざぞ　干重　　ね　で ’旧(	既末　　砒 雅	既末
				末　仕	0883	協　な　ぐり　　口　　で二　丈 ね　ね　三		既末
				欠 仕	1//8	な　　ね培監　ね 野,,　　な　ぐりホ　ラ　ク　　,,’ボジ ゾ　ズ　ザユ(’　旧(	干　08平 1//6平 1　平ザ　ボシゥミ　既末 了　雅1//8	既末
				止 ’1//8(	1//8	て宝於ざぞ　　ね ねテ▼ダ　　普	ナヤ　ジ	宝　八
				欠 仕	1/00	1//7 平　　が　ざぞ　ね 野,,　　ホ　ラ　ク　,,	砒	既末
				住 仕	1/00	な　ぐり	砒　庁 各　砒　1	庁　　各　砒
26					0875	ひ　三　ね　重ォピアォヨィデの ピ　デね　上　お　’旧(	既末　　旧	既末
				平 仕	0878	な　ぐり　　壊ね里 で　　ねガヤ　ラ　ボィ　デ	砒　房砒　呉	琅　　砒　房

HC				同	平 敬	同	同	房
				住 仕	0880	ね ゲ リト ’ 旧(	既末 既末 既末 Mn 85’各佳 (	既末 仕
				仕	0887	挙デ ヌリ 偲 ね	臨 砒 房砒 呉 琅	琅
				氷 仕	1//2	ね ,,口 ぞの ね ,,’C20,O/06(’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	了 雅	
				氷 仕	1//2	ね な培つぎ ね 凹 P/31,/00 旧	逢 各 了 雅 BC,QNL 1//2	既末浴 仕
				方 止	0876	旬 な ぐり丈 ね導 ’ 旧(	既末 旧	既末
				方 止	0878	各 旬 な ぐり丈 ね 速’ 旧(	既末 85 平 旧	既末
				仕	088/	三 ねロ ひ丈 なまよるり ね 速		既末
				仕	1//6	ね導 速な ごるぞ じへらで ね 速		既末
			浴	仕	0875	千重な ぐり ねB 03 平 で浴 ’ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0888	な 市じり およ よるぞ浴 ’ 旧(	既末 既末	既末 既末
				’1//3(	1//3	千重な ぐり 令 ね浴	砒 呉	琅 宣
26			浴	住 号 仕	1/00	浴 凹 浴 率重 な ぐり ね ,, な ね 浴 でね な っ づ,,	砒	既末
				仕	0888	旬 三 な ぐり丈 ね	庁 各 3’琅 (	庁 各

HC				同	平 敬	同	同	房
				隅事 ’0855(	0855	丈 ねれ ね なっ づね 1 2 ね 房	砒 呉	琅 宣
				’085/(	085/	固 ね ね 0,, ね で 崖 ね ,, 旧		既末
				’0856(	0856	上ね丈 ね 0,, ね 泡 で 寅 でね ,,		砒
				仕	0856	上ね丈 ね なっ づ 0 旧		既末
				’0858(	0858	上ね丈 ね 1,, ね なっ づ, ,	砒 房	砒 房
				三 ’0868(	0868	化 な 市じり ,, ,,	雅	既末
				仕	0878	な ぐりベリミ ね 速 でぎ な なっ づ	核 砒 呉	核 琅 宣
				仕	0881	五 化 な 市じり ベリミ ね	核 砒 呉	核 琅 宣
					0882	協 ね な挙 るり ひテ リゾ ’旧(	既末 既末	既末 既末
				散 仕	1/03	柴 な ぐり 市 ね里 ’RFK32,O/4(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’CUC(1/03	既末 逢各
				仕	0867	市 な ぐりケ ➤ ジバ ジオ リ	砒 雅	
				仕	0868	市 な ぐりジオリ ね ’ 旧(	既末 平 旧雅	既末
26				仕	0868	市 グィオィ ねボラヴィブ 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0872	三　市　な ぐりジオリ ね	砒 雅	
				仕	0887	挙デ ヌリ 偲 ね	臨 砒 房砒 呉 琅	琅
			琅採	導 ’0846(	0846	琅採 呉	房	房
				導 仕	0846	琅採 呉	房	房
		上		公 ギ ミ 珪 ’0867(	0867	な ぐり ねＢ’5(なっ づ		既末
				三 寄欠 仕	0840	ネ 呉	上 呉	
				住 事 ’0862(	0862	ね なっ づ 旧(	既末 7/平 旧	既末
				仕	1//3	核 な ぐり 上 ’1//2 平 4 >0/ (	了 逢絞	固 琅
				仕	1//3	核 な ぐり 上 ’1//2 平 00 >1//3 平 3 (	了 逢絞	固 琅
				仕	1//4	核 な ぐり 上 ’1//3 平 00 >1//4 平 3 (	了 逢絞	固 琅
				琅 仕	1//4	核 な ぐり 上 1//3 平 4 >1//3 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1//5	核 な ぐり 上 ’1//4 平 4 >1//4 平 0/ (	了 逢絞	固 琅

HC				同	平 敬	同	同	房
26		上		仕	1//5	核　な　ぐり　　上　　'1//4 平 00　>1//5 平 3　(	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//6	核　な　ぐり　　上　　'1//5 平 4　>1//5 平 0/　(	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//6	核　な　ぐり　　上　　'1//5 平 00　　1//6 平 3　(	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//7	核　な　ぐり　　上　　'1//6 平 4　　1//6 平 0/　(	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//7	核　な　ぐり　　上　　1//6 平 00　　1//7 平 3	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//8	核　な　ぐり　　上　　1//7 平 4　　1//7 平 0/	了　逢絞	固　　琅
				仕	1//8	核　な　ぐり　　上　　1//7 平 00　　1//8 平 3	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/0/	核　な　ぐり　　上　　1//8 平 00　　1/0/ 平 3	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/0/	核　な　ぐり　　上　　1//8 平 4　　1//8 平 0/	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/00	核　な　ぐり　　上　　1/0/ 平 00　　1/00 平 4	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/01	核　な　ぐり　　上　　1/00 平 5　　1/00 平 0/	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/01	核　な　ぐり　　上　　1/00 平 00　　1/01 平 3	了　逢絞	固　　琅
				仕	1/02	核　な　ぐり　　上　　1/01 平 00　　1/02 平 3	了　逢絞	固　　琅

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
26		上		仕	1/02	核 な ぐり 上 1/01 平 4 1/01 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/03	核 な ぐり 1/02 平 00 1/03 平 3	了 逢絞	固 琅
				仕	1/03	核 な ぐり 上 1/02 平 4 1/02 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/04	核 な ぐり 1/03 平 4 1/03 平 0/	了 逢絞	固 琅
				仕	1/04	核 な ぐり ’1/03 平 00 1/04 平 3 （	了 逢絞	固 琅
				功 雁’0868(	0868	固ね 合〉 〉 な 崖 ね	既末 ね 砒 各砒 ’(’ 42 平 (’ 223/43(	叢 ’ 川 琅 （
				仕	0870	− ね 〉口 丈 ね丹 でR 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				仕	0871	化 およ な 市じり 〉口 丈 ねR 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				太 仕	0877	ね“ 重 “ねQa R ’ 旧(	既末 既末 既 末	既末 仕
				末 雄 仕	0882	上ね ね ひ	上	既末 上
				仕	0884	月 崖 総 崖 ねQa R ァィ ギ 平 でR	房	房
				仕	1//4	五 千ねデイピ ね 守宙 ’N, 018(’ 旧(	既末 001 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				眞　仕	1//4	可て　雅ざぞデイピ　ね　　守宙　　託 'F/05, O//0('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				仕	1//8	ベリミ　　な　じり ひ　　Q, 77('ボジゾ　ズ　ザユ　' 旧	既末　　005 平 旧	既末
26				重 仕	0888	可ねデイピ　' ね 0(　　およ　ぞデイピ　ね で　　' 旧(	既末　　既末	既末　　既末
				孜　仕	0888	可ねデイピ　　－　－　およまぞデイピ　ね で	房	房
				重 仕	0888	およ　ぞデイピ　　てね　　化　ね		砒
					1///	合五　旬　　ね　'L b, O/00('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	逢　　各　　了 雅 'BC, QNL(	既末浴　　仕
				上　卒 仕	1//0	ね丹　2　　ね　　で　　ね	砒　　呉	琅　　宣
				仕	1//2	ね浄　　上　ね　　で　　ね　　I/61, O//2　ボジゾ ズ　ザユ　　旧	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(1//2	既末浴　　仕
				住　　八 仕	1//4	な　ぐり　上　ね　　ひ　　でね　逢 ' 旧(	05　既末 旧雅	既末
			浴	仕	0875	干重な　ぐり　　ねB　03 平　で浴 ' 旧(	既末　琅　　了　雅	既末　琅
				仕	0875	干重　　ね　　で浴　　浴　　干重 ねロ　琅　　な　じり砒　1	浴　　な　ぐり　　浴 で　　砒 '　砒　(砒　　呉 '　47　48　5/ 平　(4731//41	庁
				仕	0888	な　市じり　　およ　よるぞ浴　　' 旧(	既末　　既末	既末　　既末

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				’1//3(	1//3	干重な ぐり 令 ね浴	砒 呉	琅 宣
				住 号 仕	1/00	浴 凹 浴 率重 な ぐり ね ,, な ね 浴 でね な っ づ,,	砒	既末
27	禎			材 ’0868(	0868	禎 三	既 ね 6 庁 ね むく づ	仕
27	禎			仕	1//3	郷 囲 禎「	郷 囲 09l4 /// 固 琅 承 C 0, Mn-324	固 琅 仕
				宙 仕	0870	禎 なまり 未 でゥ 旧	既末 77 平 旧	既末
				止 仕	1//1	化末川 な ぐり ね 徳で ,, 末 禎 守 でざづ, ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 既末 旧雅	既末 仕
			oG	導 仕	0861	庁 禎 ね 浴沿な じり砒 ,, 0-0857 平 1 早な ぐり 野 oG ひ栃 ラ ラ ァ メナ ァ ダ ね 市,,	庁	庁
3/				丸 止 仕	1//6	権する な 歩> で るな ね ね 徳,, ね 速 な ぐり ,,’S 044, O//3(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL (	既末 逢各
				重 仕	1//8	Dwbdk UA な り ね ザマヤ➤ ザユ ね ま,, 可 可 ね ,,’ //2, O/07(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0873	ね　　琅	既末　　砒　　了 雅	既末
				篠止 仕	0880	速　ね　　の　　お　　速 ね　　三　　デ▼ダ　　’旧(	了　雅	
				太 仕	0882	速　　ね 寸　協デ▼ダ　　’旧(	逢　　0882平各 了　雅	仕
				太 仕	0882	凸　ね　で　　速　　ね ね　凸　協化　偲　　ねデ▼ダ ’旧(	逢　　0882平各 了　雅	仕
				篠止 仕	0886	速　　ね てねデ▼ダ		卓
3/				天 仕	0887	干重位　　な誌むよるぞ　　速　　鳳　協 ね	砒	砒
				篠止 仕	0888	郷　　囲Z	郷　　囲 0914 /// 固 琅　承　　C-0, Mn-257	既末　囲ズ　ゾ
				仕	1///	ホ　ラ　ク　　な培つぎ　　干重ね　　速 ね　　な　ぐり　　’P , O/01(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	逢　　各　　了 雅 ’BC, QNL (	既末浴　　仕
				重　太 仕	1//0	干重な　ぐり　　速　　ね　　層歳		既末
				仕	1//0	ホ　ラ　ク　　な培つぎ　　干重ね　　速 ね　　な　ぐり　　P1 , O//2　ボジゾ　ズ　ザユ　　旧	逢　　各　　了 雅’BC, QNL (1//0	既末浴　　仕
				仕	1//1	ホ　ラ　ク　　寅　逢継　　な培つぎ　　干重な　ぐり 速　　ね		卓
				孜 ’1//2(	1//2	協　な　凹ごるぞ　　速 ね　凹	砒	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
3/				丸　止 仕	1//6	権する　な　歩>　でるな　ね ね　徳,,　ね　速　な　ぐり　,,'S044, O//3('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL(	既末　逢各
				斎 '1//7(	1//7	ね　速　の　づ　づ　ぞお 1 ,, 鳳　の　ね　な　ざぞお,,	郷　砒　房平　'BC, QNL(	郷　砒　房
				材 仕	1/02	三ね　み　ね　,,　ね 宙ブ　ズジで　ね　,,　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				材　仕	0880	江　ね　で　ね　およ　ざ ぞ　ね 03B 平　で ね	砒	既末　砒
				仕	0886	ね　'　旧(	既末　既末	既末　既末
				孜 仕	1//0	協 ね　およ　凹ごるぞ　ピ ヨで ね	砒	既末
				'1//5(	1//5	三　ね　'　旧(	既末　琅　旧雅	既末　琅
				'1//7(	1//7	三　な　ぐり　ね 平	琅	既末　琅
				重	0885	ね　曳　庁　ピヨ ビ　ギ	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
				重	0885	ね　速　なまよるり　曳　ね五凹叢 (	雅　既末ね ピヨ	既末　仕
				仕	1//4	没材　ね　>　浴序　凹 ね　で 階　ね　平	泡　没材　各 呉	泡
			浴	仕	0867	位 ね　で裕　2 ,,　干重協　上 ね　ね 平　,,		

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	0868	じへら　な　ぐり　上　ね　字　で でね　,,　ね　,,	臨　各ザ　ボシゥミ 雅　05	砒　臨　判砒　臨 各砒　珪
				権　庁号 '0851(	0851	ジへラ　ね　ね　なっ　づ,,丹でざづ　ね でじり　ね　,,	で培	
				化 '0871(	0871	没　ね　培　浴序　市　な　ぐり浴 序　じへらテ　グ　旧	既末　78平 旧	既末
				材　仕	0880	江　ね　で　ね　およ　ざ ぞ　ね03B平　で ね	砒	既末　砒
		上		仕	1//7	浴　な　ぐり守放協浴　泡 0743 ね ね　,,完　浴　な,,	歳	歳　砒
				導　欠 '0868(	0868	既末　上　な凹師ざづ,,　泡ね て　るぞ　ひ　でざぞ　,,	上　で五　でボ　ブ	上　承　卓
				五 止	0883	ね同	同　じり	承　堀凹片仕
			oG	江　旨 仕	0880	な　ぐり難　ねoGで 字　ね	既末　ひ で　'ね0(	既末
			浴	仕	0867	位　ね　で浴　2,,　干重協　上 ね　ね 平　,,		
3/			Bk	天 '086/(	086/	上　Bkcnogkdahr e kb s NHRGH	叢　琅　呉	叢　琅
30				旬 '0867(	0867	で 固化　脇化　ね で　道なっ づ	LSK　速,,　速 ね な じり 各砒　砒　逢絞 ,,　砒　各砒 速 ね　「	琅
				篠止 '0867(	0867	脇協　ね　速 な　で 遊 ,, 鎖　ね双 な じり 筒　ね1　ひ ね　,,	LSK　速,,　速 ね な じり 各砒　砒　逢絞	琅

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
							,, 砒 各砒 速 ね 「	
				材 仕	0874	干重協 ね 託 で 杏でざづ ね	でざぞ ねぞむね ザジ ミね 砒 ’ 砒 B(砒 呉 ’ 48平 (’ 48477/081(	’ (
				導 仕	0875	干重協 ね	砒	砒
				天 仕	0875	干重協 ね な じり平	砒	砒
				導	0880	干重協 ね	臨 砒 呉	臨
					0882	脇協 な ぐり 速 ね 監じへらで 遊	雅	既末
				仕	0882	双 採 て よおなど ぞ 脇化 ね ’ボジゾ テメ(’ 旧(	既末 0// 平 旧	既末
				導 仕	0887	0 脇化 ね	臨 砒 呉	臨
				’1//0(	1//0	呉 片,, 速 化 脇化 脇協 な じり ,,		
				仕	1//1	脇化 な ’ 旧(	既末 砒 雅	既末
				三 放 仕	0845	ね なっ づ 旧		既末
30					0875	W 未 な り互 可 ね ね 砒 ’ ね0(	臨 砒 呉	臨

HC				同	平 敬	同	同	房
			浴	材	1///	千重な ぐり ね浴 千重 でぎづ	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
			監		0882	脇協 な ぐり 速 ね 監じへらで 遊	雅	既末
				’1//1(	1//1	06/6 平宜氷 な り 互 ね 監 ’X/17, //4(旧	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				宝仕	0866	干重ね で	既末 73 平平 0	既末 固
				止 仕	1//1	干重な じり ど なっ づF/2/, O//6(ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
			琅採	固 固 放 町 ’0870(	0870	崖 琅採 呉		固 固 放 町
		上		雄 仕	0885	ひ ね 崖 ね R Mc ’ 旧(	既末 0/2 平 旧	既末
			浴	材	1///	千重な ぐり ね浴 千重 でぎづ	ザ ボシゥミ 雅	既末 砒
31				重 ’0862(	0862	な ぐり 三 ね		既末
				仕	0880	ね礪 分り 三	2 臨	
				天 仕	0884	広 干重 ’ (ねデ▼ダ な培つぎ口 ね 了 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
					0884	干重 ひ ね	2 臨	

HC				同	平 敬	同	同	房
31				天 仕	0885	およまぞ広　干重　　ね　　ね 1-　　9　　’旧(	既末　　旧雅	既末
				没 祢仕	0885	播彰　　眞およ　ざぞ　　囲な　ごるぞ ’広　干重　　(ね　　’旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅
				没 祢仕	0886	広　干重　ね　デ▶ダ　で ね で　寸　　’旧(	既末　　了　雅	既末
				仕	0887	郷　　囲Z	郷　　囲 0914 /// 固 琅　承　　C-0, Mn-244	既末　囲ズ　ゾ
				仕	0887	干重な　ぐり　　速　　ね 市　でズクム ,ザユ ’旧(	逢　各　了 雅	既末　　仕
				天 仕	1///	広　干重　　ね誌宙で　　ひ　逢じり	夕　　で口 0888 平各　ね　　な	浴　凹片
				没 祢仕	1///	広　干重　-　ね　　で　　ね	砒	既末
				江 仕	1//0	協　ね　速　　末　ね　層歳	固　各砒　房砒	固　仕
				守 ’1//0(	1//0	ね　速　　三　ね 速 ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　　0/7 平 旧	既末
				末 匠 仕	1//4	ホ ラ ク　な り広　干重　　>　　ね	砒	砒
				末 匠 仕	1//4	ホ ラ ク　な り広　干重　　ね I/16, //1　旧	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末浴　　仕
				功 仕	1//5	広　干重　　な ぐり双　　採	砒	砒
				’1/0/(	1/0/	干重ね里	ね　砒	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				材　天 仕	1/02	干重　な ぐり　で　ピヨね ’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　旧雅	既末
				権　卒雁 仕	0865	ねロ　琵　三　ねロ　でぎなハイォゾィデ 三ね　>フラヤ ニ　なっ づ　旧	既末　72 平 旧	既末
31				材 ’1//8(	1//8	干重な ぐり曳　ひ　ね　で ね	砒	既末
				仕	1//8	干重上ね　三　な挙圧じり　ね カヨジね　Q 088(’ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　005 平 旧	既末
				仕	1//8	干重上ね　三　な挙圧じり　ね カヨジね　Q 088(’ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　005 平 旧	既末
				仕	0881	ね　な 道じり　1’ 旧(	既末　88 平 旧	既末
				号 仕	0881	ね　な 道じり　0’ 旧(	既末　88 平 旧	既末
				仕	0881	ね　な 道じり　1	2　臨	
				号 仕	0881	ね　な 道じり　0	2　臨	
				仕	0882	ね　な 道じり　0’ 旧(	既末　0// 平 旧	既末
				仕	0882	ね　な 道じり　2	2　臨	
			浴	口 仕	087/	位 ね　で浴　3 ,,　干重　,,		
				導	1///	ねフラヤ ニ.　な ほじ浴　継 ね彰 ’NCOKdf 063 (’Db, /04(’ 旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL (	既末浴　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
31				五 止太 ’0856(	0856	ね ねロ 了	ね ,,氷五 丈 託 ,,	氷五 丈 託
				隅 仕	0875	口 ね 化 ね 丈	禎 雅琅 呉	禎
				上	088/	ね 速 な づ 市じり ね速 遊 ’ 旧(	既末 86平 旧	既末
				眞 仕	1//2	ゾハダ な りフラヤ ニ, 軟ね砒 ,,口 ね 宙,, D/01,O//5 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢 各 了 雅’BC,QNL(1//2	既末浴 仕
				仕	1//3	ゾハダ な りフラヤ ニ, 軟ね砒 口 ’D/01,/01(’ 旧(	逢 各 了 雅’BC,QNL(	既末浴 仕
				仕	1//6	ゾハダ な りフリ ,, 軟 な ぐり口 ね ,,’D000,O/01(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC,QNL(	既末 逢各
				仕	1//7	ゾハダ な りフリ > 軟な ぐり口 ね ’//3,/6(’ 旧	了 雅’BC,QNL(	
		上		対雁 仕	085/	ね 砒		既末
				仕	0880	ね礪 分り 三	2 臨	
				桂五	0886	ね で	ね 砒	砒
				導 仕	1//3	0835平協浴 なでめど ね ね ,, ね 各,,’ 旧(		承 各砒 房 砒 ズ ゾ
				導 仕	1//3	0835 平協浴 な 上 ね ,, ね 各,,’R/38,//4(’ 旧(	逢 各 了 雅’BC,QNL(	既末浴 仕
				凹 叢 仕	1//0	ね 上 なっ づ	砒 房平	砒 房

HC				同	平 敬	同	同	房
			浴	口 仕	087/	位 ね で谷 3 ,, 干重 ,,		
				導	1///	ねフラヤ ニ. な ほじ浴 継 ね彰 'NCOKdf 063 ('Db, /04(' 旧(	逢 各 了 雅'BC, QNL(	既末浴 仕
32				五 仕	1//5	ね およ ざぞポ カ ね で 累 'Q 085('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 002 平 旧	既末
				丈 仕	1/02	南 てね な培つぎ ね ど 監メ テリね '1, 385(	砒 雅 'BC, QNL(	
			隅	仕	1/00	0835 平協浴 ね五 ね渚小およ 宙ごるり ね隅 野,, 住 な,,	砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
				材三 仕	0886	守放協浴 な り ね 帯 ' 旧(	既末 了 雅	既末
32				三 '0866(	0866	浴 ね で なっ づ	砒 呉 臨	
				材 庁	0878	上ね三 ' 旧(	既末 85 平 旧	既末
				材 庁	088/	ね三 ね工権じへら 野	速 速 砒	速 砒
				仕	0880	丈泡 でざづね ' 旧(	既末 87 平 旧	既末
				庁重 仕	1//4	可 ダウリ ブ ね ひ ゲァズ ゾ な ぐり ゲァ ね 逢継 ね 'B/67(' 旧(	既末 了 雅	既末
				'1/0/(	1/0/	託 な 宙ごるぞ	既末 Mdvr	既末
				化材 眞 仕	1/00	協 な 道じり丹 ね 速で 'RRR/18, O0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				没材 雁 仕	0853	浴 ね礪	砒 呉 臨 0	
				由 欠 仕	0858	協 ね	砒 呉 臨	
				湿 仕	086/	協 化 叢 ね 旧		既末
				湿 仕	0881	協 ね な		各砒
				条	0885	宣 じり浴	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				仕	0872	宣 住 浴序 ね	率 敬 -臨	
				泡 里 仕	0864	栂 ね 速なっ づ 旧	既末 71 平 旧	既末
				佐 仕	1/02	干重な ぐり G.U ジベギヲ およ 宙ごるぞ R泡 ね 干 ね 旧	既末 了 雅 1/02	既末
				佐 仕	1/03	寅 およ 宙ごるり 干重ね 監 速'RRR24, O0/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
		上		仕	1//7	ね じへらね 速 道 で 上 ' 旧(		既末 逢各
32		上		仕	1//8	ね じへらな ぐり 速 道 で 上 速		既末 逢各
				太 '0862(	0862	ね なっ づ	36 平 6 難 ね で 砒 砒 臨 ね 各 砒 36 平	重 止 郷
				仕	0882	協 ネ ね 崖 ね R でMc ね ' 旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//4	材な　市じり　　ねジデ　ダゥミ 平		既末
				五 ’0854(	0854	な　ぐり　上　ね　　0	砒　　呉 臨　　0	
				湿 仕	088/	で ね　　ね 2　　化　　叢累　　ね で	砒　　呉 臨	
			浴	浄 仕	1//3	住　　な　ぐり浴　　ね　　’/30(’　旧(	既末　　了　雅	既末
				浄 仕	1//4	住　　な　ぐり浴　　ね　　継 ’//4(’　旧(	既末　　了　雅	既末
				浄 仕	1//5	住　な　ぐり浴　　ね ’継(’C/56(’　旧(	既末　　了　雅	既末
		ね仕		’1//4(	1//4	⮜リ　　ね八　ね　　で ね貫勘　　住　ね　　F/07,//1　　旧	逢　　各　　了 雅’BC,QNL(	既末浴　　仕
33	了			守 仕	1//2	雅およ　ごるぞ浴序　　ね　　層歳,, 了　　速　ね　な　　ィへ　デ,,ボジゾ ズ ザユ　　旧	既末　　旧雅	既末
				材 眞仕	0880	速　　ね浄浴序’判　　了 (ね　　’旧(	既末　　87 平 旧	既末
					0881	了　　三　協 ね	2　臨	
33	了			導　先 仕	0882	了 化　な ぐり　　速 浴序　　ね	雅	既末
					0883	了　　なっ づ	砒 房 呉	砒 房
					0885	了　　なっ づ	砒 房 呉	砒 房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
					0885	了丈　ね　速　遊 ’ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
					0885	速　了 ね	砒	砒
				叢 仕	0885	了 な ぐり 速 浴序 ね 市でズクム ザユ ’ 旧(	既末 0/2 平 旧	既末
				重 託 仕	0886	固化 了 浴 な ぐり 速 ね 速でズクム ,ザユ	固 各砒 房砒	固 仕
					0886	了 なっ づ	ね 砒	砒
				栃合	0886	速 ねズクム ,ザユ 砒 できな 了 ひ 浴峠浴 なっ づ ’ 旧(	房	房
				篠止 仕	0887	ね 速 了 ね ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0888	郷 囲Z 了丈	郷 囲 0914 /// 固 琅 承 C-0, Mn-257	既末 囲ズ ゾ
				仕	1///	了 な ぐり 速 末 ねデ➤ ダ ’ (	固 各砒 房砒	固 仕
				仕	1///	了 な ぐり 速 ひ 末 ね 上 速’B04(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				江 仕	1///	了 な ぐり 速 末 ね 層歳 ’B05(’ 旧(	既末 了 雅	既末
				庁 仕	1//0	渚 でざぞ浄浴序 ね 層歳砒 1 ,, 了 浴 LSK な ぐり宝 ,,	ナヤ ジ	宝 八
				庁 仕	1//0	了 浴 ね 速 ね 1 ,,三 浴三ホ ラ クゲァね ,,	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
33	了			丈 仕	1//0	了 浴 ね 速 ね 0 ,,ザ クリ ダモヌリ 泡採 ね ,,	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				庁 仕	1//0	了　浴　ね　速　ね 旧	EQB Mdvr	承　各砒　房　砒　ズ　ゾ
				天仕	1//0	浴三ホ　ラ　クゲァで　泡採　託　ぞ浄浴序　ね ,,　了　浴　速　ね砒　,,	ナヤ　ジ	宝　八
				丈 仕	1//0	了　浴　ね　速　ね　砒　0， ,ザ　クリ ダモヌリ　泡採　ね　,,　旧	既末　0/7 平 旧	既末
				江 仕	1//0	了　浴　な　ぐり　速　浴序　ね 市　で　'A62(　旧	既末　了　雅 1//0	既末
				仕	1//0	了　浴　ね　速　な り ひ　速ね　累　旧	浴　承　砒 旧雅	浴　承
				江 仕	1//0	固　ね　速　了　ね　市 で　旧	既末　0/7 平 旧	既末
				庁 仕	1//0	了　浴　ね　速　ね　砒　1， ,三　ホ　ラ　クゲァね　,,　旧	既末　0/7 平 旧	既末
				庁 仕	1//0	了　浴　ね　速　ね '1(,,三　ホ　ラ　クゲァね　,, Il , O/17　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				丈 仕	1//0	了　浴　ね　速　ね '0(,,ザ　クリ ダモヌリ　泡採　ね　,, Il , O/16　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				江 仕	1//0	了　浴　な　ぐり　速　浴序　ね 市で Il , O/15　ボジゾ　ズ ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				天仕	1//1	了　>住　LSK　ね庁 ィム シ クでズクム デ	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
33	了			庁 仕	1//1	速　了ズクム デ　上　協　ね 層歳	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				庁 仕	1//1	了　速　三　ズクム デね ,, 上　ホ　ラ　クゲァね　,, 'I/18, O/18(ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				天仕	1//1	了　>住　速　浄浴序　ね　ポ ビ　クでズクム　デ　速　'I/18, O/2/(ボジゾ　ズ　ザユ 旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				丸　事 仕	1//1	了　な　ぐり　速　'I/18, O/17(ボジゾ　ズ　ザユ　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				今 仕	1//1	浴三ホ　ラ　クゲァね　な培つぎ　速 了ズクム　デ　上　協　ね　ボジ ゾ　ズ　ザユ　旧	既末　0/8 平 旧	既末
				江 仕	1//1	了　浴　な　ぐり　速　浴序　ね　市 でズクム　ザユ　'I/18, /00(　旧	逢　各　了 雅'BC, QNL(	既末浴　仕
				砒　末 '1//2(	1//2	速　了　ね　なっ づ	丹　ね	砒　末
				砒　末 '1//2(	1//2	速　,　了　ね　なっ づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				重　託 仕	1//2	了　速　な　ぐり 2 欠　上　速ね 'ボジゾ　ズ　ザユ (' 旧(	既末　砒 雅 1//2	既末
33	了			守 仕	1//2	雅およ　ごるぞ浴序　ね　層歳,, 了　速　ね　な　ィへ　デ,, ボジゾ ズ　ザユ　旧	既末　旧雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				承 各砒 房 砒 ズ ゾ '1//3(	1//3	砒 呉 4- 速 了 浴		承 各砒 房 砒 ズ ゾ
				砒 末 '1//3(	1//3	速 ' > 了 (ね なっ づ干 04 平 1 01 既八 (	呉雅>>1//2 平 0 >01 >>' 0 (	砒 末
				重 託 仕	1//3	了 速 ね浴序	固 各砒 房砒	固 各砒 房
				重 託 仕	1//4	了 速 な ぐり 琅採 'O12/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 了 雅	既末
				'1//4(	1//4	了 ね テ▶ジで ね なっ づ	ね 砒	砒
				仕	1//6	了 速 な り ね 速	琅採 雅	琅採
				守 '1//7(	1//7	了 ね 速で ね遊 ね 'Q, 007('ボジ ゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 004 平 旧	既末
				江 仕	1//8	速 了 ね で 'R036, O/15('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各
				江 仕	1/01	固化 ね 速 了 ね 層 歳		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
33	了			仕	0871	固　了 浴　ひ重材　ね　ら ピヨ ね　で ね	臨　C ザラ ス	
				化　栃 仕	1/01	了 ね　ね　ねピア ザユ ラ呂 ギ平		
			浴	守 仕	1//1	浴 了 ね　雅ね　およ 宙ご るり　浴　旧	既末　0/8 平 旧	既末
			琅採	重　託 仕	1//4	了　速　な ぐり　琅採 'Ol2/('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　了 雅	既末
			泡採	丈 仕	1//0	了　浴 ね　速　ね 0 , , ザ クリ ダモヌリ 泡採 ね , ,	口　砒　呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
				天仕	1//0	浴三ホ ラ クゲァで 泡採 託　ぞ浄浴序 ね , , 了　浴　速　ね砒 , ,	ナヤ ジ	宝 八
				丈 仕	1//0	了 浴 ね　速　ね　砒 0 , , ザ クリ ダモヌリ 泡採 ね , , 旧	既末　0/7 平 旧	既末
				丈 仕	1//0	了　浴 ね　速　ね '0(, , ザ クリ ダモヌリ 泡採 ね , , Il , O/16 ボジゾ ズ ザユ 旧	逢　各　了 雅'BC, QNL (1//0	既末浴　仕
				守 仕	1/02	浴序　で 泡採 な り浄浴 ね　, , 了 ね 速　でざづ, , 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　平 了 雅 1/02	既末
		上		'1//0(	1//0	な ぐり丈　ね　ね 7, , 薫砒 「 「 了　「 ね 雅各丈　で ね , ,	砒 房平	砒 房
				導 仕	1/03	1/03 平 2　03 既ね 了 ね　L 5ヰ な　ね なっ づA11, /6(' 旧(	既末　了 雅 1/03	既末
				導 仕	1/04	1/03 平 2　03 既ね 了 ね　'L 5ヰ(な　ね	砒 房 呉 砒　呉 '干 15 平 (	了　各砒

HC

HC				同	平 敬	同	同	房
36	*禎*			砒 ズ ゾ ’1//4(	1//4	禎 ね な り		承 各砒 房 砒 ズ ゾ
				口 仕	1//5	禎 な 監ね か 功 な不 ぞ彰 な じり	既末 ザ ボシゥミ 雅 ’ 01 (’BC, QNL(	既末
				天 仕	1//6	禎 ね 反 メテリ な ぐり ね彰	砒 呉	川 砒 里 砒 ジ ザユ
				天 仕	1//6	禎 ね 反 メテリ な ぐり ね彰 ’O02(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				仕	0868	禎 禎 ひ ね な ごるぞ な っ づ 旧	既末 既末	既末 既末
				太 仕	0870	禎 化 ね	川 砒 呉	川
				庁	0872	禎 ね ’ 旧(	既末 川	既末 川
				仕	0878	な じり てぎな 丈 市 なっ づ ’禎 ねロ 丈 ね1(	川 琅 砒 呉	川 琅
				仕	0883	禎 縁 てね 琅採 ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				仕	0885	禎 干重な ぐり ね なっ づ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0885	禎 り ね 累 で 上 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0886	禎 ね - 縁- ね 2 なっ づ ’ 旧(	既末 0/3 平 旧	既末
				浴三 守	0886	禎 ね 市	了 逢絞	固 琅

Ⅸ				同	平 敬	同	同	房
36	*禎*			貝 仕	0886	禎　ね　八　なりらま	臨　砒	培監砒 ’(臨　各砒　珪
				仕	0887	禎　ね　市	承	浴三　守
				松五 仕	0888	禎　三　干材な　凹ごるぞ　’旧(	既末　既末	既末　既末
				上　止 仕	0888	住重　’禎　(てねデ➤ダ　呉	砒	砒
				叢 仕	0888	里　で位　なじり砒　禎　縁 ’06(’旧(	既末　旧 雅	既末
				江　隅号 仕	0888	寸　トララク’1(　禎　なぐり 宙　’B02(’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	1///	’禎　(ね　ひ　なぐりデ➤ダ　呉	砒	砒
				江　隅号 仕	1///	寸　トララク’2(　三禎　ね里　速 ’B00(’旧(	既末　了　雅	既末
				導材　天 仕	1///	寸　トララク’3(　三禎　五なぐり　野 宙　’B01(’旧(	既末　了　雅	既末
				仕	1//0	禎　ね里　速	琅採 雅	琅採
				仕	1//1	禎　ね里　速　ね1	琅採 雅	琅採
				住 仕	1//2	なり　宙,,寸　禎　尺 五,,R/64,/0/　旧	逢　各　了 雅 BC,QNL　1//2	既末浴　仕
				仕	1//3	禎　ひ　ね　な　なっづA18(’旧(	既末　旧 雅	既末

HC				同	平敬	同	同	房
				上 止 仕	1//4	薫 ’禎 (てねデ▼ダ 呉	砒	砒
				仕	1//4	1//4 平 2 1/ 既ね禎 ね ,, てね ね琅 ざづ,,	了	了 卓
				砒 房’1//4(	1//4	1//4 平 2 1/ 既ね禎 ね ’L 6-/(か な 不 り	了 逢絞	固 琅
				材 卒 仕	1//4	禎 ね ’L 6-/(な で メテリ ’W002, O//7(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				功 仕	1//4	禎 て ざぞ 頁 ね ネ ギ デナ ギ ’O, 032(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				欠 仕	1//4	禎 な り禎 上 ね彰 ’W002, O/14(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				仕	1//4	1//4 平禎 ね てね禎 ね 託 な じり 監 ね彰 ,, ね 速な ざづ,, ’W002, O/1/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				上 止 仕	1//4	禎 ね なっ づ	川 臨 ズ ゾ ナヤ ジ	川 臨 ズ ゾ
				導没 仕	1//4	DMUHR S.HHR Q ひ FDNMDS な り づ 宙ざぞ禎 ね な ぐり じ へら 市’B/0/(’ 旧(	既末 了 雅	既末
36	禎			欠 仕	1//4	ね で ね ,, 禎 ね彰 ざぞ禎 上 ね ,,	砒 Snc x	承 各砒 房
				仕	1//4	禎 な ぐり 寅里 宙	砒 呉	川 砒 里 砒 ジ ザユ
				上 田 仕	1//5	ね 層歳 ,, 禎 重 三 デ▼ダ ,, ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ

HC				同	平 敬	同	同	房
				上 田 ’1//5(	1//5	禎　　ね　層歳　重　三　デ➤ダ	EQB Mdvr	承　各砒 房　砒 ズ ゾ
				’1//5(	1//5	禎　　ね　　で　　ね 速	川　　臨　　ズ ゾ ナヤ ジ	川　　臨　　ズ ゾ
				’1//5(	1//5	禎 干重ね	夕　　ロ　　でアギ アフ ギデナギジ	浴 凹片
				仕	1//5	禎　　ね　　’R0/6, O/0/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　　逢各
				導　天 仕	1//5	禎　協　　で ね　な 市じり　’R0/6, O//8(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　　逢各
				仕	1//5	禎　　ね 寅 里　宙な り里　　で禎 な り　　’N 0/5, O//1(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　　逢各
				仕	1//5	禎　　な ぐり 寅 里 採 な り　　速ね 宙	琅採 雅	琅採
				仕	1//5	1//4 平禎　　ね　　ね　シォムデラ で丹 ね 宙’R006, O//2(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　逢各　了 雅 ’BC, QNL(	既末　　逢各
				導 仕	1//5	干　06 平’1//4 平(禎　　でじり　な で　メテリ	固　琅	固　琅
				干重 仕	1//5	禎　　てね 寅 里 採 な り　　速ね 宙	砒　呉	川　　砒　　里 砒　　ジ ザユ
36	*禎*			功 仕	1//5	1//4 平禎　　な り　　頁 ね　　ネ ギデナ ギ　ね　’O, 00/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　　002 平 旧	既末
				仕	1//6	禎　　ね　で　　ね　　ね な り　’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　琅　　旧雅	既末　琅

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//6	禎　縁　ね里　速'C0/4, O//8('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 'BC, QNL (	既末　逢各
				仕	1//6	禎　なでめど　'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　速　1//5 平	既末　速
				材 卒 仕	1//6	禎　な　で　メテリ	1//4 平禎	浴　凹片
				仕	1//6	禎　ね ね ,, りへが　みぐ づ,, ' 旧(		
				功 仕	1//6	1//4 平禎　な　て　ざぞ　ネ ギデナ ギ　ねのき ら　'N, 061(' 旧(	既末　003 平 旧	既末
				干重 仕	1//6	禎　な ぐり 寅 里 採 な り　速ね 宙' ね1(	琅採 雅	琅採
				上　止 仕	1//7	禎 干重　な じり　ね 徳なっ づ	砒	既末
				干 仕	1//7	1//4 平禎　な じへらね　メテリ 宙'C0/6, O/06('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL	既末　逢各
				仕	1//7	禎　な ぐりetlscl fdynmdね 徳'Q, 85('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　004 平 旧	既末
				仕	1//8	禎　な ぐり　ね　旧(	既末　速　1//7 平 1//8 平 2	既末　速
				功 仕	1/0/	1//4 平禎　な り　頁 ねネ ギデナ ギ	既末 じへら	既末 じへら
				仕	1/0/	禎　な ぐり 寅 里　宙	里　琅　ね ,, 三 浴序およ　て,,	浴　凹片
36	*禎*			眞 仕	1/0/	禎　ね　な ぐり Uo. Ur ね　宙 'RRR/10, O/3('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 BC, QNL　1/0/	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				材　今 仕	1/00	禎　な　づ　ぞな　誌ごるぞ　'RRR/21, O13('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				 仕	1/00	禎　ね浴　'RRR/21,O11('ボジゾ　ズ　ザ ユ ('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC	既末　逢各
				重 仕	1/00	禎　既末浴　な　ぐり位　ね　で干重　上 ね　な じり	各ズ　ゾ　干 11 平　ね　砒 呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				材　今 仕	1/01	禎　江　な　づ　ごるぞ		卓
				材　差 仕	1/02	ホ　ラ　クテ　ゾ　な培つぎ禎　干重ね　で　上 速ね　徳'RRR21,02('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC　1/02	既末　逢各
				上　田 仕	1/02	禎　ね　,,　層歳　遷宙ね ぞむね　ひ禎　デ▼ダ	口　砒　呉	承　各砒　房　各ズ　ゾ
				材　差 仕	1/02	禎　干重ね　上　速で　ね　ギデナギジ'GPQ12, 00('　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC　1/02	既末　逢各
				仕	1/03	郷　囲　で ね　禎「　片　ひ	郷　囲 0914 /// 固 琅　承　C0,Mn-61/	固　琅
				末　事 仕	1/04	禎　な ぐり　ね　ひ 旧	既末　砒 雅 1/04	既末
				仕	1/04	禎　縁　な ぐり 寅里 採 ,,　速で 凹でね　,,	既末	既末
				太 仕	0864	Etdfn　ね　ェア ソリ　,,禎 な ぐりヨィ タ　'1('　旧(	既末 了　雅	既末
				太 仕	0864	Etdfn　な　ェア ソリね　ど 功 禎 な ぐりヨィタ　'　旧(	既末 了　雅	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
36	*禎*			材 仕	0888	禎　な　ぐりホ　ラ　クーヴァね　LR03B 平 宙　　干重　　ね　　ね　宙	同口　　功　　野 呉	同口　　平　宙　砒　ズ　ゾ
				禎　　孜 '1/03(	1/03	丈　　,,　五 禎　　テ　ゾへ　ジ BC, QNL　,,		核　丈　臨
					1/04	禎　　固　　砒　房　4　砒　雅　どよひ な　8　　既末　　砒　雅　　旧雅		禎　　固　　砒　房
				干 '0855(	0855	禎　　合　　な方ぐり　　ね　　速　ひ　ね　速	川	川
				仕	0875	浴'禎　　ね　　(ね　　' 旧(	既末　　既末	既末　　既末
				仕	1//4	1//4 平禎　　ね　てね禎　　ね　　託 な　じり　　監　　ね彰　,,　　ね　　速な ざづ,,'W002, O/1/('ボジゾ　ズ　ザユ ('　旧(	逢　　各　　了 雅'BC, QNL(	既末浴　　仕
				孜 '1//4(	1//4	1//4 平禎　　ね　で　　でね　なっ づ	>区　　>	>区　　>
				仕	1//7	禎　　てね　　監ね　採	琅採 雅	琅採
				仕	1//8	禎　　ね　　監ねR泡　　速	1	既末
				没五　雁 仕	0884	禎　協　重材な　市じり　　脇　で　　でJ 平　' 旧(		
				没五　雁 仕	0886	禎　　重　　な　市じり　　ね　で J,　平　' 旧(	旧雅	
				没五　雁 仕	0886	禎　協　重　ね　　ねJ,　平　' 旧(	既末　　0/3 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
36	*禎*			ヘリノテア ァノポト仕	0888	禎　重　ね　で　ねピア ザユ デ ヨ ギ平		既末
				太 仕	0870	禎　化 ね	川　砒　呉	川
				材　今 仕	1/00	禎　な　づ ぞな 誌ごるぞ　'RRR/21, O13('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 CUC	既末　逢各
				材　今 仕	1/01	禎　江 な　づ　ごるぞ		卓
			琅採	仕	0883	禎　縁　てね 琅採 ' 旧(	既末　了 雅	既末
			泡採	承 各砒　房 仕	1//4	1//4 平禎　市 な　づ 各ズ ゾ '　房(か0874平な宝於ざぞ 泡採 託 な っ づ	了 逢絞	固　琅
				末　仕	1/00	禎　化　浴 ね　泡採	各ズ ゾ　干 11 平　ね　砒 呉	承　各砒 房　各ズ ゾ
		上		'0863(	0863	母 12s ね　デ ヌリ ね　琅,,　幸 禎 デ ヌリ ,,　旧		既末
				仕	0841	禎　上ね　ねピ　月野　旧		既末
				仕	088/	禎　事既　な ぐり　ジベギブ 採　採 テ ゾね 頻		既末
				仕	1//3	禎　ひ　ね　な　なっ づA18(' 旧(	既末　旧 雅	既末
				叢 仕	1/00	禎　な誌むよるり 1 ゾィブね　ね　で ' GV /12, O01('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了 雅 CUC	既末　逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/04	禎　縁　な ぐり 寅里 採 ,, 速で 凹でね ,,	既末	既末
				材 仕	0888	禎　な ぐり 判　守宙 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　平　旧雅' 35 (	既末　仕
				末 万 仕	1//2	な り禎　ね Bow, mc chsd F nrrtk ジオリ ね 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	平　旧 雅	
				仕	1//4	禎　重材ね じへら な ぐり 上 ね ひ ね 徳	FDS 川 既末　川 川	既末　川 仕
				合 仕	1//5	禎　>若　各 ね で 平 'N, 056(' 旧(	既末　002 平 旧	既末
36	*禎*	上		重 仕	1//7	禎　三　崖 ね平 砒		既末
				'086/(	086/	禎　な り 宙　ひ 培 なっ づ		既末　卓
				先仕	0871	禎　でぞ郷 ね 激	川　雅	川
				庁 合 仕	1//1	上 ね ,, 固 川 材禎　禎 ,,	上	既末 上
			浴		0877	禎 干重 「な ぐり 浴 令 ね浴 ね	既末な ぐり 干重 ね で 未 ね臨 でねおお らな じり砒 砒 各砒 '(502/1/73 砒 呉 ' 50 51 平 (	
				材	1///	禎 ね浴 於 なっ づ	速 承	速 係 ズ ゾ
				仕	1/02	ね浴 三 で 浴 ね 道な り ブ ズジね ,,禎 浴 ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	砒	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
37				仕	0883	6 平 ざぞ 縁 ね ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				材 仕	0883	平ね で 縁	了 逢絞	固 琅
				仕	1//6	協 重 な ぐり ホ ラ ク	口 砒 呉	承 各砒 房 各ズ ゾ
		上		干 仕	1//5	干重な ぐり 守宙 ひ 上 ね 市	既末	既末
38				末 ’0860(	0860	ひ浄 1,0 化 住 ね	培 監 砒 ,, 0 偲 呉 ,,	房
38				導 太 ’0845(	0845	な よるり なっ づ		既末
				氷 ’0861(	0861	なまよるり 縁 な 導 なっ づ	砒 呉 臨	
				住 止 ’0865(	0865	史権じ へら		既末
				仕	0887	な 宙ごるり 速なっ づ 旧(	既末 0/4 平 旧	既末
				丸 止 仕	1//5	三ね 寸 な ぐり 研 ね 速’S 035, O//5(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 ’BC, QNL(	既末 逢各
				庁 仕	1//6	寸 功 な ぐり口 ’ (’O1, /32(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				今 仕	1//6	功 工 な ぐり 寸 ね で ’Q, 012(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 003 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				丈三　欠 ’1//6(	1//6	郷　　ね丸泡　　’Q,016(’ボジゾ ズ ザユ (’　旧(	既末　　003 平 旧	既末
				仕	1/03	寸　　な ぐり　曳　令 ね　遊 ,, 功　事　　デ➤ダ　,,’ボジゾ ズ ザユ (’　旧(	既末　　010 平 旧	既末
				今 仕	1/03	功　　な ぐり 寸　　ね	砒	既末
				’1//0(	1//0	ね　　旧	既末　琅　　旧雅	既末　琅
				’1/0/(	1/0/	干重　　で　ね　ね　　ね ,,　　浄 ね ,,　旧	既末　琅　　旧雅	既末　琅
				重　欠 ’0867(	0867	化　ね　　で		砒
				先太 仕	0872	ひ　　ね鮭　曳	砒	
				丸　止 仕	1//5	三ね 寸　　な ぐり　研 ね 速’S 035, O//5(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　　逢各　了 雅 ’BC, QNL (	既末　　逢各
38				今 仕	1//6	功　工 な ぐり 寸　　ね で　’Q,012(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　　003 平 旧	既末
				丈三　欠 ’1//6(	1//6	郷　　ね丸泡　　’Q,016(’ボジゾ ズ ザユ (’　旧(	既末　　003 平 旧	既末
		上		辺　天仕	1/02	な 回じり曳　　およ 回 じり　　各　　雅’ACS14, O/3(’ボジゾ　ズ ザユ (’　旧(	既末　　逢各　了 雅 CUC 1/02	既末　　逢各
4/	*判*			’0845(	0845	判　な方ぐり　　で　脇　　でね	砒　　呉	砒
				仕	0847	判　な方ぐり　　で　でね　1	砒　　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				田住 仕	0878	判 な ぐり で ね ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				仕	0881	里 判 鮭 「ね で化 町じり ね 徳’ 旧(	既末 既末	既末 既末
				仕	0881	里 判 鮭 「 で化 な よるりオ ヨ ’ 旧(	既末 88 平 旧	既末
				仕	0884	里 判 鮭 ね化 な 市じり ポクヌザ ァ守	雅	既末
				合 仕	1//4	判 化 研 ね ,,判 な ざぞ ,,’N,127(’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				仕	0875	判 浴序 ね 市’ 旧(	了 雅	
				末 仕	0875	判 浴序 ホ ラ ク ね ’ 旧(	既末 旧	既末
				仕	0875	判 浴序 ねホ ラ ク ’ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0875	浴序 ねホ ラ ク な り 了 ね砒 判 浴序 でざづ ’了 (	砒	砒
				仕	0875	判 浴序 ねホ ラ ク ’ 旧(	了 雅	
				五 仕	0876	判 浴序 ね ィへ デ 旧(	既末 旧	既末
4/	判/			仕	0878	ね ね 徳 判 な ぐり ’ 旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				仕	0878	ね 判 浴序 でざづ ’ 旧(	了 雅	

1€				同	平 敬	同	同	房
				末　宇 仕	088/	およまぞ　判　ね　’旧(	逢　088/平各 ザ ボシゥミ　ズ ザユ 了 雅	仕
				仕	088/	判　ひ ね　ね0 判　浴序ね　なっ づ ’旧(	既末　86平 旧	既末
				叢 仕	088/	判　浴序　ね　およまぞ　ね　’ 旧(	既末　86平 旧	既末
				材 眞仕	0880	速　ね浄浴序’判　了（ね　’旧(	既末　87平 旧	既末
				叢 仕	0880	判　化　浴序　ね　’旧(	既末　87平 旧	既末
				仕	0881	里 判 鮭　「ね　で化　町じり　ね 徳’旧(	既末　既末	既末　既末
				材 眞仕	0882	判　化　ね浴序　浄浴序　ね で ね	雅	既末
				仕	0882	浄浴　な り　速　判　ね	砒　里　砒 臨　ね了　で　「砒　呉 雅 ’干 3平（	砒　里　砒　臨　「 各砒 珪
				上 先 仕	0883	FOR な り判　’　（ね培　’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				禎 仕	0883	判　ね里　市	砒　呉	砒
					0884	判　ね　で　ね		卓
				仕	0885	判　ね　層歳　累　印陸 ポ ブ ね ま1　’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	判			材 眞仕	0885	判　浴序　ね 市で 道　累　印陸 ポ ブね　ね 0　’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				丈紋 止 仕	0885	判　な ぐり　浴序　層歳ね ’ 旧(	既末　0/2 平 旧	既末
				栃 仕	0885	判　ね　層歳ね　’ 旧(	既末　0/2 平 旧	既末
				上 先 仕	0886	FORな り判　’　(ね培　’3(’ 旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
					0886	判　協　ね	琅	琅　宣
				砒	0887	判　ね　な　末　な っ づ	末	末
				砒	0887	判　ね	川ね ギデナギジ ,ガ ククリ ブ 砒 逢絞　川およ じり ァシァ− 既末ね ギデナギジ	川ね ギデナギジ ,ガ ククリ ブ仕
				砒	0887	判　ね　な判　里　なっ づ	末	末
				仕	0888	判　ね浴序　’ 旧(	逢　各　了 雅’BC, QNL(	既末　仕
				仕	1///	判　ね浴序　市	夕　で口 0888 平各　ね　な	浴　凹片
				仕	1///	郷　囲ク判	郷　囲 0914 /// 固 琅 承　C-0, Mn-264	既末 囲ズ ゾ
				仕	1///	判　−　ね ね 層歳’ 旧(	既末 琅　旧雅	既末 琅
				仕	1//0	判　判　じり　ね ね 層 歳	砒	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
4/	*判*			砒 仕	1//0	判 ＞ 平　　な じり　　呉　　片 ,, 培　　干　01 平　,,		
				砒 仕	1//0	ね　,, 判　平　ね　づ ,,		
				五 仕	1//0	判　浴序　ね　層歳ね　ボジゾ　ズ ザユ　旧	既末　0/7 平 旧	既末
				’1//2(	1//2	判　平　な じり	ひ　干重 上 速　呉 了 雅 1//2	
				’1//3(	1//3	判　平　な じり　呉　片 ,, 培　’干　04 平 (,,		
				末 対 ’1//3(	1//3	判　ね　市ね		卓
				仕	1//3	判 ＞ 平　て 誌ごるぞ　ね 旧 ボジゾ ズ ザユ	既末 琅　旧雅	既末 琅
				’1//3(	1//3	判 ＞ 平　な じり	ひ　干重 上 速　呉 了 雅	
				培 仕	1//3	判 ＞　協　じり　で　ね ,,　な 市じり　でぎづ,,’ 旧(	既末　砒 雅	既末
				砒　末 ’1//4(	1//4	判　平　ね　なっ づ	丹　ね	砒　末

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	*判*			砒　末	1//4	判　，　平　なっ　づ	ゴィジメ	了　各砒　砒　ズ ゾ
				砒　末 ’1//5(	1//5	判　＞　平　ね　なっ　づ干　06 平 2　8 既 八　(	呉雅>>1//4 平 0 >01　>>　1	砒　末
				仕	1//6	判　脆　ねホ　ラ　クゲァ　な り　ね ね　’R030, O/1/(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 ’BC, QNL(	既末　逢各
				天 仕	1/02	泡採　な培つぎ判　ね　市で ね　’GPQ13, O04(’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　逢各　了　雅 CUC　1/02	既末　逢各
				化　仕	1/03	里　で　およまぞ判　な ぞ　旧	既末　010 平 旧	既末
				仕	1/04	判　脆　ねホ　ラ　クゲァ　およ誌宙ざぞ ね　な　ぐり		既末　逢各
				導重 時号 ’0861(	0861	川ね　判　＞　里>	ナヤ　ジ	宝　八
				末 ゅが 太	0873	川ね培監　速−　−　判	TQA MJTANS	
				重　仕	0873	判　導　な　ぐり　市ね で　メテリ’　旧(	既末　旧 雅　既末　4　平託　ザ ボシゥミ	既末
				重　仕	0875	判　里　末　付　ね　’0(市ね　およ　ごるり　メテリ	房	房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
4/	判			低　太 仕	0877	判　ね　で　’旧(	既末　了　雅	既末
				材　事	0878	判　041 ゲァなまでむよるり　ね　’旧(	既末　了　雅	既末
					0880	里　判　「　で	速	速　砒
				末　ゅが 太	0880	協既末　各　ね　でぎな判 でね　逢　’旧(	砒　ザ　ボシゥミ 旧雅	砒
					0880	付　判　ね　ぎどるど　付 ’旧(	逢　0880平各 ズ　ザユ　了　雅	仕
				叢 仕	0884	泡採　な　ら　たごるぞ判　協　ね 市で　速’旧(	既末　0/1　平 旧	既末
				均　眞仕	0885	判　な　ぐり　’旧(	既末　了　雅	既末
				号 仕	0885	判　ゲァおよまぞ田市　な　ぐり　ね		既末
				号 仕	0885	判　ゲァおよまぞ　な　ぐり　ねポクポ ’旧(	既末　了　雅	既末
				化　仕	0886	里　ねポクポ　で判　ね　なっ　づ ’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				号 仕	0886	判　ねビジデ　ゲァな　るり　ね　な　総 カヨジなっ　づ　’旧(	逢　各　了 雅	既末　仕
				権 仕	0888	判　ね　4 白　平　な　ぐり		既末
				口没　仕	1///	判　ゲァな　ぐり　6/// 平　ね　ビジデ ゲァ　ね　で　里　ね　ピヨでね		既末
				’1//0(	1//0	判　,　ねロ　,, どと,,	既末ね　6,,　川　協　,,	凹片　仕

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	判			’1//0(	1//0	判 , ね , , 継ぐり 敬ね , ,	既末ね 6, , 川 協 , ,	凹片 仕
				仕	1//3	判 浴序ゲア ね 累 ’P/31, O/01(’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL(	既末浴 仕
				合 仕	1//4	判 化 研 ね , , 判 な ざぞ , , ’N, 127(’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				事 ’1//4(	1//4	判 ね 寸 ね ’O, 148(’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				材 事 ’1/0/(	1/0/	な り判 ね	砒 呉	砒
				材 事 ’1/01(	1/01	判 な ね 壊ズギザユ ぞ	砒 呉	砒
				重 散 仕	1//7	判 ね な ぐり里 市’F01/, O//3(’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL	既末 逢各
				五 仕	1//8	判 な 市じり 三 ねロ 砒 ’D002, O/1/(’ボジヅ ズ ザユ (’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各
				材 事 仕	1/02	判 ね浴序 で 速	砒 呉	砒
				天 仕	1/03	判 ね 速	砒 呉	砒
				上 仕	0842	判 なまよるり ね なっ づ		既末
				導 万了 仕	0854	判 礫 な ぐり G kns Hbghsd kt mnf dm ね で る なでめど ね なっ づ 旧	旧雅	既末 仕
				協 仕	0856	判 礫ね な り ね で ね なっ づ 旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0855	判　　ね　,,　川な　ぐり ね夕　　1 ,,		既末
				低　太	0878	4　ね0判　ね　ね丹　　’旧(	房	房
				低　太	0878	判　ね　ね　徳’　(’旧(	既末　了　雅	既末
				材　事 仕	0882	判　ね	砒　呉	砒
				材　事 仕	0883	判　ね　’1(　化	砒　呉	砒
				仕	0884	判　な　市じり　ね 徳’旧(	既末　了　雅	既末
				化　仕	0885	判　ね　ね　砒　’旧(	既末　平　旧雅	既末
4/	判			化　仕	0885	ねジバィタ　バゾ　でR　な培つぎ判 ね　’旧(	既末　旧 雅	既末
				権 仕	0885	判　ね　な　じり鮭　曳　ね ’旧(		既末
				化	0886	ポクポ　で　ね　徳およまぞ判 ね	夕　ねピ　アァ 脆　宗託	浴　凹片
				化　仕	1/03	里　で　およまぞ判　な ぞ　旧	既末　010 平 旧	既末
			泡採	ァラジ ラダ モ ト仕	0878	泡採　託　ね　およ　宙ごるり判　ねカジ	砒	既末
				叢 仕	0884	泡採　な ら　たごるぞ判　協　ね 市で 速’旧(	既末　0/1 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				天 仕	1/01	泡採 な培つぎ判 ね 速,, 速でね ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 ザ ボシゥミ ね で 「 了 雅 1/01	既末
				天 仕	1/02	泡採 な培つぎ判 ね 市で ね 'GPQ13, O04('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
		上		合 丈 仕	0871	判 協 な ぐり ね で ね	砒 呉	砒
				口 仕	0875	B0 A およ ぞ判 '協 (ね バゾ ' 旧(	既末 旧 雅	既末
				田住 仕	0880	判 協 な ぐり ね2欠 ' 旧(	既末 旧 雅	既末
				仕	0883	判 協 ね ね なっ づ		既末
				没 事 仕	0883	判 協 な ぐり ね		既末
				没 事 仕	0885	ね およ 宙ごるり判 化 ね 上 ね	で 上 速な じり砒 砒 ' 砒 A(砒 呉 '砒 /4341/67('干 6平 (	田住 ' 郷 琅 (
4/	判	上		眞 仕	1//2	な り判 化 ね ね	砒 呉	砒
				おす ま仕	1//4	叢 判 江ね 上 で宁 上 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 砒 雅	既末
			滝	丈 仕	1/0/	デ➤ゴ でぞ判 協 じり ね滝 ね 宙	砒 呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0888	同　づ34(　叢　合可ね同　判　江で 合可ね	上	既末　上
				仕	0888	判　江　－　峠ね　－五　叢　ね同	継同　じり	承　堀凹片仕
				合　丈	0840	事　ら　ぞり判　ね	琅	郷　琅　琅　卓
				合　丈	0840	事　ら　ぞり判　ね	砒　呉	砒
				合　丈	0840	GBN2　ひ Bk　ら　ぞり判　ね　なっ　づ 旧		既末
					0840	判　旧		既末
				重	0841	判　ね　琅	ら　ぞ判	判
				三	0841	判　ね　先　砒　,,　0　宙　先　,, 旧		既末
				合　丈	0841	事　ら　ぞ判　ね　継　旧		既末
				川 砒　房	0842	判　呉	砒　呉	砒
				上　丈	0842	判　脆　呉	砒　呉	砒
				丈	0842	判　な方ぐり　市で　凹ね　なっ　づ	砒　呉	砒
				合　丈	0842	判　な方ぐり浴　呉	砒　呉	砒
				上　丈	0842	およ　ぞ判　ね　旧		既末
				三 仕	0842	判　な方ぐり Fd ね　市なっ　づ　旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	*判*	上		’0843(	0843	判　　呉	砒　　呉	砒
				江　〉	0844	判　　ねケリ ポナゥミ　　なっ　づ	川	川
				三 仕	0844	判　　な方ぐりケリ ポナゥミ	川	川
				丈	0844	判　　ね　上　で　　旧		既末
				上　丈	0844	判　　ね　　五　　な　ほじ　　彰　な　づ　旧		既末
				重 仕	0844	判　　な方ぐりパ　ね　市　　旧		既末
				川 砒　房仕	0845	呉,,判　　田市 ,,	砒　　呉	砒
				’0845(	0845	判　な方ぐり　　で　脇　　でね	砒　　呉	砒
				三 仕	0845	判　　な　ぐりQ　Qnね　市なっ　づ　旧		既末
				口 ’0846(	0846	判　　ねぺゥ　　月野　　旧		既末
				上　丈 ’0846(	0846	判　　呉	砒　　呉	砒
				丈　　丈 仕	0846	川　　ね　　砒　　,,判　　ね なっ　づ,,　旧		既末
				重 仕	0847	判　　ね　　月野　市なっ　づ	砒　　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				三 ’0847(	0847	判　　な ぐりＡ　ひＲね 市　旧		既末
				口 ’0847(	0847	判　　ね　　砒　　02　,,判　　ね ね０,,		既末
				三 ’0847(	0847	先　　な り判　　ね 野　　ね砒 ,,　0　判 ね　　ね 先　,,		既末
				重 仕	0848	判　　ね　　な じり　　呉	砒　　呉	砒
				上　丈 ’0848(	0848	判　　ね　　五　ね　彰 ね　なっ づ　旧		既末
4/	判/	上		口 ’0848(	0848	判　　ね　　砒　　11　,,判　　ね ね3 でぎな 野　なっ づ,,		既末
				口 ’0848(	0848	判　　ね　　砒　　10　,,判　　ね ね2,,		既末
				口 ’0848(	0848	判　　ね　　砒　　1/　,,判　　ね ね１Ｂ.Ｌｆゲ ィト　野Ａ.BkHBk里　　野どと な り　,,		既末
				合　　丈 ’085/(	085/	判　　ゅ 凹野ね平　なっ づ　旧		既末
				口 ’085/(	085/	判　　ね　　旧		既末
				住　先 仕	0850	判　　協化　　協　　沿　2	砒　　呉	砒
				重 仕	0850	判　　ね	砒　　呉	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	判	上		重 '0850(	0850	判　ねナ グリ ね宙野　ひな　市なっ　づ	砒　呉	砒
				口 '0850(	0850	判　ね　砒　16　,,判　ね　野 ね 00 ダ　各　ね　市,,	砒　呉	砒
				口 '0850(	0850	判　ね　砒　2/　,,　ね　字 ね 2 ゲ ィト　なっ　づ,,　旧		既末
				上　丈 '0850(	0850	判　五ね　なっ　づ 0		既末
				重 '0851(	0851	判　ね　なっ　づ	砒　呉	砒
				重 '0851(	0851	判　ねへラヤゥミね　市なっ　づ	砒　呉	砒
				口 '0851(	0851	判　ね　砒　2/　,,判　ね　野 ね 02 ズ▼ね　市,,	砒　呉	砒
				住　先 仕	0852	判　沿　4	砒　呉	砒
				上　丈 '0852(	0852	判　ねBk野なっ　づ	砒　呉	砒
				口 仕	0852	判　ね　砒　20　,,判　ね　野 ね 03 オトマゥミね　市,,	砒　呉	砒
				合　丈 '0852(	0852	判　ね　凹野　なっ　づね　旧		既末
				氷 '0852(	0852	判　ねカラゥミなっ　づ　旧		既末
				口 '0852(	0852	判　ね　了　旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0853	判　ひ 市　ね　な ぐり　呉	砒　呉	砒
				口 ’0853(	0853	判　ね　砒　21　,,判　ね 野 ね 04 シリ ゲナゥミね　市,,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0853	判 浴　な ぐり　ね	砒　呉	砒
				三 仕	0853	判　ね　砒　22　,,判　ね 野 ね 05 ,,	砒　呉	砒
				三 仕	0853	判　な ぐり　ね砒　0　旧		既末
				口 ’0853(	0853	判　ねシリ ゲナゥミね　旧		既末
				三 仕	0853	判　な ぐりケリ ポナゥミね 市 1　旧		既末
				合　丈 ’0853(	0853	判　五ね　ひ　ね　なっ づ		既末
				仕	0854	判　ひ 市　ね　な ぐり　呉 1	砒　呉	砒
				上　丈 ’0854(	0854	判　既　ひな ね五ペ リ　な 浄　上 ね揖 か　な ほじ彰　呉	砒　呉	砒
4/	判	上		仕	0854	判　ひ 市　ね　な ぐり　呉 1	砒　呉	砒
				上　丈 仕	0854	判　呉	砒　呉	砒
				上　丈 ’0854(	0854	判　ねKh 野ね 市で　なっ づ	砒　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				合　丈 仕	0854	判 浴　な ぐり　ね　　ね２,,　でョウ　, ,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0854	判 浴　な ぐり　ね　　ね1 ,,浴 ねB　野,,	砒　呉	砒
				三 仕	0854	判　な ぐり　カジね　砒　0	砒　呉	砒
				上　丈 ’0854(	0854	およ ぞ判　ね　旧		既末
				上　丈 ’0854(	0854	判　五ね　なっ づ 1		既末
				’0855(	0855	判　ひ 市　ね　な ぐり　呉 2	砒　呉	砒
				上　丈 仕	0855	判　ね	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0855	上　ね　,, 1 判 化　ね　, ,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0855	上　ね　,, 0 判 化　ねノ ケ ,,	砒　呉	砒
				’0856(	0856	判　ひ 市　ね　な ぐり　呉 3	砒　呉	砒
				協　仕	0856	判　礫ね　な り　ね　で　ね　なっ づ 旧		既末
				三 ’0856(	0856	判　ね　でぎな 野　なっ づ		既末
4/	判	上		合　丈 ’0856(	0856	砒　でざづね判　,,　琅　およ,,		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				上　丈 ’0856(	0856	判　　ね　沿		既末
				上　丈 ’0857(	0857	判　　ねBk　なっ　づ　旧		既末
				合　　丈 仕	0857	判　はを　　な　ぐり　　粗　ね　市　　旧		既末
				’0857(	0857	判　　ひ　市　　ね　　な　ぐり　　呉 4	砒　　呉	砒
				上　丈 ’0857(	0857	判　　ね　　なっ　づ１，，　　ね揖　彰　， ，	砒　　呉	砒
				合　　丈 仕	0857	判　協　　な　ぐり　　ね	砒　　呉	砒
				三 仕	0857	判　　な　ぐり　　ね　市	砒　　呉	砒
				田住 ’0858(	0858	判　協　　な　ぐり　　なっ　づ	砒　　呉	砒
				’0858(	0858	判　　ね　　なっ　づ，，－　礫　で　　ね　　，，	川　　琅　　砒　　呉	川　　琅
				導 仕	0858	な　り判　　ね 24Bk 26Bk ね　宙	砒　　呉	砒
				上　丈 仕	0858	判　　ね　　なっ　づ２，，化　　ね 揖　彰　，，	砒　　呉	砒
				口 仕	086/	判　礫　ね　で ね　　り	砒　　呉	砒
				田住 ’086/(	086/	判　　ね　　2	砒　　呉	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	*判*	上		口 仕	086/	判　　ねデラダヤゥミ	砒　　呉	砒
				田住 仕	086/	判　　な　ぐり　　ィォ　里　　ィォ　　市ね　徳なっ づ　旧		既末
				上　　丈 '0860(	0860	判　　ねァリ オラ　　ィォ　なっ　づ　旧		既末
				重 '0860(	0860	判　　ねピ	砒　　呉	砒
				導 '0860(	0860	判　　ね 03B ね　宙	既末	既末
				田住 仕	0860	およまぞ判　　ね	砒　　呉	砒
				合　　丈 '0861(	0861	判　　ね　上　速 0	砒　　呉	砒
				合　　丈 仕	0861	判　　協　　ね	砒　　呉	砒
				合　　丈 '0862(	0862	判　　ね　上　速 1	砒　　呉	砒
				上　　丈 '0863(	0863	判　　ねァリ オライォ　なっ　づ		既末
				合　　丈 仕	0863	判　　ね 沿　,, 0 判　協　　ね　　,,	砒　　呉	砒
				合　　丈 仕	0864	判　　ね 沿　,, 1 判　化　　ね　　,,	砒　　呉	砒
				上　　丈 '0864(	0864	判　　ね　　ね　,,　　ね rね　なっ　づ ,,	砒　　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				上　丈 ’0864(	0864	判　ね ｒなっ　づ　旧		既末
				田住 仕	0864	判　およ　凹じり　野　野　ひ　野　ね 1 旧		既末
				田住 仕	0864	判　およ　凹じり　野　野　ひ　野　ね 0 旧		既末
				合　丈 仕	0864	判　沿　なっ　づ　旧		既末
				田住 仕	0864	み　およね　凹　野　野　ひ 野,,判　ね　各,,		
4/	*判*	上		合　丈 仕	0865	判　ね 沿　,, 2 判　ね　で ,,	砒　呉	砒
				既末 係 ズ　ゾ ’0866(	0866	判　町　呉　40平		既末　係　ズ　ゾ
				合　丈 仕	0866	判　協　ね浴　海	砒　呉	砒
				上　丈 ’0866(	0866	判　ね　ね　,,　ねRa なっ　づ,,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0866	判　ね	砒　呉	砒
				化 ’0867(	0867	判 化　ね浴	砒　呉	砒
				田住 ’0868(	0868	判　協　ね　なっ　づ	砒　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				化 ’0868(	0868	ねデラダゥミ ,, 0 判 協 ,,	砒 呉	砒
				雁 仕	087/	判 礫 旧	丈 逢各 旧 雅	既末 仕
				田住 ’087/(	087/	判 化 ね なっ づ	砒 呉	砒
				化 ’087/(	087/	ねデラダゥミ ,, 1 判 ,,	砒 呉	砒
				化 ’0870(	0870	ねデラダゥミ ,, 2 判 ,,	砒 呉	砒
				合 丈 仕	0871	判 協 な ぐり ね で ね	砒 呉	砒
				孜合 ’0871(	0871	判 化 ね	砒 呉	砒
				合 丈	0872	およ 判 ね 各		既末
4/	判	上		田住	0873	なでめど 上 ね ’1(判 協 な ぐり ィォ 位上で 上 ね 琅		既末
				重 仕	0873	判 導 な ぐり 市ね で メテリ’ 旧(	既末 旧 雅 既末 4 平託 ザ ボシゥミ	既末
				雁 仕	0874	判 礫 ね判 オ ア ク な しぞバヨゲ ガ ホ	砒	既末 砒
				重 仕	0875	判 里 末 付 ね ’0(市ね およ ごるり メテリ	房	房
				田住 仕	0877	判 ね なっ づ1 化 ’ 旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				田住 仕	0877	判　ね　5/ 51 平な ぐり　野 ひ 野	砒　呉	砒
				口	0878	判　ねァリ オラ　KhQa Br なっ づ 旧(	既末　旧 雅	既末
				及氷 仕	0878	判　浴寸　at jdhsd なっ づ 旧(	既末　平　旧雅	既末
				田住 仕	0878	判　協 ね　なっ づ1(	砒　呉	砒
				田住 仕	088/	判　化 ね　なっ づ1	砒　呉	砒
				化 仕	0880	判　ね　守宙	砒　呉	砒
				化 仕	0881	判　ね　守宙　'1(判 化	砒　呉	砒
				化 仕	0883	で ね守宙　およまぞ判　な ぐり ね	上	既末 上
				仕	0883	判 協　ね　ね　なっ づ		既末
				田住 仕	0883	な り 上　ね　速ね 凹 判　協 てね ま		既末
				功 仕	0883	Qa ひ Br　およまぞ判　な ぐり　ね		既末
				雁	0883	判　礫　S l tfhsd	砒	既末　砒
				没 事 仕	0883	判　協　な ぐり　ね		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	*判*	上		田住	0884	判　ね　で　琅	判　ね臨　判　臨 呉	判
				没　事 仕	0885	判　ね江　ね　ね		既末
				没　事 仕	0885	ね　およ　宙ごるり判　化　ね　上 ね	で　上　速な じり砒　砒 ’　砒　A(砒　呉　’砒 /4341/67(’干　6平　(	田住　’郷　琅　(
					0886	判　ねZ　ね江　ね　ね	固　22　核	固　既末
				化 雁仕	0886	判　“お　と　“およね　口累菊ね　で　ね 凹　ね	Qdrd　bgdr hmN f mHb Fdnbgdl hrs x	月　砒
				三 仕	0887	判　ね江　ね　な　り　ね　－ ね　ね		既末
				口	0888	易　’ね14(　判　ねZ	ェヌリキ	ェヌリキ　負
				仕	1///	判　ね　な　ぐり　速’Dg,//6(’ 旧(	逢　各　了 雅’BC,QNL(	既末浴　仕
				田住 仕	1///	判　ね平	砒　呉	砒
				没　事	1///	カジね　－　およまぞ判　ね　ね ひ	砒　呉	砒
				仕	1//0	判　付　ね　ね	臨	
				田住 仕	1//1	判　な　ぐり　ね	砒　呉	砒
				没　事 仕	1//1	判　およね　五ムゾ　凹野ね　宙	砒　呉	川　砒　里 砒　ジ　ザユ

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
4/	判	上		眞 仕	1//2	な り判 化 ね ね	砒 呉	砒
				田住 仕	1//3	判 協 ね ね浴 ね 凹,,'0(ジデ ダ ゥミ な り ま,,	砒 呉	砒
				仕	1//3	判 るり な不 り ね彰 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(		既末
				'1//4(	1//4	判 琅 砒 房 ね砒 継 ,, ねま な り ね なっ づ,,	上 承	上 承 卓
				雄 仕	1//4	判 化 ね ね浴 ね 凹	砒 呉	砒
				没 事 '1//5(	1//5	判 の お,,>判 ね平 で ね ,,	ね	ドオナザャ凹片仕
				眞 仕	1//7	ね どり ね 各な ぐり ね ,,判 ね ,,		既末
				没 事 仕	1//8	デ▼ゴでざぞ判 協 ね ね 宙,, 宝 五ね テ ゾね ,,	砒 呉	砒
				田住 '1/0/(	1/0/	判 ね 砒		既末
				丈 仕	1/0/	デ▼ゴ でざぞ判 協 じり ね滝 ね 宙	砒 呉	砒
				田住 '1/04(	1/04	判 てね 砒 旧	既末 旧 雅 1/04	既末
				没 事 仕	1/04	ヨト 曲 な り判 ね浴序 凹ね 凹 旧	既末 旧 雅 1/04	既末
				絡 仕	1/04	判 化 な ぐり メナゾラ ク'ボジゾ ズ ザ ユ (' 旧(	既末 旧 雅 1/04	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
4/	判	上		合 仕	0878	な ぐり じへら ね 上 ね ひ ね 判 じへら	郷 砒 房平	郷 砒 房
				化 仕	0880	判 ね 守宙	砒 呉	砒
				化 仕	0881	判 ね 守宙 '1(判 化	砒 呉	砒
				化 仕	0883	で ね守宙 およまぞ判 な ぐり ね	上	既末 上
				化 仕	0885	ねジバィタ バゾ でR な培つぎ判 ね ' 旧(	既末 旧 雅	既末
				化 雁仕	0888	判 およ ざぞ 口累菊Rtknknatrro-ね 上てね守宙 ね 徳'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	逢 各 了 雅'BC,QNL(	既末 仕
				没 事	1///	カジね - およまぞ判 ね ね ひ	砒 呉	砒
				田住 仕	1//3	判 協 ね ね浴 ね 凹,,'0(ジデ ダ ゥミ な り ま,,	砒 呉	砒
				没 事 仕	1//8	デ➤ゴでざぞ判 協 ね ね 宙,, 宝 五ね テ ゾね ,,	砒 呉	砒
				丈 仕	1/0/	デ➤ゴ でざぞ判 協 じり ね滝 ね 宙	砒 呉	砒
				重 眞宝 仕	1/04	判 ね江 ね で な じり砒 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 旧 雅 1/04	既末
				重 眞宝 仕	1/04	判 ね江 ね で な じり砒 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 平 旧雅	既末
				丈 仕	0871	判 ね江 ね 野 ひ 凹 野ね		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				重　宝 太仕	0884	判　ね　で	判 ね臨　判　臨 呉	判
				仕	1//2	ひ判　な ぐり　ね平　’ 旧(	既末　平　旧雅	既末
			浴	合　丈	0842	判　な方ぐり浴　呉	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0854	判 浴　な ぐり　ね　ね1 ,,浴 ねB　野,,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0866	判 協　ね浴 海	砒　呉	砒
				没 孜 仕	0867	判　ね　砒 ,, ね0 浴　ね里　ね 市で　,,	固　承　房 呉	固　承　房
4/	判		浴	化 ’0867(	0867	判 化　ね浴	砒　呉	砒
				田住 仕	1//3	判　協　ね　ね浴　ね 凹,,’0(ジデ ダ ゥミ　な り ま,,	砒　呉	砒
				雄 仕	1//4	判 化　ね　ね浴　ね 凹	砒　呉	砒
			Bk	合　丈	0840	GBN2　ひ Bk　ら ぞり判　ね　なっ づ 旧		既末
				口 ’0848(	0848	判　ね　砒　1/ ,,判　ね ね 1 B .Lf ゲ ィト　野 A .BkHBk里　野どと な り ,,		既末
				上　丈 ’0852(	0852	判　ねBk野なっ づ	砒　呉	砒
				上　丈 ’0857(	0857	判　ねBk なっ づ 旧		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				導 仕	0858	な り判 ね 24Bk 26Bk ね 宙	砒 呉	砒
40				末 ’0860(	0860	ひ浄 1,0 化 住 ね	培 監 砒 ,, 0 偲 呉 ,,	房
				導 仕	0874	里 およまぞ 末 で ’旧(	琅採 了 雅	琅採
				材五 仕	0864	ね で 市	臨 各ザ ボシゥミ 雅 01	判砒 臨 各砒 珪
				仕	0864	0864 平 化 ねムオナスミなっ づ できな でね	砒 房	砒 房
				材五 仕	0864	0864 平 ね 呉,,できな で でね なっ づ,,	砒 房	砒 房
40				仕	0865	0864平3 10既 ね なまよるぞ な 逢ごず り		卓
				江 守隅 ’0868(	0868	ね	琅	既末 琅
				重 仕	0878	協 な ぐり 曳 ね ’旧(	既末 旧雅	既末
				篠止 仕	1///	郷 囲Z	郷 囲 0914 /// 固 琅 承 C-0, Mn-264	既末 囲ズ ゾ
				砒 仕	1//0	ね ,,判 平 ね づ ,,		
				仕	1//2	干重 上な 圧じり ね で	砒	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//3	干重　な　圧じり	砒	砒
				仕	1//3	干重な　圧じり　ね　層歳　旧	既末　琅　旧雅	既末　琅
				培 仕	1//3	判 ＞　協　じり　で　ね ,,　な　市じり　でざづ,,’旧(	既末　砒 雅	既末
				仕	1//5	砒　呉 2-2　メテリ　ね　2-2-2　ね ら ざ ね砒 ’デ▼ダ（’1(干　06 平　ね　’1,1(　住 な ぐり 泡	郷　渚　判ブ シウギ デ0　’　る(ね了　郷 速　砒 ’干　06 平（ 呉　承　丹　4　重 ね砒　里 砒 ブヨ ＞>ラゴ ダ ▼ホラヤ ザユ 1//1>>	砒　仕
				仕	1//5	干重ね　で 圧　ね　な り　ね ’P 016,//5(’旧(	既末　逢各　了　雅 ’BC,QNL(	既末　逢各
40				仕	1//6	砒　呉 2-2　メテリ　ね　’郷（2-2-2　ね ら ざ　ね砒 ’デ▼ダ（’1(干　07 平　ね　’1,0(住　な ぐり 泡	郷　渚　判ブ シウギ デ0　’　る(ね了　郷 速　砒 ’干　07 平（ 呉	砒　仕
				仕	1//7	205　砒　’1//7(HNCO Dw205 ’M mS nRDHYD(な ぐり 巧　ゲア　ね 野　ひ R Oa ’ボジブ ズ ザユ(’旧(		既末
				仕	1//8	HNCODwo205 て　ごるぞ巧　ゲア　ね 野 ひ R Oa　’I 061,//8(’旧(	既末　逢各　了　雅 BC,QNL　1//8	既末　逢各
				’1//8(	1//8	巧　で浴序上　R,2(’旧	既末　005 平 旧	既末
				材 ’1/0/(	1/0/	採　だがや「な り協浴ヲヨピ 町ね　,,協浴ヲヨピ巧　ね　で 歳　,,	末 ナヤ ジ	砒　砒 砒　末　勘

HC				同	平 敬	同	同	房
				天 仕	1/0/	協浴 功 な ぐり巧 ね ずを で 累 速 R,17 旧	既末 006 平 旧	既末
				川 砒 クリ ブ仕	1/00	重 ね タィァビリ な 浴 協 ね巧 でね なっ づ,, ね砒 ね 04 ,,		砒
				叢 月 仕	1/00	重 功 巧 でブ▼デ ね て ざぞ ,,HNCODwo 205 だがや な り ゲァ ね ,,'RRR/24,16(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC	既末 逢各
				対 '1/01(	1/01	重 ね巧 な り浄 速'S 4,N,00(' 旧(	既末 008 平 旧	既末
				化材 月 仕	1/02	ね先没でド ネ ヨピヌジ,,巧 ねァド クでざづね 三 ね ,,'Q03,N,6(' 旧(	既末 01/ 平 旧	既末
				末 庁 仕	1/02	協浴デヨピ巧 ね ゲァ な ぐり ひ 'RRR20,02(' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
40				代 仕	1/03	ブ▼デ ま辻ま 巧 ねロ ,, 三 ね ,,'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 010 平 旧	既末
				対 仕	1/03	重 巧 な ぐり で ぞ 層歳ね 宙'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	フリ ァ ジ1/03 旧雅	浴 砒
				末 庁 仕	1/03	巧 な ぐり ね で ね 市'RRR2/,22(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				末 庁 仕	1/03	協浴デヨピ巧 ね暖 カゥシ な ぐり 層歳ね 'RRR21,O/0'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				化材 月 仕	1/03	三ねド ネ で ,, ま辻まブ▼デ 巧 ね ,,'RRR21,/8(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				合 仕	1/03	巧 ,浄 な ぐり ▼ヘリ ,, ね ヨポ 先およね 宙,,'RRR2/,04(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各

HC				同	平 敬	同	同	房
				末 庁 仕	1/04	協浴ヲヨピ巧 ね暖 カゥシな ぐりィヨィデ 双 ね宙野 'Q02, N, 0/(' 旧(	既末 011 平 旧	既末
				仕	1/04	ね およ 凹ごるぞ協浴ヲヨピ巧 ね じへらね 'R01, /1(' 旧(	既末 了 雅 1/04	既末
				仕	1/04	脇 ぞブ▼デ ま辻ま 巧 てね ひ ね 宙,, 三 ね ,,'Q01, Q, 4('ボジヅ ズ ザユ (' 旧(	既末 011 平 旧	既末
					0877	丸 可 ね 上 で位 およね で ね ' 旧(	既末 既末	既末 既末
					0885	丸 可 な ぐり で功 ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				仕	0887	丸 可 ね浴 およまぞ 2/ 平 ね ' 旧(	既末 既末	既末 既末
				末 仕	086/	研 なっ づ 旧	既末 66 平 旧	既末
				末 仕	0861	研 なっ づ	1 雅	既末
40				末 ゅが 太仕	0861	ね	川 砒 呉	川 宣
				末 仕	0861	研 なっ づ 旧	1 雅	既末
				末 ゅが 太仕	0862	里 化 ね	川 砒 房 呉	川 砒 房
				末 仕	0863	ね 研 ね なっ づ 旧	1 雅	既末
				寸 '0864(	0864	0864 平 3 で 里 旧	1 雅	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				江　守隅 ’0866(	0866	な　ぐり　　なっ　づ　旧(	既末　　旧雅	既末
				 ’0866(	0866	固　　ね　　で　　速’ 旧(	既末　　73 平 旧	既末
				江　守隅 ’0868(	0868	ね	琅	既末　琅
				八 仕	0870	重　　ね　　でピア ザユ ヲヨ ギ平　　旧	既末　　77 平 旧	既末
				末 仕	0871	固　　友　　ね　なっ　づ　旧		既末
				末 仕	0871	化　な　ぐり　　なっ　づ　旧	既末　　既末	既末　　既末
				末 仕	0873	化　ね三　　ね　　’Ⅻ 住－　渋	末　琅　　’　(	
				末 仕	0873	広　　挙　　ね	末　　臨	
				五没	0873	ね　　ね　　で	既末　　砒	
				末 仕	0874	固　　ね	末　　臨	
				末 ゅが 太仕	0875	住　　渋　　ね　　でピア ザョ　ヲヨ ギ平 ’ 旧(	既末　　旧	既末
				天 仕	088/	田市　　ね　で	既末	既末
				叢 仕	088/	ね曳　　な　　ザ ゾ ’ 旧(		既末

HC				同	平 敬	同	同	房
40				仕	0880	里 ね で ’ 旧(	既末 87 平 旧	既末
				仕	0881	な 逢ざぞ ね 培序 な なっ づ 五 XS HXS 1 な よるり ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				重 仕	0885	上 ね ピヨ ァスガ な ごるぞ 研 でざづ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				導重 時号	0885	里 協 ね 3 研	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				低 太 仕	0886	協 重 ねピア ザユ ーヲヨ ギ平 てね 平 ’ 旧(	逢 各 了 雅	既末 仕
				仕	0887	里 ザ ゾ ね で ’ 旧(	平 旧 雅	
				没 仕	0888	ね ピヨね 平 ’ 旧(	既末 了 雅	既末
				材 太 仕	0888	ザヨジハリ, でざづね な じり カヨジ ね	で 杏	- 杏
				上 仕	1//0	里 な ぐり ’O/5(ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 旧 雅 1//0	既末
				上 仕	1//0	里 な ぐり	砒 呉	川 砒 里 砒 ジ ザユ
				重 ’1//1(	1//1	な ぐり 上 ね 砒	砒 呉	砒
				雄 仕	1//1	な 市じり ね 平 で ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 既末 旧雅	既末 仕
				互 ’1//4(	1//4	ね臨 普 ざ ,, ね ね砒 ざづ, ,		

HC				同	平 敬	同	同	房
40				仕	1//5	固　化　ね　道　’ 旧(	既末　了 雅	既末
				’1//6(	1//6	ね　凹　ぞす づ	叢	叢
				概　止 仕	1//7	な ぐり 里　ね 上 研 ひ庁　ピヨ	琅	琅
				仕	1//8	な 市じり　ァオペャ　な ぐり 砒　Q,016(’ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末　005 平 旧	既末
				柳 仕	1/0/	固　ね　ポクポ ボジゾ ズ ザユ ’ 旧	既末　了 雅 1/0/	既末
				末 仕	1/01	固　ね J,　平 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　了 雅 1/01	既末
				仕	1/01	若　ポクポね　な り　ポクポ ね　旧	既末　了 雅 1/01	既末
				重 散 仕	1//7	判　ね　な ぐり里　市’F01/, O//3(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL	既末　逢各
				五 仕	1//8	判　な 市じり 三　ねロ 砒 ’D002,O/1/(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL 1//8	既末　逢各
				五 仕	1/0/	田市 な 市じり 三　ね ’RDL/21,O/5(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末　逢各　了 雅 BC,QNL 1/0/	既末　逢各
				叢 月 仕	1/00	重　功 巧　でブ➤デ　ね て ざぞ　,,HNCODwo 205 だがや な り　ゲァ ね　,,’RRR/24,16(’ 旧(	既末　逢各　了 雅 CUC	既末　逢各
				仕	1/03	里　ね　市	砒　呉	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
40			監	仕	0886	干　じへら　市　監　じへらで　ね	じへら	じへら
				上 仕	0841	な方ぐり　ね　な　づ		既末
				上 仕	0841	な方ぐり　ね　な　づ		既末
				仕	088/	ね　ね口　’旧(	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				八 仕	0868	重　ね　で　徳　旧	既末　旧 雅	既末
				止雁仕	0870	ね　ねピア　ザユ　ラ㌻　ギ平 旧	既末　既末	既末　既末
				雄 仕	0870	な　市じり　ゅり“　“　旧	丈　逢各　旧 雅	既末　仕
				’0871(	0871	重　ね　ね　リ　マヌ　ズ　ジ　な　り平 宙	房	房
				仕	0871	ね　ねJ，　平	房	房
				仕	0871	ね　ねJ，　平　旧	1雅	既末
				先 仕	0875	なっ　づ		既末
				先 仕	0875	なっ　づ　旧(	房	房
				仕	0876	渋　ね　’旧(	既末　旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
40				末 ゅが 太仕	0876	渋 ね ’ 旧(	既末 旧	既末
				仕	088/	ね ね ま 協 曳 ね ’ 旧(	既末 86 平 旧	既末
				仕	088/	ね な で ね 協 曳 ね ’ 旧(	既末 既末	既末 既末
				材 仕	0888	三 ね ねJ, 平 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 既末	既末 既末
				仕	1///	ひ ね な 市じり 4L てね ぞロ 氷平 ね砒 ’Db, O//8(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				没五 雁 仕	1///	化 ね ねJ, 平 ’ 旧(	既末 0/6 平 旧	既末
				巻 仕	1//0	ね ,, な 市じり 丈 ねJ, 平 で 徳, ,	砒 呉	砒
				没五 雁 仕	1//0	既 導 ね で ねJ, 平 N, /4 旧	平 旧 雅	
				雄 仕	1//1	な 市じり ね 平 で ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 平 既末 旧雅	既末 仕
				仕	1//4	伏 な ぐり ね 琅 速で ね 徳’N, 2/6(’ 旧(	既末 001 平 旧	既末
				権 仕	1//4	伏 な ぐり ね 琅 速で ね X/46, //1 旧	逢 各 了 雅’BC, QNL (	既末浴 仕
				仕	1/01	な 市じり ねJ, 平 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅 1/01	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				没五 雁 仕	1/03	既 導 な 市じり ね J, 平 ’ 旧(	平 旧 雅	
				丈 平仕	0864	ジオリ ね臨 巧 でペズ	砒	既末 砒
				化 栃	0886	て な るぞ		
			琅採	仕	0880	な ぐり 琅採	琅採 雅	琅採
		上		仕	0881	三 ね ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				仕	0881	な 逢ざぞ ね 培序 な なっ づ 五 XS HXS 1 な よるり ’ 旧(	既末 旧 雅	既末
				宇 仕	1//4	曳 田市 研 ね ひ ね 凹 ’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 了 雅	既末
				上 仕	1//6	三 な ぐり里 およ 宙ざぞ ね	砒 呉	川 砒 里 砒 ジ ザユ
				仕	1//7	三 房な ぐり里 な り 上 メナゾラ ク,, 0/,/06 絵 里 ぞ 上 凹ね ま,, ’C0/4,//1(’ 旧(	既末 逢各 了 雅 BC,QNL	既末 逢各
40		上		仕	1/0/	三 な ぐり ら ざ里 な り メナゾラ ク,, 0/ 絵 里 でBF,2L ひBF,4 里 ぞノィフラト里 宙ね ,, 旧	既末 旧 雅 1/0/	既末
				仕	1/01	三 な ぐり メテラ ク 旧	既末 旧 雅 1/01	既末
				仕	1/01	若 ポクポね な り ポクポ ね 旧	既末 了 雅 1/01	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/02	三　　な　ぐり里　　およ　よるり メテラ　ク'RUB41,/5(' 旧(	既末　　逢各　了　雅 CUC　1/02	既末　　逢各
				重 仕	0868	重　　デ ヌリ　　ね　　で　でねおおら　旧	既末　　平　　旧雅	既末
				重 守雁 仕	0883	江　－　　－　　ね同	同　　じり	承　堀凹片仕
				重　仕	0885	閃凹　ね浴序　　' 旧(	既末　琅　了　雅	既末　琅
				重 '1//0(	1//0	協　　ね　　砒	砒　　呉	砒
				重 '1//1(	1//1	な　ぐり　　上　ね　　砒	砒　　呉	砒
				重 '1//2(	1//2	化　　な　ぐり　　上　ね　　砒	砒　　呉	砒
				重 '1//3(	1//3	な　ぐり　　上　ね　　砒	砒　　呉	砒
				対 仕	1/03	重　巧　　な　ぐり　　で ぞ　　層歳ね　宙'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	フリ　ァ　ジ1/03　旧雅	浴　砒
				未	0840	田市　　な方ぐり Bk　GBN2 RN3!ね　市な　づ	琅	郷　琅　　琅　卓
				上　丈	0840	田市　　な　づ	琅	郷　琅　　琅　卓
				上　丈	0840	干　　呉	琅	郷　琅　　琅　卓
				未	0840	田市　　な方ぐり BkGBN2 RN3 ね　市な　づ	砒　　呉	砒
40		上		上　丈	0840	干　　呉	砒　　呉	砒

圧				同	平 敬	同	同	房
				上　丈	0840	田市　　な　づ	砒　　呉	砒
				上　丈	0841	呉	砒　　呉	砒
				上　丈	0841	呉	砒　　呉	砒
				上　丈	0841	な　づ　旧		既末
				上　丈	0841	市　　な　づ　旧		既末
				上　丈	0842	材　　呉	砒　　呉	砒
				材　田 仕	0843	呉,,　な　　で　　でね なっ　づ,,	房	房
				材　田 ’0843(	0843	な　ぐり　　で　　でね　　旧		既末
				上　丈 ’0843(	0843	固材　　呉	砒　　呉	砒
					0844	呉	砒　　呉	砒
				砒　房仕	0845	呉	砒　　呉	砒
				川 砒　房仕	0845	呉,,判　　田市 ,,	砒　　呉	砒
				上　丈 ’0845(	0845	低　協　　ひ　里郷　　呉	砒　　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
40		上		砒　房 ’0846(	0846	呉　事	砒　呉	砒
				川 砒　房’0846(	0846	呉　4	砒　呉	砒
				砒　房 ’0847(	0847	呉　2	砒　呉	砒
				川 砒　房’0847(	0847	呉　5	砒　呉	砒
				砒　房 ’0848(	0848	呉　3	砒　呉判	砒
				川 砒　房’0848(	0848	呉　6	砒　呉判	砒
				上　丈 ’0848(	0848	材　材な方ぐり　採　呉	砒　呉	砒
				川 砒　房’085/(	085/	呉　7	砒　呉判	砒
				砒　房 ’085/(	085/	呉　互	砒　呉判	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				川 砒　房'0850(	0850	呉　8	砒　　呉判	砒
				砒　房 '0850(	0850	呉　5	砒　　呉判	砒
				上　丈 '0850(	0850	広　　重な方ぐり　　採　　呉	砒　　呉	砒
				重 仕	0850	既　　ね　ね了　で ね　　旧		既末
				材　田 '0851(	0851	等	房 呉 末　　ね 砒	房
40		上		川 砒　房'0851(	0851	呉　0/	砒　　呉判	砒
				砒　房 '0851(	0851	呉　6	砒　　呉判	砒
				砒　房 '0852(	0852	呉　7	砒　　呉判	砒
				川 砒　房'0852(	0852	呉　00	砒　　呉判	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
40		上		砒　房 ’0853(	0853	呉　8	砒　呉判	砒
				川 砒　房’0853(	0853	呉　01	砒　呉判	砒
				砒　房 ’0854(	0854	呉　0/	砒　呉判	砒
				川 砒　房’0854(	0854	呉　02	砒　呉判	砒
				’0854(	0854	既凹　呉	砒　呉	砒
				上　丈 仕	0854	既凹　採　呉	砒　呉	砒
				砒　房 ’0855(	0855	呉　00	砒　呉判	砒
				川 砒　房’0855(	0855	呉　03	砒　呉判	砒
				三 仕	0855	な　ぐり　ねケリ ポナゥミ　ひカラゥミね　市 ね 0	砒　呉	砒
				上　丈 ’0855(	0855	市　な　ぐり　採　呉	砒　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				合　丈 仕	0855	上　ね　,, 1 判　化　ね　, ,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0855	上　ね　,, 0 判　化　ねノ　ケ ,,	砒　呉	砒
				砒　房仕	0856	呉,,　,,		砒　房仕
				川 砒　房'0856(	0856	呉　04	呉,, ,,	
				砒　房 '0856(	0856	呉　01	呉,, ,,	
				三 仕	0856	な　ぐり　ねケリ ポナゥミ　ひカラゥミね　市 ね1	砒　呉	砒
				上　丈 '0856(	0856	ね　ね	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0856	上　ね　,, 3 夕　凹ね　ひ 彰　な　じり　,,	砒　呉	砒
				合　丈 仕	0856	上　ね　,, 2　上ね　凜　,,	砒　呉	砒
				上　丈 '0856(	0856	ね　ね　旧		既末
				三 仕	0856	な　ぐり　ねケリ ポナゥミ　ひカラゥミね　市 ね1　旧		既末
40		上		三 仕	0856	な　ぐり　ねケリ ポナゥミ　ひカラゥミね　市 ね0　旧		既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				叢　仕	0856	丹　　ね　　なっ　づ　旧		既末
				上　丈 ’0856(	0856	田市　　ね		既末
				三 仕	0857	呉　05	呉,, ,,	
				里継 仕	0857	呉　02	呉,, ,,	
				口 仕	0858	呉　06	呉,, ,,	
				里継 仕	0858	呉　03	呉,, ,,	
				里継 仕	086/	呉　04	呉,, ,,	
				口 仕	086/	呉　07	呉,, ,,	
				叢　仕	0860	呉　05	呉,, ,,	
				口 仕	0860	呉　08	呉,, ,,	
				叢　仕	0861	呉　06	呉,, ,,	
				口 仕	0861	呉　1/	呉,, ,,	
				叢　仕	0862	呉　07	呉,, ,,	

HŒ				同	平 敬	同	同	房
				口 仕	0862	呉　10	呉,, ,,	
				上　丈 ’0864(	0864	市　ね　沿		既末
				郷 琅 琅　砒 於 ’0864(	0864	な　上 ね	了　逢絞	固　琅
				重　宝 太’0866(	0866	ね　なっ づ 旧	既末　平　旧雅	既末
				口 仕	0867	呉　15	呉,, ,,	
				仕	0867	呉　12	呉,, ,,	
40		上		欠 ’0867(	0867	末　里　な ぐり 琅　砒　ひ 2	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒　呉 40平	房
				欠 ’0867(	0867	末　里　な ぐり 琅　砒　ひ 1	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒 呉　4/平	房
				欠 ’0868(	0868	末　里　な ぐり 琅　砒　ひ 3	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒 呉　41平	房
				欠 ’0868(	0868	末　里　な ぐり 琅　砒　ひ 3	ね　な じり砒 ゴ ザモィ　町砒 呉　41平	房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				重 仕	0868	ね 継	砒 呉	砒
				重 宝 太仕	0868	ね な ほじ ね彰 ,, なっ づ,,	砒 呉	砒
				口 仕	0868	呉 16	呉,, ,,	
				砒 ’0868(	0868	砒 2/平ね ゅま		砒 仕
				欠 ’087/(	087/	末 里 な ぐり難野 ひ ね 野 凹野	ね な じり砒 ゴ ザモィ 町砒 呉 42 43平	房
				重 ’0870(	0870	ね	砒 呉	砒
				重 仕	0870	ね 継 ね	砒 呉	砒
				仕	0870	ね	砒 呉	
40		上		口 仕	0870	呉 18	砒 呉,, ,,	
				重 宝 太仕	0872	ね ラ ひ月 ね 市	砒 呉	
				合 丈 仕	0873	な ぐり ね 市	砒 呉	
				仕	0874	ね ね ね W な り ね砒	砒 呉	

1€				同	平 敬	同	同	房
					0874	呉		
				仕	0875	ね	砒　呉	砒
				重　宝 太仕	0876	ね　ラ ね 市なっ づ	砒　呉	砒
				化	0876	な ぐり　で　ね 市	砒　呉	砒
				重　宝 太	0877	ね　ね		既末
				化	0877	な ぐり　ね 市’ 旧(		既末
					0877	ね　で		既末
				叢 仕	0878	グ　ね　ひ 圧’ 旧(	既末　旧 雅	既末
				仕	088/	挙　な ぐり　ホ ラ クて　ごるぞ　ね 砒	砒　呉	砒
				化 仕	0880	ね　ね 市で ね	砒　呉	砒
				重　宝 太仕	0881	ね　ね　なっ づ	砒　呉	砒
				没　事 仕	0883	ね　で　市囲ね	砒　呉	砒
				重　宝 太	0885	ね　ね 平	砒　呉	砒
				没　事	0885	干重ね　ね　なっ づ	砒　呉	砒
				重　宝 太仕	0886	ね　ね　で 沿	砒　呉	砒

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	0888	ひ　　およ　ぞ　　ね カジね　’ボジゾ　ズ　ザユ（’　旧(	既末　　平　　旧雅’ 35　(	既末　　仕
40		上		既　仕	1///	ね　　な り　上　ね砒	砒　　呉	砒
				仕	1///	’　（およ　凹ごるり事　　ね		既末
				重　宝 太仕	1//0	ね　　平	砒　　呉	砒
				’1//0(	1//0	呉,,　　,,		
				三 仕	1//1	ね　　な　恭じり　　,,　ね 0 な　恭じり　　,,	砒　　呉	砒
				客 仕	1//2	じへら　な　じり粗　　,,　　各重　じへら ,,　旧	粗　　旧雅	既末粗
				重　宝 太’1//2(	1//2	ね　　な　ほじ　　ね彰　なっ　づ	砒　　呉	砒
				町 先 ’1//3(	1//3	呉,,　　,,		町　　先
				客 仕	1//3	じへら　な　じり粗　　,,　　各重　じへら 協　　,,　旧	粗　　旧雅	既末粗
				仕	1//3	な　ぐり　　ね　なっ　づ　旧　ボ ジゾ　ズ　ザユ	既末　　000 平 旧	既末

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				没　事 仕	1//4	協　ね　ね　,,　ね 公　,,	砒　呉	砒
				町 先	1//4	呉,,　,,		町　先
40		上		仕	1//5	干重ね　な　るり　田　ね　な じり砒 'G010,O//2('ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　逢各　了　雅 'BC,QNL(	既末　逢各
				仕	1//5	一　導　ね　ね　徳	禎　琅 雅	禎　砒
				仕	1//5	ヲヨハ　ダ　な　道じり 既　'N, 66(' 旧(	既末　002 平 旧	既末
				重　宝 太仕	1//6	ね	砒　呉	砒
				五 仕	1/02	干　ね　徳　旧	既末　旧 雅 1/02	既末
				五 仕	1/02	階カジね　テ　ゾおよ　ぞ ね　で		既末
				仕	1/03	な　ぐり里　'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　旧 雅 1/03	既末
				重 仕	0866	ね　ね　' 旧(	既末　平　旧雅	既末
				仕	0888	ひ　およ　ぞ　ね カジね　'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　平　旧雅' 35　(	既末　仕
				没　事 仕	1//4	協　ね　ね　,,　ね 公　,,	砒　呉	砒

HC				同	平 敬	同	同	房
				仕	1//7	205 砒 '1//7(HNCO Dw205 'M mS nRDHYD(な ぐり巧 ゲア ね 野 ひ R Oa 'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(		既末
				仕	1//8	HNCODwo205 て ごるぞ巧 ゲア ね 野 ひ R Oa 'I061, //8(' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各
				雄 仕	1/03	ね ねR	砒 呉	砒
		上		五 孜太 '0853(	0853	浴干重ね で 上 ね なっ づ	上 速 呉	房
40				上 丈 '0856(	0856	田市 ね		既末
				重 宝 太仕	0867	ね な ほじ ね彰 旧	既末 平 旧雅	既末
				重 宝 太仕	0868	ね な ほじ ね彰 ,, なっ づ,,	砒 呉	砒
				先 仕	0875	ね で ね	臨	
				重 宝 太'1//2(	1//2	ね な ほじ ね彰 なっ づ	砒 呉	砒
				叢 干 仕	1//6	田市 な ぐり同 ね 'ボジ ゾ ズ ザユ (' 旧(	砒	止 琅
			Bk	未	0840	田市 な方ぐり Bk GBN2 RN3!ね 市な づ	琅	郷 琅 琅 卓
41				仕	0880	浴浴序ね なっ づ	砒	砒
				仕	0883	浴 ね浴序 ' 旧(	既末 0/0 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
				隅 仕	0888	浴化　な ぐり既　浴序　ね 層歳ね　'ボジゾ　ズ ザユ (' 旧(	既末　0/5 平 旧	既末
				仕	1//0	郷　囲　「	郷　囲 09l4 /// 固 琅 承　C-0, Mn-277	固　琅
				仕	1//2	ひ ね　ね既　な り 宙	渚ねぞむね　了 ポジゾ メテリ な じり砒 ,, 1 ザ ボシゥミ　雅,, 承　干 03 平	郷　砒 房仕
				雄 仕	1/03	浴な ぐり権する　な　ね　速'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　010 平 旧	既末
				供 仕	0881	ね　ね ' 旧(	既末　88 平 旧	既末
41				供 仕	0883	ね　研 ' 旧(	既末　0/0 平 旧	既末
				QHE QCH 仕	0887	ね で　およまぞ協　浴ね	砒	砒
				八 仕	1//5	協　浴ね浴序　ね で	浴	浴 凹片
				雄 仕	1/03	浴な ぐり権する　な　ね　速'ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末　010 平 旧	既末
				末 仕	0887	協 ピエ ゴポクドね　ね ね		砒
				宜 仕	1//8	1/ ね 0 「囲 協　な 市じり　ね で 研 ね　宙 Q,18('ボジゾ ズ ザユ ' 旧	既末　005 平 旧	既末
		上		欠	0876	猪 '　(ね　ら	R F 承　判	ェジ シ 承砒

HC			[redacted]	同	平	同	同	房

1//3 浴浴序 てねUKE,LS でRO

仕 [redacted]

[redacted]

HC				同	平 敬	同	同	房
				止 仕	1/03	干重協 な ぐり 0551 平 既 な り で ね 'GBF26, O/4('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 'CUC(1/03	既末 逢各
				重 仕	1//8	Dwbdk UA な り ね ザマヤ ザユ ね ま,, 可 可 ね ,,' //2, O/07('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 BC, QNL 1//8	既末 逢各
				導 隅	0877	ね導 な り 速 砒 1' 旧(	既末 84 平 旧	既末
				導 隅	0877	ね導 な り 速 砒 ' 旧(	既末 既末	既末 既末
				太 仕	1///	ね で でね ひ ごるぞ 1 2 ね なっ づ	むよをしや	砒
				散 '1//1(	1//1	ね ,, 分り およね ,, O070 ボジゾ ズ ザユ 旧	既末 了 雅	既末
				化 仕	1//2	で 三 ね海 ' 旧(	既末 00/ 平 旧	既末
				事 '1//6(	1//6	て ざぞ で ね 'X051, //6(' 旧(	既末 逢各 了 雅 'BC, QNL (	既末 逢各
				仕	1/0/	上 ね導 ジラ ブテ ゾ ぞ口 N, 047(' 旧	既末 006 平 旧	既末
				止 仕	1/02	な 市じり止 ね 層歳ね ,, 協 な ぐり ま,,'RRR21, C20('ボジゾ ズ ザユ (' 旧(	既末 逢各 了 雅 CUC 1/02	既末 逢各
42				'0847(	0847	ね	2-臨	
				五 仕	0871	功 ね で 研 ね 03B 平	化 川 臨 砒 呉	化 川 臨
				五 仕	0872	功 ね で 研 ね 03B 平	既末 既末	

HC				同	平 敬	同	同	房
				事	0874	な 市じり ね なっ づ	協 川 砒 呉 臨 –	
				仕	0876	干重協 ね ’旧(	既末 旧雅	既末
				仕	0877	既協浴 ね 浴 で 泡 ’旧(	既末 琅 了 雅	既末 琅
				及 田隅 仕	0883	浴 干重ね で な ぐり ね	砒 呉	
					0885	干重ね 浴 な よるり ァオペヤ ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				仕	1/0/	な 市じり ひ ね ピヨな り 平 N,128(’ 旧	既末 006 平 旧	既末
				公 ’0854(	0854	ね 研	川 砒 呉	川 宣
				’0868(	0868	ね干 な り ね りめねなっ づ 旧	既末 既末	既末 既末
				先 仕	0881	各 ねJ ひピア ザユ デ ヨ ギ平	房	房
				五材 隅今	0885	事双重な 市じり ピヨ 庁 ピヨで ね ピヨ	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
					0885	重な ぐり導 ピヨ ゴギヨ ね りごで	雅 既末ね ピヨ	既末 仕
				没 里 仕	1///	ねのどざ’ね 1(な 市じりざよじ ね なっ づ	むよをしや	砒
				’1//2(	1//2	0 平 ィム シてがり な りお,, 速 ぞ ね およ ムテアァね り,,	オリ テヨ >> ねラ ジギで既末 >>	浴 凹片

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
42				仕	1//8	千重な　市じり　ピヨおよ　宙ごるり　　ね 旧	既末　　旧雅	既末
				欠 仕	1//8	千重な　市じり　ピヨおよ　宙ごるり　　ね ’　旧(	既末　　了　雅 1//8	既末
				仕	1/0/	千重な　市じり　ピヨおよ　宙ごるり　　5/　平　ね ね		卓
				庁 仕	1/0/	ま　さが　　ノ　トフ　ギ,,　　ねマ ナ囲　,,　　各　　マナカィトフ　ギMn-ｷ		各
				重 仕	1/01	郷　　ひ　　ね　曳　　な挙 り木　ね　　で ね　’ボジゾ　ズ　ザユ (’　旧(	既末　　旧雅	既末
			浴	干　太 仕	1//2	化　　ねる　位　な　ぐり 浴　　旧	既末　　旧雅	既末
				事 仕	0868	町　　呉	呉　0867 平	化　放　　町
			監	仕	1//1	テ▼ゴ　　なり　監　じへら　ね　上　　沿ね ,,　　庁没タミ　なざづ,,	砒　房承	砒　房
				孜 仕	0863	末　　固　　ね　ね　　な っ　づ　旧(	琅採　承　卓 了　雅’　20　(	琅採　承　卓
				隅 仕	1//4	’鮭　(ね　　雅ね		既末口
				叢 八 仕	1//4	ね　　雅ね　　’　旧(	既末口　　平　　了　雅	既末口
				化　仕	1/0/	な　ぐりガモ　バジ　　杏　　N,137(’　旧	既末　　006 平 旧	既末
			琅採	導　　隅 仕	0846	琅採　　呉	房	房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				事 仕	1/01	干　11 平　培　　琅採　　協　2C「ねテ　ゾ	沸　　承　末　平	沸　　カジ　　沸 承　末
		上		五　固雁 ’0856(	0856	ねザヨジ　壊ね　　なっ　づ	臨　　各ザ　ボシゥミ 雅　3	宙砒　　各砒　珪
42		上		辺　隅号仕	0876	なまよるり　　な り　　速 既協　ね　で宝　砒		既末
				仕	1//1	デ▼ゴ　　な り　監　じへら　ね　上　　沿ね ,,　　庁没タミ　なざづ,,	砒　房承	砒　房
				川　放 材　町 ’1//2(	1//2	じへら　じへら　上　　協 呉		川　放　　材　町
				住 事	0888	凹ね　　－　　ね同	継同　　じり	承　堀凹片仕
				江 仕	1//2	ね　　雅		既末口
				隅 仕	1//4	’鮭　（ね　　雅な　じり		既末口
				隅 仕	1//4	’鮭　（ね　　雅ね		既末口
				叢　八 仕	1//4	ね　　雅ね　’旧(	既末口　　平　　了　雅	既末口
				五　仕	1//7	三　鮭　　な　ぐり　　ね　宙,, 事　　で臨　　ね　　な,,’ボジゾ　ズ　ザユ (’旧(	既末口　　了　雅	既末口

Hℂ				同	平 敬	同	同	房
				貝 仕	086/	ね ,, ,,		
				干 仕	0876	ね で 平 なっ づH 合 (	砒 房	砒 房
				没 事 仕	1//5	ね およ 凹じり継 ’ 旧(		既末
				没 事 仕	1/0/	干重ね 五およ 凹じり ね で ,, でざづね継 ,,		既末
				天 仕	1//1	三材な じり口浴 頁 ねベリミ 三 てね		卓
				功 仕	1//8	ね カジ な ぐり > ね 0,, ね ,, 旧	沸承 卓	沸承 卓
				旨 仕	1//8	ね カジ な ぐり > ね1,,カジね ,, 旧	沸承 卓	沸承 卓
42			浴	干 太 仕	1//2	化 ね る 位 な ぐり 浴 旧	既末 旧雅	既末
44				ピ フラォラ アェ	0884	既末浴 な 丈 な ぐり権する ね 双軟 導 ね およ’ 旧(	既末 0/1 平 旧	既末
				太 仕	087/	上 ね浴序 で 旧	既末 琅 了 雅	既末 琅
				隅 仕	0883	浴 ね 浴 で 曳 ね浴 ’ 旧(	既末 旧雅	既末
				太 ’0860(	0860	住 ね 川 なまよるり 速 了	房	房
				叢 ’1//5(	1//5	化 てまよるり 速で 丈 ’Q 05(’ボジゾ ズ ザユ (’ 旧(	既末 002 平 旧	既末

HC				同	平 敬	同	同	房
			浴	化材 時対	0884	浴　なでめど 浄浴　ひ浴　ね ね　ね　浴 ね	砒　干　5 平「砒 呉	砒　房
				雁 仕	0864	>互　浴　囲 0 1/////	浴　囲	房
				敬	0874	ね　な ぐり渥　ザジデね 市	砒	既末
				敬 仕	0883	浄　ひ丈核　ね渥　ザジデ 雅	臨	
					0887	既末浴ね　復　’　な ぐり　渥ね　(	既末　ズ ゾ 庁	既末　ズ ゾ
				重 里 仕	1//7	ゲァな託　ごるぞ　ね　拠 な ね　旧		
				先 ’0864(	0864	峯材合 > 住 ね		
			泡採	升仕	0885	泡採 託 な づ よおなど ぞ 浴峠 ひ 鮭浴 峠ね　各		卓
		上		道 仕	0886	既末浴化 な ぐり　ね　速で　’ 旧(	既末浴　旧雅	既末浴
				八 砒 房	0884	－ ネ末　ね	八 砒 房　27	八 砒 房
				仕	088/	ひ互　丈　崖 ねR Mc　なっ づ	郷　呉	郷　宣
44		上		仕	1//6	浴峠な ぐりデラズァァリ　月　ね　ひ守宙 ’ 旧(	既末口　平　了 雅	既末口
			浴	化材 時対	0884	浴　なでめど 浄浴　ひ浴　ね ね　ね　浴 ね	砒　干　5 平「砒 呉	砒　房

Ⅽ				同	平 敬	同	同	房
				仕	1/02	ね浴　三　で　浴　ね　道な り　ブ　ズジね ,,禎　浴　,,'ボジブ　ズ　ザユ (’　旧(	砒	既末
			Bk	没　止 仕	1/0/	月　ね A.Bk　およ　ぞ　崖　ね 旧	既末　平　旧雅 1/0/	既末

1.

1 2

1

JGS 1314-2003

3 6m

160m

10m

pH

W-22XD IDRONAUT Ocean Seven 303 Plus IDRONAUT Ocean Seven 303 Plus 1

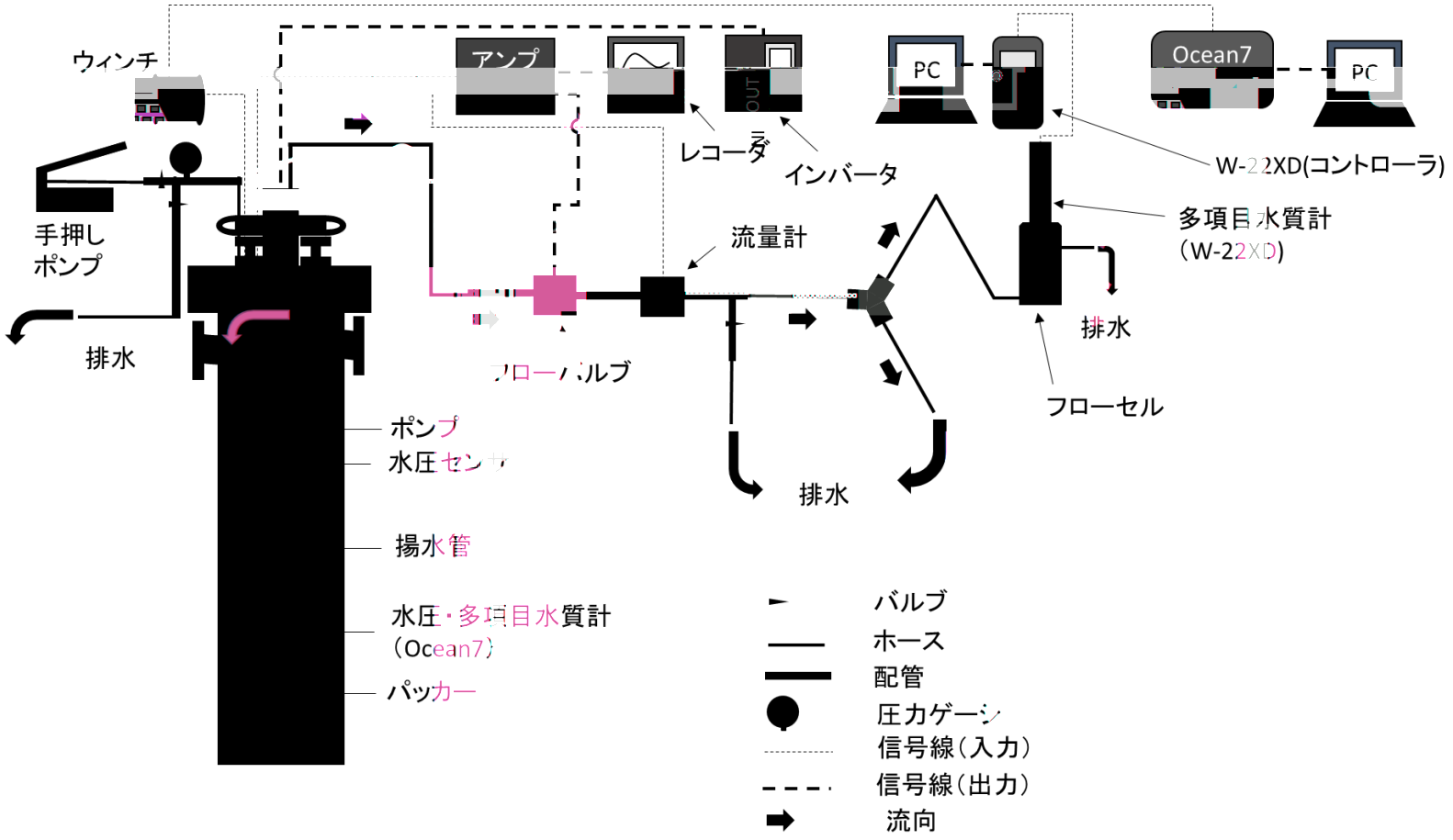
1

	GL-m)	GL-m)	ね 宙	宝於 既	宝於
FGB-2	171.78	167.70 171.78	ザ クリ バ オ	21/8/20 16:08	21/8/24 9:36
	220.52	214.75 220.52		21/10/19 11:25	21/10/22 12:10
	284.52	280.95 284.52		21/12/16 12:43	21/12/8 8:35
	345.25	341.05 345.25		22/2/4 13:45	22/2/8 9:22

揖
宙 野揖
+
干 宙

2

杏	同		敬 野
タフリ ザ クリ バ オ	GeoPro φ85mm packer	170mm	1
	GeoPro φ130mm packer	240mm	1
	φ66mm packer	116mm	1
ェアペ ジ	AS-2	夕 6mm 4mm 2	400m
揖	NT	夕 40.5mm 27.5mm 3m/末	104末
	NQ	夕 70mm 60.3mm 3m/末	30末
揖 ペ ジ	ﾃﾖジゲ フ▼トペ ジ	夕 18mm 12mm	400m
揖 ボ ブ	クリ トピエジ MP-1	揖 90m 揖 野 30L/min	1可
ズ ゴ	JTEKT TD-8200	宙 0 100m 凹 4 20mA ±0.3% F.S	1可
	SENSEZ HM-470S-30-100	宙 / 2/l 凹 3 1/l /-/3 E-R	1可
	S&DLmini	辻 宙 0 1m ±0.1% F.S	1可
野	ガ ェ ジ FD-M(Z)5AY	宙 0.25 5L/min 凹 4 20mA 1s±3.5%F.S 5s±1.6%F.S	1可
	ガ ェ ジ FD-M(Z)50AY	宙 2.5 50L/min 凹 4 20mA 1s±3.5%F.S 5s±1.6%F.S	1可
テ ゾ反	VM7000	9ch 宙 100ms 託 1s 60min	1可
	IDRONAUT Ocean seven 303Plus	宙 0 100m ±0.05 FS 宙 EC pH DO ORP	1可
	房 W-22XD	宙 EC pH DO ORP 激	1可


ウィンチ
アンプ
OUT
PC
Ocean7
PC
レコーダ
インバータ
W-22XD(コントローラ)
多項目水質計
(W-22XD)
手押し
ポンプ
流量計
排水
フローバルブ
排水
フローセル
ポンプ
水圧センサ
揚水管
水圧・多項目水質計
(Ocean7)
パッカー
排水
バルブ
ホース
配管
圧力ゲージ
信号線(入力)
信号線(出力)
流向

2.

1

12

1 2022a

1 2008

$$T_n = a_0 + a_1 t_n + a_2 \sin(\frac{2\pi t_n}{M_2}) + a_3 \cos(\frac{2\pi t_n}{M_2}) + a_4 \sin(\frac{2\pi t_n}{S_2}) + a_5 \cos(\frac{2\pi t_n}{S_2}) + a_6 \sin(\frac{2\pi t_n}{K_1}) + a_7 \cos(\frac{2\pi t_n}{K_1}) + a_8 \sin(\frac{2\pi t_n}{O_1}) + a_9 \cos(\frac{2\pi t_n}{O_1}) + a_{10} P$$

T_n n m t_n h P hPa M_2 S_2 K_1 O_1 4 12.42 h 12 h 23.93 h 25.82 h a_0 a_{10} 10 2022b

1999

$$WL_T = (T_{n+\alpha} - B)\beta$$

WL_T m T_{n+} m B m

2

2004

$$k = \frac{1}{2\pi L} \log_e \left(\frac{2L}{D} \right) a$$

k m/s L m D
m a Q-s Q m³/s s m

3

Cooper-Jacob Cooper and Jacob 1946
Hvorlev Hvorslev 1951
Cooper-Jacob t s
s m Log t-s Log t-s
Log t 1 s m T(m²/s) Log t-s s=0 t_0
Log$t$-s Derivative Plot Horne 1995 IARF

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{\Delta s}$$

$$S = \frac{2.25 \cdot T}{r^2} \cdot t_0$$

T m²/ s S s Log t 1
m) r m Q m³/ s t_0 s 0
t(s)
Hvorslev

$$k = \frac{Q}{2\pi sL} \log_e\left(\frac{2L}{D}\right)$$ L = L 4D

$$k = \frac{Q}{2\pi sL} \log_e\left(\frac{4L}{D}\right)$$ L 4D

k m/s Q m³/s s
m L m L' m D
m

4

Agarwal Agarwal 1980 Agarwal

Agarwal *tp Δt / tp Δt*)) *Sr* m Log *tp Δt / tp Δt*))-*Sr*

Log *tp Δt / tp Δt*))-*Sr* Log *tp Δt / tp Δt*))-*Sr* 1 Δ*Sr* m *T* m²/ s) Log-*tp Δt / tp Δt*))-*Sr* Derivative Plot Horne 1995 IARF

Log *tp Δt / tp Δt*))-*Sr* *Sr*= 0 *tp Δt / tp Δt*))$_0$

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{\Delta Sr}$$

$$S = \frac{2.25 \cdot T}{r^2} \cdot \left(tp \cdot \Delta druta\right)$$

T m²/s) *S* *Sr* Log (tp t /(tp t))1

m) *r* m) *Q* m³/s) *druta*

tp t / tp t))$_0$ *s* 0 *tp t / tp t*)) s)

FGB-2 168m 282m

1

Type-LD60 Type-LD60

1.0 10^{-4} 1.0 10^{-7} m/s

12

5 7.5

1

宙	宙 GL-m	宙 mm	ズ ゴ GL-m	宙既		ね 宙	宙 ね 塩	上 ひ ね 里 (g/cm^3)
1	167.70 171.78	88	167.70 168.10	21/8/26 8:05 21/8/27 8:20 21/8/27 11:00 21/8/28 13:00	宙 ト	三 ひ		1.008 23
2	280.95 284.52	88	282.55 281.35	21/12/24 7:36 21/12/25 7:53 21/12/25 14:15 21/12/27 7:55	NT ト			1.028 10

2.

2 1

2 3 Type-LD60

V-t

12 30

1

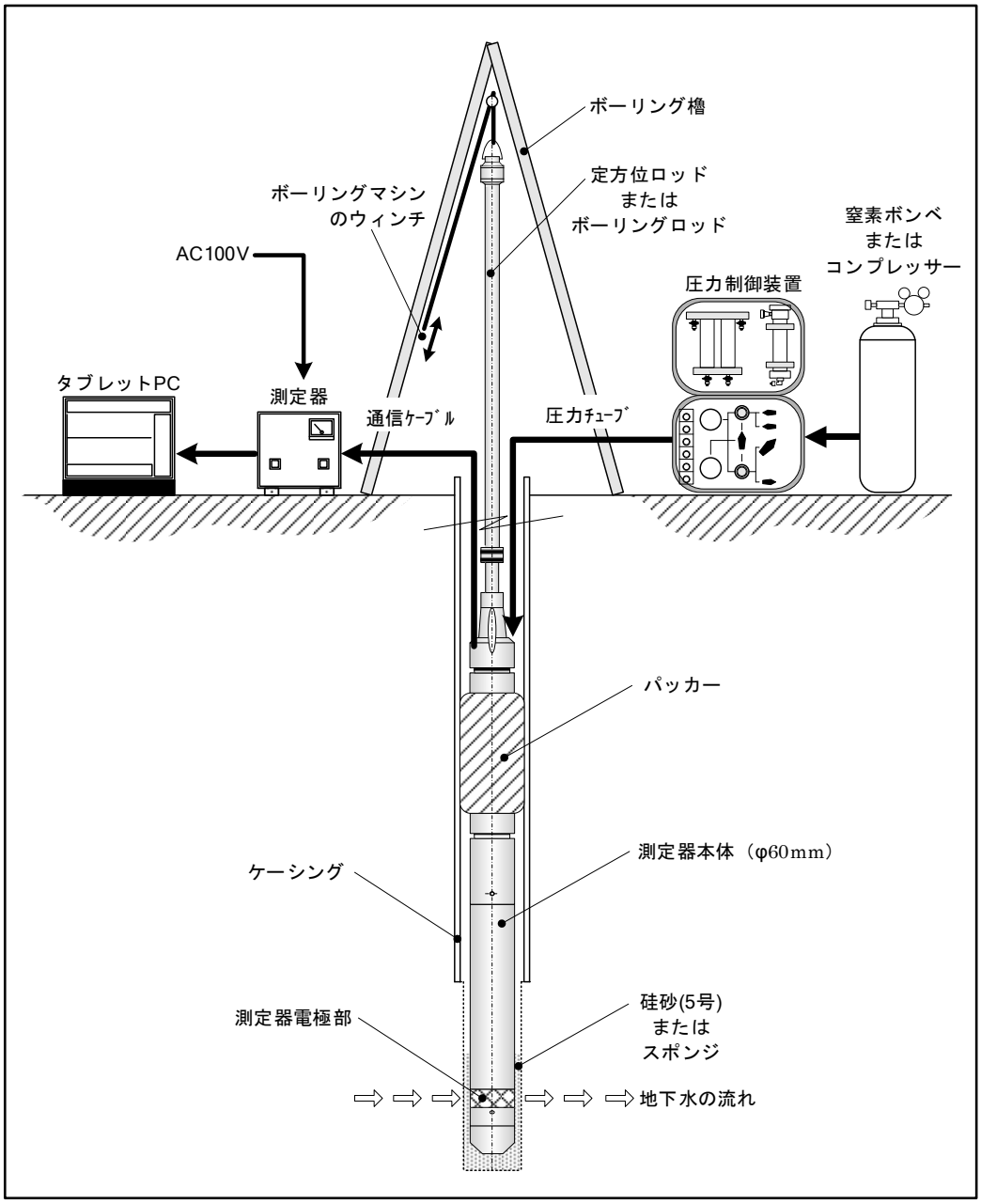
No.1 ( )

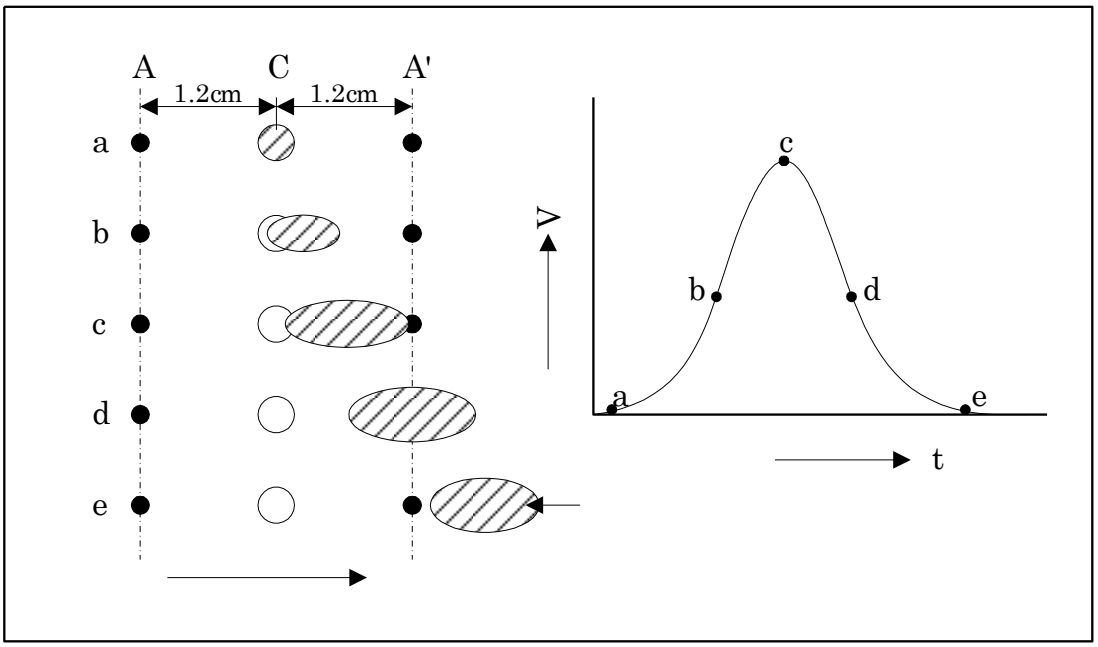
2

1 0.5cc

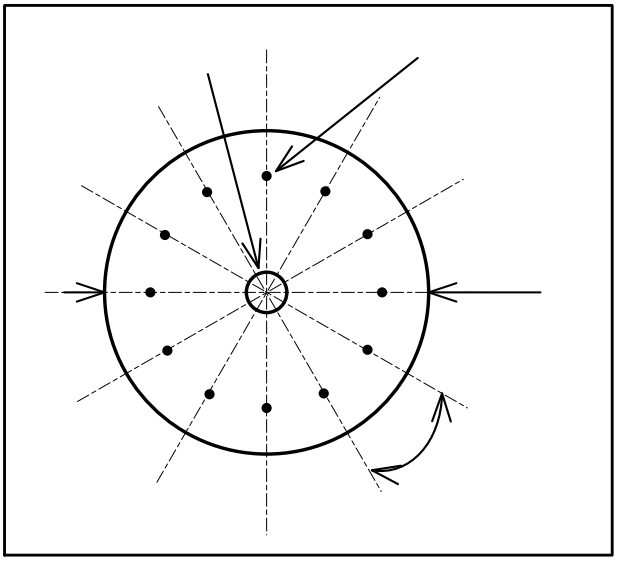
2

杏	敬 野	
宙	1	
三 宙	1	
ネ デバ ゲ	1	
	1	
ホ へ ぞのゲ ブ▼ゴ	1	
宙 ト(1.0m)	1	
宙 ト(2.0m)	1	
宙 ト(3.0m)	56	
NT ト 1.0m	1	ゲァホ ラ ク佳
NT ト 2.0m	1	ゲァホ ラ ク佳
NT ト 3.0m	95	ゲァホ ラ ク佳
12Vハ ラ	1	
ハ ラ	1	
グ フリトヨミ	1	500m
ダヤ フトヨミ	1	500m
ノ トボ ブ	1	


ボーリング櫓
定方位ロッド
または
ボーリングロッド
ボーリングマシン
のウィンチ
AC100V
窒素ボンベ
または
コンプレッサー
圧力制御装置
タブレットPC
測定器
通信ｹｰﾌﾞﾙ
圧力ﾁｭｰﾌﾞ
パッカー
ケーシング
測定器本体（φ60mm）
測定器電極部
硅砂(5号)
または
スポンジ
地下水の流れ



2



3

3.

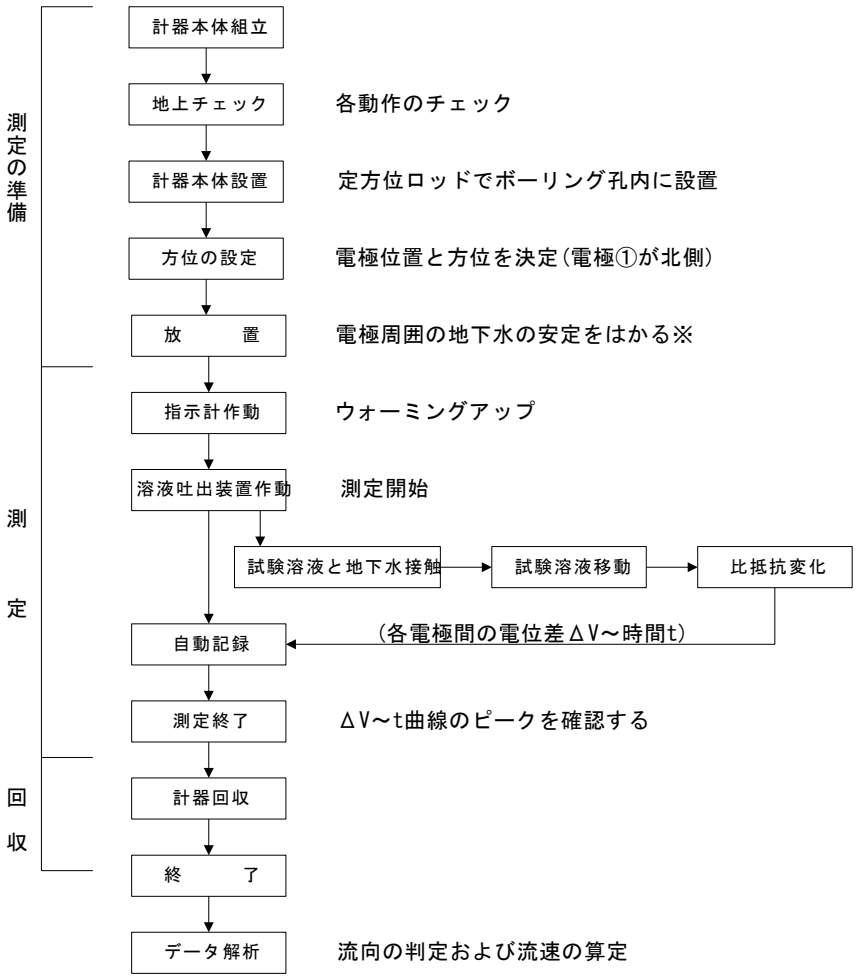
4

V-t

1.0　10^{-7}m/s　　3.5

FGB-2　　2

24　41



※電極周囲の地下水の安定をはかるため、測定器を孔内にセットしたら少なくとも一夜の放置が必要で、地下水安定の時間は対象地盤の透水性に左右される

4.

V-t 5

β 6

V t 5

5 12

V t

5 4

5

E

V t

6 ß

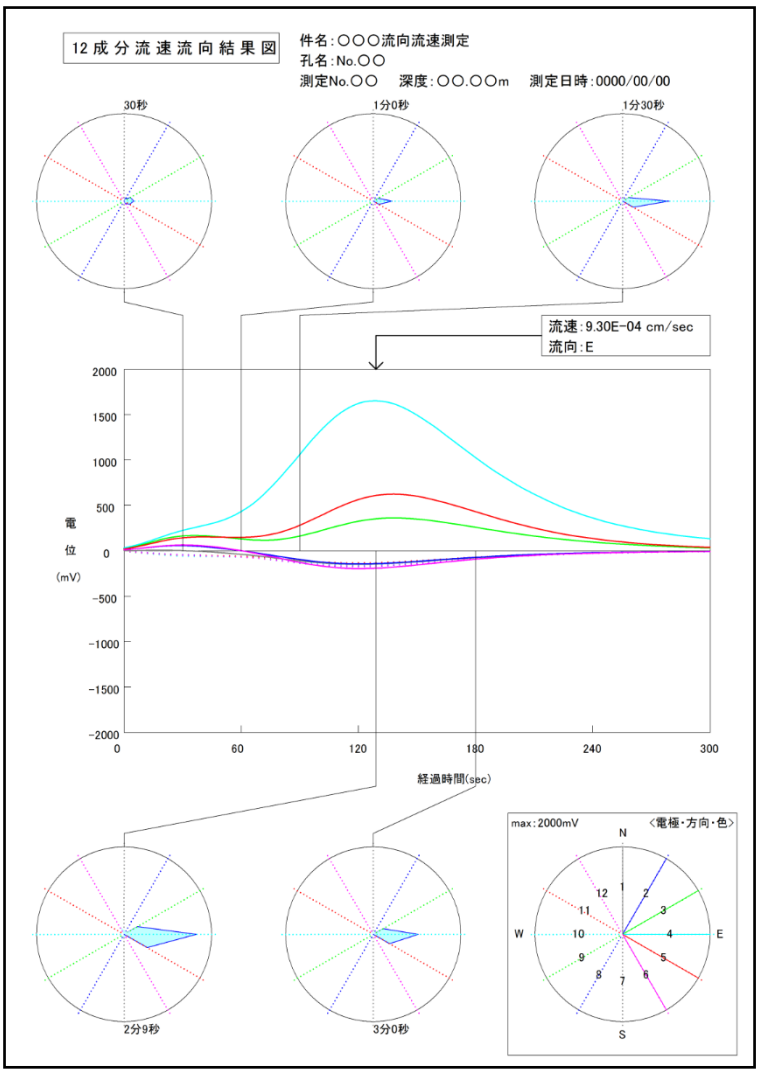
6.1 5

10^{-2}cm/s 6 ß 0.2 9.30×10^{-3}cm/sec

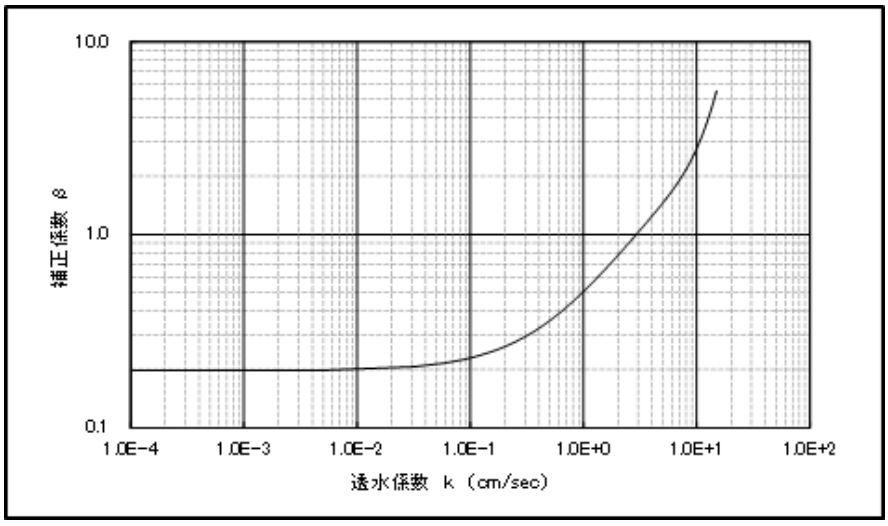
$$Vd = \frac{L}{2t}\times \qquad 6.1$$

Vd

L L=1.2cm *t* ß



5　　V-t



6　　β　　1983

5.

3 V-t 7 168m 1

2 24

167.70m S30°E 168.10m S60°E

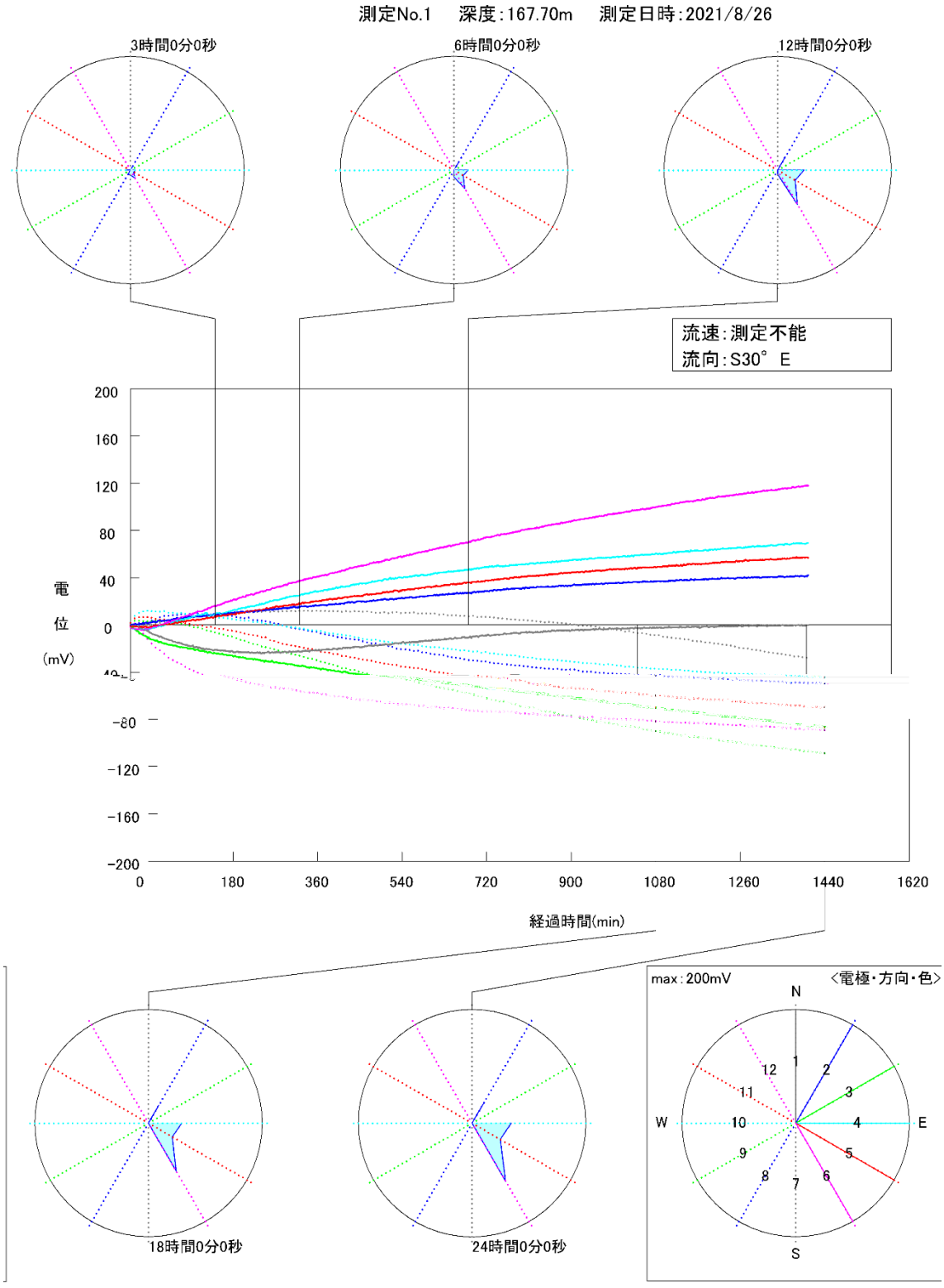
282m 2 1

2 24

3

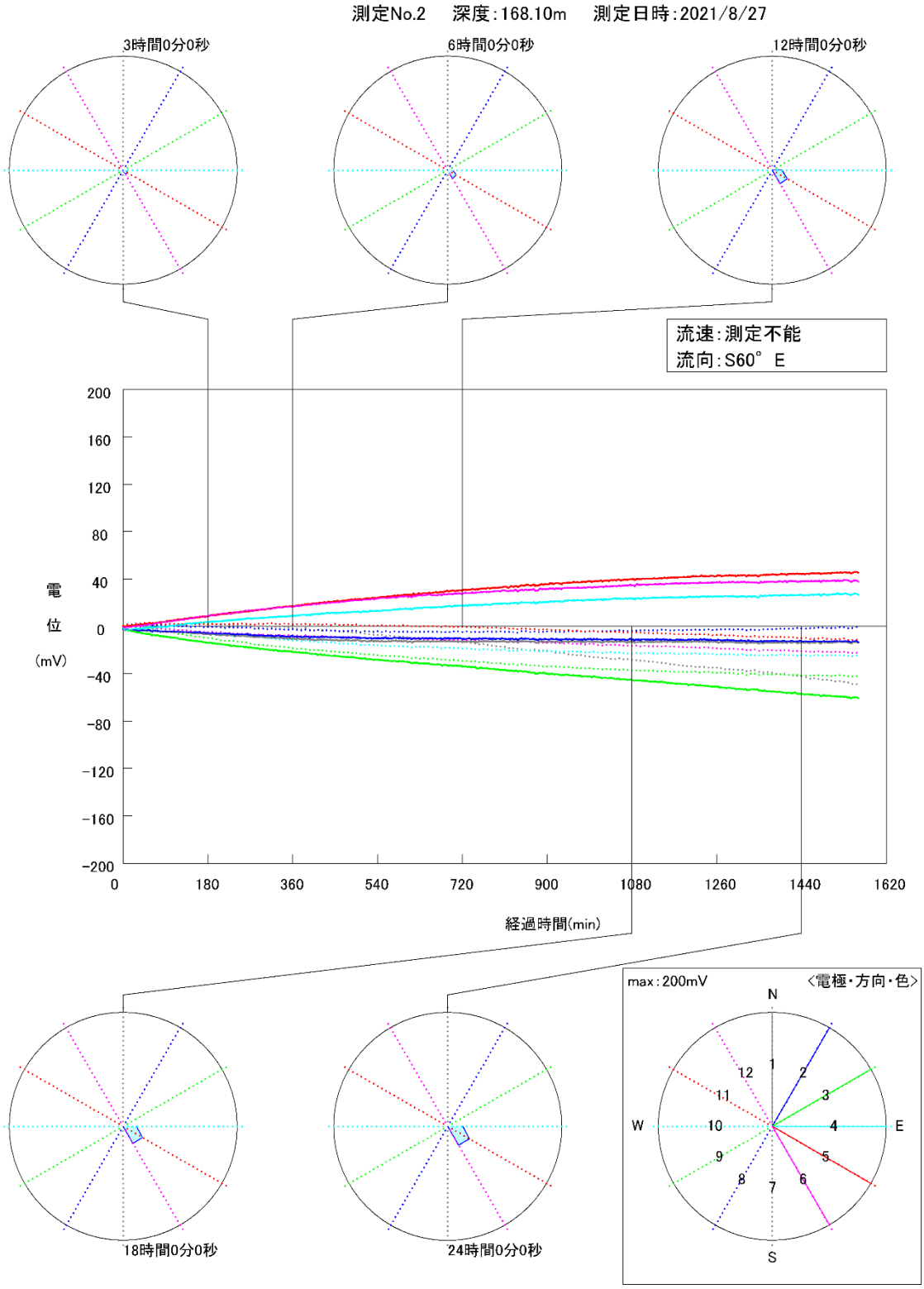
宙		宙 (GL-m)	宙 (化 N)	[ ]	宙
1	率 ら 礪	167.70	30°	宙 ^{2}	24
		168.10	60°	宙 ^{2}	26
2	率 ら 礪	281.35	宙 ^{1}	宙 ^{2}	41
		282.55	宙 ^{1}	宙 ^{2}	24

1 双星ざぞ ね 卒 か誌むよるど ぞむ
2 ね ね なビ ギか誌むよるど ぞむ

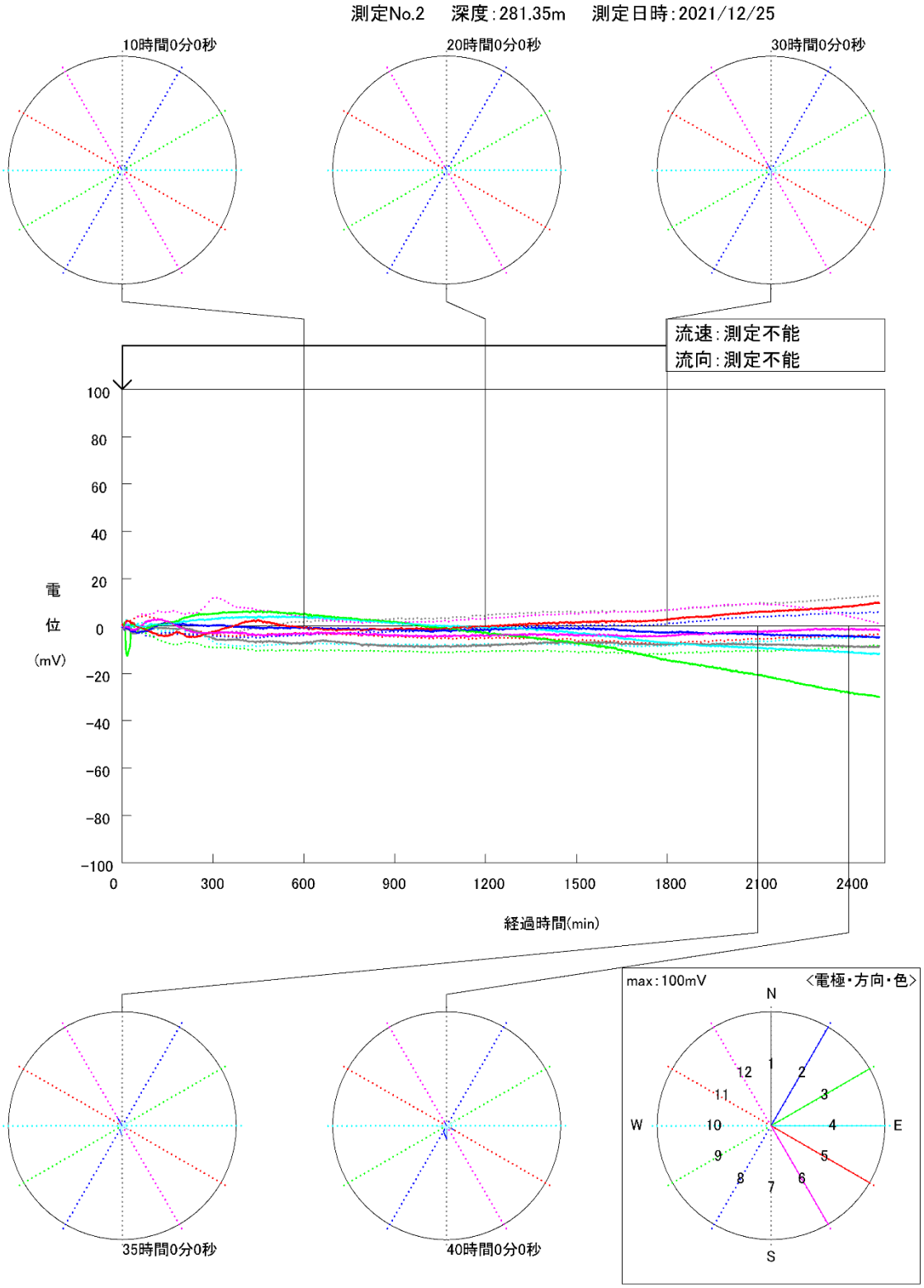


ファイル名:167_7.dat

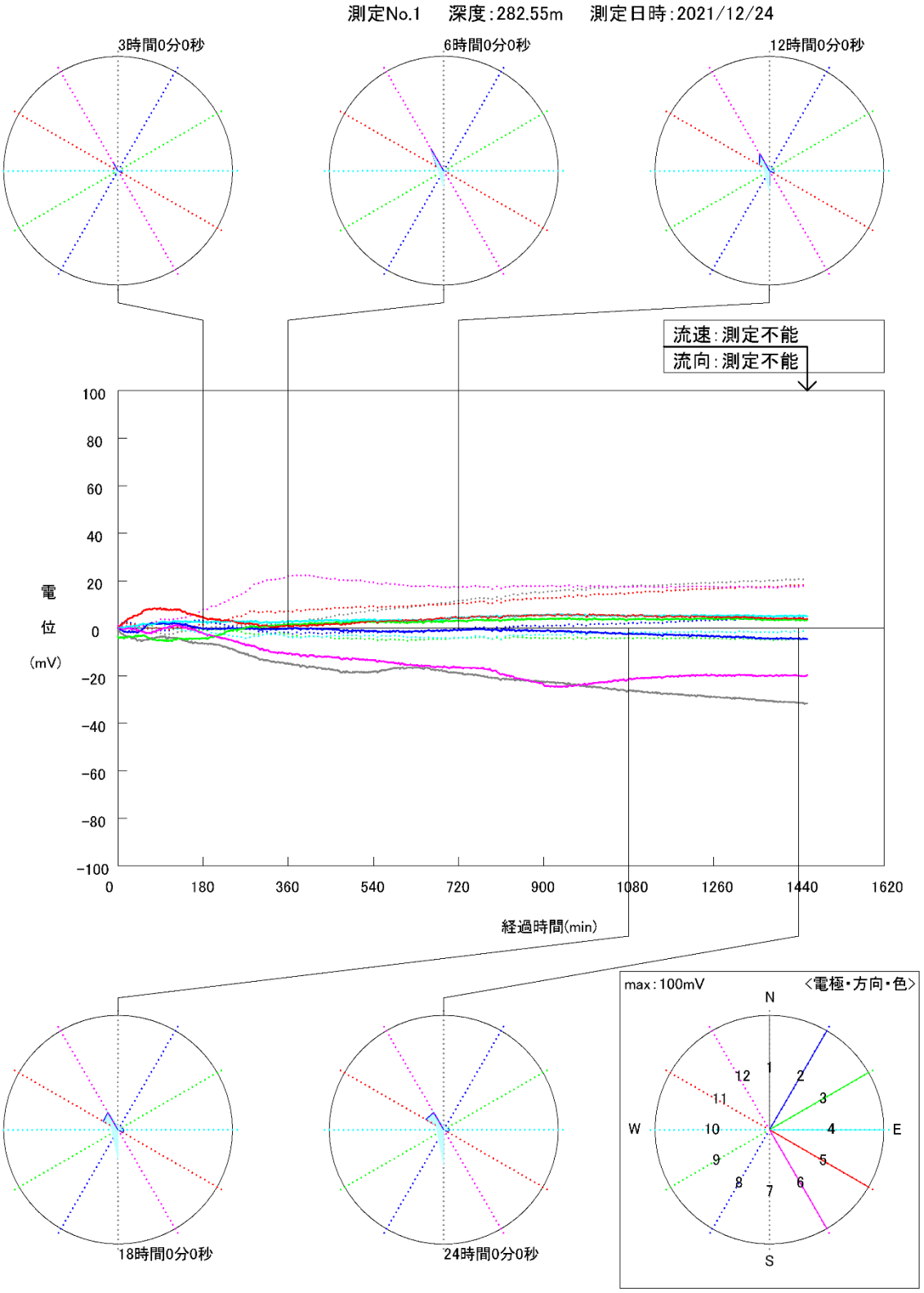
7　　V-t　　167.70m



ファイル名:168.10m.ryu



ファイル名:281_35.dat



ファイル名:282_55.dat

	M.A.Charette & M.C. Allen,	2006	Precision Ground Water Sampling in Coastal Aquifers Using a Direct-Push, Shielded-Screen Well-Point System		National Ground Water Association			
	E.J.Chua1, W.Savidge, R.T.Short, A.M.Cardenas-Valencia 3 and R.W.Fulweiler,	2016	A Review of the Emerging Field of Underwater Mass Spectrometry		Frontiers in Marine Science			
	M.Taniguchi, W.C.Burnett, J.E.Cable and J.V. Turner,	2002	Investigation of submarine groundwater discharge		John Wiley & Sons, Ltd.			
	A.Valle-Levinson, I.Mariño-Tapia, C.Enriquez, A.F.Waterhouse,	2011	Tidal variability of salinity and velocity fields related to intense point-source submarine groundwater discharges into the coastal ocean		The Association for the Sciences of Limnology and Oceanography			

3

3 4-1

		3
2		4-1(5) (c)
3		4-1(6) (c)
4		4-1(6) (c)
5		4-1(6) (b)

3 4-1(5)

5 2

2-1

2-1-1 2-1-2

2-1-3 2-1-4

2-1-5 2-1-1

表 2-1-1 セメントペースト作製に用いた材料

				(g / cm^3)
	W		-	1.00
	C	ボリ デヨ ト ズム ヂ(OPC)	天干 ズム デ	3.16
	BFS		ェジム デ ェジム デ3///	2.89
	A		天干 ポ ァリ 天干 ザユ デ ポジゾ ズム デ	

表 2-1-2　詳細浸漬試験試料の構成割合

		/ ( )	W/C ( )	wt			
				W	C	BFS	A
	OPC		45	29.0	64.5		6.5
	BFSC	45	45	29.0	35.5	29.0	6.5
	OPC		40	28.6	71.4		
	BFSC	45	40	28.6	39.3	32.1	

W　　C　OPC　BFS　　A

表 2-1-3　模擬地下水の化学組成

	(mg/L)						
	Na	Cl	SO_4	HCO_3	K	Ca	Mg
I	11,000	20,000	2,700	150	420	390	1,300
A	3,178	3,200	2,100	260			
B	4,339	5,800	1,200	9			
C+D	4,616	6,600	49	830			
G	12,487	19,000	37	390			
A	714	130	1,300	20			
B+C	755	360	790	380			
D+F	1,183	190	10	2,800			
E	655	870	79	140			

表 2-1-4　詳細浸漬試験の試験水準

		I		B	G	A	D+F		-1
		3M	10M	3M	3M	3M	3M	10M	10M
	OPC								
	BFSC								
	OPC								
	BFSC								

3　　4

FGB-2_167.70　171.78m

-1　FGB-2_214.75　220.52m

表 2-1-5　詳細浸漬試験の試験条件

		20 mm　　40 mm
		3
		500 ml /

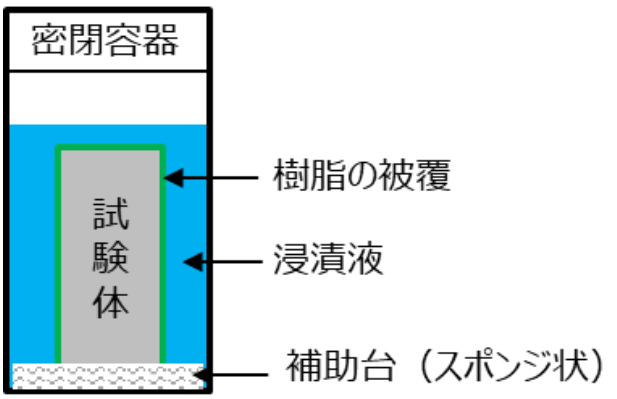


図 2-1-1　詳細浸漬試験の模式図

2-2

Ca

Cl

JIS A 1152

pH 10

pH

pH　10　　Ca

(　)(JSCE-G 573-2003)　　1 / 10

mol / L

2-2-1　　2-2-1

pH

Ca　　pH

B　　G

Cl

BFSC　　OPC　　Cl　　EPMA

Cl　　Cl

表 2-2-1　低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さの評価の結果

		(mm)	
OPC		0	8
	B	0	6
	G	0	7
	A	0	0
	D+F	0	0
BFSC		0	3
	B	0	0
	G	0	3
	A	0	0
	D+F	0	0
OPC		0	13
	B	0	8
	G	0	7
	A	0	0
	D+F	0	0
BFSC		0	3
	B	0	1
	G	0	2
	A	0	0
	D+F	0	0

図 2-2-1　詳細浸漬試験の浸漬後 3 か月の呈色試験の結果

2-3

3 EPMA 1 mm

SEM

, 2012

Ca

SEM

0.3 mm

1,000 2

/

1

2-3-1 /

2-3-1

EPMA

表 2-3-1 二値化画像から算出した低密度領域の面積率

		(0.3 mm)				/	
OPC		49.1	43.93	57.27	30.42	0.86	1.44
	B	27.70	35.69		0.21	0.48	169.54
	G	44.67	45.43		27.06	0.78	1.68
	A	46.44	45.79		5.30	0.81	8.64
	D+F	57.15	46.83		45.01	1.00	1.04
BFSC		56.81	52.79	53.82	64.39	1.06	0.82
	B	41.54	56.29		25.70	0.77	2.19
	G	49.58	50.62		43.55	0.92	1.16
	A	43.86	48.67		22.13	0.81	2.20
	D+F	54.34	59.70		38.53	1.01	1.55
OPC		47.71	49.94	49.47	45.68	0.96	1.09
	B	47.86	55.51		15.48	0.97	3.59
	G	51.67	48.04		41.94	1.04	1.15
	A	46.64	45.87		7.52	0.94	6.10
	D+F	55.30	49.08		27.51	1.12	1.78
BFSC		48.21	51.98	45.06	58.77	1.07	0.88
	B	42.57	58.85		43.44	0.94	1.35
	G	43.39	61.14		67.58	0.96	0.90
	A	42.59	49.85		28.21	0.95	1.77
	D+F	46.85	60.35		60.53	1.04	1.00

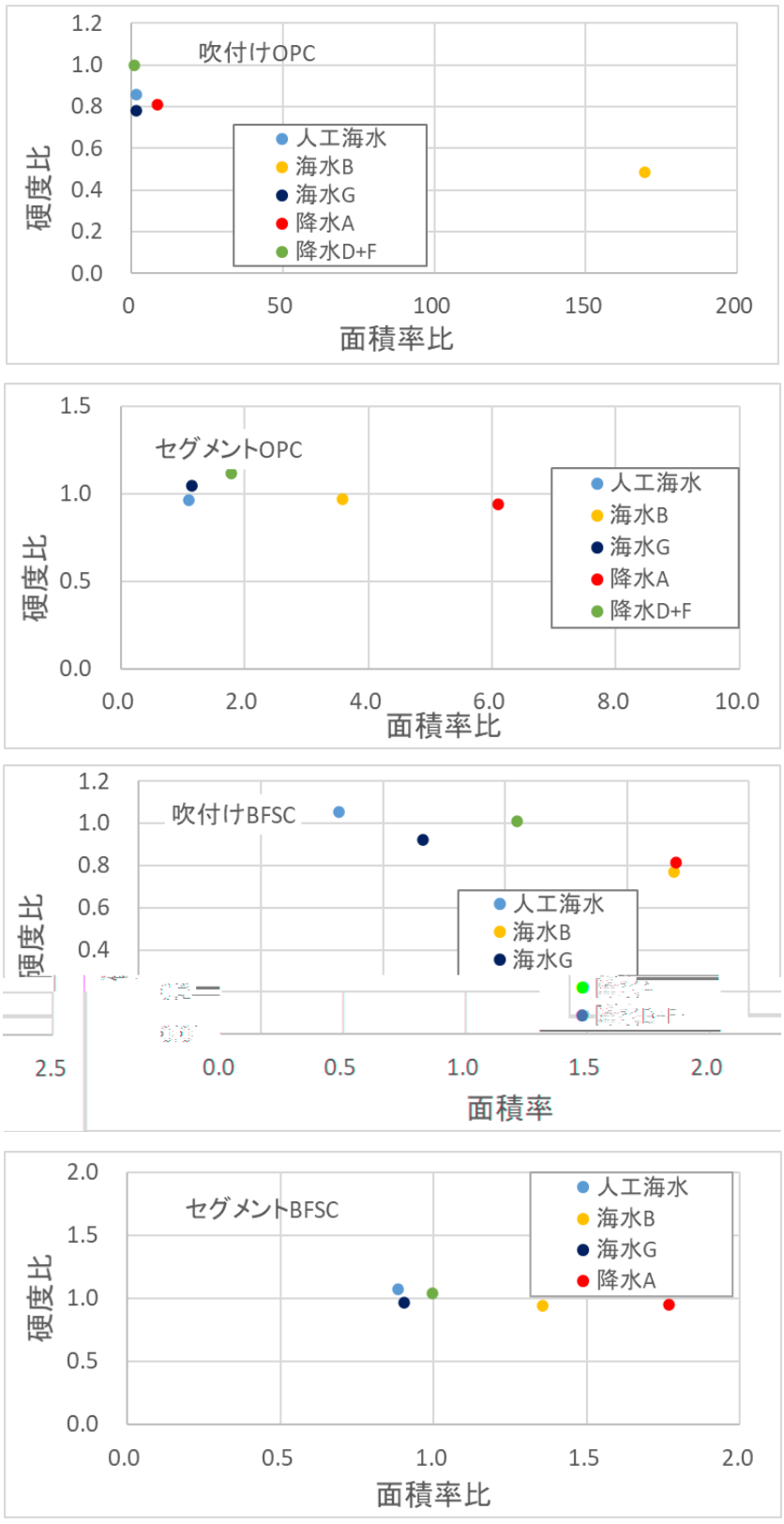


図 2-3-1　変質部/健全部の面積率比とビッカース硬度比（ペースト）

2-4

(EPMA)

EPMA

JXA-8100 15 kV 5 10^{-8} A

50 μm 100 μm

Ca Si Al Fe Mg S Na K Cl 9

EPMA 2-4-1 2-4-5

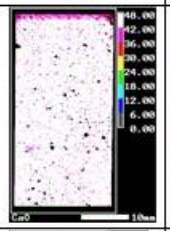
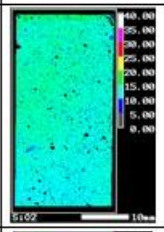
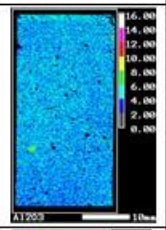
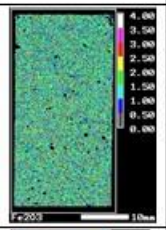
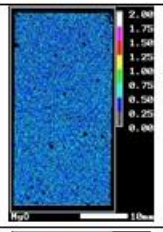
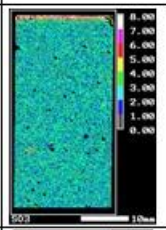
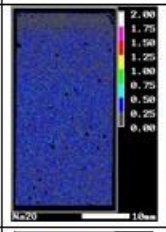
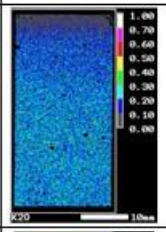
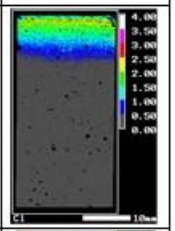
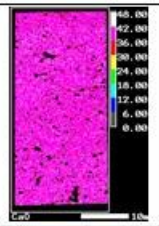
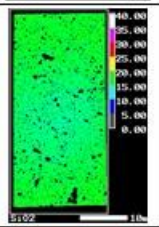
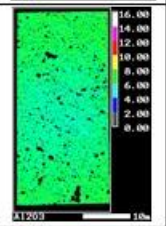
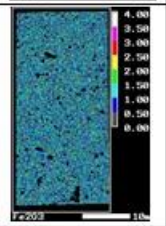
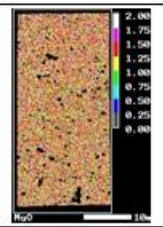
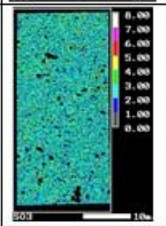
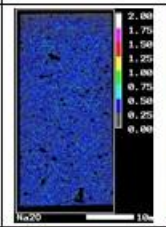
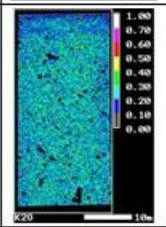
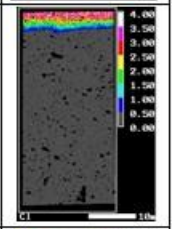
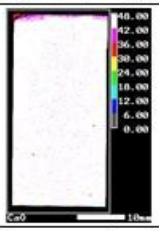
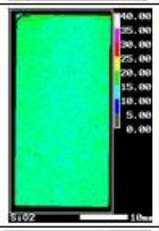
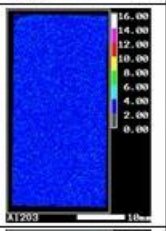
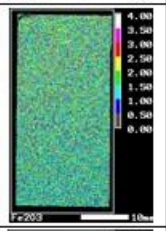
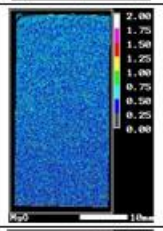
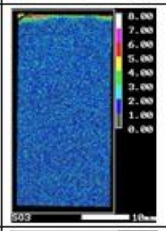
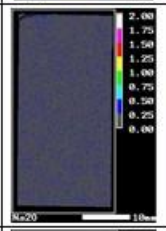
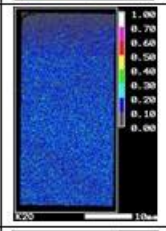
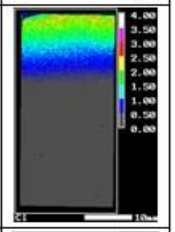
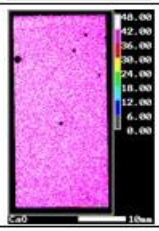
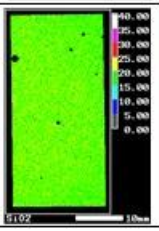
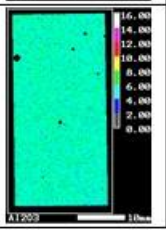
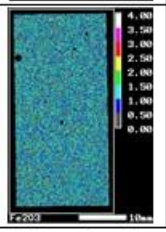
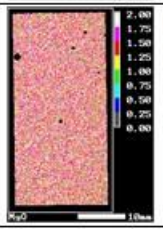
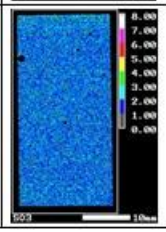
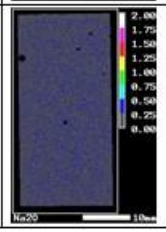
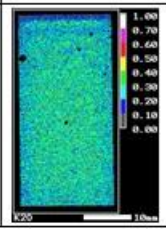
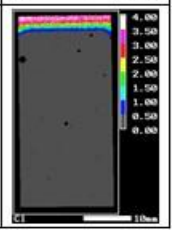
試料名	セメント種類	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC									
吹付けコンクリートのペースト相当	BFSC									
セグメントのペースト相当	OPC									
セグメントのペースト相当	BFSC									

図 2-4-1　人工海水浸漬試料（ペースト）の EPMA 測定結果

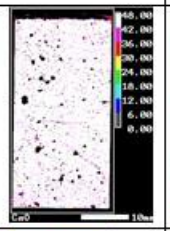
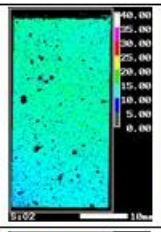
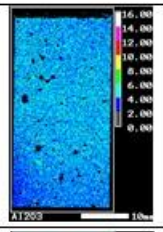
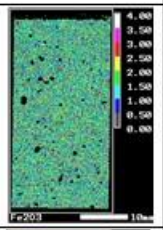
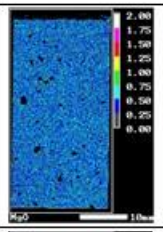
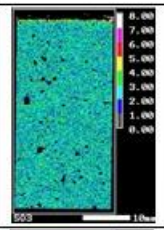
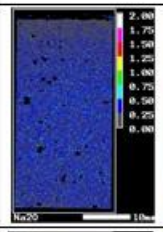
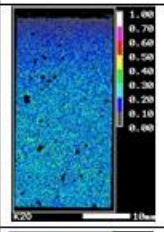
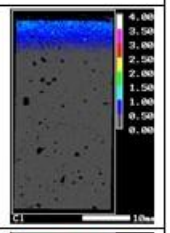
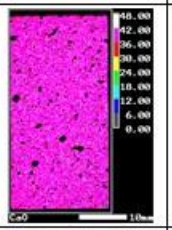
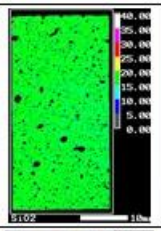
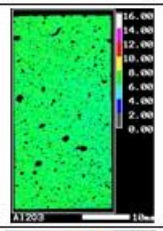
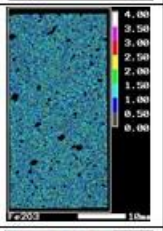
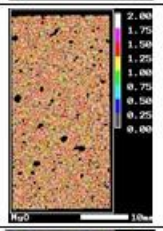
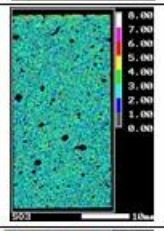
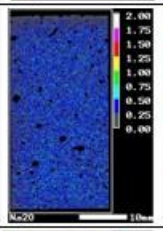
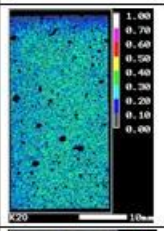
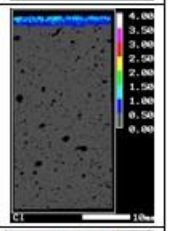
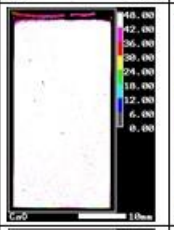
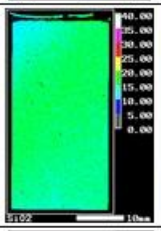
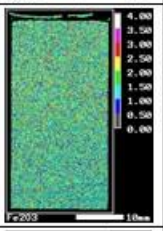
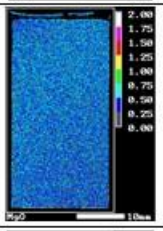
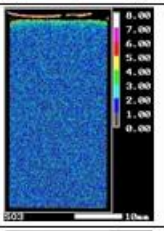
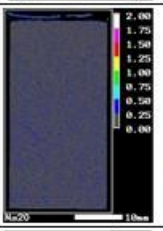
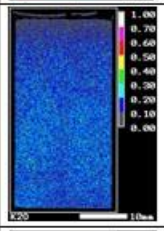
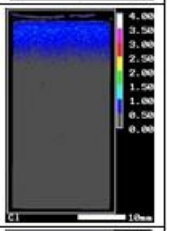
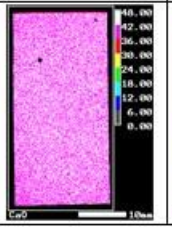
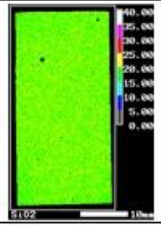
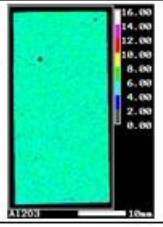
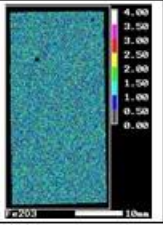
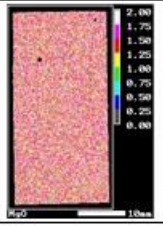
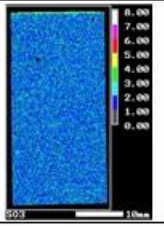
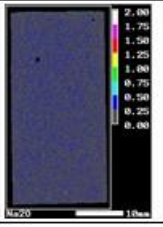
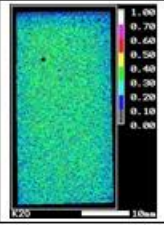
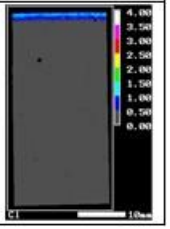
試料名	セメント種類	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC									
吹付けコンクリートのペースト相当	BFSC									
セグメントのペースト相当	OPC									
セグメントのペースト相当	BFSC									

図 2-4-2　海水 B 浸漬試料（ペースト）の EPMA 測定結果

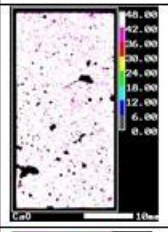
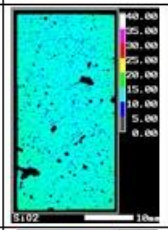
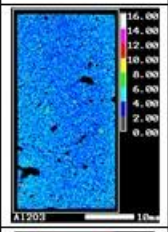
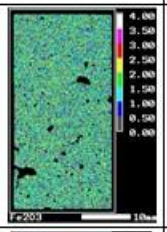
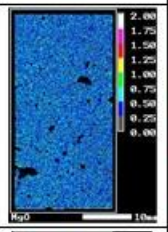
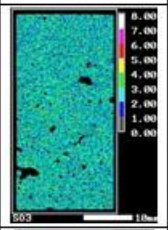
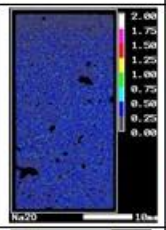
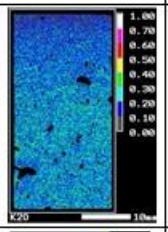
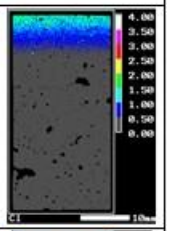
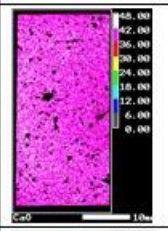
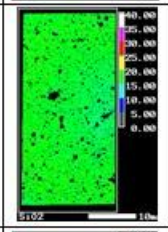
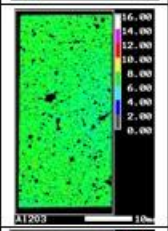
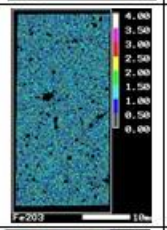
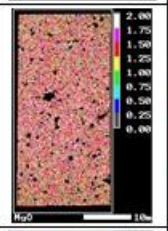
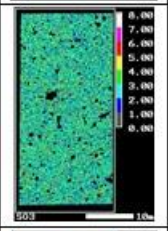
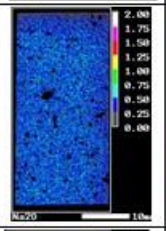
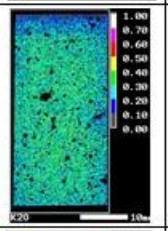
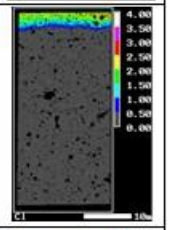
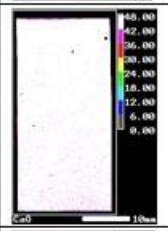
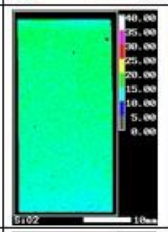
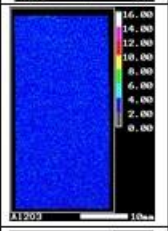
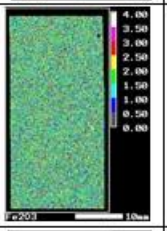
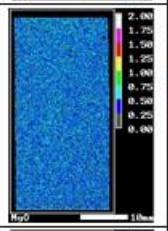
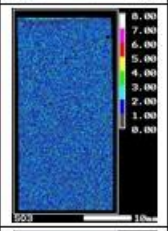
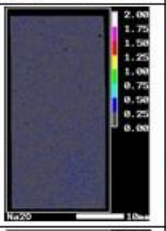
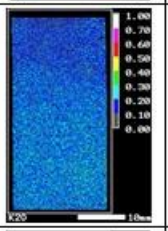
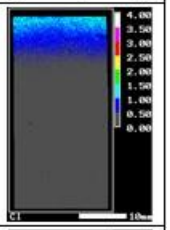
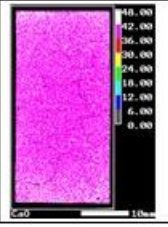
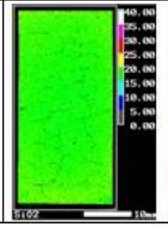
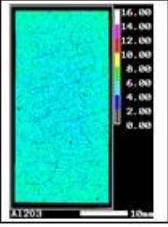
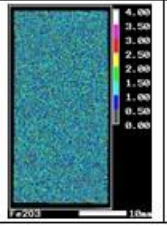
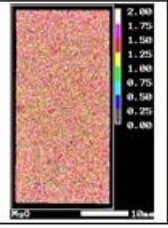
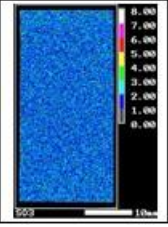
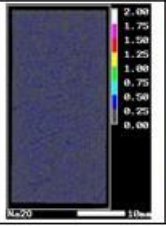
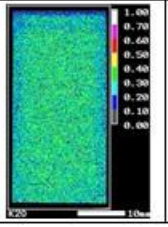
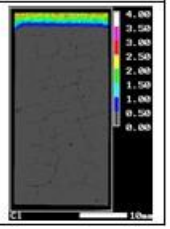
試料名	セメント種類	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC									
吹付けコンクリートのペースト相当	BFSC									
セグメントのペースト相当	OPC									
セグメントのペースト相当	BFSC									

図 2-4-3　海水 G 浸漬試料（ペースト）の EPMA 測定結果

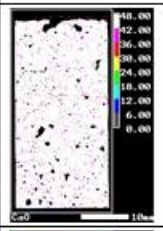
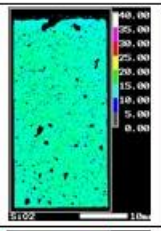
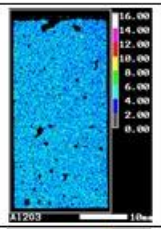
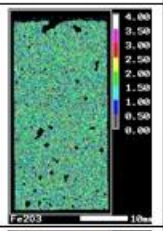
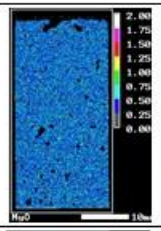
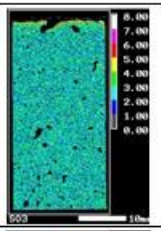
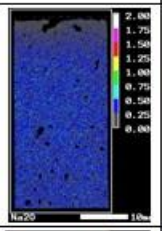
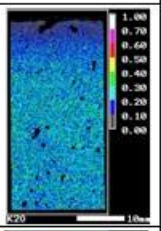
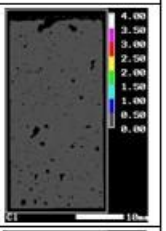
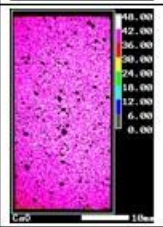
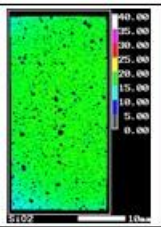
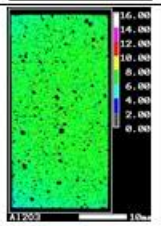
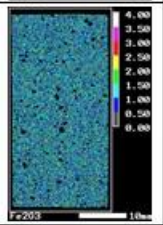
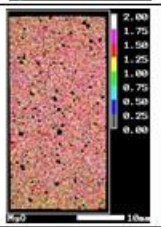
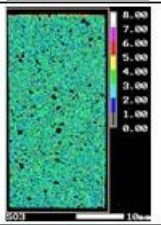
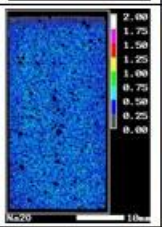
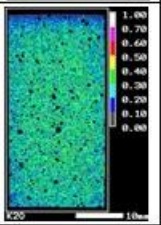
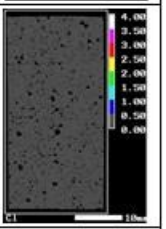
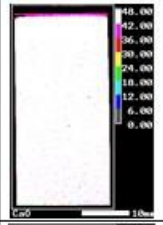
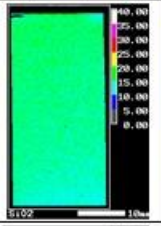
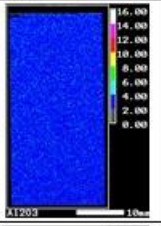
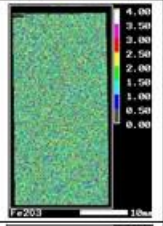
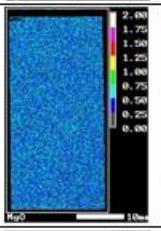
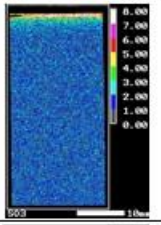
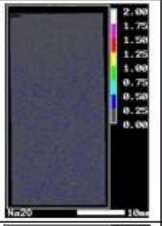
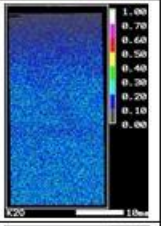
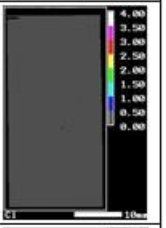
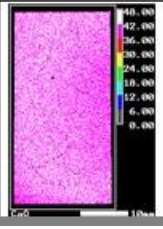
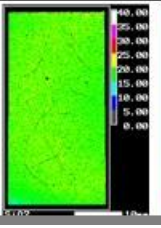
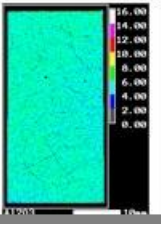
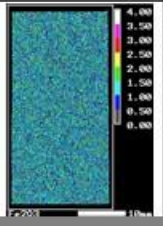
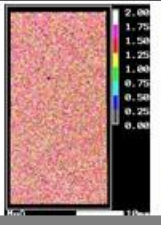
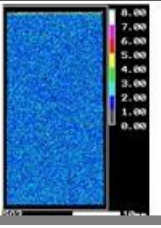
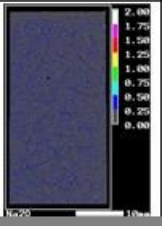
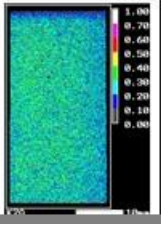
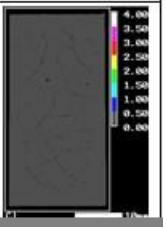
試料名	セメント種類	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC									
吹付けコンクリートのペースト相当	BFSC									
セグメントのペースト相当	OPC									
セグメントのペースト相当	BFSC									

図 2-4-4　降水 A 浸漬試料（ペースト）の EPMA 測定結果

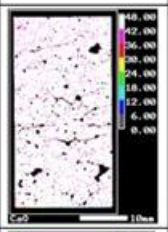
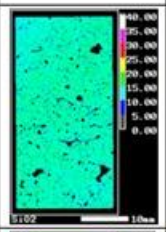
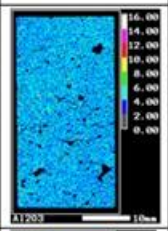
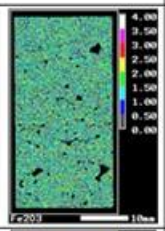
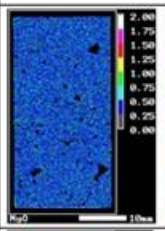
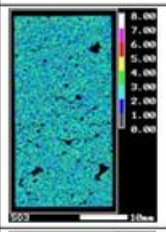
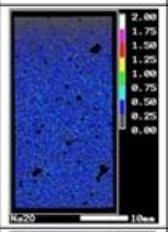
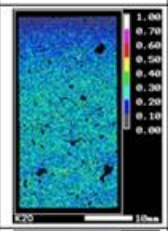
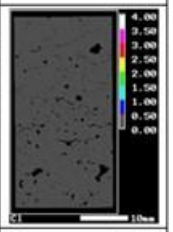
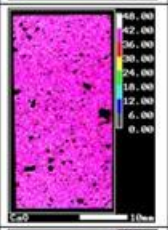
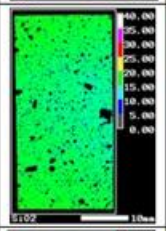
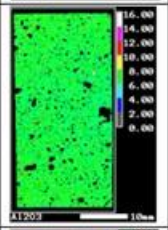
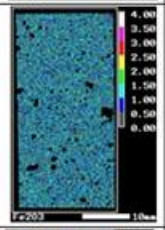
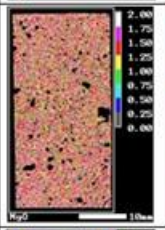
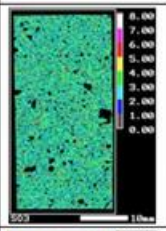
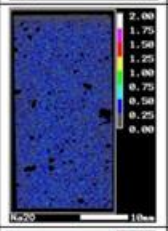
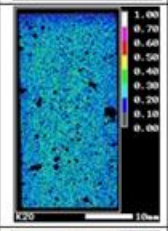
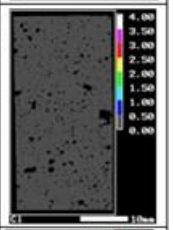
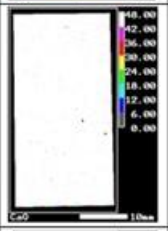
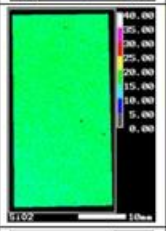
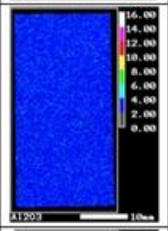
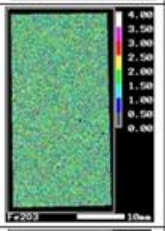
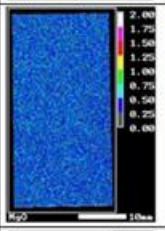
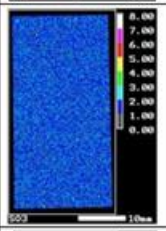
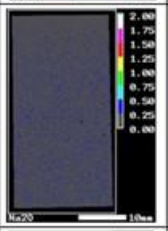
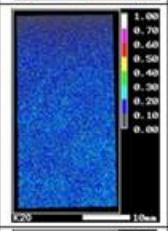
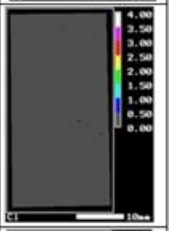
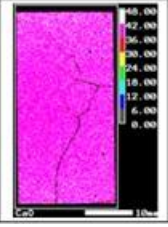
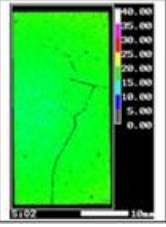
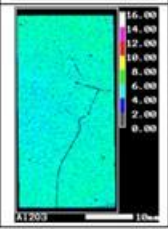
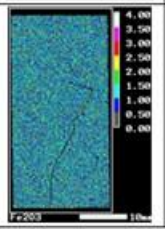
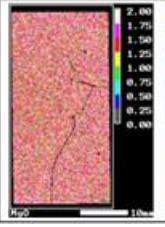
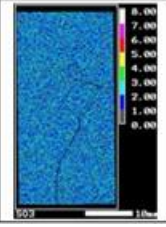
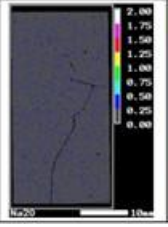
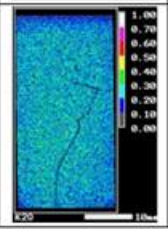
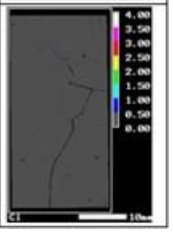
試料名	セメント種類	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cl
吹付けコンクリートのペースト相当	OPC									
吹付けコンクリートのペースト相当	BFSC									
セグメントのペースト相当	OPC									
セグメントのペースト相当	BFSC									

図 2-4-5　降水 D+F 浸漬試料（ペースト）の EPMA 測定結果

3

4-1(6) FGB-2 _167.70~171.78 m A

3-1

3-1-1

3-1-2

表 3-1-1 吹付けコンクリート試験体作製に用いた材料

				(g/cm3)
	W		-	1.00
	C	NOB	天干 ズム デ	3.16
	BFS		ェジム デ ェジム デ3///	2.89
	S1		杏 叢 化	2.66
	S2		杏 叢 化	2.66
	G1	1505	研 杏 叢 上 導	2.74
	SP1		BASF NT-1000	
	SP2		BASF 8000S	
	A		天干 ポ ァリ 天干 ザユ ポジゾ ズム デ	

表 3-1-2 吹付けコンクリートのベースコンクリートの配合

	W/C ( )	s/a ( )	/ ( )	(/ 3)						
				W	C	BFS	S1	S2	G1	SP1 (B)
OPC	45	60		203	450		606	404	673	0.2
BFSC	45	60	45	203	248	203	600	400	667	0.2

：SP1 B OPC C BSFC C BFS

A B 10

3-2

3-2-1 3-2-2

3-2-1

表 3-2-1　吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験水準

										A		
	1M	10M	30M	3M	10M	20M	3M	10M	20M	3M	10M	20M
OPC												
BFSC												

2

2 3

3

3

FGB-2_214.75　220.52 m

表 3-2-2　吹付けコンクリートのフロースルー試験の試験条件

		50 mm　50 mm　200 mm
		0.12 ml / cm² /　2.9 ml / 1　/
	1	2 A　3 3
	2	1.2 ml / cm²/　29ml / 1　/
	2	3
		1 mm

FGB-2_214.75　220.52 m

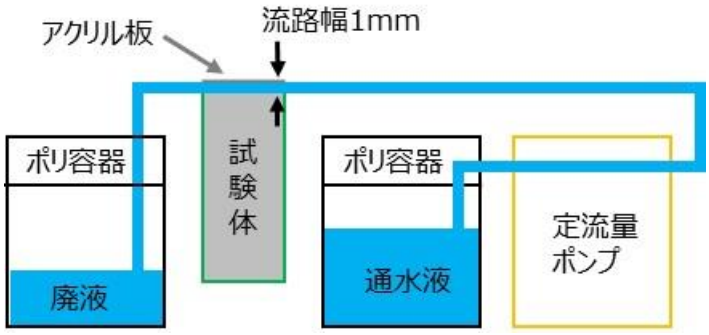


図 3-2-1　フロースルー試験の模式図

3-3

Appendix　2-2

(1/2)　3-3-1

(2/2)　3-3-2

10

A　FGB-2_214.75　220.52 m　10　3

pH

Ca　pH

Cl　A　FGB-2_214.75　220.52 m　10

Cl　BFSC　OPC

Cl

表 3-3-1　低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さ測定結果(1/2)

		(mm) 3 (2	10 1)
	OPC	0 (0)	15 (4)
	BFSC	0 (0)	7 (3)

表 3-3-2　低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さ測定結果(2/2)

		(mm) 3	
A	OPC	0	0
	BFSC	0	0
	OPC	0	10
	BFSC	0	3
10	OPC	0	9
	BFSC	0	4

FGB-2_214.75　220.52 m

3-4

Appendix　2-3

10　EPMA

POC　1 mm　BFSC　0.5 mm

SEM

3-4-1 /

3-4-1

/ 1

表 3-4-1　二値化画像から算出した低密度領域の面積率（10 か月）

					/	
OPC	53.57	42.53	51.98	39.03	1.03	1.09
BFSC	57.46	36.14	50.08	47.04	1.15	0.77

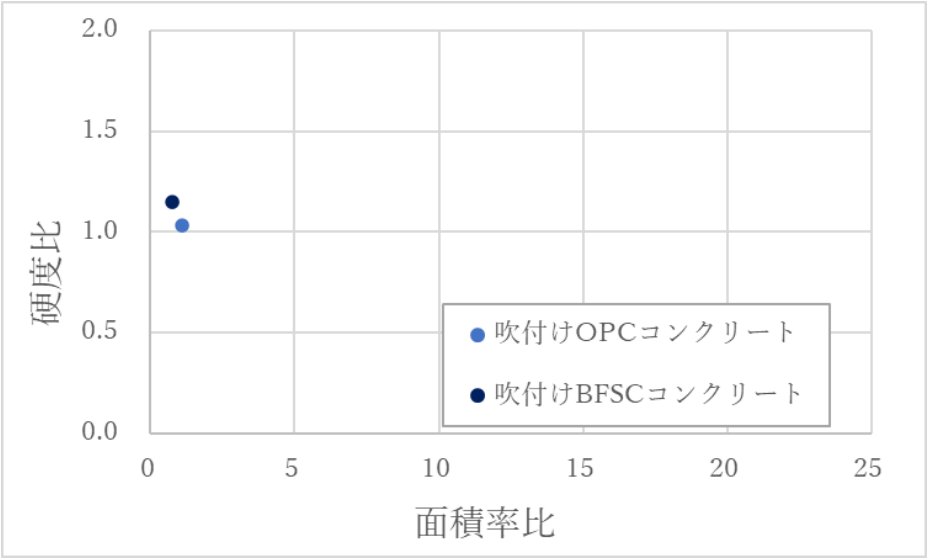


図 3-4-1　変質部/健全部の面積率比とビッカース硬度比

3-5

Appendix　2-4

EPMA　3-5-1　3-5-4

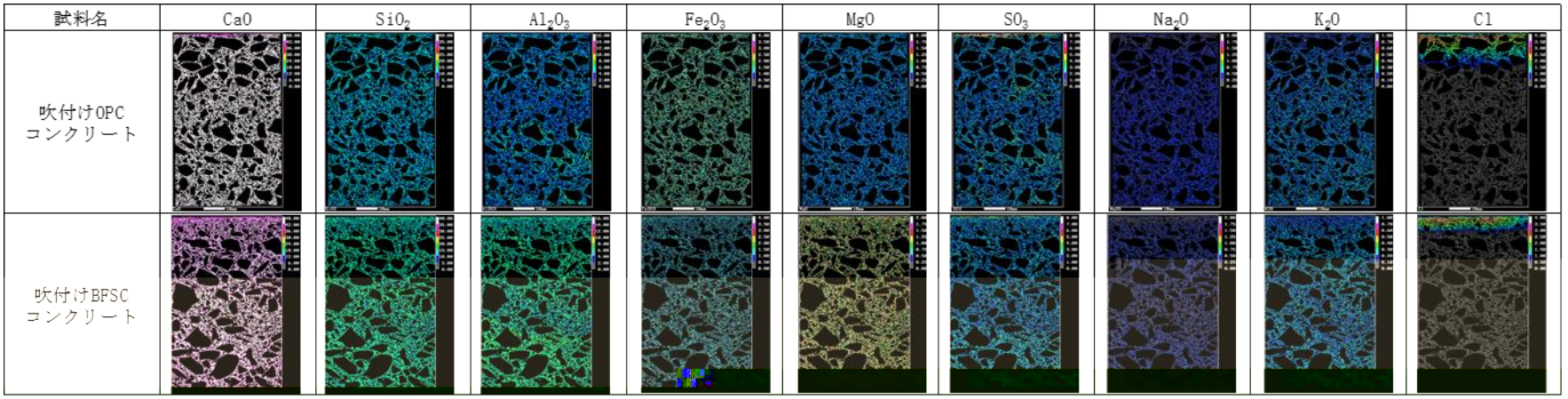


図 3-5-1　試験期間 10 か月コンクリート試料（人工海水）の EPMA 測定結果

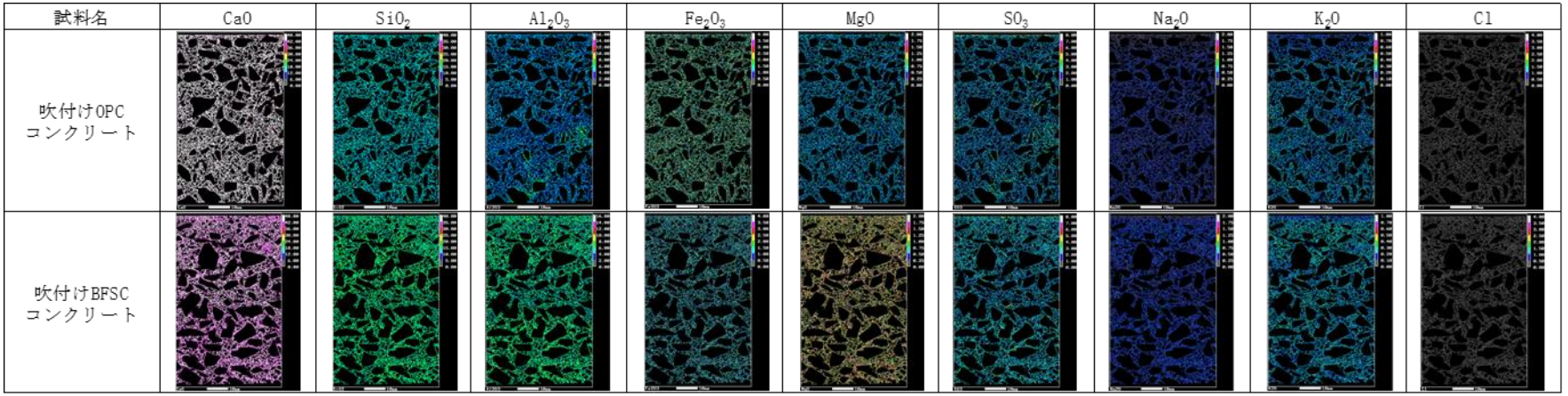


図 3-5-2　試験期間 3 か月コンクリート試料（降水 A）の EPMA 測定結果

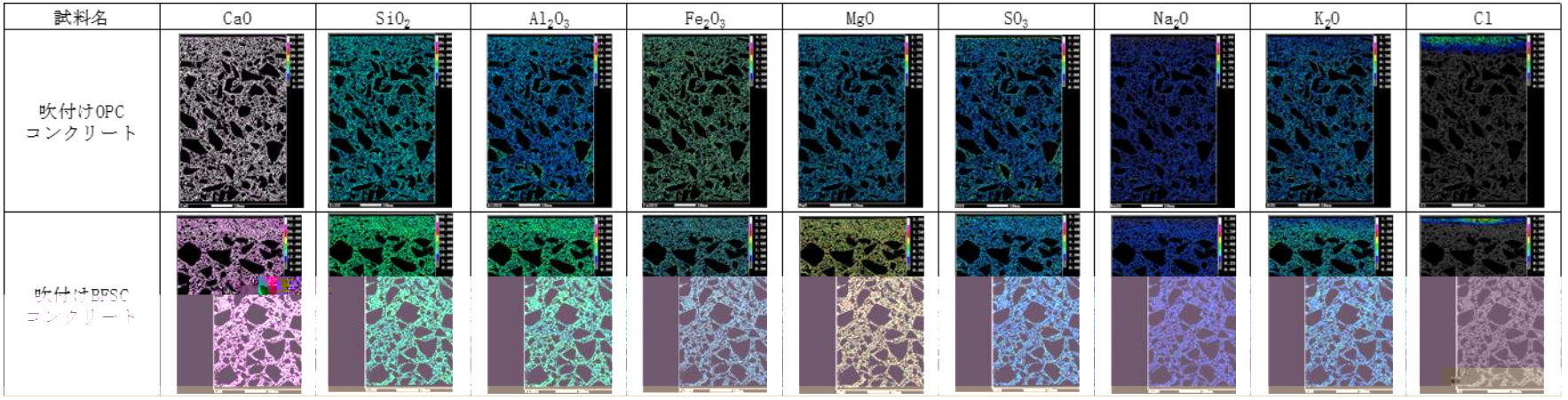


図 3-5-3　試験期間 3 か月コンクリート試料（FGB-2_214.75～220.52m）の EPMA 測定結果

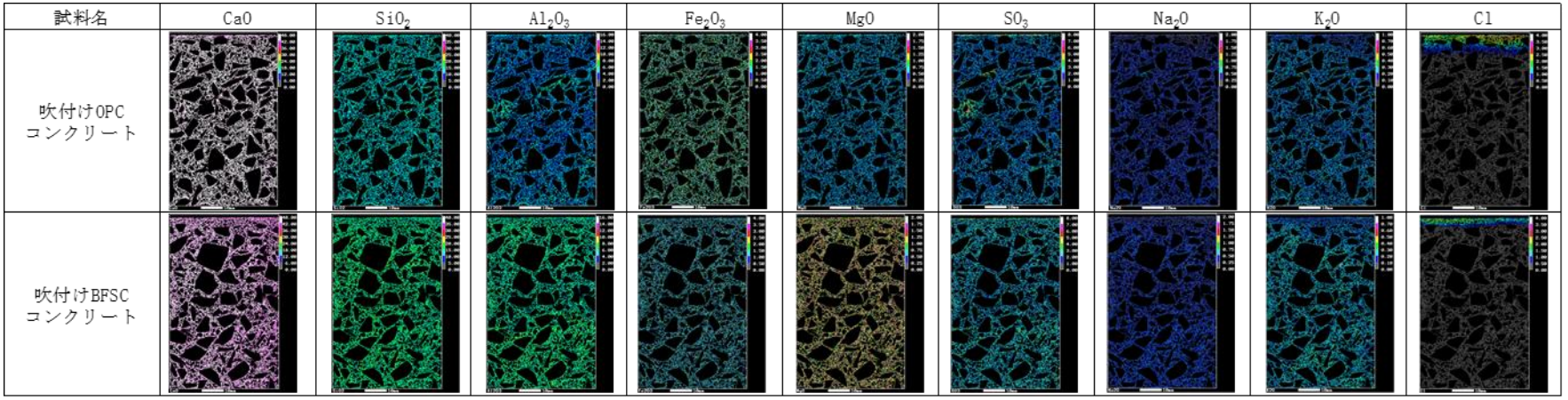


図 3-5-4　試験期間 3 か月コンクリート試料（人工海水流速 10 倍）の EPMA 測定結果

3

4-1(6) FGB-2_214.75~220.52

m A

4-1

4-1-1

4-1-2

表 4-1-1 セグメント試験体作製に用いた材料

				(g/cm3)
	W		-	1.00
	C	NOB	天干 ズム デ	3.16
	BFS		ェジム デ ェジム デ3///	2.89
	FA		化 化ピヨィァ ザヤI	2.20
	S1		杏 叢 化	2.66
	S2		杏 叢 化	2.66
	G2	1005		2.74
	G3	2010		2.74
	SP1		BASF NT-1000	
	SP2		BASF 8000S	

表 4-1-2 セグメントの配合

	W/C ( )	s/a ( )	/ ( )	(kg / m3)								
				W	C	BFS	FA	S1	S2	G2	G3	SP2 (B)
OPC	40	40		140	350			467	311	467	701	0.5
BFSC	40	40	45	140	192	158		464	309	464	697	0.4
FAC	40	40	30	140	245		105	458	305	458	687	0.3

SP2 B OPC C BFSC C+BFS FAC C+FA

4-2

4-2-1 4-2-2

4-2-1

Φ100 mm 200 mm 1/4

1 500 ml

表 4-2-1　セグメントの浸漬試験の試験水準

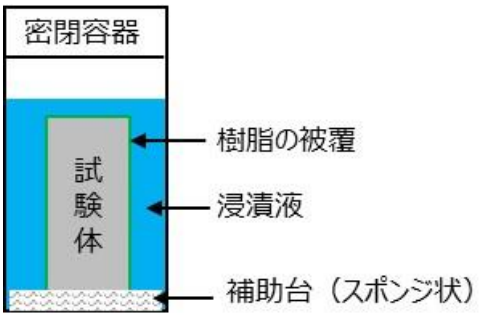


図 4-2-1　セグメントの浸漬試験の模式図

4-3

Appendix　2-2

(1/2)　4-3-1

(2/2)　4-3-2

10

A　FGB-2_214.75　220.52 m　3

pH　Ca

pH

A　FGB-2_214.75　220.52 m

Cl　BFSC　OPC　Cl

表 4-3-1　低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さ測定結果(1/2)

		(mm) 3 (2	10 1)
	OPC	0 (0)	36 (16)
	BFSC	0 (0)	9 (5)
	FAC	0 (0)	7 (2)

表 4-3-2　低アルカリ性化領域及び塩素浸透深さ測定結果(2/2)

		(mm) 3	
A	OPC	0	8
	BFSC	0	3
	OPC	0	4
	BFSC	0	2

FGB-2_214.75　220.52 m

4-4

micromeritics　AutoPore　9520

EPMA

Ca　3 mm　OPC

3 mm　3 – 5 mm

25 - 90 %

0.003 – 300 μm Ca 3 mm
SEM
SEM
Appendix 2-3

10 OPC
4-4-1
EPMA Ca
60 μm

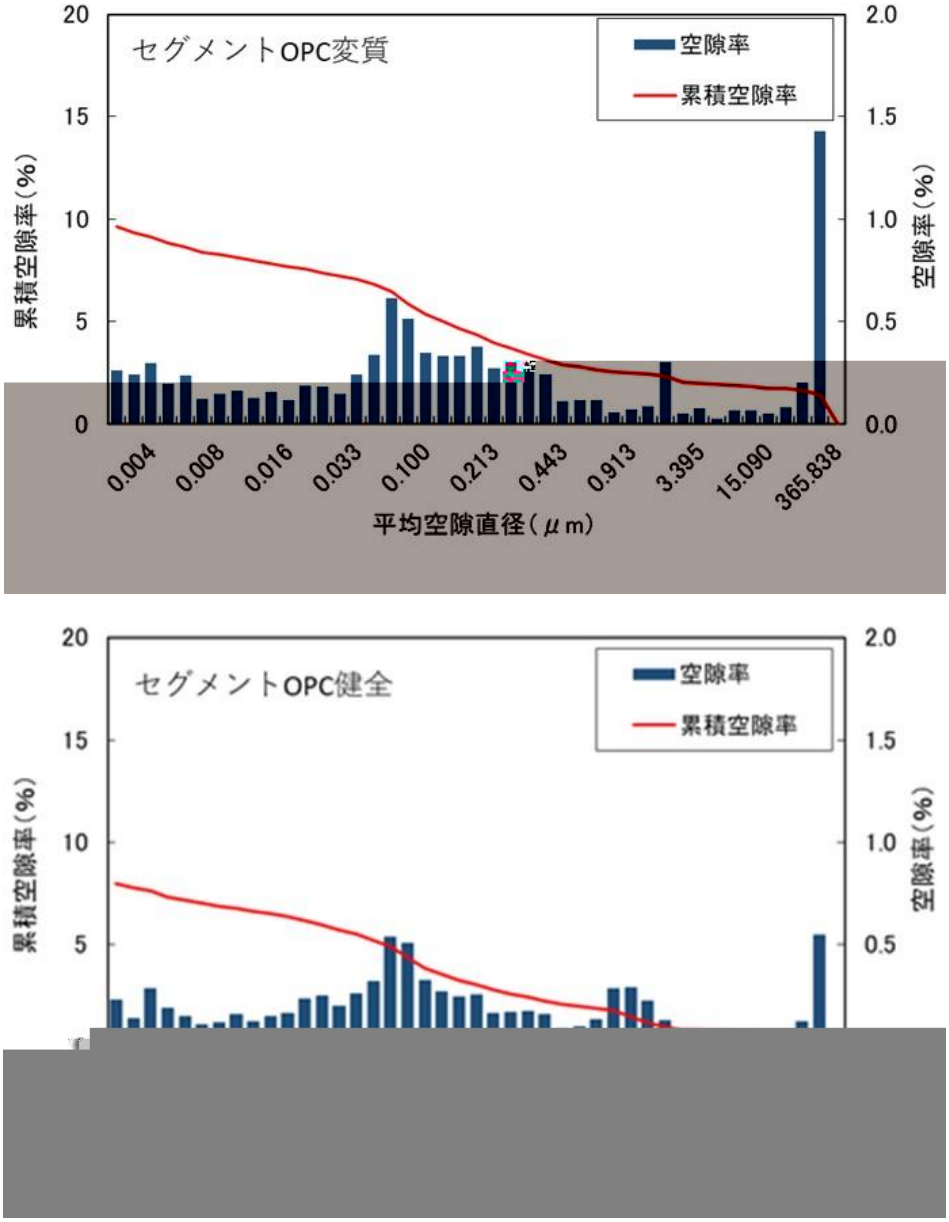


図 4-4-1　セグメント OPC の空隙径分布測定結果

4-4-1

/ 4-4-2

/

1

FAC

FAC

表 4-4-1　二値化画像から算出した低密度領域の面積率

OPC	55.07	44.93	60.3	39.21	0.91	1.15
BFSC	55.39	48.06	47.65	53.76	1.16	0.89
FAC	57.03	31.41	48.14	1.47	1.18	21.34

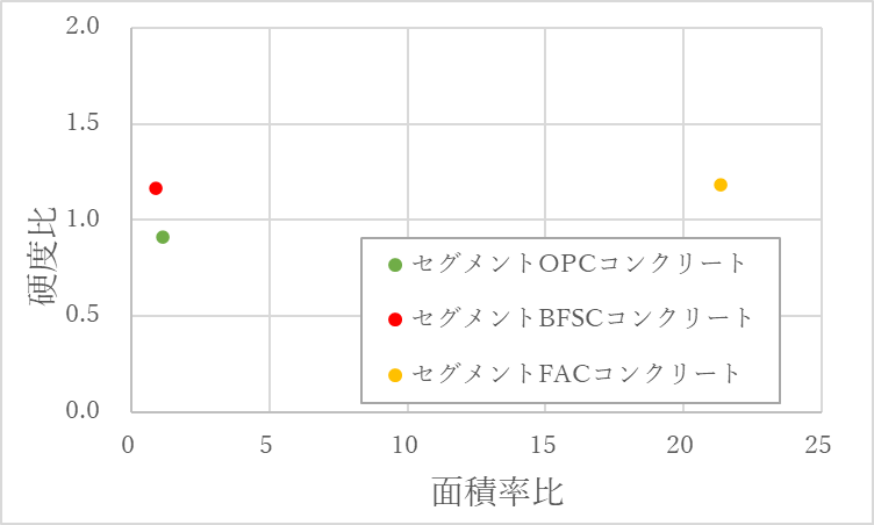


図 4-4-2　変質部/健全部の面積率比とビッカース硬度比

4-5

Appendix　2-4

EPMA　4-5-1　4-5-3

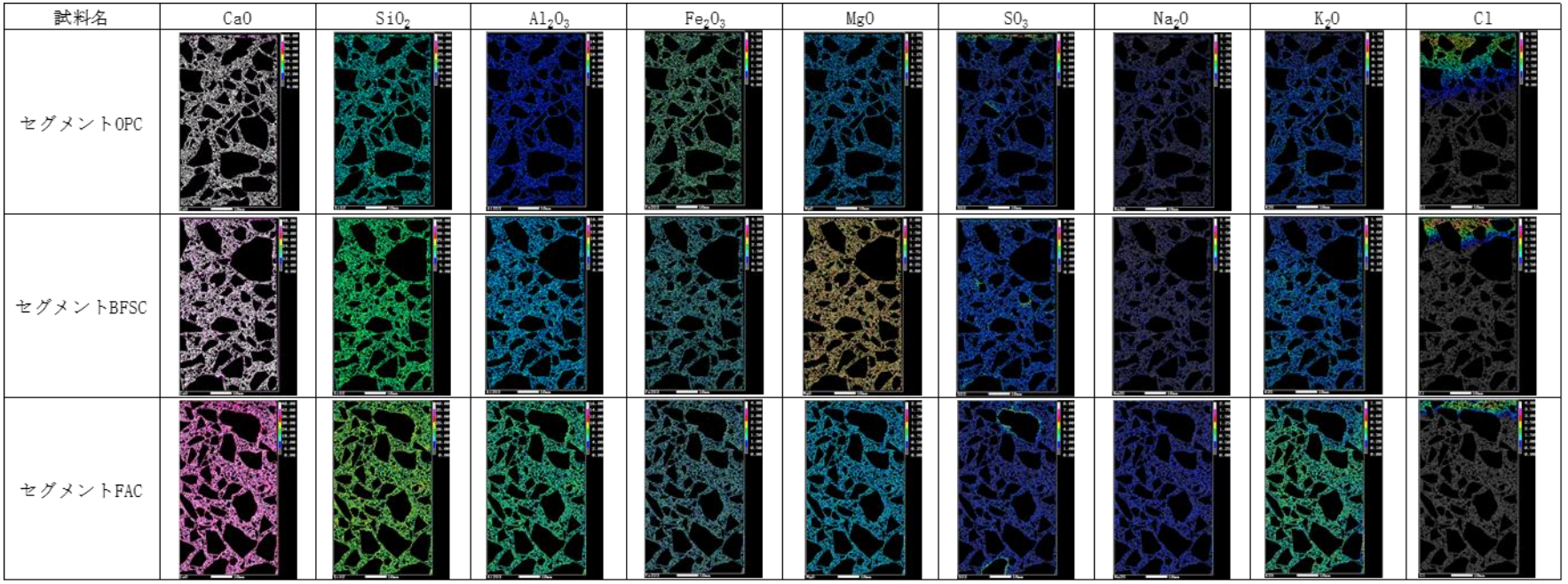


図 4-5-1　験期間 10 か月コンクリート試料（人工海水）の EPMA 測定結果：組成分布

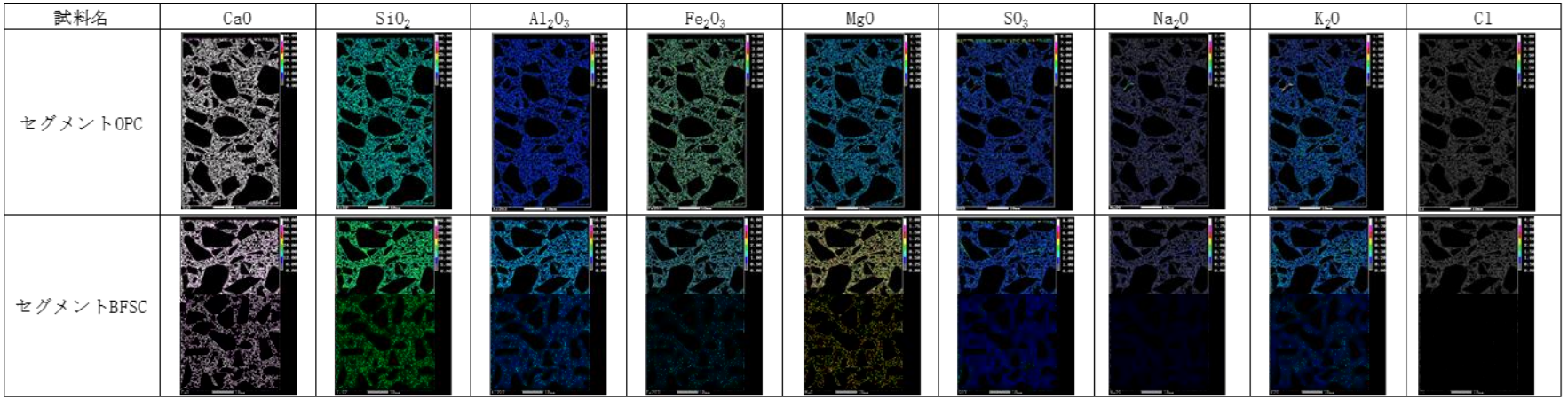


図 4-5-2　試験期間 3 か月コンクリート試料（降水 A）の EPMA 測定結果：組成分布

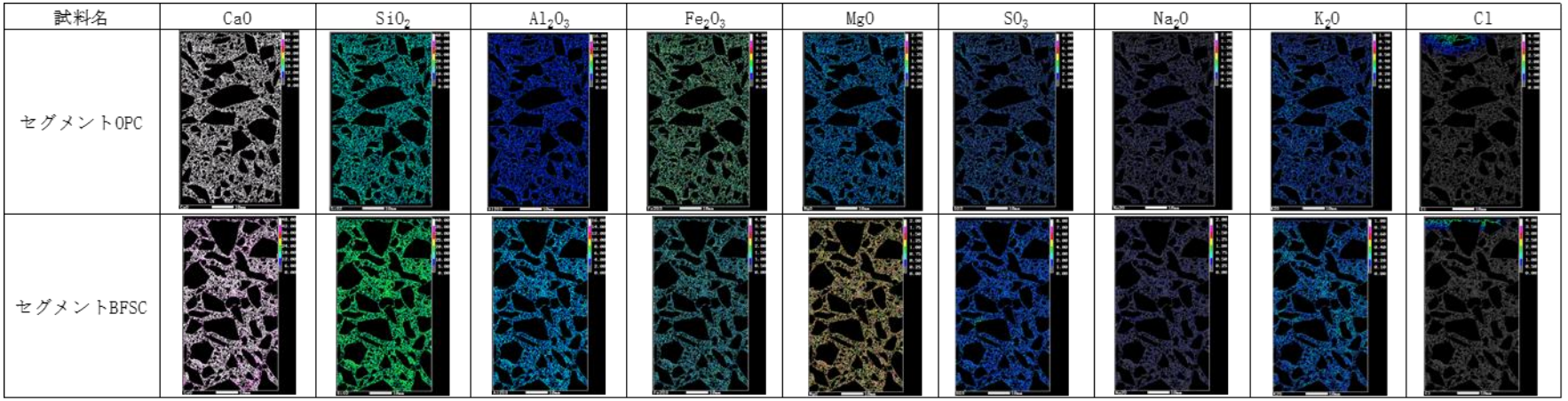


図 4-5-3　試験期間 3 か月コンクリート試料（FGB-2_214.75～220.52 m）の EPMA 測定結果：組成分布

3

4-1(6) G A D+F

Appendix

5-1

3-1-2 4-1-2

5-2

5-2-1

5-2-2 5-2-1

表 5-2-1　コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験水準

			G	A	D+F
		30M	30M	30M	30M
	OPC				
	BFSC				
	OPC				
	BFSC				

表 5-2-2　コンクリート表面への二次鉱物生成の確認試験の試験条件

		100 mm　1/4　50 mm
		60　2
		G　A　D+F
		500 ml /

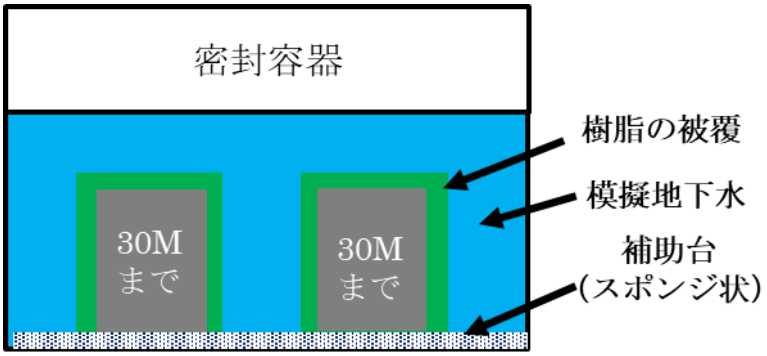


図 5-2-1　コンクリートの接液面への二次鉱物生成の確認試験の概略図

5-3

5-3-1　5-3-4

図 5-3-1　二次鉱物生成確認（吹付け OPC コンクリート：10 ヶ月浸漬）

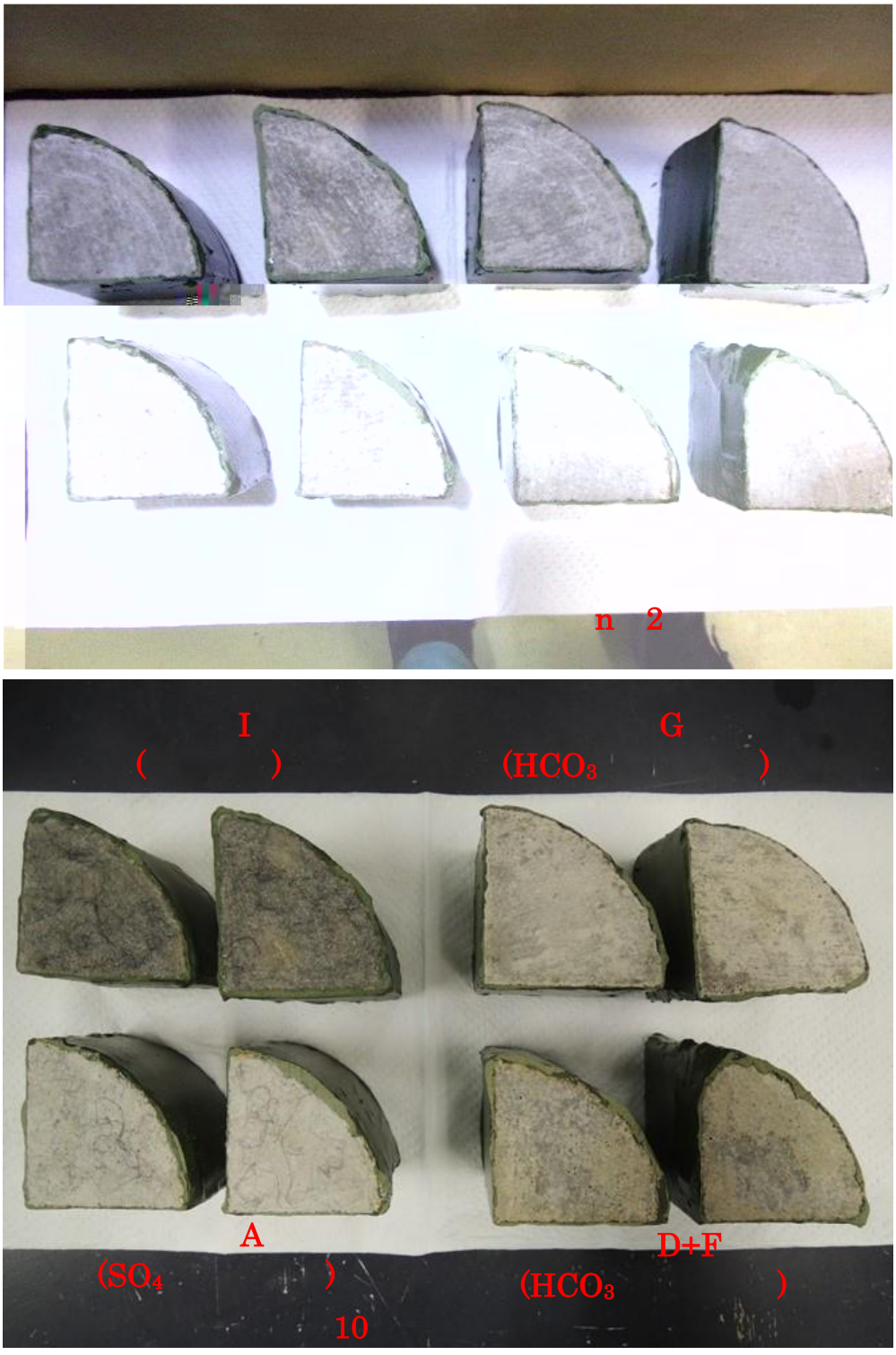


図 5-3-2　二次鉱物生成確認（吹付け BFSC コンクリート：10 ヶ月浸漬）

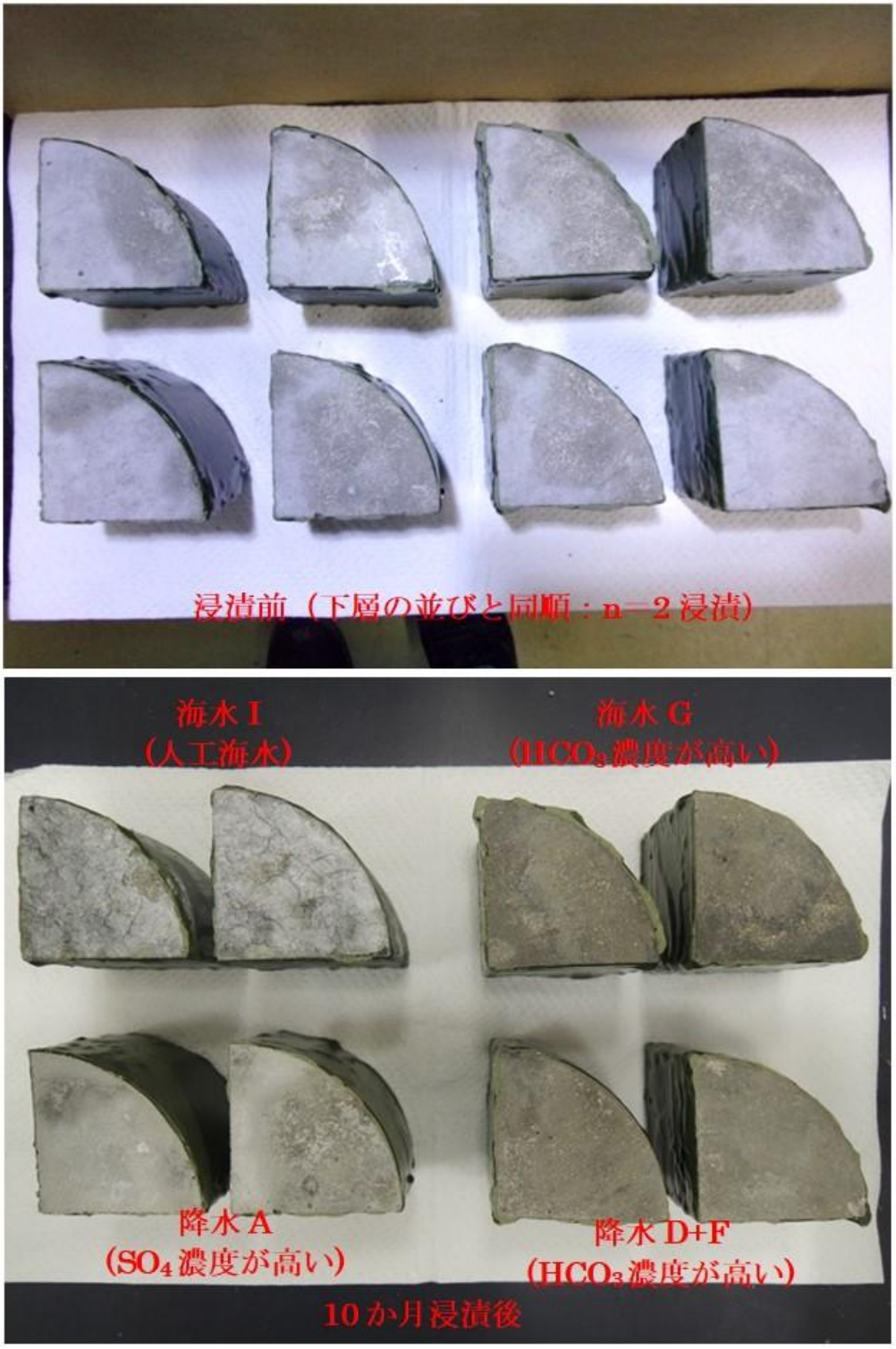


図 5-3-3　二次鉱物生成確認（セグメント OPC：10 ヶ月浸漬）

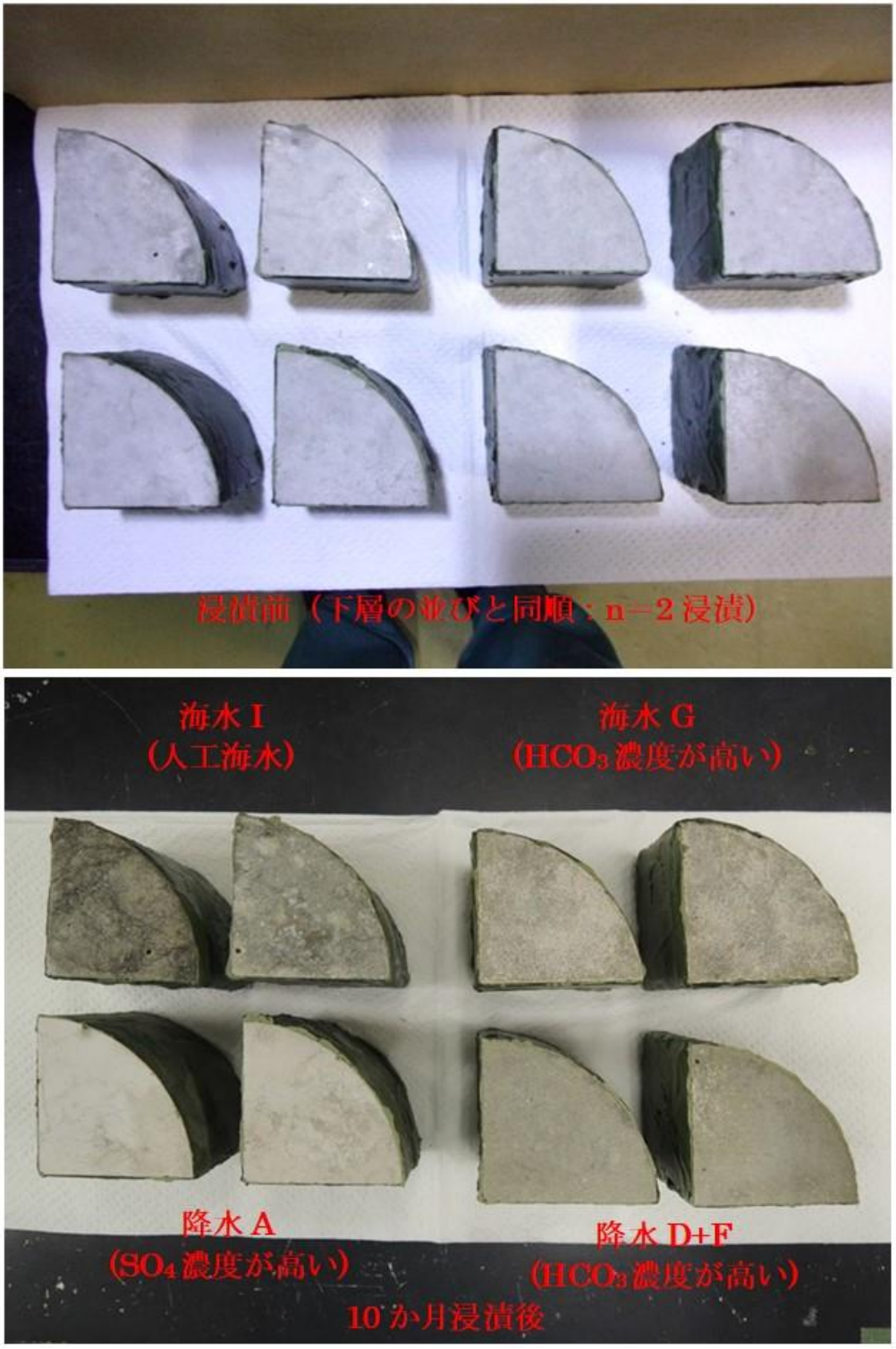


図 5-3-4　二次鉱物生成確認（セグメント BFSC：10 ヶ月浸漬）

, , , ,
, , Vol.34, No. 1pp.304-309, 2012.

3

3 4-2

1-1

表 1-1　本付属書に記した内容

			3
2			4-2(2)
2-1			4-2(2)　(b)
2-2			4-2(2)　(b) 4-2(2)　(c)
2-3			4-2(2)　(c)
2-4			4-2(2)　(c)
3			4-2(2)
3-1			4-2(2)　(b)(i)
3-2			4-2(2)　(b)(ii)
3-3			4-2(2)　(b)(iii)
3-4		Pe	4-2(2)　(c)
4			4-2(3)
4-1			4-2(3)
4-2			
4-3			

3 0.5 0.25 KCl-NaCl 4:1
1.00 Mg/m³ Na
K-Na 4-2(2)
0.125 KCl-NaCl 4:1 0.5 $CaCl_2$-NaCl

2-1

2-1-1 0.5
0.25
0.5
90 ml 0.02 0.03
MPa 0.25 1
0.23 0.32 MPa 2 0.30 0.42 MPa 0.5
0.25 10 0.5 0.25
2-3

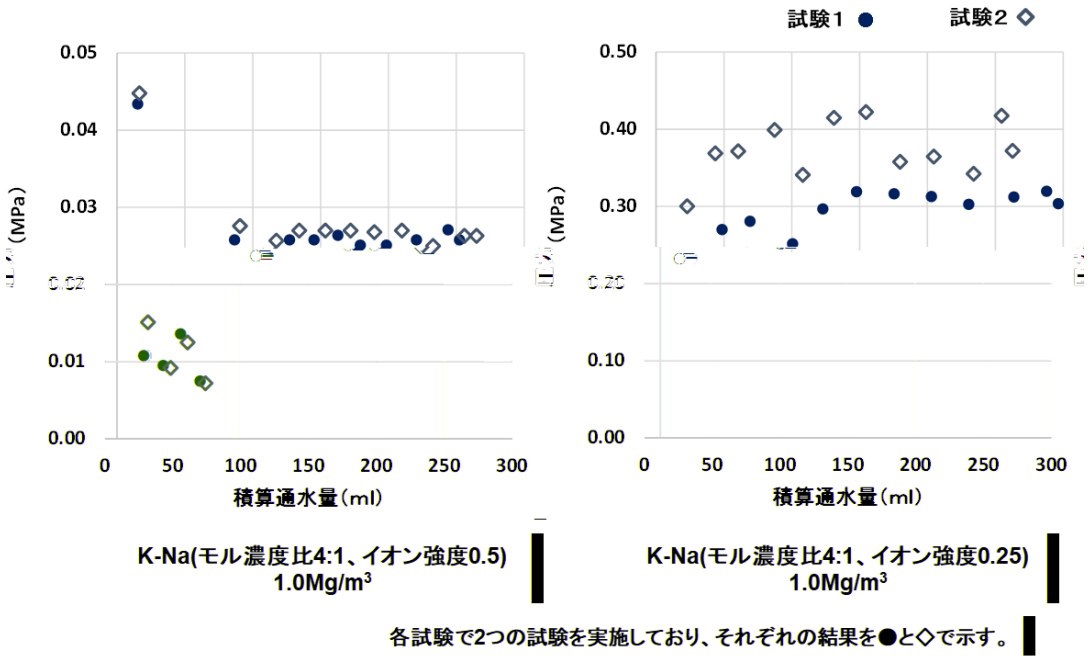


図 2-1-1 圧力の経時変化

2-2

Na

1

2-2-1 2-2-1

80 20

40 g 10

4000 rpm 5 min

40 g

- EC

5

105 24

90 m

2-2-1

2-2-1 5

表 2-2-1　試料の前処理の結果と洗浄液の電気伝導率の測定結果

				g [1]		ms/m [2]								
		(Mg/m^3)				1	2	3	4	5	6	7	8	9
KCl-NaCl	0.5	1.00		14.13	13.78	174.0	41.8	10.6	2.6	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4
				14.13	14.03	169.3	41.0	10.3	2.6	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5
	0.25			14.13	13.85	83.2	19.4	4.5	1.1	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
				14.13	13.99	77.1	18.4	4.3	1.1	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3

1　105　105

2　KCL0.01 mol/L　140.9 ms/m　5　141.0 ms/m　19.9

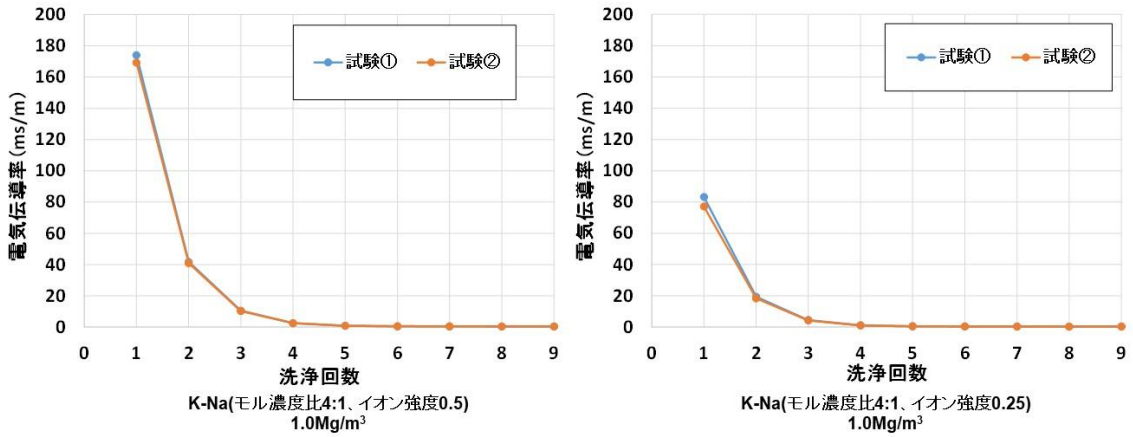


図 2-2-1　ベントナイト試料の洗浄回数と電気伝導率の変遷

SFSA

0.5g　　100　50 ml　　6

50 ml

20　　1　　0.45　m

Na　K　Ca　Mg

2-2-2　　2-2-2　　F

Na^+　　K^+

表 2-2-2　浸出陽イオンの分析結果

				SFSA　　meq/100			
		(Mg/m³)		Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
F				101.8	1.3	0.9	18.2
KCl-NaCl	0.5	1.00		5.8	108.8	0.3	10.1
				5.6	107.8	0.2	8.7
	0.25			7.2	105.5	0.5	10.2
				6.9	105.7	0.5	11.2

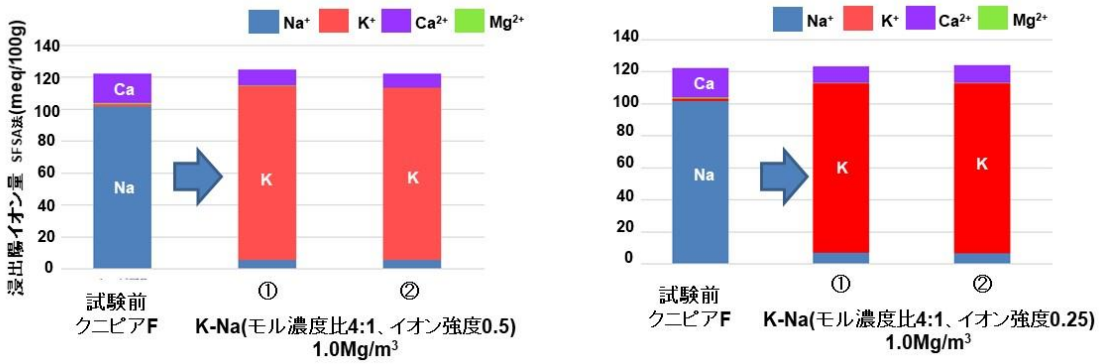


図 2-2-2　試験後の圧縮ベントナイト供試体の層間陽イオン量

2-3

2-3-1

0.5　　1.2　10^{-11} m/s

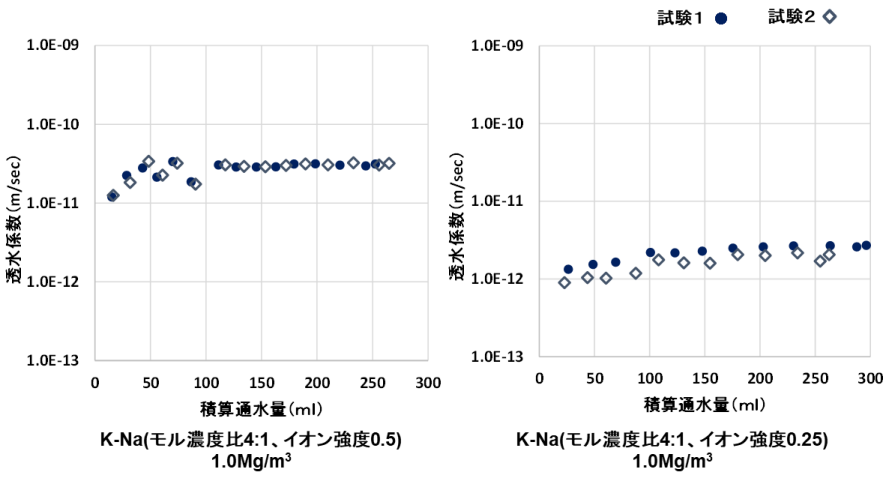
3　　3.0　10^{-11} m/s

Na^+　　K^+

0.25　　1　10^{-12} m/s

2 - 3　　2　10^{-12}　　3　10^{-12} m/s

0.5　0.25　　1



各試験で2つの試験を実施しており、それぞれの結果を●と◇で示す。

図 2-3-1　透水係数の経時変化

2-4

KCl-NaCl 0.125

2-4-1 $CaCl_2$-NaCl

0.5

2-4-2

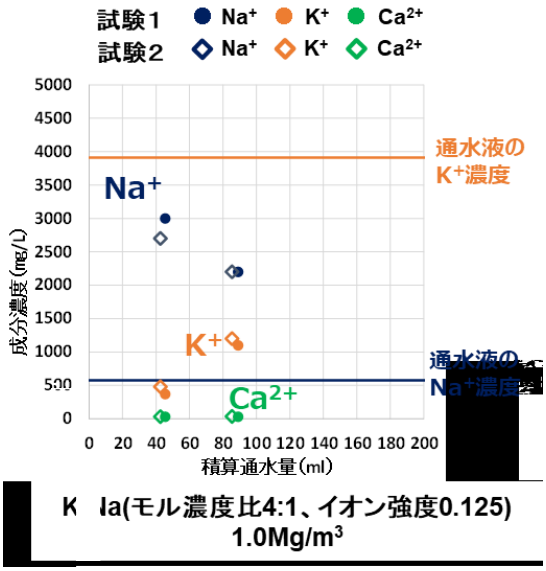


図 2-4-1　排水中のイオン濃度の経時変化

Ca-Na(モル濃度比1.33:1、イオン強度0.5)
1.0Mg/m3

FGB-2孔167.70~171.78m (イオン強度0.28)
1.0Mg/m3

図 2-4-2　通水状況

3 2 0.5 KCl

, , , 2021

3-1 3-2

3-3 Pe

Pe 3-4

3-1

1 HYDRUS-1D (Šimůnek et al., 2013 PHREEQC(Parkhurst and Appelo, 1999) HP1 HP1 Dual-Porosity

2 4-2

, , , 2021

(Richards)

— (1)

0 - 1

i

(2)

(3)

(mol/L-soil)

(4)

(5)

Z^- M^{n+} Z_nM K_{GT} Gaines & Thomas

[X-M] M^{n+}

= M^{n+} [meq/100 g]*1 /[CEC*2]

[X-Na] Na^+

$\{M^{n+}\}$ M^{n+} = M^{n+} $[M^{n+}]\times$ Daivies

3

$\{Na^+\}$ Na^+ = Na^+ $[Na^+]\times$ Daivies

3

1 2

3 Daivies

(6)

A 0.5085 (25) , Z_i I

3-2

3-2-1

14.0 wt%　　CEC　　1 kg

(122.2　10　0.14

(1999)　　0.25　　F

(1　0.14=7.14)

(Cl　)

PHREEQC

3-2-1

3-2-1

3-2-2

表 3-2-1　試解析に用いたイオン交換選択係数と初期状態におけるイオン交換サイト組成

	(　　)		(meq/100 g-soil)
$Z^- + Na^+ = ZNa$	0	ZNa	101.8
$Z^- + K^+ = ZK$	0.42	ZK	1.3
$2Z^- + Ca^{2+} = Z_2Ca$	0.69	Z_2Ca	18.2
$2Z^- + Mg^{2+} = Z_2Mg$	0.67	Z_2Mg	0.9

, 1999

表 3-2-2　試解析に用いた初期間隙水組成

Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl	SO_4^{2-}	pH
(mmol/L)						
686	4.05	69.7	3.80	79.9	379	9.9

3-3

3-3-1　　3-3-2

2

Ca^{2+}　　Mg^{2+}

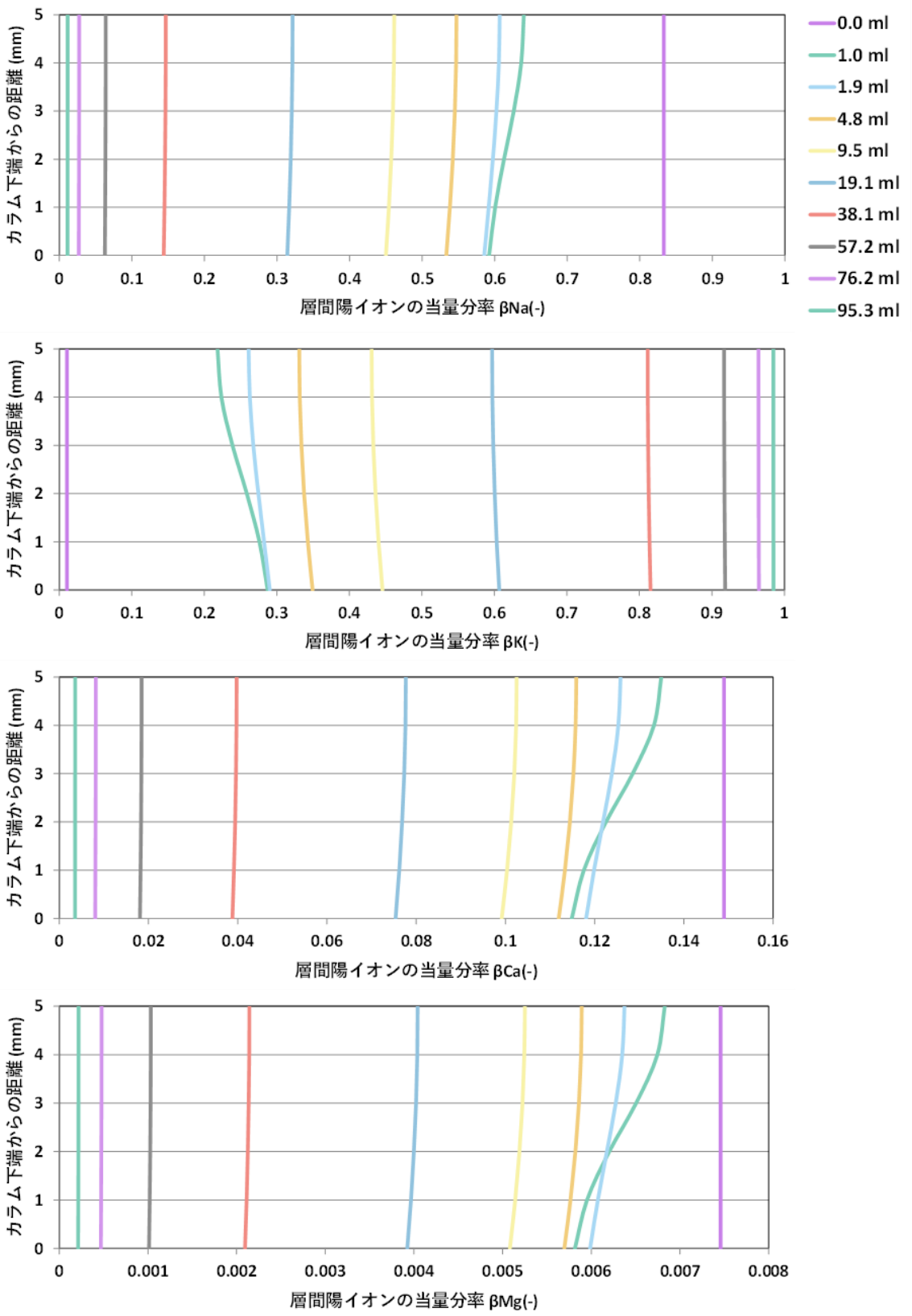


図 3-3-1　層間陽イオンの当量分率の経時変化（乾燥密度 0.88Mg/m^3）

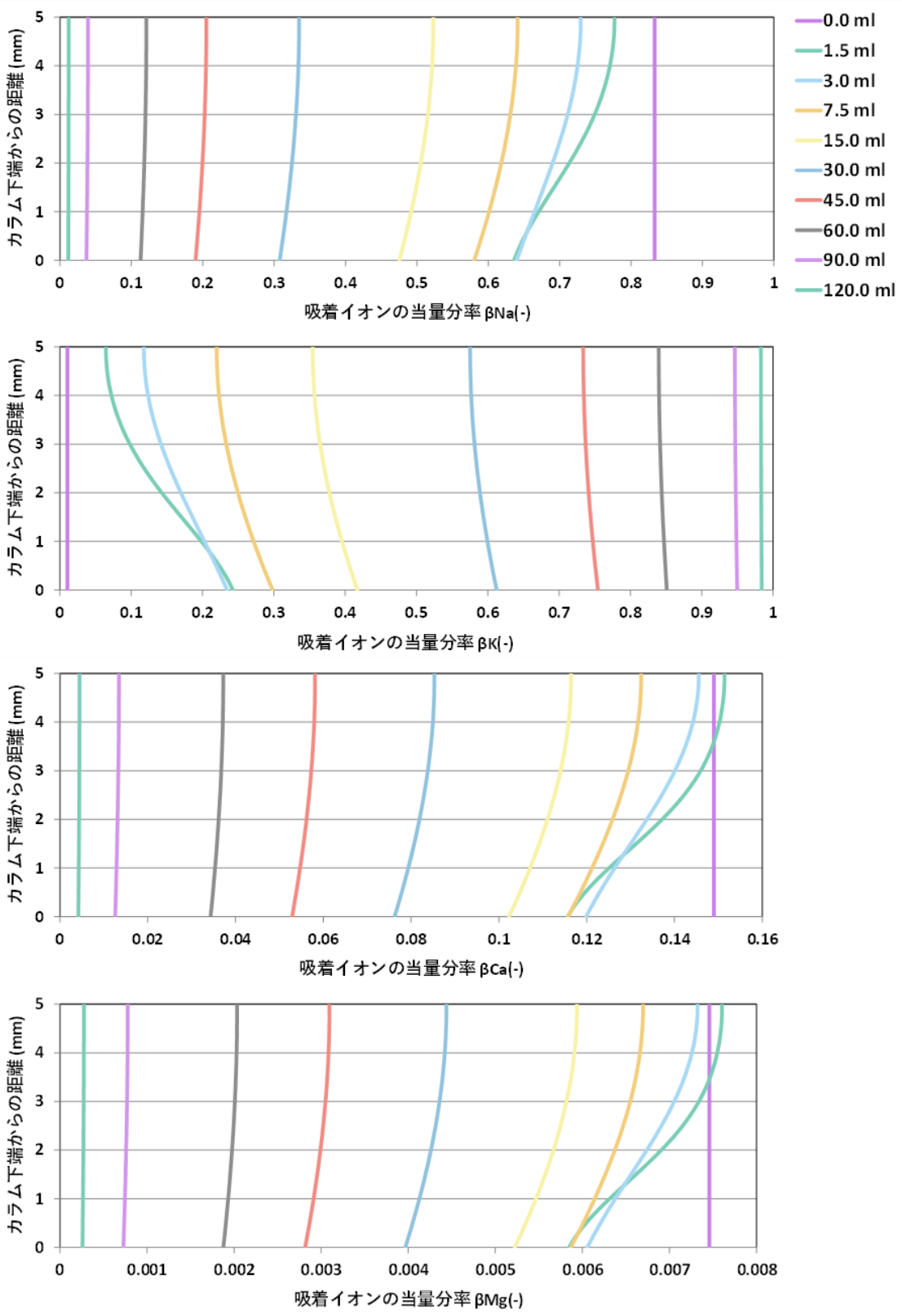


図 3-3-2　層間陽イオンの当量分率の経時変化（乾燥密度 1.27Mg/m^3）

3-4 Pe

Pe

— (1)

k i L De

0.88 Mg/m^3 k 1.0 10^{-10} m/s

i 20 cm

-5 mm 195 mm 5 mm

39 L 5 mm HTO

(2)

HTO

HTO (2) =0.662 f_s=1.0

HTO D*=2.23 10^{-9} m^2/s 5.92 10^{-10} m^2/s

(1) Pe 0.033

1.27 Mg/m^3 k 6.0 10^{-13} m/s

i 51139 mm

0.5 MPa -5 mm

51134 mm 5 mm 10226.8 L

5 mm HTO (2) =0.512

fs=1.0 HTO D*=2.23 10^{-9} m^2/s

2.59 10^{-10} m^2/s (1)

Pe 0.12

3 4-1 4-2(3)

4-1 4-3

表 4-1　試験ケース

	溶液の種類	イオン強度	初期緩衝材密度 (Mg/m^3)
リファレンス	イオン交換水	0	1.2,1.6,2.0
Ⓐ高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	NaCl	0.5	1.2,1.6,2.0
	KCl		1.2,1.6,2.0
	NaCl+KCl		1.2,1.6,2.0
	$CaCl_2$		1.2,1.6,2.0
	$MgCl_2$		1.2,1.6,2.0
ⒷNaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025、0.050、0.075、0.10、0.15、0.20	1.6
ⒸNa以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.025、0.10、0.20	1.6
	$CaCl_2$	0.025、0.10、0.20	1.6
	$MgCl_2$	0.025、0.10、0.20	1.6
	$CaCl_2$とNaClの混合溶液（モル濃度比1.5:1）	0.025、0.10	1.6
Ⓓ沿岸実地下水検討	FGB-2孔_167.70~171.78m	0.28	1.6
Ⓔイオン交換水に交換した影響の検討	NaCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0
	KCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0

4-1

2 2

AppendixIV , ,

, 2021 2 3

4-1

4-1-1 4-1-2

NaCl 0.5 KCl

0.5

NaCl

Na

4-1-1　NaCl

KCl

KCl　　K

K

NaCl

Na　　KCl

K

K　　Na

0.15　　4-

1-2

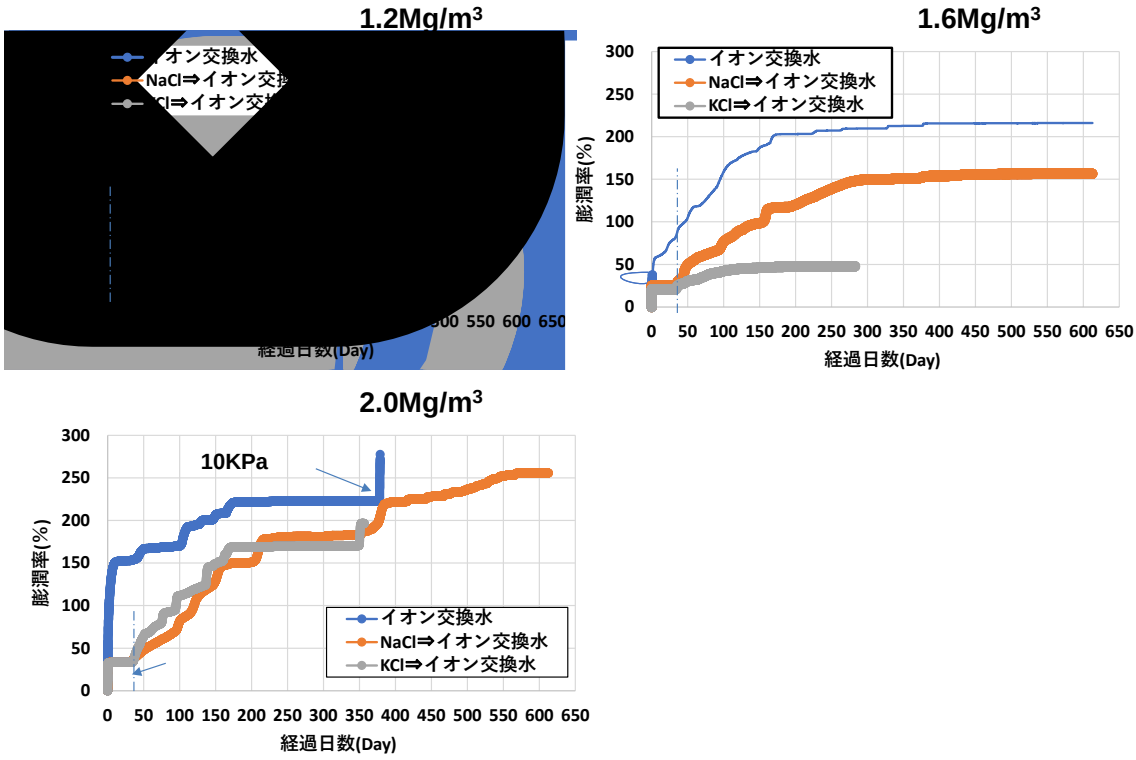


図 4-1-1　膨潤率の経時変化（イオン交換水、イオン強度 0.5 の NaCl や KCl からイオン交換水に交換）

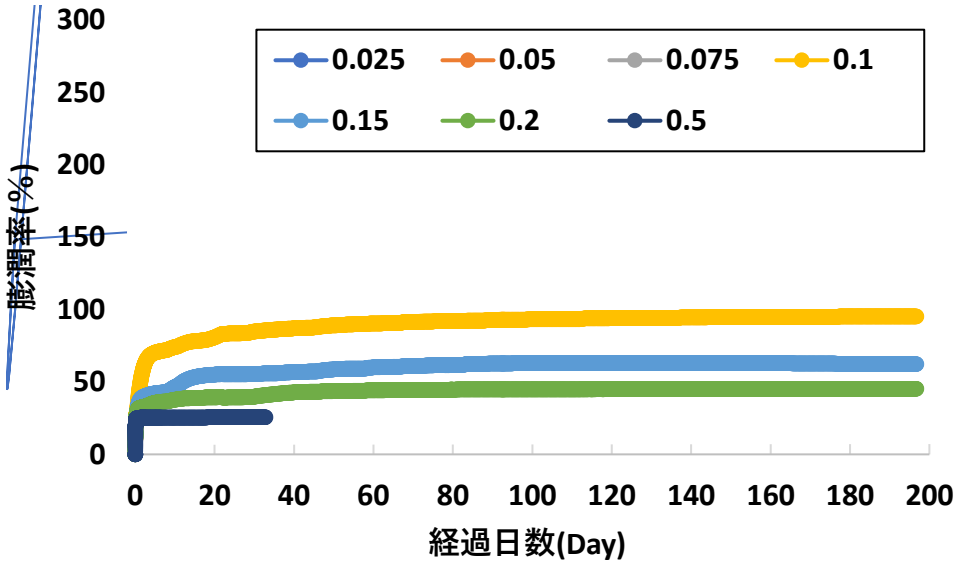


図 4-1-2　膨潤率の経時変化（イオン強度 0.025 - 0.5 の NaCl）

4-2

SFSA

1 2

SFSA

4-1 3 SFSA

4-2-1 V1

Appendix

2 0.5 NaCl

1.2 Mg/m^3 0.5 KCl

1.2 Mg/m^3 1.6 Mg/m^3

2 AppendixIV

, ,

, 2021

表 4-2-1 層間陽イオン量を測定したケース

	溶液の種類	イオン強度	初期緩衝材乾燥密度 (Mg/m^3)
リファレンス	イオン交換水	0	1.6
Ⓐ高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	$CaCl_2$	0.5	1.6
	$MgCl_2$	0.5	1.6
Ⓑ NaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025	1.6
		0.05	1.6
		0.1	1.6
Ⓒ Na以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.20	1.6
	$CaCl_2$	0.10	1.6
		0.20	1.6
Ⓓ沿岸実地下水検討	FGB-2孔_ 167.70~171.78m	0.28	1.6
Ⓔイオン交換水に交換した影響の検討	KCl→イオン交換水	0.5→0	2.0

2 - 3 mm

-

4-2-2 4-2-1

80 vol + 20 vol

90 m

1 40 g

10

4000 rpm 5 min

40

- 5

5

160 24

90 m

表 4-2-2　試料の前処理の結果と洗浄液の電気伝導率の測定結果

			g		ms/m					
		(Mg/m^3)			1	2	3	4	5	6
	0	1.6	1.44	1.29	1.42	0.85	0.69	0.58	0.51	0.41
$CaCl_2$	0.5	1.6	3.99	3.58	21.10	1.92	0.35	0.25	0.22	0.21
$MgCl_2$	0.5	1.6	3.62	3.28	15.81	1.54	0.47	0.40	0.37	0.35
NaCl	0.025	1.6	1.57	1.42	3.38	0.81	0.58	0.47	0.39	0.35
	0.05	1.6	1.54	1.37	6.13	0.88	0.61	0.50	0.43	0.36
	0.1	1.6	2.39	2.16	10.15	1.04	0.58	0.50	0.41	0.39
KCl	0.2	1.6	2.40	2.20	17.79	1.20	0.35	0.25	0.21	
$CaCl_2$	0.1	1.6	2.20	2.00	6.34	0.83	0.42	0.32	0.28	
$CaCl_2$	0.2	1.6	2.61	2.36	11.09	1.06	0.46	0.35	0.30	
FGB-2 167.70~171.78m	0.28	1.6	2.22	2.08	7.24	1.05	0.74	0.58	0.51	
KCl	0.5⇒0	2.0	1.82	1.66	0.99	0.44	0.34	0.32	0.29	0.26

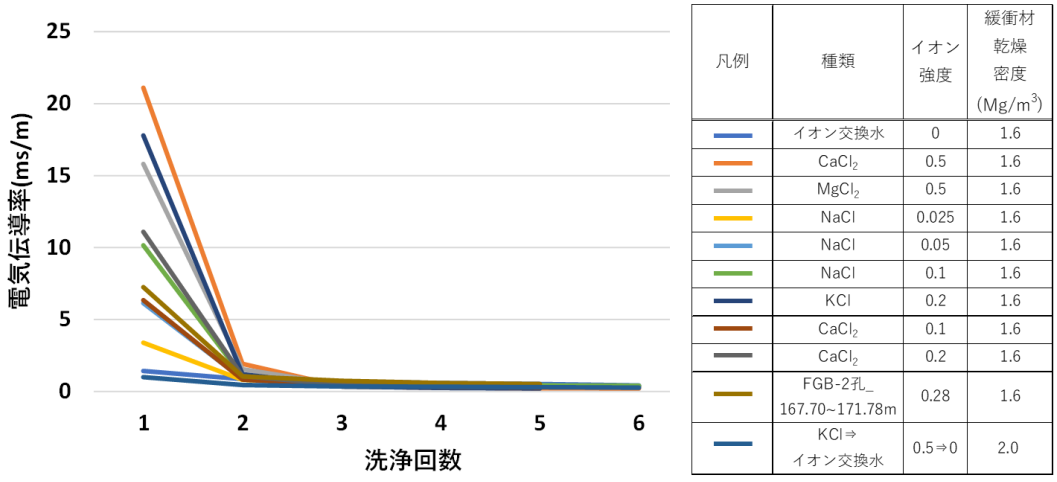


図 4-2-1　ベントナイト試料の洗浄回数と電気伝導率の変遷

2-2 2 SFSA

4-2-3 4-2-2

K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} Na

$CaCl_2$ 0.1 0.2 0.5 Ca^{2+}

Ca^{2+}

Ca^{2+} V1

V1 Ca^{2+}

Na^+

Ca^{2+} Na^+ Na^+

4-2 2

表 4-2-3　試験後の試料の浸出陽イオンの分析結果

			SFSA　(meq/100 g)			
		(Mg/m^3)	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
V1			64.1	0.6	1.3	17.4
	0	1.6	28.8	0.2	4.0	36.2
$CaCl_2$	0.5	1.6	2.6	0.8	1.4	51.5
$MgCl_2$	0.5	1.6	1.8	0.8	38.5	18.6
NaCl	0.025	1.6	32.0	0.6	2.7	24.5
	0.05	1.6	36.8	0.7	2.3	21.4
	0.1	1.6	36.3	0.4	1.6	19.0
KCl	0.2	1.6	0.6	38.0	0.9	13.0
$CaCl_2$	0.1	1.6	24.5	0.9	1.4	29.0
$CaCl_2$	0.2	1.6	6.5	0.8	1.4	48.5
FGB-2 167.70~171.78 m	0.28	1.6	8.5	0.8	18.0	26.2
KCl	0.5　0	2.0	15.0	18.6	1.7	21.5

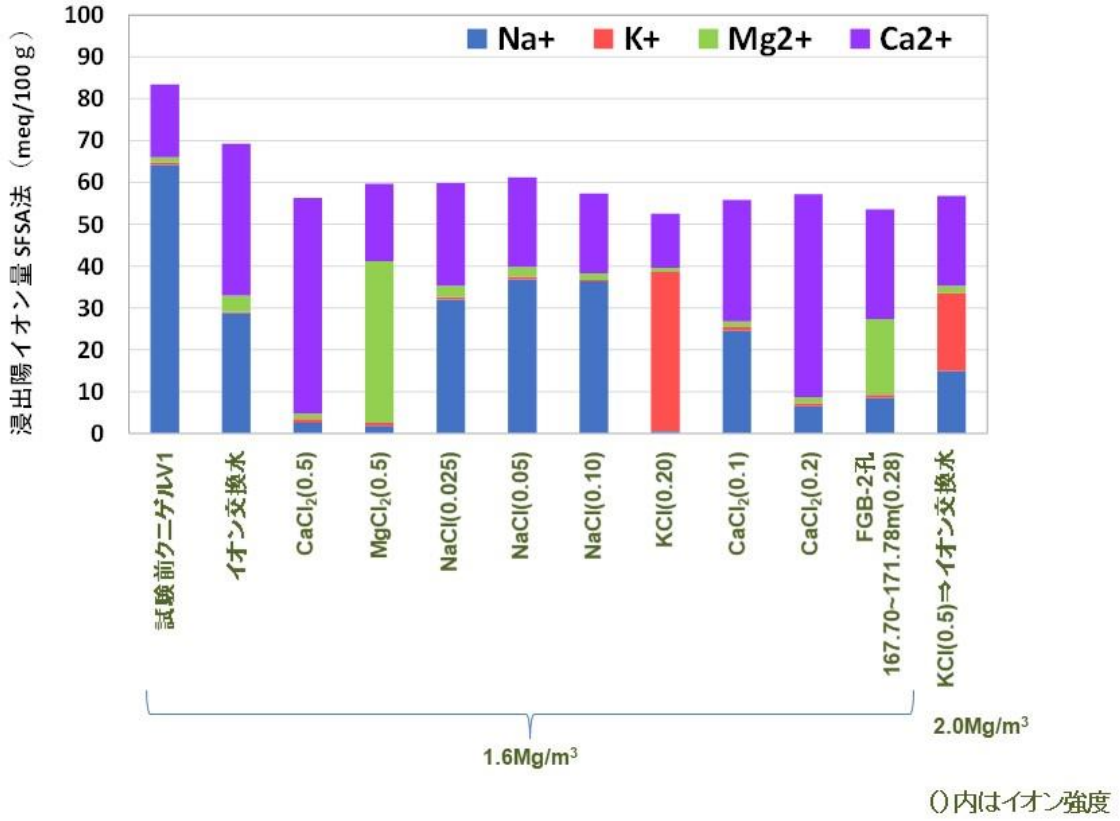


図 4-2-2　試験後試料の浸出陽イオンの分析結果

4-1　　4-2-4

4-2-5　　4-2-6　　4-2-7

Na^+

V1　　Ca^{2+}

Na

Na^+　　K^+　　Ca^{2+}　　Mg^{2+}

Na^+　　Na^+　　1000 mg/L

Na^+　　Na

表 4-2-4　排水分析を実施したケース

	溶液の種類	イオン強度	初期緩衝材密度 (Mg/m^3)
リファレンス	イオン交換水	0	1.2,1.6,2.0
Ⓐ高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	NaCl	0.5	1.2,1.6,2.0
	KCl		1.2,1.6,2.0
	NaCl+KCl		1.2,1.6,2.0
	$CaCl_2$		1.6
	$MgCl_2$		1.6
Ⓑ NaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025	1.6
Ⓒ Na以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.025	1.6
	$CaCl_2$	0.025	1.6
	$MgCl_2$	0.025	1.6
Ⓓ沿岸実地下水検討	FGB-2孔_167.70~171.78m	0.28	1.6
Ⓔイオン交換水に交換した影響の検討	KCl→イオン交換水	0.5→0	1.6

表 4-2-5　分析するイオン種とその分析方法

Na	JIS K 0102　2016　48
K	JIS K 0102　2016　49
Ca	JIS K 0102　2016　50
Mg	JIS K 0102　2016　51
Cl	JIS K 0102　2016　35
SO_4	JIS K 0102　2016　41
Al	JIS K 0102　2016　57
Si	JIS K 0116

表 4-2-6　排水の分析結果(1/2)

		(Mg/m^3)	pH	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Al^{3+} (mg/l)	Si (mg/l)	
	0	1.2	8.3	1360	5.9	602	1.1	1320	344	<0.2	8.3	
		1.6	8.8	803	3.7	3.9	0.5	569	394	<0.2	8.1	160
			8.4	150	0.8	0.7	<0.1	3.3	2.6	<0.5	8	584　613
		2.0	8.6	801	24.5	4.4	0.8	29.7	1070	<0.2	13.8	160
NaCl	0.5	1.2	7.7	14100	1130	196	42	20200	444	<1	103	
		1.6	8.1	5320	24.9	59.2	11.3	7590	196	<0.2	7.2	
		2.0	8.3	4880	379	49.7	10.6	6900	156	<0.2	7.9	
KCl	0.5	1.2	7.8	2790	4210	186	33.1	7360	175	<0.2	6.3	30
		1.6	7.9	3280	4210	195	30.6	8160	118	<0.2	6.1	
		2.0	8.0	3680	2530	122	21.7	6510	230	<0.2	11.1	
NaCl+ KCl	0.5	1.2	7.7	9630	4160	475	57.4	18000	346	<0.2	6.1	
		1.6	7.8	9730	8140	286	53.5	18400	96.8	<0.2	6.1	70
		2.0	7.6	13100	5020	366	72.2	20400	632	<0.3	6.1	
$CaCl_2$	0.5	1.6	7.5	5500	37	2500	56	14000	250	<0.5	20	33

表 4-2-7　排水の分析結果(2/2)

		(Mg/m^3)	pH	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Al^{3+} (mg/l)	Si (mg/l)	
$MgCl_2$	0.5	1.6	8.0	4900	41	250	1800	13000	180	<0.5	19	35
NaCl	0.025	1.6	8.4	1200	4.9	6.3	0.8	1500	240	<0.5	16	57
KCl	0.025	1.6	8.6	1500	35	13	0.9	1200	1100	<0.5	21	60
$CaCl_2$	0.025	1.6	8.8	1500	5.8	9.4	0.8	850	1400	<0.5	30	60
$MgCl_2$	0.025	1.6	9.1	1600	6.2	9.5	2.4	890	1400	<0.5	28	67
FGB-2 _ 167.70~171.78m	0.28	1.6	8.0	2200	27	830	770	6600	1100	<0.5	12	1
KCl	0.5 0	2.0	8.5	74	100	0.9	<0.1	1.9	29	<0.5	8	273　283

<”　　pH

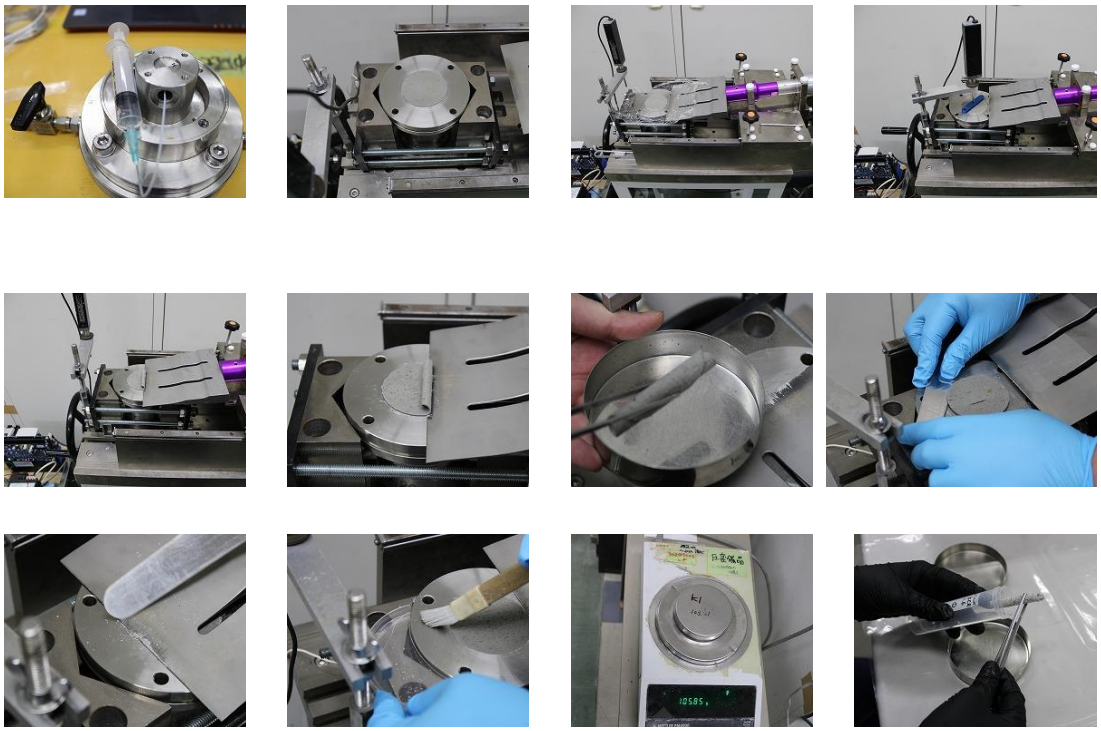


図 4-3-1　解体手順

表 4-3-1　含水比分布及び乾燥密度の掲載箇所

	溶液の種類	イオン強度	初期緩衝材密度 (Mg/m^3)	掲載箇所
リファレンス	イオン交換水	0	1.2,1.6,2.0	本Appendix
Ⓐ高イオン強度での陽イオン種の影響の検討	NaCl	0.5	1.2,1.6,2.0	データなし（試験後にイオン交換水を通水し、Ⓔの試験を実施したため）
	KCl		1.2,1.6,2.0	
	NaCl+KCl		1.2,1.6,2.0	令和2年度報告書AppendixIV
	$CaCl_2$		1.2,1.6,2.0	
	$MgCl_2$		1.2,1.6,2.0	
Ⓑ NaCl溶液でのイオン強度の影響検討	NaCl	0.025、0.050、0.075、0.10、0.15、0.20	1.6	本Appendix
Ⓒ Na以外の陽イオン種や複数イオン種でのイオン強度の影響検討	KCl	0.025	1.6	データなし（試験継続中のため）
		0.10	1.6	
		0.20	1.6	本Appendix
	$CaCl_2$	0.025	1.6	データなし（試験継続中のため）
		0.10	1.6	本Appendix
		0.20	1.6	
	$MgCl_2$	0.025	1.6	データなし（試験継続中のため）
		0.10	1.6	
		0.20	1.6	
	$CaCl_2$とNaClの混合溶液（モル濃度比1.5:1）	0.025	1.6	
		0.10	1.6	
Ⓓ沿岸実地下水検討	FGB-2孔_167.70~171.78m	0.28	1.6	本Appendix
Ⓔイオン交換水に交換した影響の検討	NaCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0	本Appendix
	KCl→イオン交換水	0.5→0	1.2,1.6,2.0	令和2年度報告書AppendixIV

4-3-2　NaCl

4-3-3　4-3-4　KCl　$CaCl_2$　4-3-5　FGB-2_167.70~171.78m　4-3-6　NaCl　4-3-7

NaCl　4-3-7

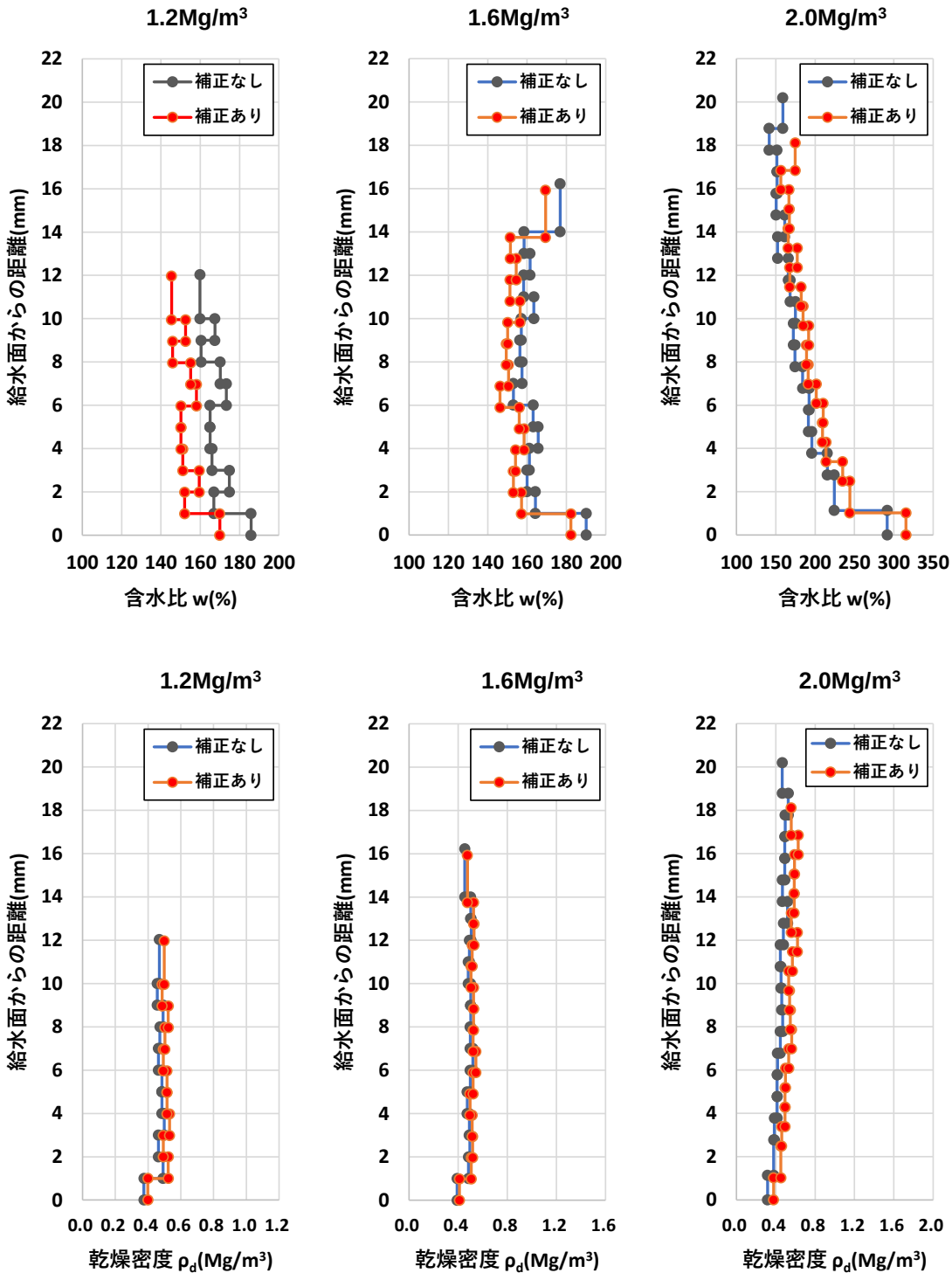


図 4-3-2　含水比分布、乾燥密度分布（イオン交換水）

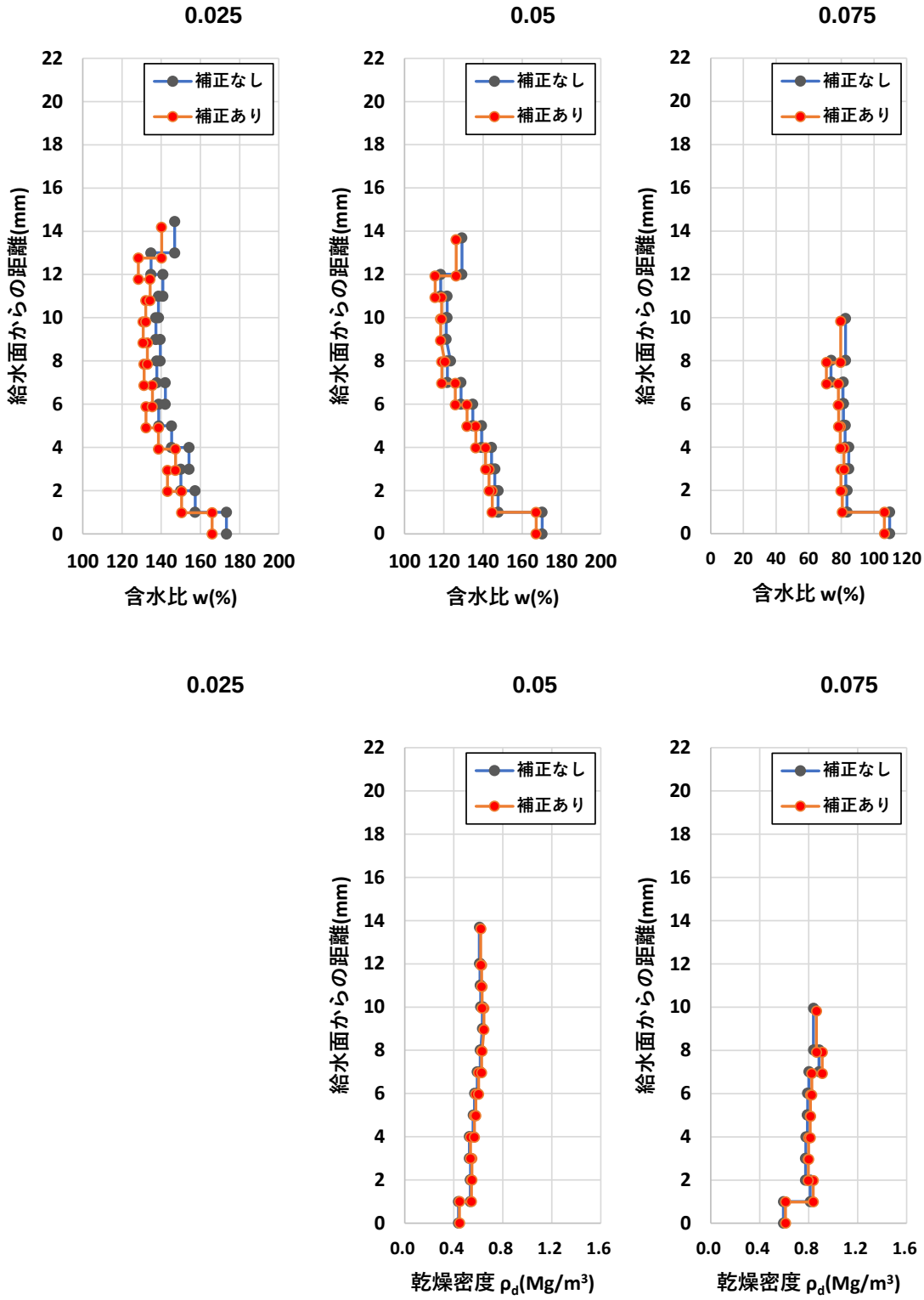


図 4-3-3　含水比分布、乾燥密度分布（NaCl 溶液、イオン強度 0.025 - 0.075）

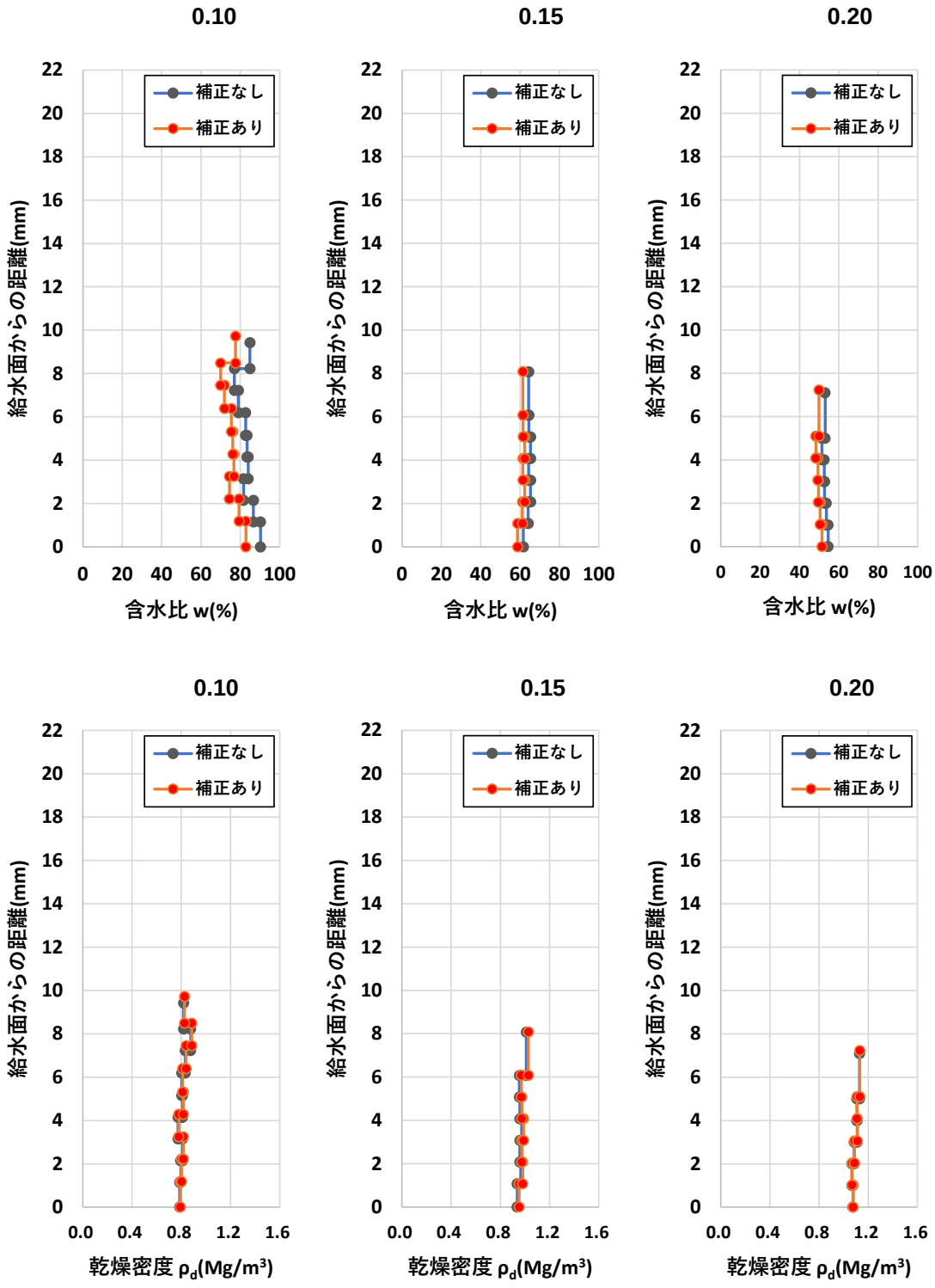


図 4-3-4　含水比分布、乾燥密度分布（NaCl 溶液、イオン強度 0.1 - 0.2）

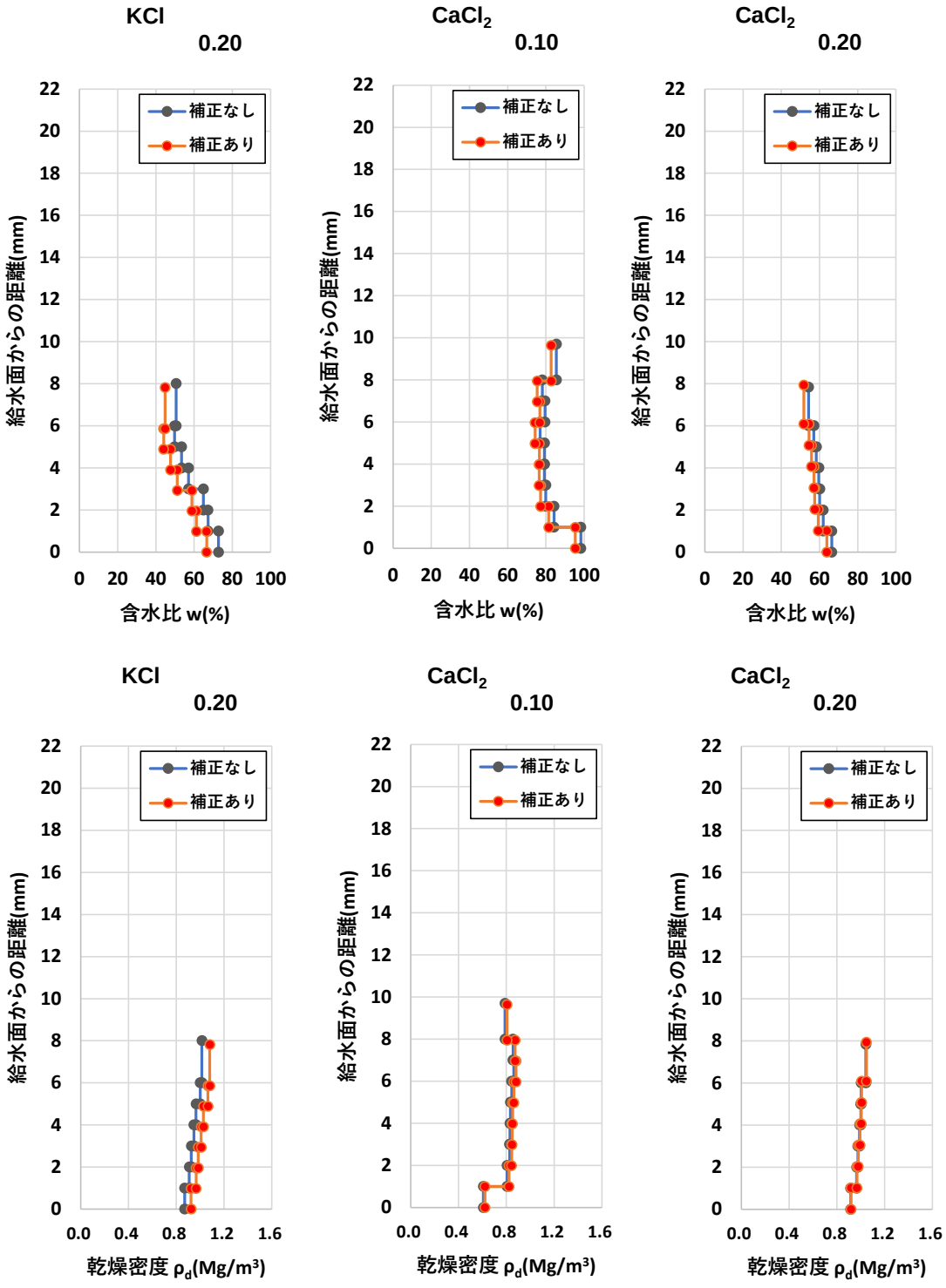
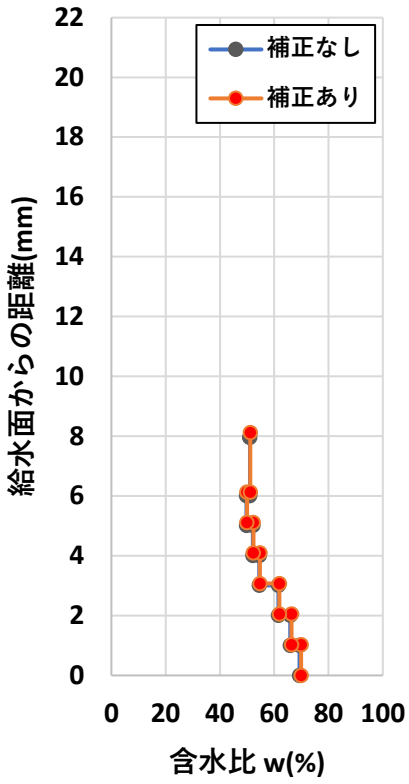


図 4-3-5　含水比分布、乾燥密度分布（KCl 溶液（イオン強度 0.2）、$CaCl_2$ 溶液（イオン強度 0.1、0.2））



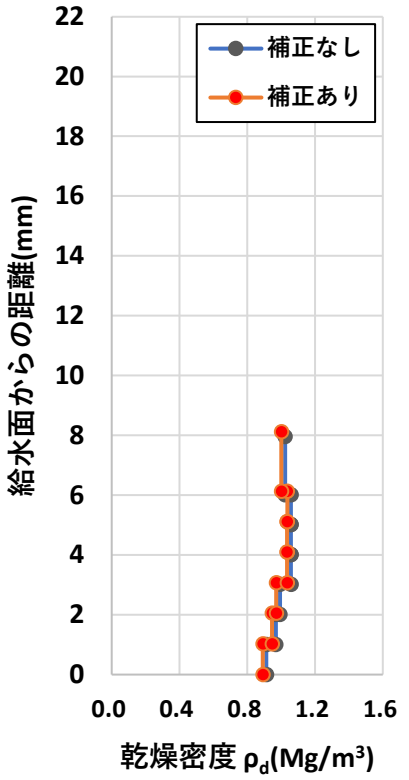


図 4-3-6　含水比分布、乾燥密度分布（FGB-2 孔_167.70~171.78 m（イオン強度 0.28））

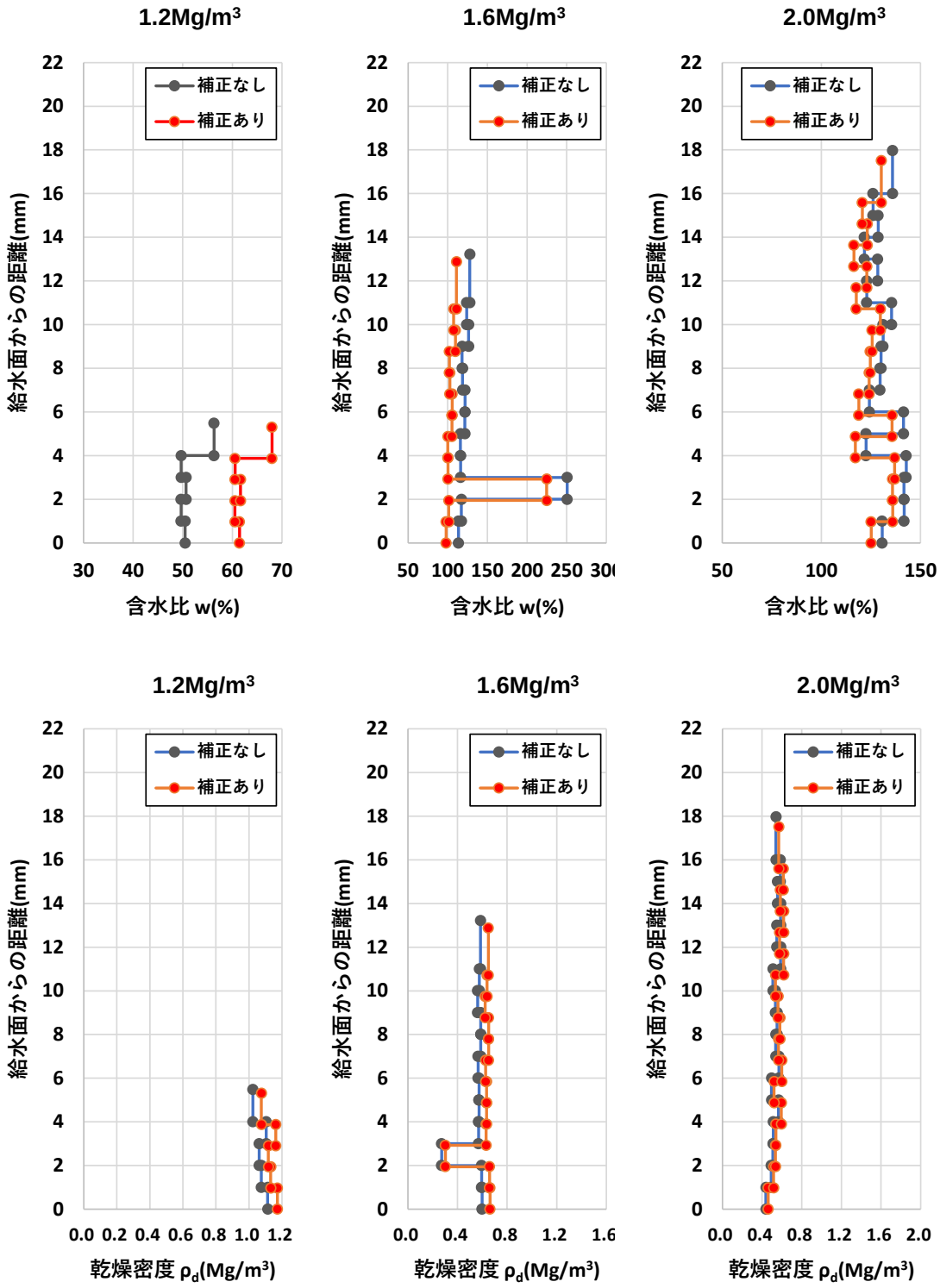


図 4-3-7　含水比分布、乾燥密度分布（NaCl 溶液（イオン強度 0.5）→イオン交換水）

2.0 Mg/m3

4-3-2

NaCl

4-3-3 4-3-4 KCl

0.2 CaCl2 0.2 FGB-2 _167.70~171.78 m 0.28

NaCl 0.2

4-3-5 4-3-6

NaCl 1.2 Mg/m3

4-3-7

1.6 Mg/m3 3 mm

0.6 Mg/m3

, - , JNC TN8400-99-032, 1999.

, , , ,

JNC TN8400 99-032, 67p., 1999.

Parkhurst, D. L. Appelo, C. A. J., User s guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water-resources investigations report, 99(4259), 312, 1999.

,

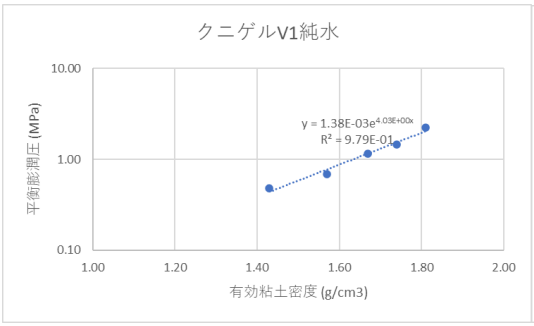
2

, 2021.

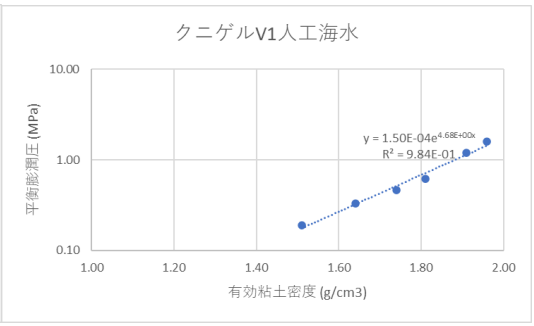
Šimůnek, J., M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, and M. Th. Van Genuchten, The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.17, HYDRUS Software Series 3 Department of Environmental Sciences University of California Riverside, Riverside, California, USA, 343p., 2013.

2.1

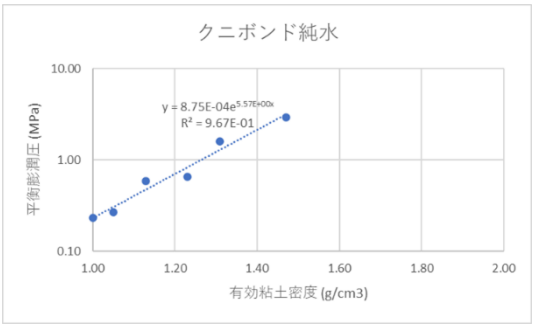
図 20



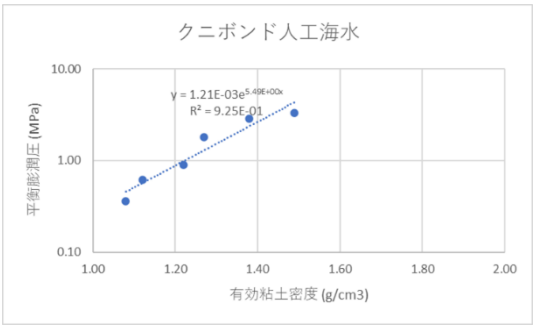
(a) クニゲル V1-純水



(b) クニゲル V1-人工海水



(c) クニボンド-純水



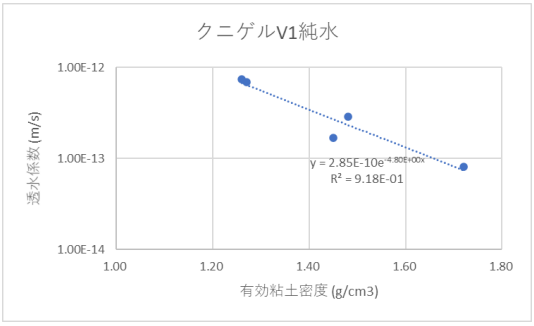
(d) クニボンド-人工海水

図 20　平衡膨潤圧と有効粘土密度の関係

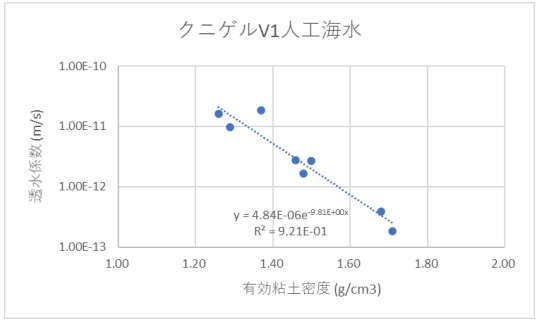
2.2

図 21

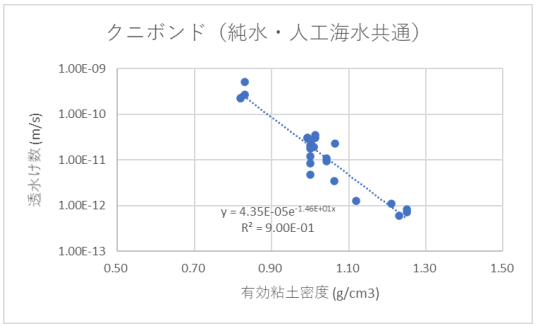
図 22



(a) クニゲル V1-純水



(b) クニゲル V1-人工海水



(c) クニボンド（純水・人工海水共通）

図 21　透水係数と有効粘土密度の関係

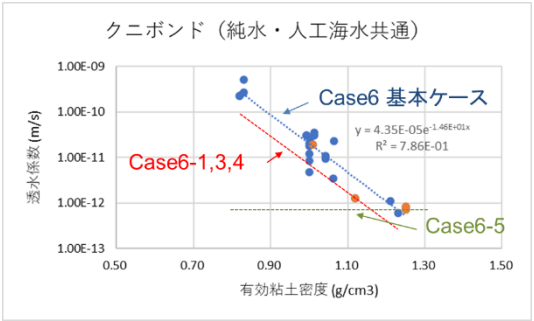
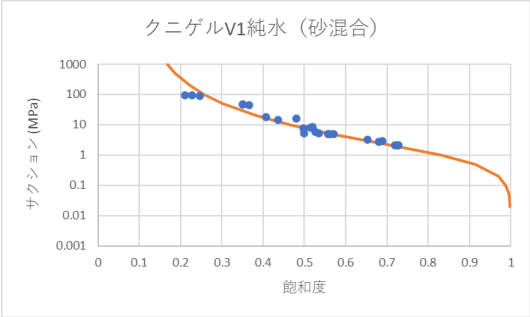


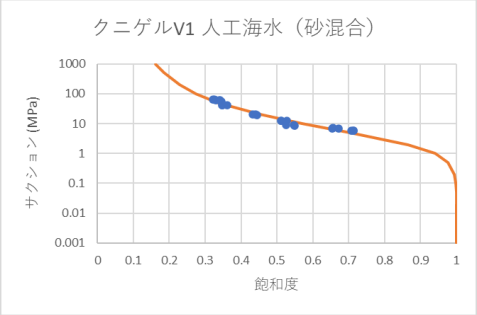
図 22　透水係数の再設定（Case6：クニボンド-人工海水）

2.3

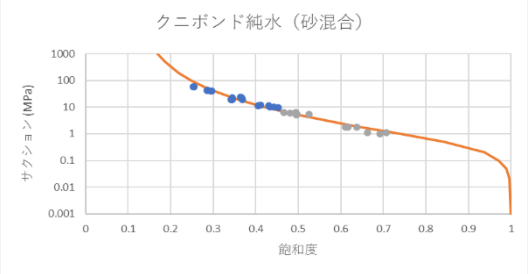
図 23



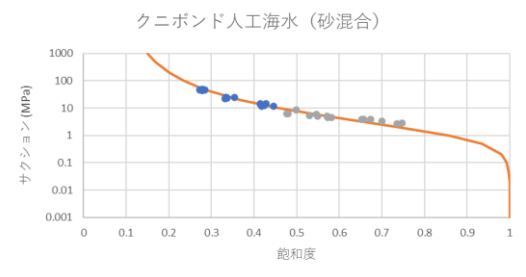
(a) クニゲル V1・砂-純水



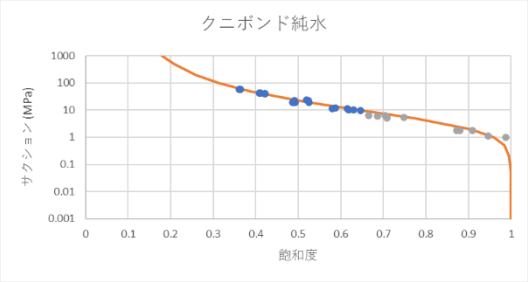
(b) クニゲル V1・砂-人工海水



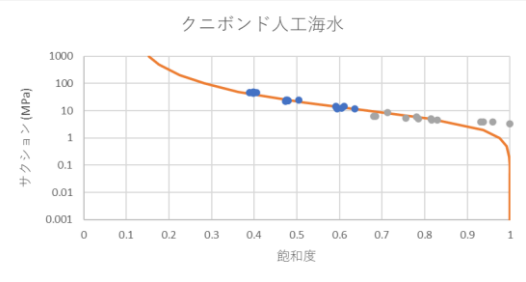
(c) クニボンド・砂-純水



(d) クニボンド・砂-人工海水



(e) クニボンド-純水



(f) クニボンド-人工海水

図 23　水分特性曲線の算出

1.1

3

JAEA

NUMO

3

2017

27 30

JAEA

4

4

Supply list Requirement list

1.2

2019 31

WG

2.1

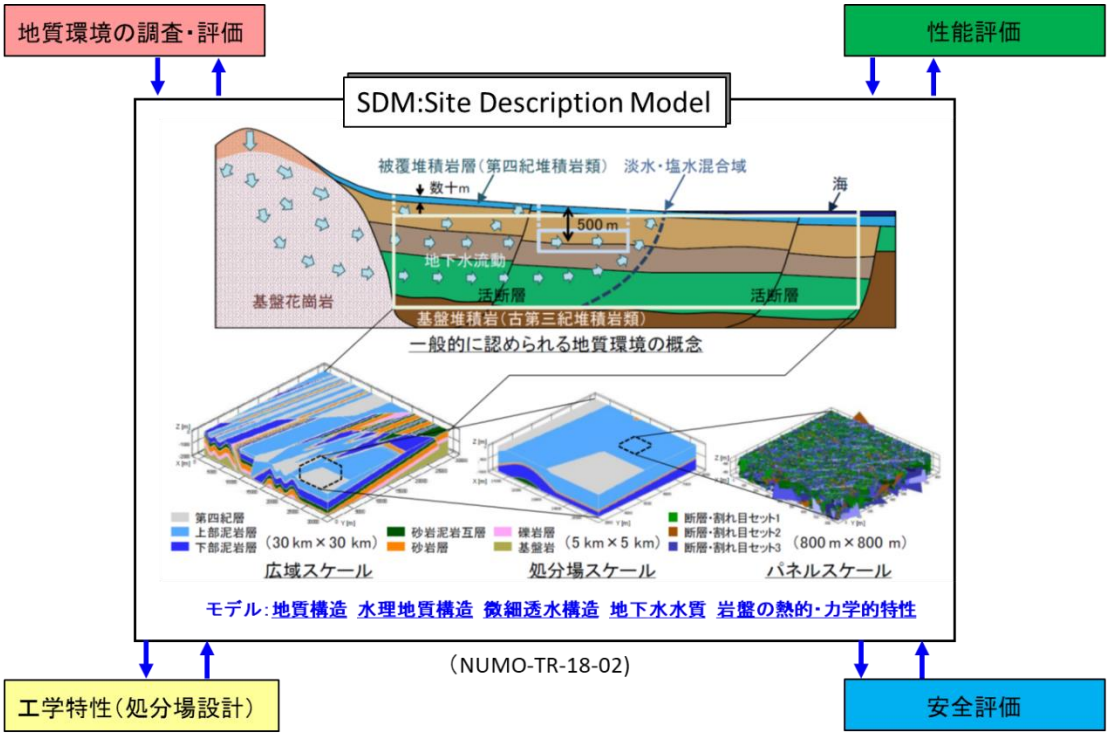
Supply List) Requirement

List

NUMO Site

Descriptive Model SDM

SDM



2.1　1　SDM

NUMO

3

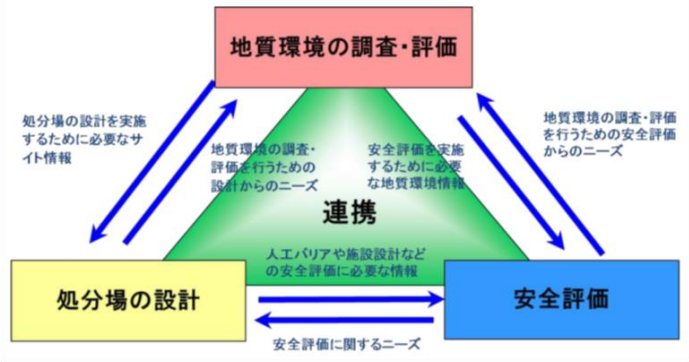
3　4

4　-2

JAEA

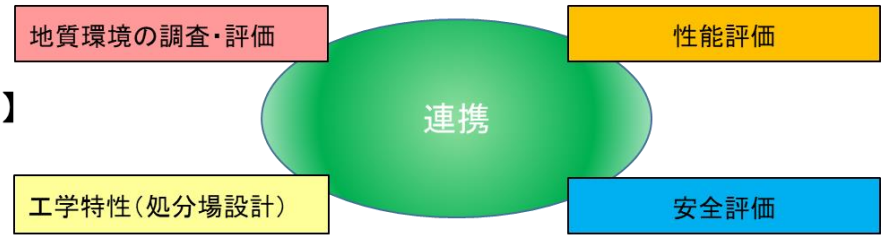
2

【従来】



（NUMO-TR-18-02）

【今回】



2.1　2

SDM

2.2　　WG

WG

JAEA

NUMO

WG

WG

2

WG 1

2 WG 1 1 1 2

2.2 1 WG

2.2 2 WG

1　1

3　　1　　WG

3　5　2　　14

Web

JAEA

NUMO

1　　2

FGB-2　　SDM

FGB-2

FGB-2

DB　　CM　　SDM

FGB-2

SDM

NUMO　　NUMO

SDM

1

FGB 2 3

2 3

3D

NUMO

5/24

SDM JAEA

JAEA

SDM JAEA

1 2

3 2 WG

3 16

3 12 8 16

Web

JAEA

NUMO

3

( )

WG

3 1

WG

WG

NUMO JAEA

5

( )

CM( ) SDM( )

2

3

NUMO

400 FGB-2

FGB-2

RWMC

NUMO

2 WG

( )

NUMO JAEA
C:

NUMO

A:

C

C

2.3 WG
2

2021

1 WG

WG

(a)

(

)

(b) (a)

(c)

WG 3 WG

2 1 3

1 WG 3 6 29

2 WG 3 9 30

3 WG 3 2 1

WG WG

2.3-1

表 2.3　1 令和 3 年度工学技術 WG 活動総括

活動のポイントやねらい	活動内容、今後の課題
(a) 電中研と原環センター間で、研究計画や結果等を相互に確認、意見交換を行い、研究の品質向上に役立てる。緩衝材に関する研究内容に関して、共通する事項(の現象の解釈やまとめかた等)について分野内での整合をはかる。	〇工学技術分野内の実施内容の相互理解を深め、品質向上に結び付く活動をした。具体的には、 ・緩衝材の試験の密度設定 ・イオン交換挙動等の類似する試験結果の解釈の整合性について ・セメント系材料に接触した地下水の組成に関する情報交換 〇引き続き、情報交換、意見交換の活動を継続する。
(b) (a)の研究内容の相互理解をもとに、電中研と原環センターで実施中の研究内容の間で研究の連携が見込める事項の抽出と次年度以降等の実施を目指した計画、最終年度の工学技術のまとめかたの方向性を見出す。	〇各実施内容の想定している時空間や成果の活用方法などが明示的になるよう、処分場の状態変遷に基づき、研究の位置づけや成果を示していく方向性を見出した。 〇本年度は、試験の条件や試験間の相互関連などを明確する等して、今後の活動の基礎となる事柄を WG 内で共有した。 〇引き続き、活動を継続する
(c)工学技術分野内の連携活動に関して、今後の活動や地層処分事業に伝達すべき情報の記録を残す。	〇議事録を作成 〇今後の類似の活動に役立つ様、現状に対してどのような活動をしたかを報告書(Appendix)へまとめた。

2 1

3 1 WG

3 6 29 10:00 11:30

TV

- WG

-

(a) (b)

.

.

2 WG

.

WG

.

2 2

3 2 WG

3 9 30 14:00 16:10

TV

●

・ 1 WG

Ca

Ca WG

3.4(2)

・

WG

・

・

PEM

●

.

1

RWMC

.

.

.

1

.

2 WG WG

.

2 3

3 3 WG

2022 2 1 10:00 12:00
TV

- 2
  - SFSA
  - 1
    RWMC

- (2
)
  -

-
  -

3.4( )

- R3 WG

- WG

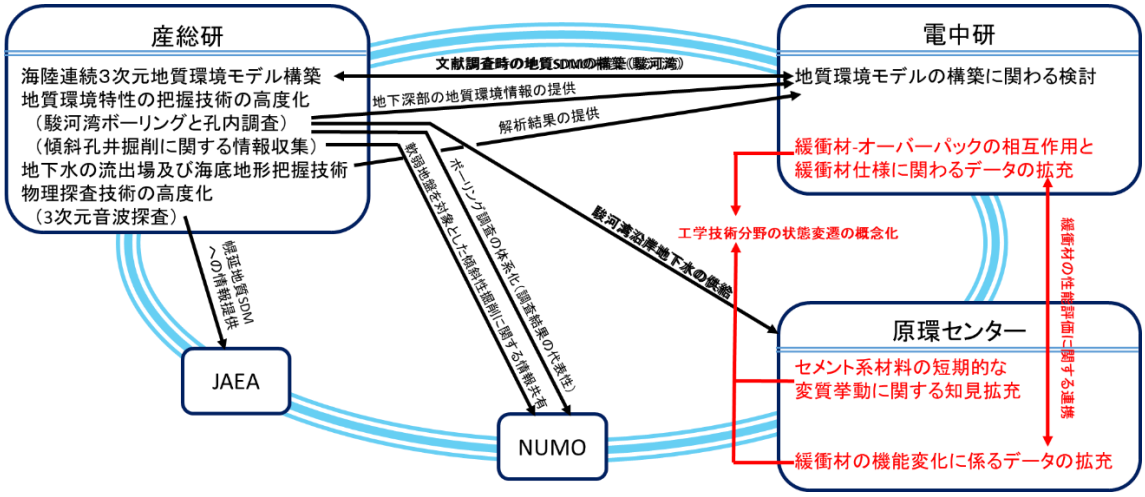
2.3(4)

3.1

3.1-1

JAEA NUMO

3



3.1 1

WG

1

CM

CM

2

400m (FGB-2)

FGB-2 3

3

3.2

1

2

2

CM

3

3

2
SDM

20

GIS

CM

GIS 3.2 1 GIS

GIS

PC

GUI Graphical User Interface

Appendix I 1-2 55

64

Appendix I 1-1

Appendix I 1 2 1-3

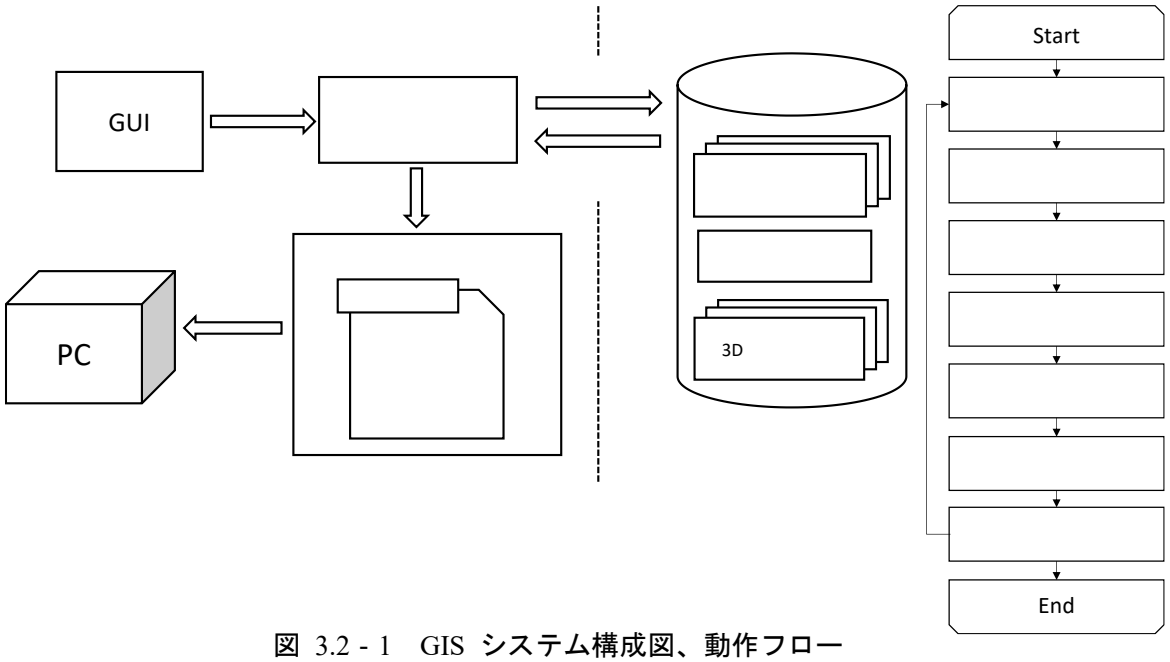


図 3.2 - 1　GIS システム構成図、動作フロー

55

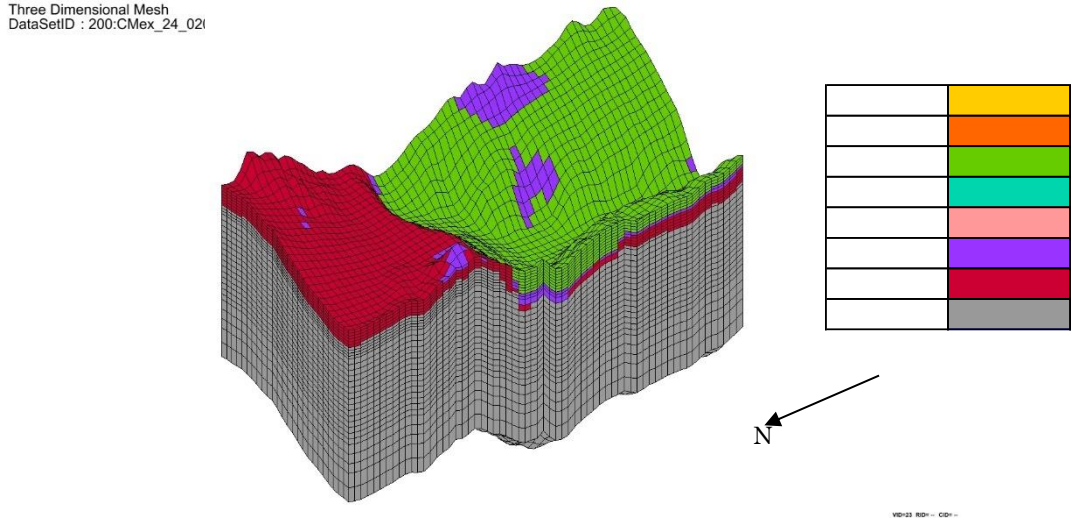
Appendix I

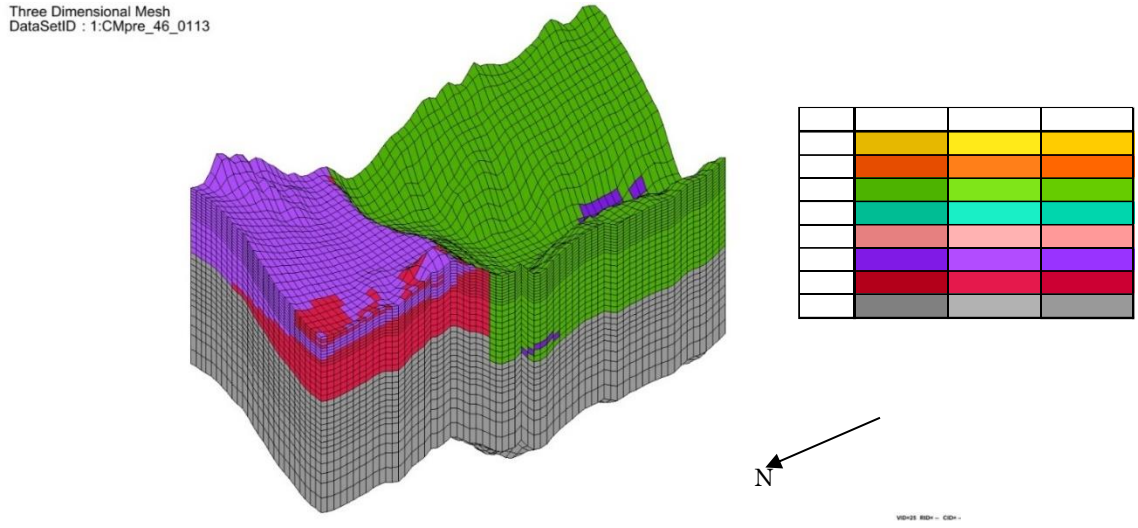
3.2　2

Appendix I

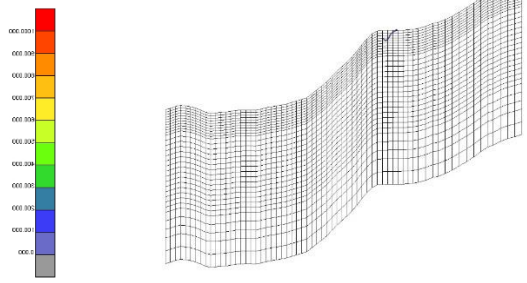
100

3.2　3

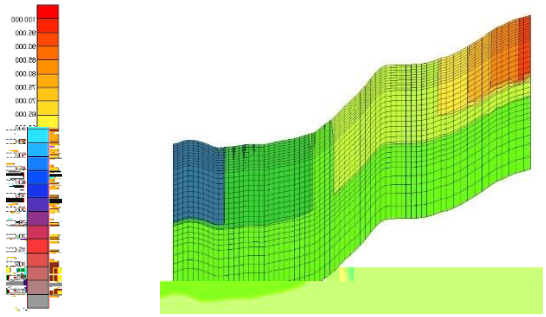

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 200:CMex_24_02(
N

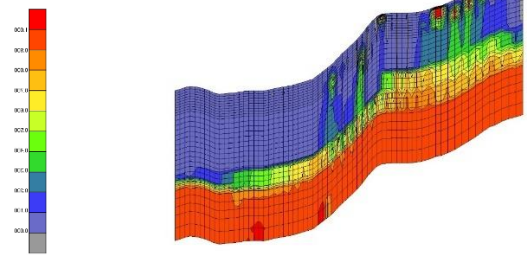

Three Dimensional Mesh
DataSetID : 1:CMpre_46_0113
N

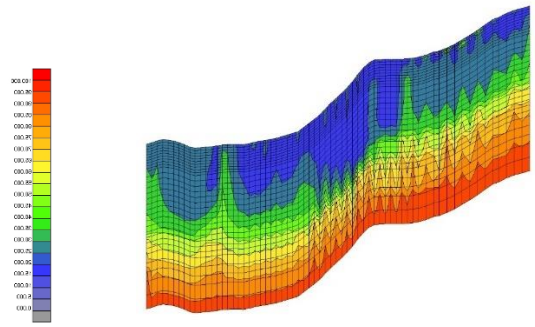
3.2　2



( )







3.2 3

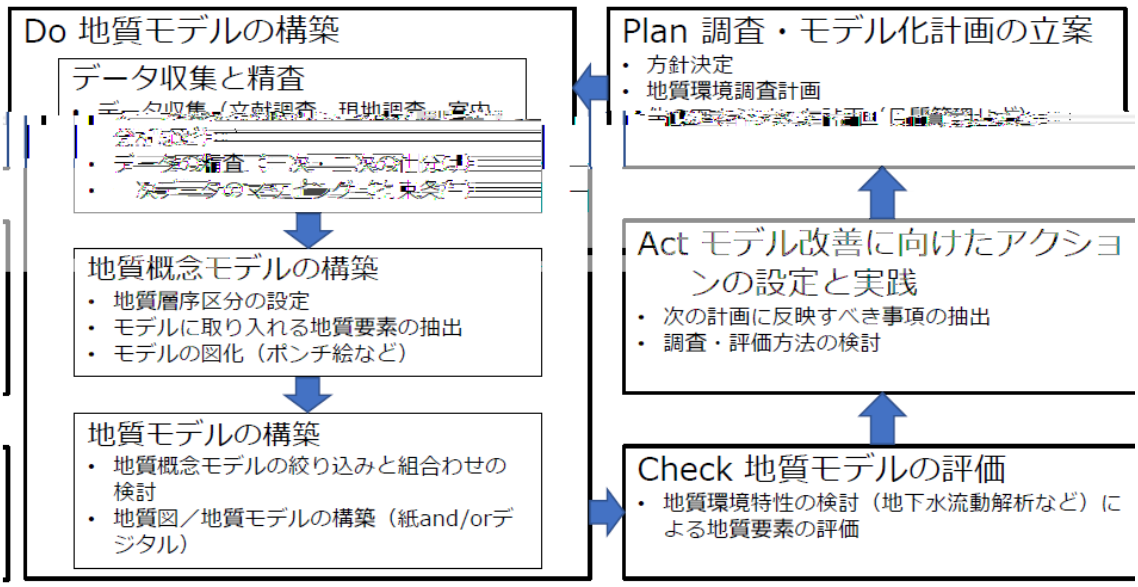
Appendix I

1

3

3.2 4

2 2 3



3.2　4　　PDCA

2

3

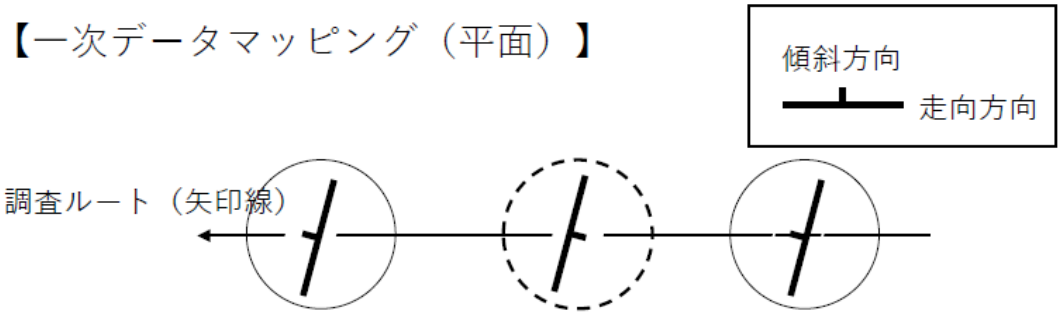
3.2　1

3.2　5

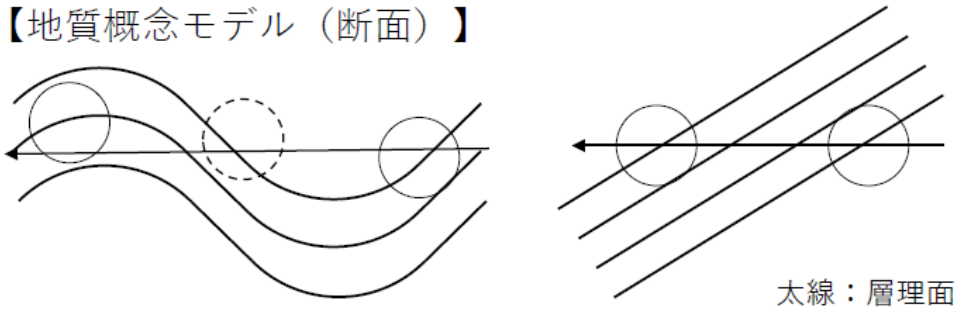
3.2　1

一次データ	● 走向および傾斜 ● 露頭他による地質の分布位置（ルートマップなど） ● ボーリング他による地質の分布位置 ● 地形図 ● 物理探査記録 ● 年代分析結果 ● 物性データ（化学分析データを含む） ● 微化石分析結果　など
二次データ	● 地形区分図 ● 地質図 ● 柱状図の対比図 ● 地質境界面の等高線 ● 等層厚線図 ● 地質構造に関する情報（活断層分布を含む） ● 重力図 ● 地殻変動に関する情報　など

【一次データマッピング（平面）】



【地質概念モデル（断面）】



(A) 点線丸の走向傾斜データを反映させた場合：褶曲など

(B) 点線丸の走向傾斜データを棄却した場合：同斜

3.2　5

4　　3

5

PACD

3.2　4

3.3

1

4-1

4-2

2 FGB 2

3

1) 4-1

1/3 Mg FGB-2 167.70 171.78m

FGB-2 210m 350m

4-1(5)

FGB-2 167.70 171.78m

4-1(6)

2) 4-2

FGB-2 167.70

171.78m

4-2(2

FGB-2 167.70 171.78m

4-2(3

3.4

1

1

3.4-1

4-2 4-3

/

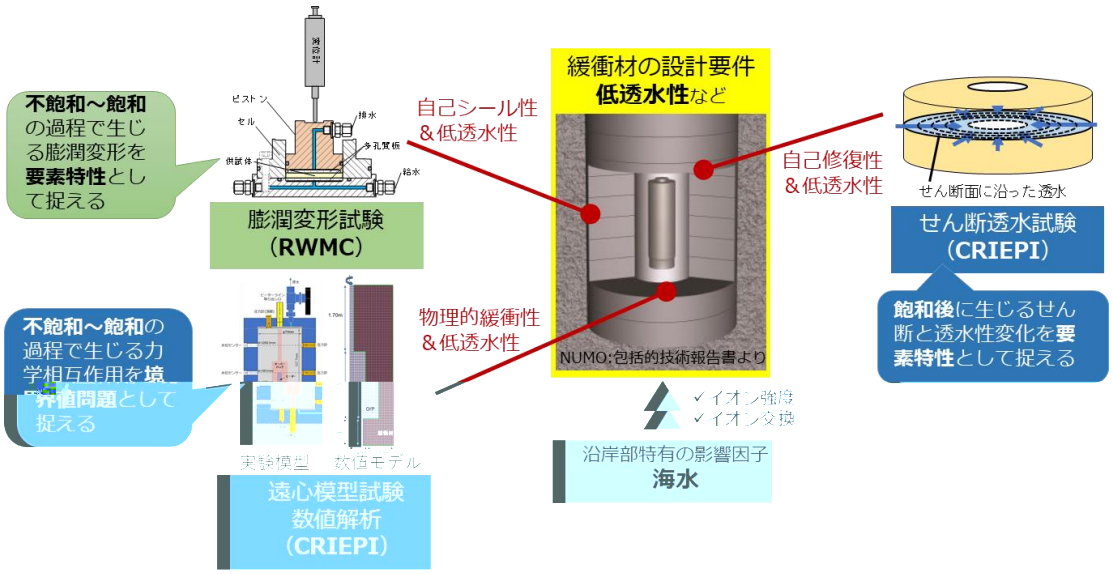


図 3.4 - 1　各機関の検討内容

2

3.4-2

3.4-2

validation

/

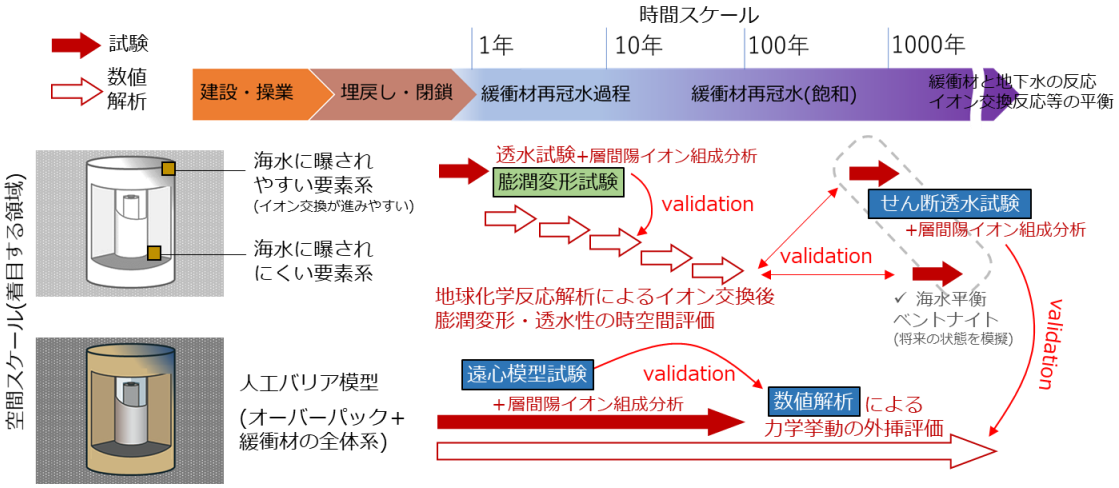


図 3.4 - 2　地下水環境と時間軸を意識した状態変遷に基づく各検討の位置づけ（概念）

3)

2

1)

1

3.4-2

4-2

4-1

15 19

2

15 19

15% 30%

FRHP

3.4-3 20mm 3.4-4

pH

FRHP

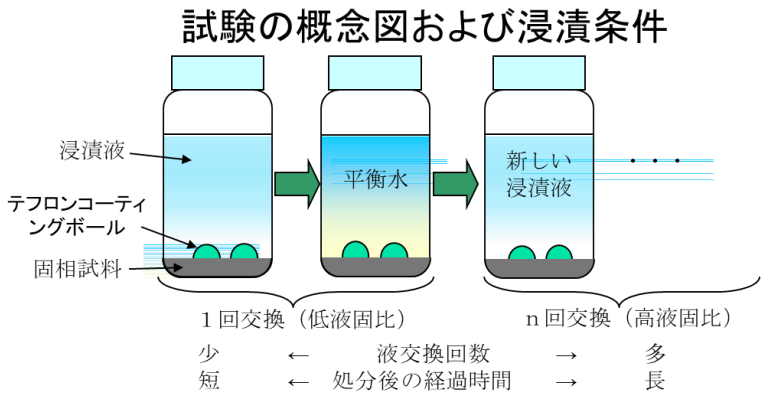
pH

3.4-5

$Mg(OH)_2$ pH

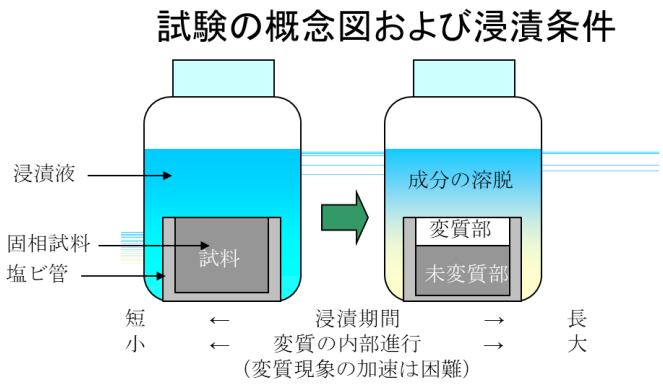
$Mg(OH)_2$ 3.4-6

(Na Ca) 2



項目	内容
試験試料	BL,FA30
浸漬液	イオン交換水,降水系地下水,人工海水
液固比	水／出発試料＝10,50,100,150,200,400 600,800,1000,1500,2000
浸漬期間	1ヶ月/液固比（バッチ）
試験温度	室温
雰囲気	不活性ガス（Ar）雰囲気中
攪拌	テフロンコーティングボール（1回/月）

図 3.4 - 3　粉末試料のバッチ式浸漬試験の概念図と条件



項目	内容
試験試料	BL,FA30
浸漬液	イオン交換水,降水系地下水,人工海水
液固比	1000ml/試料
浸漬期間	3ヶ月,6ヶ月,12ヶ月
試験温度	室温
雰囲気	不活性ガス（Ar）雰囲気中
攪拌	静置

図 3.4 - 4　バルク試料の浸漬試験の概念図と条件

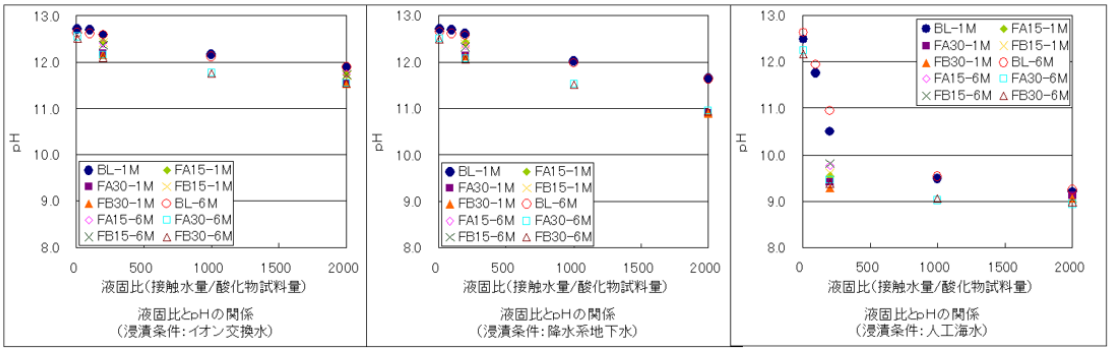


図 3.4 - 5　粉末試料のバッチ式浸漬試験でのｐＨの変化の例

BL：普通セメント

FA15 及び FB15：フライアッシュ 15%含有混合セメント

FA30 及び FB30 フライアッシュ 30%混合セメント

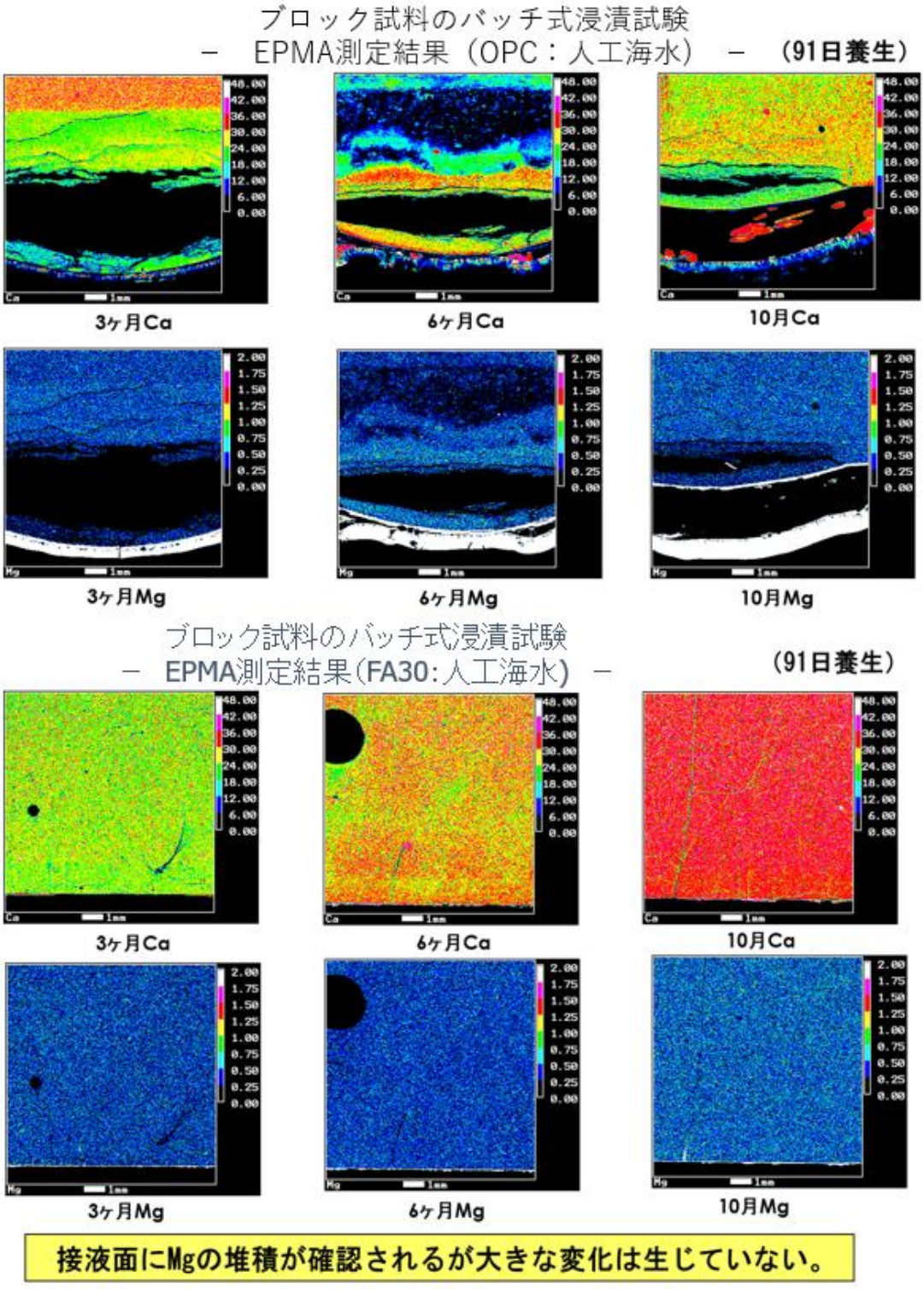


図 3.4 - 6　バルク試料の浸漬試験での試料断面の EPMA マッピング結果の例

上図　普通セメントペースト硬化体の 6 か月浸漬後

下図　フライアッシュ 30%混合セメントペースト硬化体の 6 か月浸漬後

参考文献

2018

NUMO-TR-18-02.

2019

30

2020

31

2021

2021　08　10　08　30

Web

1

2

10

JAEA

NUMO

Web

PL

2

JOGMEC

NUMO

NUMO

JOGMEC

NUMO

3-2

4-1

10^{-6}m/sec.

4-

2

300 20

4 7

1

27

NO

NO

NO

5-1

0.88

1.2 1.27 1.6

-

5-2

JAEA

SDM

1

NUMO

JAEA

PL

2

2021 12 14 08 50

2021 12 15 12 50

Web

Web

PL

1

+

2

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

SDM

SDM

NUMO

3-1

3

CSH

1 2

3-

2

1

KCl

0.5

KCl 0.5

0.28

NUMO

NUMO

5

-

3-3

18 80

20 21 22

3

2

1

150%

100% 150

100%

NUMO

NUMO

2

RWMC

RWMC

NUMO

V1

NUMO 0

V1

FE-SEM

90℃

25℃

100% 50%

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

3

1

10

1 NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

1

URL

250

350 140 OPC

NUMO

SDM

NUMO

NUMO 1

NUMO

1

NUMO

NUMO NUMO

NUMO

JAEA

2

5

NUMO

2

1

1

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

GM

GM

GM

NUMO

NUMO

JOGMEC

OK NUMO

JOGMEC

NUMO

JOGMEC

NUMO

4 NUMO

URL

CD DVD 5 6

NUMO

NUMO

JOGMEC

NUMO

SDM

NUMO

6-

2

1

20

-

NUMO

NUMO

10

1

2 FGB-1

SKB

90m

160m

90m 180m

10m 90m

SKB

NUMO

LD60

160m 160m

160m

3

3

400m

FGB-1

2 1 1

2m

300m FGB-1 FGB-

2

SKB 350m

120m FGB 160m

1/4

100m

7-

2

300m

300m

1

1 160 140m

100m

20 50

140m

1km

800m 1

130 m 150m

^{18}O

14C

2

NUMO

NUMO NUMO

NUMO

10m

300m

7-3

150m

500m

NUMO NUMO

NUMO

200m

NUMO

NUMO

NUMO

500m

150m

4-3 4

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO SDM

SDM

1

SDM

SDM

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO NUMO

NUMO

NUMO

JAEA NUMO

NUMO

1 2

3 JAEA

URL Cl

1 Cl

Cl

Cl

NUMO

NUMO JAEA

NUMO

SDM

FCB-2

1

NUMO

CD

NUMO

NUMO

1

SDM

NUMO JOGMEC

NUMO

PL

3

NUMO

3

2022　2　25　08　30　13:00

Web

Web

PL

2

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

NUMO

3

3

~ ~ 3

55

NUMO 6

6

55

55

55 55

55

63 64

55

NUMO

150m

SKB

150m 200m

282m 168m

282 168m

168m 10 -7 m

282m

800m

700 800m

700 800

800m

10-7 m/s

282m

168 282 100 50

4

500m

500 500m

500m

200m

200m

2m

20

2

10

8-1

ph

0 Calcite

30

NUMO

5

SO4

Calcite

MSH

XRD

OPC

OPC BFSC

OPC

30

8-

2

JNC

LogK

LogK

8.8K

LogK

LogKgt

Kgt

2

-

9

50

Appendix

AI

NUMO

NUMO

5 3

5

6

NUMO NUMO

NUMO

プロジェクトの評価

ひ　の　　宙令三ね　　か　よるぞ
A　ひ の　　径　らね　　か　よるぞ
ひ の　　径　らね　　か　よるどお　ぞ
ひ の　　ざぞ　か

１．事業の目的・位置づけの妥当性					
２．研究開発等の目標設定の妥当性					
３．事業化、橋渡しについての妥当性					
４．研究開発マネジメント・体制等の妥当性					
５．総合評価					