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 地質環境長期安定性評価技術高度化開発

【付録集】

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 一般財団法人電力中央研究所

【付録1】

地質環境の長期安定性評価に係る地形・地質・断層調査技術の高度化に関する共同研究 国立大学法人京都大学

pp.付 1-1~pp.付 1-54

【付録2】

岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究 国立大学法人山形大学・国立大学法人東京大学地震研究所・学校法人学習院学習院大学 pp.付 2-1~pp.付 2-36

【付録3】

第四紀地殻変動の評価手法の高度化に関する共同研究 国立大学法人弘前大学

pp.付 3-1~pp.付 3-38

【付録4】

断層内物質の年代測定による断層活動性評価手法に関する共同研究 石川県公立大学法人石川県立大学

pp.付 4-1~pp.付 4-15

【付録5】

機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究 国立大学法人富山大学

pp.付 5-1~pp.付 5-77

【付録6】

隆起・沈降量の評価手法の高度化に関する共同研究 国立大学法人東京大学

【付録7】

地質環境長期安定性評価技術高度化開発委員会の開催実績 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・一般財団法人電力中央研究所

pp.付 7-1~pp.付 7-7

pp.付 6-1~pp.付 6-39

【 付録 8 】

火山岩岩脈分布に関するデータ収集作業-地質図幅からの岩脈情報の抽出結果 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

pp.付 8-1~pp.付 8-18

[付録9】 JAEA-AMS-TONO によるヨウ素同位体比測定の地質年代試料 試験	(約 44~40 Ma)への適用
	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	nn 付 9-1~nn 付 9-8
ľ	付録 10 】 深部流体の微生物解析で用いた解析方法 一般財団法人電力中央研究所	(+10.1 (+10.0
[付録 11 】 第四紀堆積物の珪藻分析結果 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	pp.付 10-1~pp.付 10-3
[付録 12 】 第四紀堆積物の花粉分析結果 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	pp.付 11-1~pp.付 11-26
[付録 13 】 第四紀堆積物のテフラ分析結果 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	pp.付 12-1~pp.付 12-34
ľ	付録14】 岩石風化模擬実験に係るデータ集 一般財団法人電力中央研究所	pp.付 13-1~pp.付 13-54
[付録 15 】 段丘の対比・編年の高精度化に関わる文献調査収集文献一覧 一般財団法人電力中央研究所	pp.付 14-1~pp.付 14-227
ľ	付録 16 】 収集文献中の経験的指標の存否確認結果一覧 一般財団法人電力中央研究所	pp.付 15-1~pp.付 15-10
[付録 17 】 過去数十万年間における隆起・沈降に関する収集文献一覧 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	pp.付 16-1~pp.付 16-10
		pp.付 17-1~pp.付 17-5

本付録は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業として、国立研 究開発法人日本原子力研究開発機構及び一般財団法人電力中央研究所が 実施した「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(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」に関する共同研究 の成果及び実施された委員会の議事録などを取りまとめたものである。

地質環境の長期安定性評価に係る

地形・地質・断層調査技術の高度化に関する共同研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

国立大学法人京都大学

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目次

1. 概要	付 1-5
1.1 共同研究件名	付 1-5
1.2 共同研究先	付 1-5
1.3 研究目的	付 1-5
1.4 研究内容	付 1-6
1.5 研究期間	付 1-7
2. 地質温度計と熱年代による深部流体の温度・滞留時間の検討	付 1-8
2.1 有馬地域における事例	付 1-9
2.1.1 地形・地質概要	付 1-9
2.1.2 露頭記載及び試料採取	付 1-9
2.1.3 鉱物分離	付 1-11
2.2 まとめと今後の展望	付 1-12
3. 粘土鉱物の K-Ar 年代測定に基づいた断層活動性の検討	付 1-13
3.1 Mechanical comminution and its influence of isotope signature of clay mi	nerals.付 1-13
3.2 K-Ar dating of Nobeoka drilling core samples (NOBELL)	付 1-14
3.3 Atera fault zone samples	付 1-14
3.4 Summary	付 1-15
4. 室内実験に基づいた、熱年代による断層活動性評価手法の高度化	付 1-16
4.1 非加熱時のデータの取得	付 1-16
4.2 比較用パラメータの検討	付 1-17
4.3 まとめと今後の展望	付 1-18
5. 地質温度圧力計と U-Pb 年代測定法を用いた侵食史の推定	付 1-19
5.1 研究手法	付 1-19
5.2 研究試料	付 1-19
5.3 分析方法	付 1-21
5.4 岩石記載	付 1-21
5.5 地質温度・圧力計の適用	付 1-25
5.6 まとめと今後の展望	付 1-29
6. 熱年代学、宇宙線生成核種法、地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討	付 1-30
6.1 熱年代学による山地の隆起・侵食過程の検討	付 1-30
6.1.1 研究手法	付 1-30
6.1.2 分析試料	付 1-30
6.1.3 AFT 年代測定	付 1-31
6.1.4 ZrU-Pb 年代測定	付 1-31
6.1.5 分析結果と年代学的解釈	付 1-32
6.1.6 まとめと今後の展望	付 1-35
6.2 隆起速度の推定を目指した宇宙線生成核種による離水地形の年代決定	付 1-36
6.2.1 離水地形の形成過程における宇宙線生成核種の蓄積モデル	付 1-36
6.2.2 核種濃度深度プロファイリング法の適用性検討	付 1-38
6.2.3 まとめ: 手法適用性の手順および課題の整理	付 1-40

6.3 地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討	付 1-41
6.3.1 河床縦断形逆解析手法の研究動向とその問題点	付 1-41
6.3.2 マルコフ連鎖モンテカルロ法による逆解析	付 1-41
6.3.3 東北地方の隆起速度履歴の解析例	
6.3.4 河床縦断形逆解析ソフトウェア rpinvMC	付 1-47
7. まとめ	
8. 引用文献	付 1-50

図目次

図	2-1	試料採取地点位置図付1	-9
义	3-1	Representative images of the samples in the planetary ball mill and McCrone	
	mil	l experiments	14
义	3-2	Locations of K-Ar samples from the Atera fault zone (red circles). Sketch of the	Э
	faul	lt zone is after Niwa et al. (2015)	15
义	5-1	地質図を示した地域の地図(a)及び岩石試料採取地点と周辺地域の地質図(b)	
			20
义	5-2	岩石試料中の MME と花崗閃緑岩質部分の産状写真	20
义	5-3	KRG19-B08-b mafic 中の自形組成累帯構造を有する角閃石の BSE 像と組成付	1-
	21		
义	5-4	KRG19-B08-b mafic 中の斜長石と角閃石の BSE 像	22
义	5-5	KRG19-A03 MME 中の、茶褐色のコアをもち黒雲母を包有する角閃石の BSE 像	Į
	と維	1成	23
义	5-6	a-b. KRG19-A03 MME 中の角閃石と斜長石の産状	24
义	5-7	KRG19-A03 granite 中の角閃石の BSE 像と組成	25
义	5-8	Al-in-Hbl 圧力計による圧力見積もりの結果	26
义	6-1	ZrU-Pb 年代コンコーディア図および CL 像の例	33
义	6-2	北上山地における東経・AFT 年代プロット	34
义	6-3	浄土ヶ浜流紋岩からの水平距離とAFT 年代の関係付 1:	35
义	6-4	海成段丘の形成過程とパターン付1:	36
义	6-5	海成段丘構成層の最上面における石英中の ¹⁰ Be 濃度	37
义	6-6	手法適用性の検討を行った海成段丘岩盤中の ¹⁰ Be 深度プロファイル付1:	39
义	6-7	段丘の離水後の地形発達の概念図付1-4	40
义	6-8	MCMC による河床縦断形逆解析の結果として得られた河床縦断形と人工的に設定	É
	した	_河床縦断形	44
义	6-9	逆解析によって復元された隆起速度の空間分布と人工的に与えた隆起速度の分布	付
	1-48	5	

図 6-10 各地点で復元された隆起速度履歴と人工的に与えた隆起速度履歴の比較....付 1-46

表 目 次

表 2-1	採取試料リスト	付 1-11
表 2-2	鉱物分離結果	付 1-12
表 4-1	年代測定結果一覧	付 1-17
表 5-1	温度・圧力推定に用いたデータ付1-エラー!ブック~	マークが定義されていません。
表 6-1	分析試料と鉱物分離結果一覧	
表 6-2	AFT 年代測定結果	付 1-33

1. 概要

1.1 共同研究件名

地質環境の長期安定性評価に係る地形・地質・断層調査技術の高度化に関する共同研究

1.2 共同研究先

国立大学法人京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

1.3 研究目的

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)では、経済産業省 資源エネルギー庁から受託した「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(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の 選定に係る自然現象の影響把握及びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活 動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食に対し、地質学、地形学、地震学、地球年代学等の 各学術分野における最新の研究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解決に 必要な知見の蓄積や調査・評価技術の高度化を総合的に進めている。

このうち深部流体に関しては、深部流体および非火山性熱水の形成・移動メカニズム等の把 握のために、これらの熱水活動に伴う熱影響の定量的な検討事例の蓄積が課題として挙げられ ている。地震・断層活動については、上載法の適用が困難な断層の活動性の評価方法の整備が、 隆起・侵食については、隆起量・侵食量の評価に反映するための、地形学的手法や堆積物の年代 測定に基づく評価方法の整備が、それぞれ技術開発課題として挙げられている。

平成 30~31 年度の共同研究「地質環境の長期安定性評価に係る地形・地質・断層調査技術 の高度化に関する共同研究」では、地形学、地質学、地球年代学等の手法を総合的に用いること で、これらの課題に係る検討を実施した。非火山性熱水の熱影響については、熱水の温度、滞留 時間、活動時期、加熱範囲等の推定を行うことを目的として、地質温度計(岩石が経験した温度 条件を推定する手法)と熱年代学の手法(岩石が経験した温度・時間条件を推定する手法)を組 み合わせることにより、深部流体起源の熱水脈露頭試料を対象に、熱水の温度や滞留時間等を 推定した。上載法の適用が困難な断層の活動性については、断層破砕帯物質の年代測定による 活動性評価手法の高度化を目的とした K-Ar 年代測定法の適用性確認のために、粘土鉱物試料 の粉砕処理の方法や粉砕時の温度を変えた実験を進めた。また、断層の活動性評価における熱 年代学的手法の適用性を確認するため、地下深部の断層帯を模した水熱環境や還元環境におけ る標準ジルコンの加熱実験を実施した。隆起量・侵食量の評価手法の整備については、熱年代学 的手法や宇宙線生成核種法等の年代測定法に基づいて様々な時間スケールにおける隆起・侵食 速度を推定するとともに、河川縦断形を用いた隆起速度推定手法における海水準変動や岩石の 侵食されやすさの影響について検討を行い、数値標高モデルを用いた地形解析によって、これ までは隆起量・侵食量の評価が困難だった地域・条件下にも適用可能な手法の整備を図った。

以上を踏まえ、本年度の共同研究では、以下の検討を実施した。非火山性熱水の熱影響については、侵食速度が遅い地域を対象として、昨年度までと同様に地質温度計や熱年代学の手法を適用し、熱水の温度や滞留時間等を検討した。上載法の適用が困難な断層の活動性については、昨年度の結果を踏まえ、天然試料や粉砕実験を行った標準試料を用いて、K-Ar 年代測定法の適用性について検討した。さらに、断層の活動性評価における熱年代学的手法の適用性を確認するため、昨年度に加熱実験を行った標準ジルコンにより熱年代の測定を実施する。隆起量・ 侵食量の評価手法の整備については、昨年度までの検討結果の比較や統合を進めるとともに、 各年代測定法に基づいた隆起・侵食速度データの拡充や各解析手法の高度化を引き続き進めた。 これにより、これまでは隆起量・侵食量の評価が困難だった地域・条件下における隆起量・侵食 量の推定手法の高度化を図った。

1.4 研究内容

本共同研究では、以下に示す作業を行い、成果を取りまとめた。

(1) 地質温度計と熱年代による深部流体の温度・滞留時間の検討

非火山性の深部起源の高温流体による熱影響(温度、滞留時間等)の検討を目的として、地質 温度計や熱年代を用いた解析及びデータの解釈を行う。事例地域は、侵食速度が遅い方が熱年 代の若返りの判別が容易であるため、昨年度までの事例地域(和歌山県本宮地域)より侵食速度 が遅い地域から新たに選定する。研究手法は昨年度までと同様で、深部流体起源の熱水脈露頭 において、熱水脈試料を対象とした地質温度計解析により熱水の温度を、母岩試料を対象とし た熱年代解析により熱水の滞留時間、活動時期、活動範囲の推定を試みる。今年度は、事例地域 の選定、試料採取、試料の前処理、予察データの取得を主に実施する。

(2) 粘土鉱物の K-Ar 年代測定に基づいた断層活動性の検討

粉砕等の実験を行った標準試料や、その実験条件と同等の地質環境に対比できる天然試料の K-Ar 年代測定を行い、断層破砕帯の粘土鉱物の K-Ar 年代測定に基づいた断層活動性評価への 適用性について検討する。今年度は、昨年度に引き続き、粉砕実験を行った標準試料や、その実 験条件と同等の地質環境に対比できる天然試料の K-Ar 年代測定を進める。標準試料を用いた 実験については、昨年度と同様、粉砕方法や粉砕時の温度が年代に与える影響の確認を進める。 天然試料については、昨年度とは異なる粒径のフラクションの K-Ar 年代測定を行い、一連の年 代データの地質学的解釈を進める。

(3) 室内実験に基づいた、熱年代による断層活動性評価手法の高度化

断層破砕帯物質の熱年代測定に基づく断層活動性評価手法の高度化を目的として、水熱実験 等の室内実験により断層破砕帯近傍における熱年代のリセット条件について検討する。今年度 は、昨年度に水熱環境や還元環境での加熱実験を行ったジルコン試料について、フィッション・ トラック法や(U-Th)/He 法等の熱年代解析を進め、先行研究による大気中(乾燥環境・酸化環 境)における加熱実験のデータとのリセット条件の比較を行う。

(4) 地質温度圧力計と U-Pb 年代測定法を用いた侵食史の推定

熱年代学の手法による侵食史の検討が困難な地熱地域を対象に、地質温度圧力計と U-Pb 年 代測定法を用いた侵食史の推定を行う。また、同手法の適用性について検討する。今年度は、飛 騨山脈黒部地域の試料を対象として、地質温度圧力計と U-Pb 年代測定の測定を進める。これ により、岩石の種類や年代等が異なる試料における本アプローチの有効性を確認する。

(5) 熱年代学、宇宙線生成核種法、地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討

熱年代学、宇宙線生成核種法、地形解析を複合的に適用することにより、様々な時空間スケールにおける山地の隆起・侵食過程について検討する。熱年代学については、昨年度までの手法では対象外だった数 10 万~数 100 万年オーダーの侵食速度評価を目的として、新たな熱年代計の適用を試みる。宇宙線生成核種法については、数 10 万年オーダーの隆起速度評価への有効性

を確認するため、10万年より古い時代に形成されたと考えられる段丘の形成年代の推定に必要 な手法の整備を試みる。地形解析については、岩石強度の影響を組み込んだ新たな解析モデル を構築し、熱年代および宇宙線生成核種法等から得られた隆起・侵食データとの比較・検討を試 みる。

1.5 研究期間

契約締結日~令和3年1月29日

2. 地質温度計と熱年代による深部流体の温度・滞留時間の検討

沈み込むスラブやマントルを起源として地表付近に上昇する深部流体は、pH が低く炭酸化学 種が高濃度に含まれる等の特徴があり、温度が高い場合には熱環境への影響も懸念される。これ らが流入する範囲では地質環境として好ましくない熱環境や化学場が生成される可能性があり、 概要調査などにおいてその影響を排除することが望ましい(総合資源エネルギー調査会 電力・ガ ス事業分科会 原子力小委員会 地層処分技術ワーキンググループ,2014)。「地層処分研究開発に 関する全体計画(平成 30 年度-平成 34 年度)」(地層処分研究開発調整会議,2018)では、深部流 体としてこのようなスラブの脱水を起源とする流体の他に、古海水などを起源とする長期停滞水 についても言及されているが、本研究開発では、特にスラブ起源の深部流体に着目した。

わが国には、常磐地域、能登半島、新潟平野、紀伊半島、有馬地域など、非火山地帯にもかか わらず高温の温泉が湧出している地域がいくつか存在する(産業技術総合研究所,2004)。これら を事例対象として、熱水活動の熱的変遷や影響範囲などに関する知見を拡充することは、現状で はその性状や活動性に係る知見に乏しい深部流体の流入が地層処分システムへ及ぼす熱的影響を 評価する上で有用な知見となると考えられる。そこで本事業では、深部流体の流入が高温の温泉 の湧出などに関与していると指摘されている紀伊半島や有馬地域を事例として地質学的手法(流 体包有物、鉱物組成等に基づく地質温度計)及び熱年代学的手法(FT法、(U-Th)/He 法など)を 適用することで、これらの熱水活動の活動継続期間や、過去に流入した深部流体の温度に係る知 見を提示することを目標とする。

平成 30 年度から令和元年度は、紀伊半島を事例対象とした。和歌山県田辺市本宮町平治川の 熱水脈露頭から採取した岩石試料を用いて、流体包有物の均質化温度測定と、FT 法や(U-Th)/He 法等による熱年代解析を実施した。3 か所の熱水脈露頭のうち 2 か所では、初生包有物の均質化 温度が約 150℃と 200℃と推定された。一方、熱年代解析の結果では、いずれの熱水脈露頭でも、 周囲の母岩からは系統的な熱異常は検出できなかった。この原因としては、熱水活動時期が古か ったためその後の隆起・侵食で年代が上書きされた、熱水活動時期は最近であるが到達温度が低 いか継続期間が短いため熱年代では検出できなかった、という 2 つの可能性が考えられる。バッ クグラウンドの隆起・侵食速度が遅い地域で、本研究と同様の方法論による検討事例を増やすこ とにより、どちらのシナリオがより有力か検証できる可能性がある。

令和二年度は、以上の結果を踏まえて、有馬地域を事例対象に選定した。これにより、本アプロ ーチによる検討事例を蓄積するとともに、隆起・侵食速度が遅い地域における事例を通じて、ス ラブ起源の流体活動の熱的特徴をより詳細に推定することを目的とする。有馬地域は、有馬型温 泉(例えば、松葉谷ほか,1974)の呼称にみられるように、日本における非天水起源、非火山性 の温泉の代表として多くの研究がなされてきた。有馬地域では、火山フロントから数 10km 以上 離れているにも関わらず、約 9,000L/min の温泉が湧出しており、その中には 90℃を超える高温 泉や、海水の 2 倍以上に達する高濃度の NaCl を含む高塩化物泉が含まれている(西村ほか,2006; 益田,2011)。近年では、熱水や温泉ガスの地球化学的特徴や、地球物理探査により明らかにされ た地下深部の構造などを基に、フィリピン海スラブの脱水が熱水供給源である可能性が示唆され ている(例えば、西村ほか,2006; 益田,2011; Kusuda et al., 2014)。なお、有馬地域周辺の六 甲山地や三田盆地で報告されているアパタイト FT 年代は、おおむね自亜紀末から古第三紀の値 を示している(田結庄,2001; 末岡ほか,2010)。すなわち、第四紀以降の六甲変動(藤田,1968) を除けば、新生代を通じてテクトニックには静穏な地域だったと推定されている(末岡ほか, 2010)。

2.1 有馬地域における事例

2.1.1 地形·地質概要

事例対象である有馬地域は、兵庫県神戸市と西宮市の境界付近に位置している(エラー!参照 元が見つかりません。)。有馬地域には、ほぼ東西走向の高角横ずれ断層である有馬・高槻断層帯が 分布しており、その南側には白亜紀後期の六甲花崗岩、北側には同時代の流紋岩質の溶結凝灰岩 や凝灰角礫岩などからなる有馬層群が分布する(藤田・笠間,1982)。有馬・高槻断層帯は、平均変 位速度が最大1.5mm/yrに達する高角の右横ずれ断層で(寒川,1978)、最新活動は1596年慶長 伏見地震だと考えられている(寒川ほか,1996)。有馬・高槻断層帯は熱水の移行経路としても作 用しており、六甲断層、射場山断層、湯槽谷断層に沿って、熱水変質岩の分布が報告されている (歌田,2003)。また、六甲断層沿いでは、白水峡、蓬莱峡など、熱水変質岩からなるバッドラン ド地形が分布する(例えば、Mitchell et al., 2011; Manaka et al., 2020)。



図 2-1 試料採取地点位置図

基図は 1/20 万日本シームレス地質図と地理院地図。赤線は活断層トレース(中田・今泉, 2002)。

2.1.2 露頭記載及び試料採取

試料の採取は、兵庫県西宮市山口町で実施した。対象とした露頭は白水峡から西方に約 100m

にあり(図 2-1)、Mitchell et al. (2011)の Fig.4 及び Fig.8a で紹介されている地点である。この うち、Fig.4 の露頭は、六甲断層本体の破砕帯が露出していると考えられている。以下では、Fig.4 の露頭を AF 露頭、Fig.8a の露頭を F 露頭と呼称する。本地点の露頭は、概して全体が熱水によ る変質・風化を被っている。花崗岩の節理方向に沿って、熱水起源と考えられるスメクタイト脈 が随所に分布するが、いずれも数 mm 幅であった。すなわち、断層等の特定の経路を通じて熱水 が移行したというよりは、花崗岩の粒界を通じて熱水が拡散しているように見える。これは、紀 伊半島の本宮で見られた、幅数十 cm の熱水変質帯が、四万十帯の割れ目分布とは不調和に貫入 していた露頭状況(Sueoka et al., 2020)とは様相を異にしており、同じスラブ起源の熱水活動 でも地域によって移行経路や熱的影響には多様性があることが示唆される。本研究では、熱水活 動が断層近傍を中心に起こっているのか、露頭全体で均質に起こっているのかを、熱年代学の手 法を用いて、熱的影響の観点から定量的に評価する。すなわち、断層の近傍と遠方において、熱 水活動による熱影響を評価し、その空間分布を基に熱水活動の空間的均質性と、その熱的影響に

F 露頭は、風化・変質した六甲花崗岩からなり、南北約 20m、高さ約 10m に渡って露出する。 全体的に波状を呈する節理が網目状に分布する。連続性の良い節理は、粘土薄層沿いに発達する 傾向があり、間隔は数 m である。主要な断層は 1 条で、走向傾斜は N49°W68°N でほぼ水平な 条線がみられる。この断層に沿って幅 5~10cm 程度で暗灰色半固結状の粘土層が連続的に分布 する。この上盤側(北側)には、20cm 程度で連続的な面構造発達ゾーンが見られ、花崗岩の組織 が変形しており、断層運動の影響が及んでいる。この面構造発達ゾーンには網目状の粘土細脈が 発達し、熱水変質帯となっている。さらに上盤側には花崗岩の組織を残し、変質した花崗岩が分 布する。上盤側の変質花崗岩中には最大幅 1cm 程度で断層と斜交する粘土脈が見られ、この脈と 断層との切断関係は、粘土脈形成は断層沿いに暗灰色半固結状粘土層が形成された時代より古く、 断層沿いの面構造発達ゾーンが形成された時代より新しいことを示す。

F 露頭では、断層近傍で5 試料、断層の遠方で1 試料の計6 試料を採取した(表 2-1)。うち3 試料は、断層上盤側の白色の熱水変質帯を、断層面から5cm 間隔で採取した。これにより、断層 面からの距離と熱年代の若返りとの関係を検討する。加えて、熱水変質帯の内外での比較のため、 熱水変質帯より外側の褐色の変質花崗岩から1 試料(HKS20-F(>20))、断層下盤側の断層直近 5cm 幅から1 試料(HKS20-FW)を採取した。また、断層面から直線距離で数 m 離れた地点で も1 試料(HSK20-HR)を採取した。

AF 露頭は、F 露頭の北側斜面上部に位置し、東西方向に 10m 以下、幅数 m 程度の規模である が、中軸部は崩土や植生に覆われている。南側には六甲花崗岩、北側には有馬層群の流紋岩が分 布し、その境界に走向 N80°~90°W、傾斜がほぼ鉛直の断層が見られる。断層は未固結の断層ガ ウジを伴い、南から順に幅 5~10cm で波状を呈しつつも連続性の良い褐色ガウジ層、幅 5cm 以 下でレンズ状に膨縮しやや連続性の悪い黒色ガウジ層、幅 10cm 以下で膨縮が激しく尖滅する灰 色ガウジ層が分布する。褐色ガウジ層と黒色ガウジ層の接触部では両者がレンズ状に取り込みあ っている。黒色ガウジと同等の物は、褐色ガウジ層の南側に一部レンズ状に分布する。これらの 産状は、黒色ガウジ層と褐色ガウジ層は共通の形成年代を持ち、褐色ガウジ層の連続性からみて、 褐色ガウジ層が相対的に新期の活動面を含むことを示す。また、断層から南側約 2m まで、原岩 の組織は失われており、花崗岩起源とみられる褐色部の中に、幅 50cm 程度で灰白色の流紋岩起 源とみられる部分がみられる。この灰白色部の南側境界には幅 20cm 程度の粘土化の進んだ脆弱 部が見られる。その南側の花崗岩は原岩組織を残すが、断層に近いほど変質、風化が進んでいる。 断層の北側は幅 50cm にわたって断層角礫が認められ、基質や岩片の含有量の違いによる色調か ら 2 層に分かれる。断層角礫は変質し、露頭では固結している。この北側には割れ目の密集で特 徴づけられる固結したカタクレーサイトとなっており、原岩の層構造やレンズ状岩片がさらに引 き延ばされた層状構造が認められるとともに変質している。さらに北側は断層と斜交する原岩の 層構造およびこの層構造に平行なカタクレーサイト化が進んだ領域が認められ、変質している。 これらの露頭状況は、断層活動が、カタクレーサイト化が生じる地下深部に位置した時代に開始 され、花崗岩と流紋岩の混在化および熱水変質を伴いながら進行し、比較的新しい時代に断層角 礫や断層ガウジを形成した前後にも、断層角礫を固結させるような熱水活動があったことを示す。

AF 露頭では、ガウジ中から計 3 試料を採取した(表 2-1)。便宜的に南側の褐色ガウジ層の試料名は(0-5)と表記し、順次北側に(5-10)、(10-15)としており、この数値は cm 単位の距離に相当している。

露頭	試料	岩型	断層面からの距離
F	HKS20-F (0-5)	六甲花崗岩(変質)	$0{\sim}5~{ m cm}$
	HKS20-F (5-10)	六甲花崗岩(変質)	$5{\sim}10~{ m cm}$
	HKS20-F (10-15)	六甲花崗岩(変質)	$10{\sim}15~{ m cm}$
	HKS20-F (>20)	六甲花崗岩(変質)	>20 cm
	HKS20-FW (0-5)	六甲花崗岩(変質)	0~5 cm
	HKS20-HR	六甲花崗岩(変質)	>500 cm
AF	HKS20-AF (0-5)	褐色ガウジ	-
	HKS20-AF (5-10)	黒色ガウジ	-
	HKS20-AF (10-15)	灰色ガウジ	-

表 2-1 採取試料リスト

2.1.3 鉱物分離

露頭記載及び試料採取

熱年代測定用の9試料について鉱物分離を実施した。分離の対象鉱物はアパタイトとジルコン である。鉱物分離は、株式会社京都フィッション・トラックに依頼した。岩石試料は粉砕、ふる い掛けの後、重液や磁石を用いて対象鉱物を濃集した。鉱物分離結果は表 2-2 の通りである。各 試料を母岩重量で約0.2kg処理したところ、ジルコンについては、全9試料中8試料から数100 粒子以上が得られた。したがって、処理量を数倍に増やせば、熱年代解析に十分な量の粒子数 (>~1,000 個)は取得できる見込みである。一方、アパタイトについては、HKS20-HR 以外は 0~50 粒子と含有量は極めて少なく、増量処理を実施しても、十分量の粒子数の取得は困難と判断 される。今後は、ジルコンを主な対象として、熱年代解析を進めていくことが課題となる。

	試料名	四世	分離結果			
#		は 試料名 処理量 (kg)	アパタイト粒子 数 (個)	ジルコン粒子数 (個)	その他の重鉱物	
1	HKS20-F (0-5)	0.20	2~3	300	蛍石	
2	HKS20-F (5-10)	0.20	0	300	パイライト	
3	HKS20-F (10-15)	0.20	0	400	パイライト	
4	HKS20-F (>20)	0.20	0	200	蛍石	
5	HKS20-FW (0-5)	0.20	50	35	蛍石、白色粒子	
6	HKS20-HR	0.20	300	300	蛍石	
7	HKS20-AF (0-5)	0.20	10	500	-	
8	HKS20-AF (5-10)	0.20	15	1000	-	
9	HKS20-AF (10-15)	0.20	10	800	-	

表 2-2 鉱物分離結果

2.2 まとめと今後の展望

深部流体起源の熱水活動の温度や滞留時間などの検討を目的として、有馬温泉から近い兵庫県 西宮市の岩石試料を採取した。岩石試料は、熱水の移行経路となっている可能性がある断層から の距離に応じて採取した。採取した試料を予察的に鉱物分離したところ、アパタイトは含有量が 乏しかったが、ジルコンについては処理量の増加により、解析に必要な量の粒子数が確保できる 見込みである。今後は、これらのジルコンを主な対象として、FT 法や(U-Th)/He 法といった熱 年代学的手法の分析を進めることが課題となる。

3. 粘土鉱物の K-Ar 年代測定に基づいた断層活動性の検討

Three main projects are in progress and experience delays due to COVID 19 laboratory facility access restrictions.

3.1 Mechanical comminution and its influence of isotope signature of clay minerals

Within the completed pilot milling study in 2019 (Japan Atomic Energy Agency, 2020), the influence of physical deformation via mechanical comminution (grinding) and its influence of isotope signature of clay minerals in a set of well-defined laboratory experiments is currently in progress to be analysed by K-Ar dating. 22 planetary ball mill and McCrone mill experiments and one blank Rochester shale same ranging from room temperature to elevated temperature milling experiments (to 300°C) are in progress to be analysed. The milling experiments enable to simulate conditions occurring at seismogenic depths and decipher the conditions on isotopic signatures on the first microns to millimetres during earthquake slip. K analyses have been completed and argon isotope analyses are in progress. The sample ID's are listed below with a representative image of the different milling experiments (Fig. 3-1).

Sample ID

Planetary ball mill

- 1 144 BM 1 (ball mill: RT 15 min) 0.2 g
- 2 145 BM 2 (ball mill: RT 15 min duplicate) 0.2 g
- 3 146 BM 3 (ball mill: RT 30 min) 0.2 g
- 4 147 BM 4 (ball mill: RT 60 min) 0.2 g
- 5 148 BM 5 (ball mill: 100° C 15 min) 0.2 g
- 6 149 BM 6 (ball mill: 100° C 30 min) 0.2 g
- 7 150 BM 7 (ball mill: 200° C 15 min) 0.2 g
- 8 151 BM 8 (ball mill: 200° C 30 min) 0.2 g
- 9 152 BM 9 (ball mill: 300° C 15 min) 0.2 g
- 10 153 BM 10 (ball mill: 300° C 30 min) 0.2 g
- 11 154 BM 11 (ball mill: 300° C 60 min) 0.2 g

McCrone mill

12 155 M1 (Mccrone mill: RT 15 min) 0.2 g 13 156 M2 (Mccrone mill: RT 15 min duplicate) 0.2 g 14 157 M3 (Mccrone mill: RT 30 min) 0.2 g 15 158 M4 (Mccrone mill: RT 60 min) 0.2 g 16 159 M5 (Mccrone mill: 100° C 15 min) 0.2 g 17 160 M6 (Mccrone mill: 100° C 30 min) 0.2 g 18 161 M7 (Mccrone mill: 200° C 15 min) 0.2 g 19 162 M8 (Mccrone mill: 200° C 30 min) 0.2 g 20 163 M9 (Mccrone mill: 300° C 15 min) 0.2 g 21 164 M10 (Mccrone mill: 300° C 30 min) 0.2 g

22 165 M11 (Mccrone mill: 300° C 60 min) 0.2 g

Blank

23 170 Blank Rochester shale BM/MC experiment 0.2 g



☑ 3-1 Representative images of the samples in the planetary ball mill and McCrone mill experiments

3.2 K-Ar dating of Nobeoka drilling core samples (NOBELL)

Based on the initial basic <2 μ m clay mineral fraction (Japan Atomic Energy Agency, 2020), K-Ar dating 12 additional clay fractions were separated from the NOBELL core material. Core sample separations comprised <0.1, <0.8 and 2-6 μ m fractions. Due to sample nature it was not possible to separate sufficient <0.1 micron material from all samples and the fraction <0.1, <0.4 were combined with the < 0.8 μ m fraction for 4 samples. K analyses have been completed and argon isotope analyses are in progress. The sample ID's are listed below.

Sample ID

1	$3287\ {<}0.8\ \mu m$	136 Nobell 2 35.40-59 m 83.1 g
2	3287 <2-6 μm	136 Nobell 2 35.40-59 m 83.1 g
3	3288 <0.8 μm	137 Nobell 3 41.10-16 m 74.4 g
4	3288 2-6 μm	137 Nobell 3 41.10-16 m 74.4 g
5	3289 <0.8 μm	138 Nobell 4 41.55-64 m 40.2 g
6	3289 2-6 μm	138 Nobell 4 41.55-64 m 40.2 g
7	3290 <0.8 μm	139 Nobell 5 44.92-45.00 m 83.4 g
8	3290 2-6 μm	139 Nobell 5 44.92-45.00 m 83.4 g
9	3291 <0.8 μm	140 Nobell 6 49.25-30 m 50 g
10	3291 2-6 μm	140 Nobell 6 49.25-30 m 50 g
11	3294 <0.1 μm	141 Nobell 7 79.49-52 m 35 g
12	3294 2-6 μm	141 Nobell 7 79.49-52 m 35 g

3.3 Atera fault zone samples

Three fault gouge samples were collected from the Atera fault zone (Fig. 3-2). Dating studies

in the Atera fault zone are better suited because its structure and kinematic have been wellstudied. Smaller 2 μ m fractions were separated from the samples in Kyoto Univ. and prepared for K-Ar age dating. An additional <2 μ m fraction was separated by JAEA, Tono facility and in addition prepared for K-Ar dating. K analyses have been completed and argon isotope analyses are in progress. The sample ID's are listed and shown in the outcrop sketch image below (Niwa et al., 2015). Due to the unexpected delay caused by COVID 19 additional size separation of <0.1 and 2-6 μ m fractions of Atera samples (3369 and 3370) has been completed and are ready to analyse based on the <2 μ m fraction result by the CSIRO Argon facility.

Sample ID

- 1 3367 (<2 μm JAEA; gray gouge in the 30-cm-wide fault gouge) 169 Kawaue <2 μm 0.1 g
- 2 3369 <2 μm Atera 1 (white gouge in the welded tuff fault breccia), 260 g
- 3 3370 <2 μm $\,$ Atera 2 (light gray clay in the fault core: ~70 cm E of Atera 1 closer to granite), 177 g $\,$



☑ 3-2 Locations of K-Ar samples from the Atera fault zone (red circles). Sketch of the fault zone is after Niwa et al. (2015).

3.4 Summary

Following analyses will be provided:

- 1. Separation of 12 Nobell core sample fractions ranging from <0.1, <0.8, and 2-6 $\mu m.$
- 2. Separation of 2 <2 μ m fraction from Atera outcrop gouge samples.

3. 38 K-Ar analyses and data: Project 1 milling: 23; Project 2 Nobell: 12; Project 3 Atera: 3. The delay of analyses is caused by access restrictions to the laboratory facilities as only limited staff numbers can use in the lab space.

4. 室内実験に基づいた、熱年代による断層活動性評価手法の高度化

熱年代学の手法に基づいた断層活動性評価手法の高度化を目的として、室内加熱実験を用いた 検討を行う。熱年代学の手法は、断層破砕に伴う摩擦発熱や深部流体の滞留に伴う熱異常の検出 に有効であり、断層の活動性評価への応用が期待されている(田上ほか,2010; Tagami, 2012; Tagami, 2019; Tsukamoto et al., 2020)。熱異常を高精度で検出するためには、熱年代計のカイ ネティクス(温度・時間条件と年代のリセットの関係)の正確な理解が不可欠である。特に、温 度・時間条件以外の要因が、年代のリセットに影響を及ぼすか否かの検証は、年代値に適切な解 釈を与える上で重要な課題である。一般に、フィッション・トラック(FT)法では大気中での加 熱実験(例えば、Laslett et al., 1987; Tagami et al., 1998)、(U-Th)/He 法では真空中での拡散実 験(例えば、Farley, 2000; Reiners et al., 2004)の結果を基にアニーリング特性が推定されてい る。しかし、断層が活動する地下深部では、流体の滞留や還元的な環境が予想され、これらの条 件がカイネティクスに影響を及ぼす可能性が考えられる。したがって、熱年代学の手法を用いて、 より信頼性の高い断層活動性評価を行うためには、これらの影響について検証する必要がある。

令和元年度は、地下深部の断層帯を模した水熱環境及び還元環境における、熱年代計のカイネ ティクスの変化について検討するため、ジルコンの室内加熱実験を実施した。ジルコンは、物理 学的・化学的に安定で、シュードタキライト等の断層岩からも産出するため、断層帯の年代測定 においては重要な対象鉱物の一つとなっている(Murakami and Tagami, 2004; Yamada et al., 2012)。加熱実験は、スイス・ローザンヌ大学の実験装置を用いて、水熱環境 5 通り、還元環境 5 通り、計 10 通りの条件で実施した。実験に供した試料は中新世の仁左平デイサイトのジルコン である。本ジルコンは、FT 長測定に基づいたアニーリングカイネティクスの検討など、ジルコン FT 法の基礎実験にも使われている実績がある(例えば、Hasebe et al. 1994; Yamada et al., 1995a,b, 2007; Yamada et al., 2003; Murakami et al., 2006b; Tagami and Matsu'ura, 2019)。 令和 2 年度は、同じ仁左平デイサイトのジルコンを用いて、加熱試料の比較対象となる、非加熱 状態での試料の熱年代学的データを取得するとともに、比較に供するパラメータの優先度を検討 した。なお、コロナ禍の影響により、ローザンヌ大学では実験室の使用や来客の訪問が制限され たため、前年度に実施した加熱試料の回収や、追加の加熱実験は実施できなかった。これらの実 施方針については、今後の社会情勢を鑑みての検討課題である。

4.1 非加熱時のデータの取得

加熱試料における熱年代の若返りを正確に評価するには、比較対象となる非加熱時のデータを 高精度で取得する必要がある。今年度は、東濃地科学センター土岐地球年代学研究所(TGC)の 分析施設及び他機関への依頼分析を利用して、(U-Th)/He 年代、FT 年代、FT 長、U-Pb 年代の 高精度測定をおこなった。(U-Th)/He 年代は TGC 及びメルボルン大学(UniMel)、FT 年代と FT 長は(株)京都フィッション・トラック(KFT)、U-Pb 年代は TGC と KFT で測定した。なお FT 年代については、結晶の内部面(4n 面)と外部面(2n 面)の両方で取得した。

年代測定の結果を、先行研究のデータも含めて表 4・1 に示す。年代値は多少のばらつきはある ものの、おおむね 23~21Ma 前後に集中した。これらの 16 年代(#3 と#15 は除く)から、IsoPlotR (Vermeesch, 2018) で加重平均を計算したところ、統計学的に棄却された#6 を除く 15 年代か ら 21.516±0.117Ma (2σ) が得られた。以下では、これを便宜的に推奨値として用いる。今回取 得した各年代を仔細にみると、(U-Th)/He 年代は、TGC のデータは推奨値から若い側に、UniMel のデータは古い側にずれている。また、個々の粒子の年代は、分析誤差から予想されるよりも大 きなばらつきを示した。一方で両データを合算した加重平均は、推奨年代と誤差の範囲で一致す る。したがって、粒子年代のばらつきはランダム誤差によるもので、十分な粒子数を測定した場 合の加重平均年代は信頼できると考えられる。U-Pb年代は、TGCのデータ及び、KFTの外部面 のデータは推奨値と誤差範囲で一致したが、KFTの内部面のデータは誤差範囲を超えて古い値を 示した。この原因としては、古い地質体から取り込まれた inherited core の存在や、マグマ溜ま りにおける漸次的な結晶の成長による累帯構造の効果が考えられる。FT年代も、同様に外部面 では推奨値と誤差範囲で一致したが、内部面では誤差範囲を超えて古い。ただし、本データは有 意水準 5%で χ^2 検定(Galbraith, 1981)に失格しており、結晶内のウラン濃度の不均質など非ポ ワソン要因の影響が疑われるため、加重平均の計算の際に統計学的に棄却された事と併せて参考 値とする。FT長は、100本の測定結果で11.36±0.67µm(1 σ)となり、Yamada et al. (1995b)の 報告値である 11.05±0.65µm(1 σ)と誤差範囲で一致した。FT長は単峰性の分布を示し、試料が ジルコン FT 法の閉鎖温度付近で単調な急冷を経験したことが示唆されたが、これも Yamada et al. (1995b)と整合的である。

	Method	Sample code	N	Age $\pm 2\sigma$		D. 6
#		(& note)	IN	[Ma]		Reference
1	Zr (U-Th)/He	NST19	52	20.73	\pm 0.40	This study (TGC)
2	Zr (U-Th)/He	NST19	27	23.13	± 0.56	This study (UniMel)
3	Zr (U-Th)/He	Weighted mean of #1-2:	79	21.51	\pm 0.32	This study
						(TGC+UniMel)
4	Zr U-Pb (LA)	NST19	23	21.66	± 0.50	This study (TGC)
5	Zr U-Pb (LA)	NST19 (2π surface)	28	21.8	\pm 0.2	This study (KFT)
6	Zr U-Pb (LA)	NST19 (4π surface)	13	23.1	\pm 0.1	This study (KFT)
7	Zr U-Pb (LA)	NST	40	22.24	± 0.36	Hasebe et al. (2013)
8	Zr FT (LA)	NST	27	21.5	\pm 1.4	Hasebe et al. (2013)
9	Zr FT (LA)	NST19 (2π surface)	29	21.8	\pm 3.2	This study (KFT)
10	Zr FT (LA)	NST19 (4π surface)	30	24.5	\pm 3.0	This study (KFT)
11	Zr FT (EDM)	NS-704B (4π surface)	11	21.8	\pm 1.4	Tagami et al. (1995)
12	Bt K-Ar	#1 (42-60 mesh)	-	21.07	± 0.48	Tagami et al. (1995)
13	Bt K-Ar	#2 (42-60 mesh)	-	21.01	± 0.48	Tagami et al. (1995)
14	Bt K-Ar	#3 (42-60 mesh)	-	20.89	± 0.48	Tagami et al. (1995)
15	Bt K-Ar	Weighted mean of #14-16:	-	20.99	\pm 0.28	Tagami et al. (1995)
16	Bt K-Ar	NST30 (30-40 mesh)	-	21.4	\pm 0.4	Sudo et al. (1996)
17	Bt K-Ar	NST30 (30-40 mesh)	-	21.4	\pm 0.4	Sudo et al. (1996)
18	Bt K-Ar	NST30 (30-40 mesh)	-	21.0	\pm 0.3	Sudo et al. (1996)
		Weighted mean (ex. #3, 6, 15)		21.516	± 0.117	

表 4-1 年代測定結果一覧

Zr: ジルコン、Bt: 黒雲母、LA: LA-ICP-MS 法、EDM: 外部ディテクター法、N: 測定点数。

4.2 比較用パラメータの検討

以上の測定結果を踏まえて、加熱試料と非加熱試料の比較に供するパラメータの優先順位を検

討した。もっとも優先度が高いと判断されるのは、FT 長による比較である。(U-Th)/He 年代による比較は、加重平均値を用いれば有用であるが、各アリコットにつき数十~百粒子以上を測定しなければ年代値がずれる可能性があるため実用的ではない。FT 年代 (FT 密度)は結晶の内部面、外部面ともに、比較用パラメータとしては不向きと考えられる。内部面においては、ウラン濃度の不均質により年代値が古い側にずれる可能性があり、年代値の若返りを過小評価してしまう危険性がある。外部面は、非加熱試料の年代値は推奨年代と一致するが、加熱試料では FT 密度が不規則な減少パターンを示す上、試料間でも減少パターンが異なることが知られている(例えば、松田, 1990, 1992)。U-Pb 年代については、閉鎖温度が 900℃を超えており、断層活動性評価への適用が期待できないため、本検討からは除外する。以上のように、仁左平デイサイトのジルコンの年代学的特性を踏まえると、本事業では FT 長を用いた比較を優先的に実施していくべきだと判断できる。

なお、上記の判断は、断層破砕帯への応用の面からも支持される。地質学的な時間スケールで は、ジルコン FT 法よりジルコン(U-Th)/He 法の方が低い閉鎖温度を持つが(例えば、Reiners et al., 2005)、断層面の摩擦発熱のような短時間のイベントではジルコン FT 年代の方が低温でリセ ットされることが理論的に予測されている(Reinres, 2009;田上ほか, 2010)。実際、シュード タキライト中のジルコンを対象とした分析では、FT 法では野島断層や足助断層などで摩擦発熱 に伴う若返りが報告されている(Murakami and Tagami, 2004, Murakami et al., 2006a)。特 に、三重県の中央構造線の事例では、共通の岩石試料を用いたにも関わらず、FT 法ではシュード タキライトで母岩より若い年代が得られたのに対し(Takagi et al., 2010)、(U-Th)/He 年代では 両者に差はみられなかった(Yamada et al., 2012)。したがって、断層の摩擦発熱の検出には、ジ ルコン(U-Th)/He 法よりジルコン FT 法の方がより有望だと考えられる。

4.3 まとめと今後の展望

前年度に実施した水熱加熱試料との比較に供する、非加熱試料の各種年代学的データの取得を 実施した。具体的には、水熱加熱実験にも用いた仁左平デイサイトのジルコンを用いて、(U-Th)/He 年代、U-Pb 年代、FT 年代、FT 長を測定した。いずれの測定値も、基本的には先行研究 と整合的な結果となったが、結晶内部面の U-Pb 年代と FT 年代は系統的に古い値を示す可能性 が示唆された。これらの結果及び断層破砕帯への適用可能性から判断すると、今後の非加熱試料 と水熱加熱試料の比較は、FT 長測定に基づいた検討を優先的に進めていくべきである。

5. 地質温度圧力計と U-Pb 年代測定法を用いた侵食史の推定

地質温度圧力計を利用して花崗岩体の固結深度を決定すると同時に、岩体固結時の絶対年代を、 ジルコンの U-Pb 年代測定によって決定する。これを研究対象地域(飛騨山脈黒部地域)で複数 の岩体内の異なる地理的位置の試料について行うことで、侵食量の上限を制約する。条件がそろ えば研究対象地域の侵食史を推定できる。

5.1 研究手法

本研究で用いる地質温度圧力計は、Al-in-Hbl 圧力計(角閃石圧力計)と角閃石—斜長石温度計である。まず、Al-in-Hbl 圧力計の原理について、Hoillister et al. (1987)および Schmidt (1992) に基づいた、高橋(1993)の解説をもとに簡単に述べる。

花崗岩の全岩化学組成は、SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, MgO, FeO, Fe₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O, H₂O の 10 成分で近似できる。ウェット・ソリダス上における構成鉱物が、角閃石、黒雲母、斜長石、カリ 長石、石英、(チタン石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱)のうち2相、メルト、H₂O であるとすると、10 成分系で9相共存となり、自由度は3になる。角閃石を含む花崗岩質メルトのウェット・ソリダ スは、2kbar 以上でほぼ一定温度(約700℃)であること、および、多くの花崗岩体で斜長石リ ムの化学組成はほぼ一定であることから、自由度が2減って1になり、圧力だけが変数になる。 このときの単純化した反応式は

2 石英 +2 アノーサイト + 黒雲母 = 角閃石 + カリ長石

を考えればよい。角閃石をチェルマク閃石と考えると

2SiO₂+2CaAl₂Si₂O₈+KMg₃AlSi₃O₁₀(OH)₂ = Ca₂Mg₃Al₂Si₆Al₂O₂₂(OH)₂ + KAlSi₃O₈ と表記できるが、このとき角閃石は MgSi = AlAl のチェルマック置換が可能で、これが圧力の指 標となる (Hoillister et al., 1987; Schmidt, 1992; 高橋, 1993)。圧力と Al 量の相関には、斜長石 置換 (NaSi = CaAl) もかかわっているが影響は小さい (Schmidt, 1992)。実際には、Si□ = Al(Na,K) のエデナイト置換 (□は空隙) によっても角閃石中の Al 量は変動するため、正確な圧力見積もり にはエデナイト置換の評価が欠かせない (Anderson and Smith, 1995)。Al-in-Hbl 圧力計の改良 は現在も続いており、さまざまなキャリブレーションがある (例えば Mutch et al., 2016)。本研 究では、従来のキャリブレーションよりも、より低圧まで適用可能な Mutch et al. (2016)のキャ リブレーション

 $P (kbar) = 0.5 + 0.331(8) \times Al_{tot} + 0.995(4) \times Al_{tot^2}$

を用いた。こうして求まった圧力は、上述の原理と整合的であること、すなわち温度・圧力図上 でウェット・ソリダス上に位置していることが必要である。その検証のため、圧力見積もりに用 いた角閃石とそれに隣接する斜長石の組成に対して、シリカに飽和した岩石中で斜長石と共存す る角閃石の Aliv 量を用いた角閃石—斜長石温度計(Blundy and Holland, 1990)を適用し、求ま った温度圧力条件が含水ソリダス上の条件として適当であるか否かも検証した。これらのチェッ クを通過したデータを用いて、花崗岩の固結深度を見積もった。

5.2 研究試料

本研究では、飛騨山脈黒部地域に分布する、黒部川花崗岩体中の2地点(KRG19-B08とKRG19-A03;図 5-1)から採取済みの岩石試料 KRG19-B08-bとKRG19-A03(図 5-2)を用いて、固結 温度・圧力推定を行った。KRG19-B08-bとKRG19-A03はいずれもMMEを含む花崗岩閃緑岩 試料であり、固結温度・圧力推定に用いたKRG19-B08-b maficとKRG19-A03 MMEは各試料



の MME 部分、KRG19-A03 granite は KRG19-A03 の花崗閃緑岩部分である (図 5-2)。

図 5-1 地質図を示した地域の地図(a)及び岩石試料採取地点と周辺地域の地質図(b) 20万分の1シームレス地質図より引用。KRG19-B08 および KRG19-A03 が本研究で用いた岩石 試料の採取地点である。地質図とその凡例は20万分の1シームレス地質図に加筆して使用。



図 5-2 岩石試料中の MME と花崗閃緑岩質部分の産状写真 (a) 試料 KRG19-B08-b。本研究で用いたのは MME 部分。(b) 試料 KRG19-A03。赤枠で囲んだ 「MME」および「granite」と書かれた部分から作成された薄片が、分析試料に相当する。

5.3 分析方法

京都大学設置の波長分散型電子線マイクロアナライザーJEOL JXA-8105 による鉱物化学分析 は、ダイヤモンド研磨した試料を炭素蒸着後、加速電圧 15.0 kV、電流値 10 nA、ビーム径 3 µm で行った。標準試料には Astimex 社製 MINM25-53 およびその他の天然及び合成鉱物を用い、濃 度計算にあたっては ZAF 補正を適用した。ピークとバックグラウンドの計測時間は、F について はそれぞれ 60 秒と 30 秒、Cl については 30 秒と 15 秒、他の元素については 10 秒と 5 秒とし た。

5.4 岩石記載

KRG19-B08-b mafic

本試料は MME を多数含む花崗閃緑岩試料 KRG19-B08-b の、MME 部分である。MME 中に は図 5-2a からわかるように、花崗閃緑岩部分から混入した約 5 mm 径の粗粒な斜長石が含まれ る。本試料は花崗閃緑岩部分との境界から 5cm 程度離れた部分である。主要構成鉱物の組合せは 角閃石+斜長石+カリ長石+石英+黒雲母であり、副成分鉱物として燐灰石+磁鉄鉱+チタン鉄 鉱+チタン石+ジルコン+Fe 硫化鉱物、2 次鉱物として黒雲母、緑泥石、チタン石が含まれる。

角閃石は数 100 µm 径の比較的細粒なものは、自形の組成累帯構造を保存し、黒雲母や緑泥石 による置換も少ない。一方、500 µm を超える比較的粗粒なものは、黒雲母や緑泥石に部分的に 置換され、角閃石自体もパッチ状の組成ゾーニングを示す。自形性の良い細粒なものについて、 組成累帯構造の BSE 像と組成との関係を、図 5-3 に示した。角閃石のコアからリムに向かって 順に 1-7 の番号で、累帯構造を分類した。1 は更に、BSE 像で明るくパッチ状に産する 1b とそ れ以外の 1a に分けた。角閃石 4-6 はアクチノ閃石、1-3 はマグネシオホルンブレンドに分類さ



図 5-3 KRG19-B08-b mafic 中の自形組成累帯構造を有する角閃石の BSE 像と組成

れる。1-3 にかけて XMg vs Al や Si vs Al の組成プロットでは連続的に組成が変化する一方、Cl vs Al の組成プロットでは、1 と 2-3 が同じトレンドに乗っていない。また、いずれの組成プロットにおいても、4-6 は同じ組成トレンド上にプロットされるが、そのトレンドは 1-3 とは異なる(図 5-3 b-d)。7 はどのトレンドにも乗らない。いずれの組成プロットにおいても、2-3 と 4-6 の間に明確な組成ギャップが認められる(図 5-3 b-d)。図 5-3a からわかるように、2 と 3 は BSE 像で暗い狭いゾーンに境されてはいるものの、図 5-3b-d に示すように組成は同じであり、区別の 必要がない。そこで、以下では 2 と 3 は同じ段階として扱う。

次に、斜長石は BSE 像で明るいコア(An40-65)と、それに比して暗いリム(An24-31)、更 に暗い d リム(An12-15)に分けることができる(図 5-4)。コアにはカリ長石の2次的な脈が生 じている。d リムはマトリクスの振動累帯構造を示すカリ長石や、角閃石5以降と接触関係にあ る一方、角閃石2-3とは接触関係にない。また、斜長石リムをd リムが部分的に置換する産状も 見られる。一方、斜長石リムは角閃石2-3と接触関係にある(図 5-4)。斜長石リムに相当する組 成(An29)の斜長石が、角閃石2に包有される(図 5-4d)。角閃石2には他に、カリ長石、石英 燐灰石が包有される。一方、斜長石リムにはチタン鉄鉱、磁鉄鉱、燐灰石が包有される。



図 5-4 KRG19-B08-b mafic 中の斜長石と角閃石の BSE 像

a. 斜長石の組成累帯構造 b-d. 角閃石の組成累帯構造。数字は図 5-3 の角閃石の各部分の数字 に対応。

KRG19-A03 MME

本試料は MME を多数含む花崗閃緑岩試料 KRG19-A03 の、MME 部分である。MME 中には 図 5-2b からわかるように、花崗閃緑岩部分から混入した約 5 mm 径の粗粒な斜長石が含まれる。 本試料は花崗岩との境界から約 1.5 cm 以上離れた MME 部分である。主要構成鉱物の組合せは 角閃石+斜長石+カリ長石+石英+黒雲母であり、副成分鉱物として燐灰石+磁鉄鉱+チタン鉄 鉱+チタン石+ジルコン、2 次鉱物として黒雲母、緑泥石が含まれる。

角閃石は長柱状であり、偏光顕微鏡下で、茶褐色のコアをもち黒雲母を包有するもの(粒径> 500 μm 程度)と、茶褐色のコアを持たず黒雲母を包有しないもの(粒径 100 μm 程度)が存在する。前者は BSE 像で内側コア、外側コア、内側リム、外側リムの4 つの部分に分けられる。内側 コアと外側コアの境界は漸移的であるのに対し、外側コアと内側リムの境界は不連続的に輝度が変化する。内側リムと外側リムの境界も不連続に輝度が変化し、外側リムの発達は局所的である (図 5-5a)。内側コア・外側コアの角閃石組成はパーガス閃石である。一方、内側リムはマグネシオホルンブレンド、外側リムはフェロホルンブレンドであった。内側リムはマトリクスの斜長 石リム、カリ長石、石英、黒雲母、燐灰石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱と接するほか、黒雲母、斜長石 (An21)、燐灰石を包有する。角閃石のコアはカリ長石に一部置換された斜長石 (An83-84)や 磁硫鉄鉱を包有する(図 5-6a,b)。一方、茶褐色のコアを持たず、黒雲母を包有しない角閃石もパーガス閃石組成の不定形の外形をしたコアと、ホルンブレンド(大半はマグネシオホルンブレンド)組成のリムをもつ。これらの部分の組成的特徴は、茶褐色のコアをもち黒雲母を包有する角 閃石の、外側コアと内側リムにそれぞれ相当する。

マトリクスの斜長石は組成累帯構造をしており、An 値の高いコア(最大 An82)からリムに向 かって An 値を減じ、リムでは An18-28 を呈する。







図 5-6 a-b. KRG19-A03 MME 中の角閃石と斜長石の産状 a. Al の X 線元素マップ。b. BSE 像。c-d. KRG19-A03 granite 中の角閃石と斜長石の産状。c. BSE 像。d. Al の X 線元素マップ。スケールは図 5-7a 参照。

KRG19-A03 granite

本試料は MME を多数含む花崗閃緑岩試料 KRG19-A03 の、花崗閃緑岩部分である(図 5-2)。 主要構成鉱物組合せは、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、Ca角閃石であり、副成分鉱物として 燐灰石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、チタン石、ジルコンが含まれる。黒雲母の一部は緑泥石化してい る。角閃石のコアに斜方輝石が包有され、その周囲が直閃石に囲まれている場合がある(図 5-6c)。 これらをさらにオーバーグロウスするように上述の Ca角閃石が成長している(図 5-6c)。

本試料の Ca 角閃石は、BSE 像で明るいコアと暗いリム、その間に局所的に発達するマントル に大別され、コアは概して Al に富むマグネシオホルンブレンド組成を示す一方、リムはアクチ ノ閃石組成、マントルはこれらの間のマグネシオホルンブレンド組成であった(図 5-6d、図 5-7)。 コアには斜長石 (An25-28 のリムを持つ)、石英、カリ長石、黒雲母、燐灰石が包有される。

マトリクスの斜長石は組成累帯構造を示し、コアは An 値が高く(最大 An66) リムでは An 値が下がる (An20-28)。斜長石リムと接して、磁鉄鉱とチタン鉄鉱が産する。



図 5-7 KRG19-A03 granite 中の角閃石の BSE 像と組成

5.5 地質温度・圧力計の適用

KRG19-B08-b mafic および KRG19-A03 MME と granite に Al-in-Hbl 圧力計(Mutch et al., 2016)を適用した。角閃石が組成累帯構造を有しているため、この圧力計の適用に当たっては、適用条件の鉱物組合せを厳格に満たしている部分を求めることに注力した。

KRG19-B08-b mafic では、角閃石 1-3 と角閃石 4-6 とでは異なる組成トレンドを示す。また、 角閃石 7 はこれらとは全く異なる組成を示す(図 5-3)。角閃石 4-7 はアクチノ閃石組成であり、 マトリクスの d リムやカリ長石と接する。一方、角閃石 2-3 は、斜長石リムや黒雲母と接し、包 有関係も考慮すると、カリ長石、石英、燐灰石、チタン鉄鉱、磁鉄鉱と共存している。従って、 角閃石 2-3 と斜長石リムが、マグマ結晶化末期の含水ソリダス上で、Al-in-Hbl 圧力計適用に必 要な相と平衡関係にあった部分であると判断した。そこで、Al-in-Hbl 圧力計を角閃石 2-3 に適 用した。また、隣接した斜長石リムとの間で Blundy and Holland (1990)の Hbl-Pl 温度計を適用し、 ハプロ花崗岩のソリダス上に誤差の範囲内で乗った点を、信頼できる圧力見積もりとして採用し た(図 5-8a、表 5-1)。この結果、固結圧力は 1.6±0.2~2.1±0.3 kbar となった。密度 2700 kg/m³ を用いて深さに換算(以下同様)すると、固結深度は 5.9±0.9~7.9±1.3 km となった。

KRG19-A03 MME では、茶褐色のコアをもち黒雲母を包有する角閃石の内側リムがマトリク スの斜長石リム、カリ長石、石英、黒雲母、燐灰石、磁鉄鉱、チタン鉄鉱と接するほか、黒雲母、 斜長石 (An21)、燐灰石を包有することから、マグマ結晶化末期の含水ソリダス上で、Al-in-Hbl 圧力計適用に必要な相と平衡関係にあった部分であると判断した。また、茶褐色のコアを持たず 黒雲母を包有しない角閃石のリムも、内側リムと同じ段階に相当すると判断した。そこで、これ らの角閃石の内側リムとリムに Al-in-Hbl 圧力計を適用した。また、隣接した斜長石リムとの間 で Blundy and Holland (1990)の Hbl-Pl 温度計を適用し、ハプロ花崗岩のソリダス上に誤差の範囲 内で乗った点を、信頼できる圧力見積もりとして採用した(図 5-8b、表 5-1)。この結果、固結圧 力 は 1.8±0.3 ~ 2.6±0.4 kbar、 固 結 深 度 は 6.9±1.1 ~ 9.7±1.5 km と な っ た 。



図 5-8 Al-in-Hbl 圧力計による圧力見積もりの結果 a. KRG19-B08-b mafic の結果。b. KRG19-A03 MME の結果。 c. KRG19-A03 granite の結果。 d. KRG19-A03 MME と KRG19-A03 granite の結果の比較。

KRG19-A03 granite では、Ca角閃石のコアには斜長石(An25-28のリムを持つ)、石英、カリ 長石、黒雲母、燐灰石が包有され、同程度のAn値を示すマトリクスの斜長石リムに接して磁鉄 鉱とチタン鉄鉱が産することから、Ca角閃石のコアがAl-in-Hbl 圧力計適用に必要な相と平衡関 係にあった部分であると判断した。そこで、Ca角閃石のコアにAl-in-Hbl 圧力計を適用した。ま た、隣接した斜長石リムとの間でBlundy and Holland (1990)の Hbl-Pl 温度計を適用し、ハプロ 花崗岩のソリダス上に、求めた *P-T*条件が誤差の範囲内で乗った点を、信頼できる圧力見積もり として採用した(図 5-8c、表 5-1)。この結果、固結圧力は 1.6±0.3~2.3±0.4 kbar、固結深度は 6.2±1.0~8.5±1.4 km となった。

表 5-1 温度・圧力推定に用いたデータ

KRG19 A03 MME	
産状	
角閃石の分析番号	Hell Hell Hell Hell Hell Hell Hell Hell
角閃石のSi	7.02 7.10 7.05 7.10 7.10 7.10 7.10 7.14 7.05 6.93 6.97 7.01 7.04 6.95 7.08 7.01 7.04 6.95 7.08 7.01 7.04 6.97 7.01 7.08 7.09 7.12 7.16 6.99 7.11 7.02 7.01 7.05 7.07 7.01 7.05 7.07 7.01 7.05 7.07 7.11 7.03 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.01 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.11 7.05 7.07 7.01 7.05 7.07 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7.05 7.11 7
角閃石のAliv	0.98 0.90 0.95 0.90 0.86 0.95 1.07 1.03 0.99 0.86 0.95 1.07 1.03 0.99 0.96 1.05 0.92 0.99 0.97 0.89 0.84 0.09 0.95 0.92 0.91 0.89 0.97 0.89 0.94 0.93 0.91 0.87 0.90 0.97 0.80 0.83 0.99 0.97 0.80 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.84 0.90 0.95 0.93 0.99 0.95 0.93 0.99 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.89 0.97 0.98 0.99 0.97 0.98 0.99 0.97 0.89 0.97 0.98 0.97 0
角閃石のAlvi	0.21 0.16 0.22 0.19 0.24 0.18 0.19 0.19 0.26 0.25 0.16 0.20 0.16 0.22 0.26 0.20 0.26 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.24 0.27 0.23 0.24 0.27 0.25 0.19 0.28 0.21 0.16 0.18 0.27 0.25 0.19 0.25 0.14 0.16 0.17 0.23 0.21 0.18 0.21 0.18 0.22 0.21 0.23 0.28 0.23 0.23 0.24 0.20 0.21 0.23 0.22 0.21 0.23 0.24 0.27 0.23 0.24 0.27 0.23 0.24 0.27 0.25 0.19 0.28 0.21 0.25 0.14 0.16 0.17 0.23 0.22 0.21 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.23 0.24 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.21 0.23 0.24 0.23 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.21 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.23 0.24 0.24 0.24 0.24 0.24 0.24 0.24 0.24
角肉石のAl total	
Hbl分析点と隣接するPlの分析番号	
(温度計に用いた分析点)	1/ -3 -11 +12 +13 +14 +15 +11 +12 +12 +12 +14 +14 +11 +11 +12 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2 +2
料成石のAme	
P(kbar) M	
+ 祝美(kbar) M	
- 一 深さ換算(km) M	87 74 81 95 77 78 81 95 90 48 89 80 83 78 74 92 83 96 87 94 80 74 75 73 92 79 88 77 97 18 47 78 81 99 76 80 89 78 88 89 76 80 89 78 87 80 97 80 80 99 78 80 80 89 80 80 80 80 80 80 80 80 80 80 80 80 80
± 誤差(km) M	
KRG19 A03 granite	
産状	
角閃石の分析番号	
	PI12 P113 P114 P15
角閃石のSi	7 07 7.11 7.22 7.14 7.13 7.12 7.09 7.15 7.26 7.09 7.04 7.05 7.09 7.04 7.05 7.09 7.04 7.05 7.09 7.04 7.05 7.09 7.04 7.05 7.09 7.04 7.17 7.11 7.16 7.14 7.17 7.11 7.16 7.28 7.24 7.20 7.28 7.24 7.10 7.18 7.21 7.19 7.24 7.12 7.16 7.22 7.22 7.18 7.21 7.19 7.18 7.21 7.19 7.18 7.21 7.19 7.18 7.21 7.19 7.18 7.11 7.19 7.18 7.11 7.10 7.10 7.11 7.10 7.10 7.10 7.10
角 肉石のAliv	0.93 0.89 0.78 0.88 0.91 0.87 0.78 0.88 0.91 0.95 0.74 0.91 0.96 0.95 0.91 0.90 0.83 0.84 0.72 0.85 0.84 0.72 0.85 0.87 0.75 0.76 0.80 0.72 0.89 0.81 0.80 0.79 0.76 0.88 0.81 0.79 0.76 0.88 0.81 0.79 0.76 0.88 0.81 0.79 0.78 0.88 0.81 0.79 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.88 0.81 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.88 0.81 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.87 0.87 0.88 0.81 0.80 0.87 0.88 0.81 0.80 0.80 0.80 0.80 0.80 0.80
用因石のAlvi 在間工のAlvid	
周因石のAI total	
Hbl分析点と隣接するPlの分析番号	
(温度計に用いた分析点)	
斜長石のAn値	280 287 728 281 77.1 29.1 27.9 295 29.0 30.4 27.6 27.5 26.9 27.0 27.9 26.6 24.9 30.2 27.1 27.6 28.0 27.7 25.8 28.1 26.0 26.4 27.6 29.5 25.5 27.8 26.6 28.8 27.7 25.8 23.4 26.2 25.5 26.9 27.9 28.8 24.9 29.3 27.2 26.9 29.1 27.4 29.3 25.9 26.8 26.9 23.6 29.1 26.7 25.7 25.7 25.7 25.7 25.7 28.8 26.0 28.7 28.1 25.8 28.9 25.8 28.9 25.8 28.9 25.8 28.9 25.8 28.9 25.9 25.9 25.9 25.9 25.9 25.9 25.9 25
T(°C) ±75°C B&H	675 668 645 663 661 664 668 676 659 642 671 682 677 669 668 651 649 665 655 667 657 632 63 642 653 642 654 653 644 642 654 654 659 654 654 654 654 654 654 654 654 654 654
P(kbar) M	22 22 19 20 21 21 19 20 21 21 19 21 22 17 21 20 12 21 72 11 20 12 21 23 21 21 20 19 21 20 19 21 20 19 21 20 19 21 20 19 21 20 19 19 19 19 21 20 19 18 18 20 18 19 19 18 21 18 17 21 20 21 21 21 20 19 21 20 19
±誤差(kbar) M	0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3
深さ換算(km) M	82 82 72 74 80 81 72 74 80 81 72 74 80 81 72 78 82 63 80 7.6 82 81 8.5 7.8 7.9 7.7 7.2 7.8 7.5 6.4 7.8 8.0 6.8 7.7 7.5 6.2 7.3 7.5 7.7 7.2 7.9 7.7 7.2 7.9 7.7 7.2 7.9 7.7 8.1 7.0 7.3 8.0 7.6 7.8 8.0 8.0 7.7 7.2 8.1 7.5 7.2 8.9 6.9 7.5 6.7 7.4 7.6 8.0 6.7 7.0 7.0 6.8 7.9 6.9 7.9 7.9 7.9 8.1 7.5 7.3
±誤差(km) M	13 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.1 1.3 1.3 1.0 1.3 1.2 1.3 1.1 1.3 1.0 1.3 1.2 1.3 1.3 1.4 1.2 1.3 1.2 1.2 1.2 1.2 1.2 1.3 1.3 1.1 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.2 1.2 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3 1.3
KRG19 B08-b matic	
在北 在北	
角閃石の分析番号	
角閃石のSi	7.09 7.07 7.12 7.21 7.15 7.35 7.29 7.27
角閃石のAliv	0.91 0.93 0.88 0.79 0.85 0.50 0.71 0.73
角閃石のAlvi	0.13 0.18 0.12 0.11 0.13 0.27 0.23 0.14
角閃石のAI total	1.04 1.11 1.01 0.90 0.88 0.93 0.94 0.88
Hbl分析点と隣接するPlの分析番号	
(温度計に用いた分析点)	
斜長石のAn値	28.3 28.9 24.8 25.6 24.6 20.7
T(°C) ±75°C B&H	677 679 663 657 659 616 627 628
P(kbar) M	19 21 18 16 18 17 17 16 Approximate A and
土誤差(kbar) M	0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3
深さ換算(km) M	1/2 1/9 0/9 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1
± 誤差(Km) M	

【付録1】



5.6 まとめと今後の展望

試料 KREG19 A03 では、MME と花崗閃緑岩部分からそれぞれ MME とホストの花崗閃緑岩の固結圧力を求めた。図 5-8d のように MME の低圧側の圧力見積もりは、花崗閃緑岩のそれと一致するが、MME からはより高圧の圧力見積もりも得られた。黒部川花崗岩自体の固結圧力としては花崗閃緑岩と MME の両方が示す、低圧側の圧力見積もりを採用すべきであろう。従って、固結深度は 6.2±1.0~8.5±1.4 km と見積もられた。高圧側の圧力見積もりの持つ意味については、今後検討が必要である。

試料 KRG19-B08-b でも、同様の傾向がみられる可能性があるため、今後、MME のホストとなっている花崗閃緑岩の固結圧力見積もりの実施が必要である。MME の固結深度としては 5.9±0.9~7.9±1.3 km が見積もられた。

今後これらの試料から分離したジルコンの U-Pb 年代が求まれば、黒部川花崗岩の 2 箇所から 平均削剥速度が求められることになる。

6. 熱年代学、宇宙線生成核種法、地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討

6.1 熱年代学による山地の隆起・侵食過程の検討

東北日本弧前弧域を対象に、岩体の形成期以降の熱年代学的手法に基づいた長期スケール(>10⁶ yr)の熱史・侵食史の推定を試みた。令和2年度は、北上山地に分布する白亜紀花崗岩類から、京都大学が他プロジェクトにて別途採取した12地点の岩石試料を用いて、鉱物分離を実施した。その後、12試料中7地点でアパタイトフィッション・トラック(AFT)年代測定を適用した。併せて、京都大学から提供された古第三紀流紋岩から抽出したジルコン試料を用いて、岩石の形成年代に相当する U-Pb 年代分析を実施した。これにより、U-Pb 年代を基準として、AFT 年代の空間的な若返りの傾向を推定し、古第三紀の火山フロントが与える熱影響の制約を試みた。 また、令和元年度に AFT 分析を実施した 3 試料の白亜紀花崗岩類について、形成年代を制約する目的で新たに U-Pb 年代測定を試みた。詳細を以下に述べる。

6.1.1 研究手法

本研究で実施した熱年代学は、岩石や鉱物の地質試料を対象として年代測定を行い、その手法 と鉱物組み合わせ(=年代計)に固有の温度領域より高温の場合に年代がリセットすることを利 用して、試料の冷却過程や熱イベントの時期を推定する学問領域である。年代がリセットすると きの温度領域は閉鎖温度(Dodson, 1973)と呼ばれ、年代計によってさまざまな値を持つ(例え ば、Ault et al., 2019)。

熱年代学を山地の隆起・侵食に適用する場合、現在地表で得られる岩石試料は、岩石が形成した地下深部以降、隆起・侵食によって地表に向かって接近し地表に露出したと仮定する。一般に地下深部は高温であり、利用する年代計の閉鎖温度に対応した深度(=閉鎖深度)以深は、高温により年代はゼロリセットする。一方、閉鎖温度より低温となる閉鎖深度以浅では、年代値は時間経過に比例して徐々に蓄積していく。したがって、地表で採取した岩石から得られた年代は、岩石の形成年代ではなく、閉鎖深度から地表に到達するまでの経過時間に相当する(詳細な原理は、末岡ほか,2015;末岡&田上,2019参照)。そのため、対象とする試料は閉鎖温度よりも深部で形成した岩石であることが条件となる。閉鎖温度が低温の手法を適用すると、地殻のより浅い部分からの熱履歴を記録していることが期待されるため、山地の隆起・侵食の推定には、閉鎖温度が低温領域(<300℃)にある熱年代学的手法を用いるのが一般的である。本研究で主に実施したAFT法は、90~120℃(Ketcham et al., 1999)と比較的低温領域で年代が若返るため、地殻浅部の隆起・侵食履歴を反映していることが期待される。

6.1.2 分析試料

本研究でAFT 分析に用いる岩石試料は、京都大学が北上山地において別途採取した岩石(Fig. 6-1, Table 6-1)を JAEA が受領して分析を行った。まず、岩石試料から年代測定の対象鉱物を抽出するために、(株)京都フィッション・トラックに依頼し、12地点において鉱物分離を実施した。 分離結果を Table 6-1 に示す。結果として、12地点中10地点で年代分析に十分な粒子数(5000 粒以上)が得られた。#2 は岩種の違いや風化の影響を反映してか、分析に必要な粒子数が得られ なかった。#3 では、ジルコンは十分量得られたが、アパタイトは比較的少ないといった結果とな った。ただしこれらの試料に関しては、今後の分析に必要となった場合には、処理量の追加によ り十分量の粒子が得られると期待できる。

ZrU-Pb 年代測定に用いる試料は、3 試料の白亜紀花崗岩類 FST18-11、FST18-20、FSK19-2、

および1 試料の古第三紀流紋岩の KFS20-J1 の計4 試料である。これらの試料に関しては、既に 分離済みのジルコンを分析に使用した。

#	試料名	東経(°)	北緯(゜)	処理量(kg)	アパタイト(粒)	ジルコン(粒)
1	KFS20-01	141.39855	39.37863	0.2	5,000	10,000
2	KFS20-02	142.00258	39.58850	0.2	60	2,000
3	KFS20-03	142.002582	39.58885	0.2	1,000	10,000
4	KFS20-04	141.96672	39.64129	0.2	>10,000	100,000
5	KFS20-05	141.966599	39.641098	0.2	>10,000	10,000
6	KFS20-06	141.95699	39.64380	0.2	>10,000	10,000
7	KFS20-07	141.94126	39.65464	0.2	>10,000	10,000
8	KFS20-08	141.92884	39.67287	0.2	>10,000	10,000
9	KFS20-09	141.92183	39.69916	0.2	>10,000	>10,000
10	KFS20-10	141.88748	39.70822	0.2	>10,000	10,000
11	KFS20-11	141.77062	39.72524	0.2	10,000	10,000
12	KFS20-12	141.72402	39.71411	0.2	10,000	5,000

表 6-1 分析試料と鉱物分離結果一覧

6.1.3 AFT 年代測定

FT 法は、鉱物中に含まれる²³⁸U の自発核分裂現象によってできる線状損傷を利用した放射年 代測定法である。親核種は²³⁸U、子孫核種は鉱物中の傷(=フィッション・トラック)に相当す るため、両者を計測することで年代を求めることができる。今回は、地点間の空間的な位置や産 出した鉱物粒子数を考慮して、十分量のアパタイトが産出した10地点のうち、#1、#4、#6~10 の計 7 地点において AFT 年代分析を試みた。

AFT 分析は、鉱物の選別、樹脂包埋、研磨、化学処理(エッチング)といった試料の前処理を 経て、FT の計数、U 濃度測定といったデータを測定し年代値を計算する。試料の前処理から FT の計数までは京都大学大学院理学研究科で実施し、U 濃度測定には東濃地科学センターに設置さ れたレーザーアブレーション型誘導プラズマ質量分析装置(LA-ICP-MS)を使用した。

6.1.4 ZrU-Pb 年代測定

U-Pb 法は、鉱物中に含まれる U-Th 系列の放射壊変を利用した年代測定法である。親核種は Uで、子孫核種は壊変の最終生成物である Pb を用いる。U や Th は同位体が存在するため、壊 変系列が複数存在することが U-Pb 法の特徴である (²³⁸U-²⁰⁶Pb,²³⁵U-²⁰⁷Pb,²³²Th-²⁰⁸Pb)。概念的 には、異なる系列であっても得られる年代は一致すると期待されるので、任意の親・子孫系列の 同位体比を 2 つ取り出すと(例えば、²³⁸U-²⁰⁶Pb,²³⁵U-²⁰⁷Pb)、年代一致曲線(コンコーディア) を作成することができる。また、閉鎖温度は他の年代測定法に比べて高く、本研究で用いる ZrU-Pb 法の閉鎖温度は 900℃以上(Cherniak & Watson, 2001)である。したがって、岩石や鉱物の 形成年代や火成活動の時期の推定に用いられることが多い。本研究では北上山地の東縁に分布す る浄土ヶ浜の古第三紀流紋岩類の火成活動の時期の推定を目的に、ZrU-Pb 年代測定を実施した。 併せて、令和元年度に AFT 年代分析を実施した 3 試料について、形成年代の決定を目的に U-Pb 年代測定を実施した。

ZrU-Pb 分析は、AFT 分析における鉱物の選別から研磨までの手順とほぼ同様である。研磨終

了後は、鉱物粒子内の組成累帯の把握を目的に、京都大学大学院理学研究科敷設の電子プローブ マイクロアナライザー(EPMA)を用いて、カソードルミネッセンス(CL)像を撮影した。CL 像の撮影後、累帯構造の見られる粒子では中心部と外縁部を分けて同センターのLA-ICP-MSに よる分析を実施した。得られた U、Th や Pb 同位体存在比をもとにコンコーディア年代を計算し た。

6.1.5 分析結果と年代学的解釈

AFT 年代測定結果を Table6・2 に示す。結果として、156.8~70.3 Ma の AFT 年代が得られた。 また FT 法では、慣例として非ポアソン要素に由来する粒子年代のばらつきを評価するため、カ イニ乗検定 (Galbraith, 1981; 長谷部・荒井, 2007)を実施した。検定の結果、5%の水準で#4 以 外の試料が合格した。#4 に関しては 5%の水準で失格しているが、LA-ICP-MS 法では本検定に 失格しやすいことが指摘されている (長谷部・荒井, 2007)。本研究では以下の理由で全ての AFT 年代値を採用した; ①一次標準である U 濃度既知の標準ガラス (NIST SMR612: Pearce et al., 1997)の測定結果が整合的であること、②同時に測定した年代標準試料である Durango アパタ イト (31.4±0.5 Ma: Green, 1985)が推奨年代値に整合的であること。採用した AFT 年代値の 一部は、花崗岩の形成年代に相当する北上山地北部の ZrU-Pb 年代 (130~120 Ma: 土谷ほか, 2015; Osozawa et al., 2019)よりも古い結果が得られた。ただし、本研究の AFT 年代値は計測 FT 数・粒子数に起因した誤差が大きく、2 σ の誤差範囲では U-Pb 年代と重なるため調和的な結 果である。同様に、北上山地における既報 AFT 年代値 (138.0~74.4 Ma: 後藤, 2001; 福田ほか, 2020)とも整合的である。これらの年代値とその誤差は、今後の追加分析により高精度化できる と期待される。

ZrU-Pb年代測定の結果を Fig.6-1 に示す。まず、KFS20-J1 からは 44.3 Ma のコンコーディ ア年代が得られた。分析試料のジルコンにはほとんど累帯構造は見られず、加えて粒子年代のま とまりも良く、精度の良い年代が推定された。この ZrU-Pb 年代値は、先行研究で報告された全 岩 K-Ar 年代(例えば、43.5 Ma: 内海ほか, 1990)と閉鎖温度の関係を考えると調和的な結果で あり、先行研究よりも誤差範囲が狭い年代が得られたため、確度の高い年代が決定されたと判断 した。したがって、本研究では、浄土ヶ浜流紋岩類の火成活動の時期は 44.3 Ma であると結論付 けた。次に、3 試料の白亜紀花崗岩類の測定結果は 122.7~116.1 Ma の範囲であり、こちらも精 度の良いコンコーディア年代が得られた。一部の粒子では累帯構造が観察されたため、リム側の 年代値を採用しているが、全ての粒子年代がコンコーディア曲線に重なった。これらの ZrU-Pb 年代を既報年代データと比較する。阿武隈山地では、120~100 Ma の ZrU-Pb 年代が報告されて おり(例えば、Takahashi et al., 2016; Osozawa et al., 2019)、本研究で得られた 116.1 Ma (FST18-11)と整合的である。同様に、北上山地の北部では、130~120 Ma(土谷ほか, 2015; Osozawa et al., 2019)であり、本研究で報告した 117.3 Ma (FST18-20) および 122.7Ma (FST19-02) と整 合的である。

表 6-2 AFT 年代測定結果

試料番号	AFT 年代(Ma)	誤差範囲(1σ)	χ ² 検定(%)
#1	70.3	3.4	21.0
#4	138.4	10.6	1.6
#6	134.8	12.6	68.4
#7	156.8	15.2	57.8
#8	122.0	14.6	25.4
#9	111.2	9.4	20.0
#10	101.1	9.8	5.8

図 6-1 ZrU-Pb 年代コンコーディア図および CL 像の例

グラフ中の赤円は単粒子年代(誤差範囲は10)、CL像中の白線はスケールバーを表す(50µm)。



熱年代データに基づく地質学的知見

北上山地における AFT 年代の空間的傾向の把握のため、試料の東経と AFT 年代値をプロット した(Fig. 6-2)。既報年代と併せると、AFT 年代値は東側で最も古く、西に向かって若返る傾向 を示した。北上山地には第四紀火山はなく、田中ほか(2004)の地温勾配のデータを参考に、北上 山地の地温勾配がほぼ一様であると仮定すれば、東西の年代差は、地質学的スケールの北上山地 の隆起・侵食履歴を反映していると解釈できる。すなわち、北上山地の隆起形態は、西上がりの 傾動隆起で説明可能である。一方で、これらの年代値はすべて 60 Ma よりも古いことから、第四 紀の東西圧縮応力場による隆起・侵食履歴への影響は検出できなかった。その原因としては、AFT 法の検出限界(2~3 km)より実際の隆起・侵食量が小さい(<1 km 以下)可能性が挙げられる。 このような、比較的最近の隆起・侵食履歴の復元は、さらに閉鎖温度が低い熱年代計(例えば、 OSL 法、ESR 法など)の適用によって実現される可能性がある。

また、浄土ヶ浜流紋岩の火成活動の影響範囲をAFT 年代から定性的に評価する。本研究で ZrU-Pb 年代測定を実施した浄土ヶ浜の古第三紀流紋岩から、任意の距離で6地点(#4,#6,#7,#8,#9, #10) 採取しており、その距離はそれぞれ 1.0 km, 2.0 km, 3.5 km, 5.0 km, 7.0 km, 10 km の間 隔である。これら AFT 年代は、火成活動の時期に相当する ZrU-Pb 年代よりも有意に古い(Table 6・2)。また、流紋岩体からの距離と年代値に相関は見られず、むしろ全地点でほぼ一様ないし西 に向かって若返る傾向が見られた(Fig. 6・3)。したがって、44 Ma 時点の火成活動は AFT 年代 を完全に若返らせるほどの規模の熱イベントではなく、無視できる程度の熱影響であることが示 唆された。この空間的に一様もしくは西方若化の傾向は、北上山地の隆起形態を反映している可 能性がある。詳細なモデルや熱年代学的解釈は、AFT 年代と FT の長さ分布に基づく熱史逆解析 の適用が望まれる。




6.1.6 まとめと今後の展望

東北日本弧の前弧域の地質学的タイムスケールの熱史および隆起・侵食史の推定を目的に、北 上山地において岩石試料を採取し、AFT 年代測定を実施した。また、過去の火成活動の証拠とな る古第三紀火山岩の ZrU-Pb 年代測定を実施し、AFT 年代の空間的傾向から熱イベントの影響評 価を試みた。鉱物分離の結果、十分な粒子数が得られており、各年代分析もおおむね順調に進行 中である。今後は、年代値の高精度化のための追加分析や、さらに閉鎖温度の低い(U-Th)/He 法 の導入、熱史逆解析に加え、未測定地点での分析などが課題である。

さらに、超低温の熱年代学的研究の試みとして、岩手県釜石鉱山から採取されたボーリングコ ア試料(Yoshida et al., 2000)(山形大学提供)に対して、電子スピン共鳴(ESR)法に基づく熱 年代学の適用を計画している。ESR 法は閉鎖温度が25~50℃程度(塚本, 2020)と考えられてお り、数10万年~数100万年オーダーの冷却・侵食履歴の復元が期待される。分析は独・LIAGの 協力の下、現地の実験施設を使用した分析を予定していたが、コロナ禍のため延期を余儀なくさ れた。分析開始の見通しは不明である。

6.2 隆起速度の推定を目指した宇宙線生成核種による離水地形の年代決定

テクトニックに隆起する地域における地形は、侵食基準面の低下に対する応答としての地表面 の削剥によって発達する。侵食基準面低下の影響は、数万年から数十万年程度で河川を通じて空 間的に伝播し、陸域の地形を変化させてゆく。従ってそうした長期的な時間スケールでの隆起速 度とその変遷を定量的に復元することは、地質環境の長期安定性を評価するうえで重要である。

地域的な隆起の速度を推定する際に重要な手掛かりとなるのが海成段丘である。海成段丘の離 水年代を決定することができれば、それらの現在の標高分布に基づき、隆起速度を算出できる。 しかし、段丘面が上載層を欠いているか、何らかの理由で年代試料に乏しい場合には、その年代 決定は困難となる。そのような場合でも、地表近傍に存在する造岩鉱物の結晶格子中に生成・蓄 積する宇宙線由来の同位体(宇宙線生成核種)を用いることで、特定の条件が揃えば、段丘面の 形成年代を知ることができる可能性がある。

一般に、隆起海成段丘は、その面を形成した波食の作用から解放され、海水準の低下に伴って離水したのち、新たに削剥あるいは埋積される状態へと移行するという地形発達過程をもつ。このとき、段丘を構成する岩盤や堆積物に含まれる鉱物の宇宙線生成核種濃度から、離水のタイミングを高確度で推定するには、地形形成以降の地表面の削剥速度や埋積速度を考慮した補正が必要となる場合が多い。また、分析に供する鉱物粒子が、最終的な離水以前の履歴を反映して、無視できない量の宇宙線生成核種の持ち込み(継承核種: inheritance)を有している場合には、それに対する見積もりと差し引きも必要となる。ここでは、こうした特性を踏まえ、宇宙線生成核種を離水地形の形成年代決定に用いる場合に適用すべき数理モデルをパターン分けして示し、手法の具体的な適用手順を整理するとともに、適用の例を示す。

6.2.1 離水地形の形成過程における宇宙線生成核種の蓄積モデル

海成段丘が形成される過程を、図 6-4 に示す。離水以前には安定した海水準の環境下において 波食を受け、地域的な隆起速度とバランスした速度で侵食される岩盤平坦面(波食棚)が形成さ れている。海水準低下に伴い波食営力が弱まると、この面は薄い砂礫層を載せた状態で離水し、 段丘化する。以降、段丘面は隆起しつつ、開析の影響を受けて削剥されるか、風成物により埋積 を受けるという経過をたどることになる。



図 6-4 海成段丘の形成過程とパターン

段丘面がその形成以降に削剥を受けている場合(図 6-2-1C)、地表近傍における核種の蓄積は、

$$\frac{\partial C}{\partial t} = P_0 \sum P_i e^{-\frac{\rho_b x}{\Lambda_i}} - C\lambda + \frac{D}{\rho_b} \frac{\partial C}{\partial x}$$
(6.2.1)

と表現できる。ここで Cは核種濃度 (atoms g⁻¹)、tは地形成立以降の経過時間 (yr)、 P_0 は地表 での単位鉱物あたりの年間核種生成率 (atoms g⁻¹ yr⁻¹)、 λ は核種の壊変定数 (yr⁻¹)、xは任意 時点の地表を零点にとった深さ (m)、Dは地表面の削剥速度 (g m⁻² yr⁻¹)、 ρ_0 は地形を構成する 物質の密度 (g m⁻³)、 P_1 は核種を生成させる複数の相互作用それぞれの寄与率、 Λ_i は各々の核種 生成過程に関与する宇宙線由来粒子の平均自由行程 (g m⁻²) である。

削剥速度が時間的に変化しないものと仮定すると、式(6.2.1)の解は、

$$C = C_0 e^{-\lambda t} + P_0 \sum P_i e^{-\frac{\rho_b x}{\Lambda_i}} \left[\frac{1 - e^{-(D/\Lambda_i + \lambda)t}}{D/\Lambda_i + \lambda} \right]$$
(6.2.2)

と書くことができる。ここで、Coは、継承核種量(atoms g⁻¹)であり、段丘が形成される以前の 地史を反映して、初期値として持ち込まれる核種の量である。この式は、段丘面がその形成以降 に物理的な侵食や化学的な溶出による削剥を受け、更新されている場合における地表面下の核種 濃度の深度プロファイルを表す。

段丘が形成されて以降、風成物などによって埋積されている場合(図 6-4D)には、埋没した段 丘面以深における核種濃度の時間変化は、以下のように表すことができる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = P_0 \sum P_i e^{-\frac{\rho_b x + St}{\Lambda_i}} - C\lambda \qquad (6.2.3)$$

ここで xは埋没してゆく元の段丘表面を零点にとった深さ(m)、Sは地形の埋積速度($g m^{-2} yr^{-1}$)である。埋積速度が時間的に変化しないものと仮定すると、式(6.2.3)の解は、

$$C = C_0 e^{-\lambda t} + P_0 \sum P_i e^{-\frac{\rho_b x}{\Lambda_i}} \left[\frac{e^{-St/\Lambda_i} - e^{-\lambda t}}{\lambda - S/\Lambda_i} \right]$$
(6.2.4)

と書くことができる。この式は、埋積されつつある段丘における段丘構成層(初生的な砂礫層と 基盤岩)中の核種濃度の深度プロファイルを表す。





(A) 削剥ケース。(B) 埋積ケース。

図 6-5 に、海成段丘構成層の最上面での核種濃度の時間変化を示す。隆起によって波食棚が離水したタイミングを開始点とし、それ以降、段丘化した岩盤が削剥を受けた場合(式(6.2.2)、 図 6-2-1C)と、埋積を受けた場合(式(6.2.4)、図 6-4D)のそれぞれについて、構成層上面に おける石英中の宇宙線生成核種である¹⁰Beの濃度を計算した。パラメータとなる削剥あるいは 埋積の速度は、地形構成物質の密度を与えることで、理解しやすい単位(mm kyr⁻¹)で表記し ている。継承核種量は、離水前の波食棚面の侵食速度を仮に 200 mm kyr⁻¹として、動的平衡に 至った状態での核種濃度の深度分布に基づき与えている。

この図から、削剥速度あるいは埋積速度に依存して、岩盤上面での核種濃度の時間変化は大き く異なったものとなることがわかる。削剥と埋積いずれのモデルがふさわしいかは、対象とする 段丘面の浅層構造の観察から判断できるものと考えられる。しかし、いずれにせよ、削剥あるい は埋積の速度が大きいほど、岩盤上面の核種濃度は小さい値で頭打ちとなり、核種濃度から時間 情報を読み出すことができない状態へと至る。

手法の適用限界は、この特性に制約される。図 6-5 に示したケースでは、約3m 程度の削剥 あるいは埋積があれば、核種濃度がおおむね頭打ちとなることがわかる(図中の白抜き丸とそれ を結ぶ濃灰色破線)。このとき例えば、削剥あるいは埋積の速度が、10 mm kyr⁻¹であれば、年 代決定可能な時間スケールの上限はおよそ3×10⁵ yr となる。逆に、例えば海洋酸素同位体ステ ージ(MIS: Marine Isotope Stage) 9 の段丘は、離水以降の削剥あるいは埋積の速度が約 10 mm kyr⁻¹以下であれば、この手法により年代決定が可能であるといえる。ただし、単純に削剥 による平衡状態に達している場合には、状況の異なる複数地点での結果を組み合わせたり、むし ろ削剥速度が精度良く決定されることを援用して、地表面の比高や形態等の地形量の計測と合わ せて総合的な解析を行ったりすることで、地形の形成年代を推定するに足る情報が得られること もある。

もちろん、核種濃度が頭打ちとなる以前の段階であったとしても、削剥あるいは埋積の速度や 継承核種の量が不明であれば、核種濃度を年代に換算することはできない。何らかの根拠に基づ き、これらが定量的に評価できるか、無視しうる程度に過ぎないと判定されない限り、地形の形 成年代を確度良く決定することはできない。年代決定法としての適用範囲は、この条件によって も限られることになる。無論、地形の形成以降に、削剥と埋積を繰り返す複雑な履歴を経ていた り、削剥あるいは埋積の速度が復元不能な変遷を遂げていたりする場合には、ここで示したよう な単純なモデルが当てはまらない。基本的には、そうしたケースは、本手法による年代決定の適 用範囲外となる。

式(6.2.2)や(6.2.4)のように、モデル中に複数の未知変数がある場合や、年代値の確度と 精度を高めたい場合、あるいはモデルそのものの確からしさを検証したい場合には、一地点につ き、複数の異なる深さから試料を採取して分析を行い、核種濃度の深度分布にモデルカーブをフ ィッティングさせることで、未知変数の最尤値を得るという選択を取ることができる。このよう なアプローチは、深度プロファイリングと呼ばれている。段丘が埋積されている場合は、元の段 丘面が保存され、離水年代と堆積速度および堆積物の厚みの間に成り立つ関係を援用することに よって、未知変数としての埋積速度を消去することができる。しかし、削剥される場合は、元の 地形面が失われ、削剥速度を推し量ることが難しい。いずれの場合でも継承核種量を精緻に推定 する必要性は残されている。

6.2.2 核種濃度深度プロファイリング法の適用性検討

西南日本に位置する年代が既知(酸素同位体ステージ(MIS) 5e:約125ka)の段丘およびそれよりも古い時代の高位段丘を対象に、岩盤ボーリングコアを用いて 2.5 m 程度の深さまでの石

英中の ¹⁰Be 濃度を測定し、手法の適用性を検証した。図 6-6 に、岩盤中の ¹⁰Be の深度プロファ イルを示す。図には核種濃度の深度分布をプロットするとともに、離水以前の継承核種および離 水後の削剥による核種損失を考慮した場合の ¹⁰Be の蓄積モデル曲線を描いた。図 6-6A の MGT サイトは、段丘の高度と面的拡がりからみて MIS5e: 125 ka に対比される段丘である。図 6-6B の MHN サイトは MGT よりも高位にあり、相対的に古い時代に離水したと推定される丘陵化の 進行しつつある面である。

図 6-6A をみると、MGT サイトにおける段丘礫層以深の核種濃度の深度分布は、モデルカーブ とおおよそ整合的な減衰プロファイルをもち、かつ、期待される年代値(MIS5e 段丘の離水時期: 118 kyr)において、削剥のない場合の曲線に良く適合する。深さ約 50 cm 以浅の層相は攪乱さ れた土壌層であり、ここでの ¹⁰Be 濃度は外れ値となっている。これは異地性の岩屑が表層を覆っ ていることを反映している。これらの結果は、地形が平坦で強い削剥作用が働かない(削剥速度 が無視できる程度に小さい)という場の条件が整っていれば、MIS5e の海成段丘に対しては段丘 構成層中の ¹⁰Be 濃度プロファイリングによる離水年代測定が十分に可能であることを意味して いる。

一方、MIS5e よりも古いと推定される MHN サイト(図 6-6B)においては、長い時間露出し ていた地形に期待されるような高い核種濃度がみられず、何らかの削剥作用により、段丘面の最 上部が失われていることが示唆される。深さ約 30 cm 以浅の攪乱層では、やはり、¹⁰Be 濃度が低 濃度となっており、異地性の岩屑の影響と解釈できる。段丘構成層以深は離水年代 MIS11 段丘の 離水年代(399 kyr)と削剥速度 15 mm kyr⁻¹で良く説明できるようなプロファイルを示してい るが、年代の推定精度は高くない。この場所では、削剥により適用限界に近い厚みの物質が除去 された状態となっているものと推定される。



図 6-6 手法適用性の検討を行った海成段丘岩盤中の ¹⁰Be 深度プロファイル

6.2.3 まとめ: 手法適用性の手順および課題の整理

海成段丘に対し、岩盤中の宇宙線生成核種濃度の深度分布を測定し、核種の蓄積モデルの出力 をフィッティングさせることで、離水年代を決定する手法の整理を行い、実際に適用性を検討し た。MIS5e に離水したことが明らかな段丘については、期待される年代値と整合的な結果が得ら れた。一方、より古い丘陵化しつつある地形面においては、核種濃度が単純な露出の履歴から期 待されるよりも有意に小さく、むしろ離水後の削剥によって説明される結果となった。このこと は、離水してから数十万年程度以上の時間が経過した古い段丘については、陸化後の削剥の影響 が、年代推定に大きな不確かさをもたらすことを意味している(図 6-7)。





宇宙線生成核種を用いた離水地形の年代決定について、適用の手順と留意点は次のように要約 される。1) 試料採取の時点で、原面の保存性(図 6-2-4 参照) について十分注意深く検討すべき であり、宇宙線の貫入深度(約1-2m)に比して有意な厚みで地表面の削剥あるいは埋積が進行 していると判断される場合には、その場所での試料採取を避ける。中緯度地域の海成段丘の場合、 手法適用が完全に不可能な限界に達する削剥あるいは埋積の厚みは、おおむね3m程度である。 2) 削剥あるいは埋積が、それほど進行していないとみられる場所でも、地盤浅層構造の観察な どに基づき、核種濃度の時間変化を支配する地形過程が単純にモデル化でき、分析結果に対して モデルをフィッティングしてパラメータの推定を行うことができるかどうか、事前に慎重な検討 が求められる。3)分析にあたっては、深さ 2-3 m 程度までの、段丘構成層(初生的な段丘礫層 と基盤岩)を対象とした、核種濃度の深度プロファイリングを実施することが望ましい。これに より、削剥あるいは埋積の速度および継承核種量を補正しつつ、離水年代の決定を行うことがで きる。段丘構成層を覆う上載層は、異地性のものであることが考えられるため、分析あるいはデ ータ解析の対象から除外すべきである。4)離水時点で持ち込まれる継承核種の量については、現 成地形での核種濃度の分析結果を援用するなど、何らかの独立した方法で見積もりができると良 い。5) その他にも、隆起に伴う標高(核種生成率)の時間変化や、地形構成物質の密度、積雪や 上載層による遮蔽効果など、年代の確度・精度を上げるために必要なパラメータは、可能な限り 精確に定量すべきであろう。同一段丘面の多点分析による再現性の確認、および高度の異なる複 数段丘面での系統的な年代決定が、今後の課題として位置づけられる。

6.3 地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討

6.3.1 河床縦断形逆解析手法の研究動向とその問題点

近年になって発達した河床縦断形の逆解析手法は、地質学的スケールにおける地殻の隆起速度 履歴を面的に解明できる研究手法として急速に広まりつつある。しかし、この手法を日本列島の ような変動帯に応用するには、いくつかの問題点がある。一つは、多様な岩質が河川の基盤を構 成していた際に、地域による岩盤の侵食耐性の違いが考慮されていなかった点である。河床縦断 形逆解析の際には Stream power model と呼ばれるフォワードモデルが採用されるが、このモデ ルは基盤岩の強度を陽に含んでおらず、地質体の分布が複雑で異なる時代に形成された岩石が隣 接する変動帯での手法の適用の障害となっていた。しかし、この問題点を解決するため、近年に なって岩盤強度を考慮した Stochastic threshold stream power model が提案されている (Campforts et al., 2020)。今後、こういった岩盤強度を考慮するフォワードモデルの検証が進

めば、変動帯における河川縦断形逆解析もより容易となることが期待される。

河床縦断形逆解析のもう一つの問題点は、最適化計算手法がどのモデルも準ニュートン法に基 づく点推定であり、復元結果の誤差(不確定性)の議論が十分ではなかったことである。日本列 島のように河川が短く複雑なテクトニクスを経験した地殻に対して解析を行う場合は、解析結果 の不確定性は議論せざるを得ないだろう。この問題点を解決するため、今年度は、マルコフ連鎖 モンテカルロ法による河床縦断形の逆解析を検討した。以下にその手法的特徴と予察的な検討結 果について記述する。

6.3.2 マルコフ連鎖モンテカルロ法による逆解析

今年度は、河川縦断形の逆解析に際して行う最適化計算にマルコフ連鎖モンテカルロ(Markov ChainMCMC)法を用いることを検討した。これは、従来の河床縦断形の逆解析においては最適 化計算の際に局所的最適解に陥っている可能性を十分に吟味されていないという問題点、そして 解析結果の不確定性が十分に議論されていないという問題点を解決するためである。

MCMC法は、ベイズ推論を行う際に事後確率分布を近似的に求める計算手法として発達した。 ベイズ統計学で用いられるベイズの定理は、以下の式であらわされる。

$$p(\theta \mid D) = \frac{p(D \mid \theta)p(\theta)}{p(D)}$$

ここで、 θ はモデルパラメーター、Dは観測データと考える。 $p(\theta)$ はモデルパラメーターの事前確率分布で、何らかの情報が利用できないときは、無情報事前確率分布として一様分布を利用することが多い。 $p(D|\theta)$ は尤度であり、モデルパラメータが θ の時にDが得られる確率と等しい。通常のベイズ推論では、尤度関数を設定するためにデータの分布に関して何らかの仮定(正規分布など)が必要となる。p(D)はDという事象が起こる確率であり、尤度 $p(D|\theta)$ をすべての θ について足し合わせる周辺化によって計算することができる。 $p(D|\theta)$ は事後確率分布であり、逆確率とも呼ばれる。この事後確率 $p(D|\theta)$ はデータDが得られたときにモデルパラメーターが θ である確率(確信の度合い)を示しており、事後確率分布を求めることはいわば逆解析の目的そのものといえる。単にモデルパラメーターの最適化計算で求めた逆解析の結果とは異なり、ベイズ推論で求めた事後確率分布は点推定(最大事後確率分布(MAP)推定)の値だけではなく信頼区間(確信区間)を自然な形で与えてくれる。したがって、ベイズ推論の逆解析の結果からは、解析の精度(不確かさ)についても議論をすることが可能である。

MCMC 法は、ベイズ推論における事後確率分布をマルコフ連鎖によって得られるサンプルで 近似する手法である。ベイズ推論を行う際に問題となるのは、ベイズの定理右辺分母の周辺確率

p(*D*)が多くの場合で解析的に得られず、数値的な推定を行わざるを得ないことである。この問題 を解決するために発達したのが MCMC 法である。MCMC 法では、モデルパラメーターに何らか の初期値を設定し、サンプラーと呼ばれるアルゴリズムがこの初期値の周辺の事後確率を探索す る。サンプラーが所定の条件を満たしていれば(詳細つり合い条件)、MCMC 法におけるマルコ フ連鎖の無限回のサンプリングは事後確率分布と一致することが知られている。

MCMC 法のサンプラーとして最も多く用いられるのは、メトロポリス・ヘイスティングス法 (MH法) である。この手法では、推定するパラメータに何らかの初期値を与え、その後に何ら かの分布(提案分布)に基づく乱数を発生させてパラメータの移動を検討する。この新しいパラ メーターセットの移動の採択率rは、MH法においては以下の式に従う。

$$r = \min\left(1, \frac{q(\theta^{(t)} \mid a) f_p(\theta^{(t)})}{q(a \mid \theta^{(t)}) f_p(a)}\right) (8)$$

ここで、qは提案分布、 f_p はパラメータの事前分布である。 $\theta^{(t)}$ はステップtにおけるパラメータのセットであり、aは提案分布に従って発生させた乱数である。この提案分布qおよび採択率rに基づいて作成したマルコフ連鎖は詳細つり合い条件を満たしており(Hastings, 1970)、無限回の試行を行えば得られる分布が事後分布と一致する。

MCMC 法は、尤度関数を任意の目的関数に置き換えることで、最適化計算にも応用することが 出来る。本研究では、目的関数に正則化項を導入したうえで MCMC 法により最適化計算を行っ た。このとき、目的関数は以下のように定義される。

$$H = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} (z_n^0 - z_n^c)^2} + W_1 \left(\frac{1}{K(M-1)}\sum_{k=2}^{M} \left(\frac{U_k - U_{k-1}}{\delta t}\right)^2\right)^{0.5} + W_2 \left(\frac{1}{KM}\sum_{k=1}^{M} (U_k'')\right) + \frac{W_3}{KM}\sum_{k=1}^{M} f(U_k'') = \frac{1}{KM}\sum_{k=1}^{M} \frac{U_k - U_{k-1}}{\delta t} + \frac{1}{KM}\sum_{$$

このとき、 z^0 は観測された河川の標高、 z^c はフォワードモデルによって計算された河川の標高 である。また、Nは河川の流路上で実際に計算に使用する地点の総数であり、K\$は隆起速度を 設定した地点数である。すなわち、目的関数の第1項は、フォワードモデルの計算結果の残差二 乗平均平方根となっている。さらに、本研究では復元対象となる隆起速度Uの時間変化をM 個 に離散化して検討しているが、過適合をさけるために、隆起速度の変化を抑制する正則化項を目 的関数に導入している。このとき、 U_k は k 番目のタイムステップにおける隆起速度、 W_1 、 W_2 、 W_3 は U の正則化に関する重みづけ係数である。この目的関数において正則化項となっている第 二項と第三項は、Uの一階微分および二階微分の導関数の絶対値を評価しており、隆起速度の時 間変化が緩やかかつ滑らかであればあるほどよい値を示す。また、目的関数の最後の項に現れる 関数 f は隆起速度が負の値になることを避けるためのものであり、以下の式で与えられる。

$$f = \begin{cases} \cosh U_k - 1 & (U_k < 0) \\ 0 & (U_k \ge 0) \end{cases}$$
(7)

 U_k が0以上の値を取っているとfは0となり、 U_k が負の値を取っていると、0から離れれば離れるほど急速に大きな値を取る。本研究では正則化に関する重みづけ係数として、先行研究に基づいて $W_1 = W_2 = 0.001$ 、 $W_3 = 0.9$ を採用した。これら正則化項が必要となるのは、河川縦断形の逆解析で求めるべきパラメータ数が著しく多い(隆起速度設定点 $M \times$ 設定地点数K)ため、復元される隆起速度履歴が容易に過適合を起こしてしまうためである。

本研究では、隆起速度パラメータの事前分布としては隆起速度 01000 m/Myr の範囲の一様分 布とし、尤度関数として以下のボルツマン分布を用いた。

$$P_T(x) = \frac{1}{z_T} \exp\left(\frac{-H}{T}\right) \tag{8}$$

このとき、Hは目的関数、 z_T は正規化パラメータ、Tは粒子の移動を熱運動に見立てたときの 温度パラメータである。

H が最小値を取るとき、この尤度関数 $P_T(x)$ は最大値となる。なお、 z_T は以下の式で与えられる。

$$Z_T = \sum_{x \in X} \exp\left(\frac{-H}{T}\right) \tag{9}$$

MH 法においては尤度関数と事前分布の積の比が採択率を決めるため、この正規化パラメータ は分母と分子で打ち消しあう。したがって、MH 法のサンプリングの際に正規化パラメータの計 算は必要とされない。

ちなみに、*T*は最適化計算の際のハイパーパラメータとなっており、0 に近いほど尤度関数の 確率分布が鋭いピークを取るため、最適解の探索精度は上がる。しかし、その一方で、*T*が小さ い場合には局所的最適解に陥りやすくなるという欠点がある。本研究では、簡単のため T=1 とし ている。

6.3.3 東北地方の隆起速度履歴の解析例

河川縦断形逆解析における MCMC 法の有効性を検証するため、人工的に設定した隆起速度履 歴が逆解析によって復元できるか否かを検討した。解析に利用したのは東北地方の7河川系の地 形であり、これら河川系の支流それぞれの流路長・流域面積を国土地理院基盤地理情報 10 m メ ッシュ DEM より計測した。次に、東北地方全域にほぼ等間隔で 17 地点を設定し、それらの地点 における隆起速度履歴を人工的に与えて、フォワードモデル計算により、各河川系における仮想 的な河川縦断形を得た。この際に与えた人工データは、すべての地点で一定の隆起速度(200 m/Myr)である。また、隆起速度履歴は時間方向に 0.2 Ma ごとに離散化し、過去 80 万年間の隆 起速度が常に一定であるように設定した。隆起速度の空間分布は Rbf 法によって補間され、各タ イムステップにおける流路の各地点での隆起速度の値が算出される。これによって得られた人工 地形データを用いて、MCMC 法により逆解析を行い、得られた隆起速度履歴が人工データにど こまで一致するかを検証した。

本研究では、MH 法によってマルコフ連鎖を5万回にわたって発生させ、合計85(17地点× 5タイムステップ)の隆起速度パラメータのサンプルを得た。ただし、初期のマルコフ連鎖は初 期値(出発点)の影響を免れ得ず、事後分布と一致しない分布を示す。このような初期のサンプ リングの軌跡(トレース)を避けるため、本研究は最初の4万回のサンプルを廃棄し、最後の1 万回のサンプリング結果を事後分布の近似として採用した。

結果として、逆解析によって推定された隆起速度履歴は人工的に与えた速度履歴と 0-0.6 Ma の範囲においてはよく一致した(図 6-8~6-10)。一方、0.6 Ma 以前の領域の復元値はかなり人 エデータと乖離しており、不確定性(推定値の確信区間の幅)もかなり大きいものとなってい る。これは、東北地方の河川の長さが十分ではなく、0.6 Ma 以前の隆起速度履歴が河床地形から 失われつつあることを示していると解釈される。

まだ予察的な段階ではなるが、この検討により、MCMC 法は河川縦断形の逆解析を行う際の 最適化計算手法として十分に有効であることが確認された。5 万サンプルを得るのに要した計算 時間は約 2 日間であり、計算コストは低くないものの、十分に実用に耐える計算時間といえる。 今後は、ハミルトニアンモンテカルロ法などより収束性の高いサンプリングアルゴリズムを試す ことによって逆解析のパフォーマンスをさらに増すことを検討すべきであろう。



図 6-8 MCMCによる河床縦断形逆解析の結果として得られた河床縦断形と人工的に設定した 河床縦断形

河床縦断形(赤破線)と人工的に設定した河床縦断形(緑実線)。逆解析結果はおおむね人工デー タの河床縦断形と一致しているが、上流域では多少の乖離もみられる。

【付録1】



図 6-9 逆解析によって復元された隆起速度の空間分布と人工的に与えた隆起速度の分布 赤い点は隆起速度を設定した地点で、色は設定点での値からの補完によって得られる隆起速度分 布。0.4Ma までは逆解析結果と人工データがよく一致しているが、0.6 Ma 以降は乖離し始める。

【付録1】



図 6-10 各地点で復元された隆起速度履歴と人工的に与えた隆起速度履歴の比較 赤線は MCMC サンプルから無作為に 100 個抽出した隆起速度履歴で、青線はバーンイン期間を 除いた全サンプルの平均値(EAP 推定値)。緑線は人工データ。隆起速度の空間分布に大きな影 響を及ぼさない周辺地点(e.g. U0)を除いて、内陸部の隆起速度設定地点では復元値と人工デー タが 0.6Ma までは確信区間の範囲でよく一致していることがわかる。

6.3.4 河床縦断形逆解析ソフトウェア rpinvMC

従来、河床縦断形の逆解析を行う際の障害となっていたことの一つが、フリーで利用できるソ フトウェアが不足していたことである。本研究では、京都大学が開発した、河川縦断形逆解析を MCMC 法によって行うオープンソースソフトウェア rpinvMC を利用した。このソフトウェアは Python で書かれており、ソフトウェア開発の経験に乏しい研究者でも容易に利用することがで きる。ソフトウェアはソースコードと利用説明書も含めて Github にて公開されており (https://github.com/narusehajime/rpinvMC/)、改変・再配布も自由である。今後は、このコー ドを研究コミュニティの中で利用・発展させていくことで研究活動の効率化を図ることが望まし い。

7. まとめ

「地質温度計と熱年代による深部流体の温度・滞留時間の検討」では、深部流体起源の熱水活動の温度や滞留時間などの更なる検討を目的として、有馬温泉近傍の熱水変質露頭を対象として、 熱年代解析用の試料採取を実施した。断層沿いと断層から遠方における熱影響の違いを検討する ため、試料は主要な断層からの距離に応じて採取した。採取した試料を予察的に鉱物分離したと ころ、アパタイトは含有量が乏しかったが、ジルコンについては処理量の増加により、解析に必 要な量の粒子数が確保できる見込みである。今後は、これらのジルコンを主な対象として、FT 法 や(U-Th)/He 法といった熱年代学的手法の分析を進めることが課題となる。

「粘土鉱物の K-Ar 年代測定に基づいた断層帯の活動性の検討」では、脆性変形の時期の推定 を目的として、昨年度に引き続いて3種類の検討を実施した。粉砕が K-Ar 年代に及ぼす影響の 検証については、粉砕器具、粉砕時間、加熱時間の異なる計22試料の調整を行い、K測定まで完 了した。延岡衝上断層を貫くボーリングコア試料の K-Ar 年代測定については、新たに12試料の 鉱物分離を実施し(粒径は<0.1µm、<0.8µm、2-6µmの3通り)、K測定を実施した。阿寺断層 の断層ガウジ試料の K-Ar 年代測定については、3試料(粒径はいずれも<2µm)を鉱物分離し、 K測定を完了した。今後は、これらの試料の Ar 測定を完了して K-Ar 年代を取得し、それぞれの 検討目的に沿ってデータの解釈を進めていくことが課題となる。

「室内実験に基づいた、熱年代による断層活動性評価手法の高度化」では、前年度に実施した 水熱加熱試料との比較に供する、非加熱試料の各種年代学的データの取得を実施した。水熱加熱 実験にも用いた仁左平デイサイトのジルコンを対象として、(U-Th)/He 年代、U-Pb 年代、FT 年 代、FT 長を測定した。結晶内部面では U-Pb 年代と FT 年代は系統的に古い値を示す可能性があ ること、(U-Th)/He 年代は確度に関しては問題ないものの粒子年代のばらつきが大きいこと、FT 長は先行研究と同様に短縮を受けていないことを示す結果となったこと、などが明らかとなった。 これらの結果及び断層破砕帯への適用可能性に基づくと、今後の非加熱試料と水熱加熱試料の比 較は、FT 長測定に基づいた検討を優先的に進めていくべきと判断される。

「地質温度圧力計と U-Pb 年代測定法を用いた侵食史の推定」では、研究対象地域の侵食史推定を目的として、花崗岩試料に対する地質温度・圧力計の適用を行った。その結果、MME とホスト花崗閃緑岩では、MME の方が花崗閃緑岩と比べて、やや高い圧力範囲まで固結圧力を記録していることがわかった。MME と花崗閃緑岩の両方が記録している低圧側の固結圧力を黒部川花崗岩の固結圧力と解釈し、固結深度を 6.2±1.0~8.5±1.4 km と推定した。これらの試料についてジルコン年代が決定されれば、平均削剥速度を推定できる。今後は、黒部川花崗岩の他の試料にも分析と固結深度推定の範囲を広げ、広域的な平均削剥速度の分布を推定することが課題となる。

「熱年代学、宇宙線生成核種法、地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討」では、以下の 三つの検討を行った。

「熱年代学による山地の隆起・侵食過程の検討」では、東北日本弧の前弧域の北上山地において、地質学的タイムスケールの熱史・削剥史の推定を目的に熱年代解析を実施した。その結果、山地横断方向でみると、AFT 年代の空間分布は東から西に向かって若返る傾向を示した。また、北上山地東縁の火成活動による熱影響評価のために、古第三紀の火山岩の火成活動の時期を ZrU-Pb 年代に基づいて推定した。AFT 年代は火成活動の時期よりも有意に古く、加えて岩体までの水平距離と年代に相関は見られないことから、火成活動による熱影響は否定され、AFT 年代は山地全体の隆起・削剥傾向を反映している可能性が推定された。今後は、高精度に熱史を推定可能な FT 長に基づく熱史逆析や、より低温領域の AHe 熱年代法、および近年脚光を浴びつつある超

低温領の ESR 熱年代法による検討が課題となる。

「隆起速度の推定を目指した宇宙線生成核種による離水地形の年代決定」では、海成段丘の形 成年代決定に造岩鉱物中の宇宙線生成核種を用いる場合に、適用されうる数理モデルをパターン 分けして示し、手法の具体的な適用手順を整理するとともに、適用の例を示した。検討の結果、 日本のような湿潤温暖気候環境であっても、条件が整えば、宇宙線生成核種の深度プロファイル を用いた離水年代の決定が可能であると結論できる。今後、原面残存率の高い離水段丘に対して は、数十万年スケールでの年代決定が展開され、地域的隆起速度の時間変遷についての推定精度 が向上することが期待される。

「地形解析による山地の隆起・侵食過程の検討」では、河川縦断形の逆解析に際して行う最適 化計算について、準ニュートン法に基づいた従来の解析法では復元結果の誤差(不確定性)の議 論が不十分だった点を踏まえ、マルコフ連鎖モンテカルロ(Markov ChainMCMC)法を用いる ことを検討した。提案したモデルの有効性を東北地方の7河川系で検証したところ、逆解析によ って推定された隆起速度履歴は人工的に与えた速度履歴と0-0.6 Maの範囲においてはよく一致 し、本手法の有効性が確認された。今後の課題としては、より収束性の高いサンプリングアルゴ リズムの適用委による解析パフォーマンスの向上などが挙げられる。

8. 引用文献

- Anderson. J.L. and Smith, D.R., The effects of temperature and f_{02} on the Al-in-hornblende barometer. American Mineralogist, vol.80, pp.549-559, 1995.
- Ault, A.X., Gautheron, C. and King, G.E., Innovations in (U–Th)/He, fission track, and trapped charge thermochronometry with applications to earthquakes, weathering, surface mantle connections, and the growth and decay of mountains, Tectonics, vol.38, pp.3705-3739, doi:10.1029/2018TC005312, 2019.
- Blundy, J.D. and Holland, T.J.B., Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, vol.104, 208-224, 1990.
- Campforts, B., Vanacker, V., Herman, F., Vanmaercke, M., Schwanghart, W., Tenorio, G. E., ... & Govers, G. (2020). Parameterization of river incision models requires accounting for environmental heterogeneity: insights from the tropical Andes. Earth Surface Dynamics, 8(2), 447-470.
- Cherniak, D.J. and Watson, E.B., Pb diffusion in zircon, Chemical Geology, Vol.172, Issues 1– 2, p.5-24, doi:10.1016/S0009-2541(00)00233-3, 2001.
- Dodson, M.T., Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems, Contributions to Mineralogy and Petrology, vol.40, pp.259-274, 1973.
- Farley, K.A., Helium diffusion from apatite: general behavior as illustrated by Durango fluorapatite, Journal of Geophysical Research, vol.105, pp.2903-2914, 2000.
- Fukuda, S., Sueoka, S., Kohn, B.P. and Tagami, T., (U–Th)/He thermochronometric mapping across the northeast Japan Arc: towards understanding mountain building in an island-arc setting, Earth, Planets and Space, 2020.
- 福田将眞, 末岡 茂, 梶田侑弥, 長谷部徳子, 田村明弘, 森下知晃, 田上高広, 東北日本弧北部にお ける白亜紀花崗岩類の AFT 熱年代学: 熱史逆解析に基づく熱史・削剥史の推定, JpGU-AGU joint meeting 2020 virtual abstract, 2020.
- Galbraith, R.F., On statistical models for fission track counts, Mathmatical Geology, vol.13, pp.471-478, 1981.
- 後藤 篤,日本列島の隆起準平原の平坦化の時期―フィッション・トラック年代学からのアプロー チー,科研費成果報告書,課題番号 10440144,2001.
- Green, P.F., Comparison of zeta calibration baselines for fission-track dating of apatite, zircon and sphene, Chemical Geology: Isotope Geoscience section, Vol. 58, Issues 1–2, p. 1-22, doi:10.1016/0168-9622(85)90023-5, 1985.
- 原山 智,高橋正明,宿輪隆太,板谷徹丸,八木公史,黒部川沿いの高温泉と第四紀黒部川花崗岩, 地質学雑誌, vol.116, pp.63-81, 2010.Hasebe, H., Tagami, T. and Nishimura, S., Towards zircon fission-track thermochronology: Reference framework for confined track length measurements, Chemical Geology (Isotope Geoscience Section), vol.112, pp.169-178, 1994.
- Hasebe, N., Tamura, A. and Arai, S., Zeta equivalent fission-track dating using LA-ICP-MS and examples with simultaneous U–Pb dating, Island Arc, vol.22, pp.280-291, 2013.
- 長谷部徳子, 荒井章司, 年代標準試料の LA-ICP-MS-FT 年代測定結果, フィッション・トラック ニュースレター, 20, 40-41, 2007.
- Hastings, W. K., 1970. Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. Biometrika, 57, pages 97–109.

- Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H. and Sisson, V.B., Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. American Mineralogist, vol.72, pp.231-239, 1987.
- 藤田和夫, 六甲変動,その発生前後:西南日本の交差構造と第四紀地殻運動, 第四紀研究, vol.7, pp.248-270, 1968.
- 藤田和夫, 笠間太郎, 大阪西北部地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1図幅),地質調査所, 112p, 1982.
- Ito, H., Yamada, R., Tamura, A., Arai, S., Horie, K. and Hokada, T., Earth's youngest exposed granite and its tectonic implications: the 10–0.8 Ma Kurobegawa Granite. Scientific Reports, vol.3, 1306, 2013.
- Ketcham, R.A., Donelick, R.A. and Carlson, W.D., Variability of apatite fission-track annealing kinetics: III. Extrapolation to geological time scales, American Mineralogist, vol.84, pp.1235-1255, 1999.
- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構,一般財団法人電力中央研究所,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 地質環境長期安定性評価技術高度化開発 報告書,251p, 2020.
- Kusuda, C., Iwamori, H., Nakamura, H., Kazahaya, K. and Morikawa, N., Arima hot spring waters as a deep-seated brine from subducting slab, Earth, Planets and Space, vol.66:119, 2014. http://www.earth-planets-space.com/content/66/1/119
- Laslett, G.M., Green, P.F., Duddy, I.R. and Gleadow, A.J.W., Thermal annealing of fission tracks in apatite; 2. A quantitative analysis, Chemical Geology, vol.65, pp.1-13, 1987.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whit-taker, E.J.W. and Youzhi, G. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. Canadian Mineralogist, 35, 219-246.
- Manaka, M., Shimizu, T. and Takeda, M., Comparison of rock outcrop permeability with increasing distance from the Rokko fault zone, Engineering Geology, vol.271, 105591, 2020. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105591
- 益田晴恵,地球深部の窓:有馬温泉,温泉科学,vol.61, pp.203-221, 2011.
- 松田高明, ジルコン外部面トラックのアニーリング特性, フィッション・トラックニュースレタ ー, vol.3, pp.51-52, 1990.
- 松田高明, ジルコン外部面フィッション・トラックアニーリング特性の比較, フィッション・トラックアニーリング特性の比較, フィッション・トラックニュースレター, vol.5, pp.19-22, 1992.
- 松葉谷 治, 酒井 均, 鶴巻道二, 有馬地域の温泉, 鉱泉の水素と酸素の同位体比について, 岡山大 学温泉研究所報告, vol.43, pp.15-28, 1974.
- Mitchell, T.M., Ben-Zion, Y. and Shimamoto, T., Pulverized fault rocks and damage asymmetry along the Arima-Takatsuki Tectonic Line, Japan, Earth and Planetary Science Letters, vol.308, pp.284-297, 2011.
- Murakami, M. and Tagami, T., Dating pseudotachylyte of the Nojima Fault using the zircon fission-track method, Geophysical Research Letters, vol.31, 2004.

doi:10.1029/2004GL020211.

- Murakami, M., Košler, J., Takagi, H. and Tagami, T., Dating pseudotachylyte of the Asuke Shear Zone using zircon fission-track and U–Pb methods, Tectonophysics, vol.424, 99-107, 2006a.
- Murakami, M., Yamada, R. and Tagami, T., Short-term annealing characteristics of spontaneous fission tracks in zircon: a qualitative description, Chemical Geology, vol.227, pp.214-222, 2006b.
- Mutch, E.J.F., Blundy, J.D., Tattitch, B.C., Cooper, F.J. and Brooker, R.A., An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, vol.171, 85, 2016.
- 中田 高, 今泉俊文, 活断層詳細デジタルマップ, 68p, 2002.
- 西村 進, 桂 郁雄, 西田潤一, 有馬温泉の地質構造, 温泉科学, vol.56, pp.3-15, 2006.
- Niwa, M., Mizuochi, Y. and Tanase, A., Changes in chemical composition caused by waterrock interactions across a strike-slip fault zone: case study of the Atera Fault, Central Japan, Geofluids, vol.15, pp.387-409, 2015.
- Osozawa, K., Usuki, T., Usuki, M., Wakabayashi, J. and Jahn, B., Trace elemental and Sr-Nd-Hf isotopic compositions, and U-Pb ages for the Kitakami adakitic plutons: Insights into interactions with the early Cretaceous TRT triple junction offshore Japan, Journal of Asian Earth Sciences, Vol.184, 15, 103968, doi:10.1016/j.jseaes.2019.103968, 2019.
- Pearce, N.J., Perkins, W.T., Westgate, J.A., Gorton, M.P., Jackson, S.E., Neal, C.R. and Chenery, S.P., A Compilation of New and Published Major and Trace Element Data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 Glass Reference Materials, Geostandards Newsletter, 21: 115-144, doi:10.1111/j.1751-908X.1997.tb00538.x, 1997.
- Reiners, P.W., Spell, T.L., Nicolescu, S. and Zanetti, A., Zircon (U–Th)/He thermochronometry: He diffusion and comparisons with ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol.68, pp.1857-1887, 2004.
- Reiners, P.W., Ehlers, T.A. and Zeitler, P.K., Past, present, and future of thermochronology, Reviews in Mineralogy & Geochemistry, vol.58, pp.1-18, 2005.
- Reienrs, P.W., Nonmonotonic thermal histories and contrasting kinetics of multiple thermochronometers, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol.73, pp.3612-3629, 2009.
- 寒川 旭, 有馬-高槻構造線中・東部地域の断層変位地形と断層運動, 地理学評論, vol.51, pp.760-773, 1978.
- 寒川 旭, 杉山雄一, 宮地良典, 有馬・高槻構造線活断層系の活動履歴及び地下構造調査, 平成7年 度活断層研究調査概要報告書, 地質調査所研究資料集, vol.259, pp.33-46, 1996.
- 産業技術総合研究所,日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース,産業技 術総合研究所地質調査総合センター数値地質図 P-5 (CD-ROM), 2004.
- Schmidt, M.W., Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, vol.110, pp. 304-310, 1992.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構,本宮地域-地熱開発促進調査報告書-, No.37, 1996.
- 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会地層処分技術ワーキンググルー プ,最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価-地質環境特性および地質環境の長期安 定性について-,2014,61p.

- Sudo, M., Tagami, T., Sato, K., Hasebe, N. and Nishimura, S., Calibration of a new Ar analytical system for the K-Ar dating method and analytical results of K-Ar age known samples, Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy, vol.58, pp.21-40, 1996.
- 末岡 茂,田上高広,堤 浩之,長谷部徳子,田村明弘,荒井章司,山田隆二,松田達生,小村健太 朗,フィッション・トラック熱年代に基づいた六甲地域の冷却・削剥史,地学雑誌,vol.119, pp.84-101, 2010.
- 末岡 茂,堤 浩之,田上高広,低温領域の熱年代学の発展と日本の山地の隆起・削剥史研究への応用,地球科学,vol.69, pp.47-70, 2015.
- 末岡 茂,田上高広,低温領域の熱年代学の原理と地殻浅部のテクトニクスへの応用,地学雑誌, vol.128, pp.707-730, 2019.
- Sueoka, S., Iwano, H., Danhara, T., Niwa, M., Kanno, M., Kohn, B.P., Kawamura, M., Yokoyama, T., Kagami, S., Ogita, Y. and Hirata, T., Thermal characteristics of fossil fluids from the Philippine Sea slab: Insights from fluid inclusions and thermochronology, Earth and Space Science Open Archive, 2020. https://doi.org/10.1002/essoar.10504421.1
- Tagami, T., Uto, K., Matsuda, T., Hasebe, N. and Matsumoto, A., K-Ar biotite and fission-track zircon ages of the Nisatai Dacite, Iwate Prefecture, Japan: A candidate for Tertiary age standard, Geochemical Journal, vol.29, pp.207-211, 1995.
- Tagami, T., Galbraith, R.F., Yamada, R. and Laslett, G.M., Revised annealing kinetics of fission tracks in zircon and geological implications. In: Van den Haute, P., De Corte, F. (Eds.), Advances in Fission-track Geochronology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp.99-112, 1998.
- 田上高広,渡邊裕美子,板谷徹丸,地震断層の年代学一最近の新展開と今後の展望一,月刊地球, vol.32, pp.3-9, 2010.
- Tagami, T., Thermochronological investigation of fault zones, Tectonophysics, vol.538-540, pp.67-85, 2012.
- Tagami, T., Application of fission-track thermochronology to understand fault zones. In: Malusà, M.G., Fitzgerald, P.G. (Eds.), Fission-Track Thermochronology and its Application to Geology. Speinger, Cham, Switzerland, pp.221-233, 2019.
- Tagami, T. and Matsu'ura, S., Thermal annealing characteristics of fission tracks in natural zircons of different ages, Terra Nova, vol.31, pp.257-262, 2019.
- 高橋裕平,角閃石中のAl量一花崗岩類に有効な地質圧力計.地質調査所月報,vol.44, pp.597-608, 1993.
- Takahashi, Y., Mikoshiba, M., Kubo, K., Iwano, H., Danhara, T. and Hirata, T., Zircon U–Pb ages of plutonic rocks in the southern Abukuma Mountains: Implications for Cretaceous geotectonic evolution of the Abukuma Belt. Island Arc, 25: 154–188. doi: 10.1111/iar.12145, 2016
- 田結庄良昭, 兵庫県, 三田市付近の有馬層群および岩脈のフィッション・トラックおよび K-Ar 年 代, 神戸大学発達科学部研究紀要, vol.9, pp.85-109, 2001.
- Takagi, H., Shimada, K., Iwano, H. and Danhara, T., The oldest record of brittle deformation along the Median Tectonic Line determined by FT zircon age for pseudotachylyte in the Taki area, Mie Prefecture, Journal of Geological Society of Japan, vol.116, pp.45-60, 2010.
- 田中明子,山野 誠,矢野雄策,笹田政克,日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量デ

ータベース, 数値地質図 DGM P-5, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 2004.

- 土谷信高,武田朋代,足立達朗,中野伸彦,小山内康人,足立佳子,北上山地の前弧白亜紀アダカ イト質火成活動とテクトニクス,岩石鉱物科学,44,69-90,2015.
- Tsukamoto, S., Tagami, T. and Zwingmann, H., Direct dating of fault movement. In: Tanner, D., Brandes, C. (Eds.), Understanding Faults: Detecting, Dating, and Modeling. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 257-282, 2020.
- 塚本すみ子,石英の電子スピン共鳴(ESR)年代測定一堆積物の年代測定と超低温熱年代学,第 四紀研究, vol.59(6), p.119-127, doi:10.4116/jaqua.59.119, 2020.
- 歌田 実, 六甲花崗岩類の変質作用:鉱物変化と帯磁率変化, 地学雑誌, vol.112, pp.360-371, 2003.
- 内海 茂, 宇都浩三, 柴田 賢, K-Ar 年代測定結果-3 —地質調査所未公表資料— 地質調査所月 報, 41, 567-575, 1990.
- Vermeesch, P., IsoplotR: A free and open toolbox for geochronology, Geoscience Frontiers, vol.9, pp.1479-1493, 2018.
- Yamada, R., Tagami, T. and Nishimura, S., Confined fission-track length measurement of zircon: Assessment of factors affecting the paleotemperature estimate, Chemical Geology, vol.119, pp.293-306, 1995a.
- Yamada, R., Tagami, T., Nishimura, S. and Ito, H., Annealing kinetics of fission tracks in zircon[:] an experimental study, Chemical Geology, vol.122, pp.249-258, 1995b.
- Yamada, R., Murakami, M. and Tagami, T., Statistical modelling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; Reassessment of laboratory experiments, Chemical Geology, vol.236, pp.75-91, 2007.
- Yamada, K., Tagami, T. and Shimobayashi, N., Experimental study on hydrothermal annealing of fission tracks in zircon, Chemical Geology, vol.201, pp.351-357, 2003.
- Yamada, K., Hanamuro, T., Tagami, T., Shimada, K., Takagi, H., Yamada, R. and Umeda, K., The first (U–Th)/He thermochronology of pseudotachylyte from the Median Tectonic Line, southwest Japan, Journal of Asian Earth Sciences, vol.45, pp.17-23, 2012.
- Yoshida, H., Aoki, K., Semba, T., Ota, K., Amano, K., Hama, K., Kawamura, M. and Tsubota, K., Overview of the stability and barrier functions of the granitic geosphere at the Kamaishi Mine: relevance to radioactive waste disposal in Japan, Engineering Geology, 56, 151-162, 2000.

岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の 高度化に関する研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

国立大学法人山形大学 国立大学法人東京大学地震研究所 学校法人学習院学習院大学 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1	概要	付 2	2-3
	1.1 共同研究件名	付2	2-3
	1.2 研究目的	付2	-3
	1.3 実施期間	付2	-3
2	研究内容	付 2	2-4
	2.1 研究概要	付2	2-4
	2.2 共同研究内容	付2	-4
3	研究手法	付 2	2-6
	3.1 内部構造に基づく U-Pb 年代測定・チタン濃度の同時定量技術の開発	付2	-6
	3.2 ジルコン内での分析地点の選定	付2	-7
	3.3 試料選定	付2	-8
	3.4 U-Pb 年代測定・チタン濃度の同時定量技術の高度化	付 2-1	10
4	研究成果	付 2-	12
	4.1 ジルコン内での内部構造に基づく分析地点の選定	付 2-1	12
	4.2 ジルコンの U-Pb 年代とチタン濃度から結晶化年代・温度の導出	付 2-1	16
	4.3 ジルコンの物理化学条件に基づく隆起史・侵食史の初期条件の制約	付 2-3	33
5	まとめ	付 2-3	34
弓	用文献	付 2-3	35

1 概要

1.1 共同研究件名

「岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究」

1.2 研究目的

わが国においては、従来から、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全評価において重要と なる、放射性核種が地下水を介して生物圏へ移行するという「地下水シナリオ」に係る評価の信 頼性向上に資するための要素技術開発が進められている。平成30年3月に公開された「地層処 分研究開発に関する全体計画(平成30年度~平成34年度)」では、地層処分に適した地質環 境の選定およびモデル化において自然現象の影響を把握することの重要性が示されるとともに、 火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食に関する調査・評価技術の高度化に関 する研究開発課題が整理されている。

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、経済産業省資源エネルギー庁から受託 した「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(地質環境長期安 定性評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の選定に係る自然現象の影響 把握及びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活動、深部流体、地震・断層活 動、隆起・侵食に対し、地質学、地形学、地震学、地球年代学等の各学術分野における最新の研 究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解決に必要な知見の蓄積や調査・評 価技術の高度化を総合的に進めている。このうち隆起・侵食については、隆起量・侵食量の評価 に反映するための、熱年代学的手法等を用いた隆起・侵食評価手法の整備が、技術開発課題とし て提示されている。

本共同研究では、岩石学、地球年代学等の手法を融合的に用いることで、隆起量・侵食量の 評価方法の整備に関する課題の検討を行う。深成岩体を伴う地域の隆起量・侵食量の評価には 地球年代学の中でも熱年代学的な手法が有用である。また鉱物の組織的特徴や化学組成は、鉱 物生成時の環境や温度条件を把握するための手がかりとなる。これらの岩石学的手法と熱年代 学的な手法を融合することにより、マグマの貫入・定置に関する情報等、熱年代学のみでは得ら れない隆起史・侵食史の解明に資する地質情報の取得が期待できる。これらの手法を通じて隆 起量・侵食量評価に寄与する自然現象の影響評価手法の整備及び高度化を試みた。

1.3 実施期間

令和2年9月1日 - 令和3年1月31日

2 研究内容

2.1 研究概要

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研究開発事業(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)においては、研究開発課題の一項目として「隆起・侵食の調査・評価技術の高度化」を実施しており、地形学的手法や年代測定手法の整備及び高度化により過去百万年~数 十万年前以前からの隆起・侵食の過程を把握するための技術の拡充を目指している。こうした背景の中で、本共同研究では、特に岩石学、地球年代学等の手法を融合的に用いることで、隆起量・ 侵食量の評価方法の整備に関する課題の検討を実施する。

深成岩体を伴う地域の隆起量・侵食量の評価には地球年代学的(熱年代学的)な手法が有用で ある(例えば、末岡ほか,2015¹); Yuguchi et al., 2019²))。また鉱物の組織的特徴や化学組成は、 鉱物生成時の温度条件や環境を把握するための手がかりとなる(Yuguchi et al., 2019²))。これら のことから、岩石学的手法と地球年代学的な手法の融合は、マグマの貫入・定置に関する情報等 の、熱年代学のみでは得られない隆起史・侵食史の解明に資する地質情報の取得が可能となる。 本研究では、深成岩中に産出するジルコンに着目し、これらの手法の構築を通じて隆起量・侵食 量評価に寄与する自然現象の影響評価手法の高度化に向けた整備を実施する。

2.2 共同研究内容

令和2年度の共同研究では、ジルコンの U-Pb 年代に基づく結晶化年代、およびカソードルミ ネッセンス (CL) 観察に基づく成長様式の解明を通じて、ジルコン成長の物理化学条件を決定す る手法の構築を行う。また、ジルコンの結晶化温度を推定するためにチタン温度計を適用する。 平成31年度(令和元年度)に山形大学、東大地震研及び原子力機構間で実施した共同研究「岩 石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究」では、レーザーアブ レーション ICP 質量分析装置を用いた U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量技術を構築した (Yuguchi et al., 2020³)。令和2年度は、LA-ICP 質量分析装置のレーザー径を絞り、更に空間 分解能の高いデータ取得を実施して、CL 観察で得られる内部構造の相違に基づく U-Pb 年代デ ータとチタン濃度の取得を試みる。また、若い年代値(1 Ma 以下)や古い年代値(100 Ma 以上) を示すことが予測される複数の深成岩体を対象試料として用いることで、研究手法の汎用性を検 証する。またこれらのデータ拡充に併せて、U-Pb 年代及びチタン濃度の定量技術の最適化・高度 化を図る。

令和2年度の研究内容・手順を以下に示す。

計画立案・情報整理

本年度の研究計画を立案するとともに、既往情報を整理し、本年度分析を行う試料の選定基準や数量を決定する。

(2) 試料選定

(1)で決定した選定基準をもとに分析対象とする鉱物試料を選定する。試料については、若い 年代値(1 Ma 以下)や古い年代値(100Ma 以上)を示すことが予測される複数の深成岩体を 対象試料として選定する。

(3) 鉱物試料の分析及び結果の解釈

(2)で選定した鉱物に対して前処理を行った後、組織的特徴を観察、地球年代学的データの取 得、及び化学組成データの取得を実施する。カソードルミネッセンス観察に基づく組織的特徴 の観察、化学組成の取得、U-Pb年代に基づく結晶化年代など地球年代学的データの取得を実施 する。また、鉱物試料の中でもジルコンの結晶化温度を推定するためにチタン温度計を適用す る。平成31(令和元)年度に山形大学と実施した共同研究「岩石・年代学的手法を用いた自然 現象の影響評価手法の高度化に関する研究」に引き続き、複数の岩体を対象にし、データの拡充 を図る。また、チタン濃度の定量性については、分析手法の検討から定量下限を現在のレベルか ら下げるなど分析法の最適化・高度化を図る。これらの結果に基づき、得られた地質情報の解釈 を行い、自然現象の影響評価手法の高度化に向けた検討を行う。

(4) 取りまとめ

上記(1)~(3)における実施・検討内容を取りまとめた報告書を作成する。

【 付録 2 】

3 研究手法

3.1 内部構造に基づく U-Pb 年代測定・チタン濃度の同時定量技術の開発

Yuguchi et al. (2016)⁴⁾では、土岐花崗岩体のジルコンに対して内部構造を考慮しつつ、U-Pb 年 代測定による結晶化年代の決定およびチタン濃度分析に基づく結晶化年代の決定を行った。しか し U-Pb 年代測定は LA-ICP-MS、チタン濃度の定量は EPMA を用いてデータの収集を行ったた め、それぞれの年代データ、温度データと成長構造を関連づけることは未解明の課題であった(図 3-1)。



図 3-1 土岐花崗岩体中のジルコンの CL 像(Yuguchi et al., 2016⁴⁾) ジルコン中のクレータが LA-ICP-MS による U-Pb 年代測定地点であり、 黒丸が EPMA による Ti 濃度定量分析地点である

平成 31 年度(令和元年度)に山形大学、東大地震研及び原子力機構間で実施した共同研究「岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究」では、レーザーアブレーション ICP 質量分析法(Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: LA-ICP-MS)を用いた U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量技術を構築した(本成果は Yuguchi et al. (2020)³において公表)。これによって年代とチタン濃度を関連付けることを可能にした(図 3-2)。

さらなる発展的な課題として、この LA-ICP-MS による同時定量データとカソードルミネッセ ンス像の内部構造を関連付けるためには、レーザー径の絞り込みや最適化などの検討が必要であ った。レーザー径が大きい場合、ICP-MS に導入する試料の量が多くなり、高い精度の分析が可 能となるが内部構造にまたがった分析点となり、内部構造を反映したデータの取得は困難である。 しかし、レーザー径を小さくしようとした場合、ICP-MS に導入する試料の量が少なくなり、分 析精度が低減する。つまり、分析精度を保ちつつ、内部構造を反映できるようなレーザー径の設 定が必要となる。そこで本共同研究では、U-Pb 年代測定およびチタン濃度の同時定量分析技術 の最適化・高度化を実施する。また年代値の異なる複数の深成岩体を対象試料として用いること で、様々な岩体に対する本研究手法の汎用性を検証する。



図 3-2 黒部川花崗岩体(優白質岩)中のジルコンの化学組成(BSE)像と カソードルミネッセンス(CL)像(Yuguchi et al., 2020³⁾) 図中の丸印が LA-ICP-MS による U-Pb 年代測定とチタン濃度の同時定量分析地点 A: KRG-9-2a No. 1, B: KRG-9-2b No. 2

3.2 ジルコン内での分析地点の選定

ジルコンの結晶化年代および結晶化温度を導出する上で、ジルコンの成長様式を反映する内部 構造の把握は重要な課題である。この成長構造の解明のために、電子顕微鏡によるカソードルミ ネッセンス像観察(SEM-CL)を実施した。カソードルミネッセンス(CL)とは、電子顕微鏡で 電子線を鉱物に照射した際に発する光を像としたものである。鉱物中の微量元素や格子欠陥など により、その発光量は変化する。CL像観察により、ジルコンの内部構造を可視化できる。SEM-CL像観察には山形大学理学部に設置された SEM-CL装置(JEOL IT-100A + Gatan Mini CL)、 原子力機構 東濃地科学センター所有の EPMA(JEOL JXA-8530F)を使用した。本研究での分 析点は、SEM-CL像観察に基づき、U-Pb年代・チタン濃度同時定量地点を内部構造に基づき選 定した(図 3-3)。



図 3-3 内部構造に基づく U-Pb 年代測定とチタン濃度の同時定量分析地点 図中の丸印が LA-ICP-MS による U-Pb 年代測定とチタン濃度の同時定量分析の検討地点 (黒部川花崗岩体(優黒質岩)中のジルコン 009-1 e No.9)

3.3 試料選定

令和2年度の共同研究においては、3つの深成岩体から採取したジルコンを研究対象とする。 試料とした岩体は、生成年代の異なる富山県の黒部川花崗岩体、岩手県の遠野複合深成岩体、お よび岩手県の堺ノ神深成岩体からなる。生成年代の異なる岩体のジルコンを用いることで、本共 同研究にて用いる手法の汎用性が評価可能となる。以下にそれぞれの岩体の特徴を記す。

黒部川花崗岩体は、富山県(糸魚川-静岡構造線の西方)に位置する深成岩体である。黒部川 花崗岩体は0.8-10 MaのジルコンU-Pb年代を有し、世界の露出する花崗岩の中で最も若い年代 を有するとされる(Ito et al., 2013⁵⁾)。そのなかでも、本研究ではIto et al., (2013)⁵⁾において、 最も若い0.8 Maの年代値を有する領域から試料を採取した。黒部川花崗岩などの若い年代を示 すジルコンのU-Pb年代を得ようとする場合、その誤差は古い年代を示すジルコンと比較した場 合で、かつ年代に対する不確かさが壊変定数や子孫核種の量に寄らないと仮定した場合、結果と してその絶対値は小さくなる。このため、ジルコン内部の変化を評価する上で、黒部川花崗岩体 は年代の誤差が数十万年程度となり、見かけ上時間分解能がより高くなるためジルコンの結晶化 プロセスを議論する上で適した試料と考えられる。また、0.8 Maの年代値を有する地域である祖 母谷温泉周辺では、優白質岩と優黒質岩が狭い領域で混在する(図 3-4)。本研究では、優白質岩 および優黒質岩を実験試料として採用した(表 3-1)。試料はジルコンを分離した後、鉱物のみを マウントし、分析を行った。



図 3-4 黒部川花崗岩の優白質岩と優黒質岩の産状を示す写真 ハンマーの長さは 39.5 cm

岩体名	試料個数	サンプル名
黒部川花崗岩体	2	優白質岩:009-2、006-2
		優黒質岩:009-1e
遠野複合深成岩体	3	中心部相
		主岩相
		周辺部相
堺ノ神深成岩体	2	優黒質岩A
		優黒質岩 D

表 3-1 本共同研究で対象とする岩石試料

遠野複合深成岩体は、北上山地の中央部に位置する深成岩体である。遠野複合深成岩体は3つの岩相を有している。その構成は、岩体の中心部の優白質な岩相(中心部相)、その周囲を取り囲む花崗閃緑岩・トーナル岩(主岩相)、岩体西縁部に閃緑岩(周辺部相)からなる累帯深成岩体である(御子柴・蟹沢,2008⁶)。主岩相でカリ長石 K-Ar 年代測定が行われており,109±3 Maの年代が報告されている(内海ほか,1990⁷)。また中心部相の全岩 Rb-Sr 年代は98±20 Ma であり,主岩相と周辺部相の全岩 Rb-Sr 年代は114±13Maの報告がなされており(加々美,2005⁸)、それぞれの岩相で貫入・定置様式が異なっていることが示唆される。御子柴・蟹沢(2008)⁶では生成プロセスとアダカイトとの関連も議論されており、それぞれの岩相でのジルコンの結晶化年代と結晶化温度の導出は、形成プロセスの解明にも有用な知見をもたらすことが可能である。本研究では3岩相のそれぞれから試料を選定した(表3-1)。遠野複合深成岩体の試料も、ジルコン分離を行った後、鉱物のみをマウントして分析を行った。

堺ノ神深成岩体は、北上山地に位置する深成岩体である。先に記した遠野複合深成岩体の北方 に位置する。堺ノ神深成岩体は斑レイ岩から花崗閃緑岩の岩相変化に富んだ岩体である(Kato and Hama, 1976⁹⁾)。堺ノ神深成岩体は今日まで引用可能な年代報告は行われておらず、ジルコ ン U-Pb 年代の導出は地質学的意義も深い。本年度の共同研究では、対象とする岩相として斑レ イ岩に注目した。この斑レイ岩は岩体の南部ならびに西部に比較的大きな領域を持ち分布する産 状と岩脈状に分布する産状を有する。それぞれを優黒質岩 A,優黒質岩 D として選定した(表 3-1)。本試料は、薄片中のジルコンに対して分析を行った。マウント試料はジルコンの中心部分 を分析面とした分析が可能であり、薄片試料は分析面が粒子のいずれの断面か判断することはで きないが、ジルコンの周辺産状を保存するメリットを有する。

3.4 U-Pb 年代測定・チタン濃度の同時定量技術の高度化

ジルコンの結晶化年代およびチタン温度計による結晶化温度の推定を行うため、レーザーアブ レーション ICP 質量分析法(Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: LA-ICP-MS)による U-Pb 同位体分析およびチタン濃度の定量分析を同時に実施する分析手法の 開発を行った。

平成31年度(令和元年度)に山形大学、東大地震研及び原子力機構間で実施した共同研究「岩石・年代学的手法を用いた自然現象の影響評価手法の高度化に関する研究」およびYuguchi et al.

 (2020)³⁾では、LA-ICP-MS を用いた U-Pb 年代とチタン濃度の同時定量技術を構築した。20-30 μm のレーザー径を設定することにより、その微小領域におけるジルコンの U-Pb 年代測定と チタン濃度を同時取得する技術を構築した。令和 2 年度の共同研究においても Yuguchi et al.
(2020)³⁾の分析条件を踏襲する(表 3-2)。

昨年度からの発展として、より内部構造を反映したジルコンの U-Pb 年代測定とチタン濃度の 同時定量を行うために、レーザー径の最小化を試みる。先にも述べたが、レーザー径が大きい場 合、ICP-MS に導入する試料の量が多くなり、高い精度の分析が可能となるが内部構造にまたが った分析点となり、内部構造を反映したデータの取得は困難である。しかしレーザー径を小さく しようとした場合、ICP-MS に導入する試料の量が少なくなり、分析精度が低減する。つまり、 分析精度を保ちつつ、内部構造を反映できるようなレーザー径の設定が必要となる。1 Ma より 若い年代を有する黒部川花崗岩では、子孫核種の鉛(206Pb, 207Pb)の量が少なく年代測定の精度 が低下するため、比較的大きなレーザー径 25 μm を用いた。一方で 100 Ma よりも古い年代を有 すると考えられる遠野複合深成岩体と堺ノ神深成岩体では、感度よりも空間分解能を優先してレ ーザー径 15 μm を設定した。

本共同研究では、学習院大学所有の LA-ICP 質量分析装置(LA: ESI 製 NWR213 (Nd:YAG laser); ICP 質量分析装置 (Agilent Technology 製 Agilent8800))を使用した。分析条件を表 3-2 に示す。なお、ICP 質量分析装置 (Agilent8800) は、トリプル四重極型の質量分析装置で、酸素ガスをリアクションガスに使用したマスシフトモードで分析を行った。

U-Pb 同位体分析のブラケッティング標準試料として、標準ジルコン 91500 (Wiedenbeck et al., 1995¹⁰⁾)を用いた。また、得られる年代値の妥当性を評価するため、GJ-1 (609 Ma; Jackson et al., 2004¹¹⁾)を年代標準試料として分析した。チタンの定量では、SRM NIST610を標準試料とし、Si を内部標準としてモニターした。

年代値が概ね 200 万年よりも若い試料について精確な U-Pb 年代を決定するためには、ウラン 系列およびアクチニウム系列の中間生成核種の中でも比較的長い半減期を持つ ²³⁰Th(ウラン系 列の中間生成核種;半減期 7.538×10⁴年)と ²³¹Pa(アクチニウム系列の中間生成核種;半減期 3.276×10⁴年)に関する初生的な放射平衡値からの分別(メルトから鉱物が生じるときに生じる 固相—液相間の元素分別に由来する)を考慮する必要がある(Sakata et al., 2017¹⁷⁾; Sakata, 2018¹⁸⁾)。また、分析領域周辺からの鉛汚染やジルコン結晶に初生的に分配される微量の非放射 壊変起源鉛も得られる年代値に大きく影響(特にジルコン中の放射起源 ²⁰⁷Pb の検出に影響)す るため、補正が必須となる(Sakata, 2018¹⁸⁾)。本共同研究では、放射非平衡による効果と非放 射壊変鉛の影響については、Sakata (2018)¹⁸⁾ に従い補正を行った。

Laser ablation system				
Instrument	NWR213 Nd:YAG laser (ESI, Portland. U.S.A.)			
Cell type	Two volume cell			
Laser wave length	213 nm			
Pulse duration	<5 ns			
Fluence	2.3-2.7 J/cm ²			
Repetition rate	5 Hz			
Ablation pit size	15 and 25 μm			
Sampling mode	Single hole drilling			
Pre-cleaning	1 shot with 50 μm			
Carrier gas	He gas and Ar make-up gas combined outside ablation cell			
He gas flow rate	0.30 l/min			
Ar make-up gas flow rate	1.6 – 1.7 l/min			
Ablation duration	25 s for 15 and 25 µm			
Signal smoothing device	Baffle type filled with ϕ 7 mm glass beads (volume: 100 ml)			
ICP Mass Spectrometer				
Instrument	Agilent8800 (Agilent Technology, Santa Clara, California, U.S.A.)			
RF power	1390 W			
Data reduction	Integration of total ion counts per single ablation. Signals obtained from first few seconds were not used for data reduction, and next signals obtained from 13 or 17 s (for pit size of 20 μ m and 25 μ m) were integrated for further calculations. Signal intensity of ²³⁵ U was not monitored and ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U is calculated assuming ²³⁸ U/ ²³⁵ U = 137.88 (Jaffey et al., 1971).			
Detection mode	Pulse counting mode			
Mass scan mode	MS/MS mode			
Collision/reaction gas and flow rate	O ₂ (0.05 ml/min) and He (1.2 ml/min)			
Octa pole bias	0.0 V			
Octa pole RF	175 V			
Energy discrimination	-6.8 V			
Monitored mass peak (amu) and permeable mass value for first quadrupole (Q1) and second quadrupole (Q2)	28 (Si; Q1 = 28; Q2 = 44), 48 (Ti ; Q1 = 48; Q2 = 64), 206 (Pb; Q1 = 206; Q2 = 207), 207 (Pb; Q1 = 207; Q2 = 207), 232 (Th; Q1 = 232; Q2 = 248), 238 (U; Q1 = 238; Q2 = 254)			
Integration time per mass peak	28 (20 ms), 48 (100 ms), 206 (100 ms), 207 (200 ms), 232 (30 ms), 238 (30 ms)			
Total integration time per	0.5057 s			
Integration time per single ablation	17 s			
Data processing				
Gas blank	Gas blank counts were obtained for 15 s before each ablation pit.			

表 3-2 LA-ICP-MS の分析条件

4 研究成果

令和2年度に取得した研究成果を本章に記す。4.1章で「ジルコン内での内部構造に基づく分析地点の選定」を、4.2章で「ジルコンのU-Pb年代とチタン濃度から結晶化年代・温度の導出」 を、4.3章では「ジルコンの物理化学条件に基づく隆起史・侵食史の初期条件の制約」に関する検討を示す。

4.1 ジルコン内での内部構造に基づく分析地点の選定

ジルコンの内部構造はその生成温度・年代の違い(生成ステージの違い)を反映するため (Yuguchi et al., 2016⁴)、このジルコンの内部構造に基づき、分析点の選定を行った。各岩体 のジルコンのカソードルミネッセンス(CL)観察の相違から、3つの領域に区分できる:①輝度 の変化が乏しく均質な領域、②輝度の明暗が繰り返し生じるオシラトリーゾーニング領域、③外 来性コア(inherited core)(Yuguchi et al., 2016⁴)。

多くのジルコン粒子は、①均質なコアとそれを囲む②オシラトリーゾーニング領域からなる。 この構造は、均質なコアがオシラトリーゾーニング領域よりも、早いタイミングかつ高温条件で 形成されたことを示している。それぞれの岩体のジルコン粒子の特徴について 4.1.1-4.1.3 章で記 載する。

4.1.1 黒部川花崗岩体のジルコン

黒部川花崗岩体のジルコンに対する SEM-CL 画像を図 4-1 に示す。優白質岩と優黒質岩のい ずれにおいても CL 観察より①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域が観察された。平成 31 年度の共同研究では 30 μm 直径の円領域をデータ収集地点としたが、本共同研究では 25 μm 直径の円領域をデータ収集地点として選定した。

4.1.2 遠野複合深成岩体のジルコン

遠野複合深成岩体の3岩相(中心部相、主岩相、周辺部相)に対するジルコンに対するSEM-CL画像を図4-2に示す。周辺部相にはジルコンが乏しく、鉱物分離の結果、1粒子のみが取得で きた。CL観察の結果、いずれの岩相においても①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域が 観察された。①から②のそれぞれの領域から、15µm 直径の円領域をデータ収集地点として選定 した。これは昨年度の分析条件 30µm のレーザー径の半分に相当し、レーザーの照射領域として 1/4 となる。

4.1.3 堺ノ神深成岩体のジルコン

堺ノ神深成岩体の2岩相(優黒質岩Aと優黒質岩D)に対するジルコンに対するSEM-CL画 像を図4-3に示す。優黒質岩Aと優黒質岩DにおいてもCL観察より①低輝度で均質な領域、② オシラトリーゾーニング領域の領域が観察された。①から②のそれぞれの領域から、15μm直径 の円領域をデータ収集地点として選定した。

【付録2】



図 4-1 黒部川花崗岩体のジルコンの分析点 (左図:BSE 像,右図:CL 像) A:優白質岩中の①均質なコアと②オシラトリーゾーニングリム からなるジルコン(009-2g No.37) B:優黒質岩中の①均質なコアと②オシラトリーゾーニングリム からなるジルコン(009-1e)

【 付録 2 】



 (左図:BSE像,右図:CL像)
A:中心部相中の①均質なコアと②オシラトリーゾーニングリム からなるジルコン(No.1-3)
B:主岩相中の①均質なコアと②オシラトリーゾーニングリム からなるジルコン(No.2-5)
C:周辺部相中の②オシラトリーゾーニング領域 からなるジルコン(No.3-1)





【 付録 2 】

4.2 ジルコンの U-Pb 年代とチタン濃度から結晶化年代・温度の導出

4.2.1 黒部川花崗岩体のジルコン

黒部川花崗岩体のジルコンの各分析点に対する U-Pb 年代(U-Th-Pb の同位体データ)および チタン濃度を表 4-1 に記す。分析は 31 粒子、74 地点(優白質岩試料 33 地点、優黒質岩試料 41 地点)に対して実施した。その結果、優白質岩のジルコン U-Pb 年代は 1.71±0.53 Ma から 0.70±0.26 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 0.91±0.07 Ma であった。一方、優黒質岩のジル コン U-Pb 年代は 1.52±0.36 Ma から 0.64±0.17 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 0.93±0.06 Ma であった。優白質岩のチタン濃度は 0.74±0.10 ppm から 3.51±0.26 ppm の幅を有し、その加 重平均は 1.40±0.19 ppm であった。それに対して、優黒質岩のチタン濃度は 1.06±0.13 ppm か ら 7.68±0.47 ppm の幅を有し、その加重平均は 1.64±0.20 ppm であった。

得られたチタン濃度から Ti-in-zircon 温度計(Ferry and Watson, 2007¹⁴))を用い結晶化温度 を導出した。その際、SiO₂活動度は 1、TiO₂活動度は 0.5 と仮定した。これは黒部川花崗岩に石 英が産出することから SiO₂活動度は 1 と設定できる。一方、Schiller and Finger (2019)¹⁵ は 'rhyolite-MELTS'や'Perple_X'などの計算結果から、イルメナイトが含有する花崗岩では TiO₂活 動度は 0.5 と仮定できることを述べている。本研究ではそれに倣い、TiO₂活動度を仮定した。こ の結果、優自質岩のジルコンの結晶化温度は、625±38 ℃から 756±42 ℃の幅を有し、その加重 平均は 682±11 ℃であった。優黒質岩のジルコンの結晶化温度は、652±40 ℃から 837±46 ℃の 幅を有し、その加重平均は 694±11 ℃であった。

図 4-4 は黒部川花崗岩体の優白質岩と優黒質岩、それぞれのジルコンの結晶化年代と結晶化温 度をプロットした図である(A: 優白質岩、B: 優黒質岩)。優白質岩は 750 ℃から 650 ℃の間 の急冷、優黒質岩は 850 ℃から 650 ℃までの急冷を示す。また、それぞれの岩相の年代と温度 の加重平均は一致する。このことは優白質岩と優黒質岩が同一の貫入・定置プロセスを辿ったこ とを示す。この温度時間履歴は、岩体の隆起・侵食の初期条件とみなすことができる。

一方、図 4-5 は黒部川花崗岩体の優白質岩と優黒質岩、①均質な領域、②オシラトリーゾーニ ング領域から得られたデータの年代と温度の関係をプロットした図である(A:優白質岩、B:優 黒質岩)。①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは凡例の相違で表し ている。均質な領域のデータとオシラトリーゾーニング領域のデータの間に明確な年代差や温度 差は見て取れない。図 4-6 は優白質岩と優黒質岩のジルコン粒子内の年代と温度の相違を表した 図である。ジルコンの C 軸を距離として、それに対する年代と温度の変化をプロットした。図 4-6A において優白質岩のジルコンはコア領域(距離 200 µm の地点)において年代の中央値は最大 となるが、全ての地点の年代は粒子全体で誤差の範囲内で一定である。図 4-6B において優黒質 岩のジルコンはコア領域(距離 90 µm)において温度の中央値は最大となるが、全ての地点の温 度は粒子全体で誤差の範囲内で一定となる。このように岩石組織と年代・温度条件を関連付けた 議論には、より高精度な分析が必要となり、年代やチタン濃度の定量分析手法の最適化(特にレ ーザー径の最適化)、そして Ti-in-zircon 温度計の高度化や適切な活動度の設定が必須となる。

4.2.2 遠野複合深成岩体のジルコン

遠野複合深成岩体のジルコンの各分析点に対する U-Pb 年代(U-Th-Pb の同位体データ)およ びチタン濃度を表 4-2 に記す。全分析点は 65 地点(中心部相試料:23 地点、主岩相試料:32 地 点、周縁部相試料:10 地点)に対して実施した。その結果、中心部相のジルコン U-Pb 年代は 153.88±12.20 Ma から 108.75±9.03 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 125.6±4.6 Ma であっ た。一方、主岩相のジルコン U-Pb 年代は 134.98±12.07 Ma から 96.06±10.71 Ma の年代幅を有
【 付録 2 】

し、その加重平均は 116.8±4.1 Ma であった。周縁部相のジルコン U-Pb 年代は 147.46±10.33 Ma から 121.56±7.58 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 133.8±4.9 Ma であった。

中心部相のジルコンのチタン濃度は 1.96±0.28 ppm から 4.74±0.44 ppm の幅を有し、その加 重平均は 2.86±0.33 ppm であった。それに対して、主岩相のジルコンのチタン濃度は 4.07±0.42 ppm から 13.61±0.96 ppm の幅を有し、その加重平均は 7.73±0.88 ppm であった。周縁部相のジ ルコンのチタン濃度は 6.65±0.59 ppm から 8.81±0.71 ppm の幅を有し、その加重平均は 7.65±0.53 ppm であった。

得られたチタン濃度から Ti-in-zircon 温度計(Ferry and Watson, 2007¹⁴⁾)を用い結晶化温度 を導出した。その際、SiO₂活動度は 1、TiO₂活動度は 1 と仮定した。これは遠野複合深成岩体に おいて石英とルチルが産出することからそれぞれの活動度を 1 と設定できる。この結果、中心部 相のジルコンの結晶化温度は 613±38 ℃から 680±39 ℃の幅を有し、その加重平均は 644±16 ℃、 主岩相のジルコンの結晶化温度は 668±39 ℃から 775±43 ℃の幅を有し、その加重平均は 729±14 ℃であった。周縁部相のジルコンのチタン濃度は 709±40 ℃から 734±41 ℃の幅を有し、 その加重平均は 722±25 ℃であった。

図 4·7 は遠野複合深成岩体の中心部相、主岩相、周縁部相、それぞれのジルコンの結晶化年代 と結晶化温度をプロットした図である。岩相全体を通じたプロットは約 800 ℃から約 600 ℃の 間の急冷を示す。また中心部相と主岩相のプロットは、中心部相が 600 ℃から 680 ℃の温度条 件を持ち、主岩相は約 670 ℃から約 800 ℃の間にプロットされる。これは中心部相と主岩相の 貫入・定置プロセスの温度の相違を反映していることが推察される。また各岩相の年代の加重平 均は、中心部相で 125.6±4.6 Ma、主岩相で 116.8±4.1 Ma、周辺部相で 133.8±4.9 Ma の値を示 す。これらの年代値は誤差を考慮しても相違を有しており、周辺部相、中心部相、主岩相の順番 で貫入・定置したことを示す。これらの温度時間履歴は、それぞれの岩相の隆起・侵食の初期条 件とみなすことができる。

図 4-8 は黒部川花崗岩体の中心部相、主岩相のジルコン中の①均質な領域、②オシラトリーゾ ーニング領域から得られたデータの年代と温度の関係をプロットした図である(A:中心部相、 B:主岩相)。①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは凡例の相違で 表している。これらの図においても①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られた データの間に明確な年代差や温度差は確認できなかった。

4.2.3 堺ノ神深成岩体のジルコン

堺ノ神深成岩体のジルコンの各分析点に対する U-Pb 年代(U-Th-Pb の同位体データ) および チタン濃度を表 4-3 に記す。分析は 41 地点(優黒質岩 A 試料: 27 地点、優黒質岩 D 試料: 14 地点)に対して実施した。その結果、優黒質岩 A のジルコン U-Pb 年代は 137.82±10.05 Ma から 112.44±6.82 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 126.4±3.0 Ma であった。一方、優黒質岩 D の ジルコン U-Pb 年代は 138.83±5.30 Ma から 111.15±9.76 Ma の年代幅を有し、その加重平均は 129.1±4.1 Ma であった。優黒質岩 A のチタン濃度は 1.94±0.29 ppm から 11.50±0.83 ppm の幅 を有し、その加重平均は 3.22±0.65 ppm であった。それに対して、優黒質岩 D のチタン濃度は 3.47±0.35 ppm から 12.19±0.85 ppm の幅を有し、その加重平均は 4.90±1.20 ppm であった。

得られたチタン濃度から Ti-in-zircon 温度計(Ferry and Watson, 2007¹⁴⁾)を用い結晶化温度 を導出した。その際、SiO₂活動度は 1、TiO₂活動度は 1 と仮定した。これは堺ノ神深成岩体に石 英、ルチル、角閃石、イルメナイトが産出することからそれぞれの活動度を 1 と設定できる。こ の結果、優黒質岩 A のジルコンの結晶化温度は、612±38 ℃から 759±42 ℃の幅を有し、その加 重平均は 611±16 ℃であった。優黒質岩 D のジルコンの結晶化温度は、655±38 ℃から 765±42 ℃

の幅を有し、その加重平均は 692±20 ℃であった。

図 4-9 は堺ノ神深成岩体の優黒質岩 A と優黒質岩 D、それぞれのジルコンの結晶化年代と結晶 化温度をプロットした図である。岩相全体を通じたプロットは約 800 ℃から約 600 ℃の間の急 冷を示す。また優黒質岩 A と優黒質岩 D の年代の加重平均は、優黒質岩 A で 126.4±3.0 Ma、優 黒質岩 D で 129.1±4.1 Ma の値を示す。これらの年代値は誤差を考慮すると、貫入・定置のタイ ミングに大きな相違がないことを示す。この温度時間履歴は、それぞれの岩相の隆起・侵食の初 期条件とみなすことができる。

図 4-10 は堺ノ神深成岩体の優黒質岩 A と優黒質岩 D のジルコンに対して、①均質な領域、② オシラトリーゾーニング領域から得られたデータの年代と温度の関係をプロットした図である。 ①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは凡例の相違で表している。 これらの図においても①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータの間に 明確な年代差や温度差は確認できなかった。



図 4-4 黒部川花崗岩体の優白質岩と優黒質岩、それぞれのジルコンの 結晶化年代と結晶化温度のプロット

【付録2】



図 4-5 黒部川花崗岩体の優白質岩と優黒質岩、①均質な領域、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータの年代と温度の関係のプロット(A:優白質岩、B:優黒質岩)
 ①均質な領域のデータは●、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは◇



図 4-6 黒部川花崗岩体の優白質岩と優黒質岩のジルコン粒子内の年代と温度の相違 ジルコンの C 軸を距離として、それに対する年代と温度の変化をプロット (A: 優白質岩 009-2g No.37、B: 優黒質岩 0091e No. 9)



図 4-7 遠野複合深成岩体の中心部相、主岩相、周縁部相、それぞれのジルコンの 結晶化年代と結晶化温度のプロット(A:中心部相、B:主岩相、C:周縁部相)





(A:中心部相、B:主岩相)

①均質な領域のデータは●、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは◇



図 4-9 堺ノ神深成岩体の優黒質岩 A と優黒質岩 D、それぞれのジルコンの結晶化年代 と結晶化温度をプロットの(A:優黒質岩 A、B:優黒質岩 D)

【付録2】



図 4-10 堺ノ神深成岩体の優黒質岩 A と優黒質岩 D、①均質な領域、②オシラトリー ゾーニング領域から得られたデータの年代と温度の関係のプロット (A:優黒質岩 A、B:優黒質岩 D)。

①均質な領域のデータは●、②オシラトリーゾーニング領域から得られたデータは◇

【 付録 2 】

空白ページ

表 4-1 黒部川花崗岩体のジルコン U-Pb 年代データおよびチタン濃度

Rock		Comment CL pattern				Isotone ra	itios							A	ge (Ma)						Eleme	ental Co
body	Sample name	Comment C2 pattern	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	error correlation	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²³⁵ U- ²⁰⁷ Pb	2σ ²³⁸	⁸ U- ²⁰⁶ Pb	2σ ²	⁰⁷ Pb- ²⁰⁶ Pb	2σ	Disequilibrium & common Pb corrected age	2σ	Si	2σ	Ti	2σ 1	Th .
KRB	9-1e3-2	OZ+HR	0.00048	0.00165	0.00012	0.00004	0.09166	0.02807	0.09635	0.48	1.67	0.80	0.25	-1368.13	11064.66	0.89	0.26	152804	5501.84	1.40	0.14	17
KRB	9-1e5-1	HR	0.00103	0.00173	0.00010	0.00004	0.24067	0.07184	0.11715	1.04	1.75	0.67	0.27	981.31	3321.19	0.75	0.21	152804	5501.84	1.27	0.15	17
KRB	9-1e5-3	HR	0.00094	0.00176	0.00012	0.00004	0.19869	0.05762	0.10546	0.96	1.78	0.76	0.28	515.32	4020.04	0.86	0.29	152804	5501.84	1.22	0.14	18
KRB	9-1e7-1 9-1e7-2	02	0.00805	0.00397	0.00020	0.00005	0.51389	0.29358	0.12431	8.14	4.00	0.79	0.33	-4709 19	657.49 56186.96	0.99	0.27	152804	5501.84	1.90	0.17	22
KRB	9-1e7-2	HR	0.00142	0.00241	0.00012	0.00005	0.22698	0.08704	0.14389	1.44	2.45	0.76	0.29	1361.38	3185.17	0.83	0.20	152804	5501.84	1.76	0.17	17
KRB	9-1e 9-1	OZ	0.00194	0.00222	0.00010	0.00005	0.37508	0.13403	0.14227	1.97	2.25	0.68	0.29	2151.41	1853.56	0.71	0.22	152804	5501.84	2.11	0.19	12
KRB	9-1e 9-2	OZ	0.00143	0.00201	0.00017	0.00005	0.22911	0.06166	0.08398	1.45	2.03	1.09	0.35	662.51	2918.17	1.17	0.28	152804	5501.84	2.33	0.21	15
KRB	9-1e 9-4	HR	0.00082	0.00050	0.00014	0.00002	0.26990	0.04224	0.02475	0.83	0.50	0.90	0.15	-212.03	1471.68	1.00	0.15	152804	5501.84	3.69	0.28	208
KRB	9-1e 9-5	OZ OZ	0.00177	0.00179	0.00014	0.00005	0.32449	0.09254	0.08896	1.79	1.82	0.89	0.29	1478.48	1822.84	0.94	0.23	152804	5501.84	2.42	0.21	23
KRB	9-1e 9-8	OZ OZ	0.00210	0.00201	0.00013	0.00003	0.35997	0.10534	0.10835	1.32	1.45	0.54	0.30	1720.28	1889.99	0.56	0.24	152804	5501.84	2.11	0.19	29
KRB	9-1e11-2	HR	0.00307	0.00288	0.00014	0.00006	0.45947	0.16249	0.13566	3.11	2.92	0.88	0.38	2481.69	1407.93	0.86	0.27	152804	5501.84	1.17	0.14	11
KRB	9-1e11-3	HR	0.00053	0.00195	0.00014	0.00006	0.11335	0.02675	0.09730	0.54	1.98	0.93	0.39	-1526.60	12168.95	1.02	0.39	152804	5501.84	1.07	0.14	11
KRB	9-1e13-2	HR	0.00233	0.00389	0.00012	0.00006	0.30219	0.13543	0.21571	2.36	3.94	0.80	0.41	2169.56	2775.61	0.82	0.33	152804	5501.84	3.00	0.24	7
KRB	9-1e15-2	HR	0.00172	0.00160	0.00012	0.00004	0.35075	0.10075	0.08769	1.75	1.62	0.80	0.26	1637.90	1616.09	0.85	0.20	152804	5501.84	1.99	0.18	33
KRB	9-1e15-3	HR	0.00130	0.00148	0.00011	0.00004	0.30892	0.08683	0.09384	1.32	1.50	0.70	0.25	1356.82	2083.57	0.77	0.19	152804	5501.84	1.74	0.17	28
KRB	9-1e23-2	OZ	0.00056	0.00373	0.00013	0.00007	0.09192	0.03168	0.16136	0.56	2.89	0.97	0.45	-995.02	15085.72	0.91	0.30	152804	5501.84	1.87	0.47	6
KRB	9-1e27-1	OZ	0.00119	0.00106	0.00013	0.00003	0.24838	0.06459	0.05608	1.20	1.08	0.86	0.19	761.16	1830.55	0.94	0.16	152804	5501.84	1.28	0.14	41
KRB	9-1e32-2	HR	0.00184	0.00302	0.00013	0.00006	0.30532	0.10459	0.16326	1.87	3.06	0.82	0.41	1707.04	2873.04	0.87	0.31	152804	5501.84	1.72	0.18	9
KRB	9-1e36-1	HR	0.00593	0.00387	0.00019	0.00006	0.44964	0.22260	0.12984	6.00	3.91	1.25	0.37	2999.58	937.65	1.07	0.30	152804	5501.84	4.21	0.31	15
KRB	9-1e36-2	HR	0.00028	0.00336	0.00011	0.00006	0.04608	0.01846	0.21859	0.29	3.41	0.72	0.39	-3004.29	57096.03	0.81	0.40	152804	5501.84	2.59	0.22	9
KRB	9-1e48-2 9-1e48-3	HR	0.00143	0.002/1	0.00018	0.00006	0.17999	0.05928	0.11038	1.45	2.75	1.13	0.38	5/7.45	4046.69	1.22	0.32	152804	5501.84 5501.84	1.26	0.14	11
KRB	9-1e48-4	HR	0.00278	0.00215	0.00015	0.00005	0.44927	0.18213	0.11251	3.88	2.68	0.98	0.31	2672.37	1022.59	0.92	0.29	152804	5501.84	1.15	0.13	10
KRB	9-1e48-5	HR	0.00303	0.00249	0.00019	0.00005	0.33467	0.11715	0.09055	3.08	2.52	1.21	0.33	1913.19	1387.13	1.21	0.27	152804	5501.84	1.06	0.13	10
KRB	9-1e50-1	HR	0.00150	0.00159	0.00017	0.00004	0.22018	0.06313	0.06547	1.52	1.62	1.11	0.26	712.78	2203.53	1.19	0.23	152804	5501.84	1.61	0.16	24
KRB	9-1e50-2	OZ+HR	0.00085	0.00168	0.00018	0.00005	0.13460	0.03394	0.06614	0.87	1.71	1.18	0.31	-794.90	5522.27	1.27	0.32	152804	5501.84	1.24	0.14	20
KRB	9-1e51-1	OZ	0.00137	0.00141	0.00016	0.00005	0.33509	0.06324	0.06115	1.39	1.43	1.01	0.35	716.23	2053.72	1.10	0.27	152804	5501.84	1.69	0.18	20
KRB	9-1e51-2 9-1e51-3	OZ.	0.00049	0.00381	0.00018	0.00008	0.03977	0.01933	0.13094	2.30	2.35	1.18	0.34	-2/41.05	1975.83	1.27	0.35	152804	5501.84	1.45	0.17	13
KRB	9-1e51-4	OZ	0.00399	0.00388	0.00020	0.00007	0.37834	0.14285	0.12857	4.05	3.93	1.31	0.48	2262.03	1552.82	1.25	0.37	152804	5501.84	1.88	0.19	5
KRB	9-1e51-5	OZ	0.00181	0.00210	0.00020	0.00006	0.27591	0.06654	0.07436	1.83	2.13	1.27	0.41	823.33	2333.08	1.34	0.32	152804	5501.84	2.51	0.22	15
KRB	9-1e51-6	OZ	0.00278	0.00232	0.00013	0.00005	0.45093	0.15361	0.11419	2.82	2.35	0.85	0.32	2386.48	1265.81	0.84	0.23	152804	5501.84	1.81	0.18	17
KRB	9-1e52-1	HR	0.00061	0.00181	0.00015	0.00005	0.11088	0.02972	0.08769	0.62	1.84	0.96	0.32	-1188.04	9126.13	1.05	0.32	152804	5501.84	1.23	0.16	28
KRB	9-1e52-2 9-1e52-4	OZ OZ	0.00238	0.00190	0.00011	0.00004	0.45346	0.15431	0.10956	2.42	1.92	0.72	0.26	2394.26	1207.95	0.73	0.19	152804	5501.84	1.29	0.16	24
KRB	9-1e60-1	HR	0.00025	0.00160	0.00012	0.00002	0.03977	0.01119	0.07086	0.26	1.63	1.06	0.12	-6716.25	76068.57	1.15	0.27	152804	5501.84	1.52	0.16	21
KRB	9-1e60-2	HR	0.00192	0.00203	0.00013	0.00004	0.28057	0.10755	0.10917	1.94	2.05	0.83	0.25	1758.37	1856.19	0.87	0.21	152804	5501.84	1.71	0.17	25
KRB	9-1e60-3	HR	0.00070	0.00150	0.00011	0.00004	0.15324	0.04575	0.09659	0.71	1.52	0.72	0.23	-15.71	5104.54	0.81	0.24	152804	5501.84	1.40	0.17	22
KRB	9-2g 2-2r	OZ	0.00161	0.00209	0.00016	0.00005	0.26338	0.07409	0.09259	1.64	2.12	1.02	0.35	1044.04	2520.99	1.09	0.28	152804	5501.84	0.91	0.11	17
KRB	9-2g 2-3r	OZ	0.00303	0.00247	0.00012	0.00004	0.43649	0.18717	0.13726	3.08	2.50	0.76	0.27	2717.47	1208.81	0.73	0.21	152804	5501.84	0.82	0.10	25
KRB	9-2g 5-11 9-2g 4-1r	HR	0.00094	0.00295	0.00011	0.00004	0.39610	0.17694	0.16139	3.01	2.99	0.09	0.23	2624.44	1516.80	0.75	0.22	152804	5501.84	1.37	0.23	29
KRB	9-2g 4-2r	OZ	0.00495	0.00353	0.00019	0.00006	0.44595	0.18640	0.11910	5.01	3.57	1.24	0.39	2710.66	1053.90	1.13	0.31	152804	5501.84	1.88	0.16	25
KRB	9-2g 4-3r	OZ	0.00475	0.00366	0.00013	0.00005	0.48225	0.26062	0.17609	4.81	3.70	0.85	0.32	3250.47	1064.12	0.73	0.25	152804	5501.84	1.29	0.12	2
KRB	9-2g 4-4r	OZ	0.00477	0.00332	0.00014	0.00005	0.49303	0.24124	0.14580	4.83	3.35	0.92	0.32	3128.19	961.17	0.81	0.25	152804	5501.84	1.45	0.14	20
KRB	9-2g 5-1r	HR	0.00550	0.00469	0.00019	0.00007	0.42698	0.20524	0.15839	5.57	4.74	1.25	0.46	2868.34	1254.76	1.11	0.37	152804	5501.84	0.74	0.10	10
KRB	9-2g 10-21 9-2g 11-1r	HR	0.00106	0.00221	0.00010	0.00002	0.20044	0.05916	0.10185	1.07	2.24	0.03	0.15	573.17	3743.84	0.72	0.29	152804	5501.84	1.07	0.10	22
KRB	9-2g 11-3r	HR	0.00197	0.00251	0.00016	0.00005	0.26676	0.09147	0.11241	2.00	2.55	1.01	0.34	1456.32	2337.40	1.06	0.28	152804	5501.84	1.33	0.14	24
KRB	9-2g 11-4r	OZ	0.00273	0.00188	0.00015	0.00004	0.40625	0.13224	0.08322	2.77	1.90	0.96	0.27	2127.92	1101.70	0.97	0.21	152804	5501.84	1.76	0.16	43
KRB	9-2g 12-3r	HR	0.00300	0.00366	0.00012	0.00006	0.38316	0.17731	0.19973	3.04	3.70	0.79	0.37	2627.86	1872.58	0.77	0.29	152804	5501.84	0.93	0.11	12
KRB	9-2g 19-1r	HR	0.00277	0.00393	0.00017	0.00007	0.30841	0.12070	0.16316	2.81	3.98	1.07	0.47	1966.53	2410.70	1.08	0.37	152804	5501.84	1.16	0.12	11
KRB	9-2g 19-2r 9-2g 21-1r	OZ HR	0.00163	0.00298	0.00010	0.00005	0.27809	0.11310	0.19910	4.21	3.02 6.94	0.67	0.34	1849.80 2372.80	3183.26	0.72	0.2/	152804	5501.84	2.36	0.14	23
KRB	9-2g 21-11 9-2g 21-2r	OZ	0.00103	0.00220	0.00013	0.00005	0.19072	0.05720	0.12026	1.04	2.23	0.84	0.34	499.31	4630.40	0.94	0.35	152804	5501.84	1.75	0.16	32
KRB	9-2g 21-4r	OZ	0.00131	0.00308	0.00016	0.00007	0.18679	0.06060	0.13976	1.33	3.12	1.01	0.44	624.93	4972.73	1.10	0.35	152804	5501.84	2.01	0.18	15
KRB	9-2g 27-2r	OZ	0.00399	0.00296	0.00022	0.00007	0.40574	0.13072	0.08859	4.04	2.99	1.43	0.43	2107.64	1189.22	1.38	0.34	152804	5501.84	2.88	0.21	31
KRB	9-2g 30-1r	HR	0.00143	0.00153	0.00013	0.00004	0.28395	0.07770	0.07977	1.45	1.56	0.86	0.26	1139.14	2041.94	0.94	0.21	152804	5501.84	2.36	0.19	57
KRB	9-2g 32-1r	HR	0.00262	0.00389	0.00013	0.00008	0.42416	0.14862	0.20030	2.65	3.94	0.82	0.52	2330.15	2308.36	0.83	0.35	152804	5501.84	1.96	0.18	12
KRB	9-2g 32-2r 9-2g 35-1r	HR	0.00157	0.00253	0.00014	0.00005	0.24130	0.08395	0.13138	5.88	4.60	0.87	0.34	3333.26	1068.81	0.94	0.27	152804	5501.84	2.05	0.18	2:
KRB	9-2g 35-2r	OZ	0.00301	0.00247	0.00018	0.00005	0.39493	0.12883	0.09056	3.27	2.50	1.17	0.35	2082.08	1237.01	1.16	0.28	152804	5501.84	1.84	0.17	29
KRB	9-2g 35-3r	HR	0.00260	0.00383	0.00014	0.00006	0.28485	0.13018	0.18363	2.64	3.88	0.93	0.39	2100.41	2477.08	0.94	0.33	152804	5501.84	1.63	0.15	2
KRB	9-2g 37-1r	HR	0.00194	0.00126	0.00016	0.00004	0.35586	0.08950	0.05432	1.97	1.28	1.01	0.23	1414.91	1160.77	1.07	0.19	152804	5501.84	0.94	0.12	64
KRB	9-2g 37-2r	OZ	0.00260	0.00271	0.00011	0.00004	0.39352	0.17269	0.16557	2.63	2.74	0.70	0.29	2583.89	1600.60	0.70	0.23	152804	5501.84	1.74	0.16	31
KRB	9-2g 37-3r	HR	0.00263	0.00209	0.00021	0.00006	0.37117	0.09232	0.06834	2.66	2.12	1.33	0.39	1473.99	1404.47	1.36	0.31	152804	5501.84	1.24	0.13	20
KRB	9-2g 37-4r 9-2g 37-8r	OZ.	0.00133	0.00526	0.00017	0.00007	0.13439	0.03819	0.14037	0.82	2.45	0.86	0.45	-122.95	7305.96	1.16	0.35	152804	5501.84	1.18	0.13	20
KRB	9-2g 37-9r	OZ	0.00404	0.00361	0.00012	0.00005	0.45843	0.24132	0.19201	4.09	3.65	0.78	0.32	3128.73	1265.36	0.70	0.26	152804	5501.84	1.13	0.12	16
KRB	9-2g 37-10r	OZ	0.00176	0.00273	0.00025	0.00008	0.21033	0.05122	0.07759	1.79	2.77	1.61	0.52	250.52	3485.98	1.71	0.53	152804	5501.84	1.52	0.15	14
KRB	9-2g 39-3r	HR	0.00037	0.00412	0.00017	0.00008	0.04590	0.01627	0.17966	0.38	4.18	1.07	0.54	-3664.09	62991.77	1.17	0.55	152804	5501.84	3.52	0.26	12

ntal Concentr	tion (µg/g) a	ind ratio			
ĥ	2σ	U	2σ	Th/U	2σ
179.67	6.17	391.99	11.15	0.46	0.02
172.73	7.67	370.88	12.80	0.47	0.03
187.74	8.16	382.59	13.13	0.49	0.03
156.93	5.52	327.20	9.49	0.48	0.02
220.88	7.30	361.33	10.39	0.61	0.03
178.63	6.19	294.56	8.74	0.61	0.03
125.96	6.12	328.40	11.57	0.38	0.02
157.59	7.21	364.62	12.65	0.43	0.02
2088.51	67.04	1891.98	56.42	1.10	0.05
234.12	9.74	447.27	15.07	0.52	0.03
244.32	10.10	440.81	14.92	0.55	0.03
296.34	11.71	453.29	15.23	0.65	0.03
115.71	5.94	290.27	10.62	0.40	0.03
114.77	5.91	304.72	11.05	0.38	0.02
71.36	3.19	167.66	5.51	0.43	0.02
334.23	12.82	487.52	16.15	0.69	0.03
280.93	11.12	468.48	15.58	0.60	0.03
67.29	3.07	166.93	5.53	0.40	0.02
64.51	3.01	170.01	5.63	0.38	0.02
419.37	12.97	638.85	17.80	0.66	0.03
91.21	5.01	224.24	8.61	0.41	0.03
153.49	5.83	285.50	8.88	0.54	0.03
97.57	4.13	190.10	6.30	0.51	0.03
68.25	3.23	227.00	7.26	0.30	0.02
108.95	4.38	329.52	9.85	0.33	0.02
101.04	4.24	337.35	10.16	0.30	0.02
103 71	4 33	336.07	10.14	0.31	0.02
249 33	8.16	475.24	13.36	0.52	0.02
205.46	7.12	385.44	11.31	0.53	0.02
203.40	9.05	437.82	15.07	0.55	0.02
83.86	4.90	206.45	8 26	0.41	0.03
136.88	6.87	343 64	12 43	0.40	0.02
00.75	5.26	262.00	0.91	0.40	0.02
151 77	7.14	202.99	9.01	0.56	0.02
131.//	/.14	252.65	11.80	0.40	0.03
1/8.45	8.05	333.43	12.47	0.50	0.03
284.20	11.52	442.38	15.12	0.04	0.03
240.86	10.14	494.39	16.64	0.49	0.03
1426.37	39.35	16/4.11	43.54	0.85	0.03
215.82	7.36	485.25	13.72	0.44	0.02
259.34	8.60	435.21	12.51	0.60	0.03
225.10	7.72	495.73	14.10	0.45	0.02
174.84	7.96	458.48	15.65	0.38	0.02
259.40	10.71	598.86	19.74	0.43	0.02
659.23	23.89	480.90	16.23	1.37	0.07
291.71	11.85	515.02	17.31	0.57	0.03
250.71	10.51	487.09	16.52	0.51	0.03
232.23	9.68	480.23	16.12	0.48	0.03
265.68	10.80	581.05	19.13	0.46	0.02
104.23	5.30	339.88	11.93	0.31	0.02
955.82	32.72	2167.88	66.32	0.44	0.02
227.18	9.53	559.00	18.74	0.41	0.02
240.94	10.03	594.85	19.88	0.41	0.02
433.93	16.14	857.31	27.54	0.51	0.02
125.58	5.80	377.42	13.00	0.33	0.02
114.36	5.59	318.98	11.45	0.36	0.02
234.92	9.52	405.97	13.96	0.58	0.03
160.75	7.24	238.12	9.08	0.68	0.04
328.23	12.75	572.97	19.17	0.57	0.03
151.86	6.97	361.31	12.83	0.42	0.02
312.37	11.92	500.04	16.67	0.62	0.03
579.48	20.66	889.14	28.45	0.65	0.03
122.93	5.99	314.41	11.39	0.39	0.02
238.14	9.84	541.27	18.21	0.44	0.02
286.29	11.36	495.28	16.77	0.58	0.03
299.29	11.82	653.44	21.52	0.46	0.02
210.38	8.79	383.53	13.32	0.55	0.03
642.97	22.17	1328.71	40.15	0.48	0.02
316.94	12.11	576 54	18.65	0.55	0.02
200.79	8 36	584 31	18 78	0.34	0.02
128.57	5.83	341 43	11.59	0.38	0.02
206.07	9.05 9.79	480.22	15.80	0.38	0.02
162.62	6.20	409.32	13.00	0.42	0.02
149.05	6.42	356.61	11.95	0.38	0.02
147.00	6.72	227.67	0.73	0.42	0.02
125.03	5.73	237.67	8.61	0.53	0.03

【 付録 2 】



表 4-2 遠野複合深成岩体のジルコン U-Pb 年代データおよびチタン濃度

Image Image <th< th=""><th>Rock Com</th><th>ment CL pattern</th><th></th><th></th><th></th><th>Isotope ra</th><th>atios</th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th>А</th><th>ge (Ma)</th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th>Elemental</th><th>Concentrtio</th><th>n (µg/g) ar</th><th>id ratio</th><th></th><th></th></th<>	Rock Com	ment CL pattern				Isotope ra	atios							А	ge (Ma)						Elemental	Concentrtio	n (µg/g) ar	id ratio		
xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	body Sample name		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ	error correlation 20	⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²³⁵ U- ²⁰⁷ Pb	2σ	²³⁸ U- ²⁰⁶ Pb	2σ ²	⁰⁷ Pb- ²⁰⁶ Pb	2σ	Disequilibrium & common Pb corrected age	2σ	Si	2σ T	ï	2σ T	ĥ	2σ ι	J	2σ T	h/U
Scale Scale <th< td=""><td>Central facies TPC1-1</td><td>HR</td><td>0.17162</td><td>0.01726</td><td>0.02114</td><td>0.00149</td><td>0.70019</td><td>0.05888</td><td>0.00423</td><td>160.83</td><td>14.95</td><td>134.86</td><td>9.40</td><td>562.62</td><td>156.40</td><td>133.24</td><td>8.73</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>2.23</td><td>0.27</td><td>897.71</td><td>34.15</td><td>1399.71</td><td>51.11</td><td>0.64</td></th<>	Central facies TPC1-1	HR	0.17162	0.01726	0.02114	0.00149	0.70019	0.05888	0.00423	160.83	14.95	134.86	9.40	562.62	156.40	133.24	8.73	152804	5501.84	2.23	0.27	897.71	34.15	1399.71	51.11	0.64
<tt>><</tt>	Central facies TPC1-2	HR	0.12287	0.01256	0.01796	0.00126	0.68728	0.04962	0.00368	117.67	11.36	114.74	7.99	177.31	173.13	114.65	7.50	152804	5501.84	2.57	0.31	576.52	22.72	1758.23	63.79	0.33
	Central facies TPC1-3	HR	0.17142	0.02533	0.02119	0.00171	0.54578	0.05867	0.00726	160.65	21.95	135.17	10.79	555.01	270.10	133.58	9.97	152804	5501.84	4.49	0.42	151.43	7.46	322.13	13.45	0.47
Description Desc Desc Desc Desc	Central facies TPC1-4	HR	0.14447	0.01331	0.02104	0.00144	0.74546	0.04981	0.00306	137.02	11.81	134.20	9.12	186.22	142.99	134.10	8.57	152804	5501.84	2.34	0.27	2058.22	75.45	3464.50	123.39	0.59
Cardial Pill Pill Pill Pill	Central facies TPC1-5	HR	0.23627	0.04514	0.02046	0.00197	0.50485	0.08374	0.01381	215.36	37.08	130.58	12.47	1286.55	321.11	124.94	11.15	152804	5501.84	2.27	0.29	51.06	3.54	141.92	7.01	0.36
Contract Control Contro Control Control <t< td=""><td>Central facies TPC1-6</td><td>HR</td><td>0.24524</td><td>0.04748</td><td>0.01879</td><td>0.00188</td><td>0.51625</td><td>0.09465</td><td>0.01569</td><td>222.70</td><td>38.72</td><td>120.01</td><td>11.88</td><td>1521.10</td><td>312.62</td><td>113.17</td><td>10.49</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>3.06</td><td>0.35</td><td>51.64</td><td>3.59</td><td>135.61</td><td>6.82</td><td>0.38</td></t<>	Central facies TPC1-6	HR	0.24524	0.04748	0.01879	0.00188	0.51625	0.09465	0.01569	222.70	38.72	120.01	11.88	1521.10	312.62	113.17	10.49	152804	5501.84	3.06	0.35	51.64	3.59	135.61	6.82	0.38
District	Central facies TPC1-7	OZ	0.15762	0.01872	0.02131	0.00157	0.61962	0.05365	0.00500	148.61	16.42	135.90	9.90	356.58	210.52	135.16	9.24	152804	5501.84	2.41	0.28	263.21	11.45	695.77	26.54	0.38
Description Description <thdescription< th=""> <thdescription< th=""> <</thdescription<></thdescription<>	Central facies TPC1-8	02	0.21492	0.02676	0.02230	0.00171	0.61432	0.06988	0.00687	197.67	22.36	142.21	10.76	924.91 506.02	201.84	138.56	9.60	152804	5501.84	3.61	0.36	279.50	11.98	433.33	7.35	0.04
Consistent Consistent Consiste	Central facies TPC1-9	02	0.19192	0.03681	0.02328	0.00213	0.4/604	0.03979	0.00626	97.18	15.49	148.55	8 74	176.33	364.50	140.44	9.03	152804	5501.84	4.09	0.40	217 70	9.96	388.43	15.90	0.40
Name Name Name Name Na	Central facies TPC1-11	HR	0.13206	0.01075	0.01700	0.00138	0.71842	0.05249	0.00020	125.94	11.45	116.57	8.02	306.72	153.16	116.06	7.50	152804	5501.84	3.95	0.44	1006 74	38.11	2604.27	93.52	0.39
Discription Discription <thdiscription< th=""> <thdiscription< th=""> <</thdiscription<></thdiscription<>	Central facies TPC1-12	HR	0.19151	0.02996	0.01940	0.00127	0.53954	0.07161	0.00943	177.92	25.53	123.84	10.35	974.93	268.48	120.35	9.42	152804	5501.84	1.96	0.28	181.70	8.78	301.89	13.01	0.60
index index <th< td=""><td>Central facies TPC1-13</td><td>OZ</td><td>0.12907</td><td>0.03133</td><td>0.02002</td><td>0.00197</td><td>0.40565</td><td>0.04676</td><td>0.01037</td><td>123.26</td><td>28.18</td><td>127.79</td><td>12.46</td><td>36.73</td><td>531.11</td><td>127.87</td><td>12.81</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>2.54</td><td>0.32</td><td>45.57</td><td>3.35</td><td>144.48</td><td>7.24</td><td>0.32</td></th<>	Central facies TPC1-13	OZ	0.12907	0.03133	0.02002	0.00197	0.40565	0.04676	0.01037	123.26	28.18	127.79	12.46	36.73	531.11	127.87	12.81	152804	5501.84	2.54	0.32	45.57	3.35	144.48	7.24	0.32
μπασ. σ. σ	Central facies TPC1-14	OZ	0.16053	0.02887	0.02141	0.00186	0.48275	0.05437	0.00856	151.17	25.26	136.59	11.73	386.47	353.71	135.72	10.86	152804	5501.84	2.70	0.32	73.80	4.42	215.23	9.66	0.34
Conder (Northole) Conder (Northole) <	Central facies TPC1-15	HR	0.18085	0.03100	0.01941	0.00162	0.48734	0.06757	0.01011	168.79	26.65	123.94	10.25	855.39	310.84	121.07	9.40	152804	5501.84	3.01	0.34	148.23	7.59	209.23	9.92	0.71
Conditional PCH-1 ConditionaPCH-1 <	Central facies TPC1-16	HR	0.22360	0.03974	0.02466	0.00211	0.48141	0.06576	0.01024	204.90	32.97	157.04	13.27	798.72	326.44	153.88	12.20	152804	5501.84	2.39	0.30	54.62	3.81	169.83	8.51	0.32
Cambo Conto Conto <th< td=""><td>Central facies TPC1-17</td><td>OZ</td><td>0.13072</td><td>0.01611</td><td>0.02014</td><td>0.00137</td><td>0.55339</td><td>0.04707</td><td>0.00483</td><td>124.74</td><td>14.46</td><td>128.54</td><td>8.68</td><td>52.94</td><td>244.92</td><td>128.63</td><td>9.03</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>2.59</td><td>0.30</td><td>363.93</td><td>15.88</td><td>607.15</td><td>24.98</td><td>0.60</td></th<>	Central facies TPC1-17	OZ	0.13072	0.01611	0.02014	0.00137	0.55339	0.04707	0.00483	124.74	14.46	128.54	8.68	52.94	244.92	128.63	9.03	152804	5501.84	2.59	0.30	363.93	15.88	607.15	24.98	0.60
Candee weed weed weed weed weed weed weed	Central facies TPC1-18	HR	0.13511	0.03166	0.02068	0.00194	0.40132	0.04739	0.01017	128.68	28.32	131.93	12.28	68.98	510.67	132.02	12.64	152804	5501.84	2.19	0.27	36.49	2.85	122.27	6.46	0.30
Cam Cam Cam Cam Cam	Central facies TPC1-19	OZ	0.26068	0.04526	0.01973	0.00179	0.52202	0.09585	0.01419	235.21	36.45	125.92	11.30	1544.77	278.31	118.56	10.04	152804	5501.84	3.45	0.37	65.54	4.19	146.01	7.43	0.45
Construction (1) Construction (1) <thconstruction (1)<="" th=""> <thconstruction (1)<="" t<="" td=""><td>Central facies TPC1-20</td><td>OZ</td><td>0.44414</td><td>0.06713</td><td>0.02089</td><td>0.00186</td><td>0.58910</td><td>0.15423</td><td>0.01884</td><td>373.17</td><td>47.20</td><td>133.25</td><td>11.74</td><td>2393.37</td><td>207.81</td><td>115.75</td><td>9.91</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>2.91</td><td>0.33</td><td>60.08</td><td>3.96</td><td>148.57</td><td>7.55</td><td>0.40</td></thconstruction></thconstruction>	Central facies TPC1-20	OZ	0.44414	0.06713	0.02089	0.00186	0.58910	0.15423	0.01884	373.17	47.20	133.25	11.74	2393.37	207.81	115.75	9.91	152804	5501.84	2.91	0.33	60.08	3.96	148.57	7.55	0.40
control bit control bit bit bit bit	Central facies TPC1-21	OZ	0.15816	0.02877	0.02038	0.00170	0.45972	0.05630	0.00909	149.09	25.22	130.03	10.76	464.04	357.90	128.87	9.99	152804	5501.84	4.49	0.43	141.20	1.37	198.40	9.55	0.71
Series Dist Dist <thdist< th=""> Dist Dist <t< td=""><td>Central facies TPC1-22</td><td>HR</td><td>0.12/26</td><td>0.02877</td><td>0.01852</td><td>0.00166</td><td>0.39540</td><td>0.04984</td><td>0.01035</td><td>121.63</td><td>25.91</td><td>118.28</td><td>10.47</td><td>187.72</td><td>483.23</td><td>118.15</td><td>9.75</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>2.93</td><td>0.33</td><td>65.81</td><td>4.20</td><td>204.17</td><td>0.19</td><td>0.40</td></t<></thdist<>	Central facies TPC1-22	HR	0.12/26	0.02877	0.01852	0.00166	0.39540	0.04984	0.01035	121.63	25.91	118.28	10.47	187.72	483.23	118.15	9.75	152804	5501.84	2.93	0.33	65.81	4.20	204.17	0.19	0.40
Name Pick Pick Pick Pick Pi	Main facies TPC2 23	HP	0.12462	0.02424	0.02065	0.00140	0.3/444	0.04703	0.00848	250.98	52.21	122.70	14.75	1595.75	430.32	122.79	12.92	152804	5501.84	4.23	0.44	139.04	3 30	77 77	4.82	0.08
Names Intel Names Names <th< td=""><td>Main facies TPC2-24</td><td>HR</td><td>0.28040</td><td>0.000384</td><td>0.02003</td><td>0.00234</td><td>0.56153</td><td>0.09849</td><td>0.02027</td><td>336.14</td><td>51.45</td><td>115.89</td><td>14.75</td><td>2422.46</td><td>252.37</td><td>125.05</td><td>9.75</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>6.21</td><td>0.00</td><td>42.03</td><td>4 20</td><td>118 54</td><td>6.52</td><td>0.53</td></th<>	Main facies TPC2-24	HR	0.28040	0.000384	0.02003	0.00234	0.56153	0.09849	0.02027	336.14	51.45	115.89	14.75	2422.46	252.37	125.05	9.75	152804	5501.84	6.21	0.00	42.03	4 20	118 54	6.52	0.53
Name Name Name Name Na	Main facies TPC2-25	HR	0.21650	0.05467	0.01783	0.00200	0.44360	0.08805	0.01993	198.99	45.63	113.94	12.65	1383.58	434.69	108.37	11.22	152804	5501.84	7.78	0.64	44.74	3.42	90.13	5.38	0.50
Names Te22 IR BR BR BR BR BR	Main facies TPC2-26	HR	0.15342	0.04368	0.01712	0.00193	0.39620	0.06501	0.01699	144.92	38.45	109.40	12.24	774.57	549.93	107.20	11.05	152804	5501.84	9.79	0.74	50.20	3.60	85.24	5.09	0.59
Data bes PP-30 PP-30 PP-30 <	Main facies TPC2-27	HR	0.19159	0.04293	0.01992	0.00198	0.44300	0.06974	0.01401	177.98	36.58	127.17	12.50	920.80	412.93	123.90	11.33	152804	5501.84	7.73	0.62	61.24	4.10	110.47	6.12	0.55
Name Processe Vector Vector Vector Vector </td <td>Main facies TPC2-28</td> <td>HR</td> <td>0.11271</td> <td>0.03272</td> <td>0.01763</td> <td>0.00180</td> <td>0.35073</td> <td>0.04636</td> <td>0.01260</td> <td>108.44</td> <td>29.86</td> <td>112.66</td> <td>11.37</td> <td>16.62</td> <td>653.23</td> <td>112.75</td> <td>11.68</td> <td>152804</td> <td>5501.84</td> <td>9.03</td> <td>0.70</td> <td>91.66</td> <td>5.47</td> <td>117.24</td> <td>6.47</td> <td>0.78</td>	Main facies TPC2-28	HR	0.11271	0.03272	0.01763	0.00180	0.35073	0.04636	0.01260	108.44	29.86	112.66	11.37	16.62	653.23	112.75	11.68	152804	5501.84	9.03	0.70	91.66	5.47	117.24	6.47	0.78
bala bas ba	Main facies TPC2-29	OZ	0.25042	0.04990	0.01884	0.00205	0.54600	0.09643	0.01610	226.92	40.52	120.29	12.97	1556.09	313.28	113.16	11.30	152804	5501.84	4.48	0.44	56.30	3.81	118.41	6.37	0.48
Martesis PC23 MB MOR MOR MOR MOR MOR	Main facies TPC2-30	HR	0.35683	0.07236	0.01722	0.00205	0.58657	0.15030	0.02468	309.85	54.15	110.05	12.98	2349.36	280.73	96.09	10.71	152804	5501.84	9.36	0.71	50.49	3.53	88.59	5.13	0.57
Marines TPC-21 IB: 4B BIM2 Gam3 GaM3 GaM3 GaM3 <	Main facies TPC2-31	HR	0.27791	0.07160	0.01850	0.00242	0.50823	0.10892	0.02417	249.00	56.89	118.20	15.34	1781.51	404.61	109.34	13.08	152804	5501.84	6.87	0.59	30.74	2.71	69.00	4.47	0.45
Matches TPC-3 JAB Outroe OPC-3 OUCR	Main facies TPC2-32	HR-HR	0.16872	0.02687	0.01909	0.00177	0.58063	0.06408	0.00831	158.30	23.34	121.93	11.17	744.41	274.12	119.64	10.14	152804	5501.84	4.07	0.42	192.59	9.50	287.35	13.08	0.67
Alm face: IPC24 OL251 OL268 Outpace Ou	Main facies TPC2-33	HR	0.40490	0.07629	0.02328	0.00260	0.59252	0.12615	0.01915	345.20	55.14	148.35	16.37	2044.96	268.23	134.13	13.84	152804	5501.84	12.14	0.86	62.62	4.10	91.90	5.29	0.68
mark new	Main facies TPC2-34	OZ	0.25473	0.04885	0.01980	0.00210	0.55219	0.09333	0.01492	230.41	39.53	126.36	13.25	1494.50	302.52	119.38	12.22	152804	5501.84	10.37	0.77	57.70	0.21	129.91	6.85 E 49	0.87
Name Name <th< td=""><td>Main facies TPC2-35</td><td>HR</td><td>0.13800</td><td>0.03827</td><td>0.02031</td><td>0.00231</td><td>0.41280</td><td>0.04950</td><td>0.01245</td><td>131.80</td><td>54.15</td><td>129.01</td><td>14.62</td><td>2742.10</td><td>263.41</td><td>98.84</td><td>13.32</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>8.76</td><td>0.81</td><td>51.73</td><td>3.90</td><td>90.00</td><td>5.10</td><td>0.60</td></th<>	Main facies TPC2-35	HR	0.13800	0.03827	0.02031	0.00231	0.41280	0.04950	0.01245	131.80	54.15	129.01	14.62	2742.10	263.41	98.84	13.32	152804	5501.84	8.76	0.81	51.73	3.90	90.00	5.10	0.60
Date free D2 0.42 0.42 0.434 0.0344	Main facies TPC2-37	HR	0.15963	0.03658	0.01819	0.00231	0.47298	0.06366	0.01285	150.38	32.03	116.19	12.48	730.26	427.87	114.06	11.00	152804	5501.84	10.69	0.70	123 39	6.83	138 20	7.36	0.89
bits is m2-29 0.22 0.237 0.939 0.071 0.001 0.939 0.017 0.001 0.939 0.913 0.84 0.13 0.83 0.13 0.83 0.13 0.83 0.13 0.83 0.13 0.83 0.13 0.84 1.55 0.5	Main facies TPC2-38	OZ	0.14729	0.03868	0.01956	0.00221	0.43021	0.05463	0.01295	139.52	34.23	124.85	13.97	396.92	531.48	123.99	12.67	152804	5501.84	8.00	0.66	62.90	4.21	107.87	6.07	0.58
bin finder TYC-40 QZ QZ QZ QZ QZ <	Main facies TPC2-39	OZ	0.23792	0.05619	0.01776	0.00211	0.50406	0.09716	0.01982	216.71	46.09	113.48	13.39	1570.29	382.09	106.64	11.62	152804	5501.84	10.74	0.80	54.94	3.77	90.12	5.24	0.61
Nin fiess TC2-41 Hie-Hie 0.9494 0.0244 0.0294 0.0994 0.0974 0.079 0.0074 0.0074 0.0075 0.0074 0.0075 0.0175 0.0485 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.4885 0.017 0.488 0.017 0.488 0.017 0.488 0.017 0.488 0.017 0.488 0.017 0.488 0.017 0.485 0.15 0.16	Main facies TPC2-40	OZ	0.22832	0.05594	0.01946	0.00234	0.49109	0.08511	0.01817	208.81	46.24	124.22	14.80	1318.10	413.72	118.62	12.97	152804	5501.84	11.38	0.84	49.44	3.54	82.58	4.95	0.60
Main fines TC-24 IR 0.473 0.038 0.005 <	Main facies TPC2-41	HR-HR	0.30403	0.06343	0.02251	0.00254	0.54030	0.09794	0.01719	269.54	49.39	143.53	16.00	1585.22	328.23	134.82	13.91	152804	5501.84	7.72	0.63	51.76	3.60	90.68	5.24	0.57
Main fines TC-24 HR 0.288 0.089 0.0819 0.089 0.0819 0.919 9.910 9.910 0.919 0.919 0.919 0.919 0.919 0.919 0.919 9.910 9.910 0.919 <	Main facies TPC2-42	HR	0.14735	0.03365	0.02076	0.00220	0.46347	0.05148	0.01042	139.57	29.78	132.46	13.88	262.38	464.64	132.08	12.67	152804	5501.84	6.84	0.58	103.15	5.75	120.66	6.40	0.85
Main finesis TC-244 HR. 0.1259 0.0121 0.4884 0.0780 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0123 0.0121 0.0123 0.0134 0.0135 <td>Main facies TPC2-43</td> <td>HR</td> <td>0.22887</td> <td>0.05244</td> <td>0.01856</td> <td>0.00205</td> <td>0.48312</td> <td>0.08941</td> <td>0.01794</td> <td>209.26</td> <td>43.33</td> <td>118.58</td> <td>13.01</td> <td>1413.04</td> <td>383.78</td> <td>112.59</td> <td>11.46</td> <td>152804</td> <td>5501.84</td> <td>10.01</td> <td>0.76</td> <td>60.13</td> <td>4.00</td> <td>91.92</td> <td>5.33</td> <td>0.65</td>	Main facies TPC2-43	HR	0.22887	0.05244	0.01856	0.00205	0.48312	0.08941	0.01794	209.26	43.33	118.58	13.01	1413.04	383.78	112.59	11.46	152804	5501.84	10.01	0.76	60.13	4.00	91.92	5.33	0.65
Main fine: TVC-45 HR 0.129 0.0090 0.00000 0.0000 0.0000	Main facies TPC2-44	HR-HR	0.17295	0.04155	0.02095	0.00221	0.43894	0.05986	0.01292	161.98	35.97	133.69	13.95	598.61	467.45	131.91	12.68	152804	5501.84	11.11	0.82	57.78	3.89	96.98	5.53	0.60
Main face: PIC-4-9 HR 0.197 0.0074 0.0479 0.0179 0.1079 0.1179 0.1079<	Main facies TPC2-45	HR	0.12539	0.02930	0.02103	0.00200	0.40624	0.04325	0.00923	119.95	26.43	134.15	12.60	-153.26	530.04	134.24	12.97	152804	5501.84	5.91	0.54	127.72	6.89	147.89	7.65	0.86
nm m un/v un/v un/v unv un	Main facies TPC2-46	HR	0.15931	0.03523	0.01784	0.00177	0.44908	0.06475	0.01279	150.10	30.86	114.02	11.22	766.25	416.25	111.76	10.20	152804	5501.84	5.19	0.50	108.32	6.08	139.22	6.72	0.78
main failed: main failed:<	Main facies TPC2-4/	нк	0.14//0	0.03527	0.01696	0.00177	0.45022	0.06890	0.01357	139.88	31.20	108.44	11.21	713.22 805.57	436.49	100.00	10.10	152804	5501.84	0.55	0.57	64.82	4.1Z	124.38	0.72	0.61
International fraction Internation Internatio	Main facies TPC2-49	HR	0.19887	0.03856	0.02094	0.00213	0.43922	0.03757	0.01354	104.17	35.33	133.57	13.45	-515.64	900.79	133.61	15.32	152804	5501.84	12 19	0.05	52 54	3.78	85.31	5.01	0.54
Main facies TPC2-51 HR-HR 0.25794 0.04754 0.0212 0.02589 0.0849 0.0132 233.00 38.38 141.17 13.54 1303.91 304.50 14.98 12.07 15284 501.84 6.43 0.57 64.64 4.19 12.61 6.72 0.51 Main facies TPC2-52 HR 0.02690 0.0161 0.01853 0.0212 0.0307 0.0205 0.2007 0.224.61 44.09 118.46 13.39 172.37.8 361.23 110.09 11.62 15284 501.84 1.10 0.84 47.9 3.29 7.92 4.79 0.60 Main facies TPC2-54 HR 0.0715 0.00207 0.03735 0.0170 10.116 45.98 13.27 13.26 131.21 115.83 13.35 12804 501.84 1.07 14.94 10.32.4 10.09 12.2 152.04 501.44 41.01 12.5 13.27 13.27 13.29 14.93.3 13.35 14.90.9 <t< td=""><td>Main facies TPC2-50</td><td>HR</td><td>0.41401</td><td>0.07060</td><td>0.02053</td><td>0.00208</td><td>0.59317</td><td>0.14627</td><td>0.02008</td><td>351.76</td><td>50.70</td><td>131.00</td><td>13.12</td><td>2302.78</td><td>235.84</td><td>115.09</td><td>11.01</td><td>152804</td><td>5501.84</td><td>8.11</td><td>0.67</td><td>98.25</td><td>5.69</td><td>119.32</td><td>6.52</td><td>0.82</td></t<>	Main facies TPC2-50	HR	0.41401	0.07060	0.02053	0.00208	0.59317	0.14627	0.02008	351.76	50.70	131.00	13.12	2302.78	235.84	115.09	11.01	152804	5501.84	8.11	0.67	98.25	5.69	119.32	6.52	0.82
Main facks TPC2-52 HR 0.26989 0.06136 0.01855 0.02012 0.00171 0.1054 0.02076 242.61 49.07 118.46 13.39 1723.78 361.23 110.09 11.62 15204 550.84 11.44 0.83 47.59 3.39 79.92 4.79 0.60 Main facks TPC2-53 OZ 0.2709 0.0521 0.0144 0.0205 0.01024 0.0135 0.1104 19.10 45.98 13.12 115.83 11.35 15204 550.84 11.07 0.82 85.0 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 52.0 8.01 52.9 <	Main facies TPC2-51	HR-HR	0.25794	0.04754	0.02214	0.00215	0.52589	0.08449	0.01325	233.00	38.38	141.17	13.54	1303.91	304.50	134.98	12.07	152804	5501.84	6.43	0.57	64.64	4.19	126.12	6.72	0.51
Main facies TPC 2-53 OZ 0.27090 0.05621 0.0194 0.00205 0.01024 0.0108 243.41 44.91 12.391 12.96 1646.92 331.21 115.83 11.35 152804 5501.84 13.61 0.96 89.01 5.29 105.82 5.90 41.07 0.82 51.03 3.58 73.70 4.56 0.057 0.0173 0.0010 0.44565 0.0538 0.01023 13.37 30.41 14.93 13.25 353.37 431.5 140.19 12.22 152804 5501.84 11.07 0.82 51.03 3.58 73.70 4.56 0.69 Marginal facie TPC-35 0Z 0.1632 0.0173 0.0024 0.0012 0.4465 0.0538 0.0102 112.92 13.35 7.41 14.93 13.25 353.37 431.50 140.19 12.22 152804 5501.84 8.67 0.69 89.07 5.45 152.60 8.01 0.69 89.07 15.69 10.01 10.29 29.161 31.329 13.05 140.19 12.222 15.85 15.84 <	Main facies TPC2-52	HR	0.26989	0.06136	0.01855	0.00212	0.50171	0.10554	0.02076	242.61	49.07	118.46	13.39	1723.78	361.23	110.09	11.62	152804	5501.84	11.44	0.83	47.59	3.39	79.92	4.79	0.60
Main facis TPC2-54 HR 0.0715 0.0546 0.0237 0.0437 0.0735 0.0730 0.170 1.10 1.200 1.2280 5501.8 1.10 0.82 51.03 3.58 73.70 4.56 0.69 Marginal facic TPC3-55 OZ 0.16328 0.0348 0.0210 0.04456 0.0538 0.0103 1.53.7 3.0.1 1.02.9 1.3.25 353.37 431.50 1.010 1.222 1.5280 501.84 8.5 0.69 89.67 5.45 152.60 8.01 0.53105 0.0103 0.0103 0.0204 0.0013 0.122 153.57 3.12 10.29 13.25 13.24 130.50 10.10 12.22 153.85 0.69 89.67 5.45 152.60 8.01 0.0231 0.0293<	Main facies TPC2-53	OZ	0.27090	0.05621	0.01941	0.00205	0.50907	0.10124	0.01808	243.41	44.91	123.91	12.96	1646.92	331.21	115.83	11.35	152804	5501.84	13.61	0.96	89.01	5.29	105.82	5.96	0.84
Marginal facic TPC3-55 OZ 0.16328 0.0348 0.0210 0.0010 0.44565 0.0538 0.0102 15.57 30.41 140.93 13.25 35.37 431.50 140.19 12.22 15284 501.84 8.35 0.69 89.67 5.45 152.60 8.01 0.53105 0.0103 0.0013 0.0204 0.0013 0.0204 0.00511 11.29 15.37 30.41 140.93 13.25 33.37 431.50 10.65 152.60 501.84 6.67 0.60 365.09 16.41 447.99 19.50 0.81 Marginal facic TPC3-57 OZ 0.1888 0.0201 0.0203 0.0012 0.4962 0.0654 0.0053 13.28 20.58 13.25 7.64 788.47 21.29 13.08 7.19 152.80 501.84 6.65 0.69 17.64 18.00 13.25 7.64 788.47 21.29 13.08 7.19 13.29 13.25 13.29 13.25 13.20 13.25 13.20 13.25 13.20 13.25 13.20 13.25 13.20 13.25 13.20 <td>Main facies TPC2-54</td> <td>HR</td> <td>0.20715</td> <td>0.05466</td> <td>0.02048</td> <td>0.00237</td> <td>0.43770</td> <td>0.07335</td> <td>0.01740</td> <td>191.16</td> <td>45.98</td> <td>130.70</td> <td>14.94</td> <td>1023.64</td> <td>480.08</td> <td>126.76</td> <td>13.34</td> <td>152804</td> <td>5501.84</td> <td>11.07</td> <td>0.82</td> <td>51.03</td> <td>3.58</td> <td>73.70</td> <td>4.56</td> <td>0.69</td>	Main facies TPC2-54	HR	0.20715	0.05466	0.02048	0.00237	0.43770	0.07335	0.01740	191.16	45.98	130.70	14.94	1023.64	480.08	126.76	13.34	152804	5501.84	11.07	0.82	51.03	3.58	73.70	4.56	0.69
Marginal facic PC2-56 OZ 0.11763 0.01731 0.0208 0.0103 0.04094 0.0051 112.92 15.73 132.97 10.29 -291.61 318.24 133.05 10.65 15284 5501.84 6.67 0.60 365.09 16.41 447.99 19.51 0.81 Marginal facic PC3-57 OZ 0.1885 0.0201 0.0202 0.0017 0.4962 0.0642 135.3 7.64 7.88.7 212.9 130.83 7.19 15284 501.84 8.57 0.68 355.26 15.94 40.46 17.09 0.88 Marginal facic PC3-58 OZ 0.1392 0.0215 0.0121 0.0137 0.0987 0.0481 0.0738 132.87 20.58 132.87 36.07 132.92 36.07 132.92 8.66 35.05 15.94 501.84 6.65 0.65 0.65 0.89 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81 0.81	Marginal facie TPC3-55	OZ	0.16328	0.03484	0.02210	0.00210	0.44565	0.05358	0.01023	153.57	30.41	140.93	13.25	353.37	431.50	140.19	12.22	152804	5501.84	8.35	0.69	89.67	5.45	152.60	8.01	0.59
Marginal facic PC3 0.2 0.1885 0.0201 0.0203 0.0012 0.49622 0.0654 13.83 7.64 7.84 7.19 130.83 7.19 15284 550.84 8.57 0.68 355.26 15.94 40.146 17.70 0.88 Marginal facic PC3-58 0.2 0.1392 0.0210 0.0202 0.0017 0.0957 0.04871 0.0738 132.88 0.58 132.89 356.07 132.92 8.66 15284 550.84 6.65 0.59 17.79 9.09 267.09 12.59 0.67 Marginal facic PC3-56 0.2 0.1528 0.0217 0.0127 0.0273 0.0017 12.87 20.72 12.83 8.68 133.89 356.07 132.92 8.66 0.59 551.84 6.65 0.59 8.70 308.09 14.70 0.54 Marginal facic PC3-64 0.2 0.0236 0.0012 0.0012 0.0017 0.0737 12.83 8.13 7.64 21.2 3 133.39 132.65 132.89 8.66 132.89 132.85	Marginal facie TPC3-56	OZ	0.11763	0.01731	0.02084	0.00163	0.53105	0.04094	0.00511	112.92	15.73	132.97	10.29	-291.61	318.24	133.05	10.65	152804	5501.84	6.67	0.60	365.09	16.41	447.99	19.51	0.81
Marginal facic IPC3-58 OZ 0.13982 0.02302 0.00137 0.039957 0.04871 0.00738 132.88 20.58 132.83 8.68 133.99 356.07 132.92 8.26 15284 550.84 6.65 0.09 178.79 9.09 267.09 12.59 0.67 Marginal facic IPC3-60 OZ 0.1502 0.0231 0.01924 0.00127 0.02734 0.08734 0.08734 0.00374 12.83 8.68 133.89 356.07 132.92 550.84 6.65 0.09 178.79 9.09 267.09 12.59 0.67 Marginal facic IPC3-60 OZ 0.1550 0.0230 0.0013 0.0103 0.00567 0.0073 12.83 20.72 12.83 8.68 133.89 333.9 12.156 7.58 15284 550.84 6.65 0.66 165.59 8.70 0.67 0.66 0.67 0.66 0.65 9.80 0.61 0.67 0.67 0.67 0.67 0.66 0.67 0.67 0.66 0.66 0.69 0.67 0.67 0.66 0.66 0.69	Marginal facie TPC3-57	OZ	0.18885	0.02201	0.02093	0.00121	0.49622	0.06544	0.00662	175.64	18.80	133.53	7.64	788.47	212.39	130.83	7.19	152804	5501.84	8.57	0.68	355.26	15.94	401.46	17.70	0.88
Marginal facic PPG3-60 OZ 0.1528 0.02351 0.01924 0.0017 0.42718 0.05734 0.0001 143.75 20.72 122.83 8.03 504.66 307.53 121.56 7.58 15284 550.84 7.63 0.66 165.59 8.70 308.09 14.37 0.54 Marginal facic PPG3-61 OZ 0.14551 0.02306 0.00185 0.00121 0.00167 0.00732 137.94 20.72 122.83 8.03 504.66 307.53 121.56 7.58 15284 550.84 7.63 0.66 165.59 8.70 308.09 14.37 0.54 Marginal facic PPG3-62 OZ 0.1508 0.0212 0.0012 0.45628 0.05575 0.00573 142.62 16.63 135.31 7.64 265.99 251.81 134.92 7.29 152.84 550.84 7.9 0.62 367.53 16.59 8.70 308.09 14.37 0.57 0.07 142.62 16.63 135.31 7.64 265.99 251.81 134.92 7.29 152.84 550.84 7.9 0.62 367.53	Marginal facie TPC3-58	OZ	0.13982	0.02310	0.02082	0.00137	0.39957	0.04871	0.00738	132.88	20.58	132.83	8.68	133.89	356.07	132.92	8.26	152804	5501.84	6.65	0.59	178.79	9.09	267.09	12.59	0.67
Marginal face IPC 3-61 OZ 0.1451 0.02083 0.00186 0.01080 0.00160 0.00072 137.94 20.44 132.89 8.56 225.81 333.94 132.65 8.14 152804 550.84 8.01 0.66 199.15 9.86 278.81 13.01 0.71 Marginal facic TPC3-62 OZ 0.1580 0.0185 0.0212 0.00156 0.00573 142.62 16.63 135.31 7.64 265.99 255.18 134.92 7.29 152804 550.84 7.29 0.62 367.53 16.54 456.95 20.00 0.80 Marginal facic TPC3-63 OZ 0.1590 0.0212 0.00158 0.00573 142.62 16.53 135.31 7.64 265.99 255.18 134.92 7.29 152.84 550.184 7.29 0.62 367.53 16.54 456.95 20.00 0.80 0.71 Marginal facic TPC3-64 OZ 0.1647 0.0293 0.0156 0.09355 0.09355 152.86 26.15 135.80 37.65 316.79 134.77	Marginal facie TPC3-60	OZ	0.15208	0.02351	0.01924	0.00127	0.42718	0.05734	0.00801	143.75	20.72	122.83	8.03	504.66	307.53	121.56	7.58	152804	5501.84	7.63	0.66	165.59	8.70	308.09	14.37	0.54
Marginal face: TPC3-63 OZ 0.1080 0.0185 0.0212 0.0012 0.0016 0.0015 142.02 16.05 135.31 7.64 265.99 253.18 144.92 7.29 0.62 367.53 165.4 456.95 20.00 0.80 Marginal faci: TPC3-63 OZ 0.1510 0.02604 0.0213 0.00158 0.00158 0.0079 143.59 22.95 147.38 9.93 81.41 373.35 147.46 10.33 15284 5501.84 8.81 0.71 164.61 8.58 233.06 11.30 0.71 Marginal facie TPC3-64 OZ 0.16247 0.0293 0.0212 0.00156 0.09355 0.09355 152.86 26.15 135.80 9.88 426.40 376.79 134.77 9.30 15284 5501.84 7.68 0.64 125.14 6.86 186.98 9.36 0.67 Marginal facie TPC3-65 OZ 0.1702 0.0264 0.0210 0.05568 0.00788 161.17 23.34 142.85 9.45 439.69 315.08 141.73	Marginal facie TPC3-61	02	0.14551	0.02306	0.02083	0.00136	0.41080	0.05067	0.00732	137.94	20.44	132.89	8.56	225.81	333.94	132.65	8.14	152804	5501.84	8.01	0.66	199.15	9.86	278.81	13.01	0.71
Marginal face TPC3-65 OZ 0.1509 0.0204 0.0203 0.0018 0.0019 143.99 22.95 147.36 9.95 81.41 373.55 147.46 10.33 13204 5501.84 8.81 0./1 164.61 8.88 233.00 11.30 0./1 Marginal facie TPC3-64 OZ 0.16247 0.0299 0.02129 0.00156 0.3986 0.05535 0.00935 152.86 26.15 135.80 9.88 426.40 376.79 134.77 9.30 152804 5501.84 7.68 0.64 125.14 6.86 186.98 9.36 0.67 Marginal facie TPC3-65 OZ 0.1702 0.02649 0.0210 0.05568 0.00788 161.17 23.34 142.85 9.45 439.69 315.08 141.73 8.93 152804 5501.84 7.68 0.65 122.00 6.80 251.80 12.02 0.44	Marginal facia TPC3-62	02	0.15080	0.01885	0.02121	0.00121	0.45628	0.05156	0.00573	142.62	16.63	135.31	7.64	265.99	255.18	134.92	1.29	152804	5501.84	7.29	0.62	367.53	10.54	400.95	20.00	0.80
Marginal facie TPC3-65 OZ 0.1720 0.0264 0.02241 0.00150 0.0556 0.0055 0.	Marginal facie TPC3-03	07	0.15190	0.02004	0.02313	0.00158	0.39739	0.04704	0.00749	143.39	22.90	147.38	9.93	81.41 426.40	376.70	147.40	0.30	152804	5501.84	0.61 7.68	0.71	104.01	6 86	186.98	9.36	0.71
	Marginal facie TPC3-65	oz	0.17202	0.02694	0.02129	0.00150	0.42701	0.05568	0.00788	161.17	23.34	142.85	9.45	439.69	315.08	141.73	8.93	152804	5501.84	7.63	0.65	122.00	6.80	251.80	12.02	0.48

ntal Concentrtion (µg/g) and ratio <u>2</u>σ 0.03 Th 576.52 22.72 1758.23 63.79 0.33 0.02 151.43 7.46 322.13 13.45 0.47 0.03 2058.22 75.45 3464.50 123.39 0.59 0.03 51.06 3.54 141.92 7.01 0.36 0.03 51.64 3.59 135.61 6.82 0.38 0.03 0.02 263.21 11.45 695.77 26.54 0.38 279.50 11.98 433.55 17.23 0.64 0.04 4.26 153.59 7.35 0.46 0.04 70.26 217.79 9.96 388.43 15.90 0.56 0.03 1006.74 38.11 2604.27 93.52 0.39 0.02 181.70 8.78 301.89 13.01 0.60 0.04 0.03 3.35 144.48 7.24 0.32 45.57 73.80 4.42 215.23 9.66 0.34 0.03 148.23 7.59 209.23 9.92 0.71 0.05 54.62 3.81 169.83 8.51 0.32 0.03 363.93 15.88 607.15 24.98 0.60 0.04 36.49 2.85 122.27 6.46 0.30 0.03 65.54 4.19 146.01 0.45 0.04 7.43 0.03 60.08 3.96 148.57 7.55 0.40 7.37 198.40 9.55 0.71 0.05 141.20 65.81 4.25 163.68 8.19 0.40 0.03 139.64 7.44 204.17 10.03 0.68 0.05 42.63 3.30 77.77 4.82 0.55 0.05 4 20 118 54 0.53 0.05 62.24 6.52 44.74 3.42 90.13 5.38 0.50 0.05 0.05 50.20 3.60 85.24 5.09 0.59 61.24 4.10 110.47 6.12 0.55 0.05 91.66 5.47 117.24 6.47 0.78 0.06 56.30 3.81 118.41 6.37 0.48 0.04 0.57 0.05 50.49 3.53 88.59 5.13 30.74 2.71 69.00 4.47 0.45 0.05 9.50 287.35 13.08 0.67 0.04 192.59 62.62 4.10 91.90 5.29 0.68 0.06 112.45 6.21 129.91 6.85 0.87 0.07 57.70 3.90 95.83 5.48 0.60 0.05 0.06 51.73 3.73 83.74 5.10 0.62 123.39 6.83 138.20 7.36 0.89 0.07 4.21 107.87 6.07 0.58 0.05 62.90 54.94 3.77 90.12 5.24 0.61 0.05 49.44 3.54 82.58 4.95 0.60 0.06 51.76 3.60 90.68 5.24 0.57 0.05 103.15 5.75 120.66 6.40 0.85 0.07 60.13 4.00 91.92 5.33 0.65 0.06 3.89 96.98 0.60 0.05 5.53 57.78 127.72 6.89 147.89 7.65 0.86 0.06 108.32 6.08 139.22 7.29 0.78 0.06 75.48 4.72 124.38 6.72 0.61 0.05 64.82 4.32 119.92 6.61 0.54 0.05 52.54 3.78 85.31 5.20 0.62 0.06 5.69 119.32 0.07 6.52 0.82 98.25 64.64 4.19 126.12 6.72 0.51 0.04 47.59 3.39 79.92 4.79 0.60 0.06 89.01 5.29 105.82 5.96 0.84 0.07 51.03 3.58 73.70 4.56 0.69 0.06 89.67 5.45 152.60 8.01 0.59 0.05 365.09 16.41 447.99 19.51 0.81 0.05 355.26 15.94 401.46 17.70 0.88 0.06 178.79 9.09 267.09 12.59 0.67 0.05 165.59 8.70 308.09 14.37 0.54 0.04 199.15 9.86 278.81 13.01 0.71 0.05 367.53 16.54 456.95 20.00 0.80 0.05 164.61 8.58 233.06 11.30 0.71 0.05 125.14 6.86 186.98 9.36 0.67 0.05

0.04

【 付録 2 】



表 4-3 堺ノ神深成岩体のジルコン U-Pb 年代データおよびチタン濃度

Rock	C1	Comment	CL pattern				Isotope ra	atios				Age (Ma)				Elemental Concentration $(\mu g/g)$ and ratio												
body	Sample name			²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ	206Pb/238U	2σ	error correlation	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	²³⁵ U- ²⁰⁷ Pb	2σ 2	²³⁸ U- ²⁰⁶ Pb	2σ 2	⁰⁷ Pb- ²⁰⁶ Pb	2σ	Disequilibrium & common Pb corrected age	2σ	Si	2σ T	i	2σ	Γh	2σ U	J	2σ Th	ı/U	2σ
A(東)	TM21 Zr1-1		OZ	0.20404	0.02889	0.01922	0.00147	0.54117	0.07699	0.00917	188.54	24.36	122.73	9.31	1120.93	237.43	118.45	8.49	152804.00	5501.84	2.63	0.32	264.49	11.48	349.13	13.96	0.76	0.04
A(東)	TM21 Zr1-2		OZ	0.22151	0.03572	0.02032	0.00168	0.51350	0.07907	0.01094	203.17	29.69	129.67	10.63	1173.80	273.79	124.83	9.65	152804.00	5501.84	2.15	0.29	143.46	7.12	221.98	9.59	0.65	0.04
A(東)	TM21 Zr1-3		OZ	0.19415	0.02484	0.02026	0.00147	0.56549	0.06950	0.00733	180.16	21.12	129.31	9.26	913.52	217.15	126.02	8.53	152804.00	5501.84	3.41	0.38	428.24	17.28	500.53	19.12	0.86	0.05
A(東)	TM21 Zr1-4		OZ	0.17064	0.02368	0.01890	0.00141	0.53736	0.06547	0.00766	159.97	20.54	120.72	8.92	789.38	245.66	118.25	8.23	152804.00	5501.84	2.69	0.33	376.42	15.50	431.60	16.83	0.87	0.05
A(東)	TM21 Zr1-5		OZ	0.17797	0.02043	0.02018	0.00139	0.59796	0.06397	0.00589	166.31	17.61	128.78	8.75	740.65	194.68	126.40	8.12	152804.00	5501.84	11.50	0.83	487.62	19.33	805.16	29.33	0.61	0.03
A(東)	TM21 Zr1-6		OZ	0.21592	0.02972	0.02044	0.00155	0.55024	0.07662	0.00880	198.51	24.81	130.43	9.78	1111.20	229.51	125.96	8.92	152804.00	5501.84	2.01	0.28	284.92	12.15	347.81	13.86	0.82	0.05
A(東)	TM21 Zr1-7		OZ	0.21065	0.02813	0.02099	0.00156	0.55620	0.07279	0.00808	194.10	23.59	133.90	9.84	1008.12	225.06	129.96	9.02	152804.00	5501.84	1.94	0.29	430.01	17.29	395.25	15.52	1.09	0.06
A(東)	TM21 Zr1-8		OZ	0.25077	0.03588	0.02250	0.00175	0.54508	0.08082	0.00970	227.20	29.13	143.45	11.06	1217.18	235.89	137.82	10.05	152804.00	5501.84	2.24	0.29	176.90	8.28	267.87	11.11	0.66	0.04
A(東)	TM21 Zr1-9		OZ	0.24091	0.03071	0.02161	0.00137	0.49917	0.08087	0.00893	219.17	25.13	137.79	8.68	1218.31	217.19	132.36	8.01	152804.00	5501.84	2.50	0.34	219.20	10.83	312.91	14.51	0.70	0.05
A(東)	TM21 Zr1-10		OZ	0.21202	0.02412	0.02095	0.00122	0.51005	0.07340	0.00718	195.24	20.21	133.66	7.68	1024.95	197.99	129.62	7.16	152804.00	5501.84	3.09	0.38	403.41	18.04	438.03	19.34	0.92	0.06
A(東)	TM21 Zr2-2		HR	0.16905	0.02340	0.01882	0.00140	0.53669	0.06514	0.00761	158.60	20.32	120.20	8.85	779.01	245.54	117.78	8.17	152804.00	5501.84	2.67	0.34	170.42	8.15	434.45	16.88	0.39	0.02
A(東)	TM21 Zr2-4		OZ	0.18349	0.02396	0.01871	0.00136	0.55882	0.07114	0.00770	171.06	20.55	119.47	8.64	961.53	221.17	116.17	7.93	152804.00	5501.84	3.10	0.35	257.12	11.25	494.07	18.89	0.52	0.03
A(東)	TM21 Zr3-1		OZ	0.12212	0.01904	0.01763	0.00113	0.41231	0.05025	0.00714	116.99	17.23	112.63	7.18	206.54	329.45	112.44	6.82	152804.00	5501.84	9.70	0.74	430.25	20.89	322.57	15.56	1.33	0.09
A(東)	TM21 Zr3-2		OZ-HR	0.13409	0.01743	0.01873	0.00109	0.44648	0.05193	0.00604	127.77	15.60	119.62	6.88	282.11	266.09	119.19	6.56	152804.00	5501.84	5.48	0.49	344.11	17.14	423.03	19.55	0.81	0.06
A(東)	TM21 Zr5-1		HR	0.16052	0.03504	0.02142	0.00181	0.38652	0.05436	0.01094	151.16	30.66	136.60	11.41	385.96	452.25	135.74	10.65	152804.00	5501.84	5.28	0.50	78.07	5.69	142.90	8.26	0.55	0.05
A(東)	TM21 Zr5-2		OZ	0.25832	0.03524	0.01951	0.00136	0.51073	0.09604	0.01126	233.31	28.44	124.54	8.59	1548.56	220.32	117.23	7.79	152804.00	5501.84	4.54	0.44	114.39	7.30	246.10	12.48	0.46	0.04
A(東)	TM21 Zr5-3		OZ	0.14939	0.02722	0.02028	0.00149	0.40363	0.05344	0.00891	141.38	24.05	129.41	9.42	347.32	377.00	128.72	8.87	152804.00	5501.84	3.65	0.39	174.75	10.08	215.66	11.32	0.81	0.06
A(東)	30 Zr1-1		OZ	0.11689	0.03130	0.01976	0.00171	0.32267	0.04289	0.01087	112.25	28.46	126.17	10.80	-173.71	631.76	126.25	11.14	152804.00	5501.84	4.70	0.45	78.86	5.62	130.54	7.71	0.60	0.06
A(東)	30 Zr1-2		OZ	0.17377	0.03346	0.02028	0.00154	0.39348	0.06213	0.01100	162.68	28.95	129.46	9.71	678.52	378.33	127.36	9.09	152804.00	5501.84	7.31	0.61	142.58	8.63	180.74	9.94	0.79	0.06
A(南)	WN7 Zr13-1		oz	0.15247	0.03639	0.02022	0.00178	0.36941	0.05470	0.01213	144.09	32.06	129.03	11.26	399.83	497.02	128.13	10.50	152804.00	5501.84	9.33	0.75	169.99	10.18	142.44	8.59	1.19	0.10
A(南)	WN7 Zr13-2		OZ	0.16431	0.01708	0.02167	0.00104	0.46184	0.05499	0.00507	154.47	14.89	138.21	6.56	411.86	206.12	137.23	6.30	152804.00	5501.84	8.06	0.67	1348.41	60.15	672.60	30.49	2.00	0.13
A(南)	UK7 Zr5-1		HR	0.14902	0.01689	0.02085	0.00141	0.59609	0.05184	0.00472	141.05	14.93	133.01	8.90	278.40	208.37	132.58	8.37	152804.00	5501.84	4.54	0.42	958.45	35.17	793.48	28.51	1.21	0.06
A(南)	UK7 Zr5-2		OZ	0.13490	0.01676	0.02021	0.00140	0.55724	0.04842	0.00499	128.49	15.00	128.97	8.84	119.75	243.14	129.05	9.19	152804.00	5501.84	2.57	0.30	577.37	21.89	576.13	21.12	1.00	0.05
A(南)	UK7 Zr5-3		oz	0.13589	0.01785	0.01892	0.00134	0.54103	0.05210	0.00575	129.38	15.95	120.82	8.51	289.59	252.39	120.36	7.98	152804.00	5501.84	2.53	0.29	426.50	16.83	511.33	19.11	0.83	0.05
A(南)	UK7 Zr5-4		OZ	0.15478	0.01977	0.02109	0.00124	0.46065	0.05322	0.00603	146.12	17.38	134.56	7.83	338.18	256.79	133.89	7.46	152804.00	5501.84	2.34	0.31	322.78	14.73	385.46	17.14	0.84	0.05
A(南)	UK7 Zr5-5		HR	0.13600	0.01163	0.02148	0.00103	0.56025	0.04591	0.00325	129.47	10.39	137.02	6.49	-6.91	170.94	137.10	6.86	152804.00	5501.84	4.22	0.43	1400.49	56.60	1104.34	44.92	1.27	0.07
A(南)	UK7 Zr5-6		OZ-HR	0.14261	0.01436	0.02034	0.00105	0.51096	0.05085	0.00440	135.37	12.76	129.79	6.61	234.25	199.70	129.52	6.33	152804.00	5501.84	3.02	0.35	736.97	30.82	721.93	30.14	1.02	0.06
D	12 Zr2-1		HR	0.13191	0.01112	0.02002	0.00092	0.54620	0.04779	0.00337	125.81	9.97	127.78	5.83	88.66	167.38	127.87	6.17	152804.00	5501.84	4.40	0.45	2440.11	105.45	1455.33	61.57	1.68	0.10
D	12 Zr3-1		OZ	0.17666	0.04128	0.01790	0.00169	0.40298	0.07157	0.01530	165.18	35.62	114.39	10.68	973.63	436.03	111.15	9.76	152804.00	5501.84	3.54	0.39	116.54	7.58	137.62	8.18	0.85	0.07
D	12 Zr3-2		OZ	0.15487	0.02412	0.02073	0.00138	0.42648	0.05417	0.00763	146.20	21.21	132.29	8.70	378.32	316.82	131.47	8.23	152804.00	5501.84	3.58	0.39	228.10	12.48	309.97	15.34	0.74	0.05
D	12 Zr3-3		OZ	0.14534	0.01883	0.02100	0.00122	0.44695	0.05020	0.00582	137.79	16.69	133.96	7.68	204.20	268.93	133.80	7.34	152804.00	5501.84	4.62	0.46	594.37	27.99	477.35	22.12	1.25	0.08
D	12 Zr3-5		OZ	0.22750	0.02277	0.02103	0.00106	0.50224	0.07845	0.00679	208.14	18.84	134.18	6.68	1158.29	171.67	129.28	6.25	152804.00	5501.84	6.82	0.58	455.39	22.09	565.86	25.82	0.80	0.05
D	12 Zr4-1		HR	0.15385	0.01439	0.02161	0.00096	0.47475	0.05164	0.00425	145.30	12.66	137.81	6.06	269.44	188.81	137.41	5.85	152804.00	5501.84	6.79	0.55	1079.60	48.03	764.64	33.56	1.41	0.09
D	12 Zr4-2		HR	0.13306	0.01158	0.01979	0.00083	0.48398	0.04876	0.00371	126.84	10.38	126.35	5.27	136.11	178.98	126.40	5.11	152804.00	5501.84	7.34	0.58	1339.21	58.82	974.42	41.97	1.37	0.08
D	12 Zr4-3		OZ	0.11823	0.01171	0.01927	0.00085	0.44703	0.04450	0.00394	113.47	10.64	123.04	5.40	-83.01	217.03	123.13	5.73	152804.00	5501.84	3.47	0.35	891.40	39.97	784.11	34.21	1.14	0.07
D	12 Zr4-4		OZ	0.13094	0.01147	0.02086	0.00087	0.47765	0.04553	0.00350	124.94	10.30	133.08	5.51	-27.25	186.48	133.17	5.87	152804.00	5501.84	4.43	0.43	1324.60	58.40	1021.15	44.05	1.30	0.08
D	12 Zr4-5		OZ	0.14892	0.01134	0.02178	0.00087	0.52229	0.04959	0.00322	140.96	10.02	138.88	5.46	176.04	151.41	138.83	5.30	152804.00	5501.84	4.02	0.39	1942.76	84.09	1175.01	50.05	1.65	0.10
D	55-2 Zr5-1		OZ	0.13646	0.02436	0.02027	0.00143	0.39511	0.04882	0.00801	129.89	21.77	129.39	9.04	139.07	385.11	129.45	8.57	152804.00	5501.84	11.53	0.81	203.94	11.07	215.39	11.04	0.95	0.07
D	55-2 Zr1-1		HR	0.14729	0.02681	0.01946	0.00144	0.40575	0.05489	0.00913	139.52	23.73	124.25	9.09	407.76	372.29	123.35	8.55	152804.00	5501.84	4.67	0.43	144.44	8.38	188.41	9.83	0.77	0.06
D	55-2 Zr1-2		OZ-HR	0.15260	0.02488	0.01888	0.00131	0.42452	0.05861	0.00865	144.20	21.92	120.60	8.27	552.48	322.21	119.16	7.77	152804.00	5501.84	6.65	0.54	217.81	11.55	232.46	11.65	0.94	0.07
D	55-2 Zr4-1		OZ-HR	0.31318	0.06277	0.01995	0.00199	0.49688	0.11388	0.01981	276.64	48.54	127.31	12.55	1862.24	314.07	117.01	10.99	152804.00	5501.84	12.19	0.85	96.44	6.37	96.35	6.08	1.00	0.09

【 付録 2 】



4.3 ジルコンの物理化学条件に基づく隆起史・侵食史の初期条件の制約

本共同研究では、「ジルコンの U-Pb 年代測定・チタン濃度の同時定量技術の開発」を通じて、 「ジルコンの U-Pb 年代とチタン濃度から結晶化年代・温度の導出」を行った。これらの年代や 温度はマグマの貫入・定置・結晶化の物理化学条件に相当する。つまり、この物理化学条件は隆 起史・侵食史の初期条件と見なすことが出来る。令和2年度の共同研究では、黒部川花崗岩、遠 野複合深成岩体、堺ノ神深成岩体を対象とし、結晶化年代・温度の導出を実施した。令和2年度 の共同研究では特に LA-ICP-MS 分析の際のレーザー径の最小化を試み(黒部川花崗岩では25 µ m、遠野複合深成岩体と堺ノ神深成岩体では15 µmを試行)、ジルコンの内部構造に応じた分析 を行った。その結果、それぞれの岩体(や岩相)で得られた温度時間履歴は、マグマ溜りから深 成岩体へと至る冷却史(つまり、前述の隆起史・侵食史の初期条件)を反映する。これらの温度 時間履歴に低温の閉鎖温度を持つ熱年代学的手法を組み合わせることで、より高度な隆起史・侵 食史を解明する上で重要な情報となる。

一方、図 4-6 のように 1 つのジルコン粒子内で、その内部構造を加味しつつ複数の分析点を 設定し、1 粒子内の温度・年代変化を定量的に議論するためには、年代やチタン濃度の定量分析 手法の最適化(特にレーザー径の最適化)、そして Ti-in-zircon 温度計の高度化や妥当な活動度の 設定が必要となる。

【 付録 2 】

5 まとめ

深成岩体を伴う地域の隆起量・侵食量の評価には地球年代学的(熱年代学的)な手法が有用で ある。この地球年代学的手法と岩石学的手法の融合は、マグマの貫入・定置に関する情報等の、 熱年代学のみでは得られない、隆起史・侵食史の解明に資する地質情報の取得が可能とする。こ れらの手法の構築を通じて隆起量・侵食量評価に寄与する自然現象の影響評価手法の高度化に向 けた整備を実施した。

令和2年度の共同研究では、ジルコンのU-Pb年代測定・チタン濃度の同時定量技術の高度化 を実施した。対象とする岩体として黒部川花崗岩体、遠野複合深成岩体、堺ノ神深成岩体の3岩 体を対象とした。同時定量によって得られる年代や温度はマグマの貫入・定置・結晶化の物理化 学条件に相当する。つまり、この物理化学条件は隆起史・侵食史の初期条件と見なすことが出来 る。令和2年度の共同研究では特にLA-ICP-MS分析の際のレーザー径の最小化を試み(黒部川 花崗岩では25μm、遠野複合深成岩体と堺ノ神深成岩体では15μmを試行)、ジルコンの内部構 造に応じた分析を行った。この内部構造の相違はジルコン生成時のマグマ溜りの内部環境の相違 を反映する。

ジルコン中の内部構造を把握するために CL 観察を実施した。その結果、ジルコンの内部構造 として均質領域とオシラトリーゾーニング領域に分類できる。同時定量分析の結果、それぞれの 岩体から採取した岩石試料に対するジルコン U-Pb 年代は概ね誤差範囲内で一致する。それに対 してジルコンの結晶化温度は 600 ℃から 900 ℃程度の幅を有する。このことは、上限温度から 下限温度までの急冷を示唆する。このような温度時間履歴は、マグマ溜りから深成岩体へと至る 冷却史を反映する。このデータは隆起史・侵食史の初期条件として捉えることができ、低温の閉 鎖温度を持つ熱年代学的手法と組み合わせることで、より高度な隆起史・侵食史を解明する上で 有意義な情報となる。

ジルコンの U 濃度は岩体(起源マグマ)毎に異なり、親核種の U の濃度と結晶化年代に応じ て放射壊変起源の Pb の量が異なる。黒部川花崗岩体のような 1 Ma 程度の若い試料の U-Pb 同 位体分析では、放射壊変起源の Pb の含有量が少なく、精度よく年代を求めるためにはレーザー 分析径を大きくし、その感度(特に 207Pb)を確保する必要がある。一方でオシラトリーゾーニン グなどジルコン結晶の組織と年代・温度条件を関連付けた議論のためには、より高い空間分解能 が必要であるが、高い空間分解能で分析することと、高精度に結晶化年代を求める(高感度な Pb 同位体分析をする)こととはトレードオフ関係にある。感度を維持したまま、レーザー径を絞り 込みより高い空間分解能でデータを得るためには、レーザー出力を調整するなど試料の導入系の 最適条件の追求や質量分析の感度を想定される年代やチタン濃度に応じて試料毎に最適化するこ とが必要である。また、Ti-in-zircon 温度計による結晶化温度の推定おいて重要な要因となる Ti の活動度(活量)を考慮するため、岩体毎の全岩 Ti 濃度の分析や、チタン鉱物等の薄片鏡下観察 も重要となる。

引用文献

- 末岡茂,堤浩之,田上高広,低温領域の熱年代学の発展と日本の山地の隆起・削剥史研究への応用,地球科学,vol. 69, 2015, 47-70.
- 2) Yuguchi, T., Sueoka, S., Iwano, H., Izumino, Y., Ishibashi, M., Danhara, T., Sasao, E., Hirata, T., Nishiyama, T., Position-by-position cooling paths within the Toki granite, central Japan: Constraints and the relation with fracture population in a pluton. Journal of Asian Earth Sciences, vol. 169, 2019, 47-66.
- Yuguchi, T. Ishibashi, K., Sakata, S., Yokoyama, T., Itoh, D., Ogita, Y., Yagi, K., Ohno, T., Simultaneous determination of zircon U–Pb age and titanium concentration using LA-ICP-MS for crystallization age and temperature. Lithos, vol. 372-373, 2020, 105682.
- 4) Yuguchi, T., Iwano, H., Kato, T., Sakata, S., Hattori, K., Hirata, T., Sueoka, S., Danhara, T., Ishibashi, M., Sasao, E., Nishiyama, T., Zircon growth in a granitic pluton with specific mechanisms, crystallization temperatu3res and U-Pb ages: Implication to the 'spatiotemporal' formation process of the Toki granite, central Japan. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, vol. 111, 2016, 9-34.
- Ito, H. Yamada, R., Tamura, A., Arai, S., Horie, K., Hokada, T., Earth's youngest exposed granite and its tectonic implications: The 10-0.8 Ma Kurobegawa Granite. Scientific Reports. vol. 3, 1306.
- 6) 御子柴(氏家) 真澄, 蟹澤聰史, 北上山地, 遠野複合深成岩体の岩石学的特徴, 地球科学, vol. 62, 2008, 183-201.
- 7) 内海茂,宇都浩三,柴田賢, K-Ar 年代測定結果-3 –地質調査所未公表資料-.地質調査所月 報,vol. 41, 1990, 567-575.
- 加々美寛雄,本州弧に分布する白亜紀~古第三紀花崗岩の活動と起源物質.地質学雑誌,vol. 111,2005,441-457.
- 9) Kato, Y. and Hama, S., Petrochemistry of the Sakainokami plutonic body, Kitakami Mountains, northeastern Japan. The Journal of the Japanese Association of Mineralogists, Petrologists and Economic Geologists, 71, 1976, 363-373.
- Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F., Griffin, W.L., Meier, M., Oberli, F., von Quadt, A., Roddick, J.C., Spiegel, W., Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses. Geostandards Newsletter 19, 1995, 1-23.
- Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. Chemical Geology 211, 2004, 47-69.
- 12) Sakata, S., Hirakawa, S., Iwano, H., Danhara, T., Guillong, M., Hirata, T., A new approach for constraining the magnitude of initial disequilibrium in Quaternary zircons by coupled uranium and thorium decay series dating, Quaternary Geochronology, 38, 2017, 1-12.
- Sakata, S., A practical method for calculating the U-Pb age of Quaternary zircon: Correction for common Pb and initial disequilibria, Geochemical Journal, 52, 2018, 281-286.
- 14) Ferry J.M., Watson, E.B., New thermodynamics models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. Contribution to Mineralogy and Petrology 154, 2007, 429–437.

15) Schiller, D., Finger, F., Application of Ti-in-zircon thermometry to granite studies: problems and possible solutions. Contributions to Mineralogy and Petrology 174, 2019, 51.

第四紀地殻変動の評価手法の

高度化に関する共同研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

国立大学法人弘前大学

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目 次

1.	概要	付3-4
	1.1 共同研究件名	付3-4
	1.2 研究目的	付 3-4
	1.3 実施期間	付 3-4
2.	実施内容	付3-5
	2.1 地形データによる放射状岩脈のモデル化	付 3-5
	2.1.1 作業手順	付 3-5
	2.1.2 GIS ソフトウェアによる作業手順	付3-9
	2.2 岩脈の発達過程の検討	付 3-11
	2.2.1 標高毎の重心位置は何を反映しているか	付 3-11
	2.2.2 地形解析結果	付 3-13
	2.3 マグマの水平移動とその要因の検討	付 3-23
	2.3.1 文献の検索・収集・情報抽出方法	付 3-23
	2.3.2 文献調査結果	付 3-23
3.	まとめ	付 3-37
4.	引用文献	付 3-37

図 目 次

义	2-1	作業フロー
义	2-2	5mDEM と 10mDEM による違い(地形; 岩木山の例) 付 3-7
汊	2-3	5mDEM と 10mDEM による違い(標高-面積曲線; 岩木山の例) 付 3-7
汊	2-4	5mDEM と 10mDEM による違い(標高-重心位置;岩木山の例) 付 3-8
汊	2-5	接峰面図作成の概要
汊	2-6	50m コンター線の標高別分離作業例
汊	2-7	コンター線の編集例
义	2-8	コンター線のポリゴンへの変換例
汊	2-9	面積算出例
义	2-10	重心位置の抽出例
义	2-11	各標高の重心位置とミマツダイヤグラムとの比較 付 3-12
汊	2-12	各標高の重心位置と地質図との比較
义	2-13	標高-重心の平面図(岩木山) 付 3-13
义	2-14	標高-面積図(岩木山) 付 3-14
义	2-15	標高-重心-地質図の平面図(岩木山)
义	2-16	標高-重心の平面図(十和田カルデラ) 付 3-16
义	2-17	標高-面積図(十和田カルデラ) 付 3-16
义	2-18	標高-重心-地質図の平面図(十和田カルデラ)
义	2-19	標高-重心の平面図(那須岳) 付 3-17
义	2-20	標高-面積図(那須岳) 付 3-18
义	2-21	標高-重心-地質図の平面図(那須岳)

【付録3】

図 2-22	標高-重心の平面図(赤城山)	
図 2-23	標高-面積図(赤城山)	
図 2-24	標高-重心-地質図の平面図(赤城山)	
図 2-25	標高-重心の平面図(大山)	
図 2-26	標高-面積図(大山)	
図 2-27	標高-重心-地質図の平面図(大山)	
図 2-28	文献収集した火山の位置(世界)	
図 2-29	文献収集した火山の位置(日本周辺の拡大)	

表 目 次

表 2-	1 検討対象火山の	概略的	な特徴
表 2-	2 収集文献一覧	•••••	
表 2-	3 情報整理一覧表	(1/4)	
表 2-	4 情報整理一覧表	(2/4)	
表 2-	5 情報整理一覧表	(3/4)	
表 2-	3 情報整理一覧表	(4/4)	

1.1 共同研究件名

第四紀地殻変動の評価手法の高度化に関する共同研究

1.2 研究目的

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、経済産業省資源エネルギー庁から受託した「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(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の選定に係る自然現象の影響把握及びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食に対し、地質学、地形学、地震学、地球年代学等の各学術分野における最新の研究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解決に必要な知見の蓄積や調査・評価技術の高度化を総合的に進めている。このうち隆起・侵食に関する技術的課題の一つに、過去百万年から数十万年前以降の隆起・侵食を把握するための技術の拡充が挙げられる。令和元年度の本共同研究では、この課題において必要となる基礎的知見の一つとして地殻変動の一様継続性に着目し、隆起・沈降の傾向・速度に変化が生じている場やその原因について分析した。

一方、火山・火成活動に関する技術的課題の一つとして、マグマの影響範囲を把握するための 技術の高度化が挙げられる。この課題に対しては、特に岩脈の発達が第四紀火山の中心から半径 15km以上に及ぶ場合の調査事例を蓄積していくことが重要であるが、現存の火山体下に伏在し ている火道やそこから派生している岩脈の分布を把握することは現実的に困難である。そのため 令和2年度は、既往の文献や数値標高モデルなどの地形データなどに基づいて第四紀火山体下に 分布する岩脈の分布範囲を推定するとともに、火山体周辺の地殻応力・歪場、活動年代、マグマ 噴出率などと、岩脈の分布範囲や発達過程との関連性について検討した。

1.3 実施期間

令和2年6月1日~令和3年1月29日

【付録3】

2. 実施内容

2.1 地形データによる放射状岩脈のモデル化

火山体の内部には、ほぼ垂直に伸びて山頂火口に繋がる中心火道とそこから派生する放射状岩 脈が存在する。放射状岩脈の広がりは周辺の地殻応力場に影響され、最大水平圧縮応力軸の方向 に岩脈が密に発達する傾向がある。また、岩脈と火山体の斜面が交差する地点には側火口が形成 される。そのため、側火口の分布範囲から放射状岩脈の広がりを推定した場合は、分布範囲を過 小に見積る可能性が高い。一方、山体の裾野(基盤との境界;以下、火山体の底面)の広がりは、 実際の岩脈の分布範囲を反映していると考えられる(例えば; Nakamura, 1977)。

この Nakamura (1977)の考え方を援用し、向山ほか(1996) では数値地形図を用いて火山体 底面の形状、面積、重心などの地形パラメータを計測するとともに、標高ごとの各パラメータか ら放射状岩脈の三次元的な分布範囲のモデル化を試みている。

昨今の地理情報システム(GIS:Geographic Information System)の発展は著しく、向山ほか (1996)同様の作業がより簡便かつ精度よく求めることができるようになってきている。また、 数値地図も向山ほか(1996)では50mメッシュと250mメッシュであったが、昨今は50mメッ シュよりもさらに細かい5mメッシュ、10mメッシュが提供されている。このため本研究項目で は、現時点において最新の数値地図とGISソフトウェアを用いて代表的な第四紀火山の火山体底 面の形状、面積、重心などの地形パラメータを計測するとともに、標高ごとの各パラメータから 放射状岩脈の三次元的な分布範囲をモデル化し、向山ほか(1996)との比較し結果を評価すると ともに、作業手順のマニュアル化を図った。

2.1.1 作業手順

作業フローを図 2-1 に示す。

本検討で作業対象とした火山は、先行事例の向山ほか(1996)においてもモデル火山としてパ イロット検討を実施した、岩木山、十和田カルデラ、那須岳、赤城山とした。また、向山ほか(1996) では検討対象となっていない火山への手法適用の試行として、歴史時代には活動の記録がない火 山として大山とした。検討対象火山の概略的な特徴を表 2-1 に示す。



付 3-5

【付録3】

	岩土山	十和田	那須丘	去城山	+11		
	石木山	1 和田	が次田	小桃山			
形式	成層火山, 溶岩ドーム	火砕流台地-カルデラ, 成層火山, 溶岩ドーム	成層火山	成層火山-カルデラ, 溶岩ドーム	溶岩ドーム、火砕丘, 溶岩流		
主な活動期	中期更新世-完新世	中期更新世-完新世	中期更新世 – 完新世	中期更新世-後期更新世	前期更新世後半-後期更新世		
活動年代・最新活動年	約65万年前以降	・先カルデラ火山:20万年前以降。 ・現在の十和田カルデラ:約1.3~1.5万年前 ・中湖カルデラ:約5400年前	約50万年前以降	30万年間以前から活動	約100万年前から約1.7万年前		
最新噴火記録	1863年小規模水蒸気噴火	915年プリニー式噴火	1963年小規模水蒸気噴火	1251年噴火	記録なし		
主な岩石	安山岩	流紋岩、デイサイト、安山岩、玄武岩	安山岩,玄武岩	安山岩, デイサイト	デイサイト, 安山岩		
標高 (m)	1625m	御倉山(中央火口丘)690 m 三ッ岳(先カルデラ火山)1159 m	1915m	1828m	1729m		
総体積 (km3)	約49 km ³	約151 km ³	約45.4 km ³	約100 km ³	約120km ³ (沢田ほか, 2009)		

表 2-1 検討対象火山の概略的な特徴

産総研地質調査総合センター(2013):日本の火山(第3版),(2013年5月)

(1) 使用する数値地図の検討

数値地図のメッシュ標高情報は、基盤地図情報として 5m メッシュ標高、10m メッシュ標高に 加え、50m メッシュ標高が国土地理院より提供されている。一般的にはメッシュが細かいほど微 細な地形を表現でき精度の良い解析ができると考えられているが、取り扱うデータのファイルサ イズなどが格段に大きくなり、解析計算等の取り扱いが重くなるというデメリットもある。そこ で、事前にメッシュサイズの違いによる違いを評価した。図 2・2 に岩木山を例とした両 DEM の 地形の比較を示す。両者には大きな違いはないことがわかる。また、後述する標高一面積曲線、 標高一重心位置についても、両者で大きな違いはない(図 2・3、図 2・4)。一方、5mDEM では微 地形が表現されデータサイズも膨大になるため扱いづらくなるデメリットも見られた。よって、 本解析は 10mDEM に基づくこととした。



図 2-2 5mDEM と 10mDEM による違い(地形;岩木山の例) 背景図は地理院タイル(標準地図)を使用



図 2-3 5mDEM と 10mDEM による違い(標高一面積曲線; 岩木山の例)



図 2-4 5mDEM と 10mDEM による違い(標高-重心位置; 岩木山の例) 背景図は地理院タイル(標準地図)を使用

(2) 接峰面の検討

山体は形成された直後は河川等による谷の開析はないが、山体形成後降雨等により山体の削剥 や流水により谷の開析が生じる。元の地形データで一たでは、古い火山体は当然谷の開析の影響 も被っている。そこで形成されたばかりの元々の山体をある程度推定できる手法として接峰面を 作成し現地形と接峰面を比較することとした。本検討での接峰面図は通常の方眼法による接峰面 図の作成手順とは異なり、ArcGISのブロック統計を用い 150~200m グリッド内の最高値を抽 出し作成した(図 2-5)。現地形と接峰面との比較については、後述する。



図 2-5 接峰面図作成の概要

2.1.2 GIS ソフトウェアによる作業手順

ここでは、図 2-1 で示した作業について、GIS ソフトウェアを用いた具体的な作業手順につい て示す。なお、GIS ソフトウェアとしては ESRI 社製の ArcGIS 及びオープンソースソフトウェ アの QGIS を使用した。

①対象火山体より広めに 10mDEM をダウンロード
 ②対象火山体の解析範囲のポリゴン作成 (範囲は地質、地形を基に設定。向山ほか, 1996 を参照)
 ③10mDEM から 50m コンターを作成

④50m コンター線を解析範囲で切り出す(ArcGIS or QGIS)

⑤50m コンター線を標高別に分離する(QGIS;図 2-6)



図 2-6 50m コンター線の標高別分離作業例

⑥標高ごとにコンター線を編集(ArcGIS;図 2-7)



図 2-7 コンター線の編集例

⑦編集したコンター線をポリゴンへ変換(QGIS;図 2-8)



図 2-8 コンター線のポリゴンへの変換例

⑧標高ごとのポリゴンを1ファイルに統合(ArcGIS or QGIS)
 ⑨各ポリゴンの面積算出(ArcGIS;図 2-9)と重心位置抽出(QGIS;図 2-10)

(面積算	出								
<u>-</u>	ブル						×			
8 :	- 🕾 - 🗞 🗞	13 🖓 🗙								
*	山 50m contour 接峰	apoly merge					×			
	EID Shane	fid 1 ID		area						
	0 Polygon	1 20	100	610.603	昇順で並べ替え(A)			ジオメトリ演算		×
- H	1 Polygon	1 8:	2 150	549,799	降順で並べ替え(E)		8			
	2 Polygon	1 95	5 200	483.909	高度な並べ替え(V)			1018= (P)	25.58	
	3 Polygon	2 13	250	425.625	iterit on		3	JUNJA(E)	LEU10	×
	4 Polygon	1 14	300	379.690	サイリー(S)			座標系		
	5 Polygon	1 65	5 350	1.831 2	統計情報(T)			●デーカ いーフ	の応援系を使用(D)・	>
	6 Polygon	2 140	350	334.856	フィールド演算(F)					
	7 Polygon	1 1	7 400	4.927	ジオメトリ演算(C)		1	PCS: WGS	1984 UTM Zone 53N	
	8 Polygon	2 6	4 400	0.959	TALL PARTY IN		1	0		演切か应連系を選択
	9 Polygon	4 11-	4 400	0.965	ジオメトリ演	算(C)	4	05-970-	ムの坐標糸を使用(上):	是\$P\$6/主张水飞送1/
	10 Polygon	5 145	5 400	286.132	列の固定/解除 このフィール	ドの値が テーブルの事すフィ	7	PCS: WGS	5 1984 UTM Zone 53N	
	11 Polygon	1 1-	4 450	0.507	フィールド創除(1 ーチャから)	派生したジオメトリ値	P			J
	12 Polygon	2 15	5 450	3.632	(面積、周	長、長さなど)	þ			
IH	13 Polygon	3 63	2 450	0.366	ノロハナ1(1)… になるように	こ設定または更新します。表	6	単位(<u>U</u>):	平方キロメートル [sq	<m] th="" 🗸="" 🗸<=""></m]>
	14 Polygon	4 111	450	0.489864	示されつグ	つのか、選択したレコードの	6		L	
1	15 Polygon	5 14	450	257.676938	み計算する	5のかを選択します。テーブル	[222401 - 150	a. (#####7/m)	
IН	10 Polygon	0 1	500	2.107455	がフィーチャ	クラスまたはシェーブファイルの	Ľ	「通知」でしてい	の;真具9る(円)	
	18 Polygon	3 10	5 500	0.23023	属性テーフ	ルでない場合、このコマント	ľ.	ジオメトリ演算につ	UT .	OK キャンヤル
	19 Polygon	4 15	7 500	236 503236	1ds mm 3/31c.7d	576.71	1			115 Ch
IH	20 Polygon	1 1	3 550	1 446654						
	2010198011		550	0.00700/			5			

1. 統合したポリゴンに新規にフィールドを追加(タイプ:Double)する。

 属性テーブルを開き,追加したフィールドのメニュから"ジオメトリ演算"を選択。 プロパティ:面積,単位:平方キロメートル

図 2-9 面積算出例

②重心位置の抽出(QGIS)



図 2-10 重心位置の抽出例

2.2 岩脈の発達過程の検討

2.1 で作成した岩脈モデルは、最終的にはその火山の活動年代、マグマ噴出率(噴出量)、化学 組成などとの相関を明らかにすることを目的としているが、今年度はそのための基礎になる検討 として、中心火道と火山体の底面の重心のずれを標高ごとに算出することにより、火山の成長過 程における放射状岩脈の伸展方向の安定性について検討した。

火道の安定性の検討ついては、先行的な研究事例として高橋(1994)があり、第四紀の複成火山の火口の変遷が1万年以内に1.5km以内にあるものを「火道安定型」、1.5kmよりも広がりを持つものを「火道不安定型」と定義し、火山の構造と地殻応力場との関連性について検討している。

しかしながら、高橋(1994)では火口や火道の変遷がある程度把握できる火山を対象にしてお り、第四紀火山に分類されているものの、現在活動が休止しているため活動履歴が詳らかになっ ていない火山は検討対象とはなっていない。そこで本研究では活動履歴が詳らかになっていない 火山でも火道の安定性、ひいては火山体を形成した放射状岩脈の分布域の把握への本研究の適用 可能性について検討した。

2.2.1標高毎の重心位置は何を反映しているか

ほぼ平地から火山体形成に至るまでを時系列的に記録した世界的に唯一の事例として、昭和新 山のミマツダイヤグラムがある。本研究ではまず、昭和新山を対象に地形解析を実施した。その 結果を図 2-11 に示す。図 2-11 の右中段にミマツダイヤグラムを示しているが、この形状は左上 図における A-A断面線を平面投影したものに相当する。図中の青点が標高毎の重心位置である が、昭和新山のミマツダイヤグラムによる土地の隆起が活発な箇所と標高毎の重心位置は整合し ているように見える。また、図 2-12 に示した地質図と標高毎の重心位置も整合的であるように 見える。このことから、低い標高の重心位置は、その後の活動の影響は被っているものの、山体 形成が始まった古い活動の中心位置を示唆するものと仮定できると考える。



図 2-11 各標高の重心位置とミマツダイヤグラムとの比較 青点は各標高の重心位置、ミマツダイヤグラムは三松(1970)を左右反転させ転載、それに 10m DEM による地形断面線と重心位置を加筆した 背景図は地理院タイル(標準地図)を使用



図 2-12 各標高の重心位置と地質図との比較 背景図は有珠火山地質図(第2版)(産業技術総合研究所地質調査総合センター,2007)を使用

2.2.2 地形解析結果

前節に記した作業手順を基づき、モデル火山としてパイロット検討を実施した、岩木山、十和 田カルデラ、那須岳、赤城山及び大山の開析結果を示す。向山ほか(1996)、10mDEM、10mDEM より作成した接峰面図を用いた、標高一重心の平面図、標高一面積図の解析結果を示す。なお、 大山は向山ほか(1996)では扱われていない。

解析結果を(1)~(5)に示す。向山(1996)と本研究の比較では、標高-重心位置平面、標高-面 積図ともに大きな差異はない。特に成層火山である岩木山はほぼ一致しているが、十和田カルデ ラ、那須岳、赤城山は、大局的な傾向は会っているものの本研究による解析の方が、既往研究よ りも細かいピークなどを抽出している。これは側火山などの活動を示唆しているものと考えられ、 地質図との重ね合わせでは、そのことが顕著になっている。

一方、現地形と接方面との比較では、標高-重心位置平面はほぼ一致する結果となっているが、 標高-面積図では実地形<接峰面となり、山麓よりも山頂の方が、差異が大きくなる傾向が見ら れる。

標高毎の標高-面積図のグラフはいずれも上に凸の形状を呈しているが、これは山体が安定す る形状なであろう。いずれの火山もある標高で変曲点があり面積-標高のトレンドが変化する傾 向があり(岩木山、大山が顕著)、このことは、ある程度広い土台(より古い活動)の上に小さな ピーク(最新の活動)が載ってるイメージであり、特に接峰面にするとそれが顕著にみえている。 現段階では推定の域を出ないが、Nakamura (1977)による山体内の火道からの放射状岩脈のイ メージ図を想定すると、変曲点よりも低い標高の重心位置群と高い標高の重心位置群は、放射状 岩脈の分布高さを示唆しているのかもしれない。あるいは、昭和新山の山体形成イメージを適用 すると、新旧の活動中心を示唆してるのかもしれない。そのような観点で標高-重心位置平面を 見ると、十和田を除く火山の平面的な重心位置は、寒色系(低標高)と暖色系(高標高)ではま とまりやトレンドが異なるように見える。



図 2-13 標高-重心の平面図(岩木山) 背景図には地理院タイル(陰影起伏図)を使用

【付録3】

「1996年度報告書」の図は向山ほか(1996)に基づく





【付録3】



図 2-15 標高一重心一地質図の平面図(岩木山)

背景図には産業技術総合研究所「1/20 万シームレス地質図」を使用。山体内の黒の細線は 50 m間隔の等高線を示す。

(2) 十和田カルデラ










図 2-18 標高-重心-地質図の平面図(十和田カルデラ)

背景図には産業技術総合研究所「1/20 万シームレス地質図」を使用。山体内の黒の細線は 50 m 間隔の等高線を示す。

(3) 那須岳



図 2-19 標高-重心の平面図(那須岳) 背景図には地理院タイル(陰影起伏図)を使用 「1996 年度報告書」の図は向山ほか(1996)に基づく



図 2-20 標高一面積図(那須岳) 「1996年度報告書」の図は向山ほか(1996)に基づく



図 2-21 標高一重心一地質図の平面図(那須岳)

背景図には産業技術総合研究所「1/20 万シームレス地質図」を使用。山体内の黒の細線は 50 m 間隔の等高線を示す。

(4) 赤城山



図 2-22 標高-重心の平面図(赤城山) 背景図には地理院タイル(陰影起伏図)を使用 「1996年度報告書」の図は向山ほか(1996)に基づく



「1996年度報告書」の図は向山ほか(1996)に基づく



図 2-24 標高一重心一地質図の平面図(赤城山)

背景図には産業技術総合研究所「1/20 万シームレス地質図」を使用。山体内の黒の細線は 50 m 間隔の等高線を示す。

(5) 大山



図 2-25 標高-重心の平面図(大山) 背景図には地理院タイル(陰影起伏図)を使用



図 2-26 標高一面積図 (大山)



図 2-27 標高-重心-地質図の平面図 (大山)

背景図には産業技術総合研究所「1/20 万シームレス地質図」を使用。山体内の黒の細線は 50 m 間隔の等高線を示す。

2.3 マグマの水平移動とその要因の検討

前項まではわが国における第四紀火山の火山体を対象とした研究であった。しかしながら三宅 島の火山活動のように海底下 20km を超えるような岩脈進展が推定された事例も散見される。そ こで、火山岩岩脈が進展し得る範囲について、国内外の既往文献を調査し、火山岩岩脈形成や岩 脈の進展に関する情報等の収集・整理を行った。

2.3.1 文献の検索・収集・情報抽出方法

"火山岩岩脈"および"岩脈形成"をキーワードとして、現世の火山および火成活動が生じている地域のマグマ活動や岩脈形成に関わる文献を、主に以下のサイトを用いて検索した。

- GEOLIS (https://darc.gsj.jp/archives/)
- CiNii Articles (https://ci.nii.ac.jp/)
- Science Direct (https://www.sciencedirect.com/)
- Research Gate (https://www.researchgate.net/)
- · Google Scholar (https://scholar.google.com/)

文献収集にあたっては、なるべく地域的偏りが無いよう可能な限り、全世界の多様なテクトニ ックセッティングにおける火成活動や岩脈形成に関連する事象を網羅するように努めた。同一火 山を対象とした複数の文献が検索された場合は、原則として公表年代の新しい文献を収集するこ ととした。

収集した文献から、火山岩岩脈形成や岩脈の進展に関する情報を始めとして以下に示す項目を 抽出した。機構殿の研究で特に着目している現象が火山からの岩脈(マグマ)の水平的な移動で あることから、火山周辺の地殻応力・歪場などの地球物理データとの相関や、マグマの水平移動 を支配する要因等の情報を抽出することにも留意した。

- ・火山名
- ・テクトニックセッティング
- ・火山タイプ
- ・供給源からの移動距離、方位、速度
- ・岩脈・断層の幅、深さ、タイプ
- ・応力場
- ・側火口の分布傾向
- ・活動年代(活動開始時期、主な活動時期)
- ・火山の体積

各文献から抽出した情報を一覧表として整理した。情報整理にあたっては、各文献に記載され ている内容をそのまま一覧表に反映させ、他文献・資料からの補足・補完、作業者による解釈は 加えないこととした。整理項目に相当する情報が文献に含まれていない場合は、「該当なし」とし た。

2.3.2 文献調査結果

本業務で収集した文献は、24 編(英文 14 編、和文 10 編)であった。文献一覧を表 2-2 に、 対象となる火山の位置を図 2-28、図 2-29 に示す。

表 2-2 収集文献一覧

著者	発表年	タイトル	雑誌名、号、頁		
Acocella and Neri	2009	Dike propagation in volcanic edifices: Overview and possible developments	Tectonophysics, 471, 67-77		
Albino et al	2019	Dyke intrusion between neighbouring arc volcanoes responsible for 2017 pre-eruptive seismic swarm at Agung	Nature Commun., 10, 748		
Ayele et al.	2009	September 2005 mega-dike emplacement in the Manda-Harraro nascent oceanic rift (Afar depression)	Geophys. Res. Lett., 36, L20306		
Buck et al.	2006	Tectonic stress and magma chamber size as controls on dike propagation: Constraints from the 1975–1984 Krafla rifting episode	J. Geophys. Res., 111, B12404		
Grandin et al.	2012	Elastic thickness control of lateral dyke intrusion at mid-ocean ridges	Earth Planet. Sci. Lett., 319-320, 83– 95		
Hamling et al.	2009	Geodetic observations of the ongoing Dabbahu rifting episode: new dyke intrusions in 2006 and 2007	Geophys. J. Int. 178, 989-1003		
Himematsu and Furuya	2015	Aseismic strike–slip associated with the 2007 dike intrusion episode in Tanzania	Tectonophysics, 656, 52-60		
Ishizuka et al.	2008	The magmatic plumbing of the submarine Hachijo NW volcanic chain, Hachijojima, Japan: Long-distance magma transport?	J. Geophys. Res., 113, B08S08		
Ishizuka et al.	2014	Long-distance magma transport from arc volcanoes inferred from the submarine eruptive fissures offshore Izu-Oshima volcano, Izu–Bonin arc	J. Volcanol. Geotherm. Res., 285, 1-17		
Ode	1957	Mechannical analysis of the dike pattern of the Spanish Peaks area, Colorado	Geol. Soc. Am. Bull., 68, 567-576		
Perry et al.	2001	Probabilistic assessment of volcanic hazard to radioactive waste repositories in Japan: Intersection by a dike from a nearby composite volcano	Geology, 29,255- 258		
Pinel et al.	2017	A two-step model for dynamical dike propagation in two dimensions: Application to the July 2001 Etna eruption	JGR Solid Earth, 122, 1107-1125		
Rubin et al.	1998	A reinterpretation of seismicity associated with the January 1983 dike intrusion at Kilauea Volcano, Hawaii	J. Geophys. Res., 103, B5, 10003 ⁻ 10015		
Sigmundsson et al.	2015	Segmented lateral dyke growth in a rifting event at Bardarbunga volcanic system, Iceland	Nature, 517, 191- 195		
鵜川	1994	ダイクの貫入と群発地震	地 学 雑 誌 ,103, 537-547		

高田	2001	岩脈の到達距離と成長の限界	日本火山学会講演 要旨, B07
高田	2002	火山体内部及び周辺の応力不均質が火山活 動へ及ぼす影響	日本火山学会講演 要旨,A63
高田	2004	岩脈群の成長はマグマ供給をどのように制 御できるか	日本地質学会講演 要旨, 0194
西村・村上	2007	水準測量データによる1930年伊東沖群発地 震のダイク貫入モデル	火山, 52, 149-159
中村	1997	小野子火山の地質とその基盤の構造	地球科学, 51, 346- 360
土志田ほか	2006	マグマの水平移動に対する評価法の提案- 隠岐島前火山の火道分布に基づく化学組成の 影響の検討-	電中研報告, N05026
日置	1994	測地測量からみたマグマ貫入事件-北東ア イスランド-	地学雑誌, 103, 522-527
飯尾	2002	新島・式根島・神津島の変動はなぜ時間変化 するのか?-2000年三宅島噴火に伴う地殻活 動-	地震研究所彙報, 77,77-85



地図はEsri, Garmin, GENCO, NOAA, NGDC, HEREの海洋GIS データをコンパイルしたもの、 プレート境界は USGS (2019) より引用。



図 2-29 文献収集した火山の位置(日本周辺の拡大) 地図はEsri, Garmin, GENCO, NOAA, NGDC, HEREの海洋GISデータをコンパイルしたもの、 プレート境界はUSGS(2019)より引用。

情報整理一覧表を表 2-3~表 2-6 に示す。

収集した文献は、構造地質学、岩石学、地球物理学、測地学といった様々なアプローチから、 それぞれの場所で発生するマグマ移動に伴う岩脈形成の現象を解明した研究事例からなる。収集・ 観測したデータに基づき、シミュレーション解析によってある特定の応力場における割れ目発生 とマグマ移動に関わるメカニズムのモデル化を試みた研究例も含まれる。

研究対象は、プレート収束・発散境界もしくはホットスポット上における火山および火成活動 が生じている地域であり、単成あるいは複成の成層火山、楯状火山、カルデラ、火砕丘、カルデ ラなど火山タイプは多様で、広域的な圧縮あるいは引張応力場、または火山体内の局所的応力場 に支配された多様な形態(方向、連続性、幅、深さ)の割れ目と岩脈が見出されている。世界中 の25の火山を対象とした応力場と岩脈(割れ目)形成に関する包括的研究(Acocella and Neri, 2009)では、火山体の地形、応力場およびマグマ組成などの要因により3タイプの岩脈形態(広 域的、円周状、放射状)に分類できることが指摘されている。

供給源(火口)からのマグマの水平移動距離(岩脈の長さ)に関しては、1.1km(小野子火山: 中村,1997)、20km(八丈島:Ishizuka et al., 2008)、22km(伊豆大島:Ishizuka et al., 2014)、 30~35km (Manda Hararo リフト: Grandin et al., 2012)、45~50km (Bárðarbunga 火山: Sigmundsson et al., 2015; Woods et al., 2019)、70km (Krafla 火山:高田, 2002)が報告さ れており、概ね 1km オーダーから 10km オーダーの範囲にあることが分かった。このようなマ グマの移動は、化学組成、供給量、活動規模、応力場、地質構造等の複数の要因が影響している と見られる。玄武岩質マグマが固結せずに移動できる距離は割れ目幅の4乗に比例し、マグマ供給量が大きい洪水玄武岩に伴う岩脈群の水平規模は500~2,000km に及ぶとされている(高田, 2001)。米国コロラド州 Summer Coon 火山の放射状岩脈群では、苦鉄質岩および珪長質岩の平均岩脈長がそれぞれ 3.55 km および 5.16 km であり、マグマ組成によって移動距離に有意な差が認められる(Perry et al., 2001)。

マグマの移動速度に関する事例は限られているが、群発地震の時間的・空間的変化に基づくと、 0.22 cm/s (大西洋中央海嶺 Gakkel リッジ: Ayele et al., 2009)、0.7 km/hr (≒19.4 cm/s) (Kilauea 火山: Rubin et al., 1998)、15~30 cm/s (Afar 地溝帯: Ayele et al., 2009)、1 km/h (≒27.8 cm/s) (Afar 地溝帯: Grandin et al., 2012)、1km/h (≒27.8 cm/s) 以上 (Bárðarbunga 火山: Sigmundsson et al., 2015)、50~200 cm/s (Krafla 火山: Ayele et al., 2009) と推定されてい る。

岩脈の幅はメートルオーダー (1~10m) が多く報告されているが、10m を超えることもある。 前述の Summer Coon 火山では、苦鉄質岩および珪長質岩の岩脈幅がそれぞれ 1~3 m および 10 ~20 m あり、長さと共に幅にもマグマ組成による相違が認められる (Perry et al., 2001)。高田 (2002) は、平行岩脈群の岩脈が中心から離れるにつれ本数が減少する一方で、厚さは増加する という Hawaii や設楽コールドロンの事例を引用している。



表 2-3 情報整理一覧表(1/4)

N	。	火山名	テクトニックセッティング	マッティング 火山タイプ		供給源からの	1		岩脈・断層	1	広力場	御火口の分布傾向 (活動開始時期 主な活)		寺 火山の体積
			777-77277427	Хшуту	距離	方位	速度	幅	深さ	タイプ	08×17×04	國大口切为中國同	期)	入田の仲積
	Acocella and Neri_Tectono (2009)	Table.1 & U o Hekla (Iceland), Krafla (Iceland), Erta Ale (Ethiopia), Nyamuragira (Congo), Nyiragongo (Congo), Etna (Italy), Vesuvio (Italy), Stromboli (Italy), Kliuchevskoi (Russia), Terevaka (Chile), Lonquimay (Chile), Villarrica (Chile), Fuji (Japan), Sakurajima (Japan), Izu- Oshima (Japan), Miyake (Japan), Chokai (Japan), Fernandina (Galapagos), Wolf (Galapagos), Fogo (Capo Verde), Piton (Reunion), Kilauea (Hawaii), Mauna Loa (Hawaii), Tenerife (Spain)	【広域的岩脈】海洋と大陸のリ フト拡大領域(火山山頂の稜 線とそれらを平行に延長した 構造) 【円周状岩脈】既往の断層、フ ラクチャ(カルデラ、火口地形 など) 【放射状岩脈】リフトゾーンから 離れた大陸火山など。一部例 外あり。	【広域的岩脈】Etra Ale、lzu oshima など。(Fig1より) 【円周状岩脈】楯状火山 (Kilauea、Suswaなど(Fig2よ り)。) 【放射状岩脈】応力場の影響を 受ける。Summer coonなど。	【広域的岩脈】リフトからの距離は著しく 遠い。 円周状岩脈、放射状岩脈は該当なし。 -	【広域的岩脈】最小圧縮応力に対し直交方向 に発達する。 【円周状岩脈】火山体と同心の弧状に分布す る。 【放射状岩脈】火口に対してあらゆる方向に 放射状に岩脈が分布する。応力場の影響を 受け、最小圧縮応力と直交方向に楕円形状 に分布することもある。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	【広域的岩脈】火山体の中の圧 縮・引張方向成分は、おもに火山 体の基底を、岩脈が貫通している かどうかで大きく変わる。 【円周状岩脈】発達過程に、浅部 のダイアビル状マグマ溜まりが過 圧されていることが関与している 可能性がある。 【放射状岩脈】火山体の重力に伴 う最大圧縮応力(火山斜面と準平 行方向)と最小圧縮応力(最大圧 縮のtan方向。Fig4より)が大きくコ ントロールしている。	【円周状岩脈】火山地形としてカル デラに対して放射状方向の最小圧 縮応力と同じ応力増加線(最小圧 縮応力の法線方向)と平行な崖地 形、崩壊地形として現れると考えら れる。 【放射状岩脈予達することもあるが、 支配的な応力方向に欠く。この場 合、定常的に火山活動、マグマの 影響を受けていると考えられる。 標高が高く、火山体が大きい火山 は、最大圧縮応力が大きくなる。 「火山の体積」、「岩脈・断層のタイ ブ」参照。結果的に火山体の崖地 形に平行成分の岩脈が発達する。 Fig5より。	【放射状岩脈】「岩脈の方 位」参照。	該当なし。	【広域的岩脈】マグマ の大部分が母岩 (2,300~2,700kg/m ³) の密度と同じ。 【放射状岩脈】火山 体の体積増加に伴い 局所的な最大応力が 発生し、進地形など 火山体で地形異常が 発生しやすくなる。こ のときの最大圧縮応 力は多様だが、崖地 形にほぼ平行成分に なりやすい。最小圧 縮応力は崖地形の垂 直成分と平行である。
::	Albino et al NatureComm (2019)	Agung火山およびBatur火山(イ ンドネシア、パリ島)	インドネシア、バリ島 オーストラリアプレートとスンタ プレートの収束帯	島弧火山 どちらもリッジ境界に位置す る。形状は南北に非対称的 (北斜面は急傾斜にパリ海に 検する。南斜面は繊傾斜) Agungは玄武岩質~安山岩質 噴出物が多い。	深部マグマと浅部マグマの2つのマグマ 溜まりが物理的に直接結合し、2つの火 山体中央に分布すると考えると深さは7 ~13m。 深部:10~30km(モホ面付近の玄武岩質 マグマ) 浅部:3~7km(堆積物と海洋地殻の岩相 境界付近と推定されるマグマ)部分的 に結晶質安山岩質~玄武岩質安山岩	火山はオーストラリアプレートとスンダプレー トの収束帯走向(~167°)に平行。Fig.1よ り。	賞入時間間隔は SAR(Sentinel-1)画像の取得間隔12日以下と考えられるが、買入量最大 (V=63.4×10 ⁸ km ³)に至るのは48日経過している。 「火山の体積」参照。9月 21日から10月15日の間に 全買入体積の75%が活動し、地震頻度のピークのタ イミングと一致する。Fig5より。	該当なし。	モデル上の最適な岩脈モ デルは海面下~10km± 0.3km。 走向129°±2°、傾斜63 ±2°	「応力場」参照。	σ3=039±1.5°(10km地点)オー ストラリアプレートとスンダプレート の収束帯走向(~16)°)と、付近 で発生した地震から推測される、最 大水平圧縮応力方向(021° 039°)とも非調和的である。Fig6よ り。	Agung、Baturはバリ島内 の同じマグマ溜まりから供 給されていると仮定してモ デル化。	2017年9月21日(群発地震発 生開始)から11月21日(噴火 当日)まで。 過去の噴火は、1849年~2000 年の間に9回の玄武岩質マグ マフローが確認されている。 Batur、Agungは過去5000年間 で火砕流と火山泥流を伴う 1963年の大規模噴火1回が確 認されている。Baturは1963年 のAgungと同じタイミングの噴 火が最も噴出マグマの体積が 多かった。	0.37 × 10 ⁶ km ³ (山頂から1km下、海 抜2km)
	Ayele et al_GRL (2009)	Manda Harraroリフト帯の Dabbahu—Gab' ho火山コンプ レックス(DVC)とAdo' Ale火山 コンプレックス (AVC)	Afar地溝帯、紅海近隣の陸 上、Aden湾とエチオピアリフト システムの境界の接合域(大 陸地殻―海洋地殻の遷移場) Fig1より。	地殻拡大域の玄武岩質マグマ の貫入に伴うリフト帯。 「テクトニックセッティング」参 照。	供給源位置不明。(震源から岩脈、断層 位置は推定しているが、マグマ溜まりか らの距離は不明。9月24日の地震はAVC より南方30kmが震失と推定。InSARから Dabbhu—Gab No火山のマグマ溜まりは 3~5kmと推定。しかしAVCは地震観測か ら~10km以深が震源と考えられ、データ 不足のため詳細不明。)	該当なし。	地震の観測からは15~ 30cm/sと推定。Fig.3より。 (アイスランドのKrafla(50~ 200cm/s)より遅く、大西洋 中央海嶺のGakkeIリッジ (~0.22cm/s)より速い)。	地表観測から、断層 は水平I=2~3m、垂 直≦3mにおよぶ。	該当なし。	該当なし。	DVCのクーロン応力場変化からリ フト中心への貫入が引き金となって 地震が発達していると考えられる。 Fig3.4より。	- リフト帯走向(北北西—南 南東)と平行。	2005年4月:DVCの地震活動 開始。 2005年9月4日:4.3Mw地震発 生。 2005年9月14日:最大5.0Mwの 地震音む微小地震継続。 2005年9月20日~10月4日:地 震継続。24、26日にFURI観測 所で500秒ほどの長周期微動 観測。	該当なし。
	Buck et al_JGR (2006)	Krafla火山	North Iceland、大西洋上のフ レート発散境界(ヨーロッパフ レートと北米ブレートの発散対 界を構成する)Fig.1より。	r r ^g 世心噴火	測地観測、地震観測からカルデラのマグ マ溜まりは深度3kmほどと推定されてい る。	プレート発散境界特有の、発散方向へ準平 行な亀裂群が発達している。空間分布のクラ スター上は正断層に沿う方向にも亀裂が発達 している。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	総数20イベントが、独立した個別 のリフティングイベントと考えられ るが、それぞれのイベントは拡大 域の亀裂システムの一部にしか影 響を与えていない、亀裂群は表層 に開口するものや既存の断層と直 交するものなど多様である。	i 該当なし。	該当なし。	リフティング活動期は1975年 ~1984年。Fig2より。	該当なし。
:	Grandin et al_EPSL (2012)	Manda Hararo—Dabbahuのリ フト帯	Afar地溝帯(エチオピア)大陸 地殻の拡大域。	中心噴火(成層火山)	Manda Hararo 最大移動距離は30~35kmと推定され る。	貫入シークエンスで2種類に区分される。 (1)同一の貫入拡散方向へ、距離が増えるご とに減少する、単一サブシークエンス (2)方位ごとに異なる連続的なサブシークエ ンス	マグマ溜まりの中央セグメ ントから~1km/hほどの速 度で水平拡大と推定され ている。Fig.1より。	岩脈中心火道から供 給源の距離に依存す る。	延性―脆性漸移帯により さまざま。	21~14条の岩脈が、累積1~3km (マグマの体積の推定値)で岩脈 群を形成。	具体的な数値なし(議論にσ、σ3 を考察しているが、結論未記載)。	該当なし。	該当なし。	Manda Hararo:マグマ の最大見積もり体積 =2km ³ 。
	Hamling et al_GJInt (2009)	Dabbahuセグメント	Afar地溝のManda Hararoリフト セグメントの一部。Fig.1より。 Afar三重合点。Afarマントルブ ルームに伴う古第三把の玄武 岩貫入により形成された。	三重会合点のAfar地溝内の玄 武岩質火山。典型的な大西洋 中央海嶺の玄武岩が現れる特 異な地点。	 該当なし。	2006年6月:82±0.4km長、走向335.4± 2006年6月:82±0.4km長、走向335.4± 2006年7月:9.9±0.3km長、走向332.5± 0.6°、4.0±0.7m幅、傾斜87.7±1.1° 2006年9月:8.3±1.6km長、走向330.±2°、 1.5±0.4m幅、傾斜89±1.6° 2006年9月:8.2±0.4km長、走向335.3± 2.5°、1.9±0.1m幅、傾斜89.9±0.1° 2007年1月:8.2±0.4km長、走向331.8± 0.6°、1.6±0.1m幅、傾斜89.9±0.1° 2007年8月:9.1±0.1km長、走向331.8± 1.3°、1.6±0.1m幅、傾斜89.9±1.2° 2007年1月:9.1±0.1km長、走向331.2± 1.3°、1.6±0.1m幅、傾斜87.9±0.9° 震源空間分布とほぼ同じ北北西—南南東成 分	リフトー帯は数cm/月でリ フトを続けていたが、2006 年6月17日に劇的に変化 する。Table.1より。	地表での開口幅は レーダー測量から8m (リフト軸に垂直)。新 規の7岩脈は「方位」 参照。	9月26日の噴火時は浅い 深度(<6km)。Table.2よ り。	リフトセグメント中心でテクトニック 応力とマグマの上昇圧力が大きく 関与している。	Ado'Aleは北部から南部にかけて、 広域引張方向が切り替わると考え られる。南部は北西—南東方向の 引張場だが、北部は約20°(北北 東)から、北へ行(ほど60°(東北 東)まで広域引張方向が変動す る。	該当なし。	2005年9月14日にMb~4.7地 震を皮切りに、162件のMb4.1 ~5.2の地震が発生した。9月 24日から10月4日まで継続。 Dabbahu火山の東側山腹に 400m長、80m幅の火山性開口 亀裂が発生した。 9月26日の頃火30分前にM5.2 を確認後、パミス、火山灰を噴 出した。	岩脈の体積はTable 2 の通り。

【 付録 3 】



表 2-4 情報整理一覧表(2/4)

							_							
No	茎者名	火山名	テクトニックセッティング	火山タイプ		供給源からの	1		岩脈·断層	1	広力場	側火口の分布傾向	活動年代 (活動開始時期、主な活動時	火山の体積
110.			, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Лауту	距離	方位	速度	中国	深さ	タイプ	707739g	BXE UN THEN	期)	XIOFR
7	Himematsu and Furuya_Tectono (2015)	Oldoinyo, Lengai山	Tanzania北部、東アフリカ地溝 帯(EAR)の地殻拡大境界中部 NubianブレートとSomaliaプ レート境界。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	Fig.6gより、モデル上 の岩脈開ロ幅は最大 220cm。	Fig.6gより、深さ2~4km	該当なし。	Fig.7より。 東アフリカ地溝帯は横ずれ成分の 広力場に伴う雁行状断層が分布す る。 2007年の主要成分の東北東—西 南西引張方向(world stress map, Manyara地域)のほぼ直交成分に 横ずれが発生していると考えられ る。	該当なし。	2007年7月から2か月間、 Oldoinyo Lengai火山の20km 北東でマグマ活動に伴う群発 地震が発生。 同火山では、群発地震発生の 1か月前から流出性噴火 (effusive eruption)が生じ、群 発地震が終息した9月に噴火 様式が爆発的噴火(explosive eruption)に変わり2008年4月 まで継続した。	モデルから推定され る貫入岩の体積は 0.036km ³ 。
8	Ishizuka et al_JGR (2008)	伊豆—ポニン島弧、八丈島火 山、八丈小島火山	Fig.1より。 伊豆ボニン島弧:フィリピン 海ブレートの北西端。本州から マリアナ海溝へ南に分布。八 文島青ヶ島リフトの南北成 分断層が多い。 八丈島火山:伊豆ボニン島 弧最大の火山で西山火山と東 山火山に分けられる。	八丈島火山:東山は主に玄武 岩と安山岩から成る。 八丈小島火山:火山噴出物と 溶岩流からなり、北西一南東 成分の崩壊崖が海岸線沿い! 分布する。玄武岩質安山岩か らなる。	玄武岩質初生マグマは西山から北北西 方向へ少なくとも20km移動した(斜長石 この結晶分化作用から推定)。	「距離」参照(北北西方向)。	該当なし。	該当なし。	Fig.10より初成マグマは深 度10~20km、浅部マグマ 溜まり(八丈西山火山)は <5km前後?	該当なし。	【広域的応力場】八丈北西海山列 ではテクトニクスな引張応力場が 地殻深部に働いていた。これがマ グマの長距離移動(「距離」参照)を 支配していた。南北成分の正断層 からなるグラーベン構造と調和的で ある。東一西〜東北東一西南西成 分の最小圧縮応力に沿ってマグマ 移動が起こったと考えられる。 【局所的応力場】最大応力軸は火 山火道に対し垂直かつ、水平方向 と推定される。これは山体荷重によ る応力場が強く影響し、短距離の マグマ移動を支配的に制御してい た。	- - - 八丈島海山列から北東山 体斜面の円錐丘へ南西方 向。 -	八丈島火山の最終活動期は 4000年前である。東山は前カ ルデラ期の成層火山と後カル デラ期の円錐丘に分けられ る。	該当なし。
9	Ishizuka et al_JVGR (2014)	伊豆大島	伊豆ボニン島狐の南北火山 列の北部。伊豆半島は伊豆大 島の背弧部に位置し、伊豆東 部火山群の120ほどの単成火 山が分布する。Fig1より。	玄武岩質から安山岩質溶岩を 産する、標高764mの火山島。 北西南東軸に則する海底。 山群が見られる。山体は海底 500mまで続く。 島の北東は海底噴火に伴う爆 発的な和私火山噴出物から主 に構成される。 1700年前に火山山頂で大規構 噴火発生し、火砕流堆積物が 全島を覆い、現在のカルデラ を形成した。=S2噴火。Fig.1よ り。	Fig.1より。 N4噴火: 側火口の亀裂噴火はカルデラ 円周の西から南もしくは南西の少なくとも 3kmの範囲に分布する。 N3噴火: 火山南東側火口で山頂から ち.5km範囲の亀裂性噴火口が分布する。 N1噴火: 火山山頂~2kmの南側火口で 4裂性噴火あり。 Y5噴火: 火山の北西側火口に山頂から ~2km、35kmの2つ亀裂性火口がある。 Y4噴火: 火山山頂から南部側火口へ2~ 5.5km離れた位置から海岸線まで4km長 の亀裂あり。150m高の竹野原スコリア丘 が後カルデアステージで形成された。南 海岸には同期のマグマ水蒸気爆発に伴 うタフリングがある。	Fig1bより。 岩脈は火山の中心から南東部分で、北西— 南東方向に水平な岩脈が推定されている。 Fig3bより 反射法地震波断面から伊豆大島の北西は正 断層成分が地下5kmほどまで続いている。 伊豆大島の深部マグマ溜まりから北西方向 にマグマが22km移動し、海底火山性リッジや コーンを形成させた。	該当なし。	該当なし。	地震波観測結果から、カ ルデラ円周部の北部、北 西および南西の地下3~ 5km、さらに深部(およそ8 ~10km)にもマグマ溜まり が分布すると推定されて いる。	引張場に伴う北西一南東の正断 層成分に誘引された長距離のマ グマ移動、およびこれに伴う岩脈 発達。 マグマ溜まりは浅部と深部が推定 されており、西山火山や八丈島で 溶岩として噴出した浅部マグマだ まり起源溶岩(SiO2 wt%54%以上) と伊豆大島の1986年噴火の深部 マグマだまり(かんらん石と斜長石 の結晶分化が2kbar、深部で発生 したものと推定。玄武岩質。)の異 なる組成が影響している。	伊豆大島の北西の群発地震から、 P軸(最大圧縮応力軸)、T軸(最小 圧縮応力)は概ね水平方向に、そ れぞれ北西—南東と、北東—南西 と言われている。	伊豆―ポニン島弧の延長 上にある陸域および海底 の火山円錐丘は、北西― 南東方向に分布する。 Fig.1b~2bより。 少なくとも800頃火口が 山体の一部にみられ、海 底の火山円錐丘は伊豆大 島海岸北西―南東の15km ほどの範囲に分布する。	伊豆大島の最終活動期は40 ~50Ka。現在の山頂形成は、 スコリア、火山灰を伴うストロン ボリ式噴火が20KAから開始 し、周辺に多数の噴出活動を 伴いながら形成された。 1700年前に火山山頂で大規模 噴火が発生し、火砕流堆積物 が全島を覆い、現在のカルデ うを形成した。 :最近の噴火は1986年に三原 山中心火口からストロンボリ ラを形成した。 :最近の噴火は1986年に三原 町火と力いらストロンボリ 朝れ目噴火が発生した。 1990年10月4日も割れ目から ガス噴出、小規模噴火発生。	伊豆大島北西に位置 する海底火山(Fig.7よ り)の山体の体積は 0.79km ³ 。同島南東の海底火 山の山体体積は 0.44km ³ 程度と見積も られる。
10	Ode_paper_big pri nt	Spanish Peaks、Culebra Range、USAコロラド州	該当なし。	該当なし。	Knopsではマグマ溜まりから長距離離れ た岩脈が多いので、圧縮による水平応力 亀裂が貫入前に発達し、向斜軸に交差 する方向へ割れ目が発達、貫入したと解 釈されている。	Spanish Peaks西部の岩脈のパターン(傾向) はN75E成分が支配的で、西部岩脈の大部分 は東へ屈曲している。Fig1より。	該当なし。	2~60feetの幅で 10feet程度が一般 的。傾斜はほとんど が垂直、もしくは80° 以上の急傾斜。	該当なし。	西方に延びる岩脈は東方に延び る岩脈より水平距離が短い。東方 へ延びる岩脈の長さは、25mile以 上が多い。Fig.1より。 500条ほどがほぼ垂直傾斜もしく は、80°前後の傾斜である。	Fig8、9より。 モデルの結果、主要な岩脈発達方 向は火ロに対し放射線状に岩脈発 達する結果となった。	該当なし。	該当なし。	該当なし。
11	Perry et al_Geology (2001	Summer Coon火山	San Juan火山地帯の活動場。 コロラド州。	既存の文献では3つの噴火 フェイズに区分(Fig1より)。 1)玄武岩質安山岩 2)流紋岩 3)デイサイト 本稿では、前期苦鉄質フェイズ と後期珪長質フェイズに区分。	火山中心に放射状岩脈が収束する直径 1kmの範囲を供給源と見なしている。 て	火口から放射状に岩脈が発達する。Summer Coon火山では母岩を貫入する岩脈は観測さ れず、浅部では火山縁辺には貫入していない と考えられる。	該当なし。	>100~200条の苦鉄 質岩脈:約1~3m幅 約25条の珪長質脈: 約10~20m幅	; 該当なし。	「方位」、「岩脈の幅」、「応力場」 参照。	火山縁辺より遠くはテクトニクスに よる局所応力場(詳細方位など不 明)によって岩脈が形成している。	該当なし。	33~33.5Ma/こ、100~300k.y. 程の活動期間があったと考え られる。	約110km ³ (基底直径: 約14km、比高:約 2.2km)
12	Pinel et al_JGR (2017)	Etna火山	該当なし。	中心噴火。	2001年の噴火はマグマ溜まりの起源が 異なり、異なる火道を経ている。最終段 階の当脈貫入は地表から1~2km下から 西方向へ岩脈が偏向して形成された。 モデル化した岩脈の水平距離:2.4km モデル化した岩脈の予想深度:3.1km	中心火道に対し側方へ鉛直な岩脈が発達し た。	該当なし。	該当なし。	群発地震は海面下3kmの 浅層で発生した。	「方位」参照。	該当なし。	該当なし。	2001年7月、群発地震が4日以 上続いた後、3週間にわたり大 規模側火口噴火が発生。	該当なし。
13	Rubin et al_JGR (1998)	Kilauea火山	Hawaii、ホットスポット Kilauea東リフトゾーン (Kilauea's East Rift Zone)	ホットスポット、火山性地震を 伴う。	「方位」、「岩脈の幅」参照。	Fig2.3より。群発地震(マグニチュード1~2)の 発達方向と観発達方向を図示。 Napau火口付近、地震の14のグループは亀 裂性噴火の0.5km南方で発生。	Puu Kamoamoaで確認さ れた岩脈は0.7km/h少な くとも3.5km/5h)。	地震分布モデル上で 幅2m(表層から深度 4.5km)。 群発地震中心から 0.75km北方。	測地データから岩脈の下 新が2.4mと推定。 震源の再定義によって既 存の解釈より震源が50m ~100mほど深くなった。 Fig.4の地震プロファイルで は深度3~4kmに集中す る。	マグニチュード1~2の地震に伴う 断層と自然差分応力の働く場。 1980~1985年の間に375件の貫 入を伴う地震が確認され、152件 について、14のグループに区分さ れた。Fig4より。	該当なし。	該当なし。	1983年1月に150以上の貫入イ ペントが地震観測結果から確 認されている。	該当なし。

【 付録 3 】



表 2-5 情報整理一覧表(3/4)

N	英学名	山山夕	テクトニッパクセットティング	はいたくゴ		供給源からの			岩脈・断層	-	広 力提	側ルロの公在傾向	活動年代	水山の体積
IN	0. 1011		///=//2//1///	ХШУ1У	距離	方位	速度	中国	深さ	タイプ	פי גע טע	國人口00万10項回	(冶動用如時期、土な冶動時 期)	入山の岸復
1	4 Sigmundsson et al_Nature (2015)	Bárðarbunga火山	アイスランドVatnajokull氷冠の 北西端、ブレート拡大域。	氷河下のカルデラを伴う玄武 岩質中央火山。	Fig1より。8月27日の活動終了期では岩 脈はVatnajokul北方10kmまで延伸し、 Holuhranで小規模亀裂性噴火が4時間ほ ど、8月29日まで継続している。	2014年群発地震による岩脈のうち、クラス ターのひとつは、カルデラから外側にN127° Eに放射状に延伸。 その他のクラスターはカルデラ北東方向に分 布し、応力かマグマの移動による岩脈と推測 される。 8月19日から80時間(8月23日まで)活動した 岩脈はN47°E,N25°E走向に岩脈走向が 変化している。	岩脈拡大速度は8月19日 で1km/h以上、北一北西 のセグメントで4kmに渡っ て貫入した。	側方への拡大は、最 大1.3mの厚さと推定 される。	Fig3より。モデルシミュ レーションから、岩脈貫入 は震源より浅い(まとんど の震源の深度は5~8km) 結果となった。	該当なし。	Fig.1b~dlこInSARの結果を図示。	該当なし。	過去1,100年間で23回の噴火 が確認されている。 紀元前1794年から1864年に Bardarbunga火山の溶岩システ ムができたと考えられるが詳 細は定かではない。 Hiuhram噴火亀裂は2014年に Gjalo氷底噴火が恐らくきっか げとして、Bardarbungaの力ルデラ北東で 2005年から地震活動が定常的 に上昇している。 2014年8月16日群発性地震が Bardarbungaで発生し、震源は いくつかのクラスターに分けら れる。	岩脈の体積は8月28 日の時点で0.48~ 0.51km ³ と見積もられ た。
1	5 Woods et al_EPSL (2019)	Bárðarbunga火山	アイスランド東〜北部の火山 地帯でプレート拡大域に位置 し、Vatnajökull氷冠の下に 200km長の亀裂群を有する。 機構としてはホットスポットに 関連している。	中央火山。アイスランドのプ レート拡大域に、ホットスポット と関連する火山群の火山の内 の一つ。Vatnajökull氷床下に カルデラと、長さ200kmに及ぶ 亀裂群を有する活発な火山。	5 3 2014年8月の地震は、火山中心から外側 へ北東方向へ、50kmまで拡大。	亀裂群は火山北東から南西へ分布する。 測地モデルからはほぼ垂直で、様々な開口 幅をもつ岩脈が、ほぼ地表近くまで拡大した と考えられる。	地震の発生深度、マグニ チュードの時間分布と噴 火の時間経過図はFig2よ り。	岩脈上の表層で約 4.5m幅の開口割れ目 が観測された。 岩脈の東西両側約 10kmにある、GPSサ イト間において、最大 約1m広がっている。	2014年8月の火山構造性 地震は海抜約6kmで発 生。 震源の再解析結果はFig.4 より。	地形による荷重が大きく貫入を制 御していた。 活動終了時のBárðarbunga火山で はマグマ溜まりが減衰し、2015年: 月に約65m崩落してカルデラ、グ ラーベンを形成した。 31.000回の火山構造性地震が岩 脈発達に伴うと考えられる。	Fig.7(クーロン応力変化モデル図) より。 この図より、主に表層5kmが負、地 下が正となり、亀裂は深部の既存 の亀裂に集中していたことを示す。	該当なし。	1996年と、2014年8月29日か ら2015年2月までの2度。 2014年8月から、火山北方の Holuhranクレーター(岩脈端と 考えられる位置)で4時間ほど の亀裂性噴火が始まった。 同月31日にBarfurとして知られ る噴火口で亀裂性噴火が活発 化した。	該当なし。
1	鵜川_地学雑誌 6 (1994)ダイク地 震事例	伊豆半島東岸の火山(未名 称)	北西一南東方向の広域圧縮 応力に起因する横ずれ断層が 卓越する場。	ダイク貫入とそれに伴う群発地 震	也 震源は長径2~5km程度の楕円中に震央 に分布する。	震源は走向が北西—南東で幅約5km、長さ 約20kmの震源域を持つ。	該当なし。	岩脈は深さ7km~1km へ形成され、厚さは 最終的に約1mに達し たとOkada and Yamamoto (1991)で は結論づけた。	1~1.5m	図6より。 群発地震の震源から、深さ10~ 1kmと推定。	応力場変化モデルを適用して解釈 した場合:伸張応力が岩脈先端よ り浅部、圧縮応力が岩脈側方で増 加した。(伊豆半島東岸岩脈は鉛 直方向が支配的なため。)	該当なし。	1989年7月	該当なし。
1	7 高田(2001)	玄武岩質複成火山の山腹割 れ目、岩脈を想定	該当なし。	マグマ供給源が玄武岩質として想定。	500km~2,000km(玄武岩に伴う岩脈群の 場合。)	マグマの供給体積、熱的制約、母岩の物性、 火山体内部周辺の応力条件、噴火の影響、 断層系などに依存する。	該当なし。	熱的制約より、マグマ が固結せず移動する 距離は、幅の4乗に出 例する。幅はマグマの 供給体積に依存す る。	想定 : 10km	マグマの供給体積、熱的制約、母 岩の物性、火山体内部周辺の応 力条件、噴火の影響、断層系など に依存する。	岩脈の水平規模は、周辺の境界条件(火山群、断層系など変位を拘 東する境界条件)と、マグマ供給量 に規制された成長の限界によって 規制される。	「応力場」参照。	複成火山の岩脈の水平規模 は時間とともに増加する傾向 がある。	・玄武岩質火山体の 体積が100km ³ 以上: 噴火最大噴出量・貫 入量 1km ³ 程度で一 定。 ・Kilauea(15,000km ³) Hawaii) Mauna Loa(80,000km ³):最大 噴出量・貫入量 1000km ³ 火山(Etna (Italy)など)と同程度。
1:	8 高田(2002)	Krafla(Iceland)	Kraflalceland北東リフト帯	該当なし。	Krafla,1975年噴火は貫入中心から離れ るにつれ地表の水平拡大量が増加した (Tryggvason, 1984)。水平70km勧誘した 岩脈の厚さは遠方ほど厚い。	火山周辺の応力場、噴火規模、間隔に影響 をもたらす。	該当なし。	平行岩脈群:岩脈の 中心から離れるにつ れ岩脈の本数が減少 するが厚さは増加す る。「距離」も参照。	該当なし。	該当なし。	火山体の境界応力場や、火山体自 身の重力場、火山体内部の局形 力場に起因する不均一性に、岩脈 の水平規模、貫入方向、形状は規 制されている。 Krafla火山周辺:中心から北側遠方 に至っても十分に引張場。中心は 岩脈貫入による応力集中によって 圧縮的と解釈。	該当なし。	Krafla:1975年	該当なし。

```
【付録3】
```



表 2-6 情報整理一覧表 (4/4)

		1			1						1	1		
No.	著者名	火山名	テクトニックセッティング	火山タイプ		供給源からの			岩脈・断層		- 応力場	側火口の分布傾向	活動年代 (活動開始時期、主な活動時	火山の体積
					距離	方位	速度 	幅	深さ	タイプ			期)	
		(1)Cerro Negro(Nicaragura)、 富士火山		マクマの上昇・負人の拡大機 構が順調な場合。 Cerro negro:比較的小規模。 富士:比較的対称性がよい。 大規模。	該当なし。	「岩脈・断層タイプ」参照。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	山頂に対して対称的な岩脈群。		「岩脈・断層タイプ」参照。	該当なし。	該当なし。
		(2)Kliuchevskoi(Kamchatka)		複数の複成火山群が山頂火 道をシフトさせながらクラス ターとして成長している。	該当なし。	北から山体東側。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	非対称的な噴火割れ目が顕著に 発達する。		「方位」参照。	該当なし。	該当なし。
19	高田_地質学会 (2004)	(3)Kilauea(Hawaii)	島弧などの火山(地殻が広域 的に拡大する場や、ハワイな 」ど海洋島の重力性滑り断層が	準安定火道からの連続的噴火 が進行している。中心火道的 (中心噴火)。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	中心火道的(「火山タイプ」参照)	火山体か火山直下の地殻に局所 的な応力場が発生した場合の、マ グマが上昇・貫入する広域応力場	中心火道的な準安定火道 で中心噴火が継続する。	該当なし。	該当なし。
		(4)青ヶ島	発達するテクトニクス以外)	中心火道が移動し、それおぞ れを中心に卓越方位を持つ岩 脈が発達。	該当なし。	中心火道が移動し、それぞれを中心に卓越 方位を持つ岩脈が発達。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	中心火道が水平に移動してバイ パスが形成される。	や局所応力場。	該当なし。	該当なし。	該当なし。
		(5)Galapagosなどの海洋島に 適用可能?	_	海洋島(「岩脈・断層タイプ」参 照)。	該当なし。	「岩脈・断層タイプ」参照	該当なし。	該当なし。	該当なし。	岩脈パターンが放射状岩脈から 環状の岩床に変化する場合	_	該当なし。	該当なし。	該当なし。
		(6)Tambora (Sumbawa)		マグマの上昇が制御され、地 下深部に岩床などとして蓄積 される場合	該当なし。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	該当なし。	「火山タイプ」参照		対称的な割れ目噴火の分 布から、東山腹に限定さ れた非対称分布へ変化し た。	該当なし。	該当なし。
20	西村・村上_火山 (2007)	伊豆東部火山群	伊豆半島東部の伊東沖。	該当なし。	深さ10km程度より浅部に群発地震集中。	岩脈の貫入走向は概ね110°~125°で地域 的応力場の主圧縮軸方向と平行。傾斜は南 南西に高角(70°85°)。	た 該当なし。	1930年の断層活動は 水平シルに対し、開 ロ断層長さ、幅ともに 10kmとしてモデル化 し、体積を計算した。	伊豆半島内陸部における 深さ10km程度のシル状、 球状のマグマ蓄積で説明 できる。	「方位」「距離」「深さ」参照。	北伊豆自身の震源メカニズム日愛 するクーロン破壊応力変化(∆CFS を計算した結果、摩擦係数0.4とし たときの、深さ5km水平断面、東経 139°断面をFig6に示す。震央付 近で0.2MPa程度の応力増加がみ られる。)該当なし。	1930年に2度の発生頻度ピー クを持つ群発地震が発生。 1931~1933年に2年間にわた り、水準測量路線における隆 起活動発生(Fig2より)。	岩脈の貫入体積は 1930年で2.3× 108km ³ 、1931~1933 年は6×107km ³ 。
21	中村_地球科学 (1997)	小野子火山	那須火山帯の南端、東北日本 弧の火山フロントが北北東一 南南西方向から東一西方向へ 変化する場。	3ステージから成る複成火山。 カルデラ状地形を成す。(ソレ アイトおよびカルクアルカリ岩 系列の低K ₂ 0岩)	中ノ岳貫入岩:山頂から北北西南南東 方向にやや伸長した1.1×0.5km大の岩 体。 小野子山貫入岩:小野子山山頂から北 側、山頂の西側に分布する、山頂の南側 100m下った付近と山頂北東斜面、標高 1000m行でそれぞれ垂直方向の接触 面が見られる。	山頂部付近に東西方向へ配列している。 中/岳貫入岩:貫入面はほぼ垂直に山頂から 北北西南南東へ分布。 放射状岩脈群:小野子山山頂西側に収斂す る。中/岳貫入岩の一部から派生。 小野子山貫入岩:小野小山山頂から北側お よび山頂西側に分布。	該当なし。	中/岳貫入岩:数m~ 数十cm 放射状治脈群:不明 小野子山貫入岩:不 明(塊状緻密、急冷居 縁相、板状節理発 達。)	該当なし。	中/岳貫入岩、放射状岩脈群、小 野小山貫入岩(これらの多くは複 輝安山岩だが小野子山貫入岩は ひん岩である)。	中ノ岳貫入岩と放射性岩脈群:鉛 直方向のマグマ上昇に伴う応力場 が密接に関係していると考えられ る。 小野子山貫入岩:該当なし。	推定活断層が小野子山火 山直下にあり、本火山中 心部と子持火山中心を結 ぶ東-西方向に存在する と推定される。	- 図4より。中ノ岳貫入岩≓放射 状岩脈群でほぼ同時期の活 動。	円錐火山の十二ヶ岳 成層火山は火口直径 約300m、火山体高さ を1.300mよずると約 13km ³ 。他に溶岩類 流出期あり。
22	土志田ほか_電中 研報告(2006)	隠岐島前火山	中新世末の日本海拡大による 引張応力場形成の以後、第四 紀の圧縮応力場形成以前。日 本海南部におけるニュートラル な応力場と考えられる。「応力 場」参照。	カルデラ状地形を成す、中心 噴火によると考えられる外輪 山、マグマが水平移動し形成 された火砕丘、岩脈、岩床から 構成される。図3より。 噴出物の全岩化学組成の変 化系列から、単一のマグマの 供給源と考えられる。一方、苦 鉄質~珪長質マグマが確認さ れており、供給源は同じで組 成・物性が異なると推察され る。	マグマの水平移動に影響する要素とし て、マグマの化学組成・活動規模・応力 場の性質・地質構造の4項目が重要と考 えられる。	図8より。 西ノ島(島前西—北西):北西走向 中ノ島(島前東):岩脈数が少ないが北東もし くは東西走向 地夫里島(島前南):南北走向 火道の変化は苦灰質岩脈~珪長質岩脈で水 平移動に対する過剰圧を要するか否か、化 学組成によって大きく変化したと考えられる。	<u>該当なし。</u>	該当なし。	該当なし。	図5、図9より。「火山タイプ」参 照。	広域応力場(日本海拡大期:中新 世末期の張応応力は終了し、第四 紀の圧縮応力がかかる前の火山 活動とされる。)の影響が小さい。 等方的にニュートラルな応力場と 解釈し、火道分布モデルを図8とし て示す。 マグマの遠方までの移動は、広域 応力場の性質に支配される(圧縮 小水平圧縮方位、引張場・環 小水平圧縮方位へ移動が起こりや すい、)。また横ずれ断層系に伴う 差応力が発達する場でも岩脈によ るマグマの水平移動が起こる可能 性が高い。	図8より。「方位」参照。	隠岐島後(隠岐島前火山に最 も隣接する島)と隠岐島前の 火山活動はギャップが大きい。 島後は鮮新世〜更新世や200 万年前。 島前は活動期間が短く、K—Ar 年代より630~540万年前の範 囲とされる。	珪長質岩脈~ 苦鉄質 岩脈の多数貫入の多数貫入の多数貫入 ことによる、火山体の 体積変化が、マグマ の水平移動に大きく 影響したと考えられ る。
23	日置_地学雑誌 (1994)	Krafla、Askjaなどアイスランド 新期火山帯	ユーラシアブレートと北米プ レートの拡大域	1975年のKrafla拡大エピソード を有する、マグマ溜まりの連続 的な膨張と約20回に及ぶ急激 な収縮が発生する場。	該当なし。	南北走向に岩脈が伸長する(東西方向へ地 殻拡大) 図2、3より。	アイスランドの平均拡大速 度2cmに対し、1987~ 1990年で18cm程度東西 に拡大。	2 2 2 2 2 2 2 2 5 2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	「該当なし。	Kraflaでは岩脈が繰り返し貫入し て新ブレートが「補填」され、直交 する方向の混力が減少し、マグマ が貫入岩脈を作ることなく稼働を 通り地表に達する。その後、溶岩 が流出、噴出する。	図3、4より。マグマ溜まりの膨張、 収縮。	該当なし。	1975~1984年(膨張そのもの が断続的になり、火山活動は 終息に向かいつつある。)	該当なし。
24	飯尾_ERI(2002)	三宅島、新島、式根島、神津 島	該当なし。	2000年7月に上部地殻で発生 したM6前後の断層すべり、非 断層すべりによる地震と、対応 する火山活動。	Fig.3より、震央位置から断層、岩脈のモ デル化を行った。	式根島:南東 新島:北北東 神津島:西南西 GPS観測の結果から変位していた。 断層の方位(走向)はTable.1より、 7月15日:M6.4、100° 7月15日:M6.3、277° 7月30日:M6.4、288°としてモデル化。 岩脈走向は135°(傾斜90°)としてモデル 化。(Fig.3では北西側、南東側に同じ長さ 10kmほどの岩脈を想定している。)	該当なし。	Table.1より。	Table.1より。モデル化の パラメータは断層深度は 7.5km~12.5km、岩脈は 7.5km。	「応力場」参照。	Fig58より。差応力(水平面最大圧 縮応力と水平面最小圧縮応力の 差)と体積空を示す。深さ7.5kmの 岩脈(ほぼ積ず小断層)では差応 力は負にならず、体積空も正を示 力は負にならず、体積空も正を示 すため、岩脈は膨張していた。 しかし、上部地殻では体積至が正 で膨張すると、火山活動を促進す ると考えられるため、膨張は岩脈ぞ のものではなく、下部地殻か上部で ントルのマグマ溜まり(供給源)が 起こしていたと考えられる。 Fig7より。深さ12kmの岩脈直下と 考えられる7月1日の地震に伴う体 積至図から、岩脈近傍では正の値 て、7月1日以降地震活動が南へ 戻ったことと調和的。	該当なし。	Table.1より、2000年7月のM6.4 の断層の地震すべり、非地震 性すべりで説明できる。	該当なし。

【 付録 3 】



火山・火成活動に関する技術的課題の一つとして、マグマの影響範囲を把握するための技術の 高度化が挙げられる。この課題に対しては、特に岩脈の発達が第四紀火山の中心から半径 15 km 以上に及ぶ場合の調査事例を蓄積していくことが重要であるが、現存の火山体下に伏在している 火道やそこから派生している岩脈の分布を把握することは現実的に困難である。そのため令和 2 年度では、既往の文献や数値標高モデルなどの地形データなどに基づいて第四紀火山体下に分布 する岩脈の分布範囲を推定するとともに、火山体周辺の地殻応力・歪場、活動年代、マグマ噴出 率などと、岩脈の分布範囲や発達過程との関連性について検討した。

「地形データによる放射状岩脈のモデル化」では、地理情報システム(GIS)を活用し、現時 点において最新の数値地図と GIS ソフトウェアを用いて代表的な第四紀火山の火山体底面の形 状、面積、重心などの地形パラメータを計測するとともに、標高ごとの各パラメータから放射状 岩脈の三次元的な分布範囲をモデル化し作業手順のマニュアル化を図った。

「岩脈の発達過程の検討」では、活動履歴が詳らかになっていない火山でも火道の安定性、ひいては火山体を形成した放射状岩脈の分布域の把握への本研究の適用可能性について検討した。 その結果、先行事例と本研究の比較では、標高-重心位置平面、標高-面積図ともに大きな差異はないが、火山の形式によっては、本研究による解析の方が、既往研究よりも細かいピークなどを抽出している。これは側火山などの活動を示唆しているものと考えられ、地質図との重ね合わせでは、そのことが顕著になっている。標高毎の標高-面積図のグラフはいずれも上に凸の形状を呈し、ある標高で変曲点があり面積-標高のトレンドが変化する傾向があることがわかり、このことは、現段階では推定の域を出ないが、Nakamura (1977)による山体内の火道からの放射状岩脈のイメージ図を想定すると、変曲点よりも低い標高の重心位置群と高い標高の重心位置群 は、放射状岩脈の分布高さを示唆しているのかもしれない。あるいは、昭和新山の山体形成イメージを適用すると、新旧の活動中心を示唆してるのかもしれない。そのような観点で標高-重心位置平面を見ると、低標高と高標高の重心位置はまとまりやトレンドが異なるように見える。

「岩脈の発達過程の検討」については、次年度以降も解析事例を増やし検討のための情報拡充 と、それに基づく「地形データによる放射状岩脈のモデル化」へのフィードバックにより、モデ ル化手法のブラッシュアップが必要である。

「マグマの水平移動とその要因の検討」では、世界中のプレート収束・発散境界もしくはホットスポット上における火山および火成活動が生じている地域を対象に、岩脈形成や岩脈の伸展に関する情報の収集・整理を行った。この結果、現世の多くの火山地域におけるマグマの水平移動距離(岩脈の長さ)は、1km オーダーから10km オーダーであることが分かった。しかしながら、今回収集した文献の中には洪水玄武岩に伴う岩脈群の水平規模が500~2,000kmに達する事例も報告されていることから、過去には現世よりもはるかに規模の大きい割れ目噴火型の火山活動が発生していたことが伺える。したがって、今後の岩脈形成や岩脈の進展に関わる検討には、現世火山のみならず地質時代の事例にも目を向けた情報収集が必要である。

4. 引用文献

(「2.3 マグマの水平移動とその要因の検討」以外で引用したもの)

三松正夫,昭和新山―その誕生と観察の記録(1970年),講談社,268p,1970.

向山 栄・猪股隆行・槙田祐子:日本列島における第四紀火山地形解析, PNC TJ7362 96-001, 1996.

付 3-37

Nakamura, K.: Volcanoes as Possible Indicators of Stress Orientation – Principle and Proposal, Jpurnal of Volcanology and Geothermal Research, vol.2, pp.1-16, 1977.

産業技術総合研究所地質調査総合センター:有珠火山地質図(第2版),2007.

- 高橋正樹: 複成火山の構造と地殻応力場 1.火道安定型・不安定型火山,火山,第39巻,第4号, 191-206ページ, 1994.
- USGS, Plate Boundaries KMZ file, https://www.usgs.gov/media/files/plate-boundaries-kmz-file, 2019 (2021 年 3 月 16 日最終閲覧)

断層内物質の年代測定による断層活動性評価手法 に関する共同研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

石川県公立大学法人石川県立大学

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目 次

1.	概要	
	1.1 共同研究件名	付 4-3
	1.2 研究目的	付 4-3
	1.3 実施期間	付 4-3
2.	研究内容	付 4-4
	2.1 実験試料(断層ガウジとカタクレサイト)の IR 飽和の検討	付 4-4
	2.2 加熱実験による MET(50, 75, 100, 125, 225)IRSL シグナルの減少	付 4-8
	2.3 MET(50, 75, 100, 125, 225)の IRSL 発光強度	付 4-9
	2.4 MET(50, 125, 225)による加熱実験	付 4-10
	2.5 アレニウスプロットによる短時間加熱のリセット条件の推定	付 4-11
	2.6 アレニウスプロットと断層ガウジ IRSL 強度の比較	付 4-13
	2.7 他の手法による断層時の到達温度推定	付 4-13
	2.8 水熱実験装置の整備	付 4-14
3.	引用文献	付 4-15

図 目 次

図 2.1-1	試料採取位置	付 4-4
図 2.1-2	断層ガウジ(TS1、TS3)とカタクレサイト(TSB)のImax-NI.	比較付4-7
図 2.2-1	MET(50,75,100,125,225)の加熱温度に対する IRSL 残存率	付 4-9
図 2.3-1	テストドーズにおける MET(50,75,100,125,225)の発光数(強度)	の比較付4-9
図 2.4-1	大気環境下の加熱実験による IRSL シグナルの減衰	付 4-11
図 2.5-1	IR シグナルのアレニウスプロット	付 4-12
図 2.8-1	耐圧ステンレス製外筒を用いた熱水加熱実験装置の構成	付 4-14
図 2.8-2	高温加熱ヒーターの加熱・冷却試験例	付 4-15

表 目 次

表 2.1-1	MET(50,75,100,125,225)の SAR 測定手順	付 4-5
表 2.1-2	TS1の MET 測定結果	付 4-6
表 2.1-3	TSB の MET 測定結果	付 4-7
表 2.2-1	試験予備加熱実験の手順	付 4-8
表 2.4-1	本加熱実験の手順	付 4-10
表 2.5-1	アレニウスプロットに基づく短時間加熱の IR シグナル減衰条件	付 4-13

1.1 共同研究件名

断層内物質の年代測定による断層活動性評価手法に関する共同研究

1.2 研究目的

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、地層処分に適した地質環境の選定に係る 自然現象(火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食等)の影響把握およびモデ ル化に必要な知見の蓄積や調査・評価技術の高度化のため、地質学、地形学、地震学、地球年代 学等の各学術分野における最新の研究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解 決を総合的に進めている。

平成 31 年度までの共同研究では、主に石英を対象とした ESR 法と OSL 法、および長石類 を対象とした赤外光刺激のルミネッセンスを用いた IRSL 法に着目し、断層内物質の年代測定の ための手法の検討を進めた。特に IRSL 法については、測定時のアシスト温度を低温に設定した 際に得られるシグナルを利用することで、断層の活動性に係る情報を引き出せる可能性を見出し た。ただし、IRSL 法を断層の活動性評価に適用した事例はこれまで知られておらず、断層内物 質への適用性の確認のためには、さらなる実験的検討および測定事例の蓄積が不可欠である。そ こで令和2 年度の共同研究では、IRSL 法等の年代測定手法について、実験的検討を継続すると ともに、性状・構造や発達史が詳しく調べられた断層において採取された試料の年代測定に適用 し、測定結果を比較することにより、手法ごとの適用範囲や精度、技術的改善点について取りま とめた。

1.3 実施期間

令和2年4月30日~令和3年1月29日

【付録4】

2. 研究内容

2.1 実験試料(断層ガウジとカタクレサイト)の IR 飽和の検討

昨年度、測定時に異なる5ステップの温度(50,75,100,125,225℃)で測定皿を加熱する MET 法(MET(50,75,100,125,225))で、断層ガウジ(TS3)の IRSL 測定を行った。その結果、成長 曲線から求められた蓄積線量は MET 温度により2つに区分された、つまり、IR50ではその多く が未飽和(飽和度=0.865 未満)であったが、MET(75,100,125,225)では多くが飽和(飽和度 =0.865 以上)に達していた。また、フェーディング評価を行ったが、いずれのフェーディング率 も同程度であった。このことから TS3 は未飽和の IR50 だけが低温の加熱を受けた可能性が示唆 された。

この点を補強するため今年度の MET 実験を、昨年度に採取した同じ地点(田瀬露頭)の断層 ガウジ(TS1)とカタクレサイト(TSB)で行った。なお、TS1は幅約10cmの白色均質な断層 ガウジで、カタクレサイト(TSB)と直接に接している。また、TS1とTS3の間にはより最近に 発達した断層ガウジと見られるやや砂質な褐色ガウジを挟む。一方、TSBはやや堅牢で花崗岩組 織を残しているが断層による破断、破砕が進んでいる(図 2.1-1)。試料は粉砕、水洗後、篩い分 け、HClなどの薬品処理、磁石選別、重液分離などを施し、最終的には125-250µmサイズのア ルカリ長石を分離した。

IRSL 測定は、MET(50, 75, 100, 125, 225)により表 2.1-1 図 2.1-1 の手順にしたがい、SAR 法 で測定を進めた。TS1 については 5 皿、TSB については 10 皿の測定を行った。



図 2.1-1 試料採取位置

 A. 中津川市の阿寺断層田瀬露頭の位置。B. 断層ガウジ(TS1)とカタクレサイト(TSB)の 採取地点。断層ガウジ(TS3)は昨年度の実験で用いた。
地形図は地理院地図を利用した。

step	Treatment
1	Dose (N,100, 0, 200, 300, 400, 100Gy)
2	Preheat at 250°C, 60s
3	IRSL measurement 50°C, 100s
4	IRSL measurement 75°C, 100s
5	IRSL measurement 100°C, 100s
6	IRSL measurement 125°C, 100s
7	IRSL measurement 225°C, 100s
8	Give test dose (5Gy)
9	Preheat at 250°C, 60s
10	IRSL measurement 50°C, 100s
11	IRSL measurement 75°C, 100s
12	IRSL measurement 100°C, 100s
13	IRSL measurement 125°C, 100s
14	IRSL measurement 225°C, 100s
15	Hot bleach 290°C, 40s +IR laser

表 2.1-1 MET(50,75,100,125,225)の SAR 測定手順

この IRSL 測定に基づいて、各試料の再生照射 IRSL 強度を Robert and Duller (2004)の成長 線関数にフィッティングさせ、I_{Max} (IRSL 強度の上限)、D₀(トラップ数の上限に対する許容線 量)を求め、蓄積線量(De)の解析を行った。それぞれの実験結果を表 2.1-2 と表 2.1-3 に示した。 表の De に注目すると、TS1 では IR50 が 200~400 Gy 程度を示すのに対し、MET(75, 100, 125, 225)ではほとんどが 4000 Gy を超えており、電子のトラップ充填とトンネリングとが平衡状態に ある、いわゆる field saturation (Lamothe et al., 2003; Huntley and Lian, 2006)に到達している と見られる。

一方、TSB では IR50 と IR75 の De はほとんどが 200~500 Gy 程度を示すが、Saturation rate から見るとこれらの多くは飽和に達しているものと見られる。MET(100, 125, 225)でも 4000 Gy を超える試料が増え、やはり飽和に達しているものが多い。

この点をより分かりやすくするために、Imax - NI 図を作成した(図 2.1-2)。図には比較のため、 昨年度測定した TS3(図 2.1-2,A)も加えた。傾き(NI/Imax=0.865)は飽和値を示しており、この ラインを超えると飽和に達している。断層ガウジ(TS1)の IR50はすべて未飽和であるが、 MET(75, 100, 125, 225)では全てが飽和に達している。この傾向は昨年度測定の TS3と同じであ る。一方、カタクレサイト(TSB)では IR50の多くが飽和に達し、MET(75, 100, 125, 225)は未 飽和であっても飽和に近いものが多い。したがって、カタクレサイトとガウジの IR50の分布域 は、それぞれ飽和領域と未飽和領域にあり分布が異なる。そこでこれら 3 試料の IR50 だけを取 り出して比較した(図 2.1-2,D)。断層ガウジ TS1、TS3の IR50 はカタクレサイトの TSB に比較 し未飽和域に分布する傾向が明瞭である。こうした試料の飽和の検討から、ガウジにはカタクレ サイトより強い熱が加わっており、IR50 だけを部分リセットさせている可能性がある。ただし、 フェーディングの検討が今後さらに必要である。

IR50	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5
De(Gy)	409	231	224	241	231
NI	31.1	25.3	24.1	25.5	24.9
lmax	36.5	40.0	37.0	38.7	40.0
2Do(Gy)	428	462	428	450	474
I (2D0)	31.6	34.6	32.0	33.5	34.6
Saturation rate	0.99	0.73	0.75	0.76	0.72
IR75	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5
De(Gy)	4000<	873	4000<	4000<	4000<
NI	32.4	28.5	29.6	30.9	29.4
lmax	27.2	28.8	25.8	29.2	28.6
2Do(Gy)	342	372	300	342	340
I (2D0)	23.5	24.9	22.3	25.2	24.7
Saturation rate	1.38	1.15	1.33	1.22	1.19
		•		•	
IR100	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5
De(Gy)	4000<	943	4000<	4000<	4000<
NI	29.3	33.2	34.4	31.7	30.8
lmax	26.5	33.6	23.8	31.1	27.2
2Do(Gy)	318	432	266	352	312
I (2D0)	22.9	29.1	20.6	26.9	23.5
Saturation rate	1.28	1.14	1.67	1.18	1.31
IR125	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5
De(Gy)	4000<	4000<	343	4000<	333
NI	30.2	30.7	23.2	35.6	24.5
lmax	19.9	29.9	26.6	26.7	27.2
2Do(Gy)	202	354	334	326	290
I (2D0)	17.2	25.9	23.0	23.1	23.5
Saturation rate	1.76	1.19	1.01	1.54	1.04
IR225	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5
De(Gy)	4000<	4000<	4000<	4000<	4000<
NI	31.7	27.5	23.2	26.4	24.2
lmax	24.2	26.0	20.1	24.1	22.9
2Do(Gy)	280	316	206	276	288
I (2D0)	20.9	22.5	17.4	20.8	19.8
Saturation rate	1.51	1.22	1.33	1.27	1.22

表 2.1-2 TS1の MET 測定結果

【付録4】

表 2.1-3 TSB の MET 測定結果

IR50	TSB-1	TSB-2	TSB-3	TSB-4	TSB-5	TSB-6	TSB-7	TSB-8	TSB-9	TSB-10
De(Gy)	359	633	140	334	275	352	315	405	544	342
NI	23.8	23.4	16.6	24.0	21.6	23.5	23.8	24.5	23.4	24.3
Imax	26.3	23.7	26.3	27.2	27.4	26	27.3	26.9	23.9	26.3
2Do(Gy)	306	294	282	312	354	302	306	334	286	268
I (2D0)	22.7	20.5	22.7	23.5	23.7	22.5	23.6	23.3	20.7	22.7
Saturation rate	1.05	1.14	0.73	1.02	0.91	1.04	1.01	1.05	1.13	1.07
		-						-		
IR75	TSB-1	TSB-2	TSB-3	TSB-4	TSB-5	TSB-6	TSB-7	TSB-8	TSB-9	TSB-10
De(Gy)	384	4000<	227	262	106	351	314	415	397	403
NI	19.1	21.6	15.5	16.5	12.4	18.9	16.4	19.2	19.7	18.0
lmax	20.1	19.2	18.2	19.7	18.3	20.3	18.7	21.4	22.4	19.9
2Do(Gy)	258	262	240	288	188	262	300	366	376	342
I (2D0)	17.4	16.6	15.7	17.0	15.8	17.6	16.2	18.5	19.4	17.2
Saturation rate	1.10	1.30	0.98	0.97	0.78	1.08	1.01	1.04	1.02	1.05
IR100	TSB-1	TSB-2	TSB-3	TSB-4	TSB-5	TSB-6	TSB-7	TSB-8	TSB-9	TSB-10
De(Gy)	4000<	304	196	280	4000<	482	323	4000<	546	4000<
NI	18.9	16.1	13.3	15.8	29.5	17.3	15.9	17.0	17.1	20.9
lmax	17.8	18.2	16.8	19	16.3	17.7	18.7	16.9	17.4	18.2
2Do(Gy)	274	282	250	316	158	248	338	272	268	324
I (2D0)	15.4	15.7	14.5	16.4	14.1	15.3	16.2	14.6	15.0	15.7
Saturation rate	1.23	1.02	0.92	0.96	2.10	1.13	0.99	1.16	1.14	1.32
	-			-	-					
IR125	TSB-1	TSB-2	TSB-3	TSB-4	TSB-5	TSB-6	TSB-7	TSB-8	TSB-9	TSB-10
De(Gy)	4000<	330	168	551	4000<	4000<	261	318	4000<	4000<
NI	17.1	14.7	11.8	15.3	16.1	16.3	13.4	14.8	17.1	17.4
lmax	16.6	15.7	14.9	15.5	15.7	15.8	17.4	16.6	14.8	14.7
2Do(Gy)	276	238	216	266	234	206	358	284	182	208
I (2D0)	14.35	13.58	12.88	13.40	13.58	13.66	15.05	14.35	12.80	12.71
Saturation rate	1.19	1.08	0.91	1.14	1.19	1.20	0.89	1.03	1.33	1.37
		_								
IR225	TSB-1	TSB-2	TSB-3	TSB-4	TSB-5	TSB-6	TSB-7	TSB-8	TSB-9	TSB-10
De(Gy)	4000<	199	142	4000<	376	497	243	578	4000<	4000<
NI	17.7	12.2	10.2	14.3	14.3	16.1	12.5	15.8	15.9	15.2
lmax	16.7	15.4	14.3	14	15.1	16.4	15.3	16	14.9	13.8
2Do(Gy)	272	256	228	196	260	238	286	264	202	170
I (2D0)	14.4	13.3	12.4	12.1	13.1	14.2	13.2	13.8	12.9	11.9

1.09

1.19

0.95

1.14

1.24



Saturation rate

0.91

0.82



2.2 加熱実験による MET(50, 75, 100, 125, 225) IRSL シグナルの減少

断層活動時にガウジ周辺に集中した熱が、もし IRSL シグナルを減衰、あるいはリセットさせたのであれば、加熱実験モデルから到達温度の推定が可能である。そこで、加熱による IRSL シグナル減衰の基礎実験を2段階で進めることを立案した。まず第1段階は、より物理的に扱いやすい大気環境下の加熱実験である。次に第2段階として熱水による加熱実験を計画した。今年度の報告は第1段階の実験結果について述べるが、Li and Li(2011)などにより同種の研究が報告されている。

IRSL シグナルの熱に対する減衰率を知るため大気環境下での加熱実験を以下のように進めた。 実験は2種類行った。まず、予備実験として前項で用いた MET (50, 75, 100, 125, 225) による 加熱実験について述べる(表 2.2-1)。

step	Treatment
1	Give dose 100Gy
2	Heating (50, 75, 100, 125 150, 200, 250,275, 300, 325, 350, 375, 400)x 300s
3	Preheat at 250°C, 60s
4	IRSL measurement 50°C, 100s
5	IRSL measurement 75°C, 100s
6	IRSL measurement 100°C, 100s
7	IRSL measurement 125°C, 100s
8	IR SL measurement 225°C, 100s
9	G iv e test dose (5G y)
10	Preheat at 250°C, 60s
11	IRSL measurement 50°C, 100s
12	IRSL measurement 75°C, 100s
13	IR SL measurement 100°C, 100s
14	IR SL measurement 125°C, 100s
15	IRSL measurement 225°C, 100s
16	Hot bleach 290°C, 40s +IR laser

表 2.2-1 試験予備加熱実験の手順

実験手順は起点加熱温度を 50℃とし、加熱温度を 25℃あるいは 50℃ステップで上昇させ、最 大加熱温度を 400℃までとした。加熱はヒーターを目的温度まで上昇させ温度到達後、測定皿を ヒーターに移動させ、そこから 300 秒間保持し、保持時間終了後ただちに測定皿をヒーターから 移動させた。この間加熱温度のゆらぎがあるが、各温度で 300 秒間加熱されたものとみなす。そ の後、プレヒート(250℃×60 秒)を施し、次に MET 測定を行った。予備加熱実験は 3 皿で進 めたが、減衰の平均値を図 2.2-1 に示した。

IRSL の減衰(残存率)はいずれの MET でも 200℃までは見られないが、250℃以上でどの MET でも減衰が始まる。250~325℃では減衰が顕在化し、低温 MET ほど減衰率は大きいが、 MET(100, 125)の減衰率はほぼ同程度である。350℃に至ると MET(50, 75)はほぼリセットされ、 引き続き 375℃で MET(100, 125)が、400℃で IR225 がリセットされる。IRSL の減衰の速さは MET 温度とよく対応している(図 2.2-1)。

この結果は断層活動を想定すると、ガウジが部分リセット温度(250~350℃)に到達した場合、 MET 温度に応じて異なる IR 強度が残存することを示す。また、200℃程度の加熱温度ではどの IR シグナル減衰も見られないこと、また、もし 400℃に到達したのであれば全 MET の IR シグ ナルが消失していることを示す。予備実験結果から断層の到達温度解析に MET を利用すれば、 有用な情報が得られることが明らかとなった。



図 2.2-1 MET(50,75,100,125,225)の加熱温度に対する IRSL 残存率

2.3 MET(50, 75, 100, 125, 225)の IRSL 発光強度

前項の実験では5段階のMETのIRSLを用いたが、これらのIRSL発光強度(発光数)には 大きな差異があることが判明した。そこで、本項ではシグナルの強度比較を行った。

比較には表 2.2-1 で示したステップ 9~15 のテストドーズ (5 Gy 照射) で得られた IRSL 発光 数、10 回分を用いた (図 2.3-1)。発光数は赤外線照射開始 1 秒間の総数から最後 1 秒間のバッ クグラウンド総数を差し引いた値である。各 IR 発光数はほぼ安定しており、かつ MET 固有の 発光強度を示す。IR50 は最も強く 100,000 程度、IR225 は 25,000 程度と強いが、IR75、IR100、 IR125 はいずれも 2,000 程度で、IR50 および IR225 に比べ 1~2 桁少ない。そこで、実験の精度 を上げるため、MET(75, 100, 125)を IR125 で一括測定し、発光数の増加を図った。したがって、 次項の加熱実験は MET(50, 125, 225)で進めた。



図 2.3-1 テストドーズにおける MET(50,75,100,125,225)の発光数(強度)の比較

2.4 MET(50, 125, 225)による加熱実験

ここでは、加熱実験による MET(50, 125, 225)の IRSL シグナルの減衰について検討する。実 験手順を表 2.4-1 に示した。その際、加熱温度は 50~475℃で、温度間隔を 25℃ないし 50℃に 設定した。また、加熱時間を 30 秒、300 秒、3,000 秒に設定し、加熱時間の違いによるシグナル 減衰の比較を行った。さらに、完全リセットを評価するために 30,000 秒加熱実験も実施した。こ うして、IR50、IR125、IR225 の各シグナルの減衰(残存率) について検討した。実験結果を図 2.4-1 に示したが、比較しやすいように 2 つの表記方法で示した。図 2.4-1,A は加熱時間(30、 300、3000 秒) ごとに区分し表記した。また、図 2.4-1,B は IR50、IR125、IR225 に 3 区分して 表記した。

その結果、図 2.4-1,A では、どの加熱時間でも IR50>IR125>IR225 の順に減衰が進行する。 しかし、シグナル消失開始温度に注目するとやや事情が異なる。つまり、短期の加熱(30 秒程度) では試料が 200~225℃程度に到達しても、IR125、IR225 に加え、熱に敏感な IR50 もシグナル 減衰がわずかであることが注目される。加熱時間の増加にしたがい、シグナル減衰開始温度は低 下するが、300 秒加熱では 175~200℃程度、3000 秒では 150℃程度である。これらより低い温 度では IR50、IR125、IR225 に関わらずシグナルの減衰は小さい。

また、完全リセット温度に注目すると、IR50>IR125>IR225の順でリセット温度が高い。IR50 を例にとると、その温度は加熱時間(30、300、3000s)に対し400、350、300℃のおおよそ50℃ ずつの割合で上昇する(図 2.4-1,B1)。この傾向は、IR125およびIR225でも同様で、IR125で は450、400、350℃、IR225では475、425、375℃でリセットする(図 2.4-1, B2,3)。

以上の加熱実験から、もし断層活動で断層ガウジに摩擦熱が生じた場合、加熱時間が 30~3000 秒、加熱温度が 200℃~450℃の領域であれば、カリ長石 IRSL の減衰・リセットが生じることが 明らかとなった。しかし、前述のように実験は大気環境下で行ったものであるので、断層ガウジ が水に充填されていることを考えれば、単純な適応はできない。

step	Treatment				
1	Give dose 100Gy				
2	Heating(50, 150, 175 200, 225, 250, 275, 300, 325,				
	400, 425, 450, 475°C)x30s, x300s, x300os				
3	Preheat at 250°C, 60s				
4	IRSL measurement 50°C, 100s				
5	IRSL measurement 125°C, 100s				
6	IRSL measurement 225°C, 100s				
7	Give test dose (5Gy)				
8	Preheat at 250°C, 60s				
9	IRSL measurement 50°C, 100s				
10	IRSL measurement 125°C, 100s				
11	IRSL measurement 225°C, 100s				
12	Hot bleach 290°C, 40s +IR laser				

表 2.4-1 本加熱実験の手順

【付録4】



図 2.4-1 大気環境下の加熱実験による IRSL シグナルの減衰 A:加熱時間を固定した場合の各 IR のシグナル強度の減衰。B:各 IR シグナルの加熱時間の違いに よるシグナル強度の減衰。

2.5 アレニウスプロットによる短時間加熱のリセット条件の推定

上述の大気条件下の加熱実験に基づいて、加熱温度と加熱時間の相関を見るためアレニウスプ ロットを作成した。本報告では断層活動を想定した短時間加熱による IRSL シグナルの減衰を見 るため、単純化した加熱温度-加熱時間の関係を図 2.5・1 に示した。図のうち、A は各 IR シグ ナルが消失し始める温度-時間条件、B は各シグナルが 50%まで減衰する条件、C は完全消失す る条件である。また、それぞれ近似直線を示したが、これらの傾きはそれぞれの消失条件を示し ている。例えば、IR50 シグナルのリセット開始条件(図 2.5・1.A、青丸)は以下の式で示すこと ができる。

y=-16.29*lnx+279.56

ここでxは加熱時間、yは加熱温度である。他のIRシグナルについても近似直線を測定点から導いた。これに基づいて、短時間(5~20秒)の断層加熱によるIRSLリセット温度を推定し

た(表 2.1-1)。表から断層活動がガウジで 250℃程度に到達し、それが 5-10 秒程度保持されれ ば IR50 シグナルが減衰し始めること、しかし IR225 が同時に減衰するためには 300℃近い温度 に到達していることが必要であることが分かる。また、完全リセットに至るには、IR50 の場合 450℃程度で5秒間の保持が必要で、IR225 では 500℃以上に到達していることが必要である。



図 2.5-1 IR シグナルのアレニウスプロット A:リセット開始条件, B: 50%リセット条件, C: 完全リセット条件

リセット開始	時間(s)	5	10	15	20
	IR50	253	242	235	231
温度	IR125	278	267	260	256
	IR225	303	292	285	281
50%リセット	時間(s)	5	10	15	20
	IR50	341	328	321	315
温度	IR125	371	357	349	344
	IR225	394	380	372	367
完全リセット	時間(s)	5	10	15	20
	IR50	447	436	429	425
温度	IR125	477	466	459	455
	IR225	511	499	491	486

表 2.5-1 アレニウスプロットに基づく短時間加熱の IR シグナル減衰条件

2.6 アレニウスプロットと断層ガウジ IRSL 強度の比較

上 記の加熱実験結果に基づいて、実際の断層ガウジの IR シグナルの減衰を評価してみる。断 層ガウジ TS1 および TS3 では IR125 および IR225 が飽和に達していたが、IR50 だけが飽和に 達していない測定試料が多数を占めた。TS3 のフェーディング評価は IR50 と IR225 は同程度で あったので、IR50 だけが加熱によるシグナル消失があった可能性を示された。上記の大気環境下 の加熱実験に基づいて、この結果を表 2.5-1 の短時間加熱(5~20 秒)が断層に加わったと仮定す ると、その到達温度は IR50 のリセット開始温度に相当する 230~250℃程度と推定されることに なる。ただし、断層活動は繰り返されるので、短時間の加熱が繰り返された場合、温度条件は異 なるであろう。また、繰り返し述べたように断層活動時、熱供給は断層ガウジに充填された熱水 によって保証されていると推定されるので、この温度は実際を反映している訳ではないと考えら れる。

2.7 他の手法による断層時の到達温度推定

これまで、阿寺断層田瀬地点において、断層活動による到達温度推定が REE パターンや生成 粘土鉱物から推定されている(加藤ほか,2015)。それによれば、本報告の TS1 や TS3 の粘土鉱 物はスメクタイト、ハロイサイトが中心であることから 80℃以下の生成条件であったと推定され ている。また、REE のうち Li や Cs について断層ガウジと母岩(カタクレサイト)に有意な変 化が認められないことから、250℃以上の流体岩石相互作用は経験していないと判断されている。 しかし、この議論には REE 移動や粘土鉱物の生成に要する時間情報が示されていない。粘土鉱 物の生成には、溶液濃度・温度・時間の 3 要素が関与しており(河野,2020)、例えばスメクタイ ト合成実験では、Si-Al ゲルからの溶解析出法では反応溶液を pH 6 ~11 に調整し、200℃で 10 日程度かけて行われる(吉川・堺本,2007;河野,2020)。また、鉱物の溶解速度や粘土鉱物生成 は化学反応速度論(温度と時間の関数)に基づく(河野,2001)ので、提示された温度(ここでは 80℃)は、長時間(地質時間)を要した粘土鉱物の生成条件であり、断層活動時の到達温度では ない。REE 移動についても同様の指摘ができる。したがって、IRSL シグナルの減衰・消去の条 件についてもアレニウスプロット(図 2.5-1)に基づいた議論が必要である。

2.8 水熱実験装置の整備

断層活動時、変形中心のガウジ内で放出されたエネルギーの一部が熱となり周辺に拡散される が、その際、熱源や媒質としてガウジ内に充填する水の役割が大きいと考えられる。実際に、田 瀬地点で測定したガウジの含水率(水質量/乾燥個体質量)は0.1 オーダー(0.14~0.25)で、堆 積物の含水率と同程度であるのに対し、固結岩(花崗岩)は一桁小さい0.01 オーダーである。こ うした視点から、本研究では熱水による IRSL シグナルの減衰とリセットについて情報を得るこ とを目指している。今年度は実効的で、適応可能な装置と装置環境の整備を始めた。

実験整備の上で大きな問題は、比較的簡易に実験が行なえ、かつ精度の良い実験結果が期待で きる装置の入手であった。調査の結果、粘土鉱物の合成反応装置がもっとも実用的であることが 判明した。そこで、三愛科学 K.K.製の耐圧ステンレス製外筒と PTFE 製試料容器からなる高圧 用反応分解容器セットを採用することにした(図 2.8-1,A)。装置の最高使用耐圧は 15 MPa で、 最高使用温度はカーボン繊維含有 PTFE 製試料容器を用いることで、290℃まで上昇させること ができる。

加熱には市販されている高温加熱ヒーターを採用した。また、効率よく耐圧ステンレス製外筒 を加熱するために、保温容器を製作した(図 2.8-1,B)。保温容器は、断熱材(25 mm 厚)で覆わ れた円筒型アルミブロック(内径 60 mm、高さ 130 mm)であり、高圧用反応分解容器と隙間を 抑えて設定できる寸法とした。以上の各装置部位を組み合わせ、K熱電対と温度ロガーにより試 料加熱中の温度をモニターすることができる(図 2.8-1,C)。

高温加熱ヒーターの目的温度を 200℃に設定した場合、その温度上昇と冷却スピードを試験した一例を図 2.8-2 に示した。50℃を起点にすると約 110 分で目的温度に到達するが、冷却速度は遅く 50℃に到達するまで約 260 分を要する。今後熱水加熱実験に移行するため、さらに効率良く温度制御できる実験環境を整えることが課題である。



図 2.8-1 耐圧ステンレス製外筒を用いた熱水加熱実験装置の構成

A:耐圧ステンレス製外筒とカーボン繊維 PTFE 試料容器、および実験試料の配置(三愛科学 K.K.HP を引用)。B:耐圧ステンレス製外筒(右)とその保温容器(左)。C:熱水加熱実験装置の 全体構成。


図 2.8-2 高温加熱ヒーターの加熱・冷却試験例 A:熱水加熱実験装置の加熱装置温度 200℃設定時の温度上昇。B:200℃到達後,加熱温度装置 OFF にした場合の温度下降。

3. 引用文献

- Huntley, D.J., Lian, O.B., 2006, Some observation on tunneling of trapped electrons in feldspars and their implications for optical dating. Quaternary Science Reviews, 25, 2503-2512.
- Li, B., Li, S.H., 2011, Thermal stability of infrared stimulated luminescence of sedimentary K-feldspar. Radiation Measurement, 46, 29-36.
- Lamothe, M., Auclair, M., Hamzaoui, C., Hout, S., 2003, Toward a prediction of long-term anomalous fading of feldspar IRSL. Radiation Measurement, 37, 493-498.
- 加藤尚希, 鹿野哲朗, 石川剛志, 大谷具幸, 2015, 阿寺断層田瀬露頭における段層ガウジの鉱物学 的・地球化学的特徴. 活断層研究, 43, 1-16.
- 河野元治,2001,粘土鉱物の生成.粘土科学,40,197-211.
- 河野元治, 2020, 粘土鉱物の合成. https://www.sci.kagoshima⁻u.ac.jp/kawano/clay_2/text.html (2021年1月25日閲覧).
- Robert, H.M., Duller, G.A.T., 2004, Standardized growth curves for optical dating of sediment using multiple-grain aliquots, Radiation Measurements, 38, 241-252.
- 吉川和男, 堺本由紀, 2007, 希硫酸溶液による造岩鉱物の変質. 群馬大学教育学部紀要, 55, 59-75.



【 付録 5 】

機械学習に基づいた

断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

国立大学法人富山大学

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目 次

1. 概要	付 5-4
1.1 共同研究件名	付 5-4
1.2 共同研究先	付 5-4
1.3 研究目的	付 5-4
1.4 研究期間	付 5-4
2. データベースの拡充	付 5-5
2.1 文献収集	付 5-5
2.2 整理結果	付 5-8
3. 既往試料の化学分析	付 5-10
4. 機械学習による検討作業	付 5-12
4.1 解析手法	付 5-12
4.1.1 概要	付 5-12
4.1.2 解析の流れとツール	付 5-13
4.2 結果	付 5-24
4.2.1 線形判別分析(変数選択なし)	付 5-24
4.2.2 変数選択(AIC)	付 5-27
4.2.3 線形判別分析(変数選択あり)	付 5-29
5. 考察	付 5-35
5.12 群の違いを表す元素に関する考察	付 5-35
5.22群の化学的性質の違いについて	付 5-36
5.3 最良の判別式について	付 5-36
5.4 判別結果/元素濃度と断層の活動性との関係に関する考察	付 5-40
6. まとめと今後の課題	付 5-44
付録A 今年度化学分析を行った試料の採取位置	付 5-47
付録 B 今年度化学分析を行った試料の産状のリスト	付 5-69
付録 C X 線回折分析結果	付 5-70
付録 D 全岩化学組成分析結果	付 5-71

図目次

図 4.1-1	結果図の例		
図 4.2-1	線形判別分析の結果図	(CASE 1)	
図 4.2-2	線形判別分析の結果図	(CASE 2)	
团 4.2-3	線形判別分析の結果図	(CASE 3)	
図 4.2-4	線形判別分析の結果図	(CASE 4)	
図 4.2-5	線形判別分析の結果図	(CASE 3-1)	
図 4.2-6	線形判別分析の結果図	(CASE 3-2)	
図 4.2-7	線形判別分析の結果図	(CASE 3-3)	
図 4.2-8	線形判別分析の結果図	(CASE 4-1)	
図 4.2-9	線形判別分析の結果図	(CASE 4-2)	

付 5-2

义	4.2 - 10	線形判別分析の結果図(CASE 4-3)付き	5-34
义	$5.3 \cdot 1$	CASE 4 の平行座標プロット	5-37
义	5.3-2	CASE 4 の 15 元素の密度分布(AFG/NFG)	5-38
义	5.3-3	CASE 4 の中部・近畿の平行座標プロット	5-39
义	5.4-1	CASE 4、CASE 4-1の判別得点(LEclass;最新活動時期)	5-41
义	5.4-2	CASE 4 シリーズの 15 元素の密度分布(LEclass;最新活動時期)	5-42
义	5.4-3	LEclass と最新活動後の経過時間の関係付き	5-43
义	5.4-4	CASE 4 シリーズの TiO ₂ 、P ₂ O ₅ 、Th、Y のクロスプロット(LEclass;最新活動時	期)
			5-43

表 目 次

表	$2.1 \cdot 1$	収集文献一覧	付 5-6
表	2.1-2	既往報告書一覧	付 5-7
表	2.2 - 1	化学組成データベースの分類一覧	付 5-8
表	2.2-2	化学組成データベースの例①	付 5-9
表	2.2^{-3}	化学組成データベースの例②	付 5-9
表	2.2-4	化学組成データベースの例③	付 5-9
表	2.2 - 5	化学組成データベースの例④	付 5-9
表	2.2-6	化学組成データベースの例⑤	付 5-9
表	2.2-7	化学組成データベースの例⑥	付 5-9
表	2.2-8	化学組成データベースの例⑦	付 5-9
表	3-1 分	分析試料一覧	付 5-11
表	4.1-1	解析の流れと使用ツール	付 5-13
表	4.1-2	活動性/確実度の分類と基準	付 5-14
表	4.1-3	入力データの概要	付 5-14
表	4.1-4	解析対象試料の一覧①	付 5-15
表	4.1-5	解析対象試料の一覧②	付 5-16
表	4.1-6	解析対象試料の一覧③	付 5-17
表	4.1-7	解析対象試料の一覧④	付 5-18
表	$5.3 \cdot 1$	CASE 3 シリーズ・CASE 4 シリーズの判別式の係数 6 と VIF	付 5-37
表	5.4 - 1	CASE 4 に含まれる活断層・非活断層の最新活動時期	付 5-40

1. 概要

1.1 共同研究件名

機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究

1.2 共同研究先

国立大学法人富山大学

1.3 研究目的

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)では、経済産業省 資源エネルギー庁から受託した「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(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の 選定に係る自然現象の影響把握及びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活 動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食に対して、地質学、地形学、地震学、地球年代学 等の各学術分野における最新の研究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解 決に必要な知見の蓄積や調査・評価技術の高度化を総合的に進めている。

このうち地震・断層活動に関しては、上載地層がない場合の断層の活動性評価手法の開発が 技術開発課題として提示されている。平成 31 年度における国立大学法人富山大学(以下「富 山大学」という。)との共同研究「機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共 同研究」では、平成 30 年度に引き続き,断層帯物質である断層粘土の化学成分等の分析結果 と機械学習を組み合わせることで、これらの課題に係る検討を実施した。その結果、断層ガウ ジの化学組成を用いた線形判別分析により、活断層と非活断層を高確率で判別する式が複数得 られ、その中から汎化性能が高いと予想される判別式を選び出すことができた。さらに、これ らの判別式に共通する元素の組合せから、活断層と非活断層の違いを表す元素を6つに絞り込 むとともに、うち4つの元素が2組ずつのセットとなっていることなどを明らかにした。しか し、本共同研究で得られた一次式の汎化性能や線形判別分析における仮定には課題が残った。 このことは、本手法の未知試料への適用性に疑問があることを意味する。したがって、本年度 の共同研究では機械学習による検討を継続するとともに、手法の信頼度を向上させるためデー タベースの拡充を行った。

1.4 研究期間

令和2年4月30日~令和3年1月29日

2. データベースの拡充

昨年度、一昨年度と、日本国内の断層岩の全岩化学組成が掲載された公表文献を収集し、それらのデータを取りまとめたデータベースを作成した。今年度は、以下に示す通り追加文献はなかったが、母岩の種類と断層名を追記するなどの整理を行い、データベースを拡充した。

2.1 文献収集

文献収集は、国内の活断層及び非活断層の断層ガウジの化学組成分析値が掲載されている文献を対象として行った。表 2.1-1、表 2.1-2 に収集した文献の一覧を示す。

表 2.1-1 は論文として公表されているものの一覧である。論文の収集にあたっては、分析対 象が活断層か非活断層かが明記されていること、付加体、花崗岩質岩など多様な基盤岩を持つ ことに留意した。今年度の文献収集の結果、追加すべき文献は見当たらなかった(表 2.1-1着 色部)。表 2.1-2 は原子力機構において過去に実施した、断層を分析対象とした業務の報告書 である。表 2.1-2 の文献番号 A~E は、上載地層法により活断層か非活断層かが明らかにな っている花崗岩質岩中の断層を分析対象とした報告書である。文献番号 F, G は、本共同研究 の一昨年度、昨年度の報告書である。

表 2.1-1 収集文献一覧

通番	著者名	発行年	論文タイトル	雑誌名	卷,号,頁	分析値の 出典	分析対象	活断層の 断層タイプ
1	R. Sugisaki, H.Anno, M. Adachi and H. Ui	1980	Geochemical features of gases and rocks along active faults	Geochemical Journal	14, 101-112	Table 3a, Table 3b	【活断層】跡津川断層,牛首断 層,根尾谷断層,飯田断層,富坂 断層 【非活断層】中央構造線	横ずれ断層
2	K. Fujimoto, H. tanaka, T. Higuchi, N. Tomida, T. Ohtani and H. Ito	2001	Alteration and mass transfer inferred from the Hirabayashi GSJ drill penetrating the Nojima Fault, Japan	The Island Arc	10, 401-410	Table 1	【活断層】野島断層	横ずれ断層
3	T. Matsuda, T. Arai, R. Ikeda, K. Omura, K. Kobayashi, H. Sano, T. Sawaguchi, H. Tanaka, T. Tomita, N. Tomida, S. Hirano and A. Yamazaki	2001	Examination of mineral assemblage and chemical composition in the fracture zone of the Nojima Fault at a depth of 1140 m: Analyses of the Hirabayashi NIED drill cores	The Island Arc	10, 422-429	Table 1, Table 2	【活断層】野島断層	横ずれ断層
4	Y. Hashimoto, A. Nikaizo and G. Kimura	2009	A geochemical estimation of fluid flux and permeability for a fault zone in Mugi me'lange, the Cretaceous Shimanto Belt, SW Japan	Journal of Structural Geology	31, 208-214	Table 1	【非活断層】地質境界断層	_
5	長友晃夫・吉田英一	2009	断層と割れ目系およびそ の重点鉱物を用いた阿寺 断層の地質的履歴解析	地質学雑誌	115, 10, 512-527	Table 1	【活断層】阿寺断層	横ずれ断層
6	加藤尚希・廣野哲郎・石 川剛志・大谷具幸	2015	阿寺断層田瀬露頭におけ る断層ガウジの鉱物学 的・地球科学的特徴	活断層研究	43, 1-16	Table 2	【活断層】阿寺断層	横ずれ断層
7	M. Niwa, Y. Mizuochi and A. Tanase	2015	Changes in chemical composition caused by water–rock interactions across a strike-slip fault zone: case study of the Atera Fault, Central Japan	Geofluids	15, 387-409	Table 3	【活断層】阿寺断層	横ずれ断層
8	M. Niwa, K. Shimada, T. Ishimaru and Y. Tanaka	2019	Identification of capable faults using fault rock geochemical signatures: A case study from offset granitic bedrock on the Tsuruga Peninsula, central Japan	Engineering Geology	260	Table 3, Table 4, Table 5	【活断層】白木 – 丹生断層 【非活断層】 花崗岩中の断層	逆断層

【付録5】

表 2.1-2 既往報告書一覧

通番	報告書名	年度	分析値の 出典	分析対象	活断層の 断層タイプ
А	22耐震工学 陸域断層の活動性評価に資する断層破砕部の調査・分析	平成22年度	表3.3.6-1, 表3.3.6-2	【活断層】 五助橋断層,下蔦木断層	横ずれ断層
В	23 耐震工学 陸域断層の活動性評価に資する断層破砕部の調査・分析	平成23年度	表3.3.6-1	【活断層】六甲断層	横ずれ断層
С	24 耐震工学 陸域断層の活動性評価に資する断層破砕部の調査・分析	平成24年度	表3.5.7-1	【非活断層】六甲蓬莱峡	_
D	25 耐震工学 陸域断層の活動性評価に資する 断層破砕部の調査・分析	平成25年度	_	_	_
Е	26 耐震工学 陸域断層の活動性評価に資する断層破砕部の調査・分析	平成26年度	_	-	_
F	機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究	平成30年度	付録B	【活断層】白木-丹生断層 【非活断層】花崗岩中の断層	逆断層
G	機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究	令和元年度	付録B	【活断層】五助橋断層、下蔦木断層 【非活断層】花崗岩中の断層	横ずれ断層

2.2 整理結果

2.1 で収集した文献に基づき、化学組成データベースを作成した。このデータベースには、 各試料の試料名と分析値のほか、文献中の記載に基づいて表 2.2-1 に示す二つの分類を与えた。 また、母岩の種類と活断層の断層名を追記した。

表 2.2-2~表 2.2-8 に作成した化学組成データベースの一部を示す。なお、化学組成データベースは別途電子ファイルで提出する。

Type 1	説明
AF	活断層
NF	非活断層
R	母岩

表 2.2-1 化学組成データベースの分類一覧

Type 2	説明
AFB	活断層・断層角礫
AFC	活断層・カタクレーサイト
AFG	活断層・断層ガウジ
AFW	活断層・弱変形
NFB	非活断層・断層角礫
NFC	非活断層・カタクレーサイト
NFG	非活断層・断層ガウジ
NFW	非活断層・弱変形
R	母岩

【 付録 5 】

表 2.2-2 化学組成データベースの例①

連番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P205
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	71.46	0.22	13.19	1.37	1.88	0.09	0.45	2.12	3.01	2.60	0.12
2	A	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	70.87	0.19	12.84	1.92	0.98	0.04	0.45	1.07	2.29	2.79	0.05
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	71.29	0.20	13.04	2.61	0.04	0.06	0.44	1.12	2.40	2.63	0.05
4	A	GSB-C04	花崗岩	五肋橋断層	AF	AFC	68.80	0.24	13.02	2.29	0.62	0.10	0.45	3.18	2.64	2.64	0.08
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	70.39	0.21	12.59	1.78	1.21	0.07	0.43	2.42	2.43	2.78	0.06
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	70.20	0.21	12.92	2.20	0.55	0.08	0.44	2.75	2.64	2.66	0.06
7	A	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	70.09	0.22	13.06	2.32	0.51	0.10	0.46	3.05	2.72	2.63	0.05
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	69.52	0.21	12.89	2.70	0.17	0.08	0.44	2.55	2.49	2.69	0.06
9	A	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	68.34	0.21	12.80	2.70	0.12	0.05	0.45	2.85	2.43	2.65	0.06
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	69.41	0.21	13.40	1.21	1.40	0.06	0.46	2.86	2.86	2.65	0.05

表 2.2-3 化学組成データベースの例②

連番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Cr ₂ O ₃	SrO	BaO	LOI	H ₂ O+	H ₂ O-	F	S	К	Ti	Mn
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC				2.16	1.60	0.90					
2	Α	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG				5.18	2.30	2.90					
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG				4.86	2.00	2.40					
4	A	GSB-C04	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC				5.30	1.80	1.90					
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC				3.74	2.10	1.10					
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG				4.13	2.10	1.20					
7	A	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG				4.29	1.70	1.50					
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG				4.92	2.30	1.70					
9	A	GSB-C09	花崗岩	五肋橋断層	AF	AFG				5.64	1.70	2.10					
10	۵	CSP C10	北海島	工的域能展	AF	AEG				1.62	2.10	1.40					

表 2.2-4 化学組成データベースの例③

連番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Ag	As	Ba	Be	Bi	Ce	CI	Co	Cr	Cs	Cu
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	1	12	663	2	2	60		3	20	3	40
2	Α	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	669	2	1	50		2	20	4	10
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	694	2	0	60		2	20	5	10
4	A	GSB-C04	花岗岩	五助橋断層	AF	AFC	1	5	636	2	0	59		2	20	4	10
5	А	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	1	5	666	2	0	48		2	20	4	10
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	924	2	2	56		3	20	3	20
7	А	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	765	2	2	56		2	20	3	20
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	721	2	1	66		3	20	4	10
9	A	GSB-C09	花岗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	5	704	2	2	55		1	20	4	10
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	1	12	858	2	1	58		3	20	4	10

表 2.2-5 化学組成データベースの例④

連番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	In	La	Li
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	4	3	1	17	5	2	4	1	0	30	
2	A	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	2	1	17	4	2	4	1	0	30	
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	3	1	17	5	1	4	1	0	29	
4	A	GSB-C04	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	5	3	1	17	5	1	5	1	0	31	
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	4	2	1	16	4	2	4	1	0	25	
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	2	1	16	4	2	4	1	0	29	
7	A	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	2	1	17	4	1	4	1	0	29	-
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	5	3	1	17	5	2	4	1	0	31	
9	A	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	5	3	1	16	5	2	4	1	0	30	-
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	3	1	16	4	1	4	1	0	30	

表 2.2-6 化学組成データベースの例5

速番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Lu	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sb	Sc	Sm
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	0	2	7	25	20	15	6	77	0	6	5
2	Α	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	26	20	21	6	88	0	6	5
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	27	20	19	6	87	0	6	5
4	A	GSB-C04	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	0	2	9	28	20	18	6	79	0	8	5
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	0	2	8	22	20	18	5	79	0	7	4
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	25	20	17	6	81	0	6	5
7	A	GSB-C07	花岗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	7	24	20	14	δ	80	0	6	5
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	27	20	21	6	82	0	7	5
9	A	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	26	20	20	δ	80	0	6	5
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	0	2	8	26	20	18	6	79	0	6	5

表 2.2-7 化学組成データベースの例⑥

速香	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Sn	Sr	Та	Tb	Th	TI	Tm	U	V	W	Y
1	Α	GSB-C01	花岗岩	五助橋断層	AF	AFC	3	215	1	1	8.76	1	0	1.37	13	1	25
2	Α	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	127	1	1	8.73	1	0	1.19	9	1	23
3	Α	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	5	144	1	1	8.54	0	0	1.22	12	1	26
4	A	GSB-C04	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	3	153	1	1	8.05	1	0	1.93	11	1	32
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	2	153	1	1	7.52	1	0	1.43	8	1	25
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	4	226	1	1	7.83	1	0	1.24	10	1	27
7	A	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	222	1	1	7.72	1	0	1.20	11	1	26
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	172	1	1	8.37	1	0	1.32	11	1	28
9	A	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	208	1	1	8.04	0	0	1.27	11	1	27
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	227	1	1	8.00	1	0	1.75	12	1	26

表 2.2-8 化学組成データベースの例⑦

連番	文献番号	Sample	Host Rock	Active Fault	Type1	Type2	Yb	Zn	Zr
1	A	GSB-C01	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	3	60	136
2	A	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	80	135
3	A	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	70	132
4	A	GSB-C04	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	3	70	161
5	A	GSB-C05	花崗岩	五助橋断層	AF	AFC	2	70	154
6	A	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	60	133
7	A	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	2	50	130
8	A	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	70	150
9	A	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	70	148
10	A	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	AF	AFG	3	70	145

3. 既往試料の化学分析

今年度新たに化学分析を行った試料のうち、解析に用いた断層中軸部の41 試料を表 3-1 に 示す(Type 1、Type 2 は表 2.1-1 に同じ)。露頭における試料採取位置、ブロックサンプリン グ試料からの採取部位などは、付録 A、B に示すほか、各文献を参照されたい。

採取試料のうち、表 3-1 に*を付したものは、東濃地科学センターにて分析を行った。試料は 高速粉砕機(安井器械株式会社製マルチビーズショッカーPV1001(S))を用いて粉砕した。試 料への異質物の混染を防ぐため、試料はポリカーボネイト製の粉砕容器に入れ、粉砕にはめの う製のコーンを用いた。全岩化学組成の分析は蛍光 X 線分析装置(XRF:株式会社リガク製 ZSX Primus II)を使用し、希釈率1:2のガラスビードにて行った。ガラスビードの作成方法 及び分析方法は清水ほか(2017)に従った。分析は、主要元素(SiO₂、TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、 MnO、MgO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅の10元素)と微量元素(Ba、Ce、Cl、Co、Cr、F、 Ga、Nb、Ni、Pb、Rb、S、Sc、Sr、Th、U、V、Y、Zrの19元素)について行った。分析条 件、分析誤差などについては、清水ほか(2017)に準ずる。

一方、表 3-1 に**を付した試料については、ALS 社において、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) により分析を行った。試料は、ホウ酸リチウムで融解したものを酸分解して分析 に供した。ただし一部の試料・元素については、試料を直接酸分解して ICP-MS 分析を行うか、 ガラスビードを作成して XRF により分析した。

なお、今年度新たに化学分析に供した試料の一部は、別途粉末 X 線回折分析により鉱物の同 定を行っている。その結果を参考として付録 C に示す。

全岩化学組成の分析結果は、付録Dに示す。

表 3-1 分析試料一覧

試料名	母岩	Type 1	Type 2	参照
06070103**	斑糲岩	NF	NFG	Niwa et al. (2011) の地点 23
05081104**	片麻岩	NF	NFG	Niwa et al. (2011) の地点 18
07110401E**	花崗岩	AF	AFG	Niwa et al. (2011) の地点 K19
07110301clay**	溶結凝灰岩	NF	NFG	
07110302NW**	溶結凝灰岩	NF	NFG	—
07021109**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
07021101**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
07042115**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
07061002**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
07110303NS**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
07071601**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
N-02**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
N-03A**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
N-04B**	溶結凝灰岩	NF	NFG	
H1-1**	溶結凝灰岩	NF	NFG	—
H2-1**	石英斑岩	NF	NFG	
SM-1**	溶結凝灰岩	NF	NFG	_
SK-1**	溶結凝灰岩	NF	NFW	—
SK-2**	溶結凝灰岩	NF	NFW	—
SK-3**	溶結凝灰岩	NF	NFW	—
WN-4**	溶結凝灰岩	NF	NFG	
KS-7**	花崗岩	NF	NFG	_
06070105-5*	花崗岩	AF	AFG	丹羽ほか(2008)の地点 IT-2, 202
06070105-2*	花崗岩	AF	AFG	丹羽ほか(2008)の地点 203
SA-1*	片麻岩	NF	NFG	丹羽ほか(2008)の地点 SA-1
07020303*	斑糲岩	AF	AFG	丹羽ほか(2008)の地点 IT-3, 205
06101503*	片麻岩	AF	AFG	Niwa et al. (2011) の地点 5
サンプル4*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z8
サンプル5*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z7
サンプル6*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z6
サンプル8*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z4
サンプル9*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z3
サンプル10*	砂礫層/花崗岩	NF	NFG	新潟大学・原子力機構(2016)の付 2-8,Z2
15042102-2*	花崗岩	NF	NFG	植木ほか(2016)の p.40
15042103-1*	花崗岩	NF	NFG	植木ほか(2016)の p.40
15042103-3*	花崗岩	NF	NFG	植木ほか(2016)の p.40
15042003-1*	花崗岩	NF	NFG	植木ほか(2016)の p.21 の広島①
07020301*	流紋岩	NF	NFG	—
07020302*	凝灰角礫岩	AF	AFG	—
121112T*	片麻岩	NF	NFG	—
121112W*	片麻岩	NF	NFG	

4. 機械学習による検討作業

本章では、2. で作成した化学組成データベースに 3. で得られたデータを加えたものに対し て、多変量解析を用いた機械学習を適用し、活断層と非活断層の効率的な判別手法について検 討した。

4.1 解析手法

4.1.1 概要

多変量解析は、複数の変数からなるデータを統計的に扱う手法であり、地球科学分野でも応用が進んできている。例えば、Kuwatani et al. (2014) は、2011 年東北地方太平洋沖地震時の津波堆積物と非津波堆積物の化学組成(18 元素)を説明変数として、多変量解析手法の一つである SVM (サポートベクターマシン)を用いて両者が高確率で分けられることを示すとともに、18 元素から最も判別率の良い元素の組合せを探索した。一昨年度の本共同研究では、Kuwatani et al. (2014)の考え方を踏襲し、活断層/非活断層の断層ガウジの化学組成データを用いて線形判別分析を行い、その結果得られた複数の一次式が両者を誤判別なく識別できること、両者の違いを表す元素の組み合わせが TiO2、Al2O3、MgO、Na2O、P2O5、Baの6元素に絞られることを示した。また、さらに検討を進めた立石ほか(2019)は、この6元素の判別への寄与の程度が TiO2、MgO、P2O5、Na2O、Al2O3、Ba の順になることを明らかにするとともに、入力データに1つだけ含まれている西南日本外帯のデータが母集団からかけ離れたものであり、汎化性能を下げる可能性があることを示した。

また昨年度は、一昨年度から試料数を増やすとともに、より定量的な評価ができる変数選択 法を取り入れて断層ガウジの化学組成を用いた線形判別分析を行った。その結果、活断層と非 活断層の2群を高確率で判別する式が複数得られ、その中から汎化性能が高いと予想される判 別式を選び出すことができた。さらに、これらの判別式に共通する元素の組合せから、活断層 と非活断層の違いを表す元素を6つに絞り込むとともに、うち4つの元素(TiO2とP2O5、 Al2O3とRb)が2組ずつのセットとなっていること、Al2O3とRb以外の4つの元素(TiO2、 CaO、P2O5、Ba)が同じ分布パターンを示すことを明らかにした。また、母集団に白木-丹生 断層(逆断層)のデータを取り込んで線形判別分析を行った結果、3群の特徴を持つ集団とし て認識された。

これらの成果を踏まえ、今年度はさらにデータ数を増やし、昨年度と同様の解析を行うとと もに、花崗岩を母岩とする試料のみの解析も加えた。これにより、本研究で開発する手法の信 頼性と適用性の確認が期待される。また、解析結果と活断層の活動性とを比較し、両者の関連 性についても検討した。

多変量解析の概要については、一昨年度の報告書を参照されたい。ここでは、昨年度に引き 続き実施する線形判別分析について述べる。線形判別分析は、2群が正規分布すること、等分 散性を持つことを前提として、2群が最も良く分かれる判別式を一次式(線形)で求める手法 である。この時、基準となるのは多次元における2群の中心点である。今回のように元素を説 明変数とした場合、判別式の形は以下のようになる。

判別式: $Y = \beta_1 \times SiO_2 + \beta_2 \times TiO_2 + \cdots + \alpha$

付 5-12

ここで、αとβは判別係数である。得られた一次式に2群のどちらか不明な試料の化学組成 を代入すると、どちらのグループに属するかが判別できる。判別の精度は、データ数が多いほ ど高くなることが期待される。

4.1.2 解析の流れとツール

解析の流れと使用したツールを表 4.1-1 に示す。

順番	作業	ツール			
	入力データの整理	Microsoft Excel			
		(https://products.office.com/ja-jp/excel)			
(2)	7次米4/32-4日	R (R Core Team, 2020)			
2	<u>灸</u>	(<u>https://www.r-project.org</u>)			
		使用パッケージ			
3	禄形刊別分析	② MASS, car			
		③ MASS			
(4)	結果図作成	④ ggplot2, GGally			

表 4.1-1 解析の流れと使用ツール

(1) 入力データの整理

入力データは 2. で作成した化学組成データベースに 3. で得られたデータを加えたものを 元としている。これを、Microsoft Excel を用いて整理し、CSV (コンマ区切りテキスト)形式 に変換した。

線形判別分析において必要な情報は、2 群の分類とそれに付随する多変量である。これらを 踏まえ、今回の解析では、2 群の分類として昨年度と同様に表 3-1 の <u>AFG 及び NFG (活断層</u> <u>/非活断層の断層ガウジ)</u>を選択した。ただし、これらの試料は、試料ごとに活断層なのか非 活断層なのかの確実性、信頼性が異なる。このため、今年度は、これらの試料の活動性と確実 度を考慮した区分を表 4.1-2 の基準に従い決定した。この区分(活動性/確実度)を判別結果 と比較することで、本研究の手法、および判別式の適用性を従来より詳しく評価できる。

判別分析において、質の良い結果を得るためには、できるだけ多くの入力データを準備する ことが肝要である。しかし、化学組成データベースに収録した試料は、必ずしも同じ元素が測 定されている訳ではない。そこで、データ数が多く取れるように元素を取捨選択し、表 4.1-3 に示す 15 元素とした。また、昨年度の成果も踏まえ、卓越する母岩の種類(花崗岩質岩類) と活断層試料の中で卓越する断層タイプ(横ずれ断層)で解析対象を絞り込んだデータセット を作成し、解析に供した。なお、花崗岩質岩類で絞り込んだデータセットには、化学組成の類 似する流紋岩を母岩とする試料も含めた。その結果、試料数は 139 試料となった。

3に入力データの概要を、表 4.1-4~表 4.1-7 に解析対象試料の一覧を示す。

表 4.1-2 活動性/確実度の分類と基準

判定	活動性/確実度	基準
А	活断層/確実	 トレンチ調査等で上載地層法に基づき活断層と認定された破砕 帯から採取した試料
В	活断層/ほぼ確実	 ・ 空中写真判読で認定された活断層*と位置・走向が一致する破砕帯から採取した試料 かつ ・ 直線性が高く、切断関係から最新と言える断層ガウジから採取した試料
С	活断層/疑いあり	 空中写真判読で認定された活断層*沿いで採取された試料であるが、文献からは詳細な採取位置が読み取れず、活断層の変位 面で直接採取したものかどうか分からない試料
D	非活断層/疑い大	 ・ 空中写真判読で認定された活断層*から1km以内に分布する が、上載地層との関係が分からない破砕帯から採取した試料 あるいは ・ 空中写真判読で認定された活断層*沿いに分布するが、他の断 層に切られている破砕帯から採取した試料
Е	非活断層/疑い小	 空中写真判読で認定された推定活断層*から1km以内に分布する破砕帯から採取した試料
F	非活断層/ほぼ確実	 空中写真判読で認定された活断層*および推定活断層*から1km 以上離れている破砕帯から採取した試料 または 上載地層の変位が認められない破砕帯から採取した試料

※基準の「活断層」「推定活断層」は、今泉ほか編(2018)に準ずる。

表 4.1-3 入力データの概要

解析に使用した元素	解析対象	試料の数
	母岩の種類 : 全て 断層タイプ : 全て	139 試料(AFG64, NFG75)
15 元素: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ ,	母岩の種類:全て 断層タイプ:横ずれ断層	127 試料(AFG52, NFG75)
K ₂ O, P ₂ O ₅ , Ba, Rb, Sr, Th, Y	母岩の種類:花崗岩質岩類断層タイプ:全て	108 試料(AFG57, NFG51)
	母岩の種類:花崗岩質岩類 断層タイプ:横ずれ断層	96 試料(AFG45, NFG51)

表	4 1-4	解析対象試料の一	- 暫①
11	T . T	パキリハ ヘリ シンロイルイト	見し

文献番号	試料名	母岩	活断層名	断層タイプ	AFG/NFG	活動性·確実度
1	AU 1b	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	AU 5	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	AU 6	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	AU 8a	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	AU 8b	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	AU 9	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	С
1	Ne 3	チャート/頁岩	根尾谷断層	横ずれ断層	AFG	С
1	Ne 4	頁岩	根尾谷断層	横ずれ断層	AFG	С
1	Ne 5	頁岩	根尾谷断層	横ずれ断層	AFG	С
1	Ne 6	砂岩	根尾谷断層	横ずれ断層	AFG	С
1	IT 3	花崗岩	飯田・富坂断層	逆断層	AFG	С
1	IT 5	花崗岩	飯田・富坂断層	逆断層	AFG	С
1	ML 7	緑色片岩	非活断層	—	NFG	F
2	98-10	花崗閃緑岩	野島断層	横ずれ断層	AFG	А
2	99-1	花崗閃緑岩	野島断層	横ずれ断層	AFG	А
2	114-1	花崗閃緑岩	野島断層	横ずれ断層	AFG	А
4	Fault gouge	混在岩	非活断層	—	NFG	F
6	FG01-1	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG01-2	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG03-1	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG05-1	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG06-1	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG02-A	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
6	FG02-B	流紋岩/花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	А
7	K-19	花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	В
7	K-20	花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	В
8	130604-3	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
8	SN01	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
8	H24-05	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
8	H24-06	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
8	H24-07	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
8	m005-3	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
8	m004-2	花崗岩	非活断層	_	NFG	F
8	m003-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
8	m003-3	花崗岩	非活断層	—	NFG	F

表 4.1-5 解析対象試料の一覧②

文献番号	試料名	母岩	活断層名	断層タイプ	AFG/NFG	活動性·確実度
8	m003-4	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
8	m004-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
8	m005-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
8	m005-7	花崗岩	非活断層		NFG	F
8	m003-2	花崗岩	非活断層		NFG	F
А	GSB-C02	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C03	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C06	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C07	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C08	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C09	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C10	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C11	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C12	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C13	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	GSB-C14	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
А	STK-C02	花崗岩	下蔦木断層	横ずれ断層	AFG	А
А	STK-C03	花崗岩	下蔦木断層	横ずれ断層	AFG	А
А	STK-C07	花崗岩	下蔦木断層	横ずれ断層	AFG	А
А	STK-C08	花崗岩	下蔦木断層	横ずれ断層	AFG	А
А	STK-C09	花崗岩	下蔦木断層	横ずれ断層	AFG	А
В	HRK-C05	花崗岩	非活断層		NFG	F
В	HRK-C06	花崗岩	非活断層		NFG	F
В	HRK-C09	花崗岩	非活断層		NFG	F
В	HRK-C13	花崗岩	非活断層		NFG	F
В	HRK-C14	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
В	HRK-C15	花崗岩	非活断層		NFG	F
С	FSW-C08	花崗岩	六甲断層	横ずれ断層	AFG	А
С	FSW-C09	花崗岩	六甲断層	横ずれ断層	AFG	А
С	FSW-C10	花崗岩	六甲断層	横ずれ断層	AFG	А
F	1602	花崗岩	非活断層	_	NFG	F
F	1603	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	2301	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	2504	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	2602	花崗岩	非活断層	_	NFG	F

耒	1 1-6	解析対象試測の	. 暫②
衣	4.1-0	吽 们 刈 承 武 科 の 一	.皆ふ

文献番号	試料名	母岩	活断層名	断層タイプ	AFG/NFG	活動性·確実度
F	2603	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	3-202	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
F	3-203	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
F	3-204	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
F	Hr10A(1)	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	Hr10A2	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	Ko9-4-22	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
F	Ko9-4-23	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
G	GSK1	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
G	GSK2	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
G	GSK3	花崗岩	五助橋断層	横ずれ断層	AFG	А
G	ARM1	花崗岩	六甲断層	横ずれ断層	AFG	А
G	ARM4	花崗岩	六甲断層	横ずれ断層	AFG	А
G	S14-1a2	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
G	S14-1a③	花崗岩	白木-丹生断層	逆断層	AFG	А
G	SGR2	混在岩	非活断層	—	NFG	D
G	SGR3	混在岩	非活断層	—	NFG	D
G	MP-07-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
G	MP-07-2	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
G	MP-07-3	花崗岩	非活断層	_	NFG	F
G	Ko12-1-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
2020	07110301clay	溶結凝灰岩	非活断層		NFG	D
2020	07110302NW	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	D
2020	07021109	溶結凝灰岩	非活断層		NFG	D
2020	07021101	溶結凝灰岩	非活断層		NFG	D
2020	07042115	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	D
2020	07061002	溶結凝灰岩	非活断層		NFG	F
2020	07110303NS	溶結凝灰岩	非活断層		NFG	D
2020	07071601	溶結凝灰岩	非活断層	_	NFG	F
2020	07110401E	花崗岩	阿寺断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	06070103	斑糲岩	非活断層	—	NFG	D
2020	05081104	片麻岩	非活断層	—	NFG	D
2020	N-02	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	D
2020	N-03A	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	D
2020	N-04B	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	D

表 4.1-7 解析対象試料の一覧④

文献番号	試料名	母岩	活断層名	断層タイプ	Type 2	活動性/確実度
2020	H1-1	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	H2-1	石英斑岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	SM-1	溶結凝灰岩	非活断層	_	NFG	D
2020	WN-4	溶結凝灰岩	非活断層	—	NFG	F
2020	KS-7	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
2020	06070105-5	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	06070105-2	花崗岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	SA-1	片麻岩	非活断層		NFG	D
2020	07020303	斑糲岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	06101503	片麻岩	跡津川断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	07020301	流紋岩	非活断層	_	NFG	D
2020	07020302	凝灰角礫岩	太江断層	横ずれ断層	AFG	В
2020	121112T	片麻岩	非活断層	_	NFG	D
2020	121112W	片麻岩	非活断層	_	NFG	D
2020	サンプル4	砂礫層/花崗岩	非活断層		NFG	D
2020	サンプル 5	砂礫層/花崗岩	非活断層	_	NFG	D
2020	サンプル6	砂礫層/花崗岩	非活断層	_	NFG	D
2020	サンプル8	砂礫層/花崗岩	非活断層	_	NFG	D
2020	サンプル 9	砂礫層/花崗岩	非活断層	_	NFG	D
2020	サンプル10	砂礫層/花崗岩	非活断層	_	NFG	D
2020	15042102-2	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	15042103-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	15042103-3	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	15042003-1	花崗岩	非活断層	—	NFG	F
2020	FKM-FG-01	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-02	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-03	花崗岩	非活断層	_	NFG	Е
2020	FKM-FG-04	花崗岩	非活断層	_	NFG	Е
2020	FKM-FG-05	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-06	花崗岩	非活断層	_	NFG	Е
2020	FKM-FG-07	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-08	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-09	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е
2020	FKM-FG-10	花崗岩	非活断層	—	NFG	Е

岩石学における化学組成の検討では、酸化物の総和を 100%として規格化されることも多い。 この場合、吸着水(H₂O-)や構造水(H₂O+)及び強熱減量(LOI; loss of ignition)などは無 視されることになる。また、鉄の酸化物については、目的により、Fe₂O₃と FeO とが湿式分析 を用いて分けて定量される場合や、全鉄を Fe₂O₃ もしくは FeO として機器分析で定量される 場合がある。文献により、これらの扱いは様々であるものの、本研究の目的に照らせば、極力 簡単な作業で活断層と非活断層が区別される可能性を追求することが必要である。したがって、 化学組成の文献表示の 100%規格化は行わず文献値をそのまま採用する。主要元素については 各酸化物の重量%、微量元素については各元素の ppm の数値である。さらに鉄については湿式 分析を不要とすべく、全鉄を Fe₂O₃ 換算することとした。具体的には、文献に Fe₂O₃、FeO そ れぞれの重量%が掲載されている場合、FeO の値を 1.1114 倍して Fe₂O₃ の値と足し合わせる 岩石学の一般的取り扱いに則った。

ここまでの処理は昨年度の共同研究でも行っていたが、今年度は新たに対数比解析と呼ばれ る処理を取り入れた。組成データは、変数の総和が定数で固定されているため、変数の独立性 が保たれず(定数和制約と呼ばれる)、実数データのように統計処理を行うことはできないこ とが指摘されている(Aitchison, 1986)。そこで、対数比解析(Aitchison, 1986;太田・新井, 2006)を用いて組成データを実数に変換した。対数比解析は、組成データをある共通の変数で 規格化し、変数の相対的な変動のみを表すものである。対数比解析には相加対数比変換と有心 対数比変換があるが、相加対数比変換は元の変数のうち一つを規格化の単位として用いること から、本研究の目的と整合しない。このため、本研究では有心対数比変換を採用した。有心対 数比変換は、変数をその幾何平均で除して規格化したものの自然対数をとるものである。本共 同研究の場合、変数は元素であり、選択した試料の元素ごとに幾何平均をとることになる。

なお幾何平均は正の数しか扱えないため、Martín-Fernández et al. (2000, 2003)に則り、検 出限界以下の値は十分小さい値(例えば検出限界)で置換した後、組成定数和が変化しないよ うにデータを再規格化する乗法置換を施した。検出限界は、主要元素を 0.001wt.%、微量元素 を 0.0001wt.%とした。すなわち、元のデータの検出限界未満の値は切り捨てている。

(2) 変数選択

入力データの説明変数は

3の通り15元素である。これは本来、本研究で扱うような100程度のデータ数では到底分けられない次元とみなされる。一般に、説明変数の数(=次元)が増えると、個別のデータの差異が小さくなり、判別ができなくなる(これを次元の呪いと呼ぶ)。また、説明変数が増えた結果、分類が細分化し、入力データに特化した判別式となってしまう場合がある(過剰適合と呼ぶ)。その他にも、説明変数同士に極端に高い相関がある場合、標準誤差が大きくなり、新たなデータが加わった時に推定値が大きく変化する問題がある(多重共線性と呼ぶ)。これらはいずれも、線形判別分析の結果として得られる判別式の汎化性能を低下させる原因となりうる。さらに、15個の元素の組合せは約3万通りとなり、最適な元素の組合せの探索が困難になる。これを回避するためには、予め判別に適した元素を選択する必要がある。そこで、表 4.1-2に示した組合せのうち、判別率が高いものについて、赤池情報量規準(AIC、Akaike, 1973)を使って変数選択を行った。また、選択された変数同士が多重共線性をもつ

付 5-19

かどうかを判断するため、各変数の分散拡大係数(VIF)を算出した。

AIC は、複数の統計的モデルの良さを比較評価するための規準であり、AIC= $-2 \times ($ モデルの最大対数尤度 $) + 2 \times ($ モデルの自由パラメータ数)の値が小さいほど予測精度の高いモデルであるとしたものである(二宮, 1999)。R で実装されているものは、変数の組合せを変えてAICを逐次評価し、最も低い値を出したものを最良モデルとする。AICの計算方法は昨年度と同じく変数増減法と呼ばれる方法を採用した。結果の出力も昨年度と同じく、AICのステップと残った元素とともに、重回帰分析により計算した各元素のt値とp値、及びそれに基づく重みが出力されるようにした。t値とp値はいずれも統計的仮説検定に用いられ、本共同研究の場合は活断層と非活断層の2 群における各元素の平均値が有意に異なると言えるかどうかを検定する値となる。t値が大きく、p値が小さいほど、その元素は2 群の違いを有意に説明しうる、ということになる。通例、p値が 0.05 (5%)を下回ると帰無仮説が棄却され、各変数における2 群の分布が等しいことを否定する。

VIF は、多重共線性の程度を表す量であり、VIF=1/(1-R²)の値が小さいほど多重共線性が低い。ここで、R²はある説明変数(X とする)を他の全ての説明変数で重回帰分析した時の決定係数である。X を他の説明変数で9割説明できる場合の VIF は 10 であり、完全相関の場合はゼロ除算となるため解が得られない。VIF が 10 を超えると、その変数は多重共線性の要因になっていることが示唆される(川端ほか, 2018 など)。

これらの作業は全て、オープンソースの統計解析プログラミング言語である R で実行した。 R 及び CRAN と呼ばれる R の計算ライブラリの信頼性は高く、FDA (アメリカ食品医薬局) における薬事申請・報告での使用が公式に認められている。

以下に R における AIC 計算のコードを解説(#で始まる行)とともに示す。このコードを実行すると、最適な元素の組合せの候補が計算過程とともに aic.txt というテキストファイルに 出力される。

#パッケージの読み込み > library(MASS) > library(car) #入力データ(forAIC.csv)の読み込み(タイプを数値化した Z という列を追加したファイル) > data<-read.csv("forAIC.csv",header = T)</pre> #重回帰分析(目的変数 Z を説明変数候補である元素 15 個でどの程度説明できるか) > mod.full<-glm(Z ~.,data=dat) #変数を減らしたり増やしたりして AIC を計算し、改善されなくなった時に残っている変数を採用す る > mod.step<-stepAIC(mod.full, direction = "both")</pre> #AIC の出力ファイルの用意 > sink("aic.txt") #AIC の結果の出力 > summary(mod.step) #出力ファイルを閉じる > sink()#VIF の出力ファイルの用意 > sink("vif.txt") **#VIF**の結果の出力 > vif(mod.full)

```
#出力ファイルを閉じる
> sink()
```

(3) 線形判別分析

変数選択で決定した元素の組合せで線形判別分析を行った。分析は変数選択と同じく R で行った。以下に解析の一連のコードを解説とともに示す。

#ライブラリの読み込み > library("MASS") #入力データ(CASE1_*.csv)の読み込み > data <- read.csv("CASE1_*.csv",header = T)</pre> #2 群の分類データ列の読み込み (AFG/NFG) > type <- data[,3] #多変量列の読み込み(15 元素の場合) > com <- data[4:18] #多変量列の標準化 係数比較のために必要 > com.scale <- data.frame(scale(com))</pre> #分類データ列と多変量列の結合(教師データ作成) > learn.data <- cbind(type, com.scale) #線形判別分析 > Z<-lda(type ~., data = learn.data) #一次式の係数α > aa <- apply(Z\$means %*% Z\$scaling, 2, mean) #一次式の係数β > scaling <- Z\$scaling #各試料の判別得点 正負で2群の推定結果が判別できる > score <- predict(Z)\$x - aa</pre> #type と score の結合 > df <- data.frame(type, score) #α, β,判別得点の出力 > sink("CASE1 a.txt") > aa > sink0> sink("CASE1_b.txt") > scaling > sink()> sink("CASE1_score.txt") > score > sink()

(4) 結果図作成

線形判別分析の結果を判断しやすくするため、R のグラフ描画ライブラリ ggplot2 を用いて 図 4.1-1 のような結果図を作成した。



CASE 1, 15 elements, N=139, Discrimination rate: 77%

図 4.1-1 結果図の例

プロットは判別得点のヒストグラムであり、縦軸が頻度を表す。棒の色は活動性/確実度 で分かれており、A, B, Cが活断層(AFG)の、D, E, Fが非活断層(NFG)のデータで ある。判別得点が正の値なら非活断層、負の値なら活断層と判別されたことになり、この図 を見れば判別結果と活動性/確実度との関係が把握できる。プロットのタイトルは、以下の 情報を表す。

CASE 1, 15elements, N=139, Discrimination rate: 77%

1 2 3 4

- 分析ケースの番号
- ② 線形判別分析に用いた元素の数
- 同じく試料の数
- ④ 判別率

結果図のプロット用のコードを以下に示す。

> library(ggplot2, GGally)

> g<-ggplot(df, aes(x = score, fill = Reliability))

> g<-g+geom_histogram(boundary = 0, breaks=seq(-6, 6,by=0.25), position="stack",colour="gray")</pre>

+scale_y_continuous(breaks = seq(0,25,by=5),limits = c(0,25))+geom_vline(xintercept = 0, linetype=2)+theme_bw(base_size = 18)+labs(title = "CASE 1, 15 elements, N=139,

Discrimination rate: 77%")+xlab("Discriminant score")+ylab("Frequency")

> g<-g+theme(panel.grid = element_blank())

> g<-g+theme(legend.position=c(1,1), legend.justification=c(1.5,1.5))

> plot(g)

4.2 結果

4.2.1 線形判別分析(変数選択なし)

(1) CASE 1:15元素・139 試料(母岩の種類:全て,断層タイプ:全て)

15 元素全てで線形判別分析を行った結果を図 4.2-1 に示す。判別率は 77%で、139 試料中 31 試料が誤判別となった。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 9/44 試料、B が 2/8 試 料、C が 2/12 試料、D が 8/24 試料、E が 6/15 試料、F が 4/36 試料で、確実度の高い A およ び F が多数含まれている。解析対象試料は横ずれ断層/花崗岩質岩類を母岩とするものが卓越 するのに対して(表 4.1-3~表 4.1-6)、誤判別となった試料はこれに当てはまらないものが多 い。

(2) CASE 2:15 元素・127 試料(母岩の種類:全て,断層タイプ:横ずれ断層)

15 元素全てで線形判別分析を行った結果を図 4.2-2 に示す。判別率は 78%で、127 試料中 28 試料で誤判別となった。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 6/34 試料、B が 1/8 試料、C が 0/10 試料、D が 8/24 試料、E が 10/15 試料, F が 3/36 試料で、確実度の高い A および F が含まれているが、CASE 1 と比べ総じて誤判別の数は減っている。E は CASE 1 と比べたきく増加しているが、これは FKM シリーズ 10 試料が全て活断層と判別されたことに起因する。それ以外は、CASE 1 と同様、花崗岩質岩類以外のものが多く含まれる。

(3) CASE 3:15元素・108 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:全て)

15 元素全てで線形判別分析を行った結果を図 4.2-3 に示す。判別率は 95%で、108 試料中 5 試料で誤判別となった。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 1/44 試料、B が 0/5 試料、C が 0/8 試料、D が 1/7 試料、E が 3/13 試料, F が 0/31 試料で、確実度の高い A が 1 試料含まれているが、CASE 1、CASE 2 と比べて判別率が大きく改善されている。

(4) CASE 4:15 元素・96 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:横ずれ断層)

15 元素全てで線形判別分析を行った結果を図 4.2-4 に示す。判別率は 96%で、96 試料中 4 試料で誤判別となった。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 0/34 試料、B が 0/5 試料、C が 1/6 試料、D が 1/7 試料、E が 2/13 試料, F が 0/31 試料で、判別率は CASE 3 と大差ないが、確実度の高い A、F は含まれていない。

CASE 1~CASE 4 で母岩の種類と断層タイプの組合せを変えて線形判別分析を行った結果、 母岩の種類を統一すると判別率が大きく上がること、断層タイプの影響は母岩の種類ほど高く はないことが分かった。断層タイプの影響を調べること、条件を揃えた場合の判別式を確立す ることを目的として、CASE 3 と CASE 4 で変数選択を行った。



図 4.2-1 線形判別分析の結果図(CASE 1)





付 5-25



図 4.2-3 線形判別分析の結果図(CASE 3)







付 5-26

4.2.2 変数選択(AIC)

(1) CASE 3:15元素・108 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:全て)

AIC の結果、15 個の元素から TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃*、MnO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、 Ba、Rb、Sr、Th の 12 元素が最適な組合せとして抽出された。AIC の計算過程を以下に示す。 Start 時点での元素の数は 15 個で、AIC は 60.19 であった。Step ごとに元素の数が一つずつ 減って AIC が改善され、最後の Step では前述の 12 個の元素が残り、AIC は 55.46 となった。

Start: AIC=60.19

 $\label{eq:siO2} TypeN \sim SiO2 + TiO2 + Al2O3 + Fe2O3 + MnO + MgO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th + Y$

Step: AIC=58.22

 $TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + Fe2O3 + MnO + MgO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th + Y$

Step: AIC=56.29

 $TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + Fe2O3 + MnO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th + Y$

Step: AIC=55.46

 $TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + Fe2O3 + MnO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th$

Call: $glm(formula = TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + Fe2O3 + MnO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th, data = aic.data)$

AIC の Summary を以下に示す。Coefficients の項に各元素のt値とp値、及びp値に基づ く重みが*の数として出力されている。p値が 0 から 0.001 の間であれば "***"、0.001 から 0.01 の間であれば "**"、0.01 から 0.05 の間であれば "*"、0.05 から 0.1 の間であれば "." が出力され、0.1 から 1 の間であれば何も出力されない。抽出された 12 元素のうち TiO₂、 MnO、P₂O₅、Ba、Sr が***で特に重みが高く、K₂O、Rb、Th が**でそれに続く。

Deviance R	lesiduals:						
Min	1Q	Median	$3\mathbf{Q}$	Max			
-0.97165	-0.16881	-0.02472	0.17465	0.55619			
Coefficients	Coefficients:						
	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$			
(Intercept)	0.53	0.03	18.72	< 2.00 E- 16	**		
TiO2	0.63	0.11	5.71	1.30E-07	**		
Al2O3	0.79	0.44	1.81	7.31E-02			
Fe2O3	-0.33	0.17	-1.88	6.36E-02	•		
MnO	0.18	0.05	3.79	2.61E-04	**		
CaO	-0.14	0.06	-2.29	2.45 E- 02	*		
Na2O	0.21	0.11	1.80	7.46E-02			
K2O	-1.37	0.45	-3.08	2.73E-03	**		

P2O5	-0.26	0.07	-3.77	2.82E-04	***
Ba	-0.66	0.16	-4.20	$6.04 \text{E} \cdot 05$	***
Rb	-0.90	0.27	-3.34	1.21E-03	**
\mathbf{Sr}	0.93	0.17	4.97	2.99E-06	***
Th	0.44	0.14	3.19	1.96E-03	**

Signif. codes:

0 `***` 0.001 `**` 0.01 `*` 0.05 `.` 0.1 `` 1

(2) CASE 4:15 元素・96 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:横ずれ断層)

AIC の結果、15 個の元素から TiO₂、Al₂O₃、MnO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、Ba、Rb、Sr、Th の 11 元素が最適な組合せとして抽出された。AIC の計算過程を以下に示す。Start 時 点での元素の数は 15 個で、AIC は 49.81 であった。Step ごとに元素の数が一つずつ減って AIC が改善され、最後の Step では前述の 11 個の元素が残り、AIC は 43.92 となった。

 $\begin{array}{l} {\rm Start:} \quad {\rm AIC}{=}49.81 \\ {\rm TypeN} \sim {\rm SiO2} + {\rm TiO2} + {\rm Al2O3} + {\rm Fe2O3} + {\rm MnO} + {\rm MgO} + {\rm CaO} + {\rm Na2O} + {\rm K2O} + {\rm P2O5} + {\rm Ba} + {\rm Rb} + {\rm Sr} + \\ {\rm Th} + {\rm Y} \\ {\rm Step:} \quad {\rm AIC}{=}47.82 \\ {\rm TypeN} \sim {\rm SiO2} + {\rm TiO2} + {\rm Al2O3} + {\rm Fe2O3} + {\rm MnO} + {\rm MgO} + {\rm CaO} + {\rm Na2O} + {\rm K2O} + {\rm P2O5} + {\rm Ba} + {\rm Rb} + {\rm Sr} + \\ {\rm Th} \\ {\rm Step:} \quad {\rm AIC}{=}45.83 \\ {\rm TypeN} \sim {\rm TiO2} + {\rm Al2O3} + {\rm Fe2O3} + {\rm MnO} + {\rm MgO} + {\rm CaO} + {\rm Na2O} + {\rm K2O} + {\rm P2O5} + {\rm Ba} + {\rm Rb} + {\rm Sr} + {\rm Th} \\ {\rm Step:} \quad {\rm AIC}{=}44.62 \\ {\rm TypeN} \sim {\rm TiO2} + {\rm Al2O3} + {\rm Fe2O3} + {\rm MnO} + {\rm CaO} + {\rm Na2O} + {\rm K2O} + {\rm P2O5} + {\rm Ba} + {\rm Rb} + {\rm Sr} + {\rm Th} \\ {\rm Step:} \quad {\rm AIC}{=}44.62 \\ {\rm TypeN} \sim {\rm TiO2} + {\rm Al2O3} + {\rm Fe2O3} + {\rm MnO} + {\rm CaO} + {\rm Na2O} + {\rm K2O} + {\rm P2O5} + {\rm Ba} + {\rm Rb} + {\rm Sr} + {\rm Th} \\ {\rm Step:} \quad {\rm AIC}{=}43.92 \end{array}$

 $TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + MnO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th$

Call: $glm(formula = TypeN \sim TiO2 + Al2O3 + MnO + CaO + Na2O + K2O + P2O5 + Ba + Rb + Sr + Th, data = aic.data)$

AIC の Summary を以下に示す。抽出された 11 元素のうち TiO₂、Rb、Sr が***で特に重み が高く、Ba が**でそれに続く。

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max	
-0.96990	-0.17370	0.02849	0.17468	0.48000	
Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	$\Pr(> t)$	
(Intercept)	0.47	0.03	16.17	$< 2.00 \text{E}{-}16$	
TiO2	0.53	0.11	4.86	5.45E-06	

Al2O3	0.87	0.43	2.04	4.49E-02	*
MnO	0.09	0.05	1.83	7.06E-02	•
CaO	-0.11	0.06	-1.72	8.92E-02	•
Na2O	0.20	0.11	1.82	7.29E-02	
K2O	-0.96	0.37	-2.61	1.08E-02	*
P2O5	-0.18	0.07	-2.44	$1.67 \text{E} \cdot 02$	*
Ba	-0.46	0.17	-2.77	6.97E-03	**
Rb	-0.88	0.25	-3.59	5.62 E-04	**
\mathbf{Sr}	0.75	0.18	4.10	9.60E-05	**
Th	0.31	0.14	2.28	2.50E-02	*

Signif. codes:

0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

4.2.3 線形判別分析(変数選択あり)

AIC による変数選択の結果抽出された元素を用いて、花崗岩を母岩とする試料の線形判別分析を行った。

(1) CASE 3-1:12 元素・108 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:全て,p値問わず)

AIC の結果抽出された 12 元素 (TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃*、MnO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、 Ba、Rb、Sr、Th)のデータを用いて線形判別分析を行った。判別率は 96%で、108 試料中 4 試料で誤判別となった (図 4.2-5)。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 2/44 試料、B が 0/5 試料、C が 0/8 試料、D が 1/7 試料、E が 1/13 試料、F が 0/31 試料で、CASE 3 と比べ て E の判別率が上がっている。

(2) CASE 3-2:8元素・108 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:全て,p値 0.01 未満)

AIC の結果 p 値が 0.01 未満(重みが**以上)となった 8 元素(TiO₂、MnO、K₂O、P₂O₅、 Ba、Rb、Sr、Th)のデータを用いて線形判別分析を行った。判別率は 90%で、108 試料中 11 試料で誤判別となった(図 4.2-6)。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 4/44 試料、B が 1/5 試料、C が 1/8 試料、D が 1/7 試料、E が 3/13 試料、F が 1/31 試料で、CASE 3、CASE 3-1 と比べて判別率が下がり、確実度の高い A、F が両方含まれている。

(3) CASE 3-3:5元素・108 試料(母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:全て,p値0.001 未満)

AIC の結果 p 値が 0.001 未満(重みが***) となった 5 元素(TiO₂、MnO、P₂O₅、Ba、Sr) のデータを用いて線形判別分析を行った。判別率は 86%で、106 試料中 15 試料が誤判別とな

った(図 4.2-7)。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 7/44 試料、B が 2/5 試料、C が 1/8 試料、D が 2/7 試料、E が 2/13 試料、F が 1/31 試料で、CASE 3-2 と同じ傾向で、さらに 判別率が下がっている。

CASE 3-1~CASE 3-3 を通して、活動性/確実度 A の活断層が含まれており、共通して白木-丹生断層(逆断層)の試料が含まれている。昨年度の本共同研究では、逆断層と横ずれ断層 で化学的性質が異なる可能性を指摘しており、CASE 3-1~CASE 3-3 の結果もこれと整合す る。



図 4.2-5 線形判別分析の結果図(CASE 3-1)





図 4.2-6 線形判別分析の結果図(CASE 3-2)



図 4.2-7 線形判別分析の結果図(CASE 3-3)

(4) CASE 4-1:11 元素・96 試料(母岩の種類:花崗岩質,断層タイプ:横ずれ断層,p値 問わず)

AIC の結果抽出された 11 元素 (TiO₂、Al₂O₃、MnO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、Ba、Rb、Sr、Th)のデータを用いて線形判別分析を行った。判別率は 96%で、96 試料中 3 試料が誤判別となった (図 4.2-8)。 誤判別となった 試料は活動性/確実度 A が 0/34 試料、B が 0/5 試料、C が 0/6 試料、D が 1/7 試料、E が 2/13 試料、F が 0/31 試料で、確実度の高い A、F は含まれておらず、CASE 4 より判別率が上がっている。さらに、活断層と判断される活動性/確実度 A~C は誤判別がない。

(5) CASE 4-2:4元素・96 試料(母岩の種類:花崗岩質,断層タイプ:横ずれ断層,p値 0.01 未満)

AIC の結果 p 値が 0.01 未満(重みが**以上)となった 4 元素(TiO₂、Ba、Rb、Sr)のデー タを用いて線形判別分析を行った。判別率は 86%で、96 試料中 13 試料が誤判別となった(図 4.2-9)。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 2/34 試料、B が 0/5 試料、C が 1/6 試料、 D が 6/7 試料、E が 3/13 試料、F が 1/31 試料で、CASE 3-1 と比べて判別率が大きく下がっ た。 (6) CASE 4-3:3元素・96 試料(母岩の種類:花崗岩質,断層タイプ:横ずれ断層,p値0.001 未満)

AIC の結果 p 値が 0.001 未満(重みが***以上)となった 3 元素(TiO₂、Rb、Sr)のデータ を用いて線形判別分析を行った。判別率は 84%で、96 試料中 15 試料が誤判別となった(図 4.2-10)。誤判別となった試料は活動性/確実度 A が 3/34 試料、B が 0/5 試料、C が 1/6 試料、 D が 7/7 試料、E が 4/13 試料、F が 0/31 試料で、CASE 3-2 と同様の傾向となった。

CASE 3-1~CASE 3-3、CASE 4-1~CASE 4-3の結果、元素数を減らしても 80%以上の高 確率で2群を分けられることが示された。CASE 3 シリーズで誤判別となった試料に逆断層の ものが多く含まれること、CASE 4-1 で横ずれ断層の試料に誤判別がないことは、母岩の種類 ほどではないが、断層タイプによる化学的性質の違いを示唆しており、昨年度の本共同研究の 結果と整合する。いずれにせよ、母岩の種類を統一することで、2 群を高確率で分けられるこ とが確かめられた。



CASE 4–1, 11 elements, N=96, Discrimination rate: 97%

図 4.2-8 線形判別分析の結果図(CASE 4-1)



図 4.2-9 線形判別分析の結果図(CASE 4-2)



図 4.2-10 線形判別分析の結果図(CASE 4-3)
5. 考察

5.1 2群の違いを表す元素に関する考察

昨年度の共同研究、及び立石ほか(2019)では、判別に強く寄与する元素は TiO₂、Al₂O₃、 CaO、P₂O₅、Rb、Ba であり、中でも TiO₂、Al₂O₃、P₂O₅、Rb が 2 群の違いを表す元素の候 補という結論が得られた。データ数を増やした今年度の結果から、AFG と NFG の判別に寄与 する元素、すなわち 2 群の違いを表す元素について考察する。ただし、昨年度の結果は、1) 母岩の種類が統一されていない、2)逆断層試料が含まれていない、3)対数比変換がなされて いない点が今年度の結果と異なる。

CASE 4 シリーズは昨年度のデータにより近い条件で整理されており、CASE 3 よりも比較 に適している。そこで、CASE 4 シリーズの判別式の係数 β を比較し、各元素の判別への寄与 度を測る。 に、各ケースの係数 β を VIF とともに降順で示す。各ケースでは、p 値の大小により元素が 絞り込まれているが、係数 β の大きな元素は共通する傾向がある。Sr は 4 つのケース全てで 係数が最も大きく、TiO₂、Rb は 2 位もしくは 3 位となっている。その他の元素では、Ba の係 数が高い傾向がある。TiO₂、Ba、Rb は昨年度の結果と共通しており、判別に寄与する元素、 すなわち 2 群の違いを表す元素として挙げられる。Sr については、これまで考慮してこなか ったが、データ増と適切な処理を施した今年度の解析で、全てのケースで 1 位となったことか ら、判別に寄与する元素として新たに考慮されるものと考えられる。

5.2 2群の化学的性質の違いについて

今回解析を行った全てのケースで 80%以上の判別率が得られており、2 群の化学的性質には 違いがあると見なせる。このことは、図 5.2-1 を見ても明らかで、CASE 4 では、TiO₂、Fe₂O₃*、 MnO、CaO、Na₂O、P₂O₅、Ba、Sr は AFG>NFG の傾向が、K₂O、Rb、Th は NFG>AFG の傾向がある。また CASE 4 の密度分布からは、TiO₂、MnO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、Ba、 Rb、Sr、Y で AFG と NFG の分布が異なることが分かる (図 5.2-2)。ただし、CASE 4 を中 部地方と近畿地方で分けてプロットした図 5.2-3 では、いずれの地方でもほぼ上述の傾向が見 られるが、CaO、Ba、Rb、Sr、Th はパターンが異なるため、地域特性もあるように思われる。 地域特性については、今後の検討課題であり、継続して議論する必要がある。

5.3 最良の判別式について

今年度の解析の結果、判別率 100%となったケースはなく、2 群を完全に分ける判別式は得られなかった。しかし、CASE 4-1 は活断層/非活断層の確実度の高いA、F、および活断層と 判断される活動性/確実度 A~C に誤判別がなく、活動性/確実度 D、E の誤判別率も 15%

(3/20 試料)と高くはない。以上のことから、現時点では、CASE 4-1 が活断層/非活断層を 判別する最良の式と見なせる。

表 5.3-1 CASE 3 シリーズ・CASE 4 シリーズの判別式の係数 β と VIF

CASE 4	β	β(abs.)	VIF	CASE 4-1	β	β(abs.)	VIF
Sr	-1.36	1.36	10.77	Sr	-1.36	1.36	6.70
TiO ₂	-1.19	1.19	4.10	TiO ₂	-1.09	1.09	3.08
Rb	0.85	0.85	5.41	Rb	0.90	0.90	3.83
K ₂ O	0.82	0.82	6.37	Ba	0.65	0.65	3.38
Th	-0.70	0.70	6.77	K ₂ O	0.63	0.63	3.54
Ba	0.65	0.65	4.62	P_2O_5	0.59	0.59	3.59
P_2O_5	0.58	0.58	3.77	Th	-0.57	0.57	3.79
Al_2O_3	-0.40	0.40	3.38	Na ₂ O	-0.39	0.39	2.74
Na ₂ O	-0.34	0.34	3.10	Al_2O_3	-0.38	0.38	2.09
MnO	-0.31	0.31	1.51	CaO	0.35	0.35	2.52
CaO	0.30	0.30	4.09	MnO	-0.27	0.27	1.28
Fe ₂ O ₃ *	0.24	0.24	3.53				
MgO	0.15	0.15	2.00				
SiO ₂	0.03	0.03	5.14				
Y	0.00	0.00	6.73				

CASE 4-2	β	$\beta(abs.)$	VIF	(CASE 4-3	β	β(abs.)	VIF
Sr	-0.89	0.89	2.44	5	Sr	-0.73	0.73	2.10
TiO ₂	-0.75	0.75	1.65]	Rb	0.61	0.61	1.70
Rb	0.69	0.69	1.79		ГiO ₂	-0.60	0.60	1.36
Ba	0.41	0.41	2.38	_				

1.00 0.75 -Type2 AFG NFG value 0.50 -0.25 0.00 Fe2O3 SiO2 TiO2 A1203 MnO кżо P205 MgO CaO Na2O variable

CASE 4 (母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:横ずれ断層)

図 5.3-1 CASE 4 の平行座標プロット





CASE 4 (母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:横ずれ断層)・中部 43 試料

CASE 4 (母岩の種類:花崗岩質岩類,断層タイプ:横ずれ断層)・近畿 47 試料



図 5.3-3 CASE 4 の中部・近畿の平行座標プロット

5.4 判別結果/元素濃度と断層の活動性との関係に関する考察

これまでの解析・検討は、断層ガウジの化学組成を活断層と非活断層という2群に分けて実施してきたが、活断層と非活断層の化学的性質に違いがあるとすると、その違いは最新活動後の経過時間を反映したものと考えられる。すなわち、断層活動と同時に生じる物理学的・化学的現象は活断層/非活断層とも同じであったとしても、その後の断層活動休止期間に生じる累積的な元素移動プロセスにより、両者の化学的性質が別れるものと考えられる。ここでは、CASE4シリーズ(母岩:花崗岩質岩類、断層タイプ:横ずれ断層)の試料の最新活動時期と各ケースの判別得点および単成分の密度分布を比較し、経過時間との関係について議論する。

CASE 4 シリーズは 96 試料のデータからなり、うち活断層試料は 45 試料で、野島断層、跡 津川断層、阿寺断層、六甲断層、五助橋断層、下蔦木断層のものである。これらの活断層の最 新活動時期を、地震調査研究推進本部による主要活断層帯の長期評価に基づいて I~IV の 4 つ に区分し、LEclass とした(表 5.4-1)。なお、非活断層試料は最新活動時期不明のため V とし た。

断層名	最新活動時期	LEclass		
野島断層	1995年兵庫県南部地震	Ι		
跡津川断層	1858 年飛越地震	II		
六甲断層	1596年慶長伏見地震	III		
阿寺断層	1586年天正地震	III		
五助橋断層	16 世紀	III		
下蔦木断層	約1千3百年前以降、約9百年前以前	IV		
非活断層	不明	V		

表 5.4-1 CASE 4 に含まれる活断層・非活断層の最新活動時期

この LEclass の区分を用いて、CASE 4 シリーズのうち、判別率の高かった CASE 4 と CASE4-1 の判別得点のヒストグラムを作成した(図 5.4-1)。その結果、ばらつきはあるもの の、どちらのケースでも判別得点がクラス I からクラス V へ高くなる傾向が認められる(図 5.4-1)。また、CASE 4 の 15 元素の密度分布を作成したところ、TiO₂、P₂O₅、Th、Y でクラ ス I からクラス V へ遷移する傾向が認められた(図 5.4-2)。TiO₂ と P₂O₅はクラス I からク ラス V へ低くなることから、断層活動で濃集したものが、その後の活動休止期間に溶脱して いく過程が想起される。これに対して、Th と Y はクラス I からクラス V へ高くなることか ら、断層活動で溶脱し、活動休止期間に濃集していく過程が考えられる。この中で、5.1 にお いて判別に寄与する元素として挙げた TiO₂に着目してみると、一般に Ti は移動しにくい元 素とされており、このような遷移が生じるとは考えにくい。しかし、例えば Pe-Piper et al. (2011)は、白亜系砂岩中から産するチタン鉱物の晶出過程を議論した上で、Ti は不動元素で はないと主張している。Pe-Piper et al. (2011)の主張が正しいとすると、Ti は移動しにくく とも不動ではなく、断層活動のような激しい現象で大きく移動し、その後の休止期間にゆっ くりと溶脱したことが考えられる。今年度の解析と考察の結果から、活断層と非活断層の違 いを最も強く表す元素として TiO₂が挙げられることも、不動元素ではないが、定常時には大きく動くこともない、と考えれば説明がつく。

さらに、LEclass と元素移動との関係について、時間変化も踏まえて議論する。LEclass を 断層活動後の経過時間に置き換え、その平方根を取ると、図 5.4-3 のようにほぼ線形になる。 この時間経過による変化の有無を確認するため、CASE 4 シリーズの TiO₂、P₂O₅、Th、Y の クロスプロットを作成した(図 5.4-4)。図 5.4-2 でも予想できるように、散布図では、TiO₂ と P₂O₅ および Th と Y は比例、TiO₂ と Th、TiO₂ と Y は反比例の関係にあり、LEclass も順に 並ぶ傾向があることから、これらの変化が断層活動後の経過時間の平方根に依存する、いわゆ るルート t 則に従うことが示唆される。特に TiO₂ と P₂O₅、TiO₂ と Th では、断層活動後の経 過時間に大きなギャップがあると推測されるクラス I~IV とクラス V の間に折れ点が認めら れ、いずれも V の変化がごく小さくなる。このことは、ある程度の時間が経過するまでは累積 的な元素移動が生じ、それ以降は落ち着くモデルで説明できる。



図 5.4-1 CASE 4、CASE 4-1 の判別得点(LEclass;最新活動時期)



図 5.4-2 CASE 4 シリーズの 15 元素の密度分布(LEclass; 最新活動時期)



図 5.4-3 LEclass と最新活動後の経過時間の関係



図 5.4-4 CASE 4 シリーズの TiO₂、P₂O₅、Th、Y のクロスプロット(LEclass;最新活動時 期)

6. まとめと今後の課題

今年度は、昨年度から試料数を増やすとともに、対数比変換の方法を取り入れて断層ガウジ の化学組成を整理し、線形判別分析を行った。その結果、花崗岩質岩類を母岩とする活断層と 非活断層の2群を高確率で判別する式が複数得られた。さらに、これらの判別式に共通する元 素の組合せから、横ずれ断層では活断層と非活断層の違いを表す元素として Sr、TiO2、Ba、 Rb が挙げられること、化学組成のパターンが地域ごとに異なる可能性があることを示した。 さらに、複数の判別式における判別得点、およびTiO2、P2O5、Th、Yの密度分布と断層の最 新活動時期に連続的な関係があることを示した。これらの成果から、活断層と非活断層の化学 的性質に違いがあること、その違いは最新活動後の経過時間を反映したものであることが示唆 される。

今後は、より多くのデータを追加することで、1)様々な地質、断層タイプに適用できる判別 式の確立、2)地域特性の把握、3)断層活動とその後の休止期間に生じる元素移動メカニズム の解明が期待される。 引用文献

- Aitchison, J., ed., The statistical analysis of compositional data, Chapman & Hall, London, 416p, 1986.
- Akaike, H., "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle", Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), Akadimiai Kiado, Budapest: p. 267-281, 1973.
- Fujimoto, K., Tanaka, H., Higuchi, T., Tomida, N., Ohtani, T. and Ito, H., Alteration and mass transfer inferred from the Hirabayashi GSJ drill penetrating the Nojima Fault, Japan, The Island Arc, 10, p.401-410, 2001.
- Hashimoto, Y, Nikaizo, A. and Kimura, G., A geochemical estimation of fluid flux and permeability for a fault zone in Mugi mélange, the Cretaceous Shimanto Belt, SW Japan, Journal of Structural Geology, 31, p.208-214, 2009.
- 今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高 編,活断層詳細デジタルマップ「新編」,東京大学 出版会,154 pp,2018.
- 加藤尚希・廣野哲朗・石川剛志・大谷具幸,阿寺断層田瀬露頭における断層ガウジの鉱物学的・ 地球科学的特徴,活断層研究,43, p.1-16,2015.
- 川端一光・岩間徳兼・鈴木雅之, Rによる多変量解析, オーム社, 417pp, 2018.
- 国立大学法人新潟大学・日本原子力研究開発機構,断層岩を用いた断層発達史の解明手法に関 する共同研究 平成 27 年度共同研究報告書,平成 27 年度地層処分技術調査等事業 地質 環境長期安定性評価確証技術開発 付録 2, 2016.
- 国立大学法人富山大学・日本原子力研究開発機構,機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究 平成 30 年度共同研究報告書,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 地質環境長期安定性評価技術高度化開発 付録集, p.45-80, 2019.
- 国立大学法人富山大学・日本原子力研究開発機構,機械学習に基づいた断層の活動性評価手法の開発に関する共同研究 令和元年度共同研究報告書,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 地質環境長期安定性評価技術高度化開発 付録集, 2020.
- Kuwatani, T., Nagata, K., Okada, M., Watanabe, T., Ogawa, Y., Komai T. and Tsuchiya, N., Machine-learning techniques for geochemical discrimination of 2011 Tohoku tsunami deposits. Scientific Reports volume 4, Article number: 7077, 2014.
- Martín-Fernández, J.A., Barceló-Vidal, C. and Pawlowsky-Glahn, V., Zero replacement in compositional data sets, in Kiers, H.A.L., Rasson, J.-P., Groenen, P.J.F. and Shader, M., eds., Data analysis, classification, and related methods. Springer-Verlag, Berlin, p.155-160, 2000.
- Martín-Fernández, J.A., Barceló-Vidal, C. and Pawlowsky-Glahn, V., Dealing with zeros and missing values in compositional data sets using nonparametric imputation, Mathmatical Geology, 35, p. 253-278, 2003.
- Matsuda, T., Arai, T., Ikeda, R., Omura, K., Kobayashi, K., Sano, H., Sawaguchi, T., Tanaka,

H., Tomita, T., Tomida, N., Hirano, S. and Yamazaki, A., Examination of mineral assemblage and chemical composition in the fracture zone of the Nojima Fault at a depth of 1140 m: Analyses of the Hirabayashi NIED drill cores, The Island Arc, 10, p.422-429, 2001.

- 長友晃夫・吉田英一, 断層と割れ目系およびその重点鉱物を用いた阿寺断層の地質的履歴解析, 地質学雑誌, 115(10), p.512-527, 2009.
- 二宮正士, AIC(赤池情報量規準:Akaike Information Criterion), 日本食品科学工学会誌, 46, 1, p.37-38, 1999.
- Niwa, M., Kurosawa, H. and Ishimaru, T., Spatial distribution and characteristics of fracture zones near a long-lived active fault: A field-based study for understanding changes in underground environment caused by long-term fault activities, Engineering Geology, 119, p.31-50., 2011.
- Niwa, M., Mizuochi, Y. and Tanase, A., Changes in chemical composition caused by waterrock interactions across a strike-slip fault zone: case study of the Atera Fault, Central Japan, Geofluids, 15, p.387-409, 2015.
- Niwa, M., Shimada, K., Ishimaru, T. and Tanaka, Y., Identification of capable faults using fault rock geochemical signatures: A case study from offset granitic bedrock on the Tsuruga Peninsula, central Japan. Engineering Geology, 260, 105235, 2019.
- 丹羽正和,島田耕史,黒澤英樹,三輪敦志,圧縮性ステップにおける破砕帯の構造--岐阜県飛 騨市の跡津川断層西部の例-,地質学雑誌,114,10, p.495-515,2008.
- 太田 亨,新井浩嘉,組成データ解析の問題点とその解決方法,地質学雑誌,112, p.173-187, 2006.
- Pe-Piper, G., Karim, A. and Piper, D., Authigenesis of Titania Minerals and the Mobility of Ti: New Evidence From Pro-Deltaic Sandstones, Cretaceous Scotian Basin, Canada, Journal of Sedimentary Research, 81, 10, p.762-773, 2011.
- R Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL; https://www.R-project.org/, 2020.
- 清水麻由子, 佐野直美, 柴田健二, 東濃地科学センターにおける蛍光 X 線分析装置を用いた岩 石試料の主要元素および微量元素の定量分析, JAEA-Testing 2016-004, 40p, 2017.
- Sugisaki, R., Annno, H., Adachi, M. and Ui, H., Geochemical features of gases and rocks along active faults, Geochemical Journal, 14, p.101-112, 1980.
- 立石 良・島田耕史・植木忠正・清水麻由子・小松哲也・末岡 茂・丹羽正和・安江健一・石丸 恒存,断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定,日本地球 惑星科学連合 2019 年大会, SSS15_P27, 2019.
- 植木忠正,田辺裕明,丹羽正和,石丸恒存,島田耕史,花崗岩中に発達する粘土脈の観察・分析 データ,JAEA-Data/Code 2016-010, 292p, 2016.



付録 A 今年度化学分析を行った試料の採取位置

図1 佐見断層近傍の試料(SM-1)採取地点(赤丸)

活断層の分布と凡例は今泉ほか(2018)による。ベースマップは国土地理院電子地形図 25,000に基づく。



図2 白川断層近傍の試料採取地点

活断層の分布は今泉ほか(2018)による。凡例は図1参照。赤四角は図15のルートマップ の範囲を示す。ベースマップは国土地理院電子地形図 25,000 に基づく。



図3 湯ヶ峰断層・下呂断層近傍の試料採取地点

活断層の分布は今泉ほか(2018)による。凡例は図1参照。赤四角は図7のスケッチの範囲 を示す。ベースマップは国土地理院電子地形図 25,000 に基づく。



図4 火打断層近傍(H1-1)の試料採取地点 活断層の分布は今泉ほか(2018)による。凡例は図1参照。赤四角は図10のルートマップ の範囲を示す。ベースマップは国土地理院電子地形図 25,000 に基づく。

【 付録 5 】



図5 火打断層近傍(H2-1)の試料採取地点

活断層の分布は今泉ほか(2018)による。凡例は図1参照。赤四角は図12のルートマップの範囲を示す。ベースマップは国土地理院電子地形図25,000に基づく。



図6 太江断層近傍の試料採取地点(赤丸)

活断層の分布は今泉ほか(2018)による。凡例は図1参照。ベースマップは国土地理院電子地形図25,000に基づく。





図8 下呂断層沿いのガウジ(07110302NW)採取地点(赤丸) 試料採取したガウジは、別の剪断面(N80E,84N)に切られている。



図 9 鞍掛峠断層沿いのガウジ(07061002) 採取地点周辺のルートマップ 試料 07061002 は、Stop 05 から採取した。本地点では、右ずれの剪断センスが観察される。 ベースマップは岐阜県森林基本図に基づく。



ベースマップは岐阜県森林基本図に基づく。



図11 火打断層近傍のガウジ(H1-1)採取地点

本地点には幅約3mの破砕帯が分布する。A-B間は破砕細粒化した花崗斑岩からなり、割れ目 表面には黒色の沈殿物が伴われる場合が多い。B-C間は変質の著しい濃飛流紋岩からなり、白 色物質が充填した割れ目がネットワーク状に発達する。上の写真の白四角を拡大したのが下 の写真およびスケッチで、スケッチに示された白色粘土をH1-1として採取した。

【 付録 5 】



図12 火打断層沿いのガウジ(H2-1)採取地点(Sketch 1)周辺のルートマップ

ベースマップは岐阜県森林基本図に基づく。



図13 火打断層沿いのガウジ(H2-1)採取地点(Sketch 1とPhoto 1の赤丸)



図14 佐見断層近傍のガウジ(SM-1)採取地点

上の地図の①、および下の写真の赤四角または赤丸が SM-1 に相当する。白色ガウジの姿勢は N55E, 85N である。これらは肉眼では剪断変形の有無は認められない。上の図のベースマップ は岐阜県森林基本図に基づく。



図15 白川断層沿いの試料採取地点周辺のルートマップ

試料 07021101 は地点 02 から、試料 07021109 は地点 09-B から採取した。ベースマップは岐阜 県森林基本図に基づく。



白川断層(奥新田林道露頭)



図16 白川断層沿いの試料採取地点(ルートマップの06地点)の露頭写真とスケッチ N82W, 50Sの姿勢をなす幅1~2 cmの白色変質部に沿って発達する複数の剪断面は、左ずれセ ンスのR₁面(N69E, 58SやN71E, 82S)とP面(N69W, 44S)を構成しているように見え る。白色変質部の上盤には黒色変質部が、下盤には赤褐色変質部が幅10~15 cmでそれぞれ発 達する。赤丸の位置で、SK-1(白色変質部)、SK-2(黒色変質部)、SK-3(赤色変質部)を採取 した。



図17 若栃断層沿いのガウジ(WN-4、07071601)採取地点周辺のルートマップ WN-4の採取地点はSketch-1に位置する。ベースマップは岐阜県森林基本図に基づく。



若栃断層北東部(若栃川北支流 Sketch-1)



図18 若栃断層沿いのガウジ(WN-4)採取地点(赤丸)

本地点(Sketch-1)では谷斜面に沿って幅約8cmの白色ガウジが発達し、斜交する石英脈に約60cm程度の右ずれ変位を与えている。白色ガウジの一部は葉片状をなす。主剪断面の姿勢はN33E,50Sで若栃断層の方向に一致する。



図19 柿其峠断層近傍のガウジ(KS-7)採取地点周辺のルートマップ KS-7の採取地点は、ルートマップの sp.7に位置する。ベースマップは国土地理院電子地形図 25,000に基づく。



伊奈川花崗岩中の破砕帯(FKM-FG-01~FKM-FG-10)*猿投-境川断層近傍

下)国土地理院 活断層図「瀬戸」(技術資料番号 D1-No.435)を使用。



露頭全景(数字は以下の写真の番号と対応)



01) FKM-FG-01 (gray clay; NS84W)



03) FKM-FG-03 (gray clay; N28E74W)



02) FKM-FG-02 (gray clay; N4W50W)



04) FKM-FG-04 (gray clay; N20W56W)



 05)
 FKM-FG-05 (gray clay; N50W30S)
 06)
 FKM-FG-06 (gray clay; N2E56W)

 図 2 1
 試料採取位置(1)



07) FKM-FG-07 (gray clay; N40E63E)



09) FKM-FG-09 (gray clay; N12E90)



08) FKM-FG-08 (gray clay; N26E70E)



10) FKM-FG-10 (gray clay; N30E54E)

図22 試料採取位置(2) *赤字は猿投-境川断層の走向と調和

付録 B 今年度化学分析を行った試料の産状のリスト

試料番号	緯度経度	断層名	断層の産状	割れ目の姿勢	断層との関係	母岩
07110301clay	35.776496,137.290378	下呂断層	ほぼ水平の条線を伴う幅数cmの赤褐色ガウジ	N49W, 86N	活断層から約200 m離隔	溶結凝灰岩
07110302NW	35.787805,137.273319	下呂断層	幅約15 cmの赤褐色粘土(せん断変形あり)	N20W, 54E	活断層沿い(ただし別の断層面に切られる)	溶結凝灰岩
07021109	35.615773,137.274442	白川断層	幅約1 cmの明褐色ガウジ	N18W, 88W	活断層から約100 m離隔	溶結凝灰岩
07021101	35.617797,137.273540	白川断層	幅約10 cmの明褐色ガウジ(せん断変形あり)	N75E, 86S	活断層から約100 m離隔	溶結凝灰岩
07042115	35.626378,137.283297	白川断層	ネットワーク状に発達する褐色ガウジ	N17E, 74E	活断層から約400 m離隔	溶結凝灰岩
07061002	35.796008,137.350602	鞍掛峠断層	幅約15 cmの灰色ガウジ(せん断変形あり)	N70W, 82N	非活断層	溶結凝灰岩
07110303NS	35.791746,137.290134	湯ヶ峰断層	幅数mmの石灰質の白色ガウジ	N24E, 83E	活断層から約300 m離隔	溶結凝灰岩
07071601	35.863694,137.341433	若栃断層	幅約5 cmの明褐色ガウジ	N70E, 88N	非活断層	溶結凝灰岩
N-02	35.791851,137.290193	湯ヶ峰断層	幅約5 cmの明灰色ガウジ	N62E, 85S	活断層から約300 m離隔	溶結凝灰岩
N-03A	35.791746,137.290134	湯ヶ峰断層	幅約3 mの断層角礫(褐色変質)の端部に発達する褐色ガウジ	N52W, 74N	活断層から約300 m離隔	溶結凝灰岩
N-04B	35.791477,137.290092	湯ヶ峰断層	幅数cmの黒色変質脈に沿った白色ガウジ	N17E, 78E	活断層から約300 m離隔	溶結凝灰岩
H1-1	35.687705,137.209024	火打断層	幅約3 mの角礫帯中の白色ガウジ	N67E, 56S	推定活断層から約400 m離隔	溶結凝灰岩
H2-1	35.719854,137.276573	火打断層	安山岩岩脈近傍の幅約3 cmの白色ガウジ	N79E, 62S	推定活断層沿い	石英斑岩
SM-1	35.658399,137.225204	佐見断層	節理を充てんする幅約1 cmの白色ガウジ	N55E, 85N	活断層から約50 m離隔	溶結凝灰岩
SK-1	35.616807,137.275468	白川断層	幅1~2 cmのせん断を伴う白色変質部	N85W, 55S	活断層沿い	溶結凝灰岩
SK-2	35.616807,137.275468	白川断層	幅10~15 cmの黒色変質部	N85W, 55S	活断層沿い	溶結凝灰岩
SK-3	35.616807,137.275468	白川断層	幅10~15 cmの赤色変質部	N85W, 55S	活断層沿い	溶結凝灰岩
WN-4	35.867413,137.343178	若栃断層	石英脈を変位させる幅約8 cmの白色ガウジ	N50E, 56S	非活断層	溶結凝灰岩
KS-7	35.606711,137.568033	柿其峠断層	石英脈に沿って発達する白色ガウジ	N65E, 80S	非活断層	花崗岩
07020301	36.261949,137.188318	太江断層	幅約1 cmの灰白色ガウジ	N63E, 39N	活断層から約300 m離隔	流紋岩
07020302	36.267922,137.236297	太江断層	幅約10 cmの灰紫色ガウジ 64.7±1.0 Maの<0.5 μmフラクションK-Ar年代(未公表)	N60E, 76N		凝灰角礫岩

【 付録 5 】

付録 C X線回折分析結果

試料番号	Anhydrite	Calcite	Chlorite	Gibbsite	Halloysite	Illite	I/S	Kaolinite	K-feldspar	Laumontite	Plagioclase	Quartz	Smectite	Sepiolite	Stilbite
07110301clay		Δ	+			Δ	+				Δ	Ø			
07110302NW					Δ	Δ						Ø			
07021109					0	Δ						Ø			
07021101				Δ		+				Ø					
07042115					0	\triangle						Ø	Δ		
07061002			Δ			0			Δ		Δ	Δ	0		
N-02			+			+			Ø		Ø	Ø	+		+
N-03A						+		+	Δ		+	Ø			
N-04B		+	Ø			+	+		0		0	Ø	+		+
H1-1						0			Δ			Ø	Δ		
H2-1						0					Δ	Ø	Δ		
SM-1					+	0			0		0	Ø	Δ		
SK-1					0	0			Δ			Ø	Δ		
SK-2			+		0	0							0	0	
SK-3	Δ		+		0	0						Ø	Δ		
WN-4						Δ		+			Δ	Ø	Δ		
KS-7						Δ			Δ			Ø	Δ		

◎:多量、〇:少量、△:微量、+:極微量
付録 D 全岩化学組成分析結果

表1 全岩化学組成分析結果(1/7)	表 1	全岩化学組成分析結果	(1 /	7))
--------------------	-----	------------	------	----	---

Sample name	07110301clay	07110302NW	07021109	07021101	07042115	07061002	07110303NS
Host rock Type-1	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF	溶結凝灰岩 NF
Type-2	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG
Major elements	s (wt.%)						
SiO ₂ TiO	70.40	63.50	50.00	42.80	49.30	69.30	45.80
Al_2O_3	14.30	20.60	33.30	34.40	30.70	14.35	15.25
Fe_2O_3	2.87	3.06	1.35	2.32	3.41	3.04	1.25
MnO	0.03	0.09	0.08	0.01	0.02	0.04	0.08
MgO CaO	0.81	0.49	0.18	0.30	0.32	0.65	0.27
Na ₂ O	1.60	0.09	<0.01 0.03	1.68	0.01	2.07	17.75
K ₂ O	3.35	2.60	1.19	1.42	1.36	3.25	1.65
P_2O_5	0.08	0.02	0.02	0.08	0.02	0.08	0.04
Cr_2O_3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
SrU BaO	0.01	< <u>0.01</u> 0.03	< <u>0.01</u> 0.02	0.01	< <u>0.01</u>	0.01	0.02
LOI	5.82	8.86	13.45	16.85	13.80	5.87	16.90
Trace elements	s (ppm)						
Ag	<1	<1	<1	4	<1	<1	<1
As Ba	33	<5 247	6 168	34 206	91 120	7 904	52 135
Be	403	247	1.4	2.6	3.2	2.5	2.7
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	57	183	2730	148	242	65	27
Cl	-	-	-	-	-	-	-
Cr	2.6	2.1	8.2 <10	5.9 10	3.4 20	3.8 <10	1.7
Cs	32	28	8	50	20	108	28
Cu	16	150	21	108	17	14	10
Dy	4	20	19	7	24	4	2
Er	3	11	11	4	13	3	1
F	-	-	- 4	-	-	-	-
Ga	24.3	27.8	42.5	53.3	32.1	19.7	26.5
Gd	5	24	31	7	29	5	2
Ge	-	-	-	-	-	-	-
Ho	6	6	2 4	3 1	64	6	2
In	-	-	-	-	-	-	-
La	33	152	141	41	121	34	14
Li	-	-	-	-	-	-	-
Mo	0 <2	1	1 <2	1 <2	2 <2	0 <2	0 <2
Nb	9.1	9.8	3.6	6.1	11.3	10.3	2.9
Nd	27	128	119	33	139	28	11
Ni	<5	<5	<5	6.0	11.0	<5	<5
Pb Pr	22.0	381.0	52.0 31	305.0	51.0 34	35.0	16.0
Rb	169.5	151.0	99.9	124.5	268.0	158.0	205.0
S	-	-	-	-	-	-	-
Sb	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sc	7.0	8.0	12.0	13.0	7.0	7.0	3.0
Sn	5 2	24 22	24	8		5	2 5
Sr	62.2	12.9	2.3	81.2	11.7	109.0	179.5
Та	1	1	0	1	1	1	0
Tb	1	3	3	1	4	1	0
Th Tl	12.3	16.1 1	10.4	22.1	81.5	14.2	3.7
Tm	0	1	1	1	2	0	0
U	3.1	2.5	2.2	2.7	12.6	2.1	0.7
V	25	24	54	29	37	19	12
W	3	3 107 F	5	3	3 199 -	4	3
Yb	20.1	107.5	106.0 9	50.4 4	132.3 12	20.1 3	14.9
Zn	52	996	27	426	80	66	33
Zr	201.0	209.0	63.0	86.0	128.0	231.0	68.0

表1 全岩化学組成分析結果(2/7)

Sample name 07071601		07110401E	06070103	05081104	N-02	N-03A	N-04B	
Host rock	溶結凝灰岩	花崗岩	斑糲岩	片麻岩	溶結凝灰岩	溶結凝灰岩	溶結凝灰岩	
Type-1 Type-2	NF	AF	NF	NFC	NF	NF	NFG	
Major elements	(wt.%)	AFG	MPG	MFG	NFG	MFG	NFG	
SiO_2	75.30	72.60	45.00	58.80	74.69	76.43	66.62	
TiO_2	0.20	0.19	1.66	0.57	0.11	0.05	0.29	
Al_2O_3	12.40	13.20	18.50	14.45	13.19	11.27	13.99	
Fe ₂ O ₃	2.55	1.98	11.65	4.10	1.41	1.22	4.26	
MnO MrO	0.01	0.02	0.15	0.07	0.06	0.15	0.23	
MgO	0.29	0.41	4.42	2.31	0.11	0.15	0.36	
Na ₂ O	0.55	1.07	1 64	0.59	2.47	0.54	1 11	
K ₂ O	3.21	2.76	0.54	2.02	4.60	3.80	6.30	
P_2O_5	0.04	0.05	0.07	0.15	0.01	0.01	0.04	
Cr_2O_3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
SrO	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	< 0.01	0.01	
BaO	0.09	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.14	
Trace elements	4.58 (nnm)	4.80	8.70	11.05	2.24	3.93	3.28	
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
As	16	29	5	8	1	6	1	
Ba	776	228	165	336	323	328	1230	
Be	4.5	2.7	0.7	1.5	3.4	4.9	1.5	
Bi	<2	4	<2	<2	0	0	1	
Ce	70	54	22	40	39	36	76	
Co	17	91	97.1	10.0	0.9	1.0	35	
Cr	<10	<10	<10	40	20	10	20	
Cs	243	6	2	42	8	10	5	
Cu	11	9	10	19	14	10	18	
Dy	4	5	5	3	5	7	5	
Er	3	3	3	2	3	6	3	
Eu F	1	1	2	1	0	1	1	
r Ga	17.3	17.4	20.1	18.3	13.0	17.0	15.0	
Gd	5	5	5	3	4	5	6	
Ge	-	-	-	-	0	0	0	
Hf	8	4	2	6	4	3	5	
Ho	1	1	1	1	1	2	1	
ln r	-	-	-	-	0	0	0	
La Li	- 39	25	9	21	19	19	39 96	
Lu	0	0	0	0	10	1	20	
Mo	<2	4	<2	<2	<2	<2	<2	
Nb	9.9	8.1	3.6	7.5	9.0	8.0	9.0	
Nd	32	25	18	19	16	16	31	
Ni	<5	<5	<5	15.0	<5	<5	<5	
Pb	20.0	25.0	5.0	19.0	34.0	299.0	90.0	
rr Rh	8 173.0	133.5	ن 15.9	9 97 4	9 228 0	9 244 0	9 310.0	
S		- 100.0	- 10.2		- 220.0			
Sb	<5	<5	<5	<5	0	2	1	
Sc	6.0	2.0	33.0	8.0	-	-	-	
Sm	6	5	5	3	4	4	6	
Sn	3	3	1	1	10	8	67	
Sr Te	46.6	77.2	527.0	150.0	74.4	45.6	145.5	
Th	1	1	0	1	1	1	1	
Th	15.9	17.0	1.3	8.1	21.0	20.0	14 0	
Tl	< 0.5	< 0.5	< 0.5	<0.5	2	-0.5	3	
Tm	0	0	0	0	1	1	0	
U	2.9	4.6	0.4	1.8	3.3	17.3	2.4	
V	9	10	305	76	5	5	18	
w V	3	4	1	3	3	5	4	
Yb	20.4 2	28.4	21.3	14.9	31.2 1	04.0 R	20.0 2	
Zn	134	31	109	114	147	291	311	
Zr	286.0	115.0	80.0	226.0	79.4	76.0	168.5	

表1 全岩化学組成分析結果(3/7)

Sample name	H1-1	H2-1	SM-1	WN-4	KS-7	06070105-5	06070105-2
Host rock	溶結凝灰岩	石英斑岩	溶結凝灰岩	溶結凝灰岩	花崗岩	花崗岩	花崗岩
Type-1	NF	NF	NF	NF	NF	AF	AF
Type-2	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	AFG	AFG
Major elements	(wt.%)	-				* 0.00	
SiO ₂	73.82	74.36	75.00	73.51	85.68	52.62	25.79
	0.18	0.12	0.13	0.25	0.03	0.72	0.30
FeaOa	162	14.55	2.07	14.27	1.03	9.04	2.80
MnO	0.05	<0.01	0.03	0.02	0.01	0.14	0.14
MgO	0.29	0.39	0.52	0.31	0.16	1.77	0.61
CaO	0.02	0.02	0.16	0.97	0.03	7.17	33.63
Na_2O	0.11	0.09	0.59	0.67	0.72	0.95	0.13
K_2O	3.99	2.31	3.72	3.70	2.54	1.52	1.05
P_2O_5	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.03	< 0.001	0.15	0.19
Cr_2O_3	< 0.01	0.02	0.01	< 0.01	0.01	-	-
SrO	0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01	-	-
BaO	0.05	0.06	0.05	0.08	0.06	-	-
LOI Tracc cloments	(nnm)	5.83	4.43	3.97	1.48	-	
	(ppiii)	1	<1	<1	<i>c</i> 1	-	-
As	35	6	13	13	36	-	-
Ba	195	119	157	445	162	295	142
Be	2.2	4.3	3.5	6.2	2.2		
Bi	0	1	0	0	0	-	-
Се	55	103	71	92	32	51	25
Cl	-	-	-	-	-	28	36
Co	1.1	1.0	2.9	2.2	0.5	22.9	3.3
Cr	<10	<10	10	<10	<10	46	62
Cs	28	39	20	73	10	-	-
Cu	<5	15	8	<5	21	-	-
Dy En	7	37	12	6	17	-	-
En	5	19	0	5 1	12	_	-
F	-	-	-	-	-	374	442
Ga	26.2	21.6	17.9	19.4	12.8	16.0	7.5
Gd	7	39	11	7	11	-	-
Ge	0	0	0	0	0	-	-
Hf	4	5	4	6	6	-	-
Ho	1	7	3	1	4	-	-
In	0	0	0	0	0	-	-
La	34	68	41	46	21	-	-
Li	19	21	37	32	31	-	-
Lu	1	2	1	0	2	-	-
Nb	< <u>2</u> 0.7	15.0	12.2	2 19.9	< <u>2</u> 0.1	5.6	19
Nd	9.1 97	10.5	15.2	12.2	5.1 20	5.0 -	1.2
Ni	<5	<5	5.0	<5	<5	25.9	19.7
Pb	20.0	<5	24.0	17.0	<5	9.8	10.3
Pr	7	28	10	10	5	-	-
Rb	177.0	122.0	224.0	169.0	129.5	134.7	39.8
S	-	-	-	-	-	96.9	99.9
Sb	1	1	2	2	1	-	-
Sc	2.6	8.0	3.9	9.0	4.8	18.7	60.1
Sm	6	40	9	7	7	-	-
Sn	4	3	7	3	1	1051	451.0
Sr Te	8.4	0.0	21.8	40.7	5.9	185.1	451.0
Th	1	2	2	1	3 9	_	_
Th	20.5	22.7	31.6	16.8	34 9	3.9	0.3
TI	20.0	<0.5	1	10.0	<0.5		
Tm	1	3	1	0	2	-	-
U	3.8	7.8	5.4	3.5	8.7	0.2	2.1
V	<5	<5	5	6	<5	143	57
W	1	1	4	4	1	-	-
Y	38.7	153.5	67.9	27.6	114.0	19.9	17.3
Yb	5	16	8	3	12	-	-
Zn	43	57	65	53	12	-	-
Δr	113.0	140.0	103.0	233.0	88.0	128.9	65.0

表1 全岩化学組成分析結果(4/7)

Heat and Free3 Free3 Free3 Free3 Free3 Free3 Free3 Free3 Free3 NPC AFG NPG NPG </th <th colspan="2">Sample name SA-1</th> <th>07020303</th> <th>06101503</th> <th>07020301</th> <th>07020302</th> <th>121112T</th> <th>121112W</th>	Sample name SA-1		07020303	06101503	07020301	07020302	121112T	121112W
Type1 NFG AF AF NF NF NF Maior elements (w1:3) 33.38 16.17 39.31 0.076 66.79 57.44 45.74 filo 0.33.38 16.46 0.39 0.24 0.81 0.74 45.74 filo 0.33.32 18.48 13.35 14.78 21.50 14.31 11.45 filo 0.30 0.001 0.03 0.001 0.008 0.077 MoO 0.004 0.13 0.071 0.038 1.48 1.061 CoO 1.760 0.28 1.21 1.62 2.86 0.38 0.23 0.20 1.67 NeO 0.28 0.24 0.66 0.33 0.13 0.29 0.76 2.27 2.60 0.36 0.13 0.29 0.76 0.27 2.26 0.36 0.13 0.17 0.12 0.29 470 0 2.27 0.60 2.39 0.61 1.28 1.29 2.22	Host rock	片麻岩	斑糲岩	片麻岩	流紋岩	凝灰角礫岩	片麻岩	片麻岩
Type? NPG NPG NPG NPG NPG side, 33.38 54.17 39.31 70.76 56.79 57.44 45.74 TiDe, 0.83 1.66 0.99 0.24 0.81 0.70 0.38 AL9, 1.802 18.46 13.55 11.47 21.86 0.12 30.10 FeA, 8.22 97.4 5.73 30.22 1.25 5.12 30.00 MaQ 0.00 0.05 0.01 0.03 0.98 0.99 0.60 0.99 0.90 0.98 0.99 1.47 1.62 2.86 0.88 0.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.53 2.29 1.50 1.53 2.29 1.50 1.53 2.29 1.50 1.53 2.29 1.50 1.53 2.29 1.50 1.53 2.	Type-1	NF	AF	AF	NF	AF	NF	NF
Maper elements (w7.3) Sol, 33.38 54.17 39.31 70.76 56.79 57.44 45.74 T0, 0.93 1.06 0.99 0.24 0.81 0.70 0.83 ALO, 1.362 1.848 1.355 1.473 3.22 1.52 5.12 3.70 Mac 0.04 0.05 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 Mac 1.00 2.55 4.41 0.70 0.38 1.68 1.66 O.400 0.28 0.22 0.26 0.26 0.23 0.26 0.67 0.47 2.68 3.52 0.50 0.117 0.17 Cro 2.06 2.07 0.47 2.68 3.52 0.6 0.3 0.17 0.12 Cro	Type-2	NFG	AFG	AFG	NFG	AFG	NFG	NFG
shog 33.38 b.1.1 33.1 00.76 06.79 07.41 40.41 Ab.1 1702 0.383 1.66 0.399 0.24 0.81 070 0.38 Ab.0, 13.02 18.48 13.55 14.78 21.50 14.91 11.45 19.40 0.04 0.04 0.15 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.06 0.07 0.04 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Major elements (w	t.%)		20.24		N 0 N 0		
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	SiO ₂	33.38	54.17	39.31	70.76	56.79	57.44	45.74
Adeya 13.03 10.05 10.03 11.05 11.20 11.21 11.20 Mado 0.04 0.05 0.07 0.04 0.09 0.06 0.07 Mado 0.18 2.05 1.51 0.07 0.04 0.09 0.06 0.07 Mado 0.18 2.05 1.51 0.07 0.04 0.09 0.06 0.07 Mado 0.18 2.05 1.51 0.61 0.03 0.03 0.02	110 ₂	0.93	1.06	0.99	0.24	0.81	0.70	0.38
read 0.52 0.53 0.129 0.040 0.	AI_2O_3 E ₂ O	13.62	18.48	13.00	14.78	21.50	14.91 5 19	11.40
made 0.00 0.03 0.04 0.05 <th< td=""><td>re₂O₃ MnO</td><td>0.22</td><td>9.74</td><td>0.07</td><td>5.02</td><td>1.20</td><td>0.06</td><td>5.70 0.07</td></th<>	re ₂ O ₃ MnO	0.22	9.74	0.07	5.02	1.20	0.06	5.70 0.07
Ca0 17.80 1.47 15.91 0.61 0.21 5.20 16.74 Nsp0 0.272 2.67 0.67 2.62 0.52 1.63 2.29 Cy0 0.23 0.28 0.67 2.62 0.52 1.53 0.29 Cy0 0.23 0.28 0.66 0.03 0.10 0.17 0.12 Cy0 0.23 0.28 0.66 0.03 0.10 0.17 0.12 Sol -	MgO	1.00	2.95	4.41	0.04	0.00	1.68	1.06
NagO 10.28 12.4 1.62 2.86 10.08 10.23 10.73 V_{cO} 0.23 0.28 0.65 0.03 0.10 0.17 0.12 V_{cO} 0.23 0.28 0.65 0.03 0.10 0.17 0.12 S_{cO} - -	CaO	17.80	1 47	15.91	0.10	0.30	5 20	16 74
k_0 2.72 2.267 0.47 2.62 3.82 1.53 2.29 C_1O_1 . .	Na ₂ O	0.28	1.24	1.62	2.86	0.98	0.23	0.76
P ₀ 0.23 0.28 0.65 0.03 0.10 0.17 0.12 Sr0 -<	K ₂ O	2.72	2.67	0.47	2.62	3.52	1.53	2.29
$\begin{array}{c cccc} C_{CO} & . & . & . & . & . & . & . & . & . & $	P_2O_5	0.23	0.28	0.65	0.03	0.10	0.17	0.12
SrO .	Cr_2O_3	-	-	-	-	-	-	-
BaO -	SrO	-	-	-	-	-	-	-
LOI ·	BaO	-	-	-	-	-	-	-
Trace elements (spin) Ag	LOI	-	-	-	-	-	-	-
Ag .	Trace elements (pr	om)						
As .	Ag	-	-	-	-	-	-	-
Date 218 300 128 341 1025 232 440 Bit - </td <td>As</td> <td>979</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1099</td> <td>-</td> <td>-</td>	As	979	-	-	-	1099	-	-
Bit . <td>Ba</td> <td>218</td> <td>306</td> <td>128</td> <td>047</td> <td>1028</td> <td>292</td> <td>470</td>	Ba	218	306	128	047	1028	292	470
Ce 46 57 116 51 139 53 42 Cl 45 10 27 16 119 20 32 Co 239 19.5 22.5 50 1.4 10.3 58 Cr 53 15 50 7 30 41 34 Cs -<	Bi	-	-	-	_	_	-	_
Cl 45 10 27 16 19 20 32 Co 23.9 19.5 22.5 5.0 1.4 10.3 5.8 Cr 53 15 50 7 30 41 34 Cs - - - - - - - - Cu - - - - - - - - - - - Br -	Ce	46	57	116	51	139	53	49
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Cl	40	10	27	16	-19	20	32
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Co	23.9	19.5	22.5	5.0	1.4	10.3	5.8
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Cr	53	15	50	7	30	41	34
Cu .	Cs	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Cu	-	-	-	-	-	-	-
Er .	Dy	-	-	-	-	-	-	-
Eu ·< ·< ·< ·< ·< ·<	Er	-	-	-	-	-	-	-
F 465 562 805 189 756 820 542 Ga 20.6 20.4 20.3 16.9 20.1 19.0 12.6 Gd -	Eu	-	-	-	-	-	-	-
Ga 20.6 20.4 20.3 16.9 20.1 19.0 12.6 Gd - <td>F</td> <td>465</td> <td>562</td> <td>805</td> <td>189</td> <td>756</td> <td>820</td> <td>542</td>	F	465	562	805	189	756	820	542
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ga	20.6	20.4	20.3	16.9	20.1	19.0	12.6
Ge I	Gd	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ge	-	-	-	-	-	-	-
Ind -	П		-				-	
Image: Constraint of the system of the s	In	-	-	-	-	-	-	-
Li .	La	-	-	-	-	-	-	-
LuMoNb9.2 5.5 5.7 12.9 15.4 9.4 7.2 NdNi19.1 9.5 53.2 5.1 35.8 20.7 29.7 Pb 3.5 12.2 10.1 34.9 13.9 9.2 7.5 PrRb 156.8 135.6 19.7 102.4 138.2 79.6 105.8 S 2324.7 105.9 4033.9 114.9 117.1 329.94 120.2 SbSc 34.2 16.4 31.7 5.1 16.5 13.4 32.3 SmSr 186.1 134.9 922.1 131.2 203.7 75.0 260.8 TaTbTh 4.7 2.5 9.1 10.8 18.3 6.5 11.3 U 9.0 0.6 7.0 3.7 4.4 2.0 0.8	Li	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Lu	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Mo	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Nb	9.2	5.5	5.7	12.9	15.4	9.4	7.2
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Nd	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Ni	19.1	9.5	53.2	5.1	35.8	20.7	29.7
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Pb	3.5	12.2	10.1	34.9	13.9	9.2	7.5
Rb166.8136.619.7102.4138.279.6105.8S2324.7105.94033.9114.9117.13299.4120.2SbSc34.216.431.75.116.513.432.3SmSnSr186.1134.9922.1131.2203.775.0260.8TaTbTh4.72.59.110.818.36.513.7TIU9.00.67.03.74.42.00.8V137186126551156764WY14.038.819.039.862.714.019.5YbZr198.4222.1221.2302.7286.9187.681.9	Pr	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Rb	156.8	135.6	19.7	102.4	138.2	79.6	105.8
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	S Sh	2324.7	105.9	4033.9	114.9	117.1	3299.4	120.2
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sc	34.9	16.4	31.7	51	16.5	13.4	39.3
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sm		-	-	-			
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sn	-	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Sr	186.1	134.9	922.1	131.2	203.7	75.0	260.8
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Та	-	-	-	-	-	-	-
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Tb	-	-	-	-	-	-	-
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Th	4.7	2.5	9.1	10.8	18.3	6.5	13.7
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Tl	-	-	-	-	-	-	-
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Tm	-	-	-	-	-	-	-
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	U	9.0	0.6	7.0	3.7	4.4	2.0	0.8
w i i i i i i Y 14.0 38.8 19.0 39.8 62.7 14.0 19.5 Yb - - - - - - - Zn - - - - - - - Zr 198.4 222.1 221.2 302.7 286.9 187.6 81.9	V XX7	137	186	126	55	115	67	64
1 14.0 36.8 19.0 39.8 62.7 14.0 19.5 Yb - - - - - - - Zn - - - - - - - Zr 198.4 222.1 221.2 302.7 286.9 187.6 81.9	vv V	-	-	-	-	-	-	-
Zn - - - - Zr 198.4 222.1 221.2 302.7 286.9 187.6 81.9	ı Vh	14.0	38.8	19.0	39.8	62.7	14.0	19.5
Zr 198.4 222.1 221.2 302.7 286.9 187.6 81.9	Zn	_	-	-			-	
	Zr	198.4	222.1	221.2	302.7	286.9	187.6	81.9

表1 全岩化学組成分析結果(5/7)

Sample name	サンプル 4	サンプル5	サンプル6	サンプル8	サンプル 9	サンプル10	15042102-2
Host rock	土岐砂礫層/花崗岩	土岐砂礫層/花崗岩	土岐砂礫層/花崗岩	土岐砂礫層/花崗岩	土岐砂礫層/花崗岩	土岐砂礫層/花崗岩	花崗岩
Type-1	NF						
Type-2	NFG						
Major elements	s (wt.%)						
SiO_2	72.27	72.19	70.20	66.92	74.51	78.79	74.65
TiO_2	0.21	0.39	0.51	0.57	0.34	0.25	0.09
Al_2O_3	12.49	11.11	12.22	13.96	11.14	9.46	12.93
Fe_2O_3	1.98	3.53	4.44	4.47	3.22	2.04	1.47
MnO	0.04	0.08	0.16	0.10	0.06	0.51	0.02
MgO	0.92	1.20	1.48	1.95	0.97	0.27	0.40
CaO	1.14	0.90	0.78	0.97	0.83	0.29	0.66
Na_2O	0.70	0.18	0.15	0.31	0.19	0.29	2.78
K_2O	3.07	2.88	2.91	3.88	2.98	2.59	4.06
P_2O_5	0.05	0.11	0.13	0.12	0.09	0.03	0.03
Cr_2O_3	-	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-	-
BaO	-	-	-	-	-	-	-
LOI	-	-	-	-	-	-	-
Trace elements	(ppm)						
Ag	-	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	-	-	-	-
Ba	373	317	444	520	361	1493	229
Be	-	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	-
Ce	68	70	95	66	66	63	70
CI Ci	8	37	47	75	34	44	-21
Co	2.3	9.3	14.0	9.0	5.0	19.4	0.6
Cr	13	32	43	06	28	18	7
Cs		-	-	-	-	-	
Du							
Dy Fr							
En Fu							
F	497	815	959	1308	733	194	918
Ga	18.3	16.5	17.5	183	16.0	194	91 7
Gd	- 10.5	10.5		- 10.5	10.0	- 12.5	21.7
Ge	-	-	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	-	-	-
Но	-	-	-	-	-	-	-
In	-	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-	-
Мо	-	-	-	-	-	-	-
Nb	12.1	11.5	11.8	12.9	10.6	9.4	12.7
Nd		-		-			
Ni	8.6	21.0	26.5	25.9	12.2	11.7	4.8
Pb	33.3	20.1	12.3	16.6	13.4	18.0	24.8
Pr	-	-	-	-	-	-	-
Rb	127.6	158.2	177.3	241.0	158.6	99.2	235.4
S	93.2	93.5	100.6	97.8	103.1	104.7	102.1
Sb	-	-	-	-	-	-	-
Sc	5.9	5.6	6.5	6.6	5.7	3.3	3.5
Sm	-	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-	-
Sr	56.5	45.1	45.7	72.3	44.1	44.6	52.9
Та	-	-	-	-	-	-	-
Tb	-	-	-	-	-	-	-
Th	16.4	14.6	14.5	14.9	14.6	11.4	25.1
Tl	-	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-	-
U	5.2	6.4	5.9	6.4	7.3	16.0	7.3
V	22	44	71	73	41	36	10
W	-	-	-	-	-	-	-
Y	31.9	35.3	30.0	24.5	29.2	19.4	61.3
Yb	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-
Zr	136.1	123.2	133.6	157.0	120.5	136.0	165.8

表1 全岩化学組成分析結果(6/7)

Sample name	15042103-1	15042103-3	15042003-1	FKM-FG-01	FKM-FG-02	FKM-FG-03	FKM-FG-04
Host rock	花崗岩	花崗岩	花崗岩	花崗岩	花崗岩	花崗岩	花崗岩
Type-1	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
Type-2	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG
Major elements	(wt.%)						
SiO_2	67.68	70.81	51.66	67.81	72.54	72.03	72.99
TiO_2	0.16	0.13	0.01	0.13	0.13	0.18	0.15
Al_2O_3	16.03	14.52	21.81	14.69	13.95	14.69	13.86
Fe_2O_3	2.04	1.46	1.39	4.89	2.00	2.03	2.09
MnO	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
MgO	0.88	1.23	0.31	0.50	0.26	0.33	0.25
CaO	0.85	0.89	10.04	0.63	0.52	0.34	0.89
Na ₂ O	1.83	1.05	0.24	1.38	1.93	2.15	2.37
K ₂ O	4.29	3.47	0.94	4.14	5.04	4.24	3.99
P_2O_5	0.03	0.03	0.01	0.07	0.02	0.02	0.02
Cr_2O_3	-	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-	-
BaU	-	•	-	-	-	-	-
Tracco clamanta	-	-	-	-	-	-	-
Trace elements	(ppm)	-	-	-	-	-	
Ag		-	_	-	-	-	
As Po	969	- 260	100	-	474	495	- 200
Da Po	308	360	109	332	4/4	425	300
De D;	_	-	_	_	_	_	_
Di Co	79	EO	19	145	EO	C.E.	60
Cl	12	90 9	15	145	-19	00 12	11
Co	17	16	0.1	16	25	24	11
Cr	1.7	1.0	10	4.0	2.0	2.4	11
Cs	-	-	-	-	-	-	
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Dv	-	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-	-
F	557	751	307	155	186	302	233
Ga	33.0	30.8	24.4	16.3	15.9	17.1	17.3
Gd	-	-	-	-	-	-	-
Ge	-	-	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	-	-	-
Ho	-	-	-	-	-	-	-
In	-	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-	-
Mo	-	-	-	-	-	-	-
Nb	17.8	16.2	3.2	7.2	8.9	11.7	9.6
Nd	-	-	-	-	-	-	-
Ni	5.9	5.5	4.0	5.0	3.9	4.2	5.8
Pb	32.3	30.0	4.1	25.3	26.5	20.1	23.3
PT DI	-	-	-	-	-	-	150.0
Rb	474.3	439.9	40.5	179.8	204.4	192.1	176.2
S CL	352.1	262.6	119.4	117.3	104.5	102.1	98.7
SD	- 9 5	-	10.1	-	-	-	-
Sc S	3.0	2.8	18.1	3.9	0.6	4.5	3.6
Sm							
Sn Sn	79.2	69 1	224 G	65.6	76 1	69.2	60.5
To	12.5	02.1	204.0		70.1	02.5	05.5
Th	-	-	-	-	-	-	-
Th	98.1	30.0	0.6	23.0	11.1	15.0	24.8
TI	- 20.1					- 10.0	24.0
Tm	-	-	-	-	-	-	-
U	93	6.2	9.9	46	2.7	39	2.7
v	20	15	16	-1.0 9.9	<u>1</u> 9	15	13
W		- 10				- 10	- 10
Y	67.1	72.0	6.5	165.2	51.9	81.2	40.7
Yb			-	-	-		-
Zn	-	-	-	-	-	-	-
Zr	126.6	136.4	12.6	99.5	108.2	126.8	<u>119.</u> 3

【付録5】

表1 全岩化学組成分析結果(7/7)

Sample name	FKM-FG-05	FKM-FG-06	FKM-FG-07	FKM-FG-08	FKM-FG-09	FKM-FG-10
Host rock	花崗岩 NF	花崗岩 NF	花崗岩 NF	花崗岩 NF	花崗岩 NF	花崗岩 NF
Type-2	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG	NFG
Major elements	(wt.%)					
SiO_2	73.28	73.15	72.67	71.68	72.38	66.52
TiO ₂	0.13	0.15	0.18	0.20	0.19	0.17
Al_2O_3	13.07	12.99	14.01	13.91	13.82	15.26
Fe_2O_3 MnO	2.11	2.45	2.27	2.79	2.58	4.23
MgO	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
CaO	0.79	0.85	0.63	0.85	0.78	1.01
Na_2O	2.08	1.81	2.08	1.68	1.69	1.46
K_2O	4.16	3.80	3.76	3.92	4.09	3.57
P_2O_5	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05
Cr_2O_3	-	-	-	-	-	-
SrO	-	-	-	-	-	-
Trace elements	(ppm)					
Ag	-	-	-	-	-	-
As	-	-	-	-	-	-
Ba	279	299	375	420	417	338
Be	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-
Ce	56	69	69 10	56	-79	188
Co	4	20 15	10	0	99	9.1
Cr	1.5	1.5	2.2	1.0	2.2	2.1
Cs	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	-	-
Dy	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-
F Ga	401	324	322	313	209	309 16 6
Gd	10.2	- 16.0	- 10.9	- 10.9		- 10.0
Ge	-	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	-	-
Ho	-	-	-	-	-	-
In	-	-	-	-	-	-
La	-	-	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
Lu Mo	-	-	-	-	-	-
Nb	9.1	9.2	10.4	10.7	11.1	68
Nd						
Ni	3.9	4.2	4.4	4.6	5.0	5.6
Pb	23.5	21.6	20.1	19.6	18.7	21.2
Pr	-	-	-	-	-	-
Rb	194.1	177.4	170.7	171.8	182.9	196.0
S	103.4	100.6	98.6	113.8	103.0	123.2
So	4 7	- 4.2	16	18	5.6	29
Sm	4.7	4.5	4.0	4.0	5.0	- 0.2
Sn	-	-	-	-	-	-
\mathbf{Sr}	66.8	70.3	75.9	89.6	85.0	91.9
Та	-	-	-	-	-	-
Tb	-	-	-	-	-	-
Th	27.3	30.7	22.1	23.0	17.3	32.8
'1'l T	-	-	-	-	-	-
1 m TI	-	-	- 9 4		-	- 10 7
v	4.2	4.0 19	2.4 10	5.6 10	4.Z 15	10.7
W		- 10	-	-		-
Y	62.5	64.5	74.4	67.2	80.1	278.3
Yb	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-
Zr	105.3	121.8	118.2	121.4	128.2	125.6

空白ページ

第四紀の隆起・沈降速度の推定手法の高度化 に関する共同研究

令和2年度共同研究報告書

令和3年1月

国立大学法人東京大学

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ 目 次

1. 概要	付 6-4
1.1 共同研究件名	付 6-4
1.2 研究目的	付 6-4
1.3 実施期間	付 6-4
2. 平野のボーリングコアを用いた分析作業	付 6-5
2.1 アプローチ	付 6-5
2.2 方法	付 6-6
2.2.1 全体の枠組み	付 6-6
2.2.2 粒度分析	付 6-9
2.2.3 元素分析	付 6-9
2.2.4 テフラ分析	付 6-9
2.2.5 帯磁率及び含水率	付 6-9
2.2.6 珪藻分析	付 6-9
2.2.7 花粉分析	付 6-9
2.3 結果	付 6-10
2.3.1 堆積相	付 6-10
2.3.2 粒度分析	付 6-12
2.3.3 元素分析	付 6-12
2.3.4 テフラ分析	付 6-12
2.3.5 帯磁率及び含水率	付 6-16
2.3.6 珪藻分析	付 6-17
2.3.7 花粉分析	付 6-23
2.4 考察	付 6-29
2.4.1 年代対比	付 6-29
2.4.2 MIS11 以降の地殻変動速度	付 6-30
3. 内陸部の離水地形,旧河床堆積物の認定・記載に係る作業	付 6-32
3.1 アプローチ	付 6-32
3.2 結果	付 6-32
3.2.1 離水河成地形の分布と特徴	付 6-32
3.2.2 段丘構成層の特徴	付 6-35
3.2.3 露頭調査	付 6-36
3.3 考察	付 6-37
4. まとめ	付 6-38
5. 引用文献	付 6-39

【付録6】

図目次

义	2-1	関東平野のボーリングコア掘削地点と周辺の地形
义	2-2	調査のスキーム
义	2-3	GC-NG-1 コアの柱状図と中央粒径、硫黄濃度、帯磁率、含水率の変化付 6-10
义	2-4	GC-OY-1 コアの柱状図と中央粒径、硫黄濃度、帯磁率、含水率の変化 付 6-11
义	2-5	GC-OY-2 コアの柱状図と中央粒径、硫黄濃度、帯磁率、含水率の変化 付 6-11
义	2-6	GC-NG-1、OY-1 及び OY-2 コアの堆積ユニット区分と堆積相の特徴と対比案.付 6-
	12	
义	2-7	So-KT、OY-2_66.34、OY-2_66.58、OY-1_79.48、
义	2-8	So-OT、OY-1_53.84 及び NG-1_66.09 の火山ガラス主成分組成
义	2-9	GC-NG-1 コアの珪藻群集組成
义	2-10	GC-OY-1 コアの珪藻群集組成付 6-20
义	2-11	GC-OY-2 コアの珪藻群集組成付 6-22
义	2-12	GC-NG-1 コアの花粉ダイアグラム(木本植物)付 6-24
义	2-13	GC-OY-1 コアの花粉ダイアグラム(木本植物)付 6-26
义	2-14	GC-OY-2 コアの花粉ダイアグラム(木本植物)付 6-28
义	2-15	GC-OY-2、GC-OY-1 及び GC-NG-1 コアの層序対比図案
义	3-1	研究開発の事例対象地域
义	3-2	離水地形区分図
义	3-3	離水地形の縦断形投影図付 6-35
义	3-4	段丘構成層の UAV 画像
义	3-5	露頭観察地点の地形と柱状図付 6-37

表 目 次

表 2-1	分析した主なテフラ付	6-13
表 2-2	火山ガラス主成分組成の平均値付	6-14

1. 概要

1.1 共同研究件名

第四紀の隆起・沈降速度の推定手法の高度化に関する共同研究

1.2 研究目的

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、経済産業省資源エネルギー庁から受託した「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(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の選定に係る自然現象の影響把握及びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆起・侵食に対し、地質学、地形学、地震学、地球年代学などの各学術分野における最新の研究を踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解決に必要な知見の蓄積や調査・評価技術の高度化を総合的に進めている。このうち隆起・侵食に関する技術的課題の一つに、沿岸部と内陸部での過去数十万年間の隆起・沈降速度を推定するための技術の高度化が挙げられる。

沿岸部を対象とした技術開発については、令和元年度の本研究において、平野のボーリングコ ア試料を用いて過去数十万年間に堆積した地層から隆起・沈降速度を推定するための手法が示さ れ、事例地域における海洋酸素同位体ステージ(Marine Isotope Stage:以下、「MIS」という)5e (約12万年前)以降の隆起・沈降速度が推定された。しかし、過去12万年間よりも長期間の隆 起・沈降速度を推定するためには、MIS 5e 以前の地層の詳細な分析に基づく層序区分が課題と して残された。そこで、本研究開発では、MIS 5e 以前の地層の層序区分を目的とした地層の詳細 な分析を実施し、その結果を令和元年度の成果と統合することで、沿岸部の過去数十万年間の隆 起・沈降速度を把握するための技術の整備をはかった(第2章参照)。

一方、内陸部を対象とした技術開発については、令和元年度の本研究において、河川の過去数 十万年間の平均下刻速度の推定手法として,穿入蛇行河川跡に残された旧河床堆積物の認定・編 年に基づいた手法が示された。その一方で、わが国の穿入蛇行河川における手法の適用性の確認 が技術的課題として残された。そこで、本研究開発では、内陸部の穿入蛇行河川の平均下刻速度 の推定に係る手法の適用において必要となる地形・地質学的な基礎データ、具体的には、離水地 形の認定及びその分布図の作成、旧河床堆積物の認定・記載に係るデータの取得を目的とした研 究開発を行った(第3章参照)。

1.3 実施期間

令和2年6月23日~令和3年1月31日

【付録6】

2. 平野のボーリングコアを用いた分析作業

2.1 アプローチ

10万年オーダーの長期的な地殻変動を復元するためには、地形や地層に記録された海水準に関わる情報を系統的に読み解く必要がある。長期にわたって隆起運動が活発な地域では、海成段丘に記録された旧汀線の高度と年代が各地で調査研究されてきた(例えば、小池・町田,2001)。内陸部では、気候段丘の比高をもとに、隆起量や地殻変動を推定する試みも行われている(例えば、田力・池田,2005; 幡谷,2006; 後藤・佐々木,2019)。沈降が活発な地域では、地下に埋没した海成層の分布深度を基に、長期的な沈降運動が復元されている(例えば、須貝・杉山,1999)。しかし、地殻変動が比較的安定した地域や、隆起域と沈降域の境界地域では、段丘面が分化しにくく、旧汀線地形も保存されにくい。堆積空間の形成速度も長期間を平均した場合には遅くなるため、地層が長期にわたって連続的に保存される確率も低くなると考えられる。

第四紀後期の氷河性海水準変動は、海洋酸素同位体比曲線をはじめとする複数の指標に基づい て復元され、約10万年の周期様変動を繰り返してきた。一方で、変動の振幅には差異が見られ、 海洋酸素同位体ステージ(Marine oxygen Isotope Stage: MIS)16、 MIS12、 MIS6の各氷期 の海面低下量が大きく(Spratt and Lisiecki, 2016)、順に、ヨーロッパアルプス北麓のモレーン 編年によって命名されたギュンツ、ミンデル、リス氷期に対比される。他方、MIS11、9、5の各 間氷期の最高海面高度は、他の間氷期よりも高くなったと考えられている(Spratt and Lisiecki, 2016)。ここで、氷期と間氷期の海水準の差異(振幅)に着目すると、MIS12から MIS11にか けてと、MIS6から MIS5にかけての海面上昇量が最も大きく、この時期に最も広範囲に海成層 が堆積し、海成段丘面(浅海底地形面)が形成されたと考えることができる。

以上のことから、地殻変動速度が比較的小さいか、隆起域と沈降域の境界付近にあたる地域に おいても、海成層や海成段丘の分布をもとに、MIS 11 と MIS 5 の高海水準期の海面高度を復元 できる可能性が相対的に高いと考えられる。日本列島のような湿潤な気候環境下においては、隆 起が活発な臨海地域は、侵食作用を受けやすく、地形の保存状態が悪い。このため、広域にわた って原面を追跡可能な最古の地形面は MIS 11 の海成段丘面のことが多い。他方、沈降運動の活 発な平野部では、MIS 11 の海成層や地形面は地下深部に埋没し、データを得るには長尺のオー ルコアボーリングを必要とするため、調査は限られた地域でしか行われていない。しかし、今後、 地震探査やコアリングによって、データの密度を高めていくことは可能である。

10 万年オーダーで見た時、地殻変動が比較的安定してきた地域、隆起域と沈降域の境界地域、 隆起から沈降あるいは沈降から隆起へと変化してきている地域において、MIS 11 の海成地形や 海成層を見出し、空間的、時間的に連続した地殻変動像を得ることは、重要な基本的課題であり、 地形学と地質学のアプローチを統合することによって達成可能となるという点で、実現性の高い 課題といえる。過去約 40 万年間と 12 万年間の地殻変動量の広域的な比較が可能になれば、日本 列島の第四紀後期の地殻変動像を復原するうえで、非常に大きな貢献をもたらすであろう。

本研究開発では、上記の基本課題へのアプローチを定式化することを目的として、平成 30 年 度の本研究において、関東平野の中心付近に位置する隆起・沈降境界域で掘削された 3 本のオー ルコアボーリング(図 2-1)の MIS 5e 以前から MIS 11 までの層準を対象として、各種分析を 行い、 海成層の認定と対比を試みた。さらに、その結果をもとに、MIS 11 以降の地殻変動速度 を復元し、MIS 5 以降の地殻変動速度と比較した。なお、海成層の堆積年代の対比については、 検討の余地がなお残されていることをはじめに付記しておく。

【付録6】



図 2-1 関東平野のボーリングコア掘削地点と周辺の地形

背景図として治水地形分類図(国土地理院, 2007)を使用した。星印がボーリング調査地点、橙 色が段丘面を示す。孔口標高は、GC-NG-1 が 20.57 m, GC-OY-1 が 29.45 m, GC-OY-2 が 34.01 m。

2.2 方法

はじめに全体の方法の枠組みを述べ、次に、粒度分析や化学分析などの分析方法の各論を記載 する。

2.2.1 全体の枠組み

地殻変動量の小さな沿岸地域では、氷河性海水準変動による侵食基準面変化の直接的な影響を 受けて、氷期に河谷が穿たれ、間氷期に谷が埋積され、cut&fillが繰り返されてきた可能性が高 い。このため、類似した深度に埋没する海成層であっても、同じ間氷期に堆積したとは限らず、 その層厚も一定しない。海進前の地形が低海面期に穿たれた河谷などの凹型地形であれば、海進 の初期から海没し、谷を埋める内湾堆積物が厚く堆積する。海進前の地形が河間に広がる段丘面 などの凸型地形であれば、海進の末期にようやく海没し、段丘面を覆う海成層は薄層となる。海 成層堆積後の海面低下期に、海成層が陸成層によって整合的に覆われる場合や、河川侵食を受け た後に上位の地層に不整合で覆われる場合も想定される。したがって、たとえ薄層であっても海 成層を確実に認定し、海面上昇期から高海水準期にかけてのどの時期に堆積した地層であるかを 識別するとともに、その堆積年代を推定して、MISと対比することが肝要である(図 2-2)。

以上を換言すると、長期的な累積地殻変動量が小さいと考えられる地域の地殻変動像を的確に 捉えるには、その前提として、氷河性海水準変動に応じた対象地域全体の地史を総合的にみる視 点が不可欠といえよう。具体的には、①事前に広域の既存地質柱状図を収集・分析し、地下構造 の大枠を予測しつつ、②海進・海退シーケンスを岩相対比可能な間隔で、堆積物の卓越運搬方向 (本調査地域においては海退期の延長川の流下方向)に数か所で群列掘削調査を実施し、③各コ アを独立に、多面的、総合的に観察・分析し、堆積相解析を行った後に、④コア間の対比を行い、 **⑤③を再検討するとともに、①との関係性を俯瞰的に検討しなおすことが肝要である。**

したがって、地殻変動像の復元にあたっては、コアサイト、群列コア掘削域、広域の3つの異 なる空間スケールにおける評価を行うことになる。仮に、追加掘削を想定した場合に、(ア)群列 コア掘削域内で実施し、掘削密度を高め、コア間の対比を確実にするケースと、(イ)掘削域の外 側で実施し、掘削範囲を広げ、広域地殻変動との関係を追跡するケースとがありうる。結果的に (ア)(イ)の優先度が拮抗するような配置での群列コア掘削計画が望ましいであろう。また、2.1 で述べたように、MIS 11 の海成層は追跡しやすく、後述のように花粉群集による対比も可能な ので、深度方向への研究資源配分においては、予め MIS 11 相当層の推定深度を推量し、その深 度まで到達する計画を遂行することによって、上述した2つのケースの均衡を高いレベルで達成

以下、上記の③を中心に方法を述べる。コアのはぎ取り観察を行い、1/50 スケールで堆積構造 などを記載し、堆積物の粒度分析、全岩化学組成分析、テフラ分析を行い、珪藻、花粉分析結果 と総合して、堆積相解析を行った。

できる(少ないコア本数で、より広域の地殻変動像を推定可能となる)と期待できる。

本研究目的遂行の鍵となる海成層の認定においては、貝化石、生痕、珪藻遺骸群集、全硫黄濃 度などの複数の指標をクロスチェックし、認定の確実性を高めた。海成層の堆積年代の推定にお いては、地層に挟まる火山灰層による編年、微化石層序編年、シーケンス層序モデルに基づく推 定の各手法を組み合わせた。特に MIS 11 の層位推定においては、この時期に東日本各地で、ア カガシ亜族の花粉化石が多産することが知られているので(杉山・水野, 1991;楡井・本郷, 2018 など)、花粉分析に基づく花粉帯の区分は有効である。

ローカルな堆積空間形成速度は、隔海度(河床高度によってあらわされるローカルな侵食基準 面高度と海水準(河口高度)との関係を説明する)と、ローカルな地殻変動と、氷河性海水準変 動曲線の3つの組み合わせによって近似しうるので、氷河性海水準変動曲線と隔海度を仮定する ことで、各間氷期の海成層が保存される可能性の高い分布深度と、地殻変動との関係を吟味する ことが可能である(例えば、須貝ほか,2013)。埋没海成層の現在の堆積深度と堆積年代を推定し たら、その海成層が堆積した当時の汎世界的な海水準と堆積時の水深を加味し、さらに、海成層 堆積後の非テクトニックな圧密沈降の影響を評価することによって、当該海成層堆積後の累積上 下地殻変動量を推定できる(図 2-2)。

本研究開発では、上記の調査スキーム(図 2-2)に基づき、まず、3本のオールコアの堆積相解 析から堆積環境を総合的に復元する。そして、海水準変動に対応したシーケンス層序を構築する とともに、その結果に基づき第四紀後期の地殻変動速度を推定した。



図 2-2 調査のスキーム

2.2.2 粒度分析

コア試料のうち砂以下の細粒層を対象として、10 cm 間隔でサンプリングし、レーザー回折式 粒度分析装置(堀場製作所製 Partica LA-960)を用いて全量分析を行った。堆積物の粒径の鉛直 方向の変化傾向から、海進・海退シーケンスを解読した。

2.2.3 元素分析

コア堆積物の細粒層を対象として、波長分散型蛍光線装置(Rigaku ZSX 製 Primus II)を用 いて、全岩化学組成分析を行った。若林ほか(2012)に従い、試料を乾燥粉砕後、加圧整形し、 検量線法によって定量測定した。産総研地質調査総合センターが提供している 15 種類の標準試 料を用いて、1 次関数で検量線を作成した。本研究では、狛(1990)に基づき、硫黄濃度に着目 して、陸成堆積物と海成堆積物との区別を行った。

2.2.4 テフラ分析

軽石が密集して堆積する層準を対象として、軽石粒を採取し、超音波洗浄し、恒温乾燥機で乾燥させ、双眼実体顕微鏡で構成鉱物を観察した。次に、火山ガラスをピッキングして、樹脂で封入し、表面を研磨後、炭素蒸着し、走査型電子顕微鏡付エネルギー分散型X線分光器(JEOL製SEMEDS、JSM6390LA)を用いて、火山ガラス粒子20片の主成分分析を行った。分析方法はZAF法の簡易定量分析とし、姶良Tnテフラ(AT)及び阿蘇4テフラ(Aso-4)の火山ガラスをワーキングスタンダード試料として測定し、測定値に大きな差がないことを確認した。

対象コアに含まれる軽石の対比候補となりうるテフラ試料についても、鬼怒川、利根川上流域 の模式露頭に堆積する試料(提供試料)を、上記と同一の基準で分析した。

2.2.5 帯磁率及び含水率

帯磁率計 ZH Instruments SM-30 を用いて、5 cm 間隔でコア試料の帯磁率を測定した。また、 夏原技研製一辺約 2 cm のプラキューブを用いて、約 50 cm 間隔でコアから試料を採取し、採取 直後と乾燥後の重量を測定し、含水率を求めた。

2.2.6 珪藻分析

堆積物試料に含まれる珪藻の種の同定やその含有量などの分析を2019年度に61 試料実施し, 2020年度にあらたに8 試料を加え,合計69 試料で行った。珪藻の分離と抽出は、試料の性状に 基づき、一般的に確立された中で最適な手法により実施した(令和2年度共同研究報告書参照)。 珪藻化石の同定に当たっては、海生、海~汽水生、汽水生、淡水生、その他に分類して、海~淡 水生珪藻の総数が一試料につき合計200個を超えるまで計数して、全体の群集組成を計算した。 分析結果は各コアの深度ごとの群集組成を示した。また、1g試料当たりの珪藻化石の含有量を 検討して、代表的な構成種及び保存状態について写真撮影を行った。千葉・澤井(2014)により 再検討された環境指標種群に基づき検討した。

2.2.7 花粉分析

堆積物試料に含まれる花粉の種の同定やその含有量などの分析を2019年度に61 試料実施 し、2020年度にあらたに7 試料を加え、合計68 試料で行った。花粉の分離と抽出は、試料の 性状に基づき、一般的に確立された中で最適な手法により実施した(令和2年度共同研究報告 書参照)。花粉化石の同定に当たっては、コナラ属アカガシ亜属、コナラ属コナラ亜属、ブナ 属、マツ属、ヒノキ科、ツガ属、モミ属、ハンノキ属など計100の分類群に分け、木本植物の 花粉化石総数が、一試料につき合計 250 粒を超えるまで計数して、全体の群集組成を計算した。

2.3 結果

2.3.1 堆積相

GC-NG-1、GC-OY-1 及び GC-OY-2 の各コアは、上位から下位に向かって、合計 19 の堆積ユ ニットに区分された。柱状図を図 2-3~図 2-5 に示す。また、各堆積ユニットの堆積深度と岩相 の特徴、及び推定される堆積環境を図 2-6 にまとめて示す。これらのうち、昨年度の共同研究に よって MIS 5e の木下層に対比された海成層(Unit6)よりも下位の計 13 の堆積ユニット(Unit 7~19)を対象とした各種分析結果も図 2-3~図 2-5 にまとめて示す。



図 2-3 GC-NG-1 コアの柱状図と中央粒径、硫黄濃度、帯磁率、含水率の変化 矢印は、テフラ分析を実施した層準を示す。



図 2-4 GC-OY-1 コアの柱状図と中央粒径、硫黄濃度、帯磁率、含水率の変化 矢印は、テフラ分析を実施した層準を示す。



矢印は、テフラ分析を実施した層準を示す。

堆積	و ا	推積物コア深度(m)		44.00	67 50	HICHILLE	海武區	+# 58 ++	101
ユニット	GC-NG-I	GC-OY-I	GC-OY-2	44bx	799-475	#133966来	742.006,792	相関リ	1970
unit I				粘土質シルト、軽石混じり	風成層(段丘被覆層)	MIS4~			
unit 2	-		-	シルト質基質支持不淘汰礫層	火山崩壊堆積物(火山泥流)				(FSST)
unit 3	-			亜円~円礫層	網状河川(段丘構成層)	MIS 4 ?			
unit 4					蛇行河川(段丘構成層)	MIS 5d~			
unit 5	23.60~35.65	24.87~34.45	27.73~31.95		プロデルタ~デルタフロント			u	HST
unit 6	35.65~42.85	42.85 34.45~46.68 31.95~37.41		シルト主体で上方細粒化、貝化石	エスチュアリ		海成層		
unit 7	42.85~49.40	-	-	上方細粒化する砂-シルト互層	蛇行河川	MIS 6- 5e			TST
unit 8	49.40~51.28	46.68~51.55	37.41~43.11	安山岩質主体の亜円~円礫支持層	網状河川	MIS 6			LST
unit 9	51.28~58.70	-	-		エスチュアリ~プロデルタ?	MIS 7	海成層		
unit 10	58.70~71.64	-	-	植物片,生物擾乱シルト層,白色軽石含有斜交葉理伴う中砂〜細砌	蛇行河川(潮感河川)	MIS 7		C2	TST
unit II	71.64~74.60	-	-	最大径50mmの安山岩質主体の亜円~円礫	網状河川	MIS 8			LST
unit 12		53.58~55.57	43.48 ~50.11	細礫含む粗砂.斜交・平行葉理発達,生物擾乱,植物片あり	上部外浜~前浜	MIS 9			
unit 13	未到違	55.57~60.55	50.11~54.18	貝殻片含むシルト〜細砂.上方粗粒化傾向,砂層に平行葉理	プロデルタ~デルタフロント	MIS 9	海成層	C3	HSI
unit 14		60.55~70.60	-	粗砂からシルトへ上方細粒化後上方粗粒化、貝殻片含む	エスチュアリ	MIS 9			TST
unit 15			54. 18~60. 92	淘汰がいい粗中砂からなる。平行葉理が発達し,貝殻片含	前浜	MIS II			
unit 16	+ 5110	70.60~81.85	60.92~79.43	上方粗粒化するシルト〜中砂, 貝殻, アカガシ亜属花粉多産	プロデルタ~デルタフロント	MIS II	海成層	~	HSI
unit 17	木到運	81.85~86.39	-	上方細粒化する砂泥層からなる.上部で貝殻片	エスチュアリ			64	TST
unit 18		86.39~90.00	-	砂礫層からなる。下部には最大径35mmの礫	網状河川	MIS 12			LST
unit 19	未到	違	79.43~86.00	固結泥岩	基盤(上総層群)				
				概ね平均海水面高度を示すと考えられる層準	HST:高海面期				
				晶大海氾濫而を示すと考えられる届進	TCT:海面上見加				

図 2-6 GC-NG-1、OY-1 及び OY-2 コアの堆積ユニット区分と堆積相の特徴と対比案

低海面期の基底礫層と考えられる層準 未堆積。または、侵食により消失 LST:低海而期

FSST:海面低下期

2.3.2 粒度分析

結果を図 2-3~図 2-5 にまとめて示す。泥層と砂礫層の互層がみられ、細粒層はしばしば貝殻 片を含む。大局的には、海面上昇期~高海面期に細粒層が、低海面期に粗粒層が堆積を繰り返し てきたことを示す。ただし、コアごと、サイクルごとに粒度の鉛直変化パターンは多様である。

2.3.3 元素分析

全硫黄濃度の分析結果を図 2-3~図 2-5 にまとめて示す。Unit 9、14 及び 16 で 2%を超える 高値となっており、海成層であることを示す。

2.3.4 テフラ分析

分析結果を表 2·1、表 2·2、図 2·7、図 2·8にまとめて示す。コア中のテフラは、ラミナのみ られる砂層に挟在することから、河川によって運搬され再堆積したと推定される。すなわち、鬼 怒川上流域に位置する日光火山群や那須塩原火山の噴出物起源と推定され、具体的には、塩原片 侯テフラ(So-KT)と塩原大田原テフラ(So-OT)(いずれも、山田ほか,2018)が分析対象テフ ラの対比候補であると考えられた。そこで、山田ほか(2018)の模式露頭から採取・提供された So-OT、So-KT 両試料を、未知試料と同時期に分析し、結果を未知試料とあわせて示した。

火山ガラス主成分分析の結果から OY-2_66.34 と OY-2_66.58、OY-1_79.48 と OY-1_79.65 は それぞれ同一のテフラと考えられる。OY-2_66.58 と OY-1_79.65 は生痕中に含まれることから、 それぞれ上位の OY-2_66.34 と OY-1_79.48 が地中に取り込まれたものと考えられる。

鉱物組成と主成分分析結果から OY-2_66.34 と OY-1_79.48 は So-KT に、OY-1_53.84 は So-OT にそれぞれ対比できる。NG-1_66.09 は So-OT と類似した化学組成を示すが、アルミニウム の値が低く、鉄・チタンの値が高いことから、So-OT とは異なるテフラであると判断される。産

【 付録 6 】

出層位からみると、So-OT よりも降下時期が新しい可能性が高い。

山田ほか (2018) によると So-KT の降下年代は 410~337 ka (MIS 11)、So-OT の降下年代 は 337~300 ka (MIS 9) とされている。各テフラは再堆積であるため、降下年代以降に堆積し たと考えられる。つまり、OY-2_66.34 と OY-1_79.48 が含まれる Unit16 は MIS 11 か、それよ り新しい時代、OY-1_53.84 が含まれる Unit12 は MIS 9 か、それより新しい時代に堆積したと 推定できる。

ID	深度(m)	層相	粒径	色	鉱物組成*	
OY-2_66.34	66.31-66.36	密集	<5mm	白	Орх, Срх, Но	
OY-2_66.58	66.58-66.60	生痕中に散在	 阆中に散在 2mm 白		Орх, Срх, Но	
OY-1_53.84	53.80-53.88	層状に密集	<23mm 白・灰		Но	
OY-1_79.48	79.38-79.49	層状に密集		É	Срх	
OY-1_79.65	79.65-79.66	レンズ状に入る		É	Срх	
NG-1_66.09	66.08-66.11	ラミナ中に混在	<2mm	白	Орх, Но	

表 2-1 分析した主なテフラ

*Opx:斜方輝石、Cpx:単斜輝石、Ho:普通角閃石

【付録6】

	SiO2	TiO 2	A12O3	FeO	MgO	CaO	Na2O	K2O	n	Total
O Y2_66.34	78.62	0.22	13.51	1.25	0.53	1.8	2.15	1.93	20	100
S.D.	1.76	0.05	0.73	0.29	0.22	1.05	0.25	0.27		
O Y2_66.58	79.16	0.2	13.64	1.21	0.49	1.53	2	1.77	20	100
S.D.	0.6	0.05	0.31	0.11	0.06	0.16	0.28	0.17		
OY1_53.84	78.47	0.24	13.25	1.39	0.37	1.69	2.54	2.04	20	100
S.D.	1.28	0.04	0.85	0.36	0.06	0.39	0.28	0.19		
OY1_79.48	78.35	0.22	13.94	1.33	0.62	1.67	2.09	1.77	20	100
S.D.	2.33	0.09	1.15	0.5	0.48	0.77	0.38	1		
O Y1_79.65	79.19	0.19	13.72	1.13	0.45	1.51	2.13	1.68	20	100
S.D.	1.1	0.05	0.77	0.16	0.07	0.33	0.34	0.25		
NG1_66.09	77.14	0.29	12.55	1.94	0.39	1.87	3.45	2.28	20	100
S.D.	0.19	0.04	0.07	0.11	0.03	0.06	0.08	0.04		
So-OT	79.17	0.22	13.17	1.62	0.38	1.54	1.96	1.93	20	100
S.D.	0.16	0.04	0.13	0.06	0.06	0.05	0.12	0.07		
So-KT	78.06	0.28	13.68	1.63	0.47	1.88	2.18	1.79	20	100
S.D.	1.03	0.06	0.64	0.26	0.13	0.24	0.44	0.23		

表 2-2 火山ガラス主成分組成の平均値

【付録6】



及び OY-1_79.65 の火山ガラス主成分組成

【付録6】



図 2-8 So-OT、OY-1_53.84 及び NG-1_66.09 の火山ガラス主成分組成

2.3.5 帯磁率及び含水率

測定結果をまとめて図 2-3~図 2-5 に示す。帯磁率は、堆積物の粒径と正の相関がある。ただし、GC-OY-1 コアの Unit 14 上部の海成砂層において、特に高い値を示しており、波浪による篩

分けが生じて、粒子密度の高い磁鉄鉱が濃集していると考えられる。

含水率は泥層で30%前後に達するが、砂層では低い。含水率は粒径による差異が大きいが、全体としては、鉛直方向に大きく変化する様子は認められない。

2.3.6 珪藻分析

珪藻の群集組成解析結果を GC-NG-1、GC-OY-1 及び GC-OY-2 コアの順で図 2-9、図 2-10 及 び図 2-11 に示す。

GC-NG-1 コアから分取した 29 試料の珪藻化石分析結果に基づいて、同コアの群集組成は下位 から NG1-1~10 に区分される (図 2-9)。 深度 71.33~66.74 m の NG1-1 は Diadesmis contenta や Achnanthidium minutissimum などの陸生珪藻や Fragilaria spp.などの淡水生種で主に構成 され、汽水生種の Navicula gregaria や海生種の Cyclotella spp.も数%確認された。深度 59.31 ~59.30 m の NG1-2 は Fragilaria capucina などの Fragilaria spp.や Amphora copulata などの 淡水生種で主に構成され、汽水生種の Navicula veneta も数%確認された。深度 57.25~53.96 m の NG1-3 は Paralia sulcata や Cyclotella striata などの内湾指標種群や Thalassiosira spp.など の海生種で主に構成され、Fragilaria spp.などの淡水生種も10%前後確認された。深度48.26~ 45.64 mのNG1-4 は Diadesmis contenta や Achnanthidium minutissimum などの陸生珪藻や Fragilaria spp.などの淡水生種で主に構成され、汽水生種の Navicula gregaria も極僅かに確認 された。深度 41.98~26.48 m の NG1-5 は Thalassiosira spp.などの海生種や Paralia sulcata な どの内湾指標種群で主に構成されるが、下部では淡水生種の Navicula spp.、Diploneis spp.や Fragilaria spp.などが多産傾向を示し、上部では珪藻化石がほとんど確認できなかった。深度 24.40~19.82 mのNG1-6 は淡水生種の Fragilaria brevistriata をはじめとする広義の Fragilaria spp.で主に構成され、同じく淡水生種の Navicula spp.なども多産傾向を示し、内湾指標種群の Paralia sulcata なども僅かに確認された。深度 17.71~16.10 mの NG1-7 は Diadesmis contenta や Hantzschia amphioxys などの陸生珪藻で主に構成され、下部では海生の Cyclotella spp.も 数%確認された。深度 14.69~14.68 m の NG1-8 は *Diadesmis contenta* などの陸生珪藻や *Eunotia praerupta* var. *bidens* などの淡水生種で主に構成される。深度 13.88~7.25 m の NG1-9は Eunotia tenelloides や Achnanthidium minutissimum などの陸生珪藻や Fragilaria spp.な どの淡水生種で主に構成される。深度 6.96~1.25 m の NG1-10 は珪藻化石がほとんど確認でき なかった。



図 2-9 GC-NG-1コアの珪藻群集組成

【 付録 6 】

GC-OY-1 コアから分取した 34 試料の珪藻化石分析結果に基づいて、同コアの群集組成は下位 から OY1-1~9 に区分される (図 2-10)。 深度 85.04~72.62 mの OY1-1 は珪藻化石がほとんど 確認できなかったが、内湾指標種群の Paralia sulcata などが極僅かに確認された。深度 69.10~ 63.85 mのOY1-2 は Paralia sulcata や Cyclotella striata などの内湾指標種群で主に構成され る。深度 60.25~52.18 m の OY1-3 も珪藻化石がほとんど確認できなかったが、内湾指標種群や 海生種の Cyclotella striata や Thalassiosira spp.、Paralia sulcata などが極僅かに確認された。 深度 46.24~27.59 m の OY1-4 は Paralia sulcata や Cyclotella striata などの内湾指標種群で主 に構成され、汽水生や淡水生種も確認された。深度 24.68~24.67 m の OY1-5 は Eunotia tenelloides などの陸生珪藻や Navicula spp.などの淡水生種で主に構成される。深度 23.61~ 21.73 m の OY1-6 は Luticola mutica や Hantzschia amphioxys などの陸生珪藻で主に構成さ れ、Reimeria sinuata や Planothidium lanceolatum などの河川指標種群も確認された。深度 18.40~15.66 m の OY1-7 は Achnanthidium minutissimum や Diadesmis contenta などの陸生 珪藻と、*Reimeria sinuata や Planothidium lanceolatum* などの河川指標種群で主に構成される。 深度 11.27~11.26 m の OY1-8 は淡水生種の Navicula spp.や Achnanthes spp.で主に構成され、 Cymbella subaequalis などの沼沢湿地付着生指標種群が確認された、深度 2.15~1.09 m の OY1-9 では下位では種が同定できる珪藻化石を確認できなかったが、上位では河川性指標種群の Nitzschia frustulum をはじめとする淡水生種で主に構成される。

【 付録 6 】



GC-OY-2 コアから分取した 26 試料の珪藻化石分析結果に基づいて、同コアの群集組成は下位 から OY2-1~9 に区分される (図 2-11)。

深度 85.61~79.68 m の OY2-1 では殻が半分以上残存している珪藻化石を確認できなかった。 深度 74.21~65.32 m の OY2-2 は珪藻化石がほとんど確認できなかったが、海生種や海~汽水生 種、淡水生種が僅かに確認された。深度 54.05~43.80 m の OY2-3 も珪藻化石をほとんど確認で きなかったが、内湾指標種群の Paralia sulcata のみが極僅かに確認された。深度 37.07~30.61 mのOY2-4は Paralia sulcata や Cyclotella striata などの内湾指標種群で主に構成され、深度 32.19~32.2 m では外洋指標種群の Tryblionella granulata も主な構成種となる。深度 29.47~ 19.33 m の OY2-5 は Navicula spp.や Nitzschia spp.などの淡水生種や Achnanthidium minutissimum などの陸生珪藻で主に構成される。深度 15.17~13.10 m の OY2-6 は Staurosira construens var. venter や Fragilaria exigua などの淡水生種と、Aulacoseira valida などの湖沼 浮遊生指標種群や Planothidium lanceolatum などの河川指標種群で主に構成される。深度 11.32 ~11.3 mのOY2-7では Pinnularia spp.や Navicula spp.などの淡水生種と、Luticola mutica な どの陸生珪藻で主に構成される。深度 5.47~5.46 m の OY2-8 では Navicula spp.や Nitzschia spp.などの淡水生種と Staurosira construens や Fragilaria brevistriata をはじめとする広義の Fragilaria spp.などで主に構成される。深度 1.53~1.52 m の OY2-9 では Pinnularia subcapitata や Neidium alpinum などの陸生珪藻や Pinnularia subcapitata var. elongata などの高層湿原指 標種群などで主に構成される。

【 付録 6 】



図 2-11 GC-OY-2 コアの珪藻群集組成

2.3.7 花粉分析

花粉の群集組成解析結果を GC-NG-1、GC-OY-1 及び GC-OY-2 コアの順で図 2-12, 図 2-13 及び 図 2-14 に示す。

GC-NG-1 コアから今年度追加分析を行った 3 試料の結果を加え、同コアの群集組成は下位か ら NG1-1~6帯 に区分される (図 2-12)。各帯の境界深度は昨年度の調査結果とほぼ同様である が、NG1-6帯の下限深度は今年度の分析結果を考慮して 2.51m へと若干深くなる。各帯の特徴 は以下の通りである。深度 71.35~66.72 m の NG1-1帯は胞子の含有率が花粉よりも高く、樹木 花粉はハンノキ属が優勢で、ニレ属・ケヤキ属、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属、クマシデ属、 ハリゲヤキ属、マツ属がこれに次ぐ。深度 59.32~53.94m の NG1-2帯は草本及び樹木花粉が優 勢で、樹木花粉はクルミ属・サワグルミ属とコナラ属コナラ亜属が優勢で、トウヒ属、ブナ属、 ハンノキ属、クマシデ属がこれらに次ぐ。深度 48.30~24.39 m の NG1-3帯はコナラ属コナラ亜 属、クルミ属・サワグルミ属、ハリゲヤキ属が優勢で、ブナ属、ツガ属、マツ属、クマシデ属、 ハンノキ属がこれらに次ぐ。深度 17.74~14.68 m の NG1-4帯は胞子の含有率が花粉よりも極 めて高く、樹木花粉はハンノキ属が極めて優勢で、コウヤマキ属、マツ属、ツガ属がこれに次ぐ。 深度 10.27~3.80 m の NG1-5帯はスギ属が優勢で、コウヤマキ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属、 ハンノキ属がこれに次ぐ。深度 2.51~1.25 m の NG1-6帯はスギ属が極めて優勢で、コウヤマキ 属、クマシデ属、ブナ属、マツ属がこれに次ぐ。





【 付録 6 】

GC-OY-1 コアから今年度追加分析を行った 1 試料の結果を加え、同コアの群集組成は下位から OY1-1~9帯 に区分される(図 2-13)。今年度の分析結果を考慮して 4帯の花粉帯を増設する。これに伴い、各帯の境界深度は昨年度の結果と変更点がある。

深度 85.05~82.70 m の OY1-1 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ブナ属、マツ属、ヒノキ 科、ツガ属、モミ属、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属がこれに次ぐ。深度 77.48~77.44 m の OY1-2 帯はヒノキ科、ハンノキ属が優勢で、ブナ属、ツガ属、トウヒ属、コナラ属コナラ亜属、 スギ属、ニレ属・ケヤキ属がこれらに次ぐ。深度 72.63~72.60m の OY1-3 帯はハンノキ属が極 めて優勢で、ブナ属、ツガ属、トウヒ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属、スギ属、ニレ属・ケ ヤキ属がこれに次ぐ。深度 69.10~63.85m の OY1-4 帯はハンノキ属が極めて優勢で、ブナ属、 ツガ属、トウヒ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属、スギ属、ニレ属・ケヤキ属がこれに次ぐ。 深度 57.90~52.14 m の OY1-5 帯はスギ属が極めて優勢で、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属、 ニレ属・ケヤキ属、ヒノキ科、ブナ属、トウヒ属、クマシデ属がこれに次ぐ。深度 46.24~27.57 mのOY1-6帯はハリゲヤキ属とクマシデ属が極めて優勢で、ハンノキ属、クルミ属・サワグル ミ属、コナラ属コナラ亜属、マツ属、ツガ属、ブナ属がこれらに次ぐ。深度 23.60~15.66 mの OY1-7 帯はスギ属が極めて優勢で、トウヒ属、ハンノキ属、ツガ属、マツ属、モミ属、コウヤマ キ属がこれに次ぐ。深度14.09~11.23 mのOY1-8帯はマツ属が極めて優勢で、トウヒ属、コウ ヤマキ属、スギ属、ハンノキ属、ツガ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属がこれに次ぐ。深度 2.12 ~1.10 m の OY1-9 帯ではマツ属とスギ属が極めて優勢で、モチノキ属、コナラ属コナラ亜属、 ヒノキ科がこれに次ぐ。



【 付録 6 】

GC-OY-2 コアから今年度追加分析を行った 3 試料の結果を加え、同コアの群集組成は下位から OY1-1~10帯 に区分される (図 2-14)。今年度の分析結果を考慮して 3帯の花粉帯を増設する。これに伴い、各帯の境界深度は昨年度の結果と著しい変更点がある。特に、後述の OY2-6帯 の産出組み合わせは、これまでの知見になかったもので、GC-NG-1 及び GC-OY-1 にも認められない。コナラ属アカガシ亜属が極めて多量に産出していることから、MIS5e のなかの最温暖層準の可能性がある。





【 付録 6 】
深度 85.61~79.68 m の OY2・1 帯ではツガ属、ハンノキ属、ニレ属・ケヤキ属が優勢で、クル ミ属・サワグルミ属、コナラ属コナラ亜属、モミ属がこれに次ぐ。深度 74.23~74.18 m の OY2・ 2 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ブナ属、マツ属、ツガ属、ハンノキ属、スギ属がこれら に次ぐ。深度 69.92~65.32 m の OY2・3 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ヒノキ科、ブナ属、 マツ属、ツガ属、ハンノキ属、スギ属がこれらに次ぐ。深度 54.07~43.76 m の OY2・4 帯はブナ 属が優勢で、スギ属、マツ属、ニレ属・ケヤキ属、ハンノキ属、クマシデ属、トウヒ属、クルミ 属・サワグルミ属がこれに次ぐ。深度 37.10~28.57 m の OY2・5 帯はクマシデ属が極めて優勢 で、ハリゲヤキ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ属、ハンノキ属、クルミ属・サワグルミ属、マツ 属、ツガ属がこれに次ぐ。深度 24.12~26.64 m の OY2・6 帯はコナラ属コナラ亜属、コナラ属ア カガシ亜属が極めて優勢で、スギ属がこれらに次ぐ。深度 22.71~19.33 m の OY2・7 帯はスギ属 が優勢で、マツ属、ツガ属、トウヒ属がこれに次ぐ。深度 17.34~11.31 m の OY2・8 帯はマツ属、 ツガ属、トウヒ属、スギ属、が優勢で、コウヤマキ属がこれに次ぐ。深度 5.49~5.44 m の OY2・ 9 帯ではハンノキ属が優勢で、ブナ属、クルミ属・サワグルミ属、コウヤマキ属、マツ属、クマ シデ属、コナラ属コナラ亜属、トウヒ属がこれに次ぐ。深度 3.17~1.52m の OY2・10 帯ではマツ 属が極めて優勢で、スギ属、コナラ属コナラ亜属、ニレ属・ケヤキ属、ヒノキ科がこれに次ぐ。

2.4 考察

2.4.1 年代対比

GC-NG-1、GC-OY-1 及び GC-OY-2 コアを構成する各堆積 Unit(図 2-3~図 2-5、図 2-6)を 海洋酸素同位体ステージと対比する(図 2-6、図 2-15)。コアはいずれも武蔵野面に対比されて いる宝木段丘面(鈴木・小池,2000)の上で掘削された。宝木段丘構成層(Unit 3、4)の直下に 伏在する海成層である Unit 5 と Unit 6(図 2-6)は下末吉海進に伴い堆積したと考えられるこ とから、MIS 5e に対比される。Unit 8 の砂礫層は、3本のコアで認められ、見かけの縦断勾配が 大きく、下流へ向かって礫径、層厚ともに減少することから、MIS 6 の低海面期に網状河川が堆 積した基底礫層であると考えられる。

これより下位の Unit 9~Unit 18 には、複数の海成層が含まれる(図 2-9~図 2-11)。これら のうち、最も下位の Unit 16 は、GC-OY-2 と GC-OY-1 の最下部に堆積し、東日本では MIS 11 と MIS 1 で多産するアカガシ亜族の花粉化石を多量に含むとともに(図 2-13、図 2-14)、MIS 11 に噴出した So-KT テフラ(山田ほか, 2018)を挟むことから(図 2-7)、MIS 11 に対比される。 GC-OY-2 のみに認められる Unit 15 は MIS 11 の海面上昇期に続く高海面期に堆積したと推定で きる。なお、OY-GC-1 コアの Unit 16 のなかの上部の砂層は Unit 15 に区分するほうが適切かも しれない。

さらに Unit 14~12 と、Unit 9 が海成層であることが、珪藻遺骸群集(図 2-9~図 2-11)、貝 殻片、全硫黄濃度(図 2-3~図 2-5)の分析結果から推定される。GC-OY-1の Unit 12 からは、 MIS 9 に降下した So-OT テフラ(山田ほか, 2018)を挟むことから(図 2-8)、MIS 9 に対比され る可能性がある。

Unit 9 は、層位的には MIS 5e もよりも古い海成層の中では、最も新しいと考えられることか ら、MIS 7 に対比される可能性がある。ただし、MIS 7 の海面高度は、MIS 11 以降の間氷期と しては最も低かったことが知られており、本研究対象地域まで、MIS 7 の海域が拡大していたか は不明である。須貝ほか(2013)の海岸線の推定位置をみると、MIS 7 の海岸線は、縄文海進時 の海岸線と類似していて、海進規模が小さいく、海進直前の海退期に穿たれた河谷沿いに幅狭く、 海水が侵入した様子が伺える。MIS 7 の海岸線の西縁の位置が、MIS 11、9、5 の海進時の位置 よりも東(盆地の中央)に寄っていたと推定されている。MIS7の海岸線を北へ外挿すると、海 岸線のさらに東側、すなわち MIS7に海域であったと推定される位置で GC-NG-1 コアを掘削し たように見える。粗粒な礫層である Unit 11 の堆積時に形成された河谷に沿って、MIS7の海進 期~高海面期に海が侵入し、Unit 10~Unit 9 が堆積したと解釈しうる。なお、Unit 10 が MIS 7a~7c に Unit 9 が MIS7e に堆積した可能性もあるが、詳細な対比は、今後の検討課題である。



図 2-15 GC-OY-2、GC-OY-1 及び GC-NG-1 コアの層序対比図案 MIS 11 と MIS 5e の海進規模が大きく、海成層がオーバーラップして堆積した様子が伺える。 SA-WS1、GS-SB1、GS-YS1の柱状図とそれらに示された地層境界面の MIS については須貝ほ か(2013)に基づく。

2.4.2 MIS11 以降の地殻変動速度

GC-OY-2 における MIS 11 の海成層の上面高度として Unit15 の上面高度を採用すると、標高 -20.17 m となる。また、GC-OY-1 では Unit16 の上面高度を採用すると標高-41.15 m となる。 GC-OY-1 における Unit16 の上面は、上位の Unit14 に軽微な不整合をもって接しているが、 Unit14による侵食量は無視できると考え、ここでは Unit16の上面高度をもって議論する。MIS 11 におけるユースタチックな最高海面高度は現在に比べて 6~13 m ほど高かった(Raymo and Mitrovica, 2012) ことから MIS 11 以降の変動量は GC-OY-2 で-26~-33 m、GC-OY-1 で-47 ~-54 m と見積もることができる。また、その時期は約40万年前なので、MIS11から現在ま での期間の平均上下変動速度はGC-OY-2 で-0.08 mm/yr、GC-OY-1 で-0.13 mm/yr と算出さ れ、平均的には 0.1 mm/yr 前後の速さで沈降してきたと推定しうる。なお、主に泥層が圧密を受 け、非テクトニックな沈降が生じていると考えられるが、泥層の占める割合が総じて小さく、含 水率の深度方向への減少傾向も認め難いことから(図 2-3~図 2-5)、テクトニックな沈降と比べ、 かなり小さいと考えられる。圧密の影響を加えれば、上記の平均沈降速度は若干小さくなる(ゼ ロに近づく)と考えられる。また、厳密には、Unit16の上面の堆積年代は、MIS 11の最高海水 準期と時期的に若干ずれる可能性がある。その場合、最高海水準高度がやや低めに推定されるが、 GC-OY-1, GC-OY-2 コアの掘削地点は、古東京湾の最奥部に近く、ずれは千年オーダー以下であ ると考えられることや、その期間内での海水準の変動幅は小さいと考えられるので、時期のずれ は評価しないことにした。以下、MIS 9 と MIS 5e についても、同様に、上記の時期のずれは評 価しないこととした。

次に GC-OY-2 と GC-OY-1 の MIS 9 の海成層上面高度として、上部外浜~前浜相を示す Unit 12 の上面高度を用いる(図 2-6)。つまり、GC-OY-2 で-9.74 m、GC-OY-1 で-24.13 m とな る。MIS 9 では海面高度が現在に比べて 9 m ほど高かった(Spratt and Lisiecki, 2016)ので、 MIS 9 (約 33 万年前)以降の変動量は GC-OY-2 で約-19 m、GC-OY-1 で約-33 m と見積もら れる。したがって、MIS 9 以降の平均変動速度は GC-OY-2 で-0.06 mm/yr、GC-OY-1 で-0.11 mm/yr と算出される。

MIS 5e の海成層上面高度には、デルタフロント相を示す Unit 5 の上面高度を用いる。つまり、 GC-OY-2 で約+6 m、GC-OY-1 で約+4 m、GC-NG-1 で約-3m となる。MIS 5e では海面高度 が現在に比べて 6~9m ほど高かった(Dutton and Lambeck, 2012)ので、MIS 5e 以降の変動 量は GC-OY-2 で 0~-3 m、GC-OY-1 で-2~-5 m、GC-NG-1 で-9~-12 m と見積もられる。 ここから MIS 5e 以降の平均変動量は GC-OY-2 で-0.03mm/yr、GC-OY-1 で-0.05mm/yr、GC-NG-1 で-0.10 mm/yr と算出される。

以上、過去 40 万年間の地殻変動速度を 40 万年間平均、33 万年間平均、12 万年間平均でそれ ぞれ追跡すると、事例対象地域では地殻変動が過去 40 万年間、一様・一定というわけではなく、 約 10 万年オーダーで沈降が徐々に鈍化していると考えられる。

【付録6】

3. 内陸部の離水地形, 旧河床堆積物の認定・記載に係る作業

3.1 アプローチ

本研究開発の事例対象とする穿入蛇行河川には、日本列島における環流旧河谷分布データベース(高取ほか,2012)を参照し、全国的にみて穿入蛇行河川の痕跡地形となる環流旧河谷が多く残されている赤石山脈の大井川を選定した(図 3-1)。そして、まず、大井川沿いの離水河成地形の分布状況を把握するために、空中写真判読による環流旧河谷と河成段丘の分布図の作成を行った。次に、判読された河成段丘が堆積段丘なのか、侵食段丘なのかを識別するために、露頭の観察やUnmanned Aerial Vehicle(以下、「UAV」という)を用いた段丘露頭の写真撮影を数地点で行った。あわせて、旧河床堆積物の離水過程を堆積学的に検討できる条件の良い露頭において、層相の記載と長石のInfrared stimulated luminescence(以下、「IRSL」という)年代測定試料の採取を行った。



図 3-1 研究開発の事例対象地域

環流旧河谷の分布については、高取ほか(2012)のデータベースに基づく。

3.2 結果

3.2.1 離水河成地形の分布と特徴

大井川沿いの河成段丘面と環流旧河谷の分布図を、1976年に撮影されたカラー空中写真の実体視判読にもとづき作成した。作成した分布図を図 3-2に、河成段丘面と環流旧河谷の縦断形投影図を図 3-3にそれぞれ示す。

大井川の谷口から河口までの区間には、牧ノ原面(MIS 5e に形成; 杉山ほか, 1987)とよばれ る連続性のよい扇状地起源の河成段丘面が発達する。谷口よりも上流部では、生育蛇行に起因す ると考えられる蛇行流路の滑走部に発達する多段の河成段丘面群、早瀬切断に起因すると考えら れる蛇行流路の攻撃部に発達する河成段丘面、蛇行頸状部の切断による環流旧河谷状の河成段丘 面が発達する。これらの河成段丘面のうち、蛇行流路の滑走部や攻撃部に発達する高位のものに は、平坦面の広がりが狭小な尾根状のものが認められる。しかし、全体的にみて河成段丘面の開 析は、高位のものも低位のものもそれほど進んでいない。また、特筆すべき河成段丘面の分布の 特徴は、堆積段丘面によくみられる支流の谷を埋積するような分布形態(支流に入り込むような 分布形態)をとる河成段丘面が認められないことである。

大井川の谷口よりも上流部に発達する河成段丘面の多くは、河床からの比高 120 m 以下の高さ に分布する。しかし、河口からの距離 60~75 km の区間に限って、河床からの比高 120~250 m の高位置に分布するものがある。図 3-2 と図 3-3 に示されるように、全体としてみると大井川沿 いの河成段丘面は、蛇行部ごとに様々な高さに分布し、各段丘面の連続性にも乏しい。そのため、 本研究開発では、河床からの比高に基づく段丘面の対比、並びに牧ノ原面に連続する段丘面の特 定はできなかった。

環流旧河谷については、河口からの距離 40~115 km の区間に分布している。その分布高度に ついては、上流に分布するものほど高い傾向にある。すなわち、河成段丘面の発達が良い河口か らの距離 90 km の区間においては、環流旧河谷状の河成段丘面として判読され、河床からの比高 は 30~60 m である。これに対して、河成段丘の発達が悪くなる河口からの距離 90~115 km の 区間に分布する環流旧河谷の分布高度は、河床からの比高 60~200 m である。

【付録6】



図 3-2 離水地形区分図 背景図には地理院タイルを使用した。

【付録6】



図 3-3 離水地形の縦断形投影図

環流旧河谷の標高については、旧流路の攻撃斜面と環流丘陵との間に分布する平坦面の標高をプロット。

3.2.2 段丘構成層の特徴

河成段丘の現地観察により、基盤岩と河成礫層と解釈できる円礫層の境界の標高を確認し、その標高と段丘面の標高との比高から段丘堆積物の厚さを推定した。現地観察は、数地点にて実施したにすぎないが、推定された段丘堆積物の厚さは 0.3~15 m であったことから(図 3-3)、観察した全ての河成段丘が侵食段丘であることがわかった。

河口からの距離 64~65 km 区間においては、河床からの比高約 50 m に広い平坦面をもつ河成 段丘面が確認できる。この河成段丘面の大井川に面した段丘崖は、高さ 50 m ほどの露頭となっ ており、この河成段丘の断面構造を観察することができる。そこで、この露頭において、UAV を 用いた空撮による観察を行うとともに、撮影した写真を SfM (Structure from Motion) ソフトウ ェアを用いてオルソ画像化したものから、基盤岩の高さと段丘堆積物の厚さを算出した。使用し た UAV は DJI 社製の Mavic2 Pro、使用した SfM ソフトウェアは Agisoft 社製の Metashape で ある。その結果、この河成段丘は、河床から高さ 45 m 程度までは基盤岩で構成され、その上に 層厚 5 m 程度の最大径が数 10 cm 程度の円礫層がのる侵食段丘であることがわかった(図 3-4)。



図 3-4 段丘構成層の UAV 画像 UAV 画像はオルソ補正済み。露頭観察地点については、図 3.2 を参照。

3.2.3 露頭調査

大井川の現河床よりも 125 m 程度高い標高 410~415 m に段丘面をもつ河成段丘の構成層を 露頭において観察した(図 3-5)。この露頭では、下位から順に層厚 1 m 以上の亜円礫まじりの 砂礫層、層厚 1 m 程度の砂層、層厚 1 m 程度の砂礫層と泥層の互層、層厚 1 m 程度の泥層、層 厚 1 m 以上の亜角礫まじりの砂礫層が確認できた。これらの堆積物の層相の特徴と解釈を下位か ら順に記述する。

最下位の砂礫層は円磨された最大径 3~10 cm の円~亜円礫を主体として、同露頭の約 30 m 東方にある数 m 下位にある露頭においても連続的に確認できる。同様の特徴を持つ円礫層は大井 川の河床でも確認できるので、河成礫層であると考えられる。

その上位の砂層は主に中粒砂で構成されており、下位には円礫主体の細礫層が4層程度レンズ 状にみられる。全体として上方細粒化を示して、掃流運搬される粒径が揃った砂層を主体とする ので、離水する直前に形成された流路堆積物であると考えられる。

その上位の砂礫層と泥層の互層は、亜角礫を主体とする砂礫層と粗粒砂層~中粒砂層を主体と して、シルト質の泥層の薄層が挟在する。この互層の基底面は北へ緩く傾斜しており、露頭の北 方では亜角礫を主体とする砂礫層が卓越するのに対して、南方では亜円~亜角礫まじりの粗粒砂 層~中粒砂層を主体とする。全体として亜角礫が主体であり、粗粒砂層~中粒砂層の淘汰が悪い ので、支流の小規模な流路で堆積したと推定できる。この堆積物の基底面が北方へ緩く傾斜して いるのは、下位の砂層を侵食したことを示唆している。

その上位の泥層には平行葉理が認められ、下部の黒色を呈する有機質な部分と上部の灰色泥層 に二分できる。浮遊運搬される粒子によって主に構成されるので、湖沼もしくは湿地のような環 境で形成された堆積物であると考えられる。 最上位の砂礫層は円磨度が低い角〜亜角礫を主体とし、下位の泥層を不規則に侵食して堆積していることから、斜面堆積物であると考えられる。

したがって、段丘構成層中の離水面は、標高 412 m 付近の砂層と砂礫層/泥層の互層の境界面 であると推定できる。河成堆積物の離水年代の制約に必要となる長石を用いた IRSL 年代測定用 の試料については、この境界面の上下で計 6 層準採取した。あわせて、微化石分析とテフラ分析 に供する試料も採取した。



図 3-5 露頭観察地点の地形と柱状図 露頭の位置については図 3-2 を参照。

3.3 考察

河成段丘面の分布形態や段丘堆積物の厚さを考慮すると、大井川の谷口よりも上流部に発達す る河成段丘面は、基本的に侵食段丘面として形成されたものと考えられる。気候変動に起因する 河床変動に比して、相対的に隆起速度(≒下刻速度)が大きい場合、いわゆる氷期の堆積段丘が 形成されず、相対的に薄い段丘堆積物からなる侵食段丘しか形成されないと考えられているが(田 力,2000)、大井川もそのような特徴を有する河川である可能性が高い。重要なのは、こうした気 候変動の河床変動への影響が相対的に小さい河川では、河成堆積物の離水年代を現河床からの比 高で除して算出した平均下刻速度を平均隆起速度に近い値として考えられることである。それゆ え、大井川は、離水地形の離水時期を制約し、その結果に基づき数千~数十万年間の隆起・侵食 速度推定技術の高度化するという研究開発に適した条件を有する河川であると考えられる。

4. まとめ

沿岸部を対象とした技術開発(第2章)では、平野のボーリングコア試料を用いて MIS 11(約40万年前)以降に堆積した地層から隆起・沈降速度を推定するための調査スキーム(図 2·2)を 構築し、その調査スキームに従って MIS 5e以前の地層の層序区分を目的とした地層の詳細な分 析を実施した。そして、その結果を本研究で得られたこれまでの成果と統合することで、過去40 万年間の地殻変動速度を40万年平均、33万年平均及び12万年平均のマルチタイムスケールで 追跡することが可能となった。それにより、対象地域において地殻変動が過去40万年間、一様・ 一定なのか否かを識別することが可能との見通しが得られた。この成果は、過去から現在までの 地殻変動の傾向の理解とその外挿に基づく地殻変動の将来予測の信頼性の向上に貢献するものと 考えられる。今後の課題としては、本技術開発において整備した調査スキームの実践を通した適 用性の確認が挙げられる。

一方、内陸部を対象とした技術開発では(第3章)、穿入蛇行河川の平均下刻速度の推定に係る 手法の適用において必要となる地形・地質データの取得、並びに年代測定試料の採取を赤石山脈 の大井川を事例に実施した。あわせて、事例対象地域が本研究開発手法に適した地域であること を確認した。今後は、採取した年代測定試料のIRSL年代測定を進め、河成堆積物の離水年代か ら平均下刻速度を算出し、得られた速度の妥当性を事例地域の地形・地質学的特徴との照合に基 づいて検討することが望まれる。

5. 引用文献

2.平野のボーリングコアを用いた分析作業

Dutton, A. and Lambeck, K., Ice volume and sea level during the last interglacial, Science, vol.337, pp.216-219, 2012.

後藤憲央, 佐々木俊法, 河成段丘面の比高分布から推定される伏在断層の活動性 -2008 年岩手・ 宮城内陸地震震源域直上の磐井川を例に, 第四紀研究, vol.58, pp.315-331, 2019.

幡谷竜太,河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討(2)-那珂川沿いに分布する河成 段丘の層序-,電力中央研究所研究報告,N05016,34p.,2006.

小池一之,町田 洋編,日本の海成段丘アトラス,東京大学出版会,122p.,2001.

国土地理院、治水地形分類図、更新版(平成19年度から),2007.

http://maps.gsi.go.jp/#12/36.201066/139.740601/&base=std&ls=std%7Clcmfc2&blend=0& disp=11&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0f1 (2019年2月14日最終閲覧)

狛 武, 堆積物中の硫黄・炭素・窒素による環境解析の一例, 日本有機物地球化学, vol.7, pp.47-50, 1990.

楡井 尊,本郷美佐緒,中部日本における前期末~中期更新世の花粉生層序,第四紀研究,vol.57, pp.143-155, 2018.

- Raymo, M. E. and Mitrovica, J. X., Collapse of polar ice sheets during the stage 11 Interglacial, Nature, vol.483, pp.453-456, 2012.
- Spratt, R.M. and Lisiecki, L.E., A late Pleistocene sea level stack, Climate of th Past, vol.12, pp.1079–1092, 2016.
- 須貝俊彦, 杉山雄一, 深層ボーリング (GSNB-1) と大深度地震調査に基づく濃尾傾動盆地の沈降・傾動速度の総合評価, 平成 10 年度活断層・古地震研究調査報告書, pp.77-87, 1999.
- 須貝俊彦, 松島(大上) 紘子, 水野清秀, 過去 40 万年間の関東平野の地形発達史-地殻変動と氷 河性海水準変動の関わりを中心に-, 地学雑誌, vol.122, pp.921-948, 2013.
- 杉山雄一,水野清秀,中期更新世のアカガシ多産層準,日本第四紀学会講演要旨集,vol.21, pp.84-85, 1991.
- 鈴木毅彦,小池一之,鬼怒川低地.貝塚爽平ほか編「日本の地形4,関東・伊豆小笠原」東大出版 会,pp.172-182,2000.
- 田力正好,池田安隆,段丘面の高度分布からみた東北日本弧中部の地殻変動と山地・盆地の形成, 第四紀研究, vol.44, pp.229-245, 2005.
- 山田眞崇, 河合貴之, 西澤文勝, 鈴木毅彦, 栃木県北部, 福島県南部に分布する中期更新世火砕流 堆積物群の層序, 地質学雑誌, vol.124, pp.837-855, 2018.
- 若林 徹, 須貝俊彦, 笹尾英嗣, 大上隆史, 濃尾平野完新統中の重金属元素濃度と分布の特徴, 地 学雑誌, vol.121, pp.441-459, 2012.

3. 内陸部の離水地形、旧河床堆積物の認定・記載に係る作業

杉山雄一, 寒川 旭, 下川浩一, 水野清秀, 静岡県御前崎地域の段丘堆積物(上部更新統)と更新 世後期における地殻変動, 地質調査所月報, vol.38, pp.443-472, 1987.

高取亮一, 安江健一, 谷川晋一, 二ノ宮淳, 日本列島における環流旧河谷分布データベースの作成, JAEA-Data/Code 2012-028, 15p., doi: 10.11484/jaea-data-code-2012-028, 2013.

田力正好,河成段丘を用いた内陸部の地殻変動量の推定,号外地球,vol.31, pp.173-181, 2000.

【付録6】

空白ページ

地質環境長期安定性評価技術高度化開発委員会の 開催実績

- A. 第1回委員会開催実績
- B. 第2回委員会開催実績

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 一般財団法人電力中央研究所

A.	第1	回委員会開催実績

日時		令和2年7月28日(火) 13時00分~17時00分			
場 所		原子力機構 東濃地科学センター 土岐地球年代学研究所 第1・2 会議 室(オンライン併用)			
審	議 事 項	令和元年度までの成果と令和 2 年度の実施内容について報告し、その適切性の観点から検討を行っていただく。			
		4 つの項目間で進捗の程度に差があるような印象を受けた。火山・火成活動については概ね予定通り進行、深部流体は新しい手法に取り組んでいる、地震・断層活動はやや課題が残っている、隆起・侵食はこれまでの取り組みの継続、といった感触であろうか。			
	全体	様々な空間・時間スケールの話が混在しているので、有機的に組み合れ せることでより高度な議論ができるかもしれないという印象を受けた。 そのため、それぞれの項目で実施したことを有機的に結び付けるための テストフィールドのようなものがあると良いかもしれない。複数の実施 項目が被っている地域があるのであれば、そこで上手く情報交換ができ るとよいのではないか。			
主なコメ		東濃地科学センターは特に年代測定に関して、日本の一大拠点となって いる印象。施設見学を通して、年代測定に関する新しい技術開発にも取 り組んでいる様子が分かり、これからも大きな成果を挙げてくれるだろ うと期待している。			
ド		火山体の内部や近傍の岩脈分布と、地殻内におけるマグマの側方移動で は、空間スケールが大きく異なるのではないか。			
	火山・火成活動 に関する調査・ 評価技術	マグマの側方移動について最も重要なことは、現在の火山体からどれほ ど遠くまで移動するかである。活火山から15km以上離れている第四紀 火山について、別の活火山を基準にすれば15kmの範囲内に収まる可能 性がある。マグマの側方移動について、想定している規模や移動経路が 示せると良い。			
	深部流体に関 する調査・評価 技術	有馬型温泉を始めとするスラブ起源水が地下に存在する場合には、地質 環境の安定性に問題を引き起こす可能性があることは想像できるが、油 田かん水等の停滞している地下水の存在はそれほど問題でないと考えて よいか。あるいは、そういった地下水が循環するような環境でも何らか の問題が考えられるのであれば、それに関した検討も必要となりうる(例 えば、有機物の分解による炭酸化学種濃度の上昇等)。			

	深部流体に関	「深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積」において長期の侵食速度が遅 い有馬温泉地域を事例研究の対象地域に選ぶことは理にかなっている。
	する調査・評価 技術(続き)	有馬温泉を事例とした検討において、S 波偏向異方性と地表の割れ目分 布を比較するためには、地震観測点を設置することで地震波形データの 空間密度を上げる必要がある。
		「活断層地形が不明瞭なせん断帯」において不適合応力の地域でも、 domainによって条線の方向が集中する場合と分散する場合がある。この 要因は検討されたい。
主なコメント(続き)		石英粒子の水和層での拡散は、2 つの異なるメカニズムが重合すること で生じているのではないか。これに基づくならば、水素濃度の深度プロ ファイルにおいて、緩やかな部分と急傾斜の部分が、Fast diffusion と Slow diffusion と呼ばれる拡散メカニズムにそれぞれ対応すると考えら れる。
	地震・断層活動 に関する調査・ 評価技術	活断層と非活断層で、破砕帯物質の化学組成に違いがあることは分かったが、その原因が知りたい。メカニズムの解明を目的とした戦略を考えてほしい。
		様々な地域・条件下でのデータを蓄積することが断層粘土における化学 組成変化のメカニズムの解明に繋がると考えられる。逆断層・横ずれ断 層や花崗岩質岩以外での検討についても行ってほしい。
		断層粘土の形成には断層沿いに移動する流体の動きが寄与するだろう。 メカニズムを解明するためには、深部流体などの他の項目での狙いや手 法と組み合わせることが有用だと考えられる。
		福島県浜通りの地震(2011)に伴う湧水について、地震波形のデータを 解析するのならば、地震の前と後で分けて考える必要がある。時間変化 的視点を取り入れて解析結果を議論してほしい。
	隆起・侵食に関 する調査・評価 技術	室戸地域における MIS7 の段丘面の TCN 法による年代測定結果が想定 年代と合わない原因としては、原面が侵食されている可能性が挙げられ る。レーザー測量により微地形を判読して、原面を抽出するのはいかが か。また、環流旧河谷の標高についても、崖錐堆積物の被覆により隆起速 度を過大評価する可能性がある。海成段丘と同様、レーザー測量で原面 を抽出し、旧河床堆積物の標高を用いることが理想的である。

主 な	隆起・侵食に関 する調査・評価 技術(続き)	厚い被覆層が載っている段丘とそうでない段丘との間で、段丘被覆層の 鉄鉱物の風化にどれくらいの差が生じるのか、検討できると良い。
コメント		岩石風化の模擬実験に関して、同じ岩種でも風化の程度に幅があるとす れば、そのレンジの下限を使って議論するのがよいのかもしれない。
(続き)		今回の模擬実験では礫サンプルから鉄が溶脱しているが、天然の段丘礫 ではむしろ鉄が増えているとのことなので、鉄を礫サンプルに沈殿させ る実験も実施できると良い。

B. 第2回委員会開催実績

日時		令和3年3月1日(月) 13時15分~17時15分				
場所		原子力機構 東濃地科学センター 土岐地球年代学研究所 第1・2 会 議室(オンライン併用)				
審	議事項	令和 2 年度の成果について報告し、その適切性の観点から検討を行って いただく。				
		5ヶ年のスケジュールに、処分事業への反映を念頭に置いた、今年度や次 年度までの目標が明記されていることは今までになく、良いと思った。				
全体		今までは、各分野で事例対象地域が分散している印象があったため、そ れぞれが開発している技術を集約して、1 つのモデルサイトに適用して みてほしいと考えていた。今年度は、和歌山や六甲について、複数の分野 が事例対象としているようで大変良かった。サイトスペシフィックな話 が進むと、サイトの条件によって使える手法、使えない手法が見えてく ると思う。そのようなときに基礎実験を行えるのが基盤研究機関の強み であるので、基礎実験をもっと取り入れながら研究を進めてほしい。				
主	火山・火成活 動に関する調	地震学的な解析について、実際の調査では、既存の観測網に加えて臨時 観測点を設ける必要もあると思う。臨時観測点を増やした場合に、どの 程度解像度が上昇するか検討できると望ましい。				
なコメン	査・評価技術	サイトスペシフィックな観点で地層処分の可否判断に役立つ技術として、火山・火成活動の分野は非常に重要だと思う。				
F		室内実験によって海水よりも軽い Li・B 同位体比が得られているが、その要因について検討されたい。				
		Sr 同位体比について、Sr 濃度との比較だけではなく He 同位体比など他の同位体比と合わせて検討してみるとよい。				
	深部流体に関 する調査・評価	降水のLi、B濃度や同位体比はないのか。混合評価に有用と考えられる。				
	技術	「深部流体の熱的特徴に係る知見の蓄積」において、アパタイトが融け てしまったり、母岩の冷却年代が若すぎたりするなど、自然条件に振り 回されるのは仕方ないが、アパタイトが利用できなかった場合の対応策 として、代わりに使える閉鎖温度が低い手法についても、今後検討でき るとよい。例えば、OSL、ESR の熱年代や、違う鉱物を使った FT 法が 考えられる。				

		S 波スプリッティング解析で、異方性領域が存在する深度を絞り込むこ とは行っていないのか。様々な深度の震源データを使えば、異方性領域 の深度方向への広がりが明らかになると思う。
	深部流体に関 する調査・評価 技術(続き)	現在の水みちに過去に水が流れていたかどうか、また現在の割れ目に将 来水が流れるかどうかの判断には、充填鉱物が重要である。割れ目の方 向だけでなく、充填鉱物も確認してほしい。
		地下研究施設の深層ボーリングコアでは、割れ目や水みちの解析を多く 行っているはず。自前のデータを有効に使ってほしい。
主か		分解能的に難しいかもしれないが、S波スプリッティング解析の結果を、 既存の MT やトモグラフィの結果と比較できると、深部流体の移行経路 の把握において有効になりうると考えられる。
コメント (け	地震・断層活動 に関する調査・ 評価技術	「活断層地形が不明瞭なせん断帯」について、2つの変形中心と地質調査 の範囲が異なる結果となっており、今後改めて地質調査範囲を広げて検 討できると望ましい。
続き)		「活断層地形が不明瞭なせん断帯」において、固着域下限の深さについて、誤差が大きいこともあるだろうが、5kmや8kmでは浅すぎないか。 地震活動のデータから固着域の深度に制限をかけて解析する方法についても検討されたい。
		機械学習の精度が 95%というのはすごい。断層の活動度や最新活動時期 との関係は見えているのか。活動度まで見えてきたら本当にすごい手法 なので頑張ってほしい。
		松代地域での事例研究において、開口割れ目のスケールはどの程度なの か。開口割れ目の中に、細かい割れ目が発達することはないか。S 波スプ リッティングの理論は、クラックサイズが波長に対して十分に小さいと いう仮定に基づいているため、S 波スプリッティングの解釈には、マイク ロクラックに関する情報も重要である。

主なコメント(続き)		環流旧河谷で採取したコアから、期待通りの堆積物が出てきてよかった。 昨年度まで事例対象としていた十津川地域の環流旧河谷は侵食と堆積が 進んでおり、地形的に適していなかったと思う。環流旧河谷の掘削では 場所の選定が肝要であり、集水域が狭い場所を調査対象とすることの重 要性が再確認された。
	隆起・侵食に関 する調査・評価 技術	環流旧河谷の離水層準は河川流路堆積物上部の細粒層全体と考えるべき。また、風成層には抜け落ちがあり対比を間違える可能性があるので、 河川流路堆積物上部の分析が重要である。
		クサリ礫等の経験的指標を段丘対比・編年に適用していくうえで、礫の 初期条件によって風化の程度にバリエーションが生じうるという室内実 験結果をどのように考えるか、整理しておく必要がある。
		これから低位段丘をターゲットにしてピット調査を実施するとのことだが、その際に段丘礫を 20 個ほどサンプリングして、風化度合いのばらつき等を確認していただきたい。

空白ページ

火山岩岩脈分布に関するデータ収集作業

地質図幅からの岩脈情報の抽出結果

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

1.	. 目的及び概要	付 8-3
2.	. 作業内容及び方法	付 8-3
	2.1 対象地域の選定	付 8-3
	2.2 地質図幅の選定	付 8-3
	2.3 抽出対象とする火山岩岩脈等の選定	付 8-4
	2.4 火山岩岩脈等の情報抽出・整理及び GIS データの作成	付 8-5
3.	. 火山岩岩脈等の情報収集・整理結果	付 8-6

図目次

义	2-1	作業フロー図	付 8-3
义	2-2	情報収集対象の20万分の1地質図幅	付 8-4
义	2-3	岩脈等の長径・短径の求め方	付 8-6
义	3-1	地質図幅、第四紀火山位置及び岩脈トレース図	付 8-8
义	3-2	第四紀火山位置及び岩脈トレース図	付 8-9
义	3-3	第四紀火山位置及び第四紀の岩脈トレース図	付 8-10
叉	3-4	第四紀火山位置及び新第三紀の岩脈トレース図	付 8-11
叉	3-5	第四紀火山位置及び先新第三紀の岩脈トレース図	付 8-12

表 目 次

表 2-1	収集対象とした岩脈類(松江)	及び大社図幅)	付 8-4
表 2-2	収集対象とした岩脈類(高粱	図幅)	
表 2-3	収集対象とした岩脈類(浜田	図幅)	付 8-5
表 2 - 4	収集対象とした岩脈類(岡山)	及び丸亀図幅)	付 8-5
表 2-5	対象地域の第四紀火山の名称	と位置情報	
表 3-1	岩脈情報の抽出結果(松江及る	び大社図幅 1/2)	
表 3-2	岩脈情報の抽出結果(松江及る	び大社図幅 2/2)	
表 3-3	岩脈情報の抽出結果(高粱図	畐 1/2)	
表 3-4	岩脈情報の抽出結果(高粱図	畐 2/2)	
表 3-5	岩脈情報の抽出結果(浜田図	畐 1/1)	
表 3-6	岩脈情報の抽出結果(岡山及	丸亀図幅 1/1).	

1. 目的及び概要

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)では、経済産業省資源エネルギー庁から受託し た「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(地質環境長期安定性 評価技術高度化開発)」において、地層処分に適した地質環境の選定に係る自然現象の影響把握及 びモデル化に関連する研究課題として示された火山・火成活動、深部流体、地震・断層活動、隆 起・侵食に対して、地質学、地形学、地震学、地球年代学等の各学術分野における最新の研究を 踏まえた技術の適用による事例研究を通じて、課題の解決に必要な知見の蓄積や調査・評価技術 の高度化を総合的に進めている。このうち火山・火成活動に関しては、火山岩岩脈が進展し得る 範囲について、その設定方法・考え方や科学的根拠の提示が技術的課題の一つとして挙げられて いる。そこで、本件では、わが国で刊行されている既往の地質図幅から火山岩岩脈の分布等の情 報を収集し情報整理を行った。

2. 作業内容及び方法

本作業は、地質図幅からの火山岩岩脈分布やそれらの性状等の情報収集および整理からなる。 作業のフローを図 2-1 に示した。以下に実施方法の詳細を述べる。



図 2-1 作業フロー図

2.1 対象地域の選定

火山岩岩脈等の情報を収集する対象地域は、中国地方の大山火山を中心とする地域とした。

2.2 地質図幅の選定

情報収集に使用する地質図幅は、縮尺 20 万分の1 地質図幅の「松江及び大社」、「高梁」、「浜田」及び「岡山及び丸亀(中国地方の海岸線以北を対象)」である。使用した地質図幅のインデックスマップを図 2-2 に示した。



図 2-2 情報収集対象の 20 万分の 1 地質図幅

2.3 抽出対象とする火山岩岩脈等の選定

各地質図幅を精査し、抽出対象とする火山岩岩脈等については以下の項目を選定した。また表 2-1~表 2-4 に、これら対象の地質図幅の凡例から年代、産状および岩型などを整理した。

- ・寄生火山
- ・貫入岩
- ・岩頸
- ・岩脈
- ・岩床

表 2-1 収集対象とした岩脈類(松江及び大社図幅)

地質時代		松江及び大社				
第四紀	更新世	後期	新規大山火山噴出物	寄生火山	ND1	黒雲母角閃石安山岩
お 口 心				溶岩	ND2	黒雲母角閃石安山岩
	中新世末~					
	鮮新世前期					
	中新世		後期 貫入岩類		Di	閃緑岩及び斑レイ岩
新第三紀		後期			D	ドレライト
					А	安山岩
		中期~				
		後期				

表 2-2 収集対象とした岩脈類(高梁図幅)

地質時代			高粱			
第四紀	更新世	後期				
	中新世末~ 鮮新世前期		アルカリ火山岩類(津山地 域)	B2	アルカリ玄武岩溶岩及びベイサナイト溶岩 (岩顎を含む)	
新第三紀	中新世	後期				
		中期~ 後期	アルカリ火山岩類(吉備高 原、世羅台地及び比婆山地)	 頁(吉備高 B1 アルカリ玄武岩溶岩(岩頸を含 山岩及びベイサナイト溶岩(岩 		

地	也質時代				浜田
第四紀	更新世	後期			
	中新世末~ 鮮新世前期				
		(6.115	岩脈・岩床など	12	安山岩・ひん岩・ドレライトなど
新第三紀	中新世	後期			
		中期~			
		後期			
士策三纪	漸新世				
占弗二紀	始新世		酸性岩脈	D	流紋岩・珪長岩など

表 2-3 収集対象とした岩脈類(浜田図幅)

表 2-4 収集対象とした岩脈類(岡山及び丸亀図幅)

地	!質時代		岡山及び丸亀(中国地方	の海岸線以北を対象)
第四紀	更新世	後期			
	中新世末~				
	鮮新世前期				
		/// #D			
新弗二紀	中新世	後期			
		中期~			
		後期			
	漸新世		串の山玄武学	Bn	女隶史学画
古第三紀	始新世		甲の山ム武石	ЧО	太氏石石 来
	暁新世				
白亜紀後期			岩脈	Gp	花崗斑岩

2.4 火山岩岩脈等の情報抽出・整理及び GIS データの作成

火山岩岩脈等について下記の諸情報の抽出・整理を行い一覧表に取りまとめた。岩脈等の分布 についてはデジタルでトレースを行い、GISデータ(シェープファイル形式、投影法はJGD200 とする)を作成して白地図上に整理した。

- ・ID (識別番号)
- ・位置(緯度・経度)
- ・サイズ(長径・短径(m)など)
- ・年代
- ・岩型
- ・岩脈が貫入している地層名、時代
- ・最寄り火山の火山名、火口からの距離

岩脈等の位置については、分布の重心位置で代表させた。サイズについては、分布形状に外接す る最小幅の長方形を描き、その長辺を長径、短辺を短径として計測した(

図 2-3)。

年代、岩型および岩脈が貫入している地層名、時代については図幅凡例に従った。岩脈等が貫入している地層が複数該当する場合は、最上位の地層を代表させ、貫入関係が不明な場合は整理 表にて空白としている。最寄り火山については、表 2-5 に示す第四紀火山カタログの情報を用



図 2-3 岩脈等の長径・短径の求め方 背景図は 20 万分の 1 地質図幅「高梁」を使用

番号	火山名	緯度	経度	体積(km ³)	年代範囲
41	大江高山	35.0600	132.4300	20.000	1.75 – 0.9 Ma
42	三瓶	35.1333	132.6333	13.000	0.1 – 0 Ma
43	大根島	35.5000	133.1667	0.100	0.3 - 0.12
43.2	野呂	35.4092	133.1819	0.060	1.1 Ma
43.5	横田	35.2333	133.2667	0.640	1.1 – 1.7 Ma
44	大山	35.3678	133.5475	78.000	0.96 – 0.002 Ma
44.5	蒜山	35.3167	133.6667	11.500	0.91 – 0.4 Ma
45.6	倉吉	35.4394	133.8411	< 0.5	1.20 Ma

A 2-3 对象地域以免自私人国以有你C世国间	表 2-5	対象地域の第四	紀火山の名称。	と位置情報
-------------------------	-------	---------	---------	-------

出典:第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会編、2000)

3. 火山岩岩脈等の情報収集・整理結果

各地質図幅より火山岩岩脈等を抽出し、下記の示す5種類の岩脈トレース図を作成した。各図 には近隣の第四紀火山の分布についても表示してある。

- ・地質図幅、第四紀火山位置及び岩脈トレース図(図 3-1)
- ・第四紀火山位置及び岩脈トレース図(図 3-2)
- ・第四紀火山位置及び第四紀の岩脈トレース図(図 3-3)
- ・第四紀火山位置及び新第三紀の岩脈トレース図(図 3-4)
- ・第四紀火山位置及び先新第三紀の岩脈トレース図(図 3-5)

また、抽出した情報は、図幅毎に表 3-1 から表 3-6 に一覧表として整理した。抽出された火山 岩岩脈等の数は、「松江及び大社」が 67、「高粱」が 53、「浜田」が 22、そして「岡山及丸亀」が 9 であった。 これらの図表より明らかとなった火山岩岩脈等の特徴は以下のとおりである。

- ・第四紀火山に関連する岩脈類は、大山火山の新規大山火山噴出物(寄生火山)に限られる。
- ・新第三紀の岩脈類は広い範囲に分布し、第四紀火山の分布と明瞭な関係を持たない。岩脈類の産状は、岩頸、岩脈および岩床であり、特に岩頸はアルカリ火山岩類より構成される。閃緑岩と斑レイ岩のように比較的深部で形成されたと考えられる岩脈も確認された。
- ・先新第三紀の岩脈類は、浜田と岡山及丸亀図幅の一部に認められ、レンズ状の分布形態を示 すものが比較的多く認められる。産状は酸性岩の岩脈を主体としている。

引用文献

地質調査総合センター(1982):20万分の1地質図幅「松江及び大社」

地質調査総合センター(1996):20万分の1地質図幅「高梁」

地質調査総合センター(1988):20万分の1地質図幅「浜田」

地質調査総合センター(2002):20万分の1地質図幅「岡山及丸亀」

第四紀火山カタログ委員会編(2000):日本の第四紀火山カタログ,

<u>http://arukazan.jp/chs/volcano/index.htm</u>)(2021年3月23日アクセス確認)

【付録8】



図 3-1 地質図幅、第四紀火山位置及び岩脈トレース図



図 3-2 第四紀火山位置及び岩脈トレース図







図 3-4 第四紀火山位置及び新第三紀の岩脈トレース図





表 3-1 岩脈情報の抽出結果(松江及び大社図幅 1/2)

		位置(重心位置)(°)		サイズ (m)			n+ /15		岩脈が貫入している地層情報		最寄り火山の情報	
No.	ID	緯度	経度	長径	短径	地質図幅名	時代	岩石名	時代	地層名など	火山名	火口からの 距離 (km)
1	ND1_0	133.568	35.350	2,073	1,389	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	3
2	ND1_1	133.520	35.405	609	410	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	-	-	大山	4
3	ND1_2	133.534	35.409	1,951	1,143	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	4
4	ND1_3	133.525	35.417	1,096	899	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	5
5	ND1_4	133.554	35.381	5,124	3,057	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	1
6	ND2_0	133.568	35.358	1,284	1,118	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	3
7	ND2_1	133.529	35.402	1,642	815	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	-	-	大山	4
8	ND2_2	133.530	35.413	760	454	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	第四紀更新世中期	古期大山火山噴出物	大山	5
9	ND2_3	133.555	35.412	3,160	652	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	-	-	大山	5
10	ND2_4	133.543	35.428	1,421	1,335	松江及び大社	第四紀更新世後期	黒雲母角閃石安山岩	-	-	大山	6
11	A_0	133.269	35.571	1,941	710	松江及び大社	新第三紀中新世後期	安山岩	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	12
12	D_0	132.838	35.356	295	212	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	31
13	D_1	132.846	35.359	309	170	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	32
14	D_10	132.827	35.500	472	194	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	31
15	D_11	132.902	35.499	915	648	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	24
16	D_12	132.935	35.499	1,873	1,385	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	21
17	D_13	132.940	35.509	394	194	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	21
18	D_14	133.034	35.516	581	269	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	13
19	D_15	132.951	35.516	685	164	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_波多層及び古浦層	大根島	20
20	D_16	133.011	35.518	380	366	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	15
21	D_17	133.003	35.518	796	190	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	15
22	D_18	133.090	35.518	585	284	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
23	D_19	133.033	35.520	630	250	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	13
24	D_2	132.671	35.407	3,295	1,005	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	30
25	D_20	133.038	35.522	295	138	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	12
26	D_21	133.028	35.524	412	226	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	13
27	D_22	133.043	35.529	1,360	348	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	12
28	D_23	133.146	35.526	1,182	514	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	4
29	D_24	133.150	35.535	541	313	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	5
30	D_25	133.030	35.535	612	396	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	14
31	D_26	133.024	35.540	332	199	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	14
32	D_27	133.122	35.530	3,796	1,556	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	6
33	D_28	133.154	35.542	330	230	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	5
34	D_29	133.162	35.544	620	124	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	5
35	D_3	132.640	35.417	395	148	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	31

表 3-2 岩脈情報の抽出結果(松江及び大社図幅 2/2)

		位置(重心位	2置)(゜)	サイズ(m)				岩脈が	最寄り火山の情報			
No.	ID	緯度	経度	長径	短径	地質図幅名	時代	岩石名	時代	地層名など	火山名	火口からの 距離 (km)
36	D_30	132.978	35.541	1,757	1,127	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	18
37	D_31	133.180	35.554	628	277	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_波多層及び古浦層	大根島	6
38	D_32	133.029	35.555	258	179	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	14
39	D_33	133.037	35.557	663	169	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	14
40	D_34	133.158	35.551	2,233	954	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	6
41	D_35	133.117	35.557	616	593	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	8
42	D_36	133.162	35.562	618	181	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	7
43	D_37	133.099	35.549	3,739	1,968	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	9
44	D_38	133.145	35.557	1,845	819	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	7
45	D_39	133.058	35.557	1,773	1,550	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	12
46	D_4	132.702	35.409	6,210	1,731	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	31
47	D_40	133.187	35.565	293	241	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
48	D_41	133.171	35.561	1,054	791	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	7
49	D_42	133.159	35.566	553	161	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
50	D_43	133.114	35.563	2,280	870	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	9
51	D_44	133.198	35.568	401	163	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
52	D_45	133.130	35.565	1,693	314	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	9
53	D_46	133.176	35.568	495	315	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
54	D_47	133.192	35.568	656	338	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	8
55	D_48	133.206	35.568	1,422	544	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	9
56	D_49	133.189	35.571	314	177	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	9
57	D_5	132.627	35.419	810	317	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	三瓶	31
58	D_50	133.197	35.573	236	127	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	-	大根島	9
59	D_51	133.212	35.577	334	194	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	-	大根島	10
60	D_52	133.216	35.576	548	380	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	10
61	D_53	133.195	35.576	742	184	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	9
62	D_6	132.937	35.490	303	264	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	21
63	D_7	132.928	35.490	806	242	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	22
64	D_8	132.820	35.495	868	337	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	32
65	D_9	132.902	35.498	347	254	松江及び大社	新第三紀中新世後期	ドレライト	新第三紀中新世前~中期	石見層群_河合・久利層及び成相寺層	大根島	24
66	Di_0	133.069	35.539	2,356	1,395	松江及び大社	新第三紀中新世後期	閃緑岩及び斑レイ岩	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	10
67	Di_1	133.046	35.546	2,151	1,793	松江及び大社	新第三紀中新世後期	閃緑岩及び斑レイ岩	新第三紀中新世前~中期	石見層群_大森層及び牛切層	大根島	13

表 3-3 岩脈情報の抽出結果(高梁図幅 1/2)

	位置(重心位置)(°)		立置)(゜)	.) (°) サイズ		サイズ (m)					岩脈が貫入して	岩脈が貫入している地層情報		山の情報
No.	ID	緯度	経度	長径	短径	地質凶幅名	時代	岩石名	時代	地層名など	火山名	火口からの 距離 (km)		
1	B2_0	133.923	35.043	418	377	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	蒜山	39		
2	B2_1	133.834	35.050	403	343	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	石炭紀~二畳紀	中期三郡変成岩類	蒜山	34		
3	B2_2	133.968	35.093	274	270	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	蒜山	38		
4	B2_3	133.964	35.097	245	200	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	蒜山	37		
5	B2_4	133.936	35.100	276	266	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	蒜山	35		
6	B2_5	133.936	35.104	299	291	高梁	新第三紀中新世末~鮮新世前期	アルカリ火山岩類(津山地域)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	蒜山	35		
7	B1_0	133.032	34.671	532	195	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	63		
8	B1_1	133.086	34.674	321	275	高粱	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	二畳紀	舞鶴層群	横田	61		
9	B1_10	133.074	34.751	310	240	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	53		
10	B1_11	133.355	34.752	1,913	708	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	51		
11	B1_12	133.081	34.757	447	307	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	52		
12	B1_13	133.295	34.757	361	316	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	石炭紀~二畳紀	中国带上部古生界	横田	50		
13	B1_14	133.101	34.761	301	262	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	51		
14	B1_15	133.299	34.761	362	341	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀前期	関門層群	横田	49		
15	B1_16	133.304	34.766	392	324	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀前期	関門層群	横田	49		
16	B1_17	133.105	34.766	647	375	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	51		
17	B1_18	133.303	34.771	571	485	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	48		
18	B1_19	133.055	34.774	478	376	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	51		
19	B1_2	133.020	34.700	368	272	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	60		
20	B1_20	133.369	34.775	545	359	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	49		
21	B1_21	133.331	34.776	485	359	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	48		
22	B1_22	133.384	34.778	402	260	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	49		
23	B1_23	133.299	34.780	406	377	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	47		
24	B1_24	133.378	34.782	577	408	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	48		
25	B1_25	133.388	34.783	438	244	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	48		
26	B1_26	133.392	34.788	373	269	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	48		
27	B1_27	133.356	34.803	324	244	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	45		
28	B1_28	133.368	34.819	528	323	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	吉舎安山岩類	横田	44		
29	B1_29	133.334	34.844	849	386	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	40		
30	B1_3	133.371	34.715	719	409	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀前期	関門層群	横田	55		
31	B1_30	133.402	34.858	417	391	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	石炭紀~二畳紀	中国带上部古生界	横田	40		
32	B1_31	133.324	34.859	302	283	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	39		
33	B1_32	133.343	34.870	479	386	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	38		
34	B1_33	133.388	34.871	288	267	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	39		
35	B1_34	133.384	34.875	431	352	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	38		

	位置(重		置)(°)	サイズ	(m)				岩脈が貫入して	ている地層情報	最寄り火	山の情報
No.	ID	緯度 経度		長径	短径	地質図幅名	時代	時代		地層名など	火山名	火口からの 距離 (km)
36	B1_35	133.376	34.876	767	430	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	38
37	B1_36	133.354	34.878	471	338	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	37
38	B1_37	133.311	34.879	367	272	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	36
39	B1_38	133.339	34.896	380	234	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	35
40	B1_39	133.315	34.905	874	659	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	34
41	B1_4	133.357	34.731	472	279	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	53
42	B1_40	133.334	34.909	394	232	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀前期	関門層群	横田	33
43	B1_41	133.345	34.909	1,672	557	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	34
44	B1_42	133.373	34.933	655	392	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	32
45	B1_43	133.078	34.986	469	264	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	30
46	B1_44	133.075	35.047	1,779	981	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	白亜紀後期	高田流紋岩類など	横田	25
47	B1_45	133.032	35.067	1,646	1,205	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	26
48	B1_46	133.015	35.086	1,432	1,116	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	古第三紀暁新世	古第三紀前期深成岩類	横田	26
49	B1_5	133.377	34.742	895	471	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	52
50	B1_6	133.342	34.744	606	449	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	52
51	B1_7	133.312	34.743	2,743	1,109	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	新第三紀中新世前~中期	備北層群及び相当層	横田	51
52	B1_8	133.306	34.750	311	249	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	石炭紀~二畳紀	中国带上部古生界	横田	51
53	B1_9	133.440	34.750	492	364	高梁	新第三紀中新世後期	アルカリ火山岩類(吉備高原、世羅台地及び比婆山地)	古第三紀漸新世	古第三紀礫岩(山砂利層)	横田	53

表 3-4 岩脈情報の抽出結果(高梁図幅 2/2)
【付録8】

表 3-5 岩脈情報の抽出結果(浜田図幅 1/1)

		位置(重心位	立置)(°)	サイズ	(m)		n+ ();		岩脈	が貫入している地層情報	最寄り火山	山の情報
No.	D	緯度	経度	長径	短径	地質凶幅名	時代	石石名	時代	地層名など	火山名	火口からの 距離 (km)
1	12_0	132.376	35.031	4,109	2,973	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	河合層	大江高山	6
2	12_1	132.708	35.158	1,616	247	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世前期	波多層及び相当層	三瓶	8
3	12_2	132.706	35.175	1,425	226	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	久利層	三瓶	9
4	12_3	132.715	35.214	3,852	2,821	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	久利層	三瓶	12
5	12_4	132.721	35.241	1,989	403	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	久利層	三瓶	14
6	12_5	132.782	35.243	3,067	2,712	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	大森層	三瓶	18
7	12_6	132.700	35.278	1,152	574	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	大森層	三瓶	17
8	12_7	132.798	35.280	3,624	935	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	久利層	三瓶	22
9	12_8	132.822	35.299	2,547	216	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	久利層	三瓶	25
10	12_9	132.790	35.325	2,852	789	浜田	新第三紀中新世中期	安山岩・ひん岩・ドレライトなど	新第三紀中新世中期	大森層	三瓶	26
11	D_0	132.704	34.850	2,405	444	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	白亜紀後期	高田流紋岩類	三瓶	33
12	D_1	132.645	34.922	3,185	694	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀暁新世	古第三紀前期併入岩類	三瓶	24
13	D_2	132.471	34.933	2,547	1,051	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	15
14	D_3	132.514	34.953	1,978	205	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	14
15	D_4	132.382	34.984	1,774	199	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	10
16	D_5	132.526	34.978	3,678	734	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	13
17	D_6	132.515	35.000	1,483	220	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	11
18	D_7	132.589	35.019	1,730	780	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	三瓶	14
19	D_8	132.506	35.020	1,395	108	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	白亜紀後期	高田流紋岩類	大江高山	9
20	D_9	132.522	35.025	1,397	112	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	10
21	D_10	132.516	35.022	2,336	445	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	古第三紀始新世	作木火山岩類・高山層群・弥栄層群など	大江高山	9
22	D_11	132.505	35.027	2,087	212	浜田	古第三紀始新世	流紋岩・珪長岩など	白亜紀後期	高田流紋岩類	大江高山	8

【付録8】

		位置(重心位	位置)(°)	サイズ	(m)				岩脈	が貫入している地層情報	最寄り火	山の情報
No.	ID	緯度	経度	長径	短径	地質図幅名	時代	岩石名	時代	地層名など	火山名	火口からの
												距離 (km)
1	Bp_0	133.709	34.549	199	100	岡山及丸亀	古第三紀始新世~漸新世	串の山玄武岩	白亜紀後期	花崗岩類Ⅲ	横田	83
2	Gp_0	133.063	34.351	824	97	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	ジュラ紀	丹波帯の堆積岩コンプレックス	横田	96
3	Gp_1	133.073	34.352	527	123	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	ジュラ紀	丹波帯の堆積岩コンプレックス	横田	96
4	Gp_2	133.050	34.353	769	121	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	ジュラ紀	丹波帯の堆積岩コンプレックス	三瓶	96
5	Gp_3	133.158	34.428	7,769	1,392	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	白亜紀後期	花崗岩類Ⅲ	横田	87
6	Gp_4	133.170	34.458	2,533	1,326	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	白亜紀後期	花崗岩類Ⅲ	横田	83
7	Gp_5	133.156	34.462	2,288	168	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	ペルム紀	舞鶴層群	横田	83
8	Gp_6	133.040	34.460	5,129	1,471	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	白亜紀後期	花崗岩類Ⅲ	三瓶	85
9	Gp_7	133.147	34.489	4,668	764	岡山及丸亀	白亜紀後期	花崗斑岩	白亜紀後期	高田流紋岩類	横田	80

表 3-6 岩脈情報の抽出結果(岡山及丸亀図幅 1/1)

JAEA-AMS-TONO による

ヨウ素同位体比測定の地質年代試料(約44~40 Ma)への 適用試験

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ 目 次

1.	序論	3
2.	試料の選定・研究の前提条件と目的	3
3.	試料の前処理・測定	4
4.	結果と考察	5
5.	まとめ	7
6.	引用文献	7

図 目 次

义	3-1	貨幣石の	129]/ 127]	比測定の為の前処理手順	5
义	4-1	貨幣石の	129]/ 127]	比測定値から推定した約 4400~4000 万年前当時の海水の 129I/127I 比	6

元素周期律表においてヨウ素(元素記号:I)は、フッ素、塩素、臭素、アスタチンと同様に第 17族に属し、これらの元素は一般にハロゲンと呼ばれる。ハロゲンは単体で非常に高い反応性を 示し、ヨウ素、臭素の揮発性は特に高い。ヨウ素には37種の同位体が知られており、質量数127 の127Iのみが安定同位体、その他は全て放射性同位体である。放射性ヨウ素同位体のうち、129I は1570万年という長い半減期を持つが、その他の核種は半減期が60日未満である。自然界での 129Iの主要生成過程は(1)宇宙線と大気キセノンの反応と(2)ウランの自発核分裂である。一方、 人為的な129Iの生成過程は(1)核実験と(2)核燃料再処理である(松崎, 2015)。以上のことから、 129I/127I比は、地質試料の年代測定、過去の地球環境復元、深部流体の起源・移動状態の推定、 核実験後の海洋循環の推定などに利用できる可能性がある。加速器質量分析装置(Accelerator Mass Spectrometer:以下、AMSという)を用いた^{129I/127I}比の分析は1980年代から始まった が(例えば、Fehn et al., 1986, 1987)、現在においても分析用国際標準物質の整備が不十分で あることや、試料前処理法が分析値に及ぼす影響が詳細に研究されていないこと、そして、地球 環境中のヨウ素の動態に未解明な部分が少なくないなどの理由により(天知, 2008)、この分析 技術の天然試料への適用は限定的である。

昨年度、日本原子力研究開発機構・東濃地科学センター・加速器質量分析施設(以下、 JAEA-AMS-TONO という)において、¹²⁹I/¹²⁷I 比が既知の天然現代試料(ベトナム産サンゴ骨 格に刻まれている西暦 1946-1947 年の年輪)を測定し、米国アリゾナ大学による既報値(Chang et al., 2016)との比較を行った。その結果、両者に有意差は見られず、概ね一致することが示さ れた(日本原子力研究開発機構, 2020)。上記試料の前処理法はJAEA-AMS-TONOとアリゾナ 大学で異なっている。JAEA-AMS-TONOではBautista VII et al. (2016, 2017)の手法を参考に して、2gの試料をリン酸溶解した後、Woodwardヨウ素標準(¹²⁹I/¹²⁷I比=1.5×10⁻¹⁴:Matsuzaki et al., 2015)をキャリアーとして添加して同位体希釈を実施したのに対し、アリゾナ大学では約 20gの試料をリン酸溶解することでヨウ素量を稼ぎ、同位体希釈を回避している(Chang et al., 2016)。このように、上記のような同位体希釈を行う場合、試料量を少なくできるという利点が あるが、一方で前処理操作が増え、さらに試料中のヨウ素量を精確に測定する必要が生じる。

JAEA-AMS-TONO では、上記の¹²⁹I/¹²⁷I 比測定に際して「前処理操作ブランク評価実験 (Woodward ヨウ素標準を使用)」を実施することにより、前処理操作及び前処理環境の測定値 への影響を評価し、試料測定値の補正を行った。前処理法及び前処理環境が異なる JAEA-AMS-TONO とアリゾナ大学の間で概ね一致する結果が得られたことは、(1)両者の測定 値が真値と有意に異ならないこと、(2) JAEA-AMS-TONO における同位体希釈法を用いた試料前 処理法・測定法が適切であることを示している。今年度は、この JAEA-AMS-TONO ヨウ素同位 体測定法を地質年代試料(約44~40 Ma)に試験適用した。

2. 試料の選定・研究の前提条件と目的

本研究で用いる試料として、小笠原諸島・母島・御幸之浜の砂礫層から採取された大型有孔虫・ 貨幣石(*Nummulites boninensis* Hanzawa, 1947)の骨格(1個体:直径35mm、最大厚5mm) を選定した。その理由として、(1)この砂礫層の年代が約44~40 Maと判明しており(海野ほか, 2009)、¹²⁹Iの半減期1570万年と同じオーダーであること、(2)試料の顕微鏡観察の結果、殻の 二次的変質は見られず、良好な保存状態であることが挙げられる。

本研究は次の二つの前提条件に基づいている:(1)有孔虫は海水から炭酸カルシウム(カルサイト)の殻を分泌するが、殻の¹²⁹I/¹²⁷I比は有孔虫が生息する海水の¹²⁹I/¹²⁷I比と同じと見なせる、(2)殻の形成後は、殻と外部の間でヨウ素の移動は起きていない。(1)は同位体分別の視点か

ら正しいと考えられ、(2) は上述の顕微鏡観察の結果によって裏付けられる。これらの前提条件 に基づくと、上記貨幣石の¹²⁹I/¹²⁷I 比を測定することにより約 4400~4000 万年前における海水 の¹²⁹I/¹²⁷I 比が推定できる可能性があることから、これを試みるのが本研究の目的である。人類 の大規模核活動以前(1940 年代以前)の海水の¹²⁹I/¹²⁷I 比は 約[0.5~2.0] × 10⁻¹² と推定されて いる(Fabryka-Martin et al., 1985; Fehn et al., 1986; Moran et al., 1998; Cooper et al., 1998; Buraglio et al., 1999)。実際、ベトナム産サンゴ骨格中の西暦 1946-1947 年の年輪の¹²⁹I/¹²⁷I 比測定では [1.53 ± 0.58] × 10⁻¹² (JAEA-AMS-TONO)及び[1.24 ± 0.39] × 10⁻¹² (アリゾナ大学) という値が得られている(日本原子力研究開発機構, 2020)。一方、¹²⁹I の半減期と同じオーダ ーである数千万年前における海水の¹²⁹I/¹²⁷I 比の推定については未だ研究例がないと思われる。

昨年度に JAEA-AMS-TONO で確立された炭酸カルシウム質天然試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比測定では、 前処理過程において、試料をリン酸溶解した後に Woodward ヨウ素標準 (¹²⁹I/¹²⁷I 比 = 1.5 × 10-¹⁴: Matsuzaki et al., 2015) をキャリアーとして添加する同位体希釈法を採用している。天然試 料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比が 10⁻¹² オーダーの場合、試料に含まれるヨウ素量に対する Woodward ヨウ素標 準の添加量を増やすにつれて (すなわち同位体希釈率を大きくするにつれて) 測定試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比は 10-¹³~10-¹⁴ オーダーへと減少してゆく。同位体希釈率を非常に大きくすると、測定試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比がブランク値に近くなり、有意な測定値を得るのは難しくなる。もし、上記の貨幣石 が生息していた海水の ¹²⁹I/¹²⁷I 比が先行研究の推定値(約[0.5~2.0] × 10-¹²) と同じだったと仮 定すると、この貨幣石の現在の ¹²⁹I/¹²⁷I 比は放射壊変によって約[0.7~3.4] × 10-¹³ になっている はずであり、Woodward ヨウ素標準による同位体希釈を実施すると有意な測定値を得るのは難し くなる。しかしながら、この仮定が正しい保証はない。一方、前者の値が先行研究の推定値の十 倍(約[0.5~2.0] × 10-¹¹) であった場合は後者の値も十倍になり(約[0.7~3.4] × 10-¹²)、上述の 同位体希釈法で有意な測定値を得ることは可能である。実際のところ、数千万年前における海水 の ¹²⁹I/¹²⁷I 比は不明であることから、本研究では、昨年度に JAEA-AMS-TONO で確立された同 位体希釈によるヨウ素同位体測定法を適用した。

放射性同位体を用いた地球環境試料の年代測定を行う場合、その同位体の初期値(試料が形成 された時の放射性同位体量と安定同位体量の比)が既知である必要がある。この初期値は環境に よって異なることが少なくない。例えば、放射性炭素(¹⁴C:半減期は5730年)を用いた年代測 定では、海洋と大気で初期値が異なる。地球環境試料の¹²⁹I/¹²⁷I比から年代測定を行う場合、¹²⁹I の半減期が1570万年であることから、地殻や海洋における¹²⁹I/¹²⁷I比の初期値が過去数百万~ 数千万年のスケールで解明されている必要がある。しかしながら、これに関する情報が非常に乏 しいことから、¹²⁹I/¹²⁷I比による年代測定は未だ発展途上の段階にある。本研究では約4400~ 4000万年前における海水の¹²⁹I/¹²⁷I比の推定を試みたが、この試みは地球環境試料の¹²⁹I/¹²⁷I比 年代測定法の構築のみならず、地球物質循環研究にとっても大変重要なものである。

3. 試料の前処理・測定

上記の貨幣石骨格試料は以下の手順で前処理を行った(図 3-1):[1] 骨格試料を1%塩酸で処理し、骨格表面(試料重量の約10%)を溶解・除去、[2] 酸洗浄済のメノウ乳鉢で粉砕して粉末 試料とし、[3] 粉末試料からX線回折分析用に0.5gを分取、[4] 粉末試料から3.6g×3個をポ リプロピレン遠沈管(50 mL)に分取、[5] 各々に17%リン酸38 mLを添加・溶解して溶液試 料とし、[6] 各溶液試料から0.075 mLをポリプロピレン遠沈管(15 mL)に分取、これを200 倍希釈して1.7%リン酸溶液15 mLとし、ICP-MSで¹²⁷I 濃度を測定(希釈時に内部標準として ¹³³Csを添加)、[7] 各溶液試料にWoodward ヨウ素標準(0.7 mg I 当量:¹²⁹I/¹²⁷I 比=1.5×10⁻¹⁴) を亜硫酸ナトリウム溶液として添加、[8] 溶媒抽出法(n-ヘキサン、濃塩酸、純水、亜硫酸ナト リウム、亜硝酸ナトリウムを使用)によって各溶液試料からヨウ素を水相分離、[9] 各分離液を 着色遠沈管に入れて 15 分間湯煎し、各々に 5 %硝酸銀水溶液(0.1 mL)を加えてヨウ化銀沈澱 を形成し、遠心分離して上澄みを捨て、純水(3 mL)で洗浄後、再び遠心分離して上澄みを捨て、 凍結乾燥、[10] 各ヨウ化銀沈澱試料をニオブ粉末と混合し(ヨウ化銀沈澱:ニオブの重量比=1: 5)、銅製カソードにプレス、[11] JAEA-AMS-TONO で ¹²⁹I/¹²⁷I 比を測定。この前処理手順は Bautista VII et al. (2016, 2017)及び Muramatsu et al. (2008)を参考にしている。また、前 処理手順[5]~[11]に対応した前処理操作ブランク試料を調製し(骨格粉末試料は用いず、17%リ ン酸 38 mL に Woodward ヨウ素標準のみを添加)、その¹²⁹I/¹²⁷I 比測定値を用いて貨幣石試料(*n* = 3)の¹²⁹I/¹²⁷I 比測定のブランク補正を行った。



図 3-1 貨幣石の¹²⁹I/¹²⁷I 比測定の為の前処理手順

4. 結果と考察

まず、X線回折分析の結果、貨幣石試料(約44~40 Ma)の結晶相は他の有孔虫種と同じカル サイトの単相であった。また、3個の繰り返し試料の¹²⁷I 濃度は14.1~14.7 ppm であった。こ の濃度は造礁サンゴ骨格の¹²⁷I 濃度(2.9~6.7 ppm: Biddulph, 2004; Biddulph et al., 2006; Bautista VII et al., 2016)よりも明らかに高い値である。造礁サンゴ骨格の結晶相はアラゴナイ トであることから、この濃度差は結晶相の違いによる可能性があるが、貨幣石が生息していた海 水のヨウ素濃度が高かった可能性もある。この貨幣石試料の¹²⁹I/¹²⁷I 比測定値に基づいて計算し た約 4400 万年~4000 万年前当時の海水の ¹²⁹I/¹²⁷I 比の推定値を図 4-1 に示す。この図は以下の ことを示している:(1) 試料番号 2 の推定値が負の値である、(2) 各推定値の誤差の幅 (±1 σ) は、先行研究で推定された 1940 年代以前の ¹²⁹I/¹²⁷I 比の幅(約[0.5~2.0] × 10⁻¹²)の約 4~10 倍である、(3) 3 個の推定値の平均と 1 σ 誤差は 44 Ma の場合で[4.8±6.8] × 10⁻¹²、40 Ma の場合 で[4.0±5.7] × 10⁻¹² となるが、誤差が非常に大きく、その内部に先行研究の推定範囲(約[0.5~ 2.0] × 10⁻¹²)が含まれる。このような結果が得られた最大の原因は、前処理操作ブランク試料の ¹²⁹I/¹²⁷I 比測定値が通常の値(4~5×10⁻¹⁴程度:日本原子力研究開発機構,2020)の約 3 倍であ り、誤差も非常に大きかったことである。そして、試料番号 2 の ¹²⁹I/¹²⁷I 比測定値が他の 2 試料 と比べて有意に低く、且つ、前処理操作ブランク試料の測定値よりも低かったため、ブランク補 正の結果、負の値になった。



図 4-1 貨幣石の¹²⁹|/¹²⁷| 比測定値から推定した約 4400~4000 万年前当時の海水の¹²⁹|/¹²⁷| 比 A と B はそれぞれ、貨幣石の年代値が 44 Ma の場合と 40 Ma の場合を示す(各々において、3 個の繰り返し試料による推定値及びこれらの平均値が示されている)。誤差棒は 1σ に相当する。 青色帯は先行研究で推定された 1940 年代以前(人類の大規模核活動より前)の海水の¹²⁹|/¹²⁷| 比の範囲を示す。

このようなデータが得られるのは非常に稀であるが、原因として考えられるのは試料前処理時の¹²⁹I 汚染及びその有意な変動である(これにより前処理操作ブランク試料の¹²⁹I/¹²7I 比が異常に高くなった可能性が高い)。本研究では、Woodward ヨウ素標準(¹²⁹I/¹²7I 比 = 1.5×10⁻¹⁴)をキャリアーとして用いる同位体希釈法を適用したが、この手法は試料の同位体比を下げて測定することになるため、¹²⁹I 汚染の影響を受けやすいという側面がある。昨年度に測定したような人類核活動の影響を受けた試料(¹²⁹I/¹²7I 比が 10⁻¹¹以上)であれば、前処理時の¹²⁹I 汚染の影響は非常に小さくなるが、今回測定したような地質年代試料は¹²⁹I/¹²7I 比が 10⁻¹³レベルであ

る可能性があり、この場合は前処理時の¹²⁹I汚染の影響が重大になる。今回の結果は非常に稀な ケースであるが、¹²⁹I汚染の発生を限りなく抑える為に、前処理手法・環境を更に改善・整備す る必要があると思われる。上述のように、本研究で用いた貨幣石の¹²⁷I濃度は比較的高い。この 様な地質年代試料については、可能なら測定に用いる量を数倍に増やし、上記の同位体希釈を実 施しない方が前処理過程での汚染の可能性をより低く抑えることができると考えられる。さらに、 この同位体希釈を実施しないことで、¹²⁹I/¹²⁷I比が 10⁻¹³オーダーの試料についても、より精確に 測定できるようになる。今後は、(1)使用可能な試料量、(2)試料のヨウ素濃度、(3)試料の¹²⁹I/¹²⁷I 比の予想値、これら3項目を検討して、この同位体希釈を実施するか否かを判断することが肝要 と思われる。この判断基準を設ける為には、様々な試料に対して、この同位体希釈を実施する場 合としない場合の¹²⁹I/¹²⁷I比測定結果を比較することが求められる。

今回の測定データ(n = 3)の平均値及び 1σ 誤差から推測すると、信頼性は低いが、約4400 ~4000万年前の海水の¹²⁹I/¹²⁷I 比は先行研究で得られた値(約 $[0.5~2.0] \times 10^{-12}$)とほぼ同じか、 それよりも数倍高かったかもしれない。

5. まとめ

本研究では、昨年度に JAEA-AMS-TONO で確立された炭酸カルシウム質天然試料のヨウ素同 位体測定法を、小笠原諸島・母島・御幸之浜の砂礫層から採取された貨幣石試料(約44~40 Ma) に適用し、約4400~4000 万年前における海水の¹²⁹I/¹²⁷I 比の推定を試みた。残念ながら有意性 の高い推定値は得られなかったが、JAEA-AMS-TONO におけるヨウ素同位体測定法について、 今後の試料前処理法の改良・高度化に関して議論することができた。¹²⁹Iの半減期(1570 万年) と同じオーダーの年代値を持つ試料から当時の海水の¹²⁹I/¹²⁷I 比を推定する試みは、これまでに 実施例はないと思われるが、地球環境試料の¹²⁹I/¹²⁷I 比年代測定法の構築のみならず、物質循環 研究にとっても非常に重要なものである。例えば、数千万年前の海水はスラブ起源の深部流体に 大きく寄与している可能性があることから、本研究の試みは、¹²⁹I/¹²⁷I 比を用いた深部流体研究 にとって重要であると考えられる。今後は本研究手法を高度化し、数 Ma~数+ Ma の様々な年 代について信頼性の高いデータを蓄積してゆくことが必要と思われる。

6. 引用文献

- 天知誠吾, ヨウ素と微生物の相互作用−ヨウ素の揮発, 濃縮, 還元, 酸化, 吸着−, 食と緑の科学, no.62, pp.9-19, 2008.
- Bautista VII, A.T., Matsuzaki, H. and Sigingan, F.P., Historical record of nuclear activities from ¹²⁹I in corals from the northern hemisphere (Philippines), Journal of Environmental Radioactivity, vol.164, pp.174-181, 2016.
- Bautista VII, A.T., Miyake, Y., Matsuzaki, H. and Siringan, F.P., A coral ¹²⁹I/¹²⁷I measurement method using ICP-MS and AMS with carrier addition, Analytical Methods, vol.9, pp.5181-5188, 2017.
- Biddulph, D.L., Development and applications of the NSF-Arizona AMS iodine-129 program, Ph.D. dissertation, The University of Arizona, 2004.
- Biddulph, D.L., Beck, J.W., Burr, G.S. and Donahue, D.J., Two 60-year records of ¹²⁹I from coral skeletons in the South Pacific Ocean, Radioactivity in the Environment, vol.8, pp.592-598, 2006.
- Buraglio, N., Aldahan, A.A. and Possnert, G., Distribution and inventory of ¹²⁹I in the central Arctic Ocean, Geophysical Research Letters, vol.26, pp.1011-1014, 1999.

- Chang, C.-C., Burr, G.S., Jull, A.J.T., Russell, J.L., Biddulph, D., White, L., Prouty, N.G., Chen, Y.-G., Shen, C.-C., Zhou, W. and Lam, D.D., Reconstructing surface ocean circulation with ¹²⁹I time series records from corals, Journal of Environmental Radioactivity, vol.165, pp.144-150, 2016.
- Cooper, L.W., Beasley, T.M., Zhao, X.-L., Soto, C., Vinogradova, K.L. and Dunton, K.H., Iodine-129 and plutonium isotopes in Arctic kelp as historical indicators of transport of nuclear fuel-reprocessing wastes from mid-to-high latitudes in the Atlantic Ocean, Marine Biology, vol.131, pp.391-399, 1998.
- Fabryka-Martin, J., Bentley, H., Elmore, D. and Airey, P.L., Natural iodine-129 as an environmental tracer, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol.49, pp.337-347, 1985.
- Fehn, U., Holdren, G.R., Elmore, D., Brunelle, T., Teng, R. and Kubik, P.W., Determination of natural and anthropogenic ¹²⁹I in marine sediments, Geophysical Research Letters, vol.13, pp.137-139, 1986.
- Fehn, U., Tullai, S., Teng, R.T.D., Elmore, D. and Kubik, P.W., Determination of ¹²⁹I in heavy residues of two crude oils, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, vol.29, pp.380-382, 1987.
- 松崎浩之, ヨウ素 129 を利用した地球環境中のヨウ素の研究−メタンハイドレートの年代測定の 試みと福島第一原子力発電所事故で放出されたヨウ素 131 の復元−, SIS Letters, no.16, pp.2-13, 2015.
- Matsuzaki, H., Nakano, C., Tsuchiya, Y.S., Ito, S., Morita, A., Kusuno, H., Miyake, Y., Honda, M., Bautista VII, A.T., Kawamoto, M. and Tokuyama, H., The status of the AMS system at MALT in its 20th year, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, vol.361, pp.63-68, 2015.
- Moran, J.E., Fehn, U. and Teng, R.T.D., Variations in ¹²⁹I/¹²⁷I ratios in recent marine sediments: evidence for a fossil organic component, Chemical Geology, vol.152, pp.193-203, 1998.
- Muramatsu, Y., Takada, Y., Matsuzaki, H. and Yoshida, S., AMS analysis of ¹²⁹I in Japanese soil samples collected from background areas far from nuclear facilities, Quaternary Geochronology, vol.3, pp.291-297, 2008.
- 日本原子力研究開発機構,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 地質環境長期安定性評価技術高度化開発報告書,2020.
- 海野 進, 中野 俊, 石塚 治, 駒澤正夫, 20 万分の1地質図幅「小笠原諸島」, 産業技術総合研究 所 地質調査総合センター, 2009.

深部流体の微生物解析で用いた解析方法

令和3年3月

一般財団法人 電力中央研究所

【付録10】

1. 微生物解析方法

微生物解析用の地下水試料は、オートクレーブ滅菌(121℃、20分)済みの500 mLパイレッ クスもしくは、2Lアイボーイに採取した。採取した地下水に鉄イオンが多く含まれる場合、還元 環境にあった地下水が大気に暴露されることにより遊離していた鉄イオンが析出し、以降の解析 を阻害することが考えられる。そのため、採水後直ちに簡易的に鉄濃度の測定を行い、濃度に応 じて EDTA を添加することで鉄イオンの析出を抑制した(Nagaosa et al., 2008)。採取した地下 水試料は、冷暗状態で実験室へ輸送した。

1.1. 蛍光顕微鏡観察

微生物数の計数は、Total direct counts (TDC; Porter and Feig, 1980) 法を用いた。採取した 地下水試料はグルタルアルデヒドを用いて最終濃度 1%で固定し、分析までの間冷蔵保存した。 試料を孔径 0.2 μm のアイソポアメンブレンフィルター (Merck, Darmstadt, German) にろ過 し、最終濃度 0.01 μg/mL の 4,6-diamidino-2-phenylinedole (DAPI) で 10 分染色しオールイン ワン蛍光顕微鏡 (BZ-X800, KEYENCE) で観察し、各フィルター300 細胞以上を計数した。計数 は各試料 3 連で実施し、1 試料当たりの微生物数の標準偏差を求めた。

1.2. 遺伝子解析

微生物群集構成の評価は、定量 PCR によって DNA 量の定量を行った後、16S rRNA 遺伝子を 対象とした次世代シーケンサーiSeq100を用いた遺伝子解析 (next generation sequencing; NGS) を実施した。地下水試料 10L を孔径 0.2 µm のメンブレンフィルター (Merck) にろ過し、解析 までの間冷凍保存した。DNA 抽出は PowerWater DNA Isolation kit (Qiagen, Hilden, Germany) により行った。抽出した DNA の濃度を Qubit 1.0(dsDNA HS Assay kit; Thermo Fisher Scientific) により測定した。2020D、2020I、2020M については、DNA 抽出キットによる抽出 ができなかったため、ISOm methods(Martin-Laurent et al., 2001; Plassart et al., 2012)によ り再抽出を行った。定量 PCR は、Taq-Man probe 法を用いて、Light Cycler 2.0 (Roche, Basel, Switzerland) により行った。PCR 条件は、Sasaki et al. (2009) に示す。プライマー及びプロー ブはそれぞれ Bac349F/Bac806R、Bac516F(Takai and Horikoshi, 2000)を用いた。その後、 抽出した DNA をテンプレートとして使用して、16S rRNA 遺伝子の V4 領域(320 bp) に特異 的なプライマーである 515f/806r を用いて 2-step tailed PCR 法(Caporaso et al., 2011) によっ てライブラリーを作成し、Miseq platform (Illumina, San Diego, CA, USA) によりペアエンド シーケンスを行った。First PCR 及び Second PCR の反応溶液及び反応条件は図 1.2-1 にまとめ た。 試料の調整は 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation 及び iSeq 100 Sequencing System Guide (Illumina) に従い、次世代シーケンサーiSeq 100 (Illumina) を用いて、2×150 bp の条件でシーケンシングを行った。得られたリードのクオリティ及びキメラチェックを行い、 群集構成解析に用いた。系統推定は、RefSeq RDP 16S v3 Database を用いて BaseSpace Sequence Hub (Illumina) によって行った。

	 1st PCR master mix 		2	 1st PCR condi 	tion	
	Reagent	Concentration	Volume (uL)	Temperature (°C)	Time	Cycle
	Template DNA		1.0	95 °C	3 min	
	Forward primer (515f)	10 uM	0.5	95 °C	30 sec	
	Riverse primer (806r)	10 uM	0.5	55°C	30 sec	25 cycle:
	2x KAPA HiFi HotStart ReadyMix	-	12.5	72°C	30 sec	
	DW	-	10.5	72°C	5 min	
	Total		25.0	4°C	hold	
2 nd P	CR DCB master mix			● 2 nd PCR, cond	ition	
	Reagent		Volume (uL)	Temperature (°C)	Time	Cycle
	Crist PCK Master Mix Reagent Template DNA		Volume (uL) 5.0	Temperature (°C) 95 °C	Time 3 min	Cycle
	Z ^M PCR Haster Hilx Reagent Template DNA Nextera XT index primer 1	(N7XX)	Volume (uL) 5.0 2.5	Temperature (°C) 95 °C 95 °C	Time 3 min 30 sec	Cycle
	Z ^{MA} PCK IIIASter IIIX Reagent Template DNA Nextera XT index primer 1 Nextera XT index primer 2	(N7XX) (S5XX)	Volume (uL) 5.0 2.5 2.5	<u>Temperature (°C)</u> 95 °C 95 °C 55 °C	Time 3 min 30 sec 30 sec	Cycle 8 cycles
	Template DNA Nextera XT index primer 1 Nextera XT index primer 2 2x KAPA HiFi HotStart Rea	(N7XX) (S5XX) dyMix	Volume (uL) 5.0 2.5 2.5 12.5	<u>Temperature (°C)</u> 95 °C 95 °C 55 °C 72 °C	Time 3 min 30 sec 30 sec 30 sec	Cycle 8 cycles
	Example to the second s	(N7XX) (S5XX) dyMix	Volume (uL) 5.0 2.5 2.5 12.5 2.5	<u>Temperature (°C)</u> 95°C 95°C 55°C 72°C 72°C	Time 3 min 30 sec 30 sec 30 sec 5 min	Cycle 8 cycles
	Z ^{MA} PCK IIIAStell IIIIX Reagent Template DNA Nextera XT index primer 1 Nextera XT index primer 2 2x KAPA HiFi HotStart Rea DW Total	(N7XX) (S5XX) dyMix	Volume (uL) 5.0 2.5 2.5 12.5 2.5 2.5 25.0	Temperature (°C) 95°C 95°C 55°C 72°C 72°C 4°C	Time 3 min 30 sec 30 sec 30 sec 5 min hold	Cycle 8 cycles

図 1.2-1 PCR 条件

引用文献

- Caporaso, J.G., Lauber, C.L., Walters, W.A., Berg-Lyons, D., Lozupone, C.A., Turnbaugh, P.J., Fierer, N., Knight, R., Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample, Proceedings of the national academy of sciences, vol.108(Supplement 1), pp.4516-4522, 2011.
- Martin-Laurent, F., Philippot, L., Hallet, S., Chaussod, R., Germon, J. C., Soulas, G. and Catroux, G., DNA extraction from soils: old bias for new microbial diversity analysis methods, Applied and environmental microbiology, vol.67(5), pp.2354-2359, 2001.
- Nagaosa, K., Maruyama, T., Welikala, N., Yamashita, Y., Saito, Y., Kato, K., Fortin, D., Nanba, K., Miyasaka, I. and Fukunaga, S., Active Bacterial Populations and Grazing Impact Revealed by an In Situ Experiment in a Shallow Aquifer, Geomicrobiology Journal, vol.25(3-4), pp.131-141, 2008.
- Plassart, P., Terrat, S., Thomson, B., Griffiths, R., Dequiedt, S., Lelievre, M., Regnier, T., Nowak, V., Bailey, M., Lemanceau, P., Bispo, A., Chabbi, A., Maron, P.A., Mougel, C. and Ranjard, L., Evaluation of the ISO standard 11063 DNA extraction procedure for assessing soil microbial abundance and community structure, PloS one, vol.7(9), e44279, 2012.
- Sasaki, K., Morita, M., Hirano, S. I., Ohmura, N. and Igarashi, Y., Effect of adding carbon fiber textiles to methanogenic bioreactors used to treat an artificial garbage slurry, Journal of bioscience and bioengineering, vol.108(2), pp.130-135, 2009.
- Takai, K. and Horikoshi, K., Rapid detection and quantification of members of the archaeal community by quantitative PCR using fluorogenic probes, Applied and environmental microbiology, vol.66(11), pp.5066-5072, 2000.

空白ページ

第四紀堆積物の珪藻分析結果

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目 次

1.	はじめに	付 11-3
2.	試料と方法	
3.	珪藻化石の環境指標種群	
4.	結果	
5.	考察	付 11-13
6.	引用・参考文献	付 11-14

1. はじめに

珪藻は、10~500µm ほどの珪酸質殻を持つ単細胞藻類で、殻の形や刻まれた模様などから多 くの珪藻種が調べられ、現生の生態から特定環境を指標する珪藻種群が設定されている(小杉, 1988;安藤, 1990)。一般的に、珪藻の生育域は海水域から淡水域まで広範囲に及び、中には河 川や沼地などの水成環境以外の陸地においても、わずかな水分が供給されるジメジメとした陸域 環境(例えばコケの表面や湿った岩石の表面など)に生育する珪藻種が知られている。こうした 珪藻群集の性質を利用して、堆積物中の珪藻化石群集の解析から、過去の堆積物の堆積環境につ いて知ることができる。

ここでは、ボーリング調査で採取された土層堆積物試料中の珪藻化石群集を調べ、堆積環境について検討した。

2. 試料と方法

試料は、関東で掘削されたボーリングコア3本(GC-NG-1、GC-OY-1、GC-OY-2)をはじめ、 能登半島や静岡県などで採取された土層堆積物20点である(表1~4)。

各試料について以下の処理を行い、珪藻分析用プレパラートを作製した。

(1) 湿潤重量約 1.0g を取り出し、秤量した後ビーカーに移して 30%過酸化水素水を加え、加熱・反応させ、有機物の分解と粒子の分散を行った。(2) 反応終了後、水を加え 1 時間程してから上澄み液を除去し、細粒のコロイドを捨てる。この作業を 15 回ほど繰り返した。(3) 懸濁残渣を遠心管に回収し、マイクロピペットで適量取り、カバーガラスに滴下し、乾燥させた。乾燥後は、マウントメディアで封入し、プレパラートを作製した。

作製したプレパラートは顕微鏡下 400~1000 倍で観察し、珪藻化石 200 個体以上について同 定・計数した。珪藻殻は、完形と非完形(原則として半分程度残っている殻)に分けて計数し、完 形殻の出現率として示した。さらに、試料の処理重量とプレパラート上の計数面積から堆積物 1g 当たりの殻数を計算した。また、保存状態の良好な珪藻化石を選び、写真を図版 1 に載せた。な お、珪藻化石の少ない試料については、プレパラートの面積の 2/3 以上について同定・計数した。

	MI (10 110 1 -	 у ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	见公	
柱状図 記載No.	コア名	top(m)	bottom(m)	珪藻帯	水域 環境
1		1.25	1.26		
2		3.80	3.81	NG1-10	F
3		6.95	6.96		B-F
4		7.25	7.26		F
5		10.25	10.26	NG1-9	F
6		13.87	13.88	-	F
7		14.68	14.69	NG1-8	F
		16.10	16.12	NG1-7	F
8		17.70	17.71	NOT	F-M
9		19.82	19.83	NG1-6	F-M
10		24.39	24.40	NOT-0	F-M
11		26.48	26.49		М
12		29.22	29.23	-	М
13		29.92	29.93	-	м
14	GC-NG-1	33.22	33.23		м
		34.40	34.92	NG1-5	М
15		36.64	36.65	-	M-F
16		38.23	38.24	-	M-F
17		40.61	40.62	-	M-F
		41.96	41.98	-	F-M
18		45.64	45.65	NG1-4	F
19		48.25	48.26	NOT-4	F
20		53.96	53.97		M-F
21		55.24	55.25	NG1-3	м
22		57.24	57.25	-	F-M
23		59.30	59.31	NG1-2	F
24		66.74	66.75		F
25		69.25	69.26	NG1-1	F
26		71.32	71.33		F-M

表1 GC-NG-1コアの試料一覧表

黄色セルは 2020 年分析したもの

柱状図 記載No.	コア名	top(m)	bottom(m)	珪藻帯	水域 環境
1		1.09	1.10	OV1 0	F
2		2.13	2.15	011-9	×
3		11.26	11.27	OY1-8	B-F
4		15.66	15.67		F
5		17.75	17.76	OY1-7	F
6		18.39	18.40		F
7		21.73	21.74		F
		22.60	22.63	OY1-6	F
8		23.60	23.61		B-F
9		24.67	24.68	OY1-5	B-F
10		27.59	27.60		М
11		29.25	29.26		м
12		31.23	31.24		М
		34.07	34.10		Μ
13		35.77	35. 78		М
14		37.24	37.25	OY1-4	M-F
15	GC-0V-1	39.59	39.60		M-F
16	00 01 1	41.34	41.35		M-F
17		42.64	42.65		M-F
18		45.78	45.79		М
19		46.23	46.24		M-F
20		52.18	52.19		×
21		55.73	55.74	OY1-3	М
22		57.89	57.90		М
23		60.24	60.25		М
24		63.85	63.86		М
25		66.25	OY1-2	М	
26		69.09	69.10		Μ
27		72.62	72.63		×
28		72.89	72.90		M-F
29		77.46	77.47	OY1-1	M-F
30		82.72	82.73		×
31		83.74 83.75			
32		85.03	85.04		M-F

表 2 GC-OY-2 コアの試料一覧表

黄色セルは 2020 年分析したもの

図 lo.	コア名	top(m)	bottom(m)	珪藻帯	水域 環境
		1.52	1.53	OY2-9	F
		5.46	5.47	OY2-8	F
		11.31	11.32	OY2-7	F
		13.10	13.12	OY2-6	F
		15.16	15.17	012-0	F
		19.33	19.34		F
		22.70	22.71		F
		24.38	24.41	OV2-5	B-F
		26.63	26.64	012-0	B-F
		28.59	28.60		B-F
		29.43	29.47		B-F
		30.61	30.62		М
	GC-0V-2	32.19	32.20		м
	00 01 2	33.17	33.18	0V2-4	м
		35.40	35.41	012-4	м
		36.73	36.73		M-F
:		37.06	37.07		F
		43.80	43.81		Μ
		50.44	50.45	OY2-3	М
		54.04	54.05		М
		65.32	65.88		F-M
		68.87	68.88	OY2-2	M-F
		74.20	74.21		F-M
		79.68	79.69	OY2-1	×
		80.53	80.54	(上総)	×
		85.60	85.61	\ (VC) /	×

表3 OG-OY-2 コアの試料一覧表

黄色セルは 2020 年分析したもの

表 4 大井川及び能登半島露頭の試料一覧表

分析No.	地区	サンプル名	採取位置	層準	備考
1		TRM D4	-	Ι	20 ₀₀ 間隔(最上位)
2	大井川 (熱図県川坦本	TRM D3	-	-	20m間隔
3	(靜岡県川侬平町)	TRM D2	-	-	20m間隔
4	1.1)	TRM D1	-	-	20 _{cm} 間隔(最下位)
5		ANY-101D	17-25cm	海成砂層	8cm幅/連続採取
6	能登半島	ANY-102D	25-30cm	海成砂層	5cm幅/連続採取
7	(石川県穴水町)	ANY-103D	30-37cm	海成砂層	7cm幅/連続採取
8		ANY-104D	37-	海成礫層	連続採取

全て 2020 年分析実施

3. 珪藻化石の環境指標種群

珪藻化石の環境指標種群は、主に小杉(1988)および安藤(1990)が設定し、千葉・澤井(2014) により再検討された環境指標種群に基づいた。なお、環境指標種群以外の珪藻種については、海 水種は海水不定・不明種(?)として、海~汽水種は海~汽水不定・不明種(?)として、汽水種は 汽水不定・不明種(?)として、淡水種は広布種(W)として、その他の種はまとめて不明種(?) として扱った。また、破片のため属レベルの同定にとどめた分類群は、その種群を不明(?)とし て扱った。以下に、小杉(1988)が設定した海水~汽水域における環境指標種群と、安藤(1990) が設定した淡水域における環境指標種群の概要を示す。

- [外洋指標種群(A)]:塩分濃度が35パーシル以上の外洋水中を浮遊生活する種群である。
- [内湾指標種群(B)]:塩分濃度が26~35 パーミルの内湾水中を浮遊生活する種群である。
- [海水藻場指標種群(C1)]:塩分濃度が12~35 パーミルの水域の海藻や海草(アマモなど)に付着 生活する種群である。
- [海水砂質干潟指標種群(D1)]:塩分濃度が26~35 パーミルの水域の砂底(砂の表面や砂粒間)に 付着生活する種群である。この生育場所には、ウミニナ類、キサゴ類、アサリ、ハマグリ類な どの貝類が生活する。
- [海水泥質干潟指標種群(E1)]: 塩分濃度が 12~30 パーシルの水域の泥底に付着生活する種群である。この生育場所には、イボウミニナ主体の貝類相やカニなどの甲殻類相が見られる。
- [汽水藻場指標種群(C2)]:塩分濃度が 4~12 パージルの水域の海藻や海草に付着生活する種群である。
- [汽水砂質干潟指標種群(D2)]:塩分濃度が 5~26 パーミルの水域の砂底(砂の表面や砂粒間)に 付着生活する種群である。
- [汽水泥質干潟指標種群(E2)]:塩分濃度が 2~12 パーシルの水域の泥底に付着生活する種群である。淡水の影響により、汽水化した塩性湿地に生活するものである。
- [上流性河川指標種群(J)]:河川上流部の渓谷部に集中して出現する種群である。これらは、殻 面全体で岩にぴったりと張り付いて生育しているため、流れによってはぎ取られてしまうこと がない。
- [中~下流性河川指標種群(K)]:河川の中~下流部、すなわち河川沿いで河成段丘、扇状地および自然堤防、後背湿地といった地形が見られる部分に集中して出現する種群である。これらの 種には、柄またはさやで基物に付着し、体を水中に伸ばして生活する種が多い。
- [最下流性河川指標種群(L)]:最下流部の三角州の部分に集中して出現する種群である。これらの種には、水中を浮遊しながら生育している種が多い。これは、河川が三角州地帯に入ると流速が遅くなり、浮遊生の種でも生育できるようになるためである。
- [湖沼浮遊生指標種群(M)]:水深が約1.5m以上で、岸では水生植物が見られるが、水底には植物が生育していない湖沼に出現する種群である。
- [湖沼沼沢湿地指標種群(N)]:湖沼における浮遊生種としても、沼沢湿地における付着生種としても優勢な出現が見られ、湖沼・沼沢湿地の環境を指標する可能性が大きい種群である。
- [沼沢湿地付着生指標種群(O)]:水深 1m 内外で、一面に植物が繁殖している所および湿地において、付着の状態で優勢な出現が見られる種群である。
- [高層湿原指標種群(P)]:尾瀬ケ原湿原や霧ケ峰湿原などのように、ミズゴケを主とした植物群 落および泥炭層の発達が見られる場所に出現する種群である。
- [陸域指標種群(Q)]:上述の水域に対して、陸域を生息地として生活している種群である(陸生 珪藻と呼ばれている)。

[陸生珪藻A群(Qa)]:耐乾性の強い特定のグループである。 [陸生珪藻B群(Qb)]:A群に随伴し、湿った環境や水中にも生育する種群である。

4. 結果

GC-NG-1 コア、GC-OY-1 及び GC-OY-2 コアについては昨年度の報告に今年度分析分を足して 結果記載を行う。

[GC-NG-1 コア]

堆積物から検出された珪藻化石は、海水種が 28 分類群 15 属 16 種、海~汽水種が 1 分類群 1 属 1 種、汽水種が 4 分類群 3 属 4 種、淡水種が 71 分類群 34 属 44 種 4 変種であった(表 5)。こ れらの珪藻化石は、海水域における 5 環境指標種群(A、B、C1、D1、E1)と、淡水域における 9 環境指標種群(J、K、L、M、N、O、P、Qa、Qb)に分類された。珪藻化石群集の特徴から、 GC-NG-1 コアは I ~X帯に分帯された(図 1)。

以下では、各珪藻帯における珪藻化石の特徴とその堆積環境について述べる。

I帯(深度 71.33~66.74m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.5×104 個~3.0×106 個、完形殻の出現率は 50.0%~66.8%であ る。おもに淡水種からなり、分析 No.26、25 では海水種や汽水種をわずかに伴う。堆積物中の 珪藻殻数は分析 No.26、25 で非常に多く、分析 No.24 では少ない。環境指標種群では、陸生珪 藻A群(Qa)と湖沼沼沢湿地指標種群(N)が多く、陸生珪藻B群(Qb)を伴い、中~下流性 河川指標種群(K) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、海水~汽水の影響をわずかに受ける、河川やジメジメとした陸域 を伴う湖沼沼沢湿地環境が推定される。

Ⅱ帯(深度 59.31~59.30m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 7.3×106 個、完形殻の出現率は 68.8%である。おもに淡水種から なり、汽水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、湖沼沼 沢湿地指標種群(N)が多く、沼沢湿地付着生指標種群(O)、陸生珪藻(Qa、Qb)、中~下流 性河川指標種群(K) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、ジメジメとした陸域や河川を伴う湖沼沼沢湿地環境が推定される。 Ⅲ帯(深度 57.25~53.96m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 8.1×105 個~3.6×106 個、完形殻の出現率は 42.2%~58.6%であ る。主に淡水種と海水種からなる。堆積物中の珪藻殻数は多い~非常に多い。環境指標種群で は、内湾指標種群(B)が多く、海水泥質干潟指標種群(E1)などの海水種や、陸生珪藻A群 (Qa)、湖沼浮遊生指標種群(M)などの淡水種をわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、後背湿地を伴う内湾環境が推定される。

IV帯(深度 48.26~45.64m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 9.2×106 個および 7.4×106 個、完形殻の出現率は 57.3%および 57.8%である。主に淡水種からなる。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、湖 沼沼沢湿地指標種群(N)、陸生珪藻A群(Qa)、陸生珪藻B群(Qb)が特徴的で、上流性河川 指標種群(J) や中~下流性河川指標種群(K) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、河川を伴う湖沼沼沢湿地環境が推定される。

V帯(深度 41.98~26.48m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.0×103 個~2.5×106 個、完形殻の出現率は 0%~68.1%である。 主に海水種からなり、淡水種を伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない~非常に多い。環境 指標種群では、内湾指標種群(B)が多く、外洋指標種群(A)、海水泥質干潟指標種群(E1) などの海水種や、湖沼沼沢湿地指標種群(N)などの淡水種をわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、外洋の影響をわずかに受ける、海水泥質干潟を伴う内湾環境が推 定される。

VI帯 (24.40~19.82m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 5.6×106 個および 1.4×107 個、完形殻の出現率は 76.3%および 46.3%である。主に淡水種からなり、海水種などをわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に 多い。環境指標種群では、湖沼沼沢湿地指標種群(N)が多く、陸生珪藻A群(Qa)、陸生珪藻 B群(Qb)、湖沼浮遊生指標種群(M)や、上流性河川指標種群(J)、中~下流性河川指標種群 (K) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、海水と河川の影響をわずかに受ける、湖沼沼沢湿地環境が推定される。

Ⅶ帯(深度 17.71~16.10m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 4.4×105 個、完形殻の出現率は 50.0%である。主に淡水種からな り、海水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は多い。環境指標種群では、陸生珪藻A群(Qa) が多く、湖沼沼沢湿地指標種群(N)と陸生珪藻B群(Qb)を伴い、湖沼浮遊生指標種群(M)、 沼沢湿地付着生指標種群(O)、中~下流性河川指標種群(K)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、河川やジメジメとした陸域を伴う湖沼沼沢湿地環境が推定される。 Ⅲ帯(深度 14.69~14.68m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 4.6×106 個、完形殻の出現率は 61.9%である。淡水種のみからな る。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、陸生珪藻A群(Qa)が多く、沼沢 湿地付着生指標種群(O)、陸生珪藻B群(Qb)、高層湿原指標種群(P)、湖沼沼沢湿地指標種 群(N)などを伴い、湖沼浮遊生指標種群(M)と中~下流性河川指標種群(K)をわずかに伴 う。

環境指標種群の特徴から、河川やジメジメとした陸域の影響を受ける、高層湿原を伴う湖沼 沼沢湿地環境が推定される。

IX帯(深度 13.88~7.25m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.4×104 個~1.8×107 個、完形殻の出現率は 42.9%~76.1%であ る。主に淡水種からなる。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない~非常に多い。環境指標種群で は、陸生珪藻(Qa、Qb)と湖沼沼沢湿地指標種群(N)が特徴的で、沼沢湿地付着生指標種群 (O)や中~下流性河川指標種群(K)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、河川の影響をわずかに受ける、ジメジメとした陸域を伴う湖沼沼 沢湿地環境が推定される。

X帯(深度 6.96~1.25m)

分析 No.1 のみ、殻が半分以上残存する珪藻化石は検出されなかった。分析 No.3 および No.2 は、堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.9×104 個および 2.4×104 個、完形殻の出現率は 64.9%およ び 71.4%である。主に淡水種からなる。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない。環境指標種群で は、沼沢湿地付着生指標種群(O)、高層湿原指標種群(P)、陸生珪藻A群(Qa)などがわずか に検出された。

珪藻化石が少ない点ため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。わずかに検出さ れた環境指標種群の特徴から、ジメジメとした陸域の影響を受けていた可能性がある。 [GC-OY-1 コア]

堆積物から検出された珪藻化石は、海水種が 33 分類群 23 属 26 種、汽水種が 9 分類群 7 属 5 種、淡水種が 74 分類群 38 属 45 種 5 変種であった(表 6)。これらの珪藻化石は、海水域におけ る 5 環境指標種群(A、B、C1、D1、E1)、汽水域における 1 環境指標種群(E2)、淡水域におけ る 9 環境指標種群(J、K、L、M、N、O、P、Qa、Qb)に分類された。珪藻化石群集の特徴か ら、GC-OY-1 コアは I ~IX帯に分帯された(図 2)。

以下では、各珪藻帯における珪藻化石の特徴とその堆積環境について述べる。

I帯(深度 85.04~72.62m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は0個~1.2×103個、完形殻の出現率は50.0%~100%である。淡水 種と海水種がわずかに検出された。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない。なお、分析 No.30、 27 では殻が半分以上残存している珪藻化石は検出されなかった。環境指標種群では、内湾指標 種群(B)、海水泥質干潟指標種群(E1)、陸生珪藻A群(Qa)がわずかに検出された。

珪藻化石が少ないため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。わずかに検出され た環境指標種群の特徴から、海水の影響をわずかに受けていた可能性がある。

Ⅱ帯(深度 69.10~63.85m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.8×104 個~1.6×106 個、完形殻の出現率は 40.0%~73.3%であ る。主に海水種からなり、淡水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない~非常 に多い。環境指標種群では、内湾指標種群(B) が多く、分析 No.26 では海水泥質干潟指標種 群(E1) も多い。

環境指標種群の特徴から、海水泥質干潟を伴う内湾環境が推定される。

Ⅲ帯(深度 60.25~52.18m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 0 個~8.0×103 個、完形殻の出現率は 66.7%~78.3%である。淡水種と海水種がわずかに検出された。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない。なお、分析 No.20 では殻が半分以上残存している珪藻化石は検出されなかった。環境指標種群では、内湾指標種群(B)と海水砂質干潟指標種群(D1)がわずかに検出された。

珪藻化石が少ないため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。わずかに検出され た環境指標種群の特徴から、内湾の影響をわずかに受けていた可能性がある。

IV帯(深度 46.24~27.59m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 7.4×103 個~6.2×106 個、完形殻の出現率は 37.5%~84.3%であ る。主に海水種からなり、淡水種を伴う。ただし、分析 No.18 のみ淡水種からなる。堆積物中 の珪藻殻数は非常に少ない~非常に多い。環境指標種群では、内湾指標種群(B) が多く、海水 泥質干潟指標種群(E1)、外洋指標種群(A) などの海水種や、陸生珪藻A群(Qa)、湖沼沼沢 湿地指標種群(N)、中~下流性河川指標種群(K) などの淡水種をわずかに伴う。分析 No.18 のみ、陸生珪藻A群(Qa) が多い。

環境指標種群の特徴から、外洋の影響をわずかに受ける、海水泥質干潟を伴う内湾環境が推定される。なお、分析 No.18 の堆積時のみジメジメとした陸域環境が推定される。

V帯(深度 24.68~24.67m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.1×106 個、完形殻の出現率は 53.0%である。主に淡水種からな り、海水種と汽水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、 陸生珪藻(Qa、Qb)が多く、湖沼沼沢湿地指標種群(N)、沼沢湿地付着生指標種群(O)、中 ~下流性河川指標種群(K)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、海水~汽水の影響をわずかに受ける、河川や湖沼沼沢湿地を伴う ジメジメとした陸域環境が推定される。 VI帯(深度 23.61~21.73m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 2.7×105 個および 8.9×106 個、完形殻の出現率は 74.5%および 68.3%である。主に淡水種からなり、汽水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は多い~非常 に多い。環境指標種群では、陸生珪藻A群(Qa)と中~下流性河川指標種群(K)が特徴的で、 湖沼沼沢湿地指標種群(N)、沼沢湿地付着生指標種群(O) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、汽水の影響をわずかに受ける、湖沼沼沢湿地やジメジメとした陸 域を伴う中~下流性河川環境が推定される。

Ⅶ帯(深度 18.40~15.66m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.0×106 個~1.1×107 個、完形殻の出現率は 63.9%~67.5%であ る。主に淡水種からなり、汽水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指 標種群では、陸生珪藻(Qa、Qb)、中~下流性河川指標種群(K)、上流性河川指標種群(J)が 特徴的で、湖沼沼沢湿地指標種群(N) などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、汽水の影響をわずかに受ける、湖沼沼沢湿地やジメジメとした陸 域を伴う上流~中~下流性河川環境が推定される。

₩冊(深度 11.27~11.26m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 7.9×106 個、完形殻の出現率は 72.2%である。主に淡水種からな り、汽水種を伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、沼沢湿地付着生指 標種群(O)などが特徴的で、中~下流性河川指標種群(K)、陸生珪藻B群(Qb)、陸生珪藻A 群(Qa)、湖沼沼沢湿地指標種群(N)をわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、汽水の影響を受ける、河川やジメジメとした陸域を伴う湖沼沼沢 湿地環境が推定される。

IX帯(深度 2.15~1.09m)

分析 No.2 からは殻が半分以上残存している珪藻化石は検出されなかった。堆積物 1g 中の珪 藻殻数は 5.2×105 個、完形殻の出現率は 47.1%である。淡水種のみからなる。積物中の珪藻殻 数は多い。環境指標種群では、最下流性河川指標種群(L)が多く、陸生珪藻A群(Qa)、陸生 珪藻 B群(Qb)、湖沼浮高層湿原指標種群(P)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、ジメジメとした陸域を伴う最下流性河川環境が推定される。

[GC-OY-2 コア]

堆積物から検出された珪藻化石は、海水種が 31 分類群 24 属 24 種、海~汽水種が 2 分類群 1 属 1 種、汽水種が 8 分類群 6 属 8 種、淡水種が 85 分類群 38 属 57 種 5 変種であった(表 7)。こ れらの珪藻化石は、海水域における 5 環境指標種群(A、B、C1、D1、E1)、汽水域における 2 環 境指標種群(C2、E2)、淡水域における 10 環境指標種群(J、K、L、M、N、O、P、Q、Qa、 Qb)に分類された。珪藻化石群集の特徴から、GC-OY-2 コアは I ~IX帯に分帯された(図 3)。

以下では、各珪藻帯における珪藻化石の特徴とその堆積環境について述べる。

I帯(深度 85.61~79.68m)

いずれの試料からも殻が半分以上残存している珪藻化石は検出されなかった。

珪藻化石が検出されなかったため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。

Ⅱ帯(深度 74.21~65.32m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 4.0×103 個~5.6×104 個、完形殻の出現率は 25.0%~86.6%であ る。淡水種と海水種がわずかに検出された。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない。環境指標種 群では、内湾指標種群(B)、湖沼浮遊生指標種群(M)、沼沢湿地付着生指標種群(O)などが 検出された。分析 No.20 では湖沼浮遊生指標種群(M) が特徴的である。

珪藻化石が少ないため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。わずかに検出され た環境指標種群の特徴から、内湾の影響をわずかに受けていた可能性があり、分析 No.20 では 湖沼の影響を受けていた可能性がある。

Ⅲ帯(深度 54.05~43.80m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.8×10 個~1.5×103 個、完形殻の出現率は 0%~100%である。 海水種のみがわずかに検出された。堆積物中の珪藻殻数は非常に少ない。環境指標種群では、 内湾指標種群(B)のみが検出された。

珪藻化石が少ないため、珪藻化石から復元される堆積環境は不明である。わずかに検出され た環境指標種群の特徴から、内湾の影響をわずかに受けていた可能性がある。

IV帯(深度 37.07~30.61m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.5×104 個~2.1×106 個、完形殻の出現率は 37.8%~68.6%であ る。主に海水種からなり、淡水種を伴う。分析 No.14 のみ淡水種のみが検出された。堆積物中 の珪藻殻数は非常に少ない~非常に多い。環境指標種群では、内湾指標種群(B)が多く、外洋 指標種群(A)、海水泥質干潟指標種群(E1)などの海水種や、陸生珪藻A群(Qa)、湖沼沼沢 湿地指標種群(N)、中~下流性河川指標種群(K)などの淡水種をわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、外洋や河川の影響をわずかに受ける、海水泥質干潟を伴う内湾環 境が推定される。

V帯(深度 29.47~19.33m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 5.1×105 個~2.8×107 個、完形殻の出現率は 63.8%~78.5%であ る。主に淡水種からなり、汽水種などをわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は多い~非常に多 い。環境指標種群では、中~下流性河川指標種群(K)と陸生珪藻 B群(Qb)が特徴的で、湖 沼沼沢湿地指標種群(N)、上流性河川指標種群(J)、陸生珪藻 A群(Qa)などをわずかに伴う。 環境指標種群の特徴から、汽水の影響をわずかに受ける、湖沼沼沢湿地を伴う河川環境が推 定される。

VI帯(深度 15.17~13.10m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.2×107 個、完形殻の出現率は 84.4%である。淡水種のみからな る。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、湖沼沼沢湿地指標種群(N) が多く、 湖沼浮遊生指標種群(M)、陸生珪藻B群(Qb)、陸生珪藻A群(Qa)、などをわずかに伴う。 環境指標種群の特徴から、湖沼沼沢湿地環境が推定される。

Ⅶ帯(深度 11.32~11.30m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.9×105 個、完形殻の出現率は 42.2%である。淡水種のみからなる。堆積物中の珪藻殻数は多い。環境指標種群では、陸生珪藻A群(Qa)が多く、沼沢湿地付着生指標種群(O)、高層湿原指標種群(P)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、沼沢湿地を伴うジメジメとした陸域環境が推定される。

₩冊(深度 5.47~5.46m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 3.2×106 個、完形殻の出現率は 61.4%である。主に淡水種からな り、汽水種をわずかに伴う。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、湖沼沼沢 湿地指標種群(N)が多く、沼沢湿地付着生指標種群(O)、陸生珪藻A群(Qa)などを伴い、 湖沼浮遊生指標種群(M)、高層湿原指標種群(P)などをわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、ジメジメとした陸域を伴う湖沼沼沢湿地環境が推定される。

IX帯(深度 1.53~1.52m)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.0×106 個、完形殻の出現率は 63.8%である。淡水種のみからなる。堆積物中の珪藻殻数は非常に多い。環境指標種群では、陸生珪藻(Qa、Qb)が多く、高層

湿原指標種群(P)をわずかに伴う。

環境指標種群の特徴から、高層湿原を伴うジメジメとした陸域環境が推定される。

[大井川] (分析 No.1~4)

殻が半分以上残存する珪藻化石は検出されなかった。したがって、珪藻分布図は作成していない。

珪藻化石が検出されなかったため、基本的に乾燥した陸域環境が考えられる。

[能登半島] (分析 No.5~8)

堆積物から検出された珪藻化石は、淡水種が21分類群14属11種1変種であった(表8)。これらの珪藻化石は、淡水域における5環境指標種群(N、O、P、Qa、Qb)に分類された(表8)。 全体的に珪藻化石が少なく、ほとんどの試料で殻が半分以上残存している珪藻化石は検出されなかった。したがって、珪藻分布図は作成していない。

以下では、試料毎に珪藻化石の特徴とその堆積環境について述べる。

ANY-101D (分析 No.5)

殻が半分以上残存する珪藻化石は検出されなかった。珪藻化石が検出されなかったため、基本的に乾燥した陸域環境が考えられる。

ANY-102D (分析 No.6)

殻が半分以上残存する珪藻化石は検出されなかった。珪藻化石が検出されなかったため、基本的に乾燥した陸域環境が考えられる。

ANY-103D (分析 No.7)

堆積物 1g 中の珪藻殻数は 1.0×10³ 個、完形殻の出現率は 100%である。淡水種が 1 個体の み検出された。環境指標種群は検出されなかった。

珪藻化石がほとんど検出されなかったため、基本的に乾燥した陸域環境が考えられる。

ANY-104D (分析 No.8)

殻が半分以上残存する珪藻化石は検出されなかった。珪藻化石が検出されなかったため、基本的に乾燥した陸域環境が考えられる。

5. 考察

関東のボーリングコア3本では、それぞれ珪藻化石群集に基づき珪藻帯が設定された。また、 いずれのコアからも内湾環境を示す海成層がみつかった。深度約40m以深に分布する礫層にのる 泥層(GC-NG-1コアのV帯、GC-OY-1コアのIV帯、GC-OY-2コアのIV帯)は、納谷ほか(2009, 2012, 2014a, 2017)や野口ほか(2017a, 2017b)との対比から、MIS5の海成層(MIS5e)で ある可能性が高い。よって、MIS5eの可能性がある泥層の下位に位置する礫層は、MIS6の礫層 に相当する可能性がある。ただし、GC-NG-1コアのIV帯(淡水成層で河川を伴う湖沼沼沢湿地環 境)は、MIS6の寒冷期が終わってMIS5eに向かう温暖化の初期の堆積物である可能性と、寒冷 期の内陸堆積物である可能性の2つの可能性が考えられる。

MIS6 と思われる礫層の下位には、コアによって珪藻化石の保存状態は異なるものの、海水種 が含まれていた。特に、GC-NG-1 コアと GC-OY-1 コアで含有量の多い層準(GC-NG-1 コアのⅢ 帯、GC-OY-1 コアのⅡ帯)では、内湾環境が推定された。この海成層は、おなじく納屋ほか(2009, 2012, 2014a, 2017)や野口ほか(2017a, 2017b)の対比から、MIS7の海成層(MIS7c~7e) の可能性がある。GC-OY-2 コアでは、MIS6 と思われる礫層から下位は一様に珪藻化石の含有量 は少ないが、おそらくⅢ・Ⅱ帯が MIS7 に対応すると思われる。

また、MIS5eと思われる海成層にのる粗粒堆積物と細粒堆積物の互層は、いずれも淡水成層で、 河川環境や湖沼沼沢湿地環境が推定された(GC-NG-1 コアのVI~IX帯、GC-OY-1 コアのV~VII 帯、GC-OY-2 コアのV・VI帯)。これらの層準は、納谷・安原(2014b)との対比から、MIS5a~ 5d(大宮層や常総粘土層)に相当する可能性がある。

なお、GC-NG-1コアの珪藻化石群集から復元される環境変遷は、OM コアの環境変遷(野口ほか, 2017b)と類似性がある。

一方で、能登半島や静岡の試料からは、珪藻化石がほとんど検出されなかった。珪藻化石が検 出された試料は、4 試料(分析 No.1、No.3、No.5、No.6)でいずれも含有量が非常に少なかった。 珪藻化石が少ない点やほとんど含まれていない状況から、堆積環境は復元できなかった。珪藻群 集の他に、地形や粒度組成、花粉分析や層序などから古環境復元されることに期待したい。

試料は MIS11 以前と思われる海成段丘から採取された。堆積物の粒度は砂が主体であったため、乾燥した陸域環境のほかに、砂よりも微小な珪藻化石は捕獲されずに堆積しなかった可能性が考えられる。また、現場所見から露頭は赤色化と風化が著しく進行していたと認められたため、風化に伴い珪藻化石が消失してしまった可能性もある。

6. 引用・参考文献

- 安藤一男(1990)淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用.東北地理,42, 73-88.
- 千葉 崇・澤井裕紀(2014)環境指標種群の再検討と更新. Diatom, 30, 7-30.
- 小杉正人(1988) 珪藻の環境指標種群の設定と古環境復元への応用.第四紀研究, 27, 1-20. 納谷友規・山口正秋・水野清秀(2009) 関東平野中央部埼玉県菖蒲町で掘削された 350m ボーリ
- ングコア(GS-SB-1)の珪藻化石産出層準と淡水成層準および海成層準の識別.地質調査研究 報告,60(3/4),245-256.

納谷友規・八戸昭一・松島紘子・水野清秀(2012)珪藻化石と岩相に基づく関東平野中央部で掘 削されたボーリングコアの海成層準の認定.地質調査研究報告,63(5-6),147-180.

納谷友規・石原武志・植木岳雪・本郷美佐緒・松島(大島)紘子・八戸昭一・吉見雅行・水野清秀 (2014a)関東平野中央部の第四系地下地質.関東平野中央部の地下地質情報とその応用,特 殊地質図 No.40, 178-203.

- 納谷友規・安原正也(2014b) 鴻巣地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),82p, 産総研地質調査総合センター.
- 納谷友規・本郷美佐緒・植木岳雪・八戸昭一・水野清秀(2017)関東平野中央部の地下に分布す る鮮新 - 更新統の層序と構造運動.地質学雑誌, 123(8), 637 - 652.

野口真利江・須貝俊彦・石綿しげ子・鈴木正章・森田泰彦・遠藤邦彦(2017a)コラム8 思川コ アから見る奥東京湾(縄文海進)と古東京湾(MIS5e)の海の最奥部.遠藤邦彦著「改訂版 日

本の沖積層・未来と過去を結ぶ最新の地層」:385-389,株式会社冨山房インターナショナル. 野ロ真利江・須貝俊彦・石綿しげ子・鈴木正章・遠藤邦彦(2017b)OMコアからみた関東平野奥 部思川低地における MIS8 以降の環境変遷 - 珪藻分析に基づく.日本第四紀学会2017年大会 講演要旨集, p.87.

須貝俊彦・松島(大島)紘子・水野清秀(2013)過去40万年間の関東平野の地形発達史―地殻変動と氷河性海水準変動の関わりを中心に(論説).地学雑誌特集号:東京―過去・現在・未来(Part I), 122, 921-948.

空白ページ

表5 GC-NG-1 コア堆積物中の珪藻化石産出表(種群は、千葉・澤井(2014)による)

No		分類群	種群	[‡] 1.25	NG1-10 3.80	6.95	7.25	NG1-9 10.25	13.87	NG1-8 14.68	NG 16.10	1-7 17.70	NG1 19.82	-6 24.39	26.48	29.22	29.92 3	3.22	NG1-5 34.40	36.64	38.23	40.61	41.96	NG1-4 45.64	4 48.25	53.96	NG1-3 55.24	57.24	NG1-2 59.30	66.74	NG1-1 69.25	71.32
1	Actinocyclus Actinoptychus	ingens senarius	A ?											1	1	15		6	2	2			1			2	1					
4	A. Biddulphia	spiendens spp.	?																6			1	1			1	3					
6	Chaetocerous	spp.	?																2													
8	Coscinodiscus	spp.	?													6	18	16	2	1						-	1	-				
10	Cyclotella C.	striata	B												1	8	0	8	23	4	2	4	4			14	9	,				
11	C. Cymatotheca	spp. weissflogii	? B					1				6					4 12	3	1		4		4				4	5			1	6
13	Dimeregramma Diploneis	minor smithii	E1																				5			3		5				
15	Grammatopnora Navicula	marina pygmaea	?																1				1									
17 18	Nitzschia N.	cocconeiformis lanceola	E1 ?											4			1		1								1					
19	Paralia Planothidium	suicata delicatulum	B D1										2	1	1	40	48	40	74	3	29	14	6			65	57	9				
21	Rhizosolenia Rhoicosphenia	spp. abbreviata	2 C1																2				1				11					
23	Thalassionema Thalassiosira	nitz schioldes spp.	A ?													73	13	35	9 15	7	4 6	13	1			1	1 35					
25 26	Tracnyneis Tryblionella	compressa	? E1															1	2		1						_	1				
27	T. T.	granulata littoralis	E1				_							2		1		15	1		12	5	1			3	7	5				
30	Actinocyclus Achnanthes	brevipes	?				-						2				2	_				1						2				14
31	Diploneis	interrupta	?				1																6 1					2				
34	N.	gregaria	?			2																	2		3						6	3
35	Nitzschia	levidensis	?			3							3										5						5			
38	Achnanthes	spp.	? 				4	7	2	2	9	27	19	11		8	17	5	1			2	8	12	9	12	8	3	7		14	18
40	Achnanthidium	convergens minutissimum	J				17	10		5	4	21	15	6		1	1	10				2	2	9 14	10	4		4	1		9	21
42	Amphora A	copulata	W 2				7	1		7			16	3		4	2	1		2	1	6	2	11	12	2	6	3	13		1	6
44	Aulacoseira A	ambigua crassipunctata	N W				1			3				1			2	1	2	-	1	5				-	Ū		5		3	1
46 47	A. A.	italica valida	M				6			5	2	8	4				6		3				1		9	1		2				
48	A. Bacillaria	spp.	?				ľ	1		1	2	3		5			1	2	1					3 1	2	1	1	-			7	11
50 51	Caloneis	spp.	? W			3	6	1		2	3	7 15	2	÷				-			5		3	1	2	4	2	3	6		11 7	4
52 53	C. Cyclotella	spp. Iacunarum	? M							4	8	.5	_	1			2	3			-	1			3	6	- 8	5	2			4
54 55	C. C.	meneghiniana radiosa	L W																									1		10		
56 57	C. Cymbella	stelligera mesiana	M W				4						16	6			2				1		2					3	5			10
58 59	C. C.	silesiaca sub aequalis	W O				3																	14	24	2						
60 61	C. C.	tumida turgidula	W K				2	2		2	1		2										1 4					6	4			
62 63	C. Diadesmis	spp. contenta	? Qa			1	6 2		2	5 24	4 59	5 45	1	2 1		2 1		1	1	1		3	3 1	4	23	1 5	3 1	3 4	5	2 5	1 20	1 28
64 65	Diatoma Diploneis	mesodon ovalis	w		2		5			2				2			4				8			1	1	13		1 36			4	2
66 67	D. Epithemia	spp. spp.	? ?					7		3	2	3	1 1	5		4	2 1	4	3			7	18		2		6	3	2	1	1	
68 69	Eunotia E.	praerupta var. bidens tenelloides	O Qb					60		25 12		4					1						1	2 2	3				1		6	
70 71	E. Fragilaria	spp. brevistriata	? N				2 10	2 16		10	3	13	8	64		3		1				3	1 6		7	5	1		9			2 3
72 73	F. F.	capucina vaucheriae	N K				2				1							2				2		9	10	2			17		16	10
74 75	F. Frustulia	spp.	?				37	3			2	12 2	2	59		11	13	6	3		7	2	10	23	13	22	6	36	37		15	18
76 77	Gomphonema G.	acuminatum truncatum	o W					1				_													1				_		1	_
78	G.	spp.	?		2	9	10	46	2	26	16	5	13	2		4	7	3				4	5	9	5		3	1	3	3	12	10
80	Gyrosigma Hannaea	spp. arcus var. recta	Ŵ							10		10											3	2	1		2	4	2		4	4
83	Luticola	mutica martri	Qa				9	2	'	4	14	13	1	1				2				5	1	8	1	2	1	1	2	3	7	2
85	Melosira	varians	ĸ										4	5									1									
87	N.	elginensis	0 W			4					1	2	5										1	3					7			
89	N. N.	pusilla sp2	w																				7	24	20			5	17			
91 92	N. Neidium	spp. alpinum	? Qa		2	8	36	19 5		4	17	3	36	8		5	14	10		2	4	1	19	8	1 2	7	4	14	13	1	15	
93 94	N. Nitzschia	spp. tryb lionella	? W										2										5									
95 96	N. Orthosira	spp. roeseana	? Qa			2	4	1	1		9 5	8	3				4	5	1			4	10	5	7	7	10	7	6		7	
97 98	Pinnularia P.	acrosphaeria borealis	O Qa								2	5										1	1	1 1					1		3	3
99 10	P.) P.	gibba obscura	O Qa					1		4											1							11			1	
10 10	1 P. 2 P.	sub capitata sub capitata _{Var.} elongata	Qb P		1					11	1	11					1			3				5	7				1	5		
103 104	3 P. 4 P.	viridis spp.	0 ?		3	2	1	3	1	5 4	6		2				1 2		2		3		4	2	1			3	2		2	8
10 10	5 Planothidium 6 Reimeria	lanceolatum sinuata	к к				3	1		5	2 6	1					1				2	1	1 2	6	4	2		3		2	12	4
10	7 Rhopalodia 3 R.	gibba gibberula	w				2																1									
109) Stauroneis	spp. phoenicenteron	0				4	1	2	1	1	2					1	1							1			1			1	1
111	1 S. 2 S.	obtusa smithii	Qb W						2		2																				2	
114	4 Staurosira	spp. construens	r N		4	3		3	'	6	3	7	23	2		2	1				2		4	5	5	1	7		1		2	4
110	5 Staurosirella 7 Surirella	pinnata	N					2		0	1		1	1			1						1	2	3	4	,					5
118	3 Synedra 7 Tabellaria	spp. spp.	?				3	1		1		3	7				1				1			4	4				1		6	1
120) Tryblionella	debilis	Qb 2								2			10		1			11				12									
12		外洋	A								2		2	4	2	5	6	16	9	7	4	20	2			1 94	1	46	1			
		▶3 19 海水藻場 海水砂質干迎	C1										2	'	2	8	1	40	2	,	40	29				3	12	10				
		海水泥質干潟	E1											2		1	1	22	4	40	13	5	6			3	8	10				
		<u> </u>	?					1				<u></u> б		5	1	94	2	01	33	10	10	14	10			10	43	6			1	14
		(小元夏丁尚 汽水不定・不明種 しませい?""	E2 ?			5	1						5					40					14	^	3			4	5		6	3
		上流性河川 中~下流性河川	K				5	3		7	4 9	1	2	6			1	10			2	2	2 8	9 6	10 4	4		9	1	2	9 12	4
		最下流性河川 湖沼浮遊生	L M				6			5	2	8	4	6			6		4				1		9	1	8	1				
		湖沼沼沢湿地 沼沢湿地付着生	N O			4	13 6	16 5		19 31	8 1	20 6	31 7	78		5	3 2	4			3 3	10	11 2	23 6	22 2	10	7	1	38 8		21	23
		高層湿原 陸生A群	P Qa		1		12	7	3	11 44	89	64	3	3		1		6			2	6	8	13	27	7	4	16	8	10	37	35
		陸生日群	Qb		2	-	17	79	2	17	7	11	15	10		2	2	ĩ		3	45	Ŭ	1	21	22	1		.5	6	5	16	21
		淡水不定・不明種	?		2	9 19	128	46 56	7	49 35	76	47 55	92	92		38	71	41	12	5	12	33	89	74	62	63	2 51	83	82	7	87	20 85

_	その他不明種 ?								2								11				12									
	海水種					1				6	2	8	3	158	109	147	178	17	70	48	29			107	130	32			1	6
	海~汽水種														2					1										14
	汽水種			5	1						5										15		3			4	5		6	3
	淡水種		14	32	212	212	14	218	200	212	194	207		46	93	61	18	8	37	52	148	211	217	103	72	168	203	34	223	194
	合 計	0	14	37	213	213	14	218	202	218	201	215	3	204	204	208	207	25	107	101	204	211	220	210	202	204	208	34	230	217
	完形殻の出現率(%)		71.4	64.9	75.6	76.1	42.9	61.9	49.8	50.0	46.3	76.3	0.0	68.1	58.3	66.3	66.3	52.0	61.7	68.3	58.8	57.8	57.3	50.5	42.2	58.6	68.8	50.0	65.7	66.8
	堆積物1g中の殻数(個)	0.0E+00	2.4E+04	1.9E+04	1.8E+07	1.1E+07	1.4E+04	4.6E+06	1.5E+05	4.4E+05	1.4E+07	5.6E+06	3.0E+03	2.4E+06	3.6E+05	2.5E+06	1.8E+05	9.9E+03	5.3E+05	2.0E+05	1.6E+06	7.4E+06	9.2E+06	8.1E+05	3.6E+06	2.8E+06	7.3E+06	3.5E+04	2.7E+06	3.0E+06



表6 GC-OY-1コア堆積物中の珪藻化石産出表(種群は、千葉・澤井(2014)による)

No.		分類群	種群	OY1-9 1.09 2.13	OY1-8 11.26	15.66	OY1-7 17.75	18.39	21.73 2	OY1-6 22.60	23.60	OY1-5 24.67	27.59	29.25 3	1.23	34.07 35.77	OY1-4 37.24	39.59	41.34	42.64 4	45.78 46.23	52.18	OY1-3 55.73 5	7.89 60.2	63.85	OY1- 66.2	-2 5 69.09	72.62	72.89	01 77.46	/1-1 82.72	83.74 85.0	03
1 Actino 2 Actino	ocyclus optychus	ingens senarius	A ?												2	16	1				1			1						1			
4 Biddu 5 Camp	lphia vylodiscus	spendens spp. cocconeiformis	?										2		9	1	1	3			2							1					
6 C. 7 Chae	tocerous	spp. spp.	? ?												1	2		1		2													
8 Cocco 9 C.	oneis	pseudomarginata scutellum	? C1										0	-	8		1	1		2								2					
11 C. 12 C.	tena	striata spp.	B ?									1	2	8 1	10	29 3	B 2 4	26	1	30	18		4	7	2	8	5 3 3	4					1
13 Cyma 14 Dentie	totheca culopsis	weissflogii spp.	B ?												12		3	2		5													
15 Dime 16 D.	regramma	minor spp.	D1 ?										1			1 2				2													
18 Gram 19 Navic	matophora wata	marina marina	? E1												2			1		2	1							1					
20 N. 21 Nitz so	chia	pygmaea cocconeiformis	? E1											2			1	1								1		1					
22 N. 23 N. 24 Parali	ia.	lanceola panduriformis sulcata	? ? B										84	84	2	82 14		25	4	17	21			2	4 6	0	3	1		2			4
25 Plagic 26 Plano	a ogramma thidium	staurophorum delicatulum	? D1			1							04	04	3	1	1	1			1			2	* 0	0	5	5		2			
27 Rhap 28 R.	honeis	surirella spp.	D1 ?													3 4		2			1				1								
29 Rhizo 30 Rhoic 31 Thala	osolenia cosphenia	spp. abbreviata	? C1								1	4			1			2	2		1												
32 Thala 33 Trybli	ssiosira onella	spp. compressa	? E1									~		2	56	3 : 1	2 2	7	1	12 1	6		1	7	2		1	4					
34 T. 35 T.		granulata littoralis	E1 E1											2	2	5	B 1	17	14	7 1	6						7	7	1				
36 Calon 37 Diploi	neis neis	spp. bombus	? E2								10	2			1					1													
39 Hydro 40 Navic	sera	spp. gregaria	?		3	3					10	2					'		'	3								1					
41 N. 42 Nitzso	chia	veneta spp.	?		1	1 1	1				1																						
43 Rhop 44 Terps	alodia ionoe	acuminata spp.	?		11	1 1	2	2	2		7				1																		1
45 Acnne 46 A. 47 A.	antnes	crenulata sp1 spp.	W W ?	1	28	8 25	36	22	19		4	3 13			1		1	3		13	4							6					
48 Achna 49 A.	anthidium	convergens minutissimum	J Qb		7	5 7 22	4	12 16	1			1			1 2			1			1							-					
50 Amph 51 A.	iora	copulata montana	Qa	2			23	2				9																					
5∠ A. 53 Aulac 54 A.	oseira	spp. ambigua canadensis	N W		1	1 4	5	3			3 2 1	10	1		1		2			1	1							3					
55 A. 56 A.		granulata italica	M			1										1 2		4		1	1 1							3					
57 A. 58 A.		valida spp.	M ?						1							3		2		3	109 1												
59 Bacilli 60 Calori 61 C	aria neis	spp. aerophila	Qa 2	1	2	2 1	1	1	3	1	2	2						5		1	2												
62 Cocco 63 C.	oneis	placentula spp.	w ?			3	6	3	1	Ľ.	15	11			3		1 1	4		5	1 2			1					1	1			
64 Cyclo 65 C.	tella	stelligera spp.	M ?				1		3						1		3	5		3	5							4		1		2	
66 Cymb 67 C. 68 C	ella	mesiana naviculiformis subaequalis	w		1	1 1			1			13				1																	
69 C. 70 C.		tumida turgidula	w ĸ		1	1 2	3	2			10 10	3	1		1					4	1												
71 C. 72 Diade	smis	spp. confervacea	? Qb	3	6	6 10	8	10 1	6		6	1			2	1 :	2 1	1	3		3												1
73 D. 74 Diator 75 Dialor	ma	contenta mesodon ovolin	Qa W		1	1 6 1 9	8	18	21		1	5		4	2			2	14									1					
76 D. 77 Epithe	emia	spp. spp.	? ?		1	1 1		1	8		20 9	7				3	1	7	.4	54	21 1					1		3					
78 Eunot 79 E.	tia	pectinalis var. minor praerupta var. bidens	0		1	1		1	2		1																	1					
80 E. 81 E.	laria	tenelloides spp. bravistrista	Qb ?	1	1	1 1	2	1	7		2	14						3	1	2	2							2					
83 F. 84 F.	unu	capucina vaucheriae	N K		1	1 5	1	ĩ			4	0								-	1 1							1					
85 F. 86 Frustu	ilia	spp. spp.	?		1	1 8 2 3	3	11 1	4		1	10 3			1			1	2 1	2	2							7					
87 Gomp 88 G. 89 Guros	ionema	acuminatum spp.	?	6	3	3 12	9	6	3		12	18			6		4	2		6	5 4							2					
90 Hann 91 Hantz	aea schia	arcus var. recta amphioxys	Qa	4		4		1 3	2	1	5							1															
92 Lutico 93 Martya	ana	mutica martyi	Qa W	1	1	1 1	2	15	11	2	1	4			1	1	1	5		2	48 1 1 1					7	1	1					1
94 Melos 95 Meridi 96 Navic	ura ion ula	vanans circulae var. constricta eloinensis	ĸ	1			2		2		1	1																1					
97 N. 98 Neidia	um	spp. spp.	? ?	7	19	9 18 1	22 2	19	23 1		18	26 2			3	1 :	3 4	4	1	10	6							7	1				
99 Nitz so 100 N.	chia	amphibia frustulum	W L	54	3	3	1		2						_			_										,					
101 N. 102 Opep 103 Pinnu	hora Ilaria	spp. spp. acrosphaeria	?	88	45	5 16	17	18	46	1	9	4			3	4	3	2		1	1							1					
104 <i>P</i> . 105 <i>P</i> .		borealis gibba	Qa O	1		1		2	2			2 4						1	1		4 1												
106 P. 107 P. 108 P		subcapitata subcapitata var. elongata son	Qb P	3 3	1	1		1	2					4			0				2												
109 Plano 110 Reim	thidium eria	lanceolatum sinuata	ĸĸ		6	6 11 2 9	2	8	4 3		1	0			2		1			2	-							2					
111 Rhop 112 R.	alodia	gibba gibberula	w	3	6 7	6 2 7 2		1	1		9 4	_								1													
113 R. 114 Staur 115 Staur	oneis osira	spp. spp. construens	? ?	4	1	1 1	5	1 2 1	1			3			1	1	2	2	1									2					
116 Staur 117 Steph	osirella anodiscus	pinnata spp.	N ?			1	2	1					2					1		1			1					-					
118 Surire 119 Syneo	dra	spp. ulna	? W	2	2	2 2	2				7	1			7																		
120 S. 121 Trybli 122	onella	spp. debilis Unknown	Qb ?	5		9 8	5	5	5		7	2	2		6	7 :	3 1	5	1	5	2 4			4				6					
		外 洋 内 湾	AB				0		-			4	95	99	18 51	122 18	1 7 14	3 56	4	49	3		4	9	4 9	5	10 3	1		2			5
		海水藻場 海水砂質干潟	C1 D1			1					1		1		8	4		1	2		2				1			2 5					
		海水泥質干潟 海水元定·不明種	E1 ?									1	2	4	2 78	6 42	8 1 8 6	22 14	14 2	11 20	6 14		1	9	2	1	8 4 1	0 6	1	2			
		汽水泥質干湯 汽水不定,不明種	E2 ?		15	5 2	3	2	2		18	2			1		1		1	4								1					1
		上流性河川 中~下流性河川 是下流性河川	ĸ	1	g	9 24	4 12	12 13	7		15	3	1		1 3		1			6	2							4					
		取下宽性可用 湖沼浮遊生 油273733324	M	54		1	1		3		-				,	6	2	4		1	1 1							3					
		mnd和沃德吧 沼沢湿地付着生 高麗地町	0	2	16	6 8	2	3	6		2	7			1			3 1		3	∠ 3							1					
		回雇 陸生 A群 陸生 B 難	Qa Ob	8	4	4 9	34	38	36 8	3	6	11			1	1		8	1	2	52 2							2					1
		広布種 漆水不定,不明種	W ?	3	18	8 21 1 105	7	7	8	2	50 98	36	3	1	2 5 26	3 : 9 1	2 1	4	14 10	6 97	2 3 117 52		1	1		7	1	8	1	1		2	1
		<u>その他不明種</u> 海水種	?	5	g	9 8	5	5	4		7	5	2 98	106	6	7 174 20	3 1 4 21	5 99	22	5	2 4		5	4	7 9	7	14 14	6	1	4			5
		海~汽水種 汽水種			15	5 2	3	2	2		18	2	50		2	20	1		1	4	,,		-					1	·				1
		淡水種 合 計		200 205	0 180	0 195	195	198 205	196 202	5 5	178 204	195 202	4	2	39 207	20 24 201 23	4 18 2 40	59 163	25 48	115 204	174 64 176 139	0	1	1 23	7 10	8	1 6 15 21	3	2	2	0	2	2
	н	完形殻の出現率(%) 積物1g中の殻数(個)		47.1 5.2E+05 0.0E+1	72.2 00 7.9E+0	2 64.1 06 1.1E+07	67.5 3.4E+06	63.9 3.0E+06 8	68.3 3.9E+06 4	40.0 .7E+03	74.5 2.7E+05	53.0 1.1E+06	38.5 7.4E+03	38.0 1.3E+05 6.	73.7 2E+06	32.7 84.3 4.2E+05 1.9E+0	3 37.5 6 4.6E+04	58.3 2.6E+05	41.7 5.6E+04	61.3 3.5E+05 2	77.8 60.4 2.3E+05 1.9E+0	0.0E+00 7	66.7 7.8E+02 4.	78.3 7 6E+03 8.0E	.4 41. 03 1.4E+	0 40 05 1.8E+	0.0 73. ⊧04 1.6E+0	3 06 0.0E+	66.7 00 3.6E+02	83.3 4.6E+02	0.0E+00	100.0 1.2E+03 7.5	50.0 5E+02



表7 GC-OY-2 コア堆積物中の珪藻化石産出表(種群は、千葉・澤井(2014)による)

No	Actino physica	分類群	種群	OY2-9 1.52	OY2-8 5.46	OY2-7 11.31	OY 13.10	/2-6 15.16	19.33 2	O 22.70 24.38	Y2-5 26.63 2	28.59	29.43	30.61	32.19	OY2-4 33.17 35.40	36.73	37.06	43.80	OY2-3 50.44 54	4.04	65.32	OY2-2 68.87	74.20	79.68	OY2-1 80.53	85.60
2	Actinoptychus A. Auliscus	splendens sculptus	? D1											4 6 1	2	1								1			
4 5 6	Campyiodiscus Catenula Chaetocerous	cocconenormis adhaerens spp.	? D1 ?												1 2 1	1 2 1	1										
7	Cocconeis C. Coscinadiscus	scutellum spp	C1 ?											2 1	5	7	1										
10 11	Cyclotella C.	litoralis striata	B											8 27	2 3	1 20	6 13 4										
12 13 14	C. Cymatotheca Denticulopsis	spp. weissflogii spp.	? B ?												3	1						1					
15 16	Dimeregramma Diploneis	minor smithii	D1 E1													1	1										
18 19	Navicula N.	marina marina pygmaea	E1 ?							1				1	1		1										
20 21	Nitzschia N. Paralia	cocconeiformis Ianceola sulcata	E1 ? B											2	20	1	2		1	1	7		13	2			
23 24	Plagiogramma Planothidium	staurophorum delicatulum	? D1							3			4	3	3	3				·			10	-			
25 26 27	Rhaphoneis Rhizosolenia Rhoicosphenia	surirella spp. abbreviata	D1 ? C1								1				2 1	2											
28 29	Thalassionema Thalassiosira	<i>nitzschioides</i> spp.	A ?												35 20	1 5	2 1							2			
30 31 32	Tryblionella T. Actinocyclus	compressa granulata octonarius	E1 E1 ?				1							3	1	2 26	3 24 14	ļ				1					
33 34	A. Achnanthes Diploneis	spp. brevipes interrupte	?				1			1	4		2	1	3								1				
36 37	Melosira Navicula	nummuloides gregaria	C2 ?						1	1	1	3	-	-	18	5											
38 39 40	N. N. Pseudopodosira	veneta yarrensis kosugii	? ? E2						2				3											1			
41 42	Rhopalodia R.	acuminata constricta	? ?		2		4		2	2	7 1		1											-			
43	Achnanthes A.	inflata spp.	? W ?		6	2	17	1 2	12	21 24	21	10	17		10	2	1										
46 47 48	Achnanthidium A. Amphora	convergens minutissimum conulata	J Qb W		1		6 9	2	4 13 20	3 12 8 4	2 11	4 7	12 8			1 2							1				
49 50	A. A.	montana pediculus	Qa W						5	3	1																
51 52 53	A. Anomoeoneis Aulacoseira	spp. spp. ambigua	? ? N		3 9		5 4	1	13	4 7	5	8	1				1										
54 55	A. A.	crassipunctata granulata italiaa	W M		1	2	5	4	1		2			2		2	E 4										
50 57 58	A. A. A.	valida spp.	M ?		1 7	2	7 6	4		3	3			2	3	2	6 3	3						1			
59 60 61	Caloneis C. Cocconeis	aerophila spp. placentula	Qa ? W	3	6	3	1 3 2		2	2 7 2 10	10 2	2	2 4 6		1	2		1									
62 63	Cyclotella C.	lacunarum meneghiniana	M						1	1	_	-				-							1	56			
64 65 66	C. C. Cymbella	stelligera spp. aspera	M ? O				1		2						1												
67 68 69	C. C.	mesiana naviculiformis silesiaca	W		5 1		1 2	1	3 1	1		4	1			1											
70 71	C. C.	sub aequalis tumida	o w						2			-	4				1										
72 73 74	C. C. Diadesmis	turgidula spp. confervacea	K ? Qb		1		5 11	1	2 5	12 6 1	3 1	9	19 4		2	1 8	3	2									
75 76	D. Diatoma	contenta mesodon	Qa W		8 1	13	4		2	1 6 1	3	1	1			1											
78 79	Diploneis D.	finnica ovalis	w w				1			, i i	2	1	1			1	1										
80 81 82	D. Epithemia F	spp. <i>sorex</i> spp	? W ?		1	30	2	1		3 3	8 2 1		2	1	2	8	1 4										
83 84	Eunotia E.	pectinalis var. minor praerupta var. bidens	0			2	1 2																				
85 86 87	E. Fragilaria F.	spp. brevistriata capucina	? N N		2 11 1	13	9	10 23	3	1 2	2	1	1			3	2	2									
88 89	E. E.	exigua vaucheriae	N K				2	31	3	1	2	1	1				2										
90 91 92	r. Frustulia Gomphonema	spp. spp. acuminatum	? 0	1	1	1	2	10	2	1	9	3			Z								1				
93 94 95	G. G. Gymsiama	truncatum spp.	W ? 2	17	2 7	21	3	5	3	5 15	13	4	12	2	2	8	2 3	7					1				
96 97	Hannaea Hantz schia	arcus var. recta amphioxys	W Qa	4			1		2	1 2	1	1	1		1		1										
98 99 100	Luticola Martyana) Melosira	mutica martyi varians	Qa W K	1	4	26	1	1	2	4 3 3 1	1	1	1	3 9	1 3	1 11	5 8	5 9									
101 102	1 M. 2 Meridion 3 M	spp. <i>circulae</i> var. <i>constricta</i>	? K								2	1	2														
104 104	4 Navicula 5 N.	capitata cuspidata	ŵ		1				2																		
106 107 108	5 N. 7 N. 3 N.	elginensis sp1 spp.	0 W ?	4	6 28	11 27	10	1	33	33 25	6	48 25	25		10	1	3 3							1			
109	9 Neidium 0 N.	alpinum ampliatum	Qa P	28			1																				
112	2 Nitzschia 3 N.	spp. nana spp.	Qb ?	1 12	4 26	6	7	1	22	47 18	33	11 29	33		6	2							1				
114 115 116	4 Pinnularia 5 P. 3 P.	acrosphaeria borealis oibba	O Qa O		1	3	1		3	1 1							2					9					
117	7 P. 3 P.	obscura subcapitata	Qa Qb	6 42		1	-		Ū																		
119 120 121	9 P. 0 P. 1 P.	subcapitata var.elongata viridis spp.	Р О ?	28 48	3	38	1 7			4	4		7				2										
122 123 124	2 Planothidium 3 Reimeria 4 Rhopalodia	lanceolatum sinuata gibba	к к w				5		2 1	5 3 2 10	10 10 2	6	8		1	4	1										
125	5 R. 5 R.	gibberula spp.	W ?		_		3			1	3	2	1														
128	3 S. 3 S. 9 S.	smithii spp.	W ?	10 1	2							1															
130 131 132	0 Staurosira 1 S. 2 Staurosirella	construens construens var. venter pinnata	N N N		19 2 6			5 69 23	12 6	5 2 1	1 1	3 2	2		1		2						1				
133 134	3 Stephanodiscus 4 Surirella	spp. spp.	? ?		3		1			2			1				2										
138 136 137	5 Synedra 5 S. 7 Tabellaria	spp. spp.	vv ? ?				2			2	2		2														
138 139	3 Tryblionella 9	debilis Unknown 例 従	Qb ?	8	6	4	17	5	5	3 8 10	5 15	11	11	3	13	14	6 1	1				1		3			
		ア 行 内 湾 海水薬場	B C1								1			94 2	35 37 5	77 12 7	0 6 1		1	1	7		13	2			
	海海	水砂質干潟 水泥質干潟	D1 E1				1			3			4	4 13	7	15 28 2	1 9 16										
	海水 海~汽	不定・不明種 水不定・不明種 汽水遊場	? ? C2							1				17	29	5	5 3					1	1	3			
	汽 汽水	- 水泥質干潟 不定・不明種	E2 ?		2		5		5	5	13	3	6	3	3									1			
	 中	上流性河川 ~下流性河川	J K				6 10		4 8	3 12 11 14	2 27	4 8	12 28		1	1 5	1 3						1				
	最	下流性河川 期沼浮遊生 沼沼沢県曲	L M		2	2	12	2	1 3 21	1	2	7	4	3	1	2	5 1 6	1					1	56			
	湖 沼 i	而而何何運吧 R湿地付着生 高層湿原	O P	28	48 10 3	13 7	9 1	101	7	1 5	4 2	'	4		I	1	5	1				9	1				
		陸 域 陸生A群	Q Qa	39	12	42	1 8	1 1	11	5 12	1	1	3	3	1	2	5 11	9									
	۰۱۰ مین	陸生B群 広布種 不定・不明毎	Qb W 2	43 10 86	2 13 109	1	9 14 102	2 6 37	13 26 104	12 4 5 18 151 112	16 14 116	18 60 93	8 14 112	9	5 38	2 15 31 1	1 7 5 9 14	7					2	2			
	淡水 そ	 小ル・小明理 の他不明種 海水種 	?	8 8	6	43	102	37 5	5	8 10 4	15	11	112	5 3 130	30 13 125	14 141 15	6 1 5 26	15	1	1	7	1	13	2 3 5			
	ĥ	每~汽水種 汽水種			2		5		5	5	13	3	6	3	21	5	20					1	1	1			
	14-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-1-	淡水種 合計 語の出現率(©)		206 214	199 207	208 212	179 202	201 206	198 208 74 4	197 189 205 208 78.5 62	190 219 63.8	191 205 77 1	181 202	20 156 37.9	46 205 68.6	62 4 222 20 58.6 50	4 34 5 61 7 56 7	32 33	1	1	7	9 12 25.0	6 20 70.0	58 67	0	0	0
	70月21	1. 中の邦毅(四)		4.05.00	2 25.00	0.05.05	4.75.05	4.05.07	4 05 07 0			05.07	0.5.5.04	4 45 - 05			0.55.04	4.05.04	0.05.04				. 0.0	55.0	0.05.00	05.00	0.05.00




付 11-23



付 11-24



付 11-25



図版1 堆積物中の珪藻化石の顕微鏡写真

1. Actinoptychus splendens (OY-1:34.40m) 2. Cyclotella striata (OY-2:30.61m)

- 3. Paralia sulcata (OY-2:35.40m) 4. Thalassiosira spp. (OY-1:34.07m)
- 5. Paralia sulcata (OY-2:35.40m) 6. Nitzschia cocconeiformis (NG-1:35.40m)
- 7. Fragilaria vaucheriae (0Y-1:17.75m) 8. Tryblionella granulata (0Y-1:34.07m)
- $9.\ Luticola\ mutica\ (0Y-2:11.\ 31m) \quad 10.\ Gomphonema\ acuminatum\ (0Y-2:13.\ 10m)$
- 11. Cymbella turgidula (NG-1:41.96m) 12. Pinnularia gibba (NG-1:10.25m)
- 13. Melosira varians (OY-1:23.60m) 14. Navicula elginensis (NG-1:16.10m)
- 15. Planothidium delicatulum (OY-2:29.43m) 16. Staurosira construens (OY-2:24.38m)
- 17. Reimeria sinuata (OY-1:15.66m) 18. Achnanthidium convergens (NG-1:16.10m)
- 19. Diadesmis contenta (OY-1:21.73m) 20. Paralia sulcata (NG-1:34.40m)

第四紀堆積物の花粉分析結果

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

1.	はじめに	付 12-3
2.	花粉分析方法	付 12-4
	2.1 堆積物試料からの花粉・胞子化石の分離	付 12-4
	2.2 花粉・胞子化石の形態観察および同定	付 12-4
	2.3 花粉・胞子化石の形態観察および同定	付 12-4
	2.4 堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量	付 12-4
3.	分析結果および花粉化石群集に基づく地域花粉帯	付 12-4
	3.1 GC-NG-1 コア	付 12-5
	3.1.1 分析結果	付 12-5
	3.1.2 花粉化石群集に基づく地域花粉帯	付 12-5
	$3.2 \text{ GC-NG-1} \supset \mathcal{T}$	付 12-5
	3.2.1 分析結果	付 12-5
	3.2.2 花粉化石群集に基づく地域花粉帯	付 12-6
	3.3 GC-OY-2 コア	付 12-6
	3.3.1 分析結果	付 12-6
	3.3.2 花粉化石群衆に基づく地域花粉帯	付 12-6
	3.4 能登半島の露頭試料	付 12-7
	3.4.1 分析結果	付 12-7
4.	まとめ	付 12-7
	4.1 栃木県内試料	付 12-7
	4.2 能登半島の露頭試料	付 12-7
5.	参考文献	付 12-8

【付録12】

1. はじめに

栃木県内および能登半島で採取された堆積物試料の花粉分析を実施し、花粉・胞子化石の分類 群の同定・計測を行った。併せて、堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量の検討を行 った。これらの分析結果に基づき。花粉化石による地層分帯およびその対比について考察した。 花粉分析に用いた試料は、栃木県内で採取されたボーリングコア試料が 22 試料(表 1)、能登 半島で採取された露頭試料が 2 試料(表 2) あり、合計 24 試料である。試料番号、深度および試 料重量を表 1 および表 2 に示す。

サンプルNo	コア名称	深度 (m)	試料重量 (g)
1		2.50 - 2.51	16.303
2		16.05 - 16.09	19.147
3	CC-NC-1	42.90 - 42.93	33.075
4	GC-NG-1	56.60 - 56.63	28.154
5		68.91 - 68.93	25.364
6		63.20 - 63.24	37.946
1		14.06 - 14.09	31.156
2		60.06 - 60.10	32.448
3	GC-OY-1	74.50 - 74.54	84.456
4		79.18 - 79.21	52.362
5		67.08 - 67.11	37.463
1		3.14 - 3.17	22.263
2		17.31 - 17.34	31.757
3		24.12 - 24.15	41.127
4		71.46 - 71.49	35.709
5		76.70 - 76.73	52.671
6	GC-0Y-2	62.27 - 62.32	82.307
7		59.04 - 59.08	55.733
8		55.30 - 55.35	59.241
9		52.33 - 52.37	69.930
10		47.85 - 47.90	76.904
11		44.90 - 44.94	62.413

表1 分析試料(栃木県内)

表 2 分析試料(能登半島)

露頭No	サンプルNo	採取位置 (柱状図基準)	層準	場所	試料重量 (g)	備考
1	ANY-8P	320-330cm	ローム層	石川県穴水町	37.132	10cm幅
	ANY-11P	350-360cm	同上	同上	30.569	同上

【付録12】

2. 花粉分析方法

2.1 堆積物試料からの花粉・胞子化石の分離

試料の粒径により16~84gを分取し(表1、表2)、水酸化カリウム処理により試料を泥化・分 散させる。1µm振動篩で粘土鉱物を分離・除去した。大型時計皿処理により植物質を濃集した。 フッ化水素酸処理により珪酸塩鉱物を分解除去した。重液(塩化亜鉛、比重約1.9)を用いて比重 分離し、植物質を濃集する。酢酸処理を行った後、アセトリシス処理(濃硫酸:無水酢酸=1:9 の混合液を加え、1分間湯煎)によりセルロースを分解・除去した。酢酸処理および水洗を行った 後、分離試料をグリセリンジェリーで封入した。なお、2.4項に後述する堆積物1g試料当たりに 含まれる花粉・胞子化石量を検討可能にするため、分離試料と封入材(グリセリンジェリー)の 混合物の重量を電子天秤で秤量し、かつ、スライドグラス上へ封入後の残量を秤量することによ り、1枚のプレパラート(カバーグラス:18×24mm)への試料封入率を算定した。

2.2 花粉・胞子化石の形態観察および同定

花粉・胞子化石の形態観察は生物顕微鏡 600 倍を用いて行った。花粉化石の同定にあたっては、(有)アルプス調査所所有の現生花粉標本と比較して分類群を決定した。このほか、島倉(1973)、中村(1980)、Wang et al. (1995)、応・張(1994)、Stone and Broom (1975)および Huang (1972)などを参考にした。また、胞子化石については那須・瀬戸(1986)、Zhang et al. (1990)および Huang (1981)などを参考にして分類群の同定を行った。分類群の学名と和名の対照を付表1に示す。

2.3 花粉・胞子化石の形態観察および同定

同定された花粉・胞子化石のうち、完全形または破片の場合は半分以上残っていたものを 計数対象とした。樹木の花粉化石総数が1試料につき250粒を越えるまで計数した。また、 この過程で観察される草本植物の花粉化石およびシダ・コケ植物の胞子化石も集計した。

2.4 堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量

プレパラート作製に使用したカバーグラスは 18×24mm であり、その面積は 432mm² で ある。この面積に、前述の 2.1 項により計量された堆積物から分離された試料とグリセリン ジェリーの混合物が封入されている。

そこで、生物顕微鏡のメカニカルステージに付属するスケールを用いて、2.3 項で述べた計 数過程の走査範囲を計測し、走査面積(S)を算出した。すなわち、全面を検鏡した場合はカ バーグラスの面積(432mm²)と等しくなることから、S=432mm²となる。

次に、カバーグラスの全面積(432mm²)および走査面積(S)の比から、1枚のプレパラ ートに含まれる花粉・胞子化石の粒数を算出する。これを2.1項の試料封入率で除して、試料 から産出した花粉・胞子化石の総数を算出し、これを試料重量で除することにより堆積物1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量を算定した。計算書を付表2および付表3に示す。

3. 分析結果および花粉化石群集に基づく地域花粉帯

各試料の分析結果および樹木花粉の分類群の組み合わせに基づく地域花粉群集帯について以 下に述べる。なお、各試料の化石の保存状態は写真図版のとおりである。

付 12-4

3.1 GC-NG-1 コア

3.1.1 分析結果

花粉・胞子化石の同定・計数結果および堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量 を表3に示す。主な分類群は、常緑針葉樹の Abies (モミ属)、Picea (トウヒ属)、Tsuga (ツガ 属)、Pinus (マツ属)、Sciadopitys (コウヤマキ属)、Cryptomeria (スギ属)、落葉広葉樹の Juglans / Pterocarya (クルミ属/サワグルミ属)、Carpinus / Ostrya (クマシデ属/アサダ属)、Alnus (ハ ンノキ属)、Fagus (ブナ属)、Quercus (Subgen. Lepidobalanus; コナラ属コナラ亜属)、Ulmus / Zelkova (ニレ属/ケヤキ属)、Lagerstroemia (サルスベリ属)、常緑広葉樹の Q. (Subgen. Cyclobalanopsis; コナラ属アカガシ亜属) および Castanopsis / Pasania (シイノキ属/マテバシ イ属) などであった。また、現在の日本列島には自生していない Carya (ペカン属)、Hemiptelea (ハリゲヤキ属) および Liquidambar (フウ属) が産出した。

花粉・胞子総数に対する樹木植物花粉・草本植物花粉およびシダ・コケ植物の胞子、同定不明・不能の化石の割合は、図1の左側に示した。

各分類群の産出率は、表3に示した同定・計数結果に基づき、樹木植物花粉の総数を基数と して算出し、図1の花粉ダイアグラムに示した。

3.1.2 花粉化石群集に基づく地域花粉帯

今年度追加分析を行った 6 試料の結果を加え、樹木花粉の分類群の組み合わせに基づき、 同コアの群集組成は下位から NG1-1~6帯 に区分される(図 1)。<u>各帯の境界深度は昨年度</u> の調査結果とほぼ同様であるが、NG1-6帯の下限深度は今年度の分析結果を考慮して 2.51m へと若干深くなる。各帯の特徴は以下の通りである。

深度 71.35~66.72 m の NG1-1 帯は胞子の含有率が花粉よりも高く、樹木花粉はハンノキ属が 優勢で、ニレ属・ケヤキ属、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属、クマシデ属、ハリゲヤキ属、マツ 属がこれに次ぐ。深度 59.32~53.94m の NG1-2 帯は草本及び樹木花粉が優勢で、樹木花粉はク ルミ属・サワグルミ属とコナラ属コナラ亜属が優勢で、トウヒ属、ブナ属、ハンノキ属、クマシ デ属がこれらに次ぐ。深度 48.30~24.39 m の NG1-3 帯はコナラ属コナラ亜属、クルミ属・サワ グルミ属、ハリゲヤキ属が優勢で、ブナ属、ツガ属、マツ属、クマシデ属、ハンノキ属がこれらに 次ぐ。深度 17.74~14.68 m の NG1-4 帯は胞子の含有率が花粉よりも極めて高く、樹木花粉はハ ンノキ属が極めて優勢で、コウヤマキ属、マツ属、ツガ属がこれに次ぐ。深度 10.27~3.80 m の NG1-5 帯はスギ属が優勢で、コウヤマキ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属、ハンノキ属がこれに次 ぐ。深度 2.51~1.25 m の NG1-6 帯はスギ属が極めて優勢で、コウヤマキ属、クマシデ属、ブナ 属、マツ属がこれに次ぐ。

3.2 GC-NG-1 コア

3.2.1 分析結果

花粉・胞子化石の同定・計数結果および堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量 を表4に示す。主な分類群は、常緑針葉樹の Abies、Picea、Tsuga、Pinus、Sciadopitys、Cryptomeria、 Cupressaceae (ヒノキ科)、落葉広葉樹の Juglans / Pterocarya、Carpinus / Ostrya、Alnus、Fagus、

Q. (Subgen. *Lepidobalanus*)、*Ulmus* / *Zelkova*、*Lagerstroemia*、常緑広葉樹の *Q.* (Subgen. *Cyclobalanopsis*) および *Castanopsis* / *Pasania* などであった。また、現在の日本列島には自生していない *Hemiptelea* および *Liquidambar* が産出した。

花粉・胞子総数に対する樹木花粉・草本植物花粉およびシダ・コケ植物の胞子、同定不明・ 不能の化石の割合は、図2の左側に示した。 各分類群の産出率は、表4に示した同定・計数結果に基づき、樹木花粉の総数を基数として算出し、図2の花粉ダイアグラムに示した。

3.2.2 花粉化石群集に基づく地域花粉帯

今年度追加分析を行った 5 試料の結果を加え、樹木花粉の分類群の組み合わせに基づき、同コ アの群集組成は下位から OY1-1~9帯 に区分される(図 2)。すなわち<u>今年度の分析結果を考慮</u> して 4帯の花粉帯を増設する。これに伴い、各帯の境界深度は昨年度の調査結果と変更点がある。

深度 85.05~82.70 m の OY1-1 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ブナ属、マツ属、ヒノキ 科、ツガ属、モミ属、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属がこれに次ぐ。深度 77.48~77.44 m の OY1-2帯はヒノキ科、ハンノキ属が優勢で、ブナ属、ツガ属、トウヒ属、コナラ属コナラ亜属、 スギ属、ニレ属・ケヤキ属がこれらに次ぐ。深度 72.63~72.60m の OY1-3 帯はハンノキ属が極 めて優勢で、ブナ属、ツガ属、トウヒ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属、スギ属、ニレ属・ケヤ キ属がこれに次ぐ。深度 69.10~63.85m の OY1-4 帯はハンノキ属が極めて優勢で、ブナ属、ツ ガ属、トウヒ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属、スギ属、ニレ属・ケヤキ属がこれに次ぐ。深度 57.90~52.14 m の OY1-5 帯はスギ属が極めて優勢で、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属、ニレ 属・ケヤキ属、ヒノキ科、ブナ属、トウヒ属、クマシデ属がこれに次ぐ。深度 46.24~27.57 mの OY1-6帯はハリゲヤキ属とクマシデ属が極めて優勢で、ハンノキ属、クルミ属・サワグルミ属、 コナラ属コナラ亜属、マツ属、ツガ属、ブナ属がこれらに次ぐ。深度23.60~15.66 m の OY1-7 帯はスギ属が極めて優勢で、トウヒ属、ハンノキ属、ツガ属、マツ属、モミ属、コウヤマキ属がこ れに次ぐ。深度14.09~11.23 mのOY1-8帯はマツ属が極めて優勢で、トウヒ属、コウヤマキ属、 スギ属、ハンノキ属、ツガ属、ヒノキ科、コナラ属コナラ亜属がこれに次ぐ。深度 2.12~1.10 m の OY1-9 帯ではマツ属とスギ属が極めて優勢で、モチノキ属、コナラ属コナラ亜属、ヒノキ科が これに次ぐ。

3.3 GC-OY-2 コア

3.3.1 分析結果

花粉・胞子化石の同定・計数結果および堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量を 表5に示す。主な分類群は、常緑針葉樹の Abies、Picea、Tsuga、Pinus、Sciadopitys、Cryptomeria、 Cupressaceae、落葉広葉樹の Juglans / Pterocarya、Carpinus / Ostrya、Alnus、Fagus、Q. (Subgen. Lepidobalanus)、Ulmus / Zelkova、Lagerstroemia、常緑広葉樹の Q. (Subgen. Cyclobalanopsis) およ び Castanopsis / Pasania などであった。また、現在の日本列島には自生していない Hemiptelea および Liquidambar が産出した。

花粉・胞子総数に対する樹木花粉・草本植物花粉およびシダ・コケ植物の胞子、同定不明・ 不能の化石の割合は、図3の左側に示した。

各分類群の産出率は、表5に示した同定・計数結果に基づき、樹木花粉の総数を基数とし て算出し、図3の花粉ダイアグラムに示した。

3.3.2 花粉化石群衆に基づく地域花粉帯

今年度追加分析を行った 11 試料の結果を加え、同コアの群集組成は下位から OY1-1~10 帯 に 区分される(図 3)。<u>今年度の分析結果を考慮して 3 帯の花粉帯を増設する。これに伴い、各帯の</u> 境界深度は昨年度の調査結果と著しい変更点がある。特に、後述の OY2-6帯の産出組み合わせは、 これまでの知見になかったもので、GC-NG-1 及び GC-OY-1 にも認められない。コナラ属アカガ シ亜属が極めて多量に産出していることから、MIS5e の最温暖層準の可能性がある。 深度 85.61~79.68 m の OY2-1 帯ではツガ属、ハンノキ属、ニレ属・ケヤキ属が優勢で、クル ミ属・サワグルミ属、コナラ属コナラ亜属、モミ属がこれに次ぐ。深度 74.23~74.18 m の OY2-2 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ブナ属、マツ属、ツガ属、ハンノキ属、スギ属がこれらに 次ぐ。深度 69.92~65.32 m の OY2-3 帯はコナラ属アカガシ亜属が優勢で、ヒノキ科、ブナ属、 マツ属、ツガ属、ハンノキ属、スギ属がこれらに次ぐ。深度 54.07~43.76 m の OY2-4 帯はブナ 属が優勢で、スギ属、マツ属、ニレ属・ケヤキ属、ハンノキ属、クマシデ属、トウヒ属、クルミ 属・サワグルミ属がこれに次ぐ。深度 37.10~28.57 m の OY2-5 帯はクマシデ属が極めて優勢で、 ハリゲヤキ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ属、ハンノキ属、クルミ属・サワグルミ属、マツ属、ツ ガ属がこれに次ぐ。深度 24.12~26.64 m の OY2-6 帯はコナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ 亜属が極めて優勢で、スギ属がこれらに次ぐ。深度 22.71~19.33 m の OY2-7 帯はスギ属が優勢 で、マツ属、ツガ属、トウヒ属がこれに次ぐ。深度 17.34~11.31 m の OY2-8 帯はマツ属、ツガ 属、トウヒ属、スギ属、が優勢で、コウヤマキ属がこれに次ぐ。深度 5.49~5.44 m の OY2-9 帯 ではハンノキ属が優勢で、ブナ属、クルミ属・サワグルミ属、コウヤマキ属、マツ属、クマシデ 属、コナラ属コナラ亜属、トウヒ属がこれに次ぐ。深度 3.17~1.52m の OY2-10 帯ではマツ属が 極めて優勢で、スギ属、コナラ属コナラ亜属、ニレ属・ケヤキ属、ヒノキ科がこれに次ぐ。

3.4 能登半島の露頭試料

3.4.1 分析結果

花粉・胞子化石の同定・計数結果および堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量 はいずれも N.D.である。

4. まとめ

4.1 栃木県内試料

今年度の分析結果を加え、樹木花粉の分類群の組み合わせに基づいて下記の地域花粉群集 帯を設定した。

・GC-NG-1 コア (図 1):6帯 (下位より NG1-1帯~-6帯)

各帯の境界深度は昨年度の調査結果とほぼ同様であるが、NG1-6帯の下限深 度は今年度の分析結果を考慮して 2.51m へと若干深くなる。

・GC-OY-1 コア (図 2):9帯(下位より OY1-1帯~-9帯)

今年度の分析結果を考慮して4帯の花粉帯を増設する。

これに伴い、各帯の境界深度は昨年度の調査結果と変更点がある。

・GC-OY-2 コア (図 3):9帯 (下位より OY2-1帯~-9帯)

今年度の分析結果を考慮して3帯の花粉帯を増設する。これに伴い、各帯の境 界深度は昨年度の調査結果と著しい変更点がある。特に、後述のOY2-6帯の 産出組み合わせは、これまでの知見になかったもので、GC-NG-1及びGC-OY-1にも認められない。コナラ属アカガシ亜属が極めて多量に産出していること から、MIS5eの最温暖層準の可能性がある。

4.2 能登半島の露頭試料

花粉・胞子化石の同定・計数結果および堆積物 1g 試料当たりに含まれる花粉・胞子化石量 はいずれも N.D.であった。

5. 参考文献

- Huang, T.C. (1972) Pollen flora of Taiwan. Botany Department, National Taiwan University, Taipei, 297p.
- Huang, T.C. (1981) Spore flora of Taiwan. Botany Department, National Taiwan University, Taipei, 111p.
- 中村 純(1980)日本産花粉の標徴 I・II. 大阪市立自然史博物館収蔵試料目録第 13 集, 91p.
- 那須孝悌・瀬戸 剛(1986)日本産シダ植物の胞子形態 I. 大阪市立自然史博物館収蔵試料 目録第 18 集, 42p.
- 島倉巳三郎(1973)日本植物の花粉形態.大阪市立自然史博物館収蔵試料目録第5集,60p.
- Stone, D.E. and Broom, C.R. (1975) Juglandaceae. In: Nilsson, S. (chief Ed.), World Pollen and Spore Flora 4. Almqvist and Wiksell Periodical Company, Stockholm, pp 1–35.
- Wang, F., Chien, N., Zhang, Y. and Yang, H. (1995) Pollen flora of China. Second edition. Science Press, Beijing, China, 461p.
- 応俊生・張玉龍 (1994)中国種子植物特有属. 科学出版社, 北京, 699p.
- Zhang, Y., Xi, Y., Zhang J., Gao, G., Du, N., Sun, X. and Kong, Z. (1990) Spore morphology of Chinese Pteridophytes. Science Press, Beijing, China, 592p.

表3 GC-NG-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試	分類群						(uolan)	ylon)							va				(sni	er)
料番号	試料深度(m)	Cephal ot axus	Abies	Picea	Tsuga	Pinus	P. (Subgen. Haplo:	P. (Subgen. Diplox	Sciadopitys	Cryptomeria	Cupressaceae	Salix	Myrica	Carya	Juglans / Pterocar	Carpinus / Ostrya	Corylus	Betula	Alnus (Subgen. Aln	A. (Subgen. Alnast
	1.25 - 1.26		2	2	6	5		4	5	88	7				5	22	4	2	1	2
1	2.50 - 2.51		7	1	5	4		2	9	11					2					3
	3.80 - 3.81		10	39	16	19	1	7	42	83	4				2	5		4	6	8
	7.25 - 7.30	1	11	48	33	13	1	5	41	41	10	1			3	2		4	7	10
	10.22 - 10.27		15	13	18	13	2	8	31	45	14	3			1	9	4	14	20	22
	14.68 - 14.73		5	6	20	11		12	52	3	1		1	3	5	1	1	2	43	58
Z	17.60 - 17.74		1	1	3		1	3	5	15	1							1	2	
	24.39 - 24.44	2	11	12	32	15		12	8	18	5	1			24	19		2	2	
	29.20 - 29.25		24	6	40	18		3	3	7	1				13	35	1	4	9	2
	33.22 - 33.27		26	8	30	26	1	4	5	4	1				12	29	2	8	8	3
	36.64 - 36.69		9	13	11	16		2	1	8	3			1	29	27	3	6	12	7
	40.61 - 40.66	1	5	5	11	10		2	1	7	3				36	21	2	10	13	24
3	42.90 - 42.93		14	18	12	12	5	5		1					71	12		1		
<u> </u>	45.64 - 45.65			5	8	6	2			4	<u> </u>	1			57	10	2	8	9	2
	48.25 - 48.30		5	2	9	17		1	1	4	4				56	17	3	18	11	13
4	56.60 - 56.63		9	21	14	17		- '		4	2		- 1		39	24	3	4	23	9
4	59.30 - 59.31	1	7	31	6	9	1	5		14	13				44	14		8	10	4
6	63.20 - 63.24			• •		•														
	66.72 - 66.77			14	13	15	1	1	3	7	2				11	12	2	9	24	17
5	68.91 - 68.93		9	32	26	110	2	12		6	1			2	5	5		1	3	
	71.30 - 71.35		1	5	5	6		4		20					7	18	10	29	32	22
	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	分類⊐ド \	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	分類コード 分類群	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
=.6	分類コード 分類群	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料	分類コード 分類群	vpe 2	2	2	s) ~	2	ania 5	2	2	the	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料番	分類⊐ード 分類群	ta type	type	bgen. nus) No	opsis)	2	/Pasania	ova 6	2	manthe 0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料番号	分類⊐ド 分類群	renata type	ica type	(Subgen.	gen. tlanopsis)	2	psis/Pasania	Zelkova	lea	4phananthe 🛛	nbar 5	2	2	2	2	ndra	2	2	2	ceae
試料番号	分類⊐ −ド 分類群	us crenata type	tponica type	rrcus (Subgen.	Subgen. clobalanopsis)	tanea	tanopsis/Pasania	us / Zełkova	tiptel ea	is / Aphananthe	uidambar 5	accae	2 aceae	lotus	ium 5	hysandra 🗠	2	2	2	mnaceae
試料番号	分類⊐ード 分類群 試料深度(m)	Fagus crenata type	F. japonica type	Quercus (Subgen.	Q. (Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanea	Castanopsis/Pasania	Ulmus / Zelkova	Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	Sapium	Pachysandra 🔉	Rhus	llex	Acer	Rhamnaceae
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26	Begus crenata type	1 F. japonica type	2 Quercus (Subgen. 2 Lepidobalanus)	Q. (Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanea	Castanopsis/Pasania	c Ulmus / Zelkova	Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	5 Sapium	Pachysandra 🔉	Rhus	2 Ilex	2 I Acer	Rhamnaceae
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) <u>1.25 - 1.26</u> <u>2.50 - 2.51</u>	9 8 Fagus crenata type 2	Territor of the second	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	$ U_{\circ} \sim Cyclobalanopsis) \sim V_{\circ} $	Castanea	Castanopsis/Pasania	C Climus / Zelkova	5 Hemiptelea	L Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	9 Sapium	Pachysandra 🛛	Rhus	2 Ilex	2 Acer	Rhamnaceae
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.20	b B B B B B B B B B B B B B B B B B B B	b F japonica type	2 4 4 2 2 2 4 4 2 2 1	$ _{\infty} _{\omega} _{\omega} Cyclobalanopsis)$	Castanea	Castanopsis/Pasania	a c Ulmus / Zelkova	1 Hemiptelea	□ Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	apium 6	▲ Pachysandra	Rhus	llex	2 Acer	Rhamnaceae
武料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27	1 2 2	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	c 1 Quercus (Subgen. c 1 2 Lepidobalanus)	$\left \begin{array}{c} Q \cdot (Subgen. \\ \omega \end{array} \right \sim \left \begin{array}{c} Cyclobalanopsis \end{array} \right $	Castanea	Castanopsis/Pasania	∞ G G G Ulmus / Zelkova	T Hemiptelea	Celtis/Aphananthe	Liquidambar	2 Kosaceae	Rutaceae	Mallotus	c Sapium	→ Pachysandra	Rhus	llex	2 1 1	Rhamnaceae
武料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73	2 2 6 8 8 8 9 9 9 4	2 2 01 1 2 2 4	c Quercus (Subgen. c Quercus (Subgen. c Lepidobalanus)	α Cyclobalanopsis) α Cyclobalanopsis) κ	Castanea	c Castanopsis/Pasania	2 Dimus / Zeikova 6	2 1 1 1	Celtis/Aphananthe	8 Liquidambar	2 Rosaccae	2 Rutaceae	2 Wallous	5 Sapium	Pachysandra	Rhus 2	2 Illex	2 <i>second</i>	Rhamnaceae
試料番号 1 2	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09	2 6 8 8 4 1 1	2 2 10 1 2 2 4	E Quercus (Subgen. 0	$\left[\begin{array}{c c} Q & (Subgen) \\ \omega & \downarrow & (C) clobal anopsis) \end{array}\right]$	Castanea	Castanopsis/Pasania	9 8 G G Ulmus / Zelkova	2 1 1 1 1	Celtis / Aphananthe	8 Liquidambar	2 Rosaccae	2 Rutaceae	Mallotus	s Sapium	Pachysandra	Rhus 2	2 Ilex	2 1 1	Rhamnaceae
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.02 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74	2 6 6 7 1 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 10 1 2 2 2 4	Quercus (Subgen. 2 2 2 3 4 4 5 6 7 6 7 7 6 7	□ 2. (Subgen. □ 2. (Svelobalanopsis)	Castanea	Castanopsis/Pasania	2 2 5 5 8 6 6 6 6 6 7 7 5 1 5 7 5 8 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 5 7 5 6 7 5 7 5 7 5	2 Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	2 Liquidambar 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 Sosaceae	2 Subsection of the section of the	2 Wallotus	α 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	Pachysandra	Rhus c	2 Ilex	2 1 1	۲ Кhamnaceae
試料番号 1 2	分類コード 分類群 計解深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44	2 <i>Eagus crenata</i> type 2 1 4 21	2 2 10 10 2 2 4	2 Quercus (Subgen. 2 01 4 4 2 2 2 1	α τ α α α α α α α α	2 Castanea	C Castanopsis/Pasania	2 5 5 6 0.1 mus / Zetkova	2 1 1 1 2 1 1 2 2		2 <i>Liquidambar</i>	2 2 8 0 8 0 8 0 8 0 8 0 8 0 8 0 8 0 8 0	2 2 1 1	2 Mallotus	c apium 3	Pachysandra	2 Khus	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>Jack</i>	2 Khamnaceae
武料番号 1 2	分類コード 分類群 計解深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25	2 2 8 8 6 6 6 2 2 1 1 2 3	2 2 10 10 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 Quercus (Subgen. 7 2 0 1 7 2 1 1 1 7 2 1 1 1 1	$\left[\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	2 Castanea	c Castanopsis/Pasania	2 Climus / Zelkova	2 1 1 1 1 1 2 0	1 2 Celtis / Aphananthe 2	2	2 2 Usaccac 1 1	2 2	2 Wallotus	2 Sapium	Pachysandra	Rhus c	2 xəll 2 4	2 1 1	2 Khamnaceae
武料番号 1 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27	2 2 8 <i>Eagus crenata type</i> 2 1 2 1 2 2 0 0 2 2 1 2 1 2 3 2 6 0 2 2 1 2 1 2 2 2 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 10 10 1 2 2 2 2 2 0 0 22 2 11	R C Quercus (Subgen. Z 1	$\left[\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Castanea	Castanopsis/Pasania	2 6 6 6 7 7 6 6 7 7 6 7 7 6 7 7 7 6 7 7 7 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 2 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1	- -	2	2 2 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	2 2 1 1 1	2	5 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	Pachysandra			2 1 1	Rhamnaceae
武 料 番 号 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69	2 2 8 6 6 2 2 1 1 2 3 3 2 6 9	2 addi balanci addi 10 22 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	- $ -$	Castanea c	€ Castanopsis/Pasania	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 1 1 1 1 1 1 2 0 0 27 2 9 29 29		Liquidambar 2	2 2 8 08accae 1	2 2 1 1	+ Wallotus	5 3 3 2 apium 9 5 3 2 apium	Pachysandra b	E Bhus b		2 1	Rhamnaccac
武料番号 1 2 2	分類コード 分類群 分類群 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66	2 2 6 6 8 8 4 2 1 2 9 9 9 9 2 1	2 2 10 10 20 20 20 20 20 21 11 12 6 6	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	- $ -$	Castanea c	Castanopsis/Pasania	2 5 5 5 8 6 6 8 6 6 9 9 8 5 7 6 7 9 9 3 3 4 4 5 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	2 1 1 1 1 1 1 2 0 2 7 9 2 9 4 4 2 9		2 Liquidambar		2 2	2	2 <i>appium</i> 1 1 2	Pachysandra 2	2 Bhus c		2 1 1	2 Khamnaceae
武料 番号 1 2 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.661 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65	2 2 3 3 4 4 6 6 6 2 1 1 4 4 2 1 2 3 2 6 9 9 2 1 1 4 1 2 1 2 3 2 6 9 9	2 addi 10 20 22 4 4 20 22 11 12 6 6 4 9	2 <i>Contension</i> 2 <i>Contension</i> 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		Castanea	Castanopsis/Pasania	2 <i>b</i> (<i>D</i>) <i>b</i>	2 <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i> <i>value</i>		2 <i>Liquidambar</i>	2 2 Usaccae	2 2 1 1 1 1 1	A allotte A allotte	2 <i>minime</i> 6 3 1 1 2	Pachysandra	2 <i>Khus</i>		2 1 1	2
武料 番号 1 2 3 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65	2 2 3 3 3 3 4 4 6 6 6 7 2 1 1 4 4 2 3 3 2 6 9 9 2 1 1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	2 addi 10 20 22 4 4 20 22 11 12 6 6 4 9 9 12	2 <i>Contention</i> 2 <i>Contention</i> 2 2 <i>Contention</i> 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	$\begin{bmatrix} \hline & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - & & \\ - $	Castanea	Castanopsis/Pasania	2 <i>b</i> (<i>n</i>) <i>b</i>	2 <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i>		2 <i>Liquidambar</i>	2 2 Usaccae	2 2 1 1 1 1 1 1 1 1	A allotte +	2 <i>muidos</i> 6 1 1 2 2 1 1 2	Pachysandra	2 Bynas		2 1 1	2
武料 番号 1 2 3 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97	2 address of the second	2 adái <i>pojudob</i> [· <i>J</i>] 10 20 22 111 12 6 6 4 9 9 9 12 15	2 <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i> (Subgen <i>Constants</i>) <i>Guescies</i> <i>Constants</i>) <i>Constants</i>	$ \begin{bmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - &$	Castanea	Castanopsis/Pasania	2 3 3 3 3 4 4 5 5 6 3 6 6 6 6 7 6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 mapadiumaH 1 2 1 1 1 1 20 27 29 54 28 37 44 5	∞ − − − − − ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞	2 Tiduidambar 8 8 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 Kosaceae	2 2 1 1 1 1 1	2	a muique 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	bachysandra	2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 <i>xappender</i>	2 1 1	2
武料番号 1 2 3 3 4	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63	2 b g g g g g g g g g g g g g g g g g g	2 adái <i>pojudob</i> [· <i>J</i>] 10 20 22 11 12 6 6 4 9 9 9 12 15	2 2 3 3 4 4 10 2 2 3 3 3 12 12 12 2 8 33 3 12 2 2 9 2 2 2 9 2 9 2 9 2 2 9 2 9 2 2 9 2 2 2 9 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	\square	Castanea b	Castanopsis/Pasania 2	2 3 3 3 4 4 5 5 6 3 6 6 6 6 7 6 7 6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 mapadiumaH 1 1 1 1 1 20 27 29 54 28 37 44 5 	∞ − − − − − ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞ ∞	2	2 2 Secearce 1 1 1 1 1 1	2 2 1 1 1 1 1	2	a muitas 2 aprium 1 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	n n	2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		2 1 1	2
武料番号 日 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31	2 addr a lange of the lange of	2 adái <i>psjudobj: J</i> 10 11 22 24 4 20 222 111 122 6 6 4 9 9 9 12 15 5	2 <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i> (Subgen <i>Guescies</i>) <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guescies</i> <i>Guesc</i>	$ \begin{array}{ c c c c c } \hline \hline$	Castanea	Castanopsis/Pasania c	2 <i>b b b b b b b b b b</i>	2 majatdiwayu 1 2 1 1 1 1 20 27 29 54 28 37 44 5 8	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	2 Tiduidambar 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 Uosaccac 1 1	2 2 1 1 1 1 1 1	2	a muitage 2 appium 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	n n				2
試料番号	分類コード 分類群 分類群 計料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24	2 adds argument of the second	2 adás pojudobí: <u>J</u> 10 11 22 2 2 2 4 4 20 222 111 122 6 6 4 9 9 12 15 5 6 6	2 	$\left[\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	2 Castanea	c Castanopsis/Pasania c	2 <i>b</i> (<i>l</i>) <i>b</i>	2 <i>pajatdiwa</i> H 1 2 1 1 1 1 20 27 29 54 28 37 44 5 8 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	□ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 Triduidambar 8 8 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 80826580 1 1	2 2 1 1 1 1 1 1 1	2 + +	a muidag 9 a Sapium	n n		2 <i>xappender</i>		2
試料番号	分類コード 分類群 分類群 計料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24 66.72 - 66.77	2 addit atland a type 2 addit atland a type 2 addit atland atl	2 adás pojudobí: <u>J</u> 10 11 22 2 2 2 4 4 20 222 111 122 6 6 4 9 9 12 15 5 5 5	2 (Spectra (Spectra (o	castanea	2 Castanopsis/Pasania 2	2 <i>b b b b b b b b b b</i>	2 <i>pajatdiwa</i> H 1 2 1 1 1 1 20 27 29 54 28 37 44 5 8 9	□ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 Tiduidambar 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 8080ceac 1 1	2 2 1 1 1 1 1 1	2	a muidag 9 Sapium	n n			2 1 1 1 1	2
武料番号 1 2 3 3 4 6 5	分類コード 分類群 分類群 計料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24 66.72 - 66.73 68.91 - 68.93 71.30 - 7135	2 additional and a second and	2 adái <i>pojuodo</i> f: <i>J</i> 10 11 22 22 4 4 20 222 111 122 6 6 4 4 9 9 12 15 5 5 5 5 8	2 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	$\sim \sim $	2 Castanea	1 2 5 6 7 8	2 <i>b b b b b b b b b b</i>	2 majatdiwayu 1 1 1 1 1 1 1 2 2 0 2 7 2 9 5 4 4 5 5 8 8 9 9 1 1 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	2 Tiduidambar	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 1 1 1 1 1 1	2 sntollow	a muidag 9 a Sapiun	pachysandra			2 <i>Jack</i>	2

+:250粒の計数外で産出.

表3(つづき) GC-NG-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
試料番号	分類群 試料深度(m)	Vitaceae	² arthenocissus	ŭlia	Camellia	laeagnus	agerstroemia	Araliaceae	Cornus	Iricaceae	Diospyros	styrax	igustrum	Syringa	7 axinus	unuunqı	Veigela	Polygonum (Sect.Persicaria / 3chinocaulon)	o.(Sect.Reynoutria)	Chenopdiaceae
	125 - 126	1	I	I	0	I	7	1	1	ш 3	7	v ₂	7 5	~	1	1	1	4 I 1	F	1
- 1	0.50 0.51									5		· ·	0							
	2.50 - 2.51														-					
	3.80 - 3.81														5			/		
	/.25 - /.30														3				1	
	10.22 - 10.27					1									2		1	1		
	14.68 - 14.73									1					2	1		7	1	
2	16.05 - 16.09																			
	17.69 - 17.74																			
	24.39 - 24.44					1	4								1			1		
	29.20 - 29.25			1		2	1											1		
	33.22 - 33.27		+	+			+								1					4
	36.64 - 36.69			1	1		3			3					3					1
	40.61 - 40.66		3			3	+								5				1	
3	42.90 - 42.93					2	2	1		3					7	1		4		
	4564 - 4565	1	1		2	4				2		2			2	1		4		
	48 25 - 48 30			2	1	1				1		1	1		15	2		6		
	53.96 - 53.97			-						· ·		· ·			4	-		, i		
4	56.60 - 56.63																			
<u> </u>	59.30 - 59.31			1								1			1			24		1
6	63.20 - 63.24											· ·						24		
- 0	66.70 - 66.77					1		1		4	1		0	16	0			1		1
5	69.01 - 69.02			1		- 1				- 4	- '		3	10	0					
- 5	71.00 71.05			1						3		1			F					1
	/1.30 - /1.35			2	1					3		1			5					
	公和っ―ド	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
\square	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m)	Nuphar 6	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Ranunculus	Thalictrum	Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	Trapa 🛛	Myriophyllum	Umbelliferae	Nymphoides	Labiatae	Carduoideae	Artemisia 6	Cichorioideae	Typha	Sparganium 6	Alisma
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26	Nuphar	Caryophyllaceae	Ranunculaceae	Ranunculus 5	Thalictrum	Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	Trapa	Myriophyllum 🛛	Umbelliferae	Nymphoides	Labiatae	0 Carduoideae	Artemisia	Cichorioideae	Typha	Sparganium	Alisma
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51	why where we have a second sec	Caryophyllaceae	Ranunculaceae c	c Ranunculus c	4 Thalictrum	Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	Trapa	Myriophyllum	Umbelliferae	wymphoides	Labiatae	carduoideae	3 Artemisia	cichorioideae	Typha	α Sparganium	∞ Alisma
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81	wphar	Caryophyllaceae c	E Ranunculaceae	3 <i>Ranunculus</i> 3	P Thalictrum	Rosaceae (Herb)	Leguminosae 6	Geranium	Trapa	Myriophyllum ∞	Umbelliferae	wymphoides	Labiatae	carduoideae	3 3 48 48	c Cichorioideae	3 I/ypha	Sparganium	Alisma
武料 番 号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30	Nuphar	Caryophyllaceae c	E Ranunculaceae	s Ranunculus	2 Thalictrum	Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	Trapa	Myriophyllum 6	Umbelliferae 5	Nymphoides	Labiatae	2 Carduoideae	3 <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>automatical</i> <i>au</i>	c Cichorioideae	Typha c	Sparganium	2 Alisma
武 料 番 号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27	Nuphar 6	Caryophyllaceae	E Ranunculaceae	s Ranunculus	Thalictrum E	T Rosaceae (Herb)	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Geranium	Trapa	T Myriophyllum	Umbelliferae	Nymphoides	Labiatae	2 2 2 2 2 2 4	3 <i>a</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i> <i>c</i>	1 2 001	1 Typha	c Sparganium	2 Alisma
武料番号 1	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 	∽ Nuphar	Caryophyllaceae	E Kanunculaceae	c Ranunculus c	1 1 1	L Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium 6	Trapa	Myriophyllum	Cumbelliferae	∞ Nymphoides	Labiatae	5 5 2 5 5 5 5 5 5	3 <i>a</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i>	1 001 001 1 000 001 001	3 1 1 1	2 Sparganium	3 Visiting
武料番号 1 2	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09	Nuphar	Caryophyllaceae	E Ranunculaceae	c Ranunculus	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	L Rosaceae (Herb)	Leguminosae c	Geranium	3 Trapa	3 myviophyllum	Cumbelliferae	Nymphoides	Labiatae	د 2 <u>001</u> 5 <u>5</u> 4	3 <i>pisimatur</i> 14 14 26 33 11	2 2 2 2 2 2 2 001 Cichorioideae	3 1 1	c Sparganium	3 Alisma
武料番号 1 2	分類コード 分類群 対類深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74	Nuphar	Caryophyllaceae	E Ranunculaceae	c Kanunculus	2 Thalictrum	L Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	3 Jrapa	3 Wyriophyllum	Cumbelliferae	Nymphoides	Labiatae	2 5 5 5 5 5 2 5 3 3 3 3	3 <i>visitimatur</i> 14 14 26 33 11	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 1 1 1	c Sparganium	3 Alisma
武料番号 1 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 	Nuphar c	Caryophyllaceae	E Kanunculaceae	c kanunculus	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	L Rosaceae (Herb)	E Ceguminosac	Geranium	3 If a part	3 until kindo ja kind	Cmbelliferae	Nymphoides	Labiatae	2 001 2 2 5 5 2 5 3 3 3	3 <i>pisiumuyu</i> 14 12 11 11	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>bilding</i>	2 Sparganium	3 Alisma
武料番号 1 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25	Nuphar 🐹	Caryophyllaccae	s s s s s s s s s s s s s s s s s s s	c kanunculus	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	L Rosaceae (Herb)	E C	Geranium	3 11-apa	3 <i>unlikudoj.kw</i>	2 1 1	Nymphoides	Labiatae	د ۲ (ardnoideae ۲ (ardnoideae	з <i>изи</i> <i>изи</i> <i>и</i> <i>и</i> <i>и</i> <i>и</i> <i>и</i> <i>и</i> <i>и</i> <i></i>	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>bit</i>	2 2 Sparganium	3 Alisma
武料番号 1 2	分類コード 分類群 対類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 29.25 33.22 - 33.27	Nuphar 🐹	caryophyllaceae	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 5 3 3	2 Thalicrum	Rosaceae (Herb)	Lcguminosae	Geranium	2 Trapa	s unitable with a second secon	3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Nymphoides	Labiatac c	2 001 2 001 2 2 5 5 5 5 2 1 5 2 1 1	3 <i>visimau</i> _W 14 1 1 1 1 1 5	E 001 Cichorioideae 1	3 <i>vyd</i> (<i>L</i>) 1 1 1 8 8 2 2 2	1 Sparganium 6	3 <i>ansile</i> 5
武料 番号 1 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.67	Nuphar ∞	caryophyllaceae	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 Sananculus	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Rosaceae (Herb)	Leguminosae	Geranium	2 Trapa	s unitable with the second sec	3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Nymphoides	Labiatac c	2 001 2 001 2 2 5 5 5 5 2 5 5 2 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0	3 <i>visimau</i> _W 14 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	۲ ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا	3 <i>vyd</i> (<i>L</i>) 1 1 1 1 2 2 <i>a</i>	c 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	3 Alisma
武料番号 1 2	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66	→	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	s Ranunculaceae	3 3 3 3 4 automatical and a second se	3 municitation 4	Rosaccae (Herb)	Leguminosae	Geranium c	Trapa 👷	3 mhyhdion M	Cmbelliferae	Nymphoides	ζ Γabiatae ε	د د مرام المراجعة د مرام المراجعة د مرام المراجعة د مرام المراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجعة د مراجع مراجعة د مراجع مراجع مراجع مراجع م مراجع مراجع مرا	3 <i>pisitueuv</i> 14 14 14 26 33 11 1 1 1 5 17 30	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>byddf</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	□ 1 1 2 2 parganium ∞	3 2 4 1 isma
武料番号	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 40.61 - 40.66		Caryophyllaceae	s Kanunculaceae	3 3 5 3 1 1 1	s Thalictrum	Rosaccae (Herb)	Leguminosae	Geranium c	Trapa	s muhyhtophythe	Cmbelliferae	Nymphoides	E Labiatae	د د 2 2 2 2 2 001 2 2 5 2 5 2 5 5 2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	з <i>pisituaµV</i> 14 14 26 33 11 1 1 1 1 5 17 300 2	c c	3 <i>phdi</i> (<u>1</u> 1 1 1 8 8 2 2 4 7	c Sparganium ∞	3 <i>ansila</i> 1
武料番号 1 2 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 45.57	Nuphar 6	caryophyllaceae	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	s s s s s s s s s s s s s s s s s s s	s Thalictrum s	Rosaccac (Herb)	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	Geranium c		3 until (M)	3 Cmpelliterae	α Nymphoides α	E Tabiatae	3 001 2 101 2 101 2 101 1 1 3 3 3 1 1	3 <i>visiwaµV</i> 14 14 14 266 333 111 1 1 5 177 300 3 2 2	c c	3 <i>pydiff</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	∞ wninaganium company	3 <i>pusily</i>
武料番号 1 2 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65		caryophyllaceae	۲ ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Rosaccae (Herb)	c c	Geranium	+	mulli(hdoirt(M	3 Cmpelliterae	wymphoides ∞	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	د د	3 <i>visimaµ</i> /V 14 1 48 266 333 111 1 1 1 5 177 300 3 233 235 205 205 205 205 205 205 205 20	c c	3 <i>vyd</i> (<i>t</i>) 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	∞ 2 Sparganium ∞	3 <i>pusil F</i>
武料番号 1 2 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30	□	caryophyllaceae	8 8	c kanunculus		Rosaceae (Herb)	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	Geranium	+	mullýddojnýM	Cumbellifeace		۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>pisimau</i> _W 14 1 48 26 33 11 1 1 1 1 5 177 300 3 3 3 8 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>vqdíL</i> 1 1 1 2 2 4 7 1 1 2 2 4 7 7	∞ <i>minestanium</i> 5 <i>Sparganium</i>	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
試料番号 1 2 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97	□	caryophyllaceae	٤ ٤ Image: Second	s supraction of the second sec	3 multicitum 2	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	۲	Geranium	+	Myriophyllum	3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	∞ Nynphoides	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>visimauf</i> 14 1 48 26 33 11 1 1 1 1 1 5 17 30 3 38 27	۲	3 <i>bqdfL</i> 1 1 1 1 2 2 2 4 4 7 7 1 2 5 5	∞ muinmer 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	3 pusijW
武料 番号 1 2 3 3	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63		caryophyllaceae	٤ ٤ 1 1 1 1 1 1	support of the second s	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Rosaceae (Herb)	cc	Geranium	∞ <i>vdv4I</i> + +	s unilikydoj.k/W	3 Chupelliferac 1 1 1 1 5 5	∾ Nymphoides	E Labiatac	د د 2 3 001 2 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 5 5 1 1 1 1 1 1 1 1	3 pissuauv 14 14 26 333 11 1 1 5 17 30 3 38 27 	c c	3 <i>biddify</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i> <i>1</i>	∞ 5 5 5	3 <i>Alisma</i>
試料番号 1 2 3 4	分類コード 分類群 分類群 記料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31		caryophyllaceae	۲ المحمد الم المحمد المحمد ا	3 3 4 Summendus	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	Rosaceae (Herb)	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	Geranium	∞ <i>ada</i> , <i>I</i>	s unilidyddiad a a a a a a a a a a a a a a a a a	2 C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	° → → → → → → → → → → → → → → → → → → →	E Tabiatac	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>pisimaµ</i> / 14 1 48 26 33 11 1 1 1 1 1 1 5 17 30 3 23 38 27 124	c c	3 <i>pyd.(f</i>) 1 1 1 1 1 2 2 4 7 7 6 6	5 5 6 5	3 <i>pusify</i> 2
試料番号 1 2 3 3 4 6	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24		caryophyllaccac	٤ ٤ 1 1 1 1 1 1	3 5 5 1 1 1 1	s and a second s	П Rosaceae (Herb)	۲ دولاستان دولا الم	Geranium c	~	mult/up/	2 C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	2 Nymphoides	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>visimauW</i> 14 1 48 26 33 11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	٤ ٤ ٤ ٤ ٤ ٤ ٤ ٤ ٢ ٢	3 <i>pydc(f</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	3 <i>pustIV</i> 2 1 1
試料番号 1 2 3 4 6	分類コード 分類群 分類群 記料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.05 - 16.09 17.69 - 17.74 24.39 - 24.44 29.20 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.90 - 42.93 45.64 - 45.65 48.25 - 48.30 53.96 - 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24 66.72 - 66.77		caryophyllaceae	3 1	s grammentas	3 3 4 4 7 7 7 7 7	П Козасеае (Herb) с	۲ دولاستان دولار در دولار دول	Geranium c	~	mullikydoj.ukW	Cumbelliferac	L Nymphoides	E Tabiatac	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>visimau</i> _W 14 1 48 26 33 11 1 1 1 1 5 17 300 3 23 388 27 124 13	E E Cichorioideae 1 I <	3 <i>vqdkL</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	∞ 5 5 ∞	3 pusilY 2 1 1
試料番号 1 2 3 4 6 5	分類コード 分類コード 分類課 記料深度(m) 1.25 - 1.26 2.50 - 2.51 3.80 - 3.81 7.25 - 7.30 10.22 - 10.27 14.68 - 14.73 16.65 - 16.09 17.69 - 17.74 24.34 24.34 24.92 - 29.25 33.22 - 33.27 36.64 - 36.69 40.61 - 40.66 42.93 45.64 - 36.69 40.61 - 45.65 48.25 - 48.30 53.97 56.60 - 56.63 59.30 - 59.31 63.20 - 63.24 66.72 - 68.71 68.91 - 68.93	□	caryophyllaceae	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	s s s s s s s s s s s s s s s s s s s	2 2 1 1 7 1 1 1 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	с Козасеае (Herb) с	۲ دولاستان دولا در دولاستان دولا در دولو در د	Ceranium 6	*	3 mnll/(4doi.n/W	2 Cumpelliterac	c Nymphoides	۲ د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	د د 2 2 2 001 4 4 5 5 6 7 5 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1	3 <i>visimauW</i> 14 1 48 26 33 11 1 1 1 5 17 300 3 38 27 124 13 	c c	3 <i>sydd(L</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	∞ <i>mumana</i> 2 <i>Sparganium</i> ∞	3 pusijW 2 1 1 1

+:250粒の計数外で産出.

表3(つづき) GC-NG-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード		3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6
試料 番号	分類群 試料深度(# m)	Sagittaria	Gramineae	Cyperaceae	Eriocaulon	<i>Lycopodium</i> (subgen. <i>Urostachy</i> s)	L. (subgen. Lycopodium)	Selaginella selaginoides	lsoetes	Osmunda	Davallia	Polypodiaceae	Salvinia	monolete type spores	trilete type spores	Bryophta	Sphagnum	unknown pollen and spores
	1.25 -	1.26		74	43		1				4	2	1		69	32	3		103
1	2.50 -	2.51		19	12								1		8	8	2		6
	3.80 -	3.81	21	212	567	1				6					18	10			29
	7.25 -	7.30		45	123		1	2				3	1		14	8		1	23
	10.22 -	10.27	3	103	404			2				3	3		32	5			27
	14.68 -	14.73		10	64		3					2266	4		639	36		101	44
2	16.05 -	16.09		2	2							53			2				0
	17.69 -	17.74	1	4	1							164			22	22			3
	24.39 -	24.44		24	91										13				30
	29.20 -	29.25	1	11	31		1					1	1		15	4			8
	33.22 -	33.27		18	41									1	11	4			14
	36.64 -	36.69		45	71			2			2	2	1		42	14			35
	40.61 -	40.66		86	206		1					4	1		96	24			60
3	42.90 -	42.93		11	152						1	12	6		15	19			6
	45.64 -	45.65		66	209							5			39	12			62
	48.25 -	48.30		134	153						1	1	2		59	13			109
L	53.96 -	53.97		57	100			1				1			29	5			29
4	56.60 -	56.63																	
	59.30 -	59.31	1	260	631			1				5			46	13	1		92
6	63.20 -	63.24																	
	66.72 -	66.77		44	65		1	13			67	3	2		307	75		1	56
5	68.91 -	68.93		9	10		8	52	1		240	6	6		225	54	2		24
	71.30 -	71.35		113	24		16	25			27	3	2		605	38		6	123

	5	〕類	群						数
試料番号	試料	深度	E(m)	木本植物花粉数小計	草本植物花粉数小計	シダ植物胞子数小計	不明花粉·胞子数小計	花粉·胞子数合計	試料1gあたりの産出粒 (粒/g)
	1.25	-	1.26	251	343	112	103	809	451
1	2.50	-	2.51	61	39	19	6	125	12
	3.80	-	3.81	262	883	34	29	1208	73,474
	7.25	-	7.30	254	210	30	23	517	10,809
	10.22	-	10.27	254	558	45	27	884	5,267
	14.68	-	14.73	253	99	3049	44	3445	138
2	16.05	-	16.09	15	4	55	0	74	26
	17.69	-	17.74	33	9	208	3	253	7
	24.39	-	24.44	252	128	13	30	423	9,990
	29.20	-	29.25	256	49	22	8	335	9,136
	33.22	-	33.27	250	73	16	14	353	4,490
	36.64	-	36.69	251	145	63	35	494	2,679
	40.61	-	40.66	288	338	126	60	812	4,266
3	42.90	-	42.93	257	172	53	6	488	1,328
	45.64	-	45.65	259	308	56	62	685	10,992
	48.25	-	48.30	273	360	76	109	818	7,507
	53.96	-	53.97	260	194	36	29	519	4,141
4	56.60	-	56.63	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	59.30	-	59.31	251	1071	66	92	1480	20,966
6	63.20	-	63.24	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	66.72	-	66.77	252	152	469	56	929	391
5	68.91	-	68.93	255	23	594	24	896	226
	71.30	-	71.35	253	169	722	123	1267	193

+:250粒の計数外で産出.

分類コード 1: 木本植物(針葉樹類); 2: 木本植物(広葉樹類); 3: 草本植物; 4: シダ植物; 5: コケ植物; 6: 不明花粉・胞子.

【 付録 12 】

【付録12】

表4 GC-OY-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	\land																			
試 料 番 号	分類群 試料深度(m)	Cephalotaxus	Podocarpus	Abies	Picea	Tsuga	Pinus	P. (Subgen. Haploxylon)	P. (Subgen. Diploxylon)	Sciadopitys	Cryptomeria	Cupressaceae	Salix	Myrica	Juglans / Pterocarya	Carpinus / Ostrya	Corylus	Betula	Alnus (Subgen. Alnus)	A. (Subgen. Alnaster)
	1.10 - 1.15					1					1						1			2
	2.08 - 2.12			1	1	1	51	1	58		78	12			1	2	4	5	4	1
	11.23 - 11.28			4	37	17	16	2	73	38	32	8			2	5		1	6	14
1	14.06 - 14.09	1		7	44	28	36	4	36	80	15	2			3	2				
	15.66 - 15.71	1		21	34	15	13		6	13	76	20	1		13	8		5	12	17
	17.75 - 17.80			14	37	22	12		5	19	68	7	1		9	6		1	12	10
	18.39 - 18.44			4	10	7	3		2	7	5				2	1		3	7	8
	21.69 - 21.74			11	23	11	8	1	3	5	91	9	2		13	7		1	3	3
	23.55 - 23.60			2	1	4			4	3	9				1			1	1	-
	27.57 - 27.62	1		9	10	36	29	1	5	5	8	5			30	65		7	11	6
	31.23 - 31.28	-		18	16	23	29		3	3	4	1			38	49	1	11	8	6
	35.75 - 35.80			5	5	15	4		5	3	6	2			26	37	1	7	19	20
	39.55 - 39.60			6	16	21	7		1	2	1	1	1	1	33	16	3	12	14	8
	42.60 - 42.65	1		3	15	12	14		2	- 1	7	3	+	- 1	21	32	1		12	14
	46.19 - 46.24	3		3	4		8		1	1	5	4			35	20	1	13	9	15
	52.14 - 52.19					2	6		4	1	31	4			5	17	1	16	29	42
	55.70 - 55.75	2		2	15	4	6		3	4	132	22			5	7		6	14	
	57.85 - 57.90	2		10	19	6	9	1	4	5	86	14			3	16	1	3	10	9
2	60.06 - 60.10																			_
	63.85 - 63.90	2	1	14	34	14	9		4	2	8	4	_	2	15	25	3	9	15	12
5	67.08 - 67.11																			
	69.05 - 69.10			12	39	5	4		2	6	14	8			14	10	2	8	35	28
	72.60 - 72.63			6	14	36	4		2	16	10	7	3		4	10		14	31	46
3	74.50 - 74.54																			
	77.44 - 77.48	2	1	6	6	35	8	1	2	18	32	64	1		5	12	1	5	19	19
4	79.18 - 79.21																			
	82.70 - 82.75	6		26	4	28	28	2	1	8	10	43	1		7	9		6	6	12
	85.00 - 85.05			13	6	22	40	2	3	5	4	23			5	12	1	6	3	5
	八拓っ い	0					0		0				0	0	0	0			0	
	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	分類コード 分類群	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
++	分類コード 分類群	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料	分類⊐ード 分類群	/pe 2	2	2	2 (5	ania	2	2	the N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料番	分類コード	a type	/pe 2	gen. ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	psis)	Pasania N	2 2	2	anthe ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	2	2	2	2	2	2	2	2	2	45	2
試料番号	分類コード	ata type	a type	Subgen. ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	n. mopsis)	is/Pasania	lkova	2	hananthe ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	ar a	2	2	2	2	2	2	2	2	issus	2
試料番号	分類コード	crenata type	nica type	s (Subgen. balanus)	gen. alanopsis)	opsis/Pasania	'Zelkova	elea	Aphananthe	tmbar ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	2 ge	2	48	2	2	2	2	2 57	10cissus N	2
試料番号	分類コード 分類群 分類群 試料変度(m)	us crenata type	aponica type	ercus (Subgen.	Subgen. clobalanopsis)	tanopsis/Pasania	us / Zelkova	niptelea 🔉	tis / Aphananthe	uidambar 🛛	aceae	aceae	llotus	2 um	2	2	2	culus 5	thenocissus	2
試料番号	<u>分類コード</u> 分類群 試料深度(m)	Fagus crenata type	F. japonica type	Quercus (Subgen. Lepidobalanus)	Q.(Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	Ulmus / Zelkova	Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	Sapium	Rhus	nex 5	Acer 5	Aesculus	Parthenocissus ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Tilia
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15	Fagus crenata type	F. japonica type	Quercus (Subgen.	Q.(Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	Ulmus / Zelkova	Hemiptelea ∾	Celtis / Aphananthe	Liquidambar 🛛	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	Sapium	Rhus	2 Xell	Acer	Aesculus	Parthenocissus ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Tilia
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12	Fagus crenata type	F. japonica type	Quercus (Subgen. τ ω Lepidobalanus) ω	 ↓ Cyclobalanopsis) 	Castanopsis/Pasania	Llmus / Zelkova	Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	- Sapium	Rhus	2 <i>Ilex</i>	Acer ~	Aesculus	Parthenocissus	Tilia
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28	Fagus crenata type	+ F. japonica type	 ∠ 〒 ∞ Lepidobalanus) 	Q.(Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	2 Olmus / Zelkova	- Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	Sapium	Rhus	2 <i>xeu</i>	2 Acer	Aesculus	- Parthenocissus	Tilia
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09	A Fagus crenata type	R F. japonica type	Quercus (Subgen. •	Q.(Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	2 Ulmus / Zelkova	Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar 0	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	Sapium c	Rhus	2 <i>xə</i> ॥	2 <i>Acer</i>	Aesculus	Parthenocissus N	Tilia
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71	c 9 1 Fagus crenata type	c r F. japonica type	A A Quercus (Subgen. A A Cupidobalanus)	Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	2 <i>Ulmus / Zelkova</i> 2 4	Hemiptelea	Celtis/Aphananthe 2	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallo tus	∠ Sapium	Rhus	2 <u>Il</u> <i>ex</i>	2 <i>Acer</i>	Aesculus	T Parthenocissus	77/1/a
試料番号	分類コード 分類詳 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80	Fagus crenata type	$ \mathbf{F}_{\mathbf{r}} = \mathbf{F}_{\mathbf{r}} $	or b b 2 b 1 ∞ Leptdobalanus) ∞	· ω ω Cyclobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	2 01/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2/2	2 Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaccae	Mallotus	Sapium 2	1 Rhus	2 <i>xəll</i> 18	2 <i>Acer</i>	Aesculus	→ Parthenocissus	Tilia 7
試料番号	分類コード 分類 詳 分類 詳 試料 深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.44 01.00 - 2.15 18.44	Fagus crenata type	$(\mathbf{c} + \mathbf{c}) + (\mathbf{f} \cdot japonica type)$	Control Control Cuercus Cubben Control Control Cuercus Cuercus Control Control Cuercus Cuercus	φ φ (C) (Subgen. φ φ (C) clobalanopsis)	Castanopsis/Pasania	2 01 mns / Zelkova	1 Hemiptelea	Celtis / Aphananthe	Liquidambar 2	Rosaccae	Rutaceae	Mallotus	1 Sapium 2	2 <i>Rhus</i> 2	2 <i>xəll</i> 18	2 <i>Acer</i>	1	Parthenocissus	77ilia 2
試料番号	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 21.74	, 0 1 c 9 1 Fagus crenata type	ο ε ε b α α + F.japonica type	1 0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Castanopsis/Pasania	2 2 01/mns / Zelkova 2 4 6 1 6	01 1 Hemiptelea	L Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	Rutaceae	Mallotus	2 <i>Sapium</i>	2 Shhar	2 <i>x</i> ₂ 18	2 <i>Acer</i>	T Aesculus	Parthenocissus	77 <i>lia</i>
試料番号	分類コード 分類詳	Fague crenata type 1 0	2 2 2 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 4 2	1 2 2 2 2 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 1 2 1 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	-1 \sim	Castanopsis/Pasania	2 0/mus / Zelkova	2 [1] [1] [1] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2] [2	Celtis / Aphananthe	∠ Liquidambar	2 Kosaceae	2 	Mallotus	2 2 <i>apium</i>	2	2 xəll 18	2 4 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5	2 <i>Aesculus</i>	Parthenocissus	2 [1]
試料番号	分類コード 分類群 よ料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 23.60 27.57 - 23.60	2 400 1 1 6 6 6 6 7 1 40 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 F. japonica type F. japonica type	$\overrightarrow{0}$	$ \begin{array}{ c c c c c } \hline \hline & $	Castanopsis/Pasania	0 2 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	2 Hemiptelea	- + Celtis / Aphananthe	Liquidambar	2 Kosaceae	2 8 Rutaceae	Mallotus	1 5apium	2		*	Aesculus	T Parthenocissus	77 <i>lia</i>
試料番号	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.90	2 E E E E E E E E E E E E E E E E E E E	2 4 4 5 2 4 + 4 4 5 2 4 + 6 7 2 4 + 6 7 2 6 7 4 7 5 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	a c c b c <th>$\begin{vmatrix} \underline{U} \\ - \underline{L} \\ - \underline{L} \\ - \underline{V} \\$</th> <th>Castanopsis/Pasania</th> <th>2 2 2 2 2 2 2 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2</th> <th>2 Hemiptelea</th> <th>- + Celtis / Aphananthe</th> <th>Liquidambar</th> <th>Rosaceae</th> <th>2 2</th> <th>Mallotus</th> <th>a a</th> <th>Shurs 2</th> <th>2 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1</th> <th></th> <th>Aesculus</th> <th>Image: state of the s</th> <th>1 77/1/a</th>	$ \begin{vmatrix} \underline{U} \\ - \underline{L} \\ - \underline{L} \\ - \underline{V} \\ $	Castanopsis/Pasania	2 2 2 2 2 2 2 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2	2 Hemiptelea	- + Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	2 2	Mallotus	a a	Shurs 2	2 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		Aesculus	Image: state of the s	1 77/1/a
試料番号 1	分類コード 分類詳 (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m)	2 4 5 6 7 7 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7	2 <i>F. japonica</i> type <i>F. japonica</i> type	8 8 1 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1	$ \begin{vmatrix} \hline & \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\$	Castanopsis/Pasania	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	- - - Celtis / Aphananthe	Liquidambar	Rosaceae	2 	Mallotus	2 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	Shussen and shussen an	2 xall 18 2 2 2 3 1 1	2 Weer	2 Aesculus	T	2 <u>1</u>
試料番号 1	分類コード 分類詳 (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m)	2 Equation 1 and 1	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2	25 88 15 16 17 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	$ \begin{bmatrix} \hline & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ & & \\ &$	Castanopsis/Pasania	2 (<i>Ijmus / Zelkova</i> 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>Hemiptelea</i> 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 4 9 4 9	∞		Secence Second S	2 	Mailotus >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		2 81 82 92 11 11		2	1 1 1 1	2 11lia
試料番号 1	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.65 - 42.65 46.19 - 46.24	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 4 2 2 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Castanopsis/Pasania	2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>below the set of t</i>	∞ ∞ 1 − − − − − − − − − − − − − − − − −		S Saccae	2 	Mallotus	2 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	Rhus	2 xall 18 2 2 3 1 1		2 4escutus		1 1 1 1 2
1 1	分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 23.60 27.57 - 35.28 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19	2 <i>Fagus crenata</i> type 1 0 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	A Quercus (Subgen. 7	α α α α α α α α α α α α α α	ω Castanopsis/Pasania	6 6 7 2 2 8 2 2 2 2 6 kova	2 <i>beautified and the second </i>	2 1 1 Celtis/Aphananthe 2		۲ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ	2 	ν γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		2 xəli 18 2 2 3 1 1 1		2 4esculus	1 1 1 2 2	
1 1	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75	2 <i>Lagare cuenda type</i> 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2	01 75 95 95 95 16 1 1 2 9 9 4 7 4 7 1 1 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	α L	s Castanopsis/Pasania	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>peluiptelea</i> 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	0 1	Liquidambar	2 Sosaccae	2 2 8 1 1 1 1	2 Mallous	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	L L L L L L L L L L L L L L L L L L L	2 xəµ 2 3 1 1 1 1		Aesculus	1 1 1	
試料番号 1	分類コード 分類群 分類群 (m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75	2 <i>Laging cuanda type</i> 2 <i>Laging cuanda type</i> 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2	x <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus Quercus Q</i>	Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ	© Castanopsis/Pasania ∾	2 <i>p</i> ₀ <i>A</i> (<i>y</i>) <i>A</i> (<i></i>	2 1 1 1 1 1 1 2 4 9 9 9 3 3 3	0 0	Liquidambar	2 	2 8 1 1 1 1	Mallo tus	2 <i>umidba</i> 1 1	2	2 xəll 2 2 3 1 1 1 1		2 Vesculus	- - - - -	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
試料番号 1 2	分類コード 分類詳 次類群 定(m) は料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10	2 <i>Ladars change</i> 1 0 1 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 4 2 2 4 4 2 2 3 2 2 3 2 2 3 2 2 3 2 2 3 2 2 3 2 4 4 2 3 2 2 3 2 4 4 4 4 4 4 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	×	Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ Φ	α Castanopsis/Pasania και δεί μαται ματά μαται ματά ματα ματά ματα ματά ματα ματά ματα ματά ματά	2 <i>b</i> ₀ (<i>y</i>) <i>y</i>) <i>y</i> (2 <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i>	0 0	1 1 1 1 1	2 	2 Second I I I I I I I I I I I I I	Mallotus ~		2 Khus	2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		2	Image: second	2 <u>Tilia</u>
試料番号 1 1 2	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90	2 <i>Eagline characteristics</i>	2 + 2 2 3 3 3 2 2 3 11 1 7 7 7 5 5 4 4 21 3 3 2 6	a Quercus (Subgen. 2 2 4 4 4 4 1	+ $\left[\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	α Castanopsis/Pasania Ν	2 a Clumrs/Selkova 2 Clumrs/	2 <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i>	x x x x x x x x	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	s Kosaccae	2 Second I I I I I I I I I I I I I	2 Wallous	1 1 Sapium	2	2 xəll 18 2 2 2 3 1 1 1 1 1		2 Wescalus	Image: second	
武料番号 1 2 5	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11	2 <i>Fague created type</i> <i>Fague created type created type <i>Fague created type</i> <i>Fague created type</i> <i>Fague</i></i>	2 2 4 5 5 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	$ + \begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} \\ + \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} 0 \\ \infty \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\ - \end{bmatrix} \\ - \end{bmatrix} \\ - \begin{bmatrix} 0 \\$	α Castanopsis/Pasania και ματά το ματ	2 <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>provided</i> <i>pr</i>	2 <i>being the set of t</i>	2 2 1	1 1 1 1 1		2 Second	2 Mallotus	c x	2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	2 <i>x</i> ² 18 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 4 4 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 4 5 5 4 5 5 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	- - - - -	
試料番号 1 2 5	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10	2 <i>Lagence of the second secon</i>	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 2 2 5 7 7 7 7 5 5 2 4 2 2 2 5 2 5 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	2 (3ng 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	castanopsis/Pasania	2 <i>avoyle2/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle32/Starling</i> <i>avoyle</i>	2 <i>vpjardima</i> H 1 10 21 24 32 50 9 9 3 10 3 3	Image: Second	1 1 1 1 1	2 	2 Kutaccac 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 <i>Mailotus</i>	a a		2 x=1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1			- - - - -	2
試料番号 1 2 5	分類コード 分類講業 法料業度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 72.60 - 72.63	2 1 1 6 3 1 1 1 1 1 1 2 5 7 7 1 1 1 1 2 5 2 1 2 1 1 1 1 2 5 1 2 1 2 1	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 3 4 4 4 5 5 6 8 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Castanopsis/Pasania	2 Dr.cosylaz/ Setting 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>vələldiməll</i> 1 1 241 322 50 49 60 9 9 3 10 10 3 5	2 2 1	1 1	2 2 Kosaccae	1 1 1 1 1 1	2 Wallous	4 5 5 1 1 1		2 xəyl 2 2 2 3 1 1 1 1 1 1		2 4excnins	- - - - -	2 1 1 1 2
試料番号 1 2 5 3	分類コード 分類講業 分類群 家度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.44 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 55.75 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 74.54	2 <i>Landowski biology Landowski biology La</i>	2 2 2 2 2 3 3 2 2 3 11 1 7 7 7 5 5 4 4 2 2 3 11 7 7 7 7 5 5 2 6 2 6 1 3 9 2 7 7 7 0 5 7 1 9 10 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	α Castanopsis/Pasania Ν	2 Dr.cosylogZ / Semuli 7 7 2 4 4 6 6 4 9 9 9 9 19 23 8 8 8 14 11 11	2 <i>paladimall</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0 0	1 1	2 2 808accae	2 2	2 Wallotus	a a b b b b c c c c c		2 xəll 2 2 2 3 1 1 1 1 1		2 Vescalus	- - - - - -	
試料番号 1 1 2 3 3	 分類コード 分類群 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 74.54 77.44 - 77.48 	2 <i>Eagus creats</i> type <i>Eagus creats</i> type <i>Eagus</i>	2 + + 2 2 + + 2 2 2 4 + 2 2 3 2 11 7 7 7 5 5 - 4 2 13 3 - 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	a Quercus (Subgen. 0 2 2 8 1	$[\infty]$ $[-1]$ $[+]$ $[+]$ $[\infty]$ $[\infty]$ $[-1]$		2 <i>phonormal and a set of the se</i>	2 <i>pajadiwa</i> H 1 1 10 21 24 32 50 9 9 3 5 2	a b c	- -	2 	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	- Malotus	2 <i>umidos</i> 4 2 4 2 4	2 <i>Buttlesselectrics</i>	2 xall 18 2 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		× Vesculus	Image: Second	
試 料 番 号 一 1 一 1 一 1 一 1 一 1 一 1 一 1 一 1 一 1 一	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 74.54 74.54 77.44 - 77.48 79.18 - 79.21	2 <i>Eague characterial of the second </i>	2 + 2 2 2 3 3 2 2 4 4 2 11 1 7 7 5 2 4 2 13 7 2 2 3 2 2 3 2 1 1 7 7 5 2 2 1 2 2 2 3 2 2 2 2 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Quercus</i> (Subgen. <i>Q</i>	$\begin{bmatrix} \omega \\ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} + \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega \\ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ - \\ -$	- Castanopsis/Pasania ν	2 D(00)07 7 2 4 6 1 6 2 8 7 7 6 6 4 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 19 23 8 8 14 11 6 6 6 14 11 1 6 6 6	2 <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i> <i>balance</i>	0 1	2	2 Sosaccae	2 2	2 Mailous	A L Sapium c c c c		2 1 1 1 1 1 1 1 1 1		Aesculus	a a b b b c	
試料番号 1 2 5 3 4	分類コード 分類詳 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 23.60 27.57 - 23.61 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 72.60 - 72.63 74.54 77.44 - 77.48 79.18 - 79.21 82.70 - 82.75	2 <i>Leading characteristics Leading charac</i>	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 (Subgent of the second secon	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $. Castanopsis/Pasania	2 D(0)yJ2/Smm(J) 7 2 4 4 6 6 4 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	2 <i>bajadimaj</i> 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		8 1	2 2 80880C686	2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 Mallotus	2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2				□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	a a b b c	

+:250粒の計数外で産出.

【付録12】

表4(つづき) GC-OY-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
	\backslash																			
	分類群													~						
														ta						
	\backslash													tor						
試														3isi	\geq					
料	\backslash													t.1	ria	nia			0	
番														Sec.	() (ut	g		eac	e
무	\backslash			nie										5	rsi	mc	cei		ac	30 CG
~	\backslash	~	sn	iao	ac		9	os		ü	1.0			un	Pe	ŝ	lia		yll	lac
		lia	n S	the	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	s	ea	20		n.	sus	ini	p.u.a	inc.	ct.	t./	bc	5	hq	cn
	計約270年(m)	lət	sas	er:	19	nu	ac	hld	xv.	ISL	cin	1.17	ice	60	in Se	ec.	no	ha	[0/	5
	武和法(111)	an	lae	ag	la l	0	nic	т	tyr	.6	na:	<i>iqi</i>	uo	(jo	ch .	<u>.</u>	he	dn,	ar	an.
	\	С	E	Τ	Y	0	Е	S.	S	Γ	F	4	Γ	Ρ	P E	Р	0	2	С	Ч
	1.10 - 1.15						1			1				1						
	208 - 212					1			1	1							15			
	2.00 2.12																15			
	11.23 - 11.28		1			1									1		1			2
1	14.06 - 14.09						1								5					
	15.00 15.71														-					-
	15.66 - 15./1		4		+		1								1	1				2
	17.75 - 17.80		5												1		1		2	2
	10 20 - 10 44		4																2	
	10.35 - 10.44		4																2	
	21.69 - 21.74		2	7			2								1					1
	23.55 - 23.60				1		1													
	07.57 07.00										-									
	21.31 - 21.62			2			2				5	I					3			1
L	31.23 - 31.28	L		1	L			L	1	1	2	L	L		3	L	2			
	35.75 - 35.80	1	1	3	1		2			1	2	1	1				1		1	
-	20.55 00.50	<u></u>	<u></u>		<u> </u>	-	-		-		-				_		<u> </u>		<u> </u>	
	39.55 - 39.60	2	2	+											2					
	42.60 - 42.65	1	2	1	1			1			4	1	1		1	1	29			
	4619 - 4624		1	1			2			2	F									2
-	40.24		<u> </u>		<u> </u>		4	<u> </u>			5			<u> </u>		<u> </u>				2
	52.14 - 52.19						1			2	4	3					36			1
	55.70 - 55.75		-				3			_		1		_		1		_		
	57.85 - 57.00	1									,					<u> </u>				1
	JI.0J - 57.90	1	<u> </u>		l	<u> </u>	1	——			<u> </u>	I		<u> </u>		l				I
2	60.06 - 60.10																			
	63.85 - 63.90						2				.3									
-	67.00 07.11			-		-	-													
5	67.08 - 67.11																			
	69.05 - 69.10						1						1		1			1		
	7260 - 7263										1	1				2				
	72.00 - 72.03											· ·				2				
3	74.50 - 74.54																			
	77.44 - 77.48							3			2									
4	70.10 70.01							-												
4	/9.10 - /9.21																			
	82.70 - 82.75	1					1				3	1					1			
	85.00 - 85.05				1		2				3									
							_													
															-		-			
	11 AM																	~		
	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	კ	კ	4	4
	 〜 5類⊐ード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	<u>分類コード</u> 分類群	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	<u>分類コード</u> 分類群	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4 ~
	分類⊐−ド	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	. 4	4 (<i>un</i>
試	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	en.	4 (unipo
試料	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	bgen.	4 (unipode
試料番	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Subgen.	copodium)
試料番口	<u> 分類コード</u> 分類群	3	3	а 2	ac sc	3	о шп	3	e د	3	ae 5	3	3	3	3	3	3	3	n (Subgen.	Lycopodium)
試料番号	分類コード	lus c	3	orba 🛛	iosae 6	3	yllum 🛛	èrae 🛛	leae 6	3	ideae	3	ium 3	3	3	3	cae	3	ium (Subgen.	en. Lycopodium)
試料番号	<u>分類⊐−ド</u> 分類群	iculus 6	trum c	isorba	ninosae	ium 5	whyllum	lli ferae	oideae	isia 3	rioideae	3	anium	3	aria	neae	aceae	cae	odium (Subgen.	bgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 分類群 試料変度(m)	unculus 6	dictrum 6	ıguisorba ∞	uminosae 🛛	anium 3	riophyllum 😞	belliferae ∞	duoideae	emisia	horioideae 6	ha	organium 2	:ma	tittaria 🗠	mineae	Jen ceae	aceae	opodium (Subgen.	Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 訪料深度(m)	Ranunculus	Thalictrum	anguisorba	eguminosae	Jeranium 🛛	dyriophyllum	Jmbelliferae	Carduoideae	drtemisia	Cichorioideae 🛛	bypha 🛛	spargan ium	llisma 6	Sagittaria 6	Jramine ae	Jyperaceae	Jiliaceae	Jycopodium (Subgen.	(Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m)	Ranunculus	Thalictrum 6	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium	Myriophyllum 🛛	Umbelliferae 🛛	Carduoideae ∞	Artemisia	Cichorioideae	Typha	Sparganium	Alisma	Sagittaria	Gramine ae	Cyperaceae	Liliaceae	Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15	Ranunculus	Thalictrum 6	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium	Myriophyllum 🛛	Umbelliferae 6	→ Carduoideae	3 Artemisia	Cichorioideae	Typha	Sparganium	Alisma	Sagittaria	1 Gramine ae	Cyperaceae	Liliaceae	Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) <u>1.10 - 1.15</u> 2.08 - 2.12	Ranunculus	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	1 Geranium E	G Myriophyllum ∞	Umbelliferae ∞	2 Carduoideae	3 Artemisia 13	8 Cichorioideae	3 Lipha 1	Sparganium	Alisma	Sagittaria	101 Gramine ae	Cyperaceae	Liliaceae	Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群	Ranunculus	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium E	Myriophyllum €	⊥ Umbelliferae ∞	 ► Carduoideae 	3 Artemisia	2 Cichorioideae	3 Liphya	Sparganium	Alisma	Sagittaria	08 101 Cramine ae	Def Cyperaceae	Liliaceae	Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28	Ranunculus	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium 1	. G Myräophyllum	Umbelliferae	+ 9 + Carduoideae	3 <i>Artemisia</i> 23	Cichorioideae	Typha 5	Sparganium	3 Alisma	Sagittaria	08 1 Gramineae	Cyperaceae	Liliaceae	Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09	L Ranunculus	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium 5	2 Myriophyllum	Umbelliferae	6 4 9 4 ε κ 9 4 8 ε ε	3 3 4 13 23	F Cichorioideae	Typha 5	5parganium	3 Alisma	⊥ Sagittaria ∞	3 08 08 08 08 08	cyperaceae	Liliaceae	Lycopod ium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71	Ranunculus 1	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium E	− c Myriophyllum ∞	L Umbellifenc	α α 4 0 4 Carduoideae	3 3 4 13 23 23 2	F F Cichorioideae	Typha	Sparganium	Alisma	Sagittaria ∞	3 1 101 29 24 2	Cyperaceae	Liliaceae	→ Lycopodium (Subgen.	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.90	c Ranunculus	Thalictrum 5	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium E	c Wyriophyllum	Cumbelliferae	2 α α α α α α α α α α α α α α α α α α α	3 <i>a</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i>	by the control of the	z Jypha	Sparganium	3 ausily	Sagittaria ∞	3 3 9 2 1 101 101 101 2 9 2 5 5	Cyperaceae	Lillaceae		L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80	c Kanunculus	2 Thalictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium c	∞ Ayriophyllum	Cumbelliferac	0 C C Carduoideae	3 23 24 2	69 7 5 69 7 6 7	Typha	3 muiuagranium 4	3 and a second s	Sagittaria c	3 9 1 1 10 1 10 1 10 1 10 10 29 2 4 2 5 5 5	с Суретассае Суретассае Суретассае	Liliaceae	⊥ Lycopodium (Subgen. ⊥ Urostachys)	L L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44	c Kanunculus	E Thalictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium c		Cumbelliferac	2 2 2 4 9 4 Carduoideae	3 3 4 4 13 23 2 2	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	Typha c	Sparganium 5	3 pussilk	Sagittaria c	3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	s Cyperaceae 6661 171 2 2 2 2 2 171 171	r Iliaceae	Type of turn (Subgen. Urostachys)	D L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.34 21.69 - 21.74	c Kanunculus	2 Thalictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Ceranium c	∞ Myriophyllum	Cmbelliferae	carduoideae carduoideae	3 <i>pistemisia</i> 4 13 23 2 5	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	2 Contract of the second secon	Sparganium 5	3 automatical and a second and	Sagittaria c	3 1 101 29 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	5 Cyperaceae 661 91 2 7 2 2 0 1 91 91 91 91 91 91 91 91 91 91 91 91 9	Liliaceae	Type Construction Lycopodium (Subgen. Uirostachys)	9 N Lycopodium)
試料番号 1	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74	E Kanunculus	2 Thatictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium c	∞ <i>Wyriophyllum</i> C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	c Umbelliferac	Carduoideae Carduoideae	3 <i>pistual</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i> <i>y</i>	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲		3 Warganium	3 <i>Alisma</i> 1	Sagittaria	3 3 1 10 1 10 1 10 1 10 1 10 10 8 9 9 2 9 4 2 5 5 5 4 7 6 5 5 4 7 7 6 7 6 9 7 9 7 9 7 9 7 9 7 9 7 9 7 9	суренасеве Суренасеве 199 83 141 72 406 601 7	Liliaceae	The second	L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60	c Kanunculus	Thatictrum E	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium 5	∞ whyilium 2	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	carduoideae	3 <i>pisimaruly</i> 4 13 23 5 5 1 1 2	٤ ٤	3 <i>aydı(L</i>	3 uniumiumiumiumiumiumiumiumiumiumiumiumiumi	Alisma 5	Sagittaria	3 3 3 3 3 3 1 101 101 101 101 101 101 10	с с 2 2 16 199 83 141 72 2 406 7 7 2 с 7 17 17 2 2 16 16 17 17 2 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17	c cae	Tycopodium (Subgen. Urostachys)	9 N - I (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類コード 分類群 就料深度(m)	c Kanunculus	2 Thalictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Ceranium c	∞ Wyriophyllum ∞	3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 2 6 9 1 1 2 1	3 <i>pisimaluy</i> 4 13 23 2 5 1 16	۲	3 <i>a b b b b b b b b b b</i>	3 uniumana and a start and a s	3 <i>Alisma</i>	Sagittaria	³ ²⁰ ²⁰ ²¹ ²¹ ³ ²¹	3 CAbeurceare (C) 2 16 199 83 141 72 406 17 55	Liliaceae	Tycopodium (Subgen. Urostachys)	(Subgen. Lycopodium) →
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 1.05 15.66 - 1.05.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.80 27.57 - 27.62 31.23 - 21.82	Ranunculus c	2 Ihalictrum	Sanguisorba	Leguminosae	Geranium	− C Myriophyllum ∞	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	2 Carduoideae	3 <i>pisimetry</i> 4 13 23 2 5 1 16 17	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	+ Typha	Sparganium c	3 putsill 1	□	3 3 3 3 3 3 3 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	د Cyperaceae 661 161 2 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0	Liliaceae	Type Control Lycopodium (Subgen. Urostachys)	1 9 N 1 L. (Subgen. Lycopodium) +
試料番号	分類コード 分類群 対類群 度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.23 35.75 - 35.80	E Kanunculus	2	Sanguisorba	c Ceguminosae c	Ceranium c	۲ مربق المربق من	۵ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	0 0	3 <i>p</i> isiwaJAV 4 13 23 5 1 16 17 32	د د المالية د المالية م مالي مالي د المالية د المالية د المالمالمالية د المالية د المالية د المالية د المالي م مالي م مالي م مالي م مالي د مالي م مالي م م مالمالي م م مالمالمالمالمالمالمالمالمالمالمالمالمالم	3 <i>apple</i>	Sparganium 5	3 <i>Allisma</i>	Sagittaria c	3 1 101 29 42 555 521 77 20 21 17 20	з арание 3 арание 3 3 3 3 3 2 2 16 199 83 141 72 406 177 55 5 4 9 54	Liliaceae	Type of the second from	- -
試料番号	分類コード 分類群 法料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80	c Kanunculus	2 Thalictrum	∞ Sanguisorba	Leguminosae c	Ceranium 6	» шт]л(ндојл.(ум) 5 2 1	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	3 <i>pisiwatu</i> 4 13 23 2 5 1 16 17 322 5 1 16 17 2 5 1 16 17 2 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17	E Cichorioideae 1 1 1 1 1 1	3 <i>pydi</i> (<u>1</u> + 1	3 unium2.rad3	3 <i>ausil</i> A/	Sagittaria	3 arguing a constraint of the second	3 arr C Abbeurceae arr C C C Abbeurceae arr C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Liliaceae	·	1 9 N 1
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 33.60	E ganunculus	3 Thalictnum	→ Sanguisorba	Leguminosae	Geranium c	∞	Cmbelliferac	carduoideae carduoideae carduoideae	3 pisiumity 4 13 23 2 5 1 16 17 32 15	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>sydd(L</i> 1 + 1 8	3 <i>uniuusuus</i>	3 <i>Allisma</i>	sagittaria	3 0 1 10 1 10 1 10 1 10 10 10 10 10 10 10	3 a) a) a) a) b) b) b) b) b) b) b) b) b) b	Liliaceae	□ □ Lycopodium (Subgen.	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
試料番号	分類⊐一ド 分類詳 法料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.25 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65	E Kanunculus	2	- Sanguisorba	Leguminosae	Geranium	۲ میں استان میں	3 Cmpelliferac	cardinoideae cardinoideae cardinoideae	3 <i>sisimaly</i> 4 13 23 2 5 5 1 16 17 32 15 28	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>phd(f)</i> 1 + 1 8 3	3 <i>uniuasuau</i> 4	3 9 1	Sagittaria c	3 3 1 101 80 29 2 4 2 55 21 177 20 46 55	s	د د الانتخاذ المراجع الم	→ → Choodium (Subgen.	0 0 0 1
試料番号	分類コード 分類群 試料深度(m)	3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	3 <i>Italictum</i>	contraction of the second seco	Leguminosae	Ceranium c	∞ mnlividoinita [] ∞	0 0	c 1 2 2 6 4 9 4 Carduoideae	3 <i>tisimalu</i> 4 13 23 2 5 5 1 16 17 325 128 32	E Cichorioideae 1 1 1 <	3 <i>sydd(L</i> 1 + 1 8 3 2	3 winganium	3	Sagittaria	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 CAbeurceae 199 141 72 406 17 55 39 54 76 82 340	Liliaceae	→ → Chock and the Construction (Subgen.	C L C L. (Subgen. Lycopodium) +
試料番号	分類⊐一ド 分類群 法料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.47 21.69 - 21.74 21.69 - 21.74 21.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24	kanunculus	2 [halictrum	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	Leguminosae	Ceranium c	∞ <i>while while wh</i>	۲ در	1 1	3 pisiuaty 4 13 23 2 2 5 1 16 17 32 15 28 32 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	ε ε ε ε ε ε ε ε ε ε ε ε ε ε	3 <i>by by by by by by by by</i>	3 unium28bar28auinu 1		Sagittaria c	3 3 1 101 80 29 42 555 4 76 55 5 21 17 20 46 55 5 63 3	s Cyperace Cyp	Liliaceae c	→ → → (<i>Ubostachys</i>)	α Δ L. (Subgen. Lycopodium)
試料番号	分類⊐一ド 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.575 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 35.80	c Sannoculus	2 Thatictnum	L Sanguisorba	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Ceranium c	∞ mnµiuiobyi,1µm	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	6 7 1 2 1 2 2 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7	3 <i>Disturbuly</i> 4 13 23 2 5 5 16 17 28 32 79	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	3 <i>a</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i> <i>b</i>	3 uninana and a second and a se	3 musipe	sagittaria se	3 3 1 101 80 29 42 555 4 766 55 211 7 7 20 466 555 633 87	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 0 5 4 0 6 3 3 9 5 4 0 6 3 1 9 1 9 1 9 1 9 1 9 1 9 1 9 1 9 1 9 1	r Liliaceae	→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →	$[\mathbf{\omega}]_{-1}$
は料番号	分類⊐一ド 分類詳 計料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.47 21.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 55.70 - 55.75	sumuculus	3 Ilhalictrum	L Sanguisorba	c Ecguminosae	Geranium c	∞ muhiyidohiyilum	3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		3 <i>pisimetuF</i> 4 13 23 2 5 1 16 17 32 15 28 32 79	E E E E	3 + 1 8 3 3 9	23 3 3 3 4 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	3 <i>ausilh</i>	□ Sagittaria ∞	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 4 3 4 0 6 3 4 0 6 3 4 0 6 3 10 10 3 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	c Tiliaceae		□ □
1 1	分類⊐一ド 分類群 計料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 32.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 38.80 39.55 - 38.80 39.55 - 38.80 39.55 - 35.75 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 78 8 - 57.05	supractical sector sect	1 Thalicrum	c 2anguisorba	E Ceguminosae	ceranium c	∞ Wyriophyllum ∞	۵ در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. د. در ۲۰۰۵ د.	Carduoideae Carduoideae 1 2 6 9 1 6 8 9 1	3 <i>tisimoly</i> 4 13 23 2 5 1 16 17 32 15 28 32 79	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>nyd(f)</i> + 1 8 3 9	3 <i>uni ung ng d</i> 4 1	3 <i>Bulling</i>	Sagittaria	3 are unimese 1 101 80 29 42 55 5 5 21 177 20 46 55 63 877 7	3 2 2 16 199 83 141 72 406 177 555 399 54 76 82 340 63 310 0 7	Liliaceae	The second	C L <thl< th=""> <thl< th=""> <thl< th=""> <thl< th=""></thl<></thl<></thl<></thl<>
試料番号	分類⊐一ド 分類詳 注料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.17 1.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 33.80 39.55 - 39.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 55.70 - 55.75 57.78 - 57.90	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	3 <i>umulicum</i> 1	L Sanguisorba	E Ceduminosae	Ceranium c	C Myriophyllum c C C A	3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	c c <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""></thc<></thc<></thc<></thc<>	3 <i>pisimatuf</i> 4 13 23 2 5 1 16 17 325 28 32 79 - 2	E E 0	3 <i>by by b</i>	3 unium 2 2 barganium	2 Visiona	saginaria s	³ ³ ³ ³ ³ ² ¹ 101 101 101 29 42 55 54 76 55 211 177 206 555 633 877 7 4	3 9 2 16 199 83 141 72 406 177 555 399 544 76 63 340 63 340 63 10 7 7	c Triliaceae	□ □ □ Lycopodium (Subgen.	ω μ μ μ μ ω μ μ μ μ μ
試料番号 1 1 2	分類⊐一ド 分類詳 次類群 定期 注料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.26 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 35.90 39.55 - 35.90 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.79 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10	kanunculus	2 	sanguisorba	E Ceguminosae	ceranium	∞ <i>umplicipation</i> 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	۲ الساب المراجعة ال	c c	3 <i>sisimoly</i> 4 13 23 2 2 5 1 16 17 32 15 28 32 79 2 2	E E Cichorioideae E 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	3 <i>vyd(l)</i> 1 + 1 8 3 3 9	3 winner 1		Sagittaria 🔤	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 4 0 6 3 3 9 5 4 4 0 6 3 3 9 5 4 4 0 6 3 3 9 5 4 4 7 6 7 7	c c	The second	4 4 1 1 2 1 3 1
試料番号 1	分類⊐一ド 分類群 試料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.60 - 42.360 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 35.80 39.55 - 57.90 60.06 - 60.90 60.85 - 63.90	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	3 <i>umplicitum</i>	L Sanguisorba	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	Ceranium 6	∞ Wyriophyllum ∞	۲	*	3 pisiwelly 4 13 23 2 5 1 16 17 28 32 79 2 2 2	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>pydk(L</i> 1 + 1 8 3 3 9	3 minima 2 barganium	3 putsilk	sagittaria c	3 are unimered are unimered	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 0 6 3 3 4 0 6 3 3 4 0 6 3 3 4 0 7 7 5 5 5 4 7 7 9 9 5 4 7 7 9 9 7 9 7 9 9 8 3 3 1141 7 7 9 9 9 9 9 9 9 1 9 9 9 9 9 9 9 9 9	Liliaceae	→ Characterian (Subgen.	4 (In the second secon
試料番号	分類⊐一ド 分類詳 次類群 定期 注料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.25 2.08 - 2.12 11.23 - 11.26 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 21.69 - 21.74 21.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.60 24.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.78 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 57.91	s gammenins s gammeni s gammenins s gammenins s gammenins s gammenins s gammen	2 1 1 1 1 1 1	2anguisorba ∞	c Ceguminosae	Ceranium 6	σ unη/úψωμωψ 5 2 1 1	۵ در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ د.	+ Carduoideae	3 <i>pistubity</i> 4 13 23 2 2 5 5 1 16 17 322 15 28 329 79 2 2 2	E E Cichorioideae E 1 1 1 <	3 <i>vidi(j)</i> 1 + 1 8 3 3 9	3 uniuusius 2 and		Sagittaria &	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 4 0 6 3 3 9 9 5 4 4 0 6 3 3 9 5 5 4 7 7 6 8 2 3 9 9 5 4 7 7 7 7 7 9 9 9 9 9 9 1411 7 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	r I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →	4 4 6 7 1 1 6 1 1 1
試料番号 1 2 5	分類コード 分類群	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	2 	⊂ Canguisorba ∞	c Creation Contraction Contrac	Ceranium	C C	c c	+	3 pisiwauy 4 13 23 5 5 1 17 32 15 28 32 79 2 2 2	c c	3 <i>bydd(L</i>) 1 + 1 8 3 3 9	3 uniunsus 2 data and 1	3	Sagittaria a	3 ar outputs 0 1 101 80 29 42 55 5 21 177 200 46 55 63 877 7 4 222	3 are a constrained by a constraint of the second	c Critiaccae	→	4 1 1 1 1 1 1 1 1 1
試料番号 1 2 5	分類⊐一ド 分類詳 加料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.47 21.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.60 25.75 - 38.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 55.70 - 55.75 55.78 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 68.10	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	1 1	∞ 2anguisorba	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	2 Ceranium	∞ <i>while white the second sec</i>	∞ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ ∩	* *	3 <i>isimably</i> 4 13 23 2 2 2 5 1 16 17 32 15 28 32 79 2 2 2 2	cichorioideae cichorioideae 1 <t< th=""><th>3 <i>sydc(f_</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1</th><th>3 <i>uniumana a series </i></th><th>3</th><th>- Sogittaria</th><th>3 are automatic and a second second</th><th>3 apesses (A) best approximation (A) best (A) be</th><th>L Liliaceae</th><th>→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →</th><th>4 (Subgen Lycopodium)</th></t<>	3 <i>sydc(f_</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1	3 <i>uniumana a series </i>	3	- Sogittaria	3 are automatic and a second	3 apesses (A) best approximation (A) best (A) be	L Liliaceae	→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →	4 (Subgen Lycopodium)
試料番号 1 2 5	分類⊐一ド 分類群 次類群 広料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 33.80 0.39.55 - 33.80 0.39.55 - 33.80 0.42.65 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10	s gamucalus	2	⊂ Sanguisorba ∞	E Ceguminosae	Ceranium 6	α Wiyiaphyilum α	۵ در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ د. د. در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ د. د. در ۲۰۰۵ د. د. در ۲۰۰۵ د.	1 Carduoideae	3 sistematury 4 13 23 2 2 5 1 1 16 17 32 32 79 2 2 2 2 8 8	د د د د د د د د د د د د د د د د د د د	3 <i>by by by by by by by by</i>	3 minanana 4	3 <i>ausilh</i>	L Sagittaria	3 are outputs are outputs ar	3 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	c Triliaceae	→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →	8 1 2 1
試料番号 1 2 5	分類⊐一ド 分類詳 は料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 1.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 39.60 42.60 - 42.65 54.61 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.91 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 72.60 - 72.63	s gaunuculus	3 <i>wutupipipipipipipipipipipipipipipipipipip</i>	canguisorba	c Cregnuinosae	ceramium Geramium	э umnlikiydojukýw 5 2 1	۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲ ۲	c c <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""></thc<></thc<></thc<></thc<>	3 pisiwaJuV 4 13 23 5 5 1 16 17 32 15 28 32 2 2 2 2 2 2 3 2 2 3 2 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 3 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	c c	³ <i>pyd.(j.</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1 1	3 <i>unium</i>	3 putsilk	L Sagitaria	3 are automatic and a second	3 are a constraint of the second sec	c C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	4 (Robgen Lycopodium)
試料番号 1 2 5 3	分類⊐一ド 分類詳 次類詳 定期 注取 定度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.25 2.08 - 2.12 11.23 - 11.26 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 24.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.785 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 72.60 - 72.63 74.50 - 74.54	c gamuculus	3 <i>Illialicinum</i>	∑anguisorba	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	c Ceranium	α Wyriobhyddur (Myriobhyddur 1	3 1 1 1	1 2 6 7 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 2	3 <i>pisiwaluy</i> 4 13 23 2 5 1 16 17 28 32 79 2 2 2 8 8	E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E E	3 <i>wyd(f)</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 Spargantum	3 <i>musily</i>	L Saginaria	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 arease and for the second s	Liliaceae		4 4 1 1 1 1 1 1 3 1 3 1
試料番号 1 2 5 3	分類⊐一ド 分類詳	s gamucalas	3 <i>unitial and a set of the set </i>	Sanguisorba	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	ceranium	» unll(чdou.vjw 5 2 1	Cumbelliferae	2 2 2 2 2 1 1 2 2 1	3 <i>p</i> _{isitue24} <i>W</i> 4 13 23 5 5 1 1 6 17 32 2 79 2 2 8 8	E E	3 <i>vyd(f_1</i>) 1 + 1 8 3 3 9 - - - - - - - - - - - - -	3 Winner 2014	3	L Sagitaria	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 2 2 16 199 83 141 72 406 177 555 4 76 82 340 63 340 63 310 77 12 173 177 173	c C Iliacae		4 (mipologian Transformed and the second sec
試料番号 1 2 5 3 3	分類⊐一ド 分類詳 次類詳 定期 注料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.45 21.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.90 67.08 - 67.11 69.05 - 69.10 72.60 - 72.63 74.50 - 74.54 77.44 - 77.44 77.44 - 77.45	c s s s s s s s s s s s s s s s s s s s	3 <i>Ihalictrum</i>	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	E Ceguminosae	c Ceranium	» штрлирии (Марана)	۵ در ۲۰۰۵ د. در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ در ۲۰۰۵ د. د. در ۲۰۰۵ د.		3 <i>pisiwajyy</i> 4 13 23 2 2 5 1 16 17 28 28 29 79 2 2 2 8 8	c c	3 <i>pyd(f)</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	3 winnaminin 2 bhargan inni	3 <i>swsill</i>	L Sagittaria	3 3 1 1011 800 29 42 555 55 211 177 200 55 633 877 7 4 4 222 55 51 55	3 arease are	r Liliaceae		4 + 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 3 - 3 -
試料番号 1 2 5 3 4	分類⊐一ド 分類群 法料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.44 21.69 - 21.74 23.55 - 35.80 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 35.80 0.39.55 - 35.80 0.39.55 - 35.80 0.39.55 - 35.80 0.39.55 - 35.70 57.85 - 57.70 57.85 - 57.90 57.05 - 60.10 60.06 - 60.10 60.05 - 60.10 60.05 - 60.10 60.05 - 60.10 60.05 - 60.10 72.60 - 74.54 77.44 - 77.48 79.18 - 79.21	s gamucalas	3 <i>www.junatedow.com</i>	∑anguisorba ∞	c c c c c c c c c c c c c c c c c c c	ceranium c	∞ mnIl(vlab)/mm ≤ 1	۲ ۵۰۰ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ ۲۰۰۳	* *	3 pisimoly 4 13 23 2 5 5 1 16 17 32 5 5 1 16 17 32 5 5 1 2 8 32 79 2 2 8 8	c c	3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	3 minagangan jan	3 <i>puusijy</i> 1 1 1	agittaria a	3 are a summer of the second s	3 arr and a second sec	Liliacae	□ □ </th <th>4 (minimum discrete structure) 7 (minimum discrete structure)</th>	4 (minimum discrete structure) 7 (minimum discrete structure)
試料番号 1 2 5 3 4	分類⊐一ド 分類詳 小類類詳 は料深度(m) 1.10 - 1.15 2.08 - 2.12 11.23 - 11.28 14.06 - 14.09 15.66 - 15.71 17.75 - 17.80 18.39 - 18.42 21.59 - 21.74 23.55 - 23.60 27.57 - 27.62 31.23 - 31.28 35.75 - 38.60 39.55 - 38.60 39.55 - 38.60 39.55 - 38.60 39.55 - 38.60 42.60 - 42.65 46.19 - 46.24 52.14 - 52.19 55.70 - 55.75 57.85 - 57.90 60.06 - 60.10 63.85 - 63.910 72.60 - 72.63 74.50 - 74.54 77.44 - 77.48 79.18 - 79.21 82.70 - 82.75	c gammentes c gamm	s	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	E Comminosae	Ceranium	∞ white the second sec	c c	c c <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""> <thc< th=""></thc<></thc<></thc<></thc<>	3 5 5 1 1 1 6 17 32 3 3 2 5 1 1 1 6 1 7 9 2 2 2 2 2 2 2 2 3 2 3 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	c c	3 <i>byddsL</i> 1 + 1 8 3 3 9 1 1 1	2 2barganium	3 <i>ausily</i>	L Sagitaria	3 are a second	3 are an area of the second s	r I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	→ → ↓ ↓ ↓ ↓ → → ↓ ↓ ↓	4 (minimum discrete state stat

+:250粒の計数外で産出.

表4(つづき) GC-OY-1の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6
	Ν										
試料番号	分類群 試料深度(m)	laginella	munda	vallia	lypodiaceae	lvinia	molete type spores	ete type spores	yophta	hagnum	known pollen and spores
	\ \	Se	O_S	D_6	Ро	Sa	m	tril	Br	Sp	un
	1.10 - 1.15			1			6				6
	2.08 - 2.12		1	2			20	15			64
	11.23 - 11.28			3			20	7	2		26
1	14.06 - 14.09			3	3	+	4	7			8
	15.66 - 15.71			9	5		35	10			61
	17.75 - 17.80			7	5		75	64			38
	18.39 - 18.44	-		223	29		454	87	1		9
	21.69 - 21.74			1			13	2	1		50
	23.55 - 23.60			124	1		14	7			3
	27.57 - 27.62				2	+	32	10			44
	31.23 - 31.28		2	5			54	10	2		31
	35.75 - 35.80			10	1		89	18			39
	39.55 - 39.60			4	2		48	27			37
	42.60 - 42.65			8	4		98	22			67
	46.19 - 46.24		3	5	4		41	19			79
	52.14 - 52.19		1	1			71	10	1	1	60
	55.70 - 55.75			1	1		20	5			59
	57.85 - 57.90			1			10	2			41
2	60.06 - 60.10										
	63.85 - 63.90		2	5	4		71	13	1	1	26
5	67.08 - 67.11										
	69.05 - 69.10		8	1	1	+	76	22		1	62
	72.60 - 72.63		4	12	14		115	14			43
3	74.50 - 74.54										
	77.44 - 77.48			2		+	21	15			65
4	79.18 - 79.21										
	82.70 - 82.75	3	1	5	1		9	6			104
	85.00 - 85.05		2	1	2		14	9			94
	分類コード	1									
	\wedge	1							[
	分類群				+		立数				
試料番号	試料深度(m)	:本植物花粉数小計	[本植物花粉数小計	·ダ植物胞子数小計	s明花粉·胞子数小計	:粉·胞子数合計	【料1gあたりの産出粒	(粒/g)			
	110 115	*	世	シ	ĸ	花 47	盟				
	1.10 - 1.15	10	24	1	6	47		2			

	\backslash	分类	頁群						
試料番号	試料	深度	<u>;</u> (m)	木本植物花粉数小計	草本植物花粉数小計	シダ植物胞子数小計	卡明花粉·胞子数小計	花粉·胞子数合計	試料1gあたりの産出粒数 (粒/g)
	1.10	-	1.15	10	24	7	6	47	2
	2.08	-	2.12	267	168	38	64	537	726
	11.23	-	11.28	270	317	32	26	645	1,064
1	14.06	-	14.09	271	138	18	8	435	5,585
	15.66	-	15.71	278	198	60	61	597	4,012
	17.75	-	17.80	256	205	153	38	652	251
	18.39	-	18.44	74	9	800	9	892	53
	21.69	-	21.74	254	501	17	49	821	7,335
	23.55	-	23.60	32	26	146	3	207	6
	27.57	-	27.62	326	98	44	44	512	3,634
	31.23	-	31.28	291	81	74	31	477	3,048
	35.75	-	35.80	247	113	118	39	517	4,154
	39.55	-	39.60	259	154	83	37	533	2,352
	42.60	-	42.65	251	200	136	67	654	286
	46.19	-	46.24	250	445	72	79	846	4,601
	52.14	-	52.19	251	287	85	60	683	13
	55.70	-	55.75	302	21	27	59	409	12,738
	57.85	-	57.90	251	14	13	41	319	20,209
2	60.06	-	60.10	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	63.85	-	63.90	306	39	99	26	470	1,776
5	67.08	-	67.11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	69.05	-	69.10	262	257	113	62	694	13,408
	72.60	-	72.63	252	91	160	43	546	1,935
3	74.50	-	74.54	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	77.44	-	77.48	270	24	38	65	397	4,816
4	79.18	-	79.21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	82.70	-	82.75	303	35	26	104	468	4,499
	85.00	-	85.05	279	50	28	94	451	1,702

+:250粒の計数外で産出.

表5 GC-OY-2の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
試料番号	分類群 試料深度(m)	Cephalotaxus	Podocarpus	Abies	Picea	Tsuga	Pinus	P. (Subgen. Haploxylon)	P. (Subgen. Diploxylon)	Sciadopitys	Cryptomeria	Cupressaceae	Salix	Myrica	Juglans / Pterocarya	Carpinus / Ostrya	Corylus	Betula	Alnus (Subgen. Alnus)	4. (Subgen. Alnaster)
	1.52 - 1.53		,	3	1	6	53		83	1	45	9				3	1	2	2	2
1	3.14 - 3.17			6	8	2	6		3	7	18	2			1			1		
	5.46 - 5.47	1		3	17	16	9	2	10	27	21	3	1		23	16	1	17	18	26
	11.31 - 11.32			9	33	41	41	1	14	73	63	4			3	3		2	2	1
	15.16 - 15.17			9	5	7	4		3	1	70	28	2						100	97
2	17.31 - 17.34			57	57	51	43	4	20	12	16				1				1	
	19.33 - 19.34			9	22	15	11		5	9	68	17	1		4	19		6	17	6
	22.70 - 22.71			11	31	11	8		2	16	56	5			13	6	2	1	13	5
3	24.12 - 24.15			3	4	2	13		2	3	23	6			3	4		1		
	26.59 - 26.64										2				1			1	3	L
	28.59 - 28.60			3	2	14	7		5		1	2	1	1	23	80	6	9	12	7
	30.61 - 30.62	2		16	10	21	20		6		6			1	28	40	1	5	12	3
	33.17 - 33.18	1		8	8	15	13		8	2	1	1		1	23	53	3	7	24	6
	35.40 - 35.41	1		10	6	26	12		6	2	7	2			23	50	1	6	15	5
	37.05 - 37.10	2		7	11	15	6		3	4	9	3	8		20	27	2	8	9	14
	43.76 - 43.81					1					2								2	2
11	44.90 - 44.94																			
10	47.85 - 47.90																			
	50.44 - 50.51	3		10	13	5	11		10	3	40	9	1		14	14	1	7	10	26
9	52.33 - 52.37																			
	54.04 - 54.05	4	1	6	14	3	30	1	12	2	23	5		1	8	26	1	3	6	4
8	55.30 - 55.35																			
7	59.04 - 59.08																			L
6	62.27 - 62.32																			
	65.32 - 65.38			9	1	12	12	1	4	3	41	52	1		3			8	28	68
	68.87 - 68.92			10	4	23	32	2	6	13	11	66			3	4		3	6	3
4	71.46 - 41.49																			
	74.18 - 74.23			6	2	12	22	1	5	3	21	2			6	12	3	7	11	6
5	76.70 - 76.73																			
	79.68 - 79.74	7		10	5	6	6		1	4	12	18			10	7	1	9	71	24
	80.49 - 80.54			22	11	34	4		3	3	1	1			43	9	2	9	12	10
	85.56 - 85.61			19	16	111	9		5	2	1	1			5	4	1	20	11	8

+:250粒の計数外で産出.

表5 GC-OY-2の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料番号	分類群 試料深度(m)	agus crenata type	r. japonica type	Juercus (Subgen. Lepidobalanus)	J. (Subgen. Cyclobalanopsis)	Castanea	Castanopsis/Pasania	JImus / Zelkova	lemiptelea	Celtis / Aphananthe	Xutaceae	lapium	<i>Chus</i>	lex	lcer	/itaceae	² arthenocissus	ĩilia	Camellia	laeagnus
	1.52 - 1.53	ł	I	21	5	0	10	~ 2	1	0	Ц	1	ł	I	4	<u> </u>	I	ı	0	I
1	314 - 317			1	1		10	-				· ·								
	5.46 - 5.47	9	15	16			3	1			2		1							
	11.31 - 11.32	1	1	6			6	-		1	1									
	15.16 - 15.17			2	2		3	2					1	2		1	1			1
2	17.31 - 17.34	4		2				2												
	19.33 - 19.34	14	9	8	1		11	3	1											1
	22.70 - 22.71	4	4	9	2		23	15							1					9
3	24.12 - 24.15	2		155	66			2		8	1			1	2					
	26.59 - 26.64			2				1												
	28.59 - 28.60	11	14	10			4	24	1		3							1	2	1
	30.61 - 30.62	6	17	16	1		7	30			1			3						1
	33.17 - 33.18	10	7	27			4	30	1		1	2		2						11
	35.40 - 35.41	13	2	15	2		7	26			2	2		4					2	4
	37.05 - 37.10	6	7	42	1		6	21			3	3					1			8
	43.76 - 43.81		2	3				2												
11	44.90 - 44.94																			
10	47.85 - 47.90																			
	50.44 - 50.51	20	8	4	2		32	2	1		1			1	2		1			1
9	52.33 - 52.37																			
	54.04 - 54.05	37	22	11			26	1	1					+			1			
8	55.30 - 55.35																			
7	59.04 - 59.08																			
6	62.27 - 62.32																			
	65.32 - 65.38	8	1	5	3		3			1										
	68.87 - 68.92	10	11	5	36	2	1	3		5							2			
4	71.46 - 41.49																			
	74.18 - 74.23	26	14	12	67	3	7	2												1
5	76.70 - 76.73																			
	79.68 - 79.74	13	11	6	1		27	5			1								4	
	80.49 - 80.54	2	2	1	2	1	77	13										1		
	85.56 - 85.61	13	6	4	1		8	1										4		1

+:250粒の計数外で産出.

表5(つづき) GC-OY-2の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
試 栔 番 号	分類群	stroemia	aceae	ST	ceae	x	trum	snu	unu.	era	conum (Sect.Persicaria / tocaulon)	ct.Reynoutria)	opdiaceae	phyllaceae	nculaceae	nculus	ctrum	ceae (Herb)	minosae	unllyhda
	試料深度(m)	age	vrali	Corn	Srica	tyra	igus	raxi	'ibu	onic	olyg Schin	. (Se	Chen	aryo	tanu	lanu	hali	tosa	regu	<i>Ayr</i> ia
	1.52 - 1.53	Τ	ł	0	ш	S	7 2	- <u>-</u> 5	1	Τ	H H	ц	86	2	щ	ł	1	ц	I	~ 2
1	3.14 - 3.17					1		1			29									
	5.46 - 5.47							6		1	8					1				10
	11.31 - 11.32										4			2	1	2				
	15.16 - 15.17						1	8			1									
2	17.31 - 17.34										8			2	1					
	19.33 - 19.34											1		1		2				
	22.70 - 22.71		2					1			2	3	1						2	
3	24.12 - 24.15		1								1		1	3						
	26.59 - 26.64																			
	28.59 - 28.60	+			2	1		4				5							1	
	30.61 - 30.62	5					+	5			1		8							
	33.17 - 33.18	6	1		1						4				1					
	35.40 - 35.41	4	1			1		5	1		1		1							
	37.05 - 37.10	1	1					2			2		1						1	
	43.76 - 43.81										1			1						
11	44.90 - 44.94																			
10	47.85 - 47.90																			
	50.44 - 50.51				5				3											1
9	52.33 - 52.37																			
	54.04 - 54.05							1										2		
8	55.30 - 55.35																			
7	59.04 - 59.08																			
6	62.27 - 62.32																			
	65.32 - 65.38							2				1								
	68.87 - 68.92				1			2												
4	71.46 - 41.49																			
	74.18 - 74.23		1		2			2											1	
5	76.70 - 76.73																			
	79.68 - 79.74			1	1		1				2	1	1							
	80.49 - 80.54				1	1		1			<u> </u>						1			
	85.56 - 85.61		2		5			1			1	1			[

+:250粒の計数外で産出.

表5(つづき) GC-OY-2の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
	分類群															stachys)	(<i>m</i>			
試料番号	計料空度(m)	belliferae	tiana	ıphoides	iatae	duoideae	emisia	horioideae	ha	rganium	та	ittaria	mineae	oeraceae	aceae	<i>podium</i> (Subgen.Uro: atum type	Subgen. <i>Lycopodiu</i>	ıginella	tes	nnda
		Um	Gen	Nyn	Lab	Car	Art_{0}	Cic	T_{YP}	Spa	Alis	Sag	Gra	Cyr	Lili	Lyco serr	Т. (Seli	ЭosI	0sn
	1.52 - 1.53	1				13	16	26				1	756	74			1			2
1	3.14 - 3.17	1											5	9						
	5.46 - 5.47	3			1	17	74	7	4			27	259	555					9	
	11.31 - 11.32					10	15	8			1	2	122	486	-				9	
	15.16 - 15.17					1	2		1		1		5	29						
2	1/.31 - 1/.34		1			27		22		1			48	54						
	19.33 - 19.34					1	3	15			1		/8	108						1
-	22./0 - 22./1						8	/					45	122	1	2	1	0	2	1
3	24.12 - 24.15					4	1	3	2			2	134	119		1	1	6		
	26.59 - 26.64					- 1	2		- 1				20	110			- 1			- 1
	28.59 - 28.60					1	5	-					30	118			-			I
	30.61 - 30.62					1	4	1					9	33						
	33.17 - 33.18					Ż	49	3	1	1			23	58		- 1	0		- 1	- 1
	35.40 - 35.41			1		0	30	2	1	- 1			54	101		1	Z		- 1	- 1
	37.03 - 37.10					2	57	9	2			- 1	50	101			- 1			
11	43.76 - 43.81						ა						5	4						
10	44.90 - 44.94																			
10	47.85 - 47.90		1			1	2						7	22						
0	50.44 50.31					- 1	2						/	23						
5	54.04 - 54.05						2		2				9	24						
8	55.30 - 55.35						2		-					27						
7	59.04 - 59.08																			
6	62 27 - 62 32																			
	65.32 - 65.38						1						4	3				1		1
	68.87 - 68.92												3	12						
4	71.46 - 41.49																			
Γ.	74.18 - 74.23						1		5				17	17				4	1	
5	76.70 - 76.73																			
	79.68 - 79.74					10	1	1					43	106		1		3		2
	80.49 - 80.54												17	15		2				
	85.56 - 85.61					2	1						11	8		4		3		3

+:250粒の計数外で産出.

表5(つづき) GC-OY-2の花粉・胞子産出数一覧表.

	分類コード		4	4	4	4	4	5	5	6						
試料番号	分類種	¥ (m)	Davallia	Polypodiaceae	Salvinia	monolete type spores	trilete type spores	Bryophta	Sphagnum	unknown pollen and spores	木本植物花粉数小計	草本植物花粉数小計	シダ植物胞子数小計	不明花粉·胞子数小計	花粉·胞子数合計	試料1gあたりの産出粒数 (粒 / g)
	1.52 -	1.53	2	1	,	114	61		,	86	253	977	181	86	1497	2,604
1	3.14 -	3.17	3			5	15	1		2	58	44	24	3	129	6
	5.46 -	5.47				29	5			38	265	966	43	38	1312	18,057
	11.31 -	11.32	3			23	8			36	306	653	43	36	1038	22,944
	15.16 -	15.17	5	1		7	1			23	350	40	14	23	427	186,395
2	17.31 -	17.34	8	5		4	10	1		7	270	219	28	7	524	6,270
	19.33 -	19.34	1			15	10			26	257	210	27	26	520	6,545
	22.70 -	22.71	16	10		219	28			64	250	191	279	64	784	2,318
3	24.12 -	24.15				16	23	3		18	252	220	N.D.	18	490	44
	26.59 -	26.64	1			11	1			1	10	13	13	1	37	2
	28.59 -	28.60	6	3		27	9			23	251	160	47	23	481	3,409
	30.61 -	30.62	2			8	3			22	263	57	13	22	355	1,503
	33.17 -	33.18	3			27	11	1		24	277	140	42	24	483	2,324
	35.40 -	35.41	6			51	14	2		40	263	160	78	40	541	1,134
	37.05 -	37.10	8	3		149	36			60	250	233	197	60	740	336
	43.76 -	43.81				5				3	14	14	5	3	36	1
11	44.90 -	44.94									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
10	47.85 -	47.90									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	50.44 -	50.51	6	7		15	7	1		34	260	35	36	34	365	1,089
9	52.33 -	52.37									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	54.04 -	54.05	1			18	7			18	250	39	26	18	333	3,109
8	55.30 -	55.35									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
7	59.04 -	59.08									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
6	62.27 -	62.32									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	65.32 -	65.38	2	1	+	15	5			21	266	9	25	21	321	1,906
	68.87 -	68.92	2	1		11	5			38	264	15	19	38	336	2,112
4	71.46 -	41.49									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	74.18 -	74.23	3	2	0.5	22	3			83	256	41	36	83	416	1,768
5	76.70 -	76.73									N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	79.68 -	79.74		5		125	17			117	262	165	153	117	697	1,202
	80.49 -	80.54	25	13		92	6			47	266	33	138	47	484	358
	85.56 -	85.61	156	181		634	43		2	35	259	23	1026	35	1343	207

+:250粒の計数外で産出.

分類コード 1: 木本植物(針葉樹類); 2: 木本植物(広葉樹類); 3: 草本植物; 4: シダ植物; 5: コケ植物; 6: 不明花粉・胞子.

【 付録 12 】

表6 能登半島露頭試料の花粉・胞子産出数一覧表.

分	類コード	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料名称	分類群	Abies	Picea	Tsuga	Pinus	P. (Subgen. Diploxylon)	Sciadopitys	Cryptomeria	Cupressaceae	Salix	Myrica	Juglans / Pterocarya	Carpinus / Ostrya	Corylus	Betula	Alnus (Subgen. Alnus)	A. (Subgen. Alnaster)	Fagus japonica type
ANY-8P	320 - 330	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ANY-11P	350 - 360	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
			r		-	r		1		r	1		1	. – –	1	1		
分	類コード	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
試料名称	分類群	rcus (Subgen. idobalanus)	Subgen. clobalanopsis)	tanopsis/Pasania	us / Zelkova	tis / Aphananthe	uidambar	aceae	aceae	lotus	ium	ß			culus	Iceae	a	nellia
		Quei Lep	ζ. Ω	Cas	Uln	Cel	Liqn	Ros	Rut	Mai	Sap	Rh_{li}	llex	Ace	Aes	Vita	Tili	Car
ANY-8P	320 - 330	ang Di N.D.	, . Ω Ν.D.	Cas	<i>^ulΩ</i> N.D.	D.N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	.D.	N.D.	N.D.	Xəll D.	N.D.	N.D.	Vita Vita	Z Dilli	Car D.N

分	類コード	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
試料名称	分類群	Valeriana	Carduoideae	Artemisia	Cichorioideae	Typha	Alisma	Sagittaria	Gramineae	Cyperaceae	Eriocaulon	Liliaceae	<i>Lycopodium</i> (subgen. <i>Urostachy</i> s)	L. (subgen. Lycopodium)	Osmunda	monolete type spores	trilete type spores	unknown pollen and spores
ANY-8P	320 - 330	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ANY-11P	350 - 360	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

分	領コード						
試料名称	分類群	木本植物花粉数小計	草本植物花粉数小計	シダ植物胞子数小計	不明花粉·胞子数小計	花粉·胞子数合計	試料1gあたりの産出粒数 (粒/g)
ANY-8P	320 - 330	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ANY-11P	350 - 360	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

+:250粒の計数外で産出.



【付録12】

付 12**-**21



付 12-22



GC-0Y-2の花粉ダイアグラム(木本植物)

<u>¥</u>3

【 付録 12 】



図4 能登半島露頭試料の花粉ダイアグラム

付表1 産出した分類群の学名および和名対照表.

学名	和名	学名	和名
Cephalotaxus	イヌガヤ属	Symplocos	ハイノキ属
Podocarpus	イヌマキ属	Styrax	エゴノキ属
Abies	モミ属	Ligustrum	イボタノキ属
Picea	トウヒ属	Syringa	ハシドイ属
Tsuga	ッガ属	Fraxinus	トネリコ属
Pinus	マツ属	Viburnum	ガマズミ属
P. (Subgen. Haploxylon)	マツ属ゴヨウマツ類	Weigela	タニウツギ属
P. (Subgen. Diploxylon)	マツ属ニヨウマツ類	Lonicera	スイカズラ属
Sciadopitys	コウヤマキ属	Polygonum (Sect. Bistorta)	タデ属イブキトラノオ節
Cryptomeria	スギ属	P. (Sect.Persicaria /	タデ属サナエタデ節/ウナギツカミ節
Cupressaceae	ヒノキ科	Echinocaulon)	
Salix	ヤナギ属	P. (Sect. Reynoutria)	タデ属イタドリ節
Myrica	ヤマモモ属	Chenopdiaceae	アカザ科
Carya	ペカン属	Nuphar	コウホネ属
Juglans / Pterocarya	クルミ属/サワグルミ属	Caryophyllaceae	ナデシコ科
Carpinus / Ostrya	クマシデ属/アサダ属	Ranunculaceae	キンポウゲ科
Corvlus	ハシバミ属	Ranunculus	キンポウゲ属
Betula	カバノキ属	Thalictrum	カラマツソウ属
Alnus (Subgen. Alnus)	ハンノキ属ハンノキ亜属	Rosaceae (herb)	<u></u> バラ科(草本)
A. (Subgen. Alnaster)	ハンノキ属ヤシャブシ亜属	Sanguisorba	ワレモコウ属
Fagus crenata type	ブナ属(ブナ型)	Leguminosae	マメ科
F. japonica type	ブナ属(イヌブナ型)	Geranium	フウロソウ属
Quercus (Subgen.	コナラ属コナラ亜属	Trapa	
Lepidobalanus)		Mvriophvllum	フサモ属
O. (Subgen.	コナラ属アカガシ亜属	Umbelliferae	セリ科
Cyclobalanopsis)		Gentiana	リンドウ属
Castanea	クリ属	Nymphoides	アサザ属
Castanonsis / Pasania	シイノキ属/マテバシイ属	Labiatae	シソ科
Ulmus / Zelkova	ニレ属ノケヤキ属	Carduoideae	<u>キク科キク亜科</u>
Hemiptelea	ハリゲヤキ属	Artemisia	
Celtis / Aphananthe	エノキ属/ムクノキ属	Cichorioideae	キク科タンポポ亜科
Liauidamhar		Typha	ガマ属
Rosaceae	バラ科	Sparganium	
Rutaceae	ミカン科	Alisma	サジオモダカ属
Mallotus	アカメガシワ属	Sagittaria	
Sanium	シラキ属	Gramineae	イネ科
Pachysandra	フッキソウ屋	Cyperaceae	カヤッリグサ科
Rhus	ウルシ属	Eriocaulon	ホシクサ属
Ilex	モチノキ属	Liliaceae	ユリ科
Acer	カエデ属	Lycopodium(Subgen	ヒカゲノカズラ屋トウゲシバ亜屋型
Aesculus		Urostachys) serratum type	
Rhampaceae	クロウメモドキ科	L (Subgen Lycopodium)	トカゲノカズラ屋トカゲノカズラ亜屋
Vitaceae	ブドウ科	Selaginella	イワトバ屋
Parthenocissus		Isoetes	
Tilia		Osmunda	
Camellia	リバキ屋	Davallia	<u>- こと、「両</u> シノブ屋
Flaeagnus	/////////////////////////////////////	Polypodiaceae	ロンシン病 ウラボシ科
Lagerstroemia	<u> </u>	Salvinia	
Araliaceae	ウリンパーン (内)	monolete type spores	/ ノノコノ に向
Cornus	<u>- フィイヤ</u> ミブセ属	trilete type spores	
Ericaceae	<u> </u>	Bryonhta	
Diospuros	<u></u> カセノン ⁷⁷	Sphagnum	<u> 1 / 1世 1/0]</u> ミブゴケ属
Diospyros	リイノイ馬	spnagnum	トクリン 両

付表2 試料1gあたりの産出粒数 ≪ 計算書 ≫

_	≣ , †			分析試 料	産出した 化石重	1枚のプ レパラー	封入率	プレ	視	走査 野範囲		走査面積	検鏡面 琵	プレパ ラート1	産出した	試料1g あたりの
-1 ア 名 称	料番号	深度(m)	重量 (g)	量 (g)	トへの封 入量(g)	(%)	レ 番パ 号 ラ	走査 面積 (mm ²)	横 (mm)	縦 (mm)	(3) 中の総 粒数	補正比	枚中の 総粒数	総粒数	産出粒 数
1474	7			Wo	W ₁	W ₂	M =W ₂ /W ₁ *100	- +	S =X*Y	х	Y	Gs	R =432/S	G ₂ =Gs*R	G ₁ =G _{2/} M*100	G =G1/W0
	1	250 -	2 5 1	16.303	0.0474	0.0262	55	2	432	24	18	70	1.0	70	127	8
		2.00	2.01	16.303	0.0474	0.0100	21	1	432	24	18	55	1.0	55	262	16
	2	16.05 -	16.09	19.147	0.2368	0.0262	11	2	432	24	18	55	1.0	55	500	26
GC-				19.147	0.2368	0.0100	4	1	432	24	18	19	1.0	19	475	25
NG-1	3	42.90 -	42.93	33.075	0./09/	0.0109	2	1	235.17	13.07	18	488	1.8	878	43,920	1,328
	4	56.60 -	56.63	28.154	0.3232	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	6	63.20 -	63.24	37.946	0.2885	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	5	68.91 -	98.93	25.364	0.1229	0.0182	15	2	432	24	18	/43	1.0	/43	4,953	195
	-	14.00	14.00	25.364	0.1229	0.0102	8	1	126	/	18	153	3.4	520	6,503	256
		14.06 -	14.09	31.100	0.0730	0.0102	2		04.27	3.015	18	430	8.0	3,480	174,000	0,080
GC-	2	60.06 -	67.11	32.448	0.3247	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
OY-1	2	74.50 -	7454	37.403	0.1043	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	79.19 -	79.21	52 262	0.0500	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1	214 -	2 17	22.302	0.2344	0.0220	100	1	122	24	1.0	120	1.0	120	120	N.D.
	2	17.31 -	17.34	31 757	0.0240	0.0200	1	1	114 57	6 3 6 5	18	524	3.8	1 991	199 120	6 2 7 0
	3	24.12 -	24.15	41 127	0.0415	0.0401	97	1	120.6	6.000	18	490	3.6	1 764	1 819	44
	11	44.90 -	44.94	62 413	0.0215	ND	ND.	ND	N D	ND	ND	N D	N D	ND	N D	ND
	10	47.85 -	47.90	76.904	0.0974	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
GC-	9	52.33 -	52.37	69.930	0.2510	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
0Y-2	8	55.30 -	55.35	59.241	0.0331	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
01 2	7	59.04 -	59.08	55.733	0.0473	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	6	62.27 -	62.32	82.307	0.0188	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	71.46 -	71.49	35.709	0.0174	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	5	76.70 -	76.73	52.671	0.0152	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

付表3 試料1gあたりの産出粒数 ≪ 計算書 ≫

ц.		分析試 料	産出した 化石重	1枚のプ レパラー	封入率	プレ	視	走査 野範囲		走查面積	検鏡面	プレパ ラート1	産出した	試料1g あたりの
武 料 名 称	採取位置 (柱状図基準) (cm)	重量 (g)	量 (g)	トへの封 入量(g)	(%)	レ 番パ 号 ラ	走査 面積 (mm²)	横 (mm)	縦 (mm)	(S) 中の総 粒数	_傾 補正比	枚中の 総粒数	総粒数	産出粒 数
141.		Wo	W ₁	W ₂	M =W ₂ /W ₁ *100	- 1	S =X*Y	x	Y	Gs	R =432/S	G ₂ =Gs*R	G ₁ =G _{2/} M*100	G =G1/W0
ANY-8P	320 - 330	37.132	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ANY-11P	350 - 360	30.569	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

写真図版





写真図版



GC-OY-1 14.06-14.09m

サンプルNo.1

GC-OY-1 60.06-60.10m サンプルNo. 2

GC-0Y-1 74. 50-74. 54m

サンプルNo.3

付 12-29

100µ

【付録12】






【 付録 12 】

写真図版



【付録12】

写真図版



第四紀堆積物のテフラ分析結果

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

目 次

1. 分析手法	付 13-3
1.1 前処理	付 13-3
1.2 粒子組成分析用薄片作成	
1.3 検鏡(粒子組成分析)方法	
1.4 屈折率測定方法	
1.5 主成分分析用薄片作成	
1.6 主成分分析方法	
2. 分析結果	
2.1 大井川(TRM)	
2.2 能登半島(七尾 NNO-0T シリーズ)	
2.3 能登半島(七尾 NNO-100T シリーズ)	
2.4 能登半島(穴水 ANY)	
3. 引用文献	

1. 分析手法

1.1 前処理

古澤(2003)の方法を基本に前処理を行った。洗浄は、はじめにナイロン製使い捨て#255 メッシ ユシート(糸径 43μm,オープニングワイド 57μm)を用い、流水中で洗浄した。残砂を#125 メッシ ユシート(糸径 70μm,オープニングワイド 133μm)を用い水中で篩い分けした。これにより 1/8~ 1/16mm に粒度調整した試料を超音波洗浄機を用いて洗浄し、表面に付着した粘土分などを洗い 流した。

1.2 粒子組成分析用薄片作成

鉱物観察用スライドグラスの上に硬化後屈折率が 1.545 程度となる光硬化樹脂を載せ、この樹脂に上記洗浄・篩い分けを行った試料を攪拌・封入させ、カバーグラスで覆い粒子組成観察用薄片を作成した。樹脂の屈折率を 1.545 とする目的は石英や長石類の識別にある。

1.3 検鏡(粒子組成分析)方法

前処理・プレパラートした粒子を偏光顕微鏡(100倍)を用いて観察し、300粒子(1000粒子の平 均値)を古澤(2003)の区分手法にしたがって、火山ガラス、長石類・石英、斜方輝石、単斜輝石、 普通角閃石、カミングトン閃石、その他の重鉱物(カンラン石、ジルコンなど)、不透明鉱物および 岩片・風化粒に区分した。火山ガラスは発泡跡の大きさにより、発泡跡が 0.1mm 四方に 2-3 個以 内しか見られない大きな発泡跡を有するバブルウォールタイプ(Bw)、発泡跡が 0.1mm 四方に 4 個以上見られるパミスタイプ(Pm)、発泡跡同士が密着せずガラス中に細かい泡となって含まれる か全く含まれない急冷タイプ(O)の3タイプにまとめて区分した。また、重鉱物組成については、 100粒子を目処に、斜方輝石、単斜輝石、普通角閃石、黒雲母、その他(不透明鉱物、ジルコン、 アパタイト etc.) に区分し、粒子組成とは別に記載した。

一方、テフラ起源粒子の含有率が著しく低いクリプトテフラの検出ではテフラ起源粒子の含有 率が低いことから、3000粒子(10000粒子の平均値)の粒子組成分析を行った。粒子組成区分の対 象となる粒子はテフラ識別に有効な指標となる火山ガラス、高温型石英、斜方輝石、普通角閃石、 カミングトン閃石とした。その他、テフラの識別に有効な鉱物(例えば黒雲母やカンラン石など)が 含まれている場合、特記した。

1.4 屈折率測定方法

測定には、浸液の温度を直接測定しつつ屈折率を測定する温度変化型測定装置 MAIOT を使用 した。測定精度は火山ガラスで±0.0001 程度である(古澤,1995)。

顕微鏡は、ニコン顕微鏡 ECLIPSE600 シリーズ(偏光・位相差装置付)、位相差用対物レンズ (10 倍および長作動 20 倍)、光源は 12V100Wハロゲンランプ、全誘電体干渉フィルター (589.3nm)を使用した。温度変化装置として全面等温度透明加温板(0.1℃の精度で制御可能)、 プログラム温度コントローラー(0.1℃の精度で制御可能)、高感度熱電対(0.1℃の精度で測定可 能)、パーソナルコンピューターを使用した。

以下に測定の手順を示す。

顕微鏡ステージ上に設置した加温板に、浸液と試料および熱電対とを密封したごく薄いカプセ ルを載せる。カプセルは、大きさ 18×24mm、厚さ 0.12~0.17mm のガラス板(下板)と、直径 18mm で同じ厚さのガラス板(上板)との間に、熱伝導性の高いシーリング材を使用して浸液と 試料および熱電対を密封したもので、総厚が 0.5~0.6mm 程度である。浸液は単一化学式を有す る有機化学合成液である。つぎに、加温板の温度を制御して、ほぼ一定の温度変化速度で、浸液 および試料の温度を室温~60℃の範囲で変化させる。この様子を、位相差状態の顕微鏡で観察す る。観察時の波長はナトリウム D線(589.3nm)である。この画像を観察しながら、ガラスの輪郭 が消失する温度を記録する。実際には温度上昇あるいは下降時に1回パーソナルコンピューター に接続されたマウスを左クリックする。屈折率は、あらかじめ作成した各浸液の温度と屈折率と の一次式から変換され、パーソナルコンピューターに記録される。測定個数の目処はガラスが 30 片、斜方輝石が 10 片である。ただし、値にバラツキがある試料では、モードを把握できるまで測 定した。記録された屈折率、熱伝対の温度データはリアルタイムにパーソナルコンピューターに 入力され、温度、測定個数などとともに屈折率ヒストグラムとしてモニターに表示される。

1.5 主成分分析用薄片作成

偏光顕微鏡を用い、火山ガラスのみを手選し、これをエポキシ樹脂を用いてスライドグラス上 に包埋し、#3000カーボランダムで研磨し、1µmのダイヤモンドペーストにて鏡面研磨した薄片 を作成した。

1.6 主成分分析方法

以下の分析装置および条件により、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー(EDX)を用い、 火山ガラスの主成分を分析した。

使用機材:SEM:HITACHI SU1510 EDX:HORIBA EMAXEvolution EX-270

検出器 液体窒素レス検出器 X-Max(80mm2)

加速電圧:15kV

試料電流: 0.3nA。

ビーム径:4µm四方の範囲を約90nmのビーム径にて走査させて測定。

ライブタイム:50sec。

主成分組成計算方法:ファイローゼット(φ(pZ)補正)

スタンダードには高純度人工酸化物結晶(純度 99.99%以上の SiO₂, Al₂O₃,TiO₂, MnO, MgO)、 純度 99.99%以上の単結晶 NaCl, KCl, CaF₂を用いた。また、測定終了時毎に、ヨーロッパで二次 標準物質となっている MPI-DING の ATHO-G および StHz(Jochumet al., 2000; 2006)ガラスを 用い、測定値をチェックした。

【付録13】

2. 分析結果

各地点毎に粒子組成分析結果、屈折率測定結果および主成分分析結果をまとめて記載する。また各地点の分析結果をまとめ地点毎の分析結果およびテフラ層序図を示した。

2.1 大井川 (TRM)

本地点では TMR-15 層準に高温型石英が比較的多く含まれる。また、同層準付近にはバブルウ オールタイプ火山ガラスも少量(3.3/3000)含まれる。同層準以外では TRM-10 に少量のバブルウ オールタイプ火山ガラスが含まれ、同層準の下位層準には全く含まれない。TRM-15~17 に含ま れる火山ガラスの屈折率は 1.497-1.502 である。また、同層準に含まれる斜方輝石の屈折率(y)は 1.704-1.709 とまとまる。角閃石の屈折率(n2)も 1.671-1.682 とややまとまる。角閃石の主成分元 素組成は大山火山起源の大山下ホーキ(Dss)と一致する。TRM-15~17 に含まれる斜方輝石および 角閃石の屈折率も Dss の特徴(町田・新井、2003)とほぼ一致する。

以上から、TRM-15~17 層準は Dss 降灰期付近に堆積したと考えられる。

TRM-10 に含まれる火山ガラスの屈折率は 1.496-1.503 である。主成分元素組成は AT の特徴 (町田・新井、2003)と一致する。同層準には AT テフラが混在している。同層準にはわずかではあ るが、試料採取層準上部 15 層準にも含まれる高温型石英が微量混在している。火山ガラスおよび これら石英は近接する下位層準には全く含まれていない。

これらの状況から、TRM-10 層準に含まれるテフラ起源粒子は上部からの擾乱による混在粒子 である可能性が高いと考えられる。

一方、TRM-10 には微量ではあるが緑色普通角閃石も含まれている。角閃石の主成分元素組成 は前出 Dss と特徴が一致するものと、美浜テフラと呼ばれる西日本一帯に分布する角閃石主体テ フラに含まれるものと特徴が一致するものとが混在している。これらの角閃石も上位層準からの 混在粒子である可能性が高いが、同層準には K-Tz テフラに特徴的に含まれる高温型石英が含ま れる(あるいは残存する)。

採取地点の地層は、TRM-10 あるいは TRM-15 より下位に分布する陸水性堆積物とこれを覆う 土壌とに区分できる。陸水性堆積物はおそらく段丘堆積物の最上部に堆積したフラッドロームで あり、その離水期は K-Tz 降灰期よりさらに古い時代 MIS5 初期に降灰した美浜テフラ降灰期以 前と考えられる。

2.2 能登半島(七尾 NNO-0T シリーズ)

本地点では厚さ 5.6m に渡り海成層を連続的に採取している。これら海成層にはテフラ起源の 高温型石英が試料採取層準全体に微量含まれる。また、バブルウォールタイプ火山ガラスが中~ 上部 027T~054T 間層準に極微量散在する。高温型石英の含有率は最大 3000 粒子中に1粒子含 まれる程度である。後述する露頭②の粒子分析結果と併せて考えた場合、同石英の含有率は露頭 ①の海成層ではほぼ均質と考えられる。また、バブルウォールタイプ火山ガラスの屈折率は地点 ②の分析結果から 1.498-1.499 程度と考えられる。

付 13-5

これら微量に含まれる火山ガラスの主成分元素組成は、地点①同様 K₂O 含有率が 4%を超え、 中部山岳地帯の火山起源テフラである可能性を示しているが、広域に分布が知られている Ng-1 と は若干主成分元素組成の特徴(町田・新井、2003)と異なる。

以上および②地点のテフラ分析結果と併せて考えると、本地点に含まれる高温型石英はK-Tzテ フラ起源で、被覆層からの擾乱による混在粒子である可能性が高い。また、本地点の海成層を覆 う地層が分布する②地点ではSKテフラの降灰が確認されていることから、本地点に堆積する海 成層の堆積期はSKテフラ降灰期より古いと考えられる。K2O含有率の高い火山ガラスの給源テ フラが現況対比できないため、明確な堆積期は議論できないが、これらの火山ガラスがNg-1テ フラ噴出期に近接して発生した火山活動に伴う火山活動にともなう降下テフラ起源であるとすれ ば、その堆積期はNg-1降灰期あるいはそれ以前である可能性も考えられる。

K₂**O**含有率の高いテフラの対比には海洋底コアなど年代指標が明確で、この地域に隣接した地域で掘削されたコアの詳細分析が必要である。

2.3 能登半島(七尾 NNO-100T シリーズ)

本地点では下位の海成層(試料番号 100T~124T)とこれを覆う被覆層(試料番号 125T~138T)を 連続的して採取している。①地点の 054T 層準は本地点の試料番号 106T 層準付近に対比されて いる。

海成層にはテフラ起源の高温型石英が試料採取層準全体に含まれており。最上部あるいは被覆 層との境界付近(124T-125T)で急激に含有率が増加する。また、バブルウォールタイプ火山ガラス が試料採取層準全体に微量から少量含まれ、含有率は上位ほど高くなる傾向にある。下部(試料番 号 107T)では火山ガラスの含有率は地点①同様低く、これより上位では次第に増加し、最上部(試 料番号 124T)では 0.1%程度となる。これらの火山ガラスはいずれの層準もほぼ同じ屈折率(1.494-1.500)を示すが、最上部付近(試料番号 123T)には 1.507 程度のものを含む。試料番号 105T~112T に含まれる火山ガラスの主成分元素組成は SK テフラの特徴(町田・新井、2003)と一致する。

一方、海成層を覆う被覆層には、海成層に比しより多くの高温型石英が含まれる。その含有率 は最下部(試料番号 125T)で最大(0.2%)となり上方では次第に減少する。被覆層にもバブルウォー ルタイプ火山ガラスが少量含まれる。ガラスの屈折率は 1.493・1.503 程度である。同火山ガラス の屈折率は SK テフラに AT テフラなどを合わせた特徴(町田・新井、2003)と一致するするもの が多く、一部これ以外のものを含む。また、被覆層の下部には斜方輝石が下位の海成層より多く 含まれる。被覆層下部(125T・132T)に含まれる斜方輝石の屈折率(y)は 1.698・1.703 である。また、 被覆層上部(134T・138T)には下部より多くの緑色普通角閃石が含まれる。角閃石の屈折率(n2)は 1.675・1.682 程度である。同層準に含まれる斜方輝石の屈折率(y)は 1.700・1.709 で、下部とは異な る特徴を示す。被覆層下部に含まれる斜方輝石の屈折率は Aso・4 テフラの特徴(町田・新井、2003) と一致する。被覆層上部に含まれる斜方輝石および角閃石の屈折率は DKP テフラの特徴と(町田・ 新井、2003)と一致する。

以上、本地点では被覆層最下部に高温型石英の含有率スパイクが見られる。同石英は K-Tz 起

源粒子と考えられる。また、海成層の最上部には SK テフラ起源の火山ガラスが含まれる。この ようなテフラの産出状況から、本地点の海成層は SK テフラ降灰直後に離水し、K-Tz 降灰期以降 の被覆層に覆われていると考えられる。また、被覆層下部に Aso-4 テフラが、上部には DKP テ フラが降灰していると考えられる。

ところが本地点に含まれる緑色普通角閃石の主成分元素組成分析を行ったところ、K-Tzの僅か 上位から美浜テフラと呼ばれる MIS5 基底層準付近に降灰した(古澤ほか、2021)角閃石が多く含 まれていることが明らかとなった。美浜テフラは K-Tz および SK より下位の層準に挟まれてい る(古澤ほか、2021)ことから、地層の逆転が起こっていると考えられる。したがって、SK テフラ の降灰は海成層の離水後であり、削剥期に降灰した SK テフラ起源粒子が擾乱作用などにより海 成層上端面層準に混在した可能性もあることを指摘しておく。

2.4 能登半島(穴水 ANY)

本地点では基盤岩およびこれを覆う海成層とさらに海成層を覆う被覆層を連続的に採取している(ANY-1T~20T及び100T~104T)。

基盤岩にはテフラ起源粒子は全く含まれないが、海成層を覆う被覆層上部(試料番号 19T)には 高温型石英の含有率スパイクが見られる。この地域で高温型石英を多量に含むテフラとしては K-Tz テフラが知られている(町田・新井, 2003)。K-Tz テフラ起源であるかの確認は石英に含まれる ガラス包有物の主成分元素組成を分析すれば明らかになる(古澤・中村, 2009)。そこで上記石英の 含有率スパイク層準およびその下位にも含まれるローム層中の石英に含まれるガラス包有物の主 成分元素組成を分析し K-Tz の組成と比較した。その結果両者は明らかに異なることが判明した。

段丘形成期に北陸地方において石英を多量に含むテフラが降灰しているという報告は K-Tz 以 外には見当たらない。本地点の石英に含まれるガラス包有物の主成分は、FeO が 1.2-1.5 wt.%, CaO が 1.2-1.4 wt.%、Na₂O が 3.4-3.8 wt.%、K₂O が 2.2-2.5 wt.%で、K₂O の含有率が九州地方 の火山起源テフラの火山ガラスより低い特徴を示す。上記主成分とほぼ一致する特徴を示すテフ ラとしては八甲田 I テフラが挙げられる(町田・新井, 2003)。八甲田 I テフラには多量の高温型石 英が含まれている。そこで、八甲田 I テフラに含まれるガラス包有物の主成分を分析したところ、 本地点に含まれるものと主成分元素組成が一致した。

以上から、本地点に分布する海成層を覆うローム層上部には八甲田 I テフラ起源の石英が多量 含まれることが明らかとなった。この石英の含有率はローム層の最上部付近に最も多く含まれ、 下位へ徐々に含有率が低くなる。この含有率の低下は、擾乱や植物根による粒子の移動により合 理的に説明できる。したがって、本地点に分布する段丘堆積層は八甲田 I テフラ降灰以前に離水 したと考えられる。八甲田 I の降灰期は MIS18 とされている(町田・新井, 2003)。

なお、試料採取地点とこれより古い時期に形成された地形面とはやや近接している。本地点の 地形面最上部を形成する地層は、あるいはこの古い時期に形成された地形面に降灰した粒子が表 流水などにより再堆積した可能性も考えられる。

本地点の段丘形成期を特定するには、この古い地形面及び本地点より一段低い地形面で同様の テフラ分析を行い、八甲田 I テフラ起源の石英の有無や産出層準などを確認する必要がある。

3. 引用文献

- 古澤 明, 1995, 火山ガラスの屈折率測定・形態分類とその統計的な解析. 地質雑, 101, 123-133. 古澤 明, 2003, 洞爺火山灰降下以降の岩手火山のテフラの識別. 地質雑, 109, 1-19.
- 古澤 明・中村千怜, 2009, 石英に含まれるガラス包有物の主成分分析による K-Tz の識別. 地質 雑, 115, 544-547.
- 古澤 明・佐々木俊法・後藤憲央,2021,緑色普通角閃石の主成分および微量成分元素組成による 美浜テフラと四国沖 MD012422 コアから検出されたテフラとの対比と給源の推定.地質雑, 127,91-103.
- Jochum, K. P., Dingwell, D. B., Rocholl, A., Stoll, B., Hofmann, A. W., Becker, S., and Zimmer, M., 2000, The preparation and preliminary characterization of eight geological MPI-DING reference glasses for in-situ microanalysis. *Geostand. Newsl.*, 24, 87-133.
- Jochum, K. P., Stoll, B., Herwig, K., Willbold, M., Hofmann, A. W., Amini, M., and Woodhead, J. D., 2006, MPI-DING reference glasses for in situ microanalysis: New reference values for element concentrations and isotope ratios, *Geochem. Geophys. Geosyst*, 7, Q02008, doi: 10.1029/2005GC001060.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編 火山灰アトラス-日本列島とその周辺-, 336p, 東京大学出版 会.

テフラ試料の採取位置:大井川(TRM)



粒子組成:大井川(TRM)

討約来早	火山ガラスの	D形態別含有量	(/3000粒子)	重鉱物	の含有量(/30	00粒子)	β石英	小山ガラマの屈垢率(nd)	対方編石の屈垢率(√)	角門石の屈垢率(n2)	テフラタ
四八个千田 与	Bw	Pm	0	Орх	Gho	Cum	(/3000粒子)		がりがむの屈が平()	西内省の屈加平(12)	,,,,,
TRM-17	0.2	0	0	0	0.1	0	0	1.497-1.501			
TRM-16	3.3	0	0	0.2	2.3	0.3	0	1.497-1.502	1.704-1.709	1.671-1.682	AT,大山ホーキ混在
TRM-15	0.4	0	0	0	0.1	0	0.7	1.497-1.500			K-Tz
TRM-14	0	0	0	0	0	0	0.2				
TRM-13	0	0	0	0	0.2	0	0				
TRM-12	0	0	0	0	0.5	0	0				
TRM-11	0	0	0	0	0	0	0				
TRM-10	2.2	0.1	0	0.1	1	0.3	0.1	1.496-1.503			美浜(AT,大山ホーキ コンタミ)
TRM-9	0	0	0	0	0.1	0	0				
TRM-8	1	0	0	0	0	0.1	0				
TRM-7	0	0	0	0	0	0	0				
TRM-6	0	0	0.1	0	0	0	0				
TRM-5	0	0.1	0	0	0	0	0				
TRM-4	0	0	0	0	0.1	0	0				
TRM-3	0	0	0	0	0	0	0				
TRM-2	0	0	0	0	0	0	0				
TRM-1	0	0	0	0	0	0	0				

Bw: バブルウォールタイプ Pm: パミスタイプ O: 低発泡タイプ Opx:斜方輝石 Gho:緑色普通角閃石 Cum:カミングトン閃石

ガラスの分析結果:大井川(TRM)

<u>採取地点 大井川TRM-10</u>

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	<u>귀</u>	^z 均值	標準偏差
SiO ₂	75.39	74.11	74.95	75.50	75.20	75.34	75.11	74.90	75.00	75.70	75.43	75.03	74.70	75.33	74.56	SiO ₂	5.08	0.41
TiO ₂	0.18	0.09	0.14	0.16	0.19	0.21	0.11	0.15	0.16	0.09	0.15	0.13	0.19	0.14	0.20	TiO ₂	0.15	0.04
AI_2O_3	11.33	11.59	11.64	11.53	11.60	11.77	11.73	11.73	11.89	11.64	11.81	11.60	11.46	11.58	11.75	Al ₂ O ₃ 1	1.64	0.14
FeO	0.95	1.25	1.05	1.02	1.25	1.13	1.23	1.19	1.28	1.09	0.95	1.16	1.17	0.90	1.20	FeO	1.12	0.12
MnO	0.10	0.05	0.05	0.07	0.09	0.01	0.00	0.07	0.11	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.00	MnO	0.06	0.04
MgO	0.14	0.17	0.16	0.15	0.16	0.07	0.12	0.09	0.08	0.06	0.07	0.11	0.11	0.13	0.15	MgO	0.12	0.04
CaO	1.08	1.18	1.01	1.15	1.12	1.12	1.14	1.13	1.08	1.15	1.12	1.14	1.13	1.11	1.18	CaO	1.12	0.04
Na ₂ O	3.22	3.14	3.12	3.23	3.17	3.23	3.28	3.25	3.29	3.29	3.23	3.18	3.24	3.30	3.22	Na ₂ O	3.23	0.05
K₂O	3.11	3.34	3.27	3.20	3.38	3.28	3.34	3.26	3.27	3.14	3.30	3.27	3.32	3.33	3.22	K₂O	3.27	0.08
Total	95.50	94.92	95.39	96.01	96.16	96.16	96.06	95.77	96.16	96.16	96.07	95.70	95.41	95.92	95.48	ç	5.79	
																		1000 1446 1000 1446
point No.																<u> </u>	均值	標準偏差
SiO ₂	78.94	78.08	78.57	78.64	78.20	78.35	78.19	78.21	78.00	78.72	78.52	78.40	78.29	78.53	78.09	SiO ₂	8.38	0.27
TiO ₂	0.19	0.09	0.15	0.17	0.20	0.22	0.11	0.16	0.17	0.09	0.16	0.14	0.20	0.15	0.21	TiO ₂	0.16	0.04
AI_2O_3	11.86	12.21	12.20	12.01	12.06	12.24	12.21	12.25	12.36	12.10	12.29	12.12	12.01	12.07	12.31	Al ₂ O ₃ 1	2.15	0.14
FeO	0.99	1.32	1.10	1.06	1.30	1.18	1.28	1.24	1.33	1.13	0.99	1.21	1.23	0.94	1.26	FeO	1.17	0.13
MnO	0.10	0.05	0.05	0.07	0.09	0.01	0.00	0.07	0.11	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.00	MnO	0.06	0.04
MgO	0.15	0.18	0.17	0.16	0.17	0.07	0.12	0.09	0.08	0.06	0.07	0.11	0.12	0.14	0.16	MgO	0.12	0.04
CaO	1.13	1.24	1.06	1.20	1.16	1.16	1.19	1.18	1.12	1.20	1.17	1.19	1.18	1.16	1.24	CaO	1.17	0.05
Na ₂ O	3.37	3.31	3.27	3.36	3.30	3.36	3.41	3.39	3.42	3.42	3.36	3.32	3.40	3.44	3.37	Na ₂ O	3.37	0.05
K ₂ O	3.26	3.52	3.43	3.33	3.51	3.41	3.48	3.40	3.40	3.27	3.43	3.42	3.48	3.47	3.37	K ₂ O	3.41	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	10	0.00	

ガラスの分析結果:AT

採取地点	AT
	A 1

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均值	標準偏差
SiO ₂	75.27	75.08	76.49	75.18	75.40	74.95	74.59	74.06	75.08	75.97	76.13	75.75	74.41	73.88	75.44 SiO ₂	75.18	0.74
TiO ₂	0.19	0.09	0.12	0.08	0.18	0.20	0.15	0.15	0.06	0.33	0.12	0.19	0.16	0.13	0.21 TiO ₂	0.16	0.07
Al_2O_3	12.30	11.67	12.15	11.71	11.68	11.67	11.67	11.76	11.59	11.59	11.65	11.90	11.40	11.52	11.50 Al ₂ O ₃	11.72	0.24
FeO	1.29	1.23	1.12	1.13	1.11	1.11	1.33	1.16	1.33	1.16	1.15	1.09	1.17	1.22	1.33 FeO	1.20	0.09
MnO	0.10	0.16	0.10	0.00	0.00	0.06	0.01	0.08	0.00	0.06	0.04	0.02	0.08	0.11	0.00 MnO	0.05	0.05
MgO	0.20	0.18	0.10	0.19	0.09	0.13	0.08	0.11	0.08	0.18	0.11	0.15	0.08	0.10	0.13 MgO	0.13	0.04
CaO	1.05	1.14	1.16	1.08	1.11	1.13	1.06	1.02	1.05	0.99	1.14	1.02	1.05	1.09	1.05 CaO	1.08	0.05
Na₂O	3.17	3.03	3.39	3.23	3.33	3.06	3.24	3.51	3.30	3.24	3.40	3.54	3.11	3.13	3.27 Na ₂ O	3.26	0.15
K₂O	3.01	3.40	3.29	3.19	3.34	3.38	3.40	3.30	3.44	3.28	3.27	3.23	3.19	3.08	3.28 K ₂ O	3.27	0.12
Total	96.58	95.98	97.92	95.79	96.24	95.69	95.53	95.15	95.93	96.80	97.01	96.89	94.65	94.26	96.21	96.04	
point No																平均值	標進偏差
SiO ₂	77.94	78.22	78.11	78.48	78.35	78.33	78.08	77.83	78.27	78.48	78.48	78.18	78.62	78.38	78.41 SiO ₂	78.28	0.22
TiO ₂	0.20	0.09	0.12	0.08	0.19	0.21	0.16	0.16	0.06	0.34	0.12	0.20	0.17	0.14	0.22 TiO ₂	0.16	0.07
AI_2O_3	12.74	12.16	12.41	12.22	12.14	12.20	12.22	12.36	12.08	11.97	12.01	12.28	12.04	12.22	11.95 Al ₂ O ₃	12.20	0.20
FeO	1.34	1.28	1.14	1.18	1.15	1.16	1.39	1.22	1.39	1.20	1.19	1.12	1.24	1.29	1.38 FeO	1.24	0.09
MnO	0.10	0.17	0.10	0.00	0.00	0.06	0.01	0.08	0.00	0.06	0.04	0.02	0.08	0.12	0.00 MnO	0.06	0.05
MgO	0.21	0.19	0.10	0.20	0.09	0.14	0.08	0.12	0.08	0.19	0.11	0.15	0.08	0.11	0.14 MgO	0.13	0.04
CaO	1.09	1.19	1.18	1.13	1.15	1.18	1.11	1.07	1.09	1.02	1.18	1.05	1.11	1.16	1.09 CaO	1.12	0.05
Na₂O	3.28	3.16	3.46	3.37	3.46	3.20	3.39	3.69	3.44	3.35	3.50	3.65	3.29	3.32	3.40 Na ₂ O	3.40	0.15
K ₂ O	3.12	3.54	3.36	3.33	3.47	3.53	3.56	3.47	3.59	3.39	3.37	3.33	3.37	3.27	3.41 K ₂ O	3.41	0.12
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

ガラスの分析結果:K-Tz

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	75.43	74.96	76.01	74.45	74.82	75.22	74.65	76.03	74.89	75.31	74.85	74.64	74.59	76.59	75.43 SiO ₂	75.19	0.62
TiO ₂	0.13	0.24	0.26	0.27	0.35	0.26	0.17	0.14	0.32	0.22	0.22	0.26	0.13	0.20	0.31 TiO ₂	0.23	0.07
Al_2O_3	11.04	11.18	11.31	11.16	11.26	10.93	10.94	11.25	11.16	11.07	11.03	10.82	10.93	11.44	11.19 Al ₂ O ₃	11.11	0.17
FeO	0.84	0.86	1.09	1.00	1.12	1.06	1.15	1.04	1.04	1.09	0.99	1.14	1.08	1.00	0.97 FeO	1.03	0.09
MnO	0.15	0.01	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.06	0.05	0.07 MnO	0.05	0.06
MgO	0.15	0.15	0.19	0.13	0.06	0.07	0.20	0.16	0.20	0.12	0.06	0.20	0.13	0.10	0.20 MgO	0.14	0.05
CaO	1.03	1.01	1.02	1.16	1.08	0.96	1.09	1.10	1.04	1.13	1.00	1.07	1.02	1.09	1.00 CaO	1.05	0.05
Na₂O	3.17	3.11	2.10	3.05	3.09	2.98	3.14	3.28	3.02	2.85	2.90	2.55	2.96	3.14	3.05 Na ₂ O	2.96	0.29
K₂O	3.22	3.24	3.17	3.19	3.19	3.38	3.11	2.98	3.20	3.25	3.19	3.39	3.14	3.33	3.25 K ₂ O	3.22	0.10
Total	95.16	94.76	95.15	94.51	94.97	94.86	94.45	96.07	94.87	95.04	94.24	94.23	94.04	96.94	95.47	94.98	
																	标准信关
point No.																平均恒	<u> </u>
SiO ₂	79.27	79.11	79.88	78.77	78.78	79.30	79.04	79.14	78.94	79.24	79.42	79.21	79.32	79.01	79.01 SiO ₂	79.16	0.28
TiO ₂	0.14	0.25	0.27	0.29	0.37	0.27	0.18	0.15	0.34	0.23	0.23	0.28	0.14	0.21	0.32 TiO ₂	0.24	0.07
AI_2O_3	11.60	11.80	11.89	11.81	11.86	11.52	11.58	11.71	11.76	11.65	11.70	11.48	11.62	11.80	11.72 Al ₂ O ₃	11.70	0.12
FeO	0.88	0.91	1.15	1.06	1.18	1.12	1.22	1.08	1.10	1.15	1.05	1.21	1.15	1.03	1.02 FeO	1.09	0.10
MnO	0.16	0.01	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.17	0.06	0.05	0.07 MnO	0.05	0.06
MgO	0.16	0.16	0.20	0.14	0.06	0.07	0.21	0.17	0.21	0.13	0.06	0.21	0.14	0.10	0.21 MgO	0.15	0.05
CaO	1.08	1.07	1.07	1.23	1.14	1.01	1.15	1.14	1.10	1.19	1.06	1.14	1.08	1.12	1.05 CaO	1.11	0.06
Na₂O	3.33	3.28	2.21	3.23	3.25	3.14	3.32	3.41	3.18	3.00	3.08	2.71	3.15	3.24	3.19 Na ₂ O	3.12	0.30
K₂O	3.38	3.42	3.33	3.38	3.36	3.56	3.29	3.10	3.37	3.42	3.38	3.60	3.34	3.44	3.40 K ₂ O	3.39	0.11
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	



緑色普通角閃石の分析結果:大井川(TRM)

採取地点	大井川TRM-	-16								
point No.	1	2	3	4	5	6	7		平均値	標準偏差
SiO ₂	46.59	46.94	48.29	46.86	47.09	46.33	46.41	SiO ₂	46.93	0.66
TiO ₂	1.04	0.91	0.98	0.94	1.17	1.40	1.29	TiO ₂	1.10	0.19
Al_2O_3	7.17	7.66	6.47	7.52	7.47	8.06	8.21	AI_2O_3	7.51	0.58
FeO	13.89	12.70	11.96	13.76	13.07	12.10	12.33	FeO	12.83	0.77
MnO	0.60	0.39	0.39	0.61	0.52	0.33	0.27	MnO	0.44	0.13
MgO	14.08	14.98	16.06	14.25	14.59	15.10	14.95	MgO	14.86	0.65
CaO	10.64	10.52	10.06	10.27	10.30	10.65	10.45	CaO	10.41	0.22
Na ₂ O	1.25	1.34	1.38	1.31	1.35	1.54	1.38	Na ₂ O	1.36	0.09
K ₂ O	0.27	0.34	0.25	0.27	0.28	0.36	0.33	K ₂ O	0.30	0.04
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.53	95.78	95.84	95.79	95.84	95.87	95.62			

採取地点 大井川TRM-10

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	47.09	46.46	48.23	47.59	47.31	47.86	47.49	47.07	46.78	47.45	48.07	48.24	48.01	45.61	46.76 SiO ₂	47.33	0.73
TiO ₂	0.91	1.18	1.12	0.95	0.91	1.27	1.20	1.62	1.03	0.85	0.69	1.10	1.18	1.34	1.24 TiO ₂	1.11	0.23
Al_2O_3	7.45	8.01	6.43	7.05	7.34	6.68	7.11	7.50	7.54	7.03	6.97	6.47	6.54	8.81	7.34 Al ₂ O ₃	7.22	0.63
FeO	13.85	12.61	11.86	12.53	13.55	11.83	12.08	11.66	13.83	13.56	12.36	11.64	11.68	12.73	12.58 FeO	12.56	0.80
MnO	0.47	0.38	0.61	0.49	0.59	0.73	0.51	0.53	0.30	0.40	0.58	0.68	0.66	0.39	0.44 MnO	0.52	0.12
MgO	14.14	14.98	15.53	15.18	13.83	15.23	15.18	15.26	14.18	14.06	15.62	15.61	15.40	14.58	15.52 MgO	14.95	0.62
CaO	10.41	10.38	10.59	10.38	10.79	10.76	10.64	10.47	10.49	10.91	10.01	10.54	10.65	10.39	9.89 CaO	10.49	0.27
Na ₂ O	1.24	1.47	1.09	1.31	1.30	1.15	1.34	1.44	1.35	1.22	1.24	1.15	1.10	1.58	1.34 Na ₂ O	1.29	0.14
K ₂ O	0.26	0.29	0.30	0.26	0.29	0.37	0.27	0.28	0.31	0.23	0.24	0.26	0.36	0.27	0.23 K ₂ O	0.28	0.04
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.82	95.76	95.76	95.74	95.91	95.88	95.82	95.83	95.81	95.71	95.78	95.69	95.58	95.70	95.34		

緑色普通角閃石の分析結果:DKP

採取地点	DKP
------	-----

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	45.02	44.11	44.65	46.04	45.33	44.09	44.23	44.36	44.10	44.74	44.84	43.51	44.78	45.10	44.49 SiO ₂	44.63	0.61
TiO ₂	1.70	1.28	1.76	1.79	1.94	1.45	1.88	1.79	1.60	1.76	1.94	1.85	1.83	1.86	1.81 TiO ₂	1.75	0.18
Al_2O_3	9.02	11.79	9.28	8.85	9.20	11.76	9.27	9.20	11.01	9.34	9.14	10.84	9.34	9.23	9.56 Al ₂ O ₃	9.79	1.01
FeO	12.15	9.96	12.08	12.57	12.15	8.15	12.14	12.34	10.52	11.88	12.23	12.44	11.97	12.26	12.20 FeO	11.67	1.21
MnO	0.22	0.11	0.24	0.31	0.39	0.00	0.32	0.22	0.14	0.35	0.18	0.34	0.13	0.32	0.16 MnO	0.23	0.11
MgO	14.57	15.61	14.71	15.45	14.88	16.06	14.68	14.36	15.49	14.78	14.78	14.17	14.90	14.87	14.94 MgO	14.95	0.50
CaO	10.72	11.32	10.79	10.77	11.01	11.17	10.79	10.96	10.88	10.55	10.80	11.00	11.03	10.88	10.96 CaO	10.91	0.19
Na₂O	1.86	2.01	1.69	1.71	1.74	2.07	1.78	1.74	1.98	1.71	1.74	1.93	1.81	1.79	1.85 Na ₂ O	1.83	0.12
K ₂ O	0.34	0.34	0.37	0.29	0.32	0.34	0.36	0.36	0.33	0.30	0.32	0.27	0.32	0.33	0.34 K ₂ O	0.33	0.03
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.60	96.53	95.57	97.78	96.96	95.09	95.45	95.33	96.05	95.41	95.97	96.35	96.11	96.64	96.31		

緑色普通角閃石の分析結果:DSS ホーキ

point No.	<u> </u>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均值	標準偏差
SiO ₂	47.10	46.99	47.42	48.37	47.51	47.66	48.82	47.61	46.40	47.86	48.74	46.61	47.50	47.98	48.28 SiO ₂	47.66	0.71
TiO ₂	1.36	1.54	1.23	1.06	1.53	1.21	0.74	1.16	1.41	1.17	1.17	1.58	1.27	1.27	1.30 TiO ₂	1.27	0.21
AI_2O_3	8.40	8.49	8.16	7.37	8.28	8.07	7.46	8.01	9.09	7.77	7.41	8.62	8.02	7.82	8.00 Al ₂ O ₃	8.06	0.47
FeO	12.16	12.74	12.56	13.12	12.50	13.06	13.31	13.79	13.85	12.54	13.01	13.10	13.48	12.93	12.57 FeO	12.98	0.49
MnO	0.31	0.34	0.36	0.61	0.37	0.34	0.47	0.56	0.52	0.38	0.53	0.29	0.63	0.41	0.33 MnO	0.43	0.11
MgO	15.72	15.74	15.71	15.49	15.47	15.28	15.62	14.53	14.51	15.51	16.16	14.95	15.04	15.75	15.66 MgO	15.41	0.47
CaO	10.86	10.69	10.53	10.16	10.84	10.84	10.42	11.08	10.90	10.59	10.02	10.61	10.62	10.37	10.54 CaO	10.60	0.28
Na ₂ O	1.54	1.57	1.53	1.34	1.54	1.42	1.38	1.28	1.66	1.39	1.55	1.53	1.53	1.46	1.47 Na ₂ O	1.48	0.10
K ₂ O	0.37	0.29	0.29	0.21	0.36	0.33	0.26	0.29	0.31	0.31	0.28	0.44	0.38	0.34	0.26 K ₂ O	0.31	0.06
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	97.82	98.39	97.79	97.73	98.40	98.21	98.48	98.31	98.65	97.52	98.87	97.73	98.47	98.33	98.41		

緑色普通角閃石の分析結果:mihama

採取地点 Mihama

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	49.17	49.42	47.50	49.27	49.04	50.05	49.54	49.34	49.33	47.94	49.60	48.80	49.45	48.35	48.79 SiO ₂	49.04	0.67
TiO ₂	1.01	1.17	1.36	1.26	1.10	1.02	1.07	1.07	1.25	1.19	1.05	1.10	1.11	1.32	1.36 TiO ₂	1.16	0.12
Al_2O_3	6.93	6.53	7.32	6.86	7.03	6.31	6.32	6.35	6.42	6.89	5.96	6.65	6.25	6.99	7.00 Al ₂ O ₃	6.65	0.38
FeO	12.60	11.95	12.39	12.12	12.70	11.68	12.00	11.97	12.16	12.28	11.78	12.10	11.65	12.43	12.06 FeO	12.12	0.31
MnO	0.74	0.57	0.60	0.50	0.58	0.69	0.73	0.55	0.64	0.61	0.69	0.67	0.60	0.54	0.70 MnO	0.63	0.07
MgO	16.07	16.13	15.10	15.97	15.58	16.23	16.04	16.05	16.13	15.64	15.96	16.01	16.24	15.83	15.83 MgO	15.92	0.30
CaO	10.52	10.69	10.99	10.99	11.36	10.84	10.66	10.71	10.88	10.66	11.17	10.91	10.75	10.81	11.00 CaO	10.86	0.22
Na ₂ O	1.15	1.07	1.25	1.22	1.10	1.10	1.01	1.05	1.11	1.18	1.03	1.19	1.10	1.15	1.20 Na ₂ O	1.13	0.07
K ₂ O	0.28	0.29	0.34	0.34	0.40	0.29	0.23	0.32	0.26	0.34	0.27	0.39	0.25	0.35	0.23 K ₂ O	0.31	0.05
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	98.47	97.82	96.85	98.53	98.89	98.21	97.60	97.41	98.18	96.73	97.51	97.82	97.40	97.77	98.17		

【付録13】



カミングトン閃石の分析結果:大井川(TRM)

採取地点	大井川TRM-1	10										
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9		平均値	標準偏差
SiO ₂	52.49	52.66	53.87	53.28	53.38	54.14	53.63	52.83	54.47	SiO ₂	53.42	0.68
TiO ₂	0.44	0.41	0.31	0.30	0.38	0.16	0.28	0.39	0.23	TiO ₂	0.32	0.09
Al_2O_3	3.19	2.82	1.96	2.39	2.28	1.81	1.92	2.53	1.79	AI_2O_3	2.30	0.49
FeO	16.41	16.51	16.09	16.46	16.26	16.59	16.35	16.42	15.89	FeO	16.33	0.22
MnO	0.62	0.67	0.68	0.61	0.66	0.78	0.71	0.70	0.63	MnO	0.67	0.05
MgO	19.74	20.04	20.88	19.96	20.25	20.54	20.61	19.88	21.11	MgO	20.33	0.48
CaO	2.43	2.05	1.74	2.27	2.12	1.48	1.95	2.21	1.36	CaO	1.96	0.36
Na ₂ O	0.53	0.43	0.25	0.42	0.37	0.27	0.30	0.43	0.22	Na ₂ O	0.36	0.10
K ₂ O	0.03	0.05	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.07	0.00	K ₂ O	0.02	0.03
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.88	95.64	95.78	95.71	95.74	95.78	95.75	95.46	95.70			

カミングトン閃石の分析結果: Iz-Ktc

採取地点	Iz-Ktc																
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	51.42	52.37	51.74	52.45	51.93	51.70	51.41	52.77	51.80	52.75	52.67	51.62	52.14	52.56	50.55 SiO ₂	51.99	0.62
TiO ₂	0.36	0.32	0.32	0.29	0.30	0.42	0.32	0.19	0.39	0.24	0.21	0.30	0.30	0.37	0.49 TiO ₂	0.32	0.08
AI_2O_3	3.31	2.57	3.08	2.46	2.84	3.42	2.98	2.40	3.38	2.07	2.11	3.01	2.78	2.41	4.40 Al ₂ O ₃	2.88	0.60
FeO	18.55	17.93	17.98	18.41	18.70	17.86	18.42	18.56	18.49	18.32	18.35	18.64	18.40	18.47	17.14 FeO	18.28	0.40
MnO	0.95	1.04	1.12	0.98	0.97	1.14	1.12	1.04	1.00	1.05	1.01	0.95	1.23	0.85	0.84 MnO	1.02	0.11
MgO	18.21	19.04	18.53	19.14	18.72	18.56	18.58	18.98	18.50	19.41	19.30	18.44	18.49	19.10	17.49 MgO	18.70	0.49
CaO	2.35	1.74	2.02	1.56	1.58	2.29	1.80	1.62	1.78	1.45	1.56	1.89	1.76	1.57	3.93 CaO	1.93	0.61
Na ₂ O	0.55	0.48	0.56	0.24	0.28	0.58	0.41	0.30	0.40	0.28	0.35	0.50	0.50	0.38	0.70 Na ₂ O	0.43	0.13
K₂O	0.07	0.07	0.06	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.01	0.03	0.13 K ₂ O	0.04	0.04
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.77	95.56	95.41	95.57	95.32	95.97	95.08	95.86	95.74	95.60	95.56	95.42	95.61	95.74	95.67 Total		

カミングトン閃石の分析結果:Iz-Ktc

採取地点 [OMP														
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		平均值	標準偏差
SiO ₂	52.63	51.75	51.72	52.97	54.90	52.75	51.52	52.32	53.23	51.98	51.83	52.82	SiO ₂	52.54	0.93
TiO ₂	0.35	0.31	0.51	0.28	0.21	0.24	0.54	0.30	0.26	0.32	0.40	0.37	TiO ₂	0.34	0.10
AI_2O_3	2.83	2.80	3.19	2.05	1.61	2.66	3.23	2.50	1.88	3.06	2.70	2.51	Al_2O_3	2.59	0.51
FeO	16.49	16.00	15.97	17.29	17.86	16.57	16.52	16.97	17.16	16.60	17.13	16.53	FeO	16.76	0.55
MnO	0.73	0.68	0.79	0.68	0.76	0.68	0.52	0.77	0.87	0.46	0.68	0.61	MnO	0.69	0.11
MgO	20.32	20.51	19.44	20.62	21.38	20.68	20.00	20.16	20.29	20.27	19.98	20.48	MgO	20.34	0.47
CaO	1.87	2.68	3.66	1.51	1.61	1.84	2.51	2.17	1.58	2.66	1.98	2.08	CaO	2.18	0.62
Na ₂ O	0.44	0.41	0.50	0.33	0.19	0.43	0.54	0.43	0.38	0.57	0.44	0.42	Na ₂ O	0.42	0.10
K ₂ O	0.00	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.04	K ₂ O	0.02	0.02
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.66	95.14	95.85	95.73	98.55	95.85	95.38	95.62	95.66	95.92	95.18	95.86	Total		



【付録13】

【付録13】

テフラ試料の採取位置:能登半島(七尾 NNO-0T 及び NNO-100T シリーズ)



討約来中	火山ガラスの)形態別含有量	(/3000粒子)	重鉱物	の含有量(/300	00粒子)	β 石英	水山ガラスの屈折率(nd)	台方輝石の同近率(x)	毎問石の屈垢率(n2)	テフラタ
	Bw	Pm	0	Орх	Gho	Cum	(/3000粒子)		新51年105年11年(7)	内内石(の油))平(12)	7.7.74
NNO-054T	0.2	0	0	0	0.3	0	0				Ng-1近接噴火テフラ?
NNO-051T	0	0	0	0.4	0	0	0.1		1.702-1.722 (モード1.702-1.710)		
NNO-048T	0	0	0	0	0	0	0				
NNO-045T	0	0	0	0	0	0	0.1				
NNO-042T	0	0	0	0	0	0	0.1				
NNO-039T	0.1	0	0	0	0	0	0				
NNO-036T	0	0	0	0	0	0	0				
NNO-033T	0.1	0	0	0	0	0.1	0.1				Ng-1近接噴火テフラ?
NNO-030T	0	0	0	0	0	0	0.1				
NNO-027T	0.1	0	0	0	0	0	0.4				
NNO-024T	0	0	0	0	0.1	0	0				
NNO-021T	0	0	0	0	0.1	0	0.3				
NNO-018T	0	0	0	0	0.1	0	0.2				
NNO-015T	0	0	0	0	0	0	0.1				
NNO-012T	0	0	0	0	0	0	0.9				
NNO-009T	0	0	0	0	0	0	1.3				
NNO-006T	0	0	0	0	0	0	1.1				
NNO-003T	0	0	0	0	0	0	0.5				
NNO-000T	0	0	0	0.1	0.1	0	0.5				

粒子組成:能登半島(七尾 NNO-0T シリーズ)

Bw: バブルウォールタイプ Pm: パミスタイプ O: 低発泡タイプ Opx:斜方輝石 Gho:緑色普通角閃石 Cum:カミングトン閃石

計제조급	火山ガラスの	D形態別含有量	(/3000粒子)	重鉱物	の含有量(/30	00粒子)	β石英	/# *	小山ボラスの屈垢液(***)	約本郷石の屈垢率(*)	毎月二の同伝液(***)	
武州省方	Bw	Pm	0	Орх	Gho	Cum	(/3000粒子)	加方	スロガリスの屈折率(na)	新力庫石の超力率(7)	再内石の油が平(12)	1274
NNO-138T	1.2	0	0	0.4	13	0	1.7		1.494-1.501	1.699-1.709, (1.710-1.713, 1.722-1.724)		
NNO-137T	0.5	0	0	0.4	11	0	1		1.494-1.500	1.698-1.708		
NNO-136T	0.7	0	0	0.6	9	0	1.4		1.494-1.500	1.698-1.700, 1.700-1.707, 1.716-1.720		DKP混在
NNO-135T	0.7	0	0	0.4	16	0	1.8		1.494-1.500	1.700-1.708	1.675-1.682. (1.683-1.691)	1
NNO-134T	0.7	0	0	0.2	2.9	0	2.2		1.494-1.501	1.702-1.711		
NNO-133T	0.5	0	0	0	2.1	0	1.8		1.494-1.502			
NNO-132T	0.6	0	0	0.4	0.8	0.1	1.8		1.493-1.501	1.699-1.703, 1.705-1.711, (1.719-1.725)		美浜テフラ記源角閃
NNO-131T	1.2	0	0	0.2	0.1	0	2.1		1.494-1.503	1.699-1.703, 1.708-1.714, 1.725-1.728		石リワーク
NNO-130T	0.9	0	0	0.4	0.7	0	2.4		1.494-1.499	1.699-1.705, 1.710-1.715		
NNO-129T	1.1	0	0	1.3	0.4	0	3.6		1.494-1.501 (1.505含む)	1.698-1.703 (1.712-1.716, 1.724-1.728)		
NNO-128T	2.5	0	0	2.6	0.4	0	1.2		1.493-1.503	1.698-1.705 (1.705-1.709, 1.712-1.716)		
NNO-127T	2.1	0	0	1.9	0.5	0	2.5		1.493-1.499	1.697-1.703, 1.704-1.709		
NNO-126T	3	0	0	2.8	1.1	0	3.9		1.494-1.500	1.699-1.703 (1.705-1.708, 1.716-1.719)		Aso-4混在
NNO-125T	5.1	0	0	2.5	0.7	0	6.4	ガラス付着βQu多い	1.494-1.500	1.699-1.704 (1.705-1.710, 1.713-1.716)		K-Tz
NNO-124T	3.9	0	0	2.3	0.4	0	3.7	ガラス付着βQu多い	1.493-1.500	1.699-1.702, (1.712-1.714, 1.722-1.725)		
NNO-123T	5.2	0	0	1	0.1	0.1	1.6	ガラス付着βQu多い	1.493-1.499 (1.507含む)			1
NNO-122T	4.7	0	0	1	0.1	0	0.4		1.494-1.499			1
NNO-121T	3.4	0	0	0.6	0	0	0.8		1.494-1.500			SK
NNO-120T	3.7	0	0	0.8	ů 0	0	0.3		1.494-1.499	1.699-1.703 1.707-1.713 1.714-1.719 1.721-1.726		
NNO-119T	4.2	0	0	0.5	0	0	0.7		1.493-1.499			
NNO-118T	3.7	0	0	0.5	0	0	0.1		1.494-1.499			
NNO-117T	2.5	0	0	0.7	0.1	ů ů	0		1.493-1.500			
NNO-116T	2.6	0	0	1.3	0.2	0.1	0.5		$1.494 - 1.503 (\pm - 1.494 - 1.498)$	1.699-1.705, 1.707-1.714, 1.716-1.720		
NNO-115T	1.4	0	0.1	0.6	0.1	0	0.2		1.494-1.503 (E-F1.494-1.499)			
NNO-114T	2.1	0	0	1	0.2	0	0.6		1.494-1.500			
NNO-113T	2.1	0	0.2	0.7	0	0	0		1.493-1.500			
NNO-112T	2.9	0	0	1.6	0	0	0.1		1 494-1 502	1 700-1 704 1 705-1 713 1 718-1 722		
NNO-111T	1.8	0	1	0.9	0.1	0	0.3		1.494-1.501	1.698-1.703, 1.704-1.710, 1.711-1.714		
NNO-110T	1.5	0	0.6	0.4	0	0	0.2		1 494-1 500			
NNO-109T	0.1	0	0.0	0.1	Ő	ő	0.1		1.101 1.000			
NNO-108T	1.2	0	0.5	0.3	0	0	0.5		1.494-1.500			
NNO-107T	0.1	0	0.3	0.1	0.1	0	0.5		1 494-1 503			High-K
NNO-106T	0.2	0	0.5	0.5	0	ů ů	0.3		1.495-1.499	1.698-1.702, 1.704-1.710, 1.710-1.7171.717		
NNO-105T	0	0	0.3	0.1	0	0	0.3					
NNO-104T	0	0	0	0	0.3	0	0.7					
NNO-103T	0	0	ů 0	0	0.2	Ő	0.7	1	1	1		1
NNO-102T	0.2	0	ů 0	0.3	0	0	0.2			1.705-1.712 (1.715-1.720, 1.722-1.7281.728)		1
NNO-101T	0.1	0	0	0.2	0	0	0		1.498-1.499			
NNO-100T	0	0	ů 0	0.1	ő	Ő	0.9	やや大きいガラス包有物含む8Qu1つ含む		1		1
		ナールタイプ		Opx:斜方輝石					•	()肉の値はマイナーた値		•
		<u>オールライノ</u>			-					(このの通ばメリノーな道		

粒子組成:能登半島(七尾 NNO-100T シリーズ)

Bw:バブルウォールタイプ Pm:パミスタイプ O:低発泡タイプ

Gho:緑色普通角閃石 Cum:カミングトン閃石

粒子組成:能登半島(穴水 ANY)

計約米日	火山ガラスの	D形態別含有量	(/3000粒子)	重鉱物	の含有量(/30	00粒子)	β石英	としままでの団括数(md)	約古輝石の屈垢率(*)	毎問石の屈垢 率(ng)	テフラタ
山小1 田 ク	Bw	Pm	0	Орх	Gho	Cum	(/3000粒子)			月内石の油扒平(12)	7274
ANY-20T	0.2	0	0	0	0	0.1	5.9				
ANY-19T	0	0	0	0	0	0.1	8.1				八甲田I
ANY-18T	0	0	0	0	0	0	5.4				
ANY-17T	0	0	0	0	0	0	3.9				
ANY-16T	0	0	0	0	0	0	1.7				
ANY-15T	0	0	0	0	0	0	2.3				
ANY-14T	0	0	0	0	0.1	0	1.9				
ANY-13T	0	0	0	0	0	0	1.6				
ANY-12T	0	0	0	0	0	0	1.1				
ANY-11T	0	0	0	0	0	0	0.4				
ANY-10T	0	0	0	0	0	0	0.8				
ANY-9T	0	0	0	0	0	0	0.4				
ANY-8T	0	0	0	0	0	0	0.6				
ANY-7T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-6T	0	0	0	0	0	0	0.3				
ANY-5T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-4T	0	0	0	0	0	0	0				
ANY-3T	0	0	0	0	0	0	0				
ANY-2T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-1T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-104T	0	0	0	0	0	0	0.3				八甲田 I 微量コンタミ
ANY-103T	0	0	0	0	0	0	0				
ANY-102T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-101T	0	0	0	0	0	0	0.1				
ANY-100T	0	0	0	0	0	0	0.2				

Bw : バブルウォールタイプ Pm : パミスタイプ O : 低発泡タイプ Opx:斜方輝石 Gho:緑色普通角閃石 Cum:カミングトン閃石

ガラスの分析結果:能登半島(七尾 NNO-0T 及び NNO-100T シリーズ)

休业心品	し 尾 NNO-0	33 I			
point No.	1	2		平均值	標準偏差
SiO ₂	75.52	75.37	SiO ₂	75.45	0.11
TiO ₂	0.16	0.06	TiO ₂	0.11	0.07
AI_2O_3	12.09	11.80	AI_2O_3	11.95	0.21
FeO	0.92	0.90	FeO	0.91	0.01
MnO	0.00	0.06	MnO	0.03	0.04
MgO	0.04	0.17	MgO	0.11	0.09
CaO	0.80	1.11	CaO	0.96	0.22
Na ₂ O	1.03	2.24	Na ₂ O	1.64	0.86
K ₂ O	4.84	4.44	K ₂ O	4.64	0.28
Total	95.40	96.15		95.78	

採取地点 七尾 NNO-033T

point No.				平均値	標準偏差
SiO ₂	79.16	78.39	SiO ₂	78.77	0.55
TiO ₂	0.17	0.06	TiO ₂	0.12	0.07
AI_2O_3	12.67	12.27	AI_2O_3	12.47	0.28
FeO	0.96	0.94	FeO	0.95	0.02
MnO	0.00	0.06	MnO	0.03	0.04
MgO	0.04	0.18	MgO	0.11	0.10
CaO	0.84	1.15	CaO	1.00	0.22
Na ₂ O	1.08	2.33	Na ₂ O	1.70	0.88
K ₂ O	5.07	4.62	K ₂ O	4.85	0.32
Total	100.00	100.00		100.00	

<u>採取地点 七尾 NNO-054T</u>

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8		平均值	標準偏差
SiO ₂	74.56	74.51	73.41	74.29	73.52	74.28	73.91	74.57	SiO ₂	74.13	0.46
TiO ₂	0.06	0.22	0.13	0.07	0.05	0.04	0.00	0.02	TiO ₂	0.07	0.07
Al_2O_3	11.77	11.54	11.92	11.95	11.95	11.93	12.08	12.13	AI_2O_3	11.91	0.18
FeO	0.93	0.72	1.03	0.91	0.87	0.94	1.02	0.86	FeO	0.91	0.10
MnO	0.10	0.01	0.00	0.25	0.10	0.05	0.08	0.00	MnO	0.07	0.08
MgO	0.04	0.08	0.03	0.06	0.05	0.12	0.01	0.09	MgO	0.06	0.04
CaO	0.84	0.62	0.83	0.78	0.80	0.93	0.85	0.84	CaO	0.81	0.09
Na₂O	2.96	2.75	2.81	2.95	2.94	2.26	3.01	3.05	Na₂O	2.84	0.25
K ₂ O	4.49	4.94	4.63	4.45	4.50	5.07	4.32	4.46	K ₂ O	4.61	0.26
Total	95.75	95.39	94.79	95.71	94.78	95.62	95.28	96.02		95.42	
point No.										平均値	標準偏差
SiO ₂	77.87	78.11	77.44	77.62	77.57	77.68	77.57	77.66	SiO ₂	77.69	0.21
TiO ₂	0.06	0.23	0.14	0.07	0.05	0.04	0.00	0.02	TiO ₂	0.08	0.07
Al_2O_3	12.29	12.10	12.58	12.49	12.61	12.48	12.68	12.63	AI_2O_3	12.48	0.20
FeO	0.97	0.75	1.09	0.95	0.92	0.98	1.07	0.90	FeO	0.95	0.10
MnO	0.10	0.01	0.00	0.26	0.11	0.05	0.08	0.00	MnO	0.08	0.09
MgO	0.04	0.08	0.03	0.06	0.05	0.13	0.01	0.09	MgO	0.06	0.04
CaO	0.88	0.65	0.88	0.81	0.84	0.97	0.89	0.87	CaO	0.85	0.09
Na₂O	3.09	2.88	2.96	3.08	3.10	2.36	3.16	3.18	Na ₂ O	2.98	0.27
K ₂ O	4.69	5.18	4.88	4.65	4.75	5.30	4.53	4.64	K ₂ O	4.83	0.27
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

【付録13】

林取地品	「 し 宅 INNO-IN	101			
point No.	1	2		平均值	標準偏差
SiO ₂	73.25	73.99	SiO ₂	73.62	0.52
TiO ₂	0.09	0.11	TiO ₂	0.10	0.01
AI_2O_3	11.85	11.85	AI_2O_3	11.85	0.00
FeO	0.95	0.83	FeO	0.89	0.08
MnO	0.10	0.22	MnO	0.16	0.08
MgO	0.01	0.02	MgO	0.02	0.01
CaO	0.87	0.88	CaO	0.88	0.01
Na ₂ O	2.96	2.49	Na ₂ O	2.73	0.33
K ₂ O	4.50	5.07	K ₂ O	4.79	0.40
Total	94.58	95.46		95.02	

採取地点 七尾 NNO-105T

point No.				平均値	標準偏差
SiO ₂	77.45	77.51	SiO ₂	77.48	0.04
TiO ₂	0.10	0.12	TiO ₂	0.11	0.01
Al_2O_3	12.53	12.41	Al_2O_3	12.47	0.08
FeO	1.00	0.87	FeO	0.94	0.10
MnO	0.11	0.23	MnO	0.17	0.09
MgO	0.01	0.02	MgO	0.02	0.01
CaO	0.92	0.92	CaO	0.92	0.00
Na ₂ O	3.13	2.61	Na ₂ O	2.87	0.37
K ₂ O	4.76	5.31	K ₂ O	5.03	0.39
Total	100.00	100.00		100.00	

採取地点	七尾	NNO-	-106T

point No.	1	2	3	4	平均值	標準偏差
SiO ₂	75.16	74.06	73.20	73.37 SiO ₂	73.95	0.89
TiO ₂	0.03	0.08	0.13	0.00 TiO ₂	0.06	0.06
AI_2O_3	12.08	12.04	11.84	11.87 Al ₂ O	₃ 11.96	0.12
FeO	0.92	0.92	1.01	0.89 FeO	0.94	0.05
MnO	0.06	0.01	0.15	0.18 MnO	0.10	0.08
MgO	0.04	0.00	0.03	0.07 MgO	0.04	0.03
CaO	0.89	0.79	0.84	0.82 CaO	0.84	0.04
Na ₂ O	1.32	2.15	3.15	2.73 Na ₂ 0	2.34	0.79
K₂O	5.30	5.20	4.24	4.70 K ₂ O	4.86	0.49
Total	95.80	95.25	94.59	94.63	95.07	

point No.						平均値	標準偏差
SiO ₂	78.46	77.75	77.39	77.53	SiO ₂	77.78	0.47
TiO ₂	0.03	0.08	0.14	0.00	TiO ₂	0.06	0.06
AI_2O_3	12.61	12.64	12.52	12.54	AI_2O_3	12.58	0.06
FeO	0.96	0.97	1.07	0.94	FeO	0.98	0.06
MnO	0.06	0.01	0.16	0.19	MnO	0.11	0.08
MgO	0.04	0.00	0.03	0.07	MgO	0.04	0.03
CaO	0.93	0.83	0.89	0.87	CaO	0.88	0.04
Na₂O	1.38	2.26	3.33	2.88	Na ₂ O	2.46	0.85
K ₂ O	5.53	5.46	4.48	4.97	K ₂ O	5.11	0.49
Total	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点	七尾 NNO-	110T															
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	74.42	74.04	74.13	73.90	73.84	73.72	74.62	73.79	72.77	74.45	74.40	73.81	73.96	74.35	73.57 SiO2	73.98	0.46
TiO ₂	0.07	0.10	0.15	0.04	0.18	0.17	0.04	0.07	0.13	0.09	0.06	0.09	0.11	0.09	0.08 TiO ₂	0.10	0.04
AI_2O_3	11.83	13.09	13.05	12.02	11.55	11.59	12.07	12.14	12.97	11.95	11.97	11.93	12.04	12.09	11.75 Al ₂ O ₃	12.14	0.50
FeO	1.00	0.52	0.41	1.03	1.04	1.04	0.74	0.88	0.58	0.94	0.88	1.03	0.94	0.96	0.84 FeO	0.86	0.20
MnO	0.01	0.33	0.18	0.12	0.14	0.11	0.07	0.06	0.15	0.00	0.07	0.09	0.10	0.07	0.04 MnO	0.10	0.08
MgO	0.06	0.10	0.10	0.06	0.17	0.15	0.04	0.08	0.06	0.02	0.04	0.04	0.09	0.05	0.00 MgO	0.07	0.05
CaO	0.85	0.64	0.69	0.83	0.99	1.09	0.89	0.84	0.67	0.73	0.92	0.81	0.81	0.91	0.54 CaO	0.81	0.14
Na ₂ O	2.05	3.30	3.45	2.83	3.05	2.62	2.89	3.06	3.64	3.25	3.20	3.26	3.11	2.08	2.72 Na ₂ O	2.97	0.45
K₂O	5.37	3.83	3.83	4.51	3.83	4.39	4.37	4.30	3.83	4.20	4.18	3.91	4.50	4.71	5.46 K ₂ O	4.35	0.52
Total	95.66	95.95	95.99	95.34	94.79	94.88	95.73	95.22	94.80	95.63	95.72	94.97	95.66	95.31	95.00	95.38	
maint Na																亚物体	插進后关
	77.00	77 4 7	77.00	77.54	77.00	77 70	77.05	77.40	70 70	77.05	77 70	77 70	77.00	70.01	77.44 0'0	<u>+均恒</u>	<u>惊华''''' 定</u>
5102	//.80	//.1/	//.23	//.51	//.90	//./0	//.95	//.49	/6./6	//.85	11.13	11.12	17.32	78.01	//.44 SiO ₂	//.5/	0.34
TiO ₂	0.07	0.10	0.16	0.04	0.19	0.18	0.04	0.07	0.14	0.09	0.06	0.09	0.11	0.09	0.08 TiO ₂	0.10	0.05
Al_2O_3	12.37	13.64	13.60	12.61	12.18	12.22	12.61	12.75	13.68	12.50	12.51	12.56	12.59	12.68	12.37 Al ₂ O ₃	12.72	0.50
FeO	1.05	0.54	0.43	1.08	1.10	1.10	0.77	0.92	0.61	0.98	0.92	1.08	0.98	1.01	0.88 FeO	0.90	0.21
MnO	0.01	0.34	0.19	0.13	0.15	0.12	0.07	0.06	0.16	0.00	0.07	0.09	0.10	0.07	0.04 MnO	0.11	0.08
MgO	0.06	0.10	0.10	0.06	0.18	0.16	0.04	0.08	0.06	0.02	0.04	0.04	0.09	0.05	0.00 MgO	0.07	0.05
CaO	0.89	0.67	0.72	0.87	1.04	1.15	0.93	0.88	0.71	0.76	0.96	0.85	0.85	0.95	0.57 CaO	0.85	0.15
Na ₂ O	2.14	3.44	3.59	2.97	3.22	2.76	3.02	3.21	3.84	3.40	3.34	3.43	3.25	2.18	2.86 Na ₂ O	3.11	0.48
K₂O	5.61	3.99	3.99	4.73	4.04	4.63	4.56	4.52	4.04	4.39	4.37	4.12	4.70	4.94	5.75 K₂O	4.56	0.55
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

<u> 採取地点</u>	<u>七尾 NNO-1</u>	12T															
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均	直 標準偏差
SiO ₂	74.01	73.85	74.04	72.65	74.01	73.48	74.47	74.49	74.03	73.06	74.20	73.80	74.56	73.46	73.80	SiO ₂ 73.8	6 0.53
TiO ₂	0.23	0.09	0.09	0.32	0.12	0.10	0.10	0.08	0.15	0.12	0.08	0.07	0.13	0.16	0.10	TiO ₂ 0.1	3 0.07
AI_2O_3	12.06	11.89	12.02	12.66	12.15	11.91	12.00	12.17	12.07	11.94	12.06	11.95	12.17	12.43	11.97	Al ₂ O ₃ 12.1	0.21
FeO	0.85	0.87	0.96	1.42	0.84	0.97	0.97	0.85	0.86	0.85	0.98	0.98	0.73	1.18	0.85	FeO 0.9	4 0.17
MnO	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.14	0.04	0.04	0.05	0.00	0.19	0.03	0.07	0.10	MnO 0.0	6 0.06
MgO	0.03	0.02	0.06	0.21	0.01	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.07	0.03	0.05	0.16	0.02	MgO 0.0	5 0.06
CaO	0.93	0.86	0.77	1.29	0.90	0.82	0.76	0.87	0.81	0.79	0.74	0.81	0.85	1.20	0.88	CaO 0.8	9 0.16
Na ₂ O	1.44	2.73	1.36	3.70	2.02	2.83	2.30	1.84	2.99	3.11	2.36	2.98	1.80	3.54	3.04	Na ₂ O 2.5	4 0.73
K₂O	5.00	4.80	5.93	3.73	4.99	4.56	4.93	4.63	4.47	4.41	5.07	4.44	4.90	3.54	4.34	K ₂ O 4.6	5 0.57
Total	94.64	95.11	95.23	96.07	95.04	94.71	95.70	94.99	95.46	94.35	95.56	95.25	95.22	95.74	95.10	95.2	1
point No.																平均	直 標準偏差
SiO ₂	78.20	77.65	77.75	75.62	77.87	77.58	77.82	78.42	77.55	77.44	77.65	77.48	78.30	76.73	77.60	SiO ₂ 77.5	8 0.68
TiO ₂	0.24	0.09	0.09	0.33	0.13	0.11	0.10	0.08	0.16	0.13	0.08	0.07	0.14	0.17	0.11	TiO ₂ 0.1	4 0.07
AI_2O_3	12.74	12.50	12.62	13.18	12.78	12.58	12.54	12.81	12.64	12.66	12.62	12.55	12.78	12.98	12.59	Al ₂ O ₃ 12.7	0.18
FeO	0.90	0.91	1.01	1.48	0.88	1.02	1.01	0.89	0.90	0.90	1.03	1.03	0.77	1.23	0.89	FeO 0.9	9 0.17
MnO	0.10	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.15	0.04	0.04	0.05	0.00	0.20	0.03	0.07	0.11	MnO 0.0	6 0.06
MgO	0.03	0.02	0.06	0.22	0.01	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.07	0.03	0.05	0.17	0.02	MgO 0.0	6 0.06
CaO	0.98	0.90	0.81	1.34	0.95	0.87	0.79	0.92	0.85	0.84	0.77	0.85	0.89	1.25	0.93	CaO 0.9	3 0.16
Na ₂ O	1.52	2.87	1.43	3.85	2.13	2.99	2.40	1.94	3.13	3.30	2.47	3.13	1.89	3.70	3.20	Na ₂ O 2.6	6 0.76
K ₂ O	5.28	5.05	6.23	3.88	5.25	4.81	5.15	4.87	4.68	4.67	5.31	4.66	5.15	3.70	4.56	K ₂ O 4.8	8 0.60
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.0	0

<u>採取地点 七尾 NNO-119T</u>

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	74.12	73.22	73.36	73.68	73.81	73.58	74.17	73.58	73.01	73.85	72.81	73.45	73.50	73.56	73.40 SiO ₂	73.54	0.37
TiO ₂	0.05	0.07	0.11	0.03	0.00	0.15	0.13	0.18	0.20	0.09	0.07	0.03	0.01	0.06	0.13 TiO ₂	0.09	0.06
AI_2O_3	11.64	13.06	13.02	13.04	11.97	13.00	12.97	11.84	11.78	11.71	12.98	13.15	13.12	11.88	11.94 Al ₂ O ₃	12.47	0.64
FeO	0.92	0.45	0.56	0.52	0.94	0.53	0.55	0.76	0.90	0.81	0.51	0.54	0.51	0.74	0.75 FeO	0.67	0.17
MnO	0.00	0.11	0.17	0.00	0.00	0.08	0.04	0.12	0.04	0.00	0.00	0.10	0.21	0.01	0.00 MnO	0.06	0.07
MgO	0.08	0.14	0.13	0.08	0.01	0.18	0.13	0.08	0.02	0.06	0.11	0.14	0.11	0.07	0.03 MgO	0.09	0.05
CaO	0.83	0.69	0.62	0.67	0.76	0.71	0.66	0.72	0.77	0.80	0.64	0.68	0.67	0.81	0.81 CaO	0.72	0.07
Na ₂ O	2.95	3.48	3.61	3.79	2.36	3.71	3.66	1.86	2.78	2.58	3.71	3.65	3.67	2.82	2.53 Na ₂ O	3.14	0.62
K₂O	4.39	3.77	3.80	3.71	4.94	3.62	3.73	6.29	4.75	4.73	3.67	3.80	3.79	4.50	4.75 K₂O	4.28	0.74
Total	94.98	94.99	95.38	95.52	94.79	95.56	96.04	95.43	94.25	94.63	94.50	95.54	95.59	94.45	94.34	95.07	
point No																平均值	標進偏差
SiO ₂	78.04	77.08	76.91	77.14	77.87	77.00	77.23	77.10	77.46	78.04	77.05	76.88	76.89	77.88	77.80 SiO ₂	77.36	0.44
TiO ₂	0.05	0.07	0.12	0.03	0.00	0.16	0.14	0.19	0.21	0.10	0.07	0.03	0.01	0.06	0.14 TiO ₂	0.09	0.06
AI_2O_3	12.26	13.75	13.65	13.65	12.63	13.60	13.50	12.41	12.50	12.37	13.74	13.76	13.73	12.58	12.66 Al ₂ O ₃	13.12	0.62
FeO	0.97	0.47	0.59	0.54	0.99	0.55	0.57	0.80	0.95	0.86	0.54	0.57	0.53	0.78	0.79 FeO	0.70	0.18
MnO	0.00	0.12	0.18	0.00	0.00	0.08	0.04	0.13	0.04	0.00	0.00	0.10	0.22	0.01	0.00 MnO	0.06	0.07
MgO	0.08	0.15	0.14	0.08	0.01	0.19	0.14	0.08	0.02	0.06	0.12	0.15	0.12	0.07	0.03 MgO	0.10	0.05
CaO	0.87	0.73	0.65	0.70	0.80	0.74	0.69	0.75	0.82	0.85	0.68	0.71	0.70	0.86	0.86 CaO	0.76	0.08
Na ₂ O	3.11	3.66	3.78	3.97	2.49	3.88	3.81	1.95	2.95	2.73	3.93	3.82	3.84	2.99	2.68 Na ₂ O	3.31	0.64
K₂O	4.62	3.97	3.98	3.88	5.21	3.79	3.88	6.59	5.04	5.00	3.88	3.98	3.96	4.76	5.03 K ₂ O	4.51	0.78
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

採取地占	七尾 NNO-122T	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	73.86	73.50	73.45	72.45	73.57	73.33	73.94	73.60	73.25	73.53	74.05	72.25	73.72	74.92	73.68 SiO ₂	73.54	0.63
TiO ₂	0.15	0.14	0.10	0.10	0.14	0.03	0.03	0.12	0.08	0.07	0.05	0.10	0.06	0.07	0.15 TiO ₂	0.09	0.04
Al_2O_3	12.94	13.01	12.83	12.82	12.01	11.97	11.53	12.99	13.00	12.28	11.80	12.69	13.14	11.91	13.14 Al ₂ O ₃	12.54	0.56
FeO	0.53	0.42	0.53	0.63	0.93	0.82	1.13	0.52	0.48	1.01	0.71	0.38	0.44	0.84	0.45 FeO	0.65	0.24
MnO	0.27	0.15	0.11	0.19	0.12	0.01	0.10	0.15	0.22	0.04	0.07	0.01	0.26	0.22	0.05 MnO	0.13	0.09
MgO	0.13	0.13	0.12	0.15	0.07	0.04	0.00	0.08	0.11	0.08	0.03	0.14	0.15	0.08	0.15 MgO	0.10	0.05
CaO	0.66	0.62	0.64	0.76	0.76	0.84	0.95	0.72	0.64	0.93	0.80	0.69	0.77	0.78	0.78 CaO	0.76	0.10
Na₂O	3.56	3.80	3.79	3.74	3.07	2.92	3.05	3.75	3.65	3.17	3.06	3.44	3.63	1.04	3.63 Na ₂ O	3.29	0.69
K₂O	3.47	3.61	3.59	3.60	4.39	4.62	4.31	3.88	3.76	4.37	4.32	3.59	3.84	5.67	3.61 K₂O	4.04	0.59
Total	95.57	95.38	95.16	94.44	95.06	94.58	95.04	95.81	95.19	95.48	94.89	93.29	96.01	95.53	95.64	95.14	
a chat Nia																亚梅佐	插进后关
point No.																十均恒	际华洲左
SiO ₂	77.28	77.06	77.19	76.72	77.39	77.53	77.80	76.82	76.95	77.01	78.04	77.45	76.78	78.43	77.04 SiO ₂	77.30	0.49
TiO ₂	0.16	0.15	0.11	0.11	0.15	0.03	0.03	0.13	0.08	0.07	0.05	0.11	0.06	0.07	0.16 TiO ₂	0.10	0.04
AI_2O_3	13.54	13.64	13.48	13.57	12.63	12.66	12.13	13.56	13.66	12.86	12.44	13.60	13.69	12.47	13.74 Al ₂ O ₃	13.18	0.57
FeO	0.55	0.44	0.56	0.67	0.98	0.87	1.19	0.54	0.50	1.06	0.75	0.41	0.46	0.88	0.47 FeO	0.69	0.25
MnO	0.28	0.16	0.12	0.20	0.13	0.01	0.11	0.16	0.23	0.04	0.07	0.01	0.27	0.23	0.05 MnO	0.14	0.09
MgO	0.14	0.14	0.13	0.16	0.07	0.04	0.00	0.08	0.12	0.08	0.03	0.15	0.16	0.08	0.16 MgO	0.10	0.05
CaO	0.69	0.65	0.67	0.80	0.80	0.89	1.00	0.75	0.67	0.97	0.84	0.74	0.80	0.82	0.82 CaO	0.79	0.10
Na₂O	3.73	3.98	3.98	3.96	3.23	3.09	3.21	3.91	3.83	3.32	3.22	3.69	3.78	1.09	3.80 Na ₂ O	3.45	0.73
K₂O	3.63	3.78	3.77	3.81	4.62	4.88	4.53	4.05	3.95	4.58	4.55	3.85	4.00	5.94	3.77 K ₂ O	4.25	0.61
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

採取地点	七尾 NNO-1	23T															
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	73.58	74.01	74.60	73.03	74.30	74.25	74.60	73.20	75.58	73.51	75.11	74.95	73.20	74.01	74.02 SiO ₂	74.13	0.75
TiO ₂	0.19	0.14	0.07	0.01	0.05	0.00	0.08	0.11	0.08	0.07	0.07	0.02	0.09	0.22	0.06 TiO ₂	0.08	0.06
AI_2O_3	13.04	11.56	11.81	13.02	11.69	12.43	11.78	13.11	12.26	12.95	12.04	12.13	12.98	12.97	13.08 Al ₂ O ₃	12.46	0.59
FeO	0.49	1.17	0.90	0.60	0.93	0.90	0.87	0.53	0.93	0.54	0.89	0.93	0.56	0.38	0.55 FeO	0.74	0.23
MnO	0.03	0.02	0.00	0.06	0.09	0.07	0.12	0.12	0.11	0.08	0.07	0.00	0.09	0.07	0.06 MnO	0.07	0.04
MgO	0.13	0.04	0.03	0.13	0.02	0.07	0.05	0.14	0.01	0.14	0.06	0.07	0.20	0.08	0.07 MgO	0.08	0.05
CaO	0.65	0.95	0.52	0.69	0.55	0.50	0.85	0.64	0.87	0.65	0.88	0.92	0.68	0.72	0.74 CaO	0.72	0.14
Na ₂ O	3.60	2.25	2.34	3.76	2.68	3.37	3.24	3.72	1.03	3.71	1.59	1.06	3.81	3.74	3.77 Na ₂ O	2.91	1.02
K₂O	3.80	4.82	5.42	3.73	5.61	4.45	4.33	3.68	5.01	3.75	4.94	5.85	3.55	3.85	3.70 K₂O	4.43	0.79
Total	95.51	94.96	95.69	95.03	95.92	96.04	95.92	95.25	95.88	95.40	95.65	95.93	95.16	96.04	96.05	95.63	
point No.																平均値	標準偏差
SiO ₂	77.04	77.94	77.96	76.85	77.46	77.31	77.77	76.85	78.83	77.05	78.53	78.13	76.92	77.06	77.06 SiO ₂	77.52	0.64
TiO ₂	0.20	0.15	0.07	0.01	0.05	0.00	0.08	0.12	0.08	0.07	0.07	0.02	0.09	0.23	0.06 TiO ₂	0.09	0.06
Al_2O_3	13.65	12.17	12.34	13.70	12.19	12.94	12.28	13.76	12.79	13.57	12.59	12.64	13.64	13.50	13.62 Al ₂ O ₃	13.03	0.63
FeO	0.51	1.23	0.94	0.63	0.97	0.94	0.91	0.56	0.97	0.57	0.93	0.97	0.59	0.40	0.57 FeO	0.78	0.24
MnO	0.03	0.02	0.00	0.06	0.09	0.07	0.13	0.13	0.11	0.08	0.07	0.00	0.09	0.07	0.06 MnO	0.07	0.04
MgO	0.14	0.04	0.03	0.14	0.02	0.07	0.05	0.15	0.01	0.15	0.06	0.07	0.21	0.08	0.07 MgO	0.09	0.06
CaO	0.68	1.00	0.54	0.73	0.57	0.52	0.89	0.67	0.91	0.68	0.92	0.96	0.71	0.75	0.77 CaO	0.75	0.15
Na ₂ O	3.77	2.37	2.45	3.96	2.79	3.51	3.38	3.91	1.07	3.89	1.66	1.10	4.00	3.89	3.93 Na ₂ O	3.05	1.07
K ₂ O	3.98	5.08	5.66	3.93	5.85	4.63	4.51	3.86	5.23	3.93	5.16	6.10	3.73	4.01	3.85 K ₂ O	4.63	0.82
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

採取地占	十尾	NNO-125T	
1 자 위 시 비 님 님	し用	10100 - 1201	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差	
SiO ₂	73.57	74.02	74.52	73.73	73.24	73.95	74.03	73.16	73.29	74.02	74.49	73.73	73.58	75.55	73.10 SiO ₂	73.87	0.64	
TiO ₂	0.09	0.13	0.10	0.05	0.10	0.06	0.17	0.19	0.02	0.01	0.10	0.14	0.12	0.13	0.15 TiO ₂	0.10	0.05	
AI_2O_3	13.12	13.02	12.09	13.21	11.71	13.21	12.11	12.01	12.00	12.10	11.98	12.06	13.09	12.25	13.03 Al ₂ O ₃	12.47	0.56	
FeO	0.42	0.46	0.88	0.44	0.83	0.45	0.97	0.92	1.00	0.94	0.86	0.89	0.57	0.86	0.46 FeO	0.73	0.23	
MnO	0.00	0.08	0.05	0.16	0.08	0.07	0.00	0.03	0.11	0.07	0.07	0.08	0.17	0.00	0.23 MnO	0.08	0.07	
MgO	0.05	0.09	0.08	0.14	0.08	0.08	0.06	0.11	0.01	0.10	0.04	0.05	0.09	0.05	0.15 MgO	0.08	0.04	
CaO	0.62	0.63	0.88	0.66	0.91	0.73	0.85	0.88	0.87	0.83	0.86	0.84	0.63	0.86	0.67 CaO	0.78	0.11	
Na ₂ O	3.69	3.69	3.08	3.66	3.20	3.79	2.60	3.13	3.19	2.24	1.84	2.86	3.59	0.99	3.56 Na₂O	3.01	0.80	
K₂O	3.73	3.75	4.31	3.74	4.29	3.73	4.87	4.13	4.24	5.26	4.92	4.69	3.77	5.30	3.80 K₂O	4.30	0.57	
Total	95.29	95.87	95.99	95.79	94.44	96.07	95.66	94.56	94.73	95.57	95.16	95.34	95.61	95.99	95.15	95.41		
point No.																平均值	標準偏差	
SiO ₂	77.21	77.21	77.63	76.97	77.55	76.98	77.39	77.37	77.37	77.45	78.28	77.33	76.96	78.71	76.83 SiO ₂	77.41	0.50	
TiO ₂	0.09	0.14	0.10	0.05	0.11	0.06	0.18	0.20	0.02	0.01	0.11	0.15	0.13	0.14	0.16 TiO ₂	0.11	0.05	
Al ₂ O ₃	13.77	13.58	12.60	13.79	12.40	13.75	12.66	12.70	12.67	12.66	12.59	12.65	13.69	12.76	13.69 Al ₂ O ₃	13.06	0.56	
FeO	0.44	0.48	0.92	0.46	0.88	0.47	1.01	0.97	1.06	0.98	0.90	0.93	0.60	0.90	0.48 FeO	0.77	0.24	
MnO	0.00	0.08	0.05	0.17	0.08	0.07	0.00	0.03	0.12	0.07	0.07	0.08	0.18	0.00	0.24 MnO	0.08	0.07	
MgO	0.05	0.09	0.08	0.15	0.08	0.08	0.06	0.12	0.01	0.10	0.04	0.05	0.09	0.05	0.16 MgO	0.08	0.04	
CaO	0.65	0.66	0.92	0.69	0.96	0.76	0.89	0.93	0.92	0.87	0.90	0.88	0.66	0.90	0.70 CaO	0.82	0.12	
Na ₂ O	3.87	3.85	3.21	3.82	3.39	3.95	2.72	3.31	3.37	2.34	1.93	3.00	3.75	1.03	3.74 Na ₂ O	3.15	0.84	
K₂O	3.91	3.91	4.49	3.90	4.54	3.88	5.09	4.37	4.48	5.50	5.17	4.92	3.94	5.52	3.99 K ₂ O	4.51	0.60	
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
採取地点	SK																	
-------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------------	--------	------
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		平均値	標準偏差
SiO ₂	74.33	73.93	73.42	73.26	74.71	74.70	74.21	74.94	74.22	74.75	73.47	74.27	74.13	73.71	74.34	SiO ₂	74.16	0.52
TiO ₂	0.16	0.11	0.12	0.06	0.11	0.07	0.03	0.01	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	TiO ₂	0.05	0.05
AI_2O_3	13.03	12.97	12.74	13.05	13.15	13.24	13.04	13.29	12.89	13.24	13.08	12.99	13.03	12.76	13.18	Al_2O_3	13.05	0.16
FeO	0.58	0.60	0.51	0.58	0.51	0.47	0.58	0.68	0.54	0.57	0.47	0.38	0.36	0.57	0.60	FeO	0.53	0.09
MnO	0.08	0.19	0.09	0.20	0.26	0.11	0.16	0.17	0.09	0.02	0.21	0.05	0.06	0.00	0.09	MnO	0.12	0.08
MgO	0.06	0.04	0.17	0.07	0.04	0.06	0.10	0.11	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04	0.08	0.05	MgO	0.07	0.04
CaO	0.67	0.65	0.75	0.75	0.69	0.66	0.67	0.65	0.70	0.66	0.66	0.69	0.72	0.62	0.69	CaO	0.68	0.04
Na₂O	3.47	3.46	3.56	3.74	3.63	3.82	3.58	3.66	3.67	3.74	3.69	3.70	3.76	3.62	3.63	Na₂O	3.65	0.10
K₂O	3.81	3.85	3.65	3.68	3.79	3.82	3.93	3.92	3.92	3.67	3.72	3.85	3.85	3.73	3.78	K₂O	3.80	0.09
Total	96.19	95.80	95.01	95.39	96.89	96.95	96.30	97.43	96.05	96.76	95.37	95.99	95.95	95.09	96.40		96.10	
point No.																	平均値	標準偏差
SiO ₂	77.27	77.17	77.28	76.80	77.11	77.05	77.06	76.92	77.27	77.25	77.04	77.37	77.26	77.52	77.12	SiO ₂	77.17	0.18
TiO ₂	0.17	0.11	0.13	0.06	0.11	0.07	0.03	0.01	0.00	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	TiO ₂	0.06	0.05
AI_2O_3	13.55	13.54	13.41	13.68	13.57	13.66	13.54	13.64	13.42	13.68	13.72	13.53	13.58	13.42	13.67	Al_2O_3	13.57	0.10
FeO	0.60	0.63	0.54	0.61	0.53	0.48	0.60	0.70	0.56	0.59	0.49	0.40	0.38	0.60	0.62	FeO	0.55	0.09
MnO	0.08	0.20	0.09	0.21	0.27	0.11	0.17	0.17	0.09	0.02	0.22	0.05	0.06	0.00	0.09	MnO	0.12	0.08
MgO	0.06	0.04	0.18	0.07	0.04	0.06	0.10	0.11	0.02	0.03	0.07	0.04	0.04	0.08	0.05	MgO	0.07	0.04
CaO	0.70	0.68	0.79	0.79	0.71	0.68	0.70	0.67	0.73	0.68	0.69	0.72	0.75	0.65	0.72	CaO	0.71	0.04
Na ₂ O	3.61	3.61	3.75	3.92	3.75	3.94	3.72	3.76	3.82	3.87	3.87	3.85	3.92	3.81	3.77	Na ₂ O	3.80	0.10
K₂O	3.96	4.02	3.84	3.86	3.91	3.94	4.08	4.02	4.08	3.79	3.90	4.01	4.01	3.92	3.92	K₂O	3.95	0.09
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	



緑色普通角閃石の分析結果

採取地	占	七尾	NNO-	103T
北以川	H.	七串	-0 MIN	เบงเ

		001									
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值	標準偏差
SiO ₂	46.64	49.81	43.77	46.45	46.62	46.76	44.07	43.54	49.57 SiO ₂	46.36	2.30
TiO ₂	1.57	0.77	1.28	1.07	1.61	1.42	1.05	1.33	0.78 TiO ₂	1.21	0.31
AI_2O_3	6.75	5.10	11.49	7.83	6.53	6.72	11.64	11.60	5.17 Al ₂ O ₃	8.09	2.74
FeO	15.33	11.95	14.52	14.88	14.92	15.42	14.18	14.24	12.07 FeO	14.17	1.30
MnO	0.22	0.30	0.19	0.27	0.40	0.13	0.27	0.20	0.40 MnO	0.26	0.09
MgO	12.67	14.66	11.19	11.86	13.07	12.82	11.34	11.31	14.49 MgO	12.60	1.32
CaO	10.74	11.95	11.04	11.98	10.96	10.82	11.31	11.20	12.03 CaO	11.34	0.52
Na₂O	1.32	0.71	1.86	0.80	1.30	1.31	1.74	1.73	0.80 Na ₂ O	1.29	0.44
K ₂ O	0.58	0.49	0.45	0.58	0.51	0.56	0.38	0.38	0.47 K ₂ O	0.49	0.08
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.82	95.74	95.79	95.72	95.92	95.96	95.98	95.53	95.78		

採取地点 七尾 NNO-104T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	1	平均値	標準偏差
SiO ₂	50.20	47.62	47.68	47.86	47.12	48.21	44.35	SiO_2	47.58	1.73
TiO ₂	0.50	1.35	1.44	1.23	1.32	1.30	2.10	TiO ₂	1.32	0.47
Al_2O_3	3.85	5.71	5.74	5.66	6.93	5.57	8.95	Al_2O_3	6.06	1.56
FeO	14.44	14.07	13.71	13.66	13.09	13.00	14.15	FeO	13.73	0.54
MnO	0.66	0.51	0.61	0.72	0.51	0.66	0.31	MnO	0.57	0.14
MgO	13.50	14.11	14.19	14.03	13.75	14.60	12.59	MgO	13.82	0.64
CaO	11.60	10.78	10.68	10.67	11.50	10.80	11.03	CaO	11.01	0.39
Na ₂ O	0.70	1.20	1.28	1.23	0.94	1.31	1.61	Na₂O	1.18	0.29
K ₂ O	0.42	0.31	0.27	0.32	0.66	0.25	0.70	K ₂ O	0.42	0.19
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.87	95.66	95.60	95.38	95.82	95.70	95.79			

point No.	1	2	3	4	5		平均值	標準偏差
SiO ₂	47.28	48.86	45.07	46.61	45.37	SiO ₂	46.64	1.53
TiO ₂	1.48	0.51	1.69	1.30	2.49	TiO ₂	1.49	0.71
AI_2O_3	5.69	6.05	8.48	7.43	7.65	Al_2O_3	7.06	1.16
FeO	13.25	10.03	13.24	13.10	12.77	FeO	12.48	1.38
MnO	0.69	0.33	0.51	0.42	0.35	MnO	0.46	0.15
MgO	14.23	15.78	13.88	14.45	13.81	MgO	14.43	0.80
CaO	10.98	12.38	11.02	10.88	10.74	CaO	11.20	0.67
Na ₂ O	1.59	0.68	1.42	1.21	1.82	Na ₂ O	1.34	0.43
K ₂ O	0.58	0.58	0.48	0.48	0.49	K ₂ O	0.52	0.05
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.77	95.20	95.79	95.88	95.49			

採取地点 七尾 NNO-124T

採取地点 七尾 NNO-125T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9		平均値	標準偏差
SiO ₂	47.51	46.01	46.09	40.95	46.57	43.22	47.00	45.33	48.39	SiO ₂	45.67	2.29
TiO ₂	1.57	1.11	1.13	2.62	1.62	3.20	1.33	1.54	0.83	TiO ₂	1.66	0.77
Al_2O_3	6.04	7.85	7.88	12.13	6.94	9.40	6.58	8.23	5.95	Al_2O_3	7.89	1.94
FeO	11.49	15.69	14.43	12.94	13.96	11.02	15.95	15.67	14.81	FeO	14.00	1.82
MnO	0.49	0.52	0.46	0.11	0.47	0.65	0.23	0.60	0.43	MnO	0.44	0.17
MgO	15.33	11.30	12.39	12.52	13.06	14.36	12.03	12.19	13.43	MgO	12.96	1.25
CaO	11.06	11.40	11.83	11.68	11.81	10.82	11.05	10.41	10.79	CaO	11.21	0.50
Na ₂ O	1.28	1.25	1.11	2.11	0.69	2.34	0.96	1.44	0.92	Na ₂ O	1.34	0.55
K ₂ O	0.47	0.51	0.60	0.47	0.77	0.75	0.64	0.45	0.26	K₂O	0.55	0.16
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	95.24	95.64	95.92	95.53	95.89	95.76	95.77	95.86	95.81	-		

採取地点 七尾 NNO-126T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	49.19	45.46	43.60	46.81	47.72	47.95	48.15	47.04	43.33	47.15	47.50	47.02	42.31	47.14	47.68 SiO ₂	46.54	1.97
TiO ₂	0.83	1.72	2.25	1.56	1.07	1.11	0.92	1.21	3.16	1.41	1.29	1.52	2.88	1.53	1.48 TiO ₂	1.60	0.68
Al_2O_3	4.75	7.51	11.09	6.82	6.06	6.36	5.85	8.50	9.24	7.28	7.27	6.15	10.92	5.98	5.98 Al ₂ O ₃	7.32	1.87
FeO	13.55	15.07	8.98	13.87	14.34	14.63	14.38	8.81	10.71	11.98	11.98	14.36	10.65	13.96	12.53 FeO	12.65	2.06
MnO	0.90	0.51	0.04	0.56	0.45	0.24	0.78	0.17	0.75	0.51	0.36	0.51	0.37	0.97	0.67 MnO	0.52	0.26
MgO	13.79	12.53	15.70	13.05	12.41	13.18	13.97	17.00	14.53	15.16	13.87	12.75	14.33	13.29	14.34 MgO	13.99	1.26
CaO	11.15	11.17	11.44	11.59	12.08	10.89	10.34	11.06	11.03	10.53	11.85	11.56	11.44	11.13	11.12 CaO	11.23	0.46
Na ₂ O	1.14	1.19	2.06	0.83	0.78	0.87	1.11	1.97	2.22	1.42	0.91	1.06	2.28	1.45	1.26 Na ₂ O	1.37	0.52
K ₂ O	0.49	0.61	0.73	0.76	0.68	0.43	0.22	0.10	0.75	0.30	0.61	0.63	0.40	0.47	0.60 K ₂ O	0.52	0.20
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.79	95.77	95.89	95.85	95.59	95.66	95.72	95.86	95.72	95.74	95.64	95.56	95.58	95.92	95.66		

採取地点	七尾	NNO-	127T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均值	直 標準偏差
SiO ₂	43.60	48.19	48.53	47.47	42.87	46.30	42.06	45.97	47.87	44.44	44.54	SiO ₂ 45.62	2.26
TiO ₂	2.48	1.18	0.95	1.44	3.15	1.87	3.12	1.55	0.93	2.08	1.68	TiO ₂ 1.86	0.78
Al_2O_3	9.03	5.41	6.27	5.97	9.22	7.42	10.95	8.11	6.31	8.40	8.98	Al ₂ O ₃ 7.82	1.70
FeO	15.34	13.83	11.47	13.31	10.88	11.47	11.60	12.92	13.56	15.03	14.17	FeO 13.05	1.52
MnO	0.34	0.45	0.39	0.30	0.67	0.33	0.25	0.26	0.58	0.27	0.38	MnO 0.38	0.14
MgO	11.76	14.25	14.61	14.39	14.61	15.09	13.69	14.22	14.48	12.14	12.94	MgO 13.83	1.09
CaO	11.07	10.89	12.19	11.03	10.93	11.42	11.18	10.68	10.03	10.98	10.82	CaO 11.02	0.52
Na₂O	1.41	1.31	0.75	1.44	2.27	1.19	2.20	1.47	1.22	1.46	1.70	Na ₂ O 1.49	0.44
K ₂ O	0.64	0.40	0.53	0.46	0.69	0.66	0.60	0.31	0.22	0.65	0.77	K ₂ O 0.54	0.17
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr ₂ O ₃	
Total	95.67	95.91	95.69	95.81	95.29	95.75	95.65	95.49	95.20	95.45	95.98		

採取地点 七尾 NNO-130T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	45.33	44.47	46.22	43.33	43.75	41.34	44.44	47.26	46.01	45.00	46.95	44.24	46.07	42.98	48.49 SiO ₂	45.06	1.85
TiO ₂	1.73	1.94	0.92	3.31	2.52	2.61	1.29	1.27	1.85	1.61	0.92	2.47	1.68	3.18	1.12 TiO ₂	1.89	0.77
Al_2O_3	7.91	9.29	8.67	9.09	9.16	11.48	8.89	6.78	7.00	9.02	8.49	8.69	6.76	9.13	5.96 Al ₂ O ₃	8.42	1.37
FeO	15.90	12.35	12.90	11.03	14.25	13.05	16.01	11.73	12.66	12.59	13.47	15.03	15.23	11.11	11.64 FeO	13.26	1.67
MnO	0.22	0.06	0.20	0.40	0.26	0.28	0.61	0.68	0.51	0.38	0.62	0.34	0.39	0.61	0.61 MnO	0.41	0.19
MgO	11.92	14.64	12.96	14.41	12.55	13.02	11.42	15.36	14.60	14.45	14.25	12.10	12.98	14.76	15.91 MgO	13.69	1.35
CaO	11.12	10.87	12.33	11.02	10.97	11.39	11.30	10.77	10.85	10.81	10.02	11.07	10.99	11.08	10.68 CaO	11.02	0.48
Na₂O	1.14	1.85	1.05	2.21	1.66	2.13	1.07	1.24	1.60	1.64	1.17	1.31	0.98	2.25	1.12 Na ₂ O	1.49	0.45
K ₂ O	0.64	0.30	0.71	0.96	0.61	0.41	0.70	0.44	0.38	0.34	0.04	0.58	0.41	0.70	0.24 K ₂ O	0.50	0.23
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.91	95.77	95.96	95.76	95.73	95.71	95.73	95.53	95.46	95.84	95.93	95.83	95.49	95.80	95.77		

採取地点	七尾 NNO-1	33T															
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	48.34	47.31	47.96	47.56	42.30	46.98	48.15	47.92	43.86	48.91	48.21	44.64	48.67	47.95	46.24 SiO ₂	47.00	1.93
TiO ₂	1.15	1.25	1.32	1.17	3.41	1.29	1.12	1.17	1.73	0.90	1.11	1.91	0.95	1.11	1.73 TiO ₂	1.42	0.62
Al_2O_3	6.23	7.10	6.40	6.64	10.11	7.08	6.43	6.43	9.67	5.73	6.00	9.09	5.78	6.73	6.95 Al ₂ O ₃	7.09	1.39
FeO	11.67	12.30	11.66	12.13	11.48	12.19	12.03	11.79	13.08	11.53	11.55	12.01	11.49	11.92	13.80 FeO	12.04	0.64
MnO	0.48	0.46	0.61	0.69	0.42	0.49	0.48	0.56	0.26	0.73	0.49	0.37	0.67	0.59	0.58 MnO	0.53	0.13
MgO	15.94	14.96	15.52	15.29	13.95	15.14	15.57	15.71	13.47	15.98	15.55	14.32	15.78	15.32	13.73 MgO	15.08	0.82
CaO	10.75	10.79	10.63	10.58	10.99	10.79	10.56	10.82	11.10	10.56	10.98	10.76	10.70	10.63	10.86 CaO	10.77	0.17
Na ₂ O	1.06	1.24	1.13	1.12	2.31	1.14	1.17	1.03	1.77	1.08	1.02	1.83	1.14	1.09	1.43 Na ₂ O	1.30	0.38
K ₂ O	0.29	0.40	0.36	0.32	0.66	0.41	0.32	0.25	0.69	0.26	0.41	0.38	0.37	0.42	0.37 K ₂ O	0.39	0.13
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.91	95.81	95.59	95.50	95.63	95.51	95.83	95.68	95.63	95.68	95.32	95.31	95.55	95.76	95.69		

採取地点 七尾 NNO-135T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	48.71	46.64	48.52	47.61	47.86	48.19	44.94	48.40	48.26	45.25	48.24	47.09	43.91	49.10	47.40 SiO ₂	47.34	1.53
TiO ₂	1.06	1.59	1.15	1.15	1.23	0.83	1.71	0.33	1.18	1.59	1.27	1.43	1.60	0.95	1.40 TiO ₂	1.23	0.36
AI_2O_3	5.97	7.92	6.37	6.54	6.44	5.51	8.91	5.26	6.20	9.36	6.29	6.82	10.38	5.71	5.37 Al ₂ O ₃	6.87	1.56
FeO	11.36	11.80	11.64	11.71	11.88	15.54	12.70	15.23	11.89	12.41	11.81	12.37	11.30	11.23	15.00 FeO	12.52	1.47
MnO	0.51	0.26	0.57	0.74	0.68	0.58	0.31	1.07	0.59	0.29	0.55	0.67	0.26	0.74	0.80 MnO	0.57	0.23
MgO	15.87	14.67	15.50	15.48	15.43	13.44	14.42	12.58	15.54	14.39	15.71	14.85	14.72	16.23	12.90 MgO	14.78	1.09
CaO	10.66	11.22	10.61	10.95	10.59	10.29	10.64	11.61	10.78	10.51	10.61	10.84	10.89	10.78	11.09 CaO	10.80	0.32
Na ₂ O	1.02	1.27	1.14	1.13	1.09	1.12	1.73	0.91	1.06	1.71	1.10	1.16	2.03	1.02	1.41 Na ₂ O	1.26	0.32
K₂O	0.38	0.31	0.30	0.32	0.37	0.23	0.37	0.51	0.36	0.30	0.29	0.34	0.39	0.21	0.49 K ₂ O	0.34	0.08
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.54	95.68	95.80	95.63	95.57	95.73	95.73	95.90	95.86	95.81	95.87	95.57	95.48	95.97	95.86		

採取地点	七	尾 NNO-1:	36T															
point No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂		45.09	45.38	47.90	49.03	47.65	48.03	48.53	47.34	47.63	49.34	47.16	48.18	48.70	44.41	48.70 SiO ₂	47.54	1.48
TiO ₂		1.82	1.64	1.13	1.03	1.26	1.20	0.97	1.48	1.26	0.96	1.40	1.15	1.02	1.98	0.92 TiO ₂	1.28	0.32
Al_2O_3		8.88	9.11	6.58	6.05	6.81	6.72	5.91	6.80	6.87	5.81	7.34	6.69	6.08	9.23	6.08 Al ₂ O ₃	7.00	1.16
FeO		11.69	12.26	11.65	11.16	11.80	11.87	11.87	11.83	11.73	11.29	11.87	11.70	12.38	11.71	11.54 FeO	11.76	0.31
MnO		0.26	0.22	0.62	0.67	0.67	0.42	0.69	0.60	0.54	0.46	0.66	0.76	0.35	0.22	0.68 MnO	0.52	0.19
MgO		14.92	14.71	15.30	15.77	15.12	15.36	15.28	15.05	15.24	16.07	14.89	15.30	15.21	14.61	15.52 MgO	15.22	0.38
CaO		11.02	10.40	10.58	10.57	10.71	10.77	11.11	10.89	10.79	10.48	10.77	10.59	10.73	10.85	10.71 CaO	10.73	0.19
Na ₂ O		1.72	1.73	1.12	1.09	1.19	1.05	1.03	1.21	1.25	1.07	1.20	1.06	1.14	1.74	1.08 Na ₂ O	1.25	0.26
K₂O		0.34	0.32	0.35	0.29	0.33	0.35	0.29	0.41	0.40	0.23	0.38	0.33	0.22	0.37	0.30 K ₂ O	0.33	0.06
Cr_2O_3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total		95.74	95.77	95.23	95.66	95.54	95.77	95.68	95.61	95.71	95.71	95.67	95.76	95.83	95.12	95.53		

採取地点 七尾 NNO-137T

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	46.88	47.38	47.77	47.52	47.85	48.15	49.93	43.91	46.79	47.37	48.07	48.21	47.92	47.19	47.94 SiO ₂	47.53	1.24
TiO ₂	1.77	1.60	1.23	1.44	1.13	1.17	0.46	2.24	1.31	1.43	1.11	1.19	1.02	1.59	1.18 TiO ₂	1.32	0.40
Al_2O_3	7.08	6.69	6.79	6.54	6.79	6.43	5.11	10.48	7.88	6.96	6.42	6.47	6.55	6.75	6.59 Al ₂ O ₃	6.90	1.14
FeO	11.88	11.85	12.17	13.03	11.78	11.42	11.48	10.95	12.08	11.98	11.68	11.60	12.23	11.80	11.73 FeO	11.84	0.46
MnO	0.60	0.46	0.56	0.38	0.77	0.78	0.55	0.27	0.32	0.57	0.64	0.63	0.54	0.53	0.64 MnO	0.55	0.15
MgO	14.80	15.14	15.24	14.24	15.26	15.42	14.76	14.69	15.28	14.92	15.47	15.36	15.44	15.11	15.51 MgO	15.11	0.36
CaO	10.91	11.08	10.77	11.32	10.70	10.58	12.04	11.06	10.14	10.80	10.65	10.75	10.73	11.06	10.67 CaO	10.88	0.42
Na₂O	1.23	1.21	1.14	0.91	1.25	1.11	0.89	1.95	1.58	1.26	1.12	1.13	1.10	1.20	1.08 Na ₂ O	1.21	0.26
K ₂ O	0.42	0.41	0.28	0.48	0.36	0.31	0.49	0.32	0.19	0.34	0.43	0.33	0.29	0.40	0.33 K ₂ O	0.36	0.08
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	95.57	95.82	95.95	95.86	95.89	95.37	95.71	95.87	95.57	95.63	95.59	95.67	95.82	95.63	95.67		

採取地台	5 DKP
- M - M - M - M - M - M - M - M - M - M	. DIVI

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均値	標準偏差
SiO ₂	44.80	45.91	44.53	44.01	45.12	46.87	44.28	44.49	44.62	44.68	44.83	44.58 Si	iO ₂ 44.89	0.78
TiO ₂	1.80	1.50	1.74	1.66	1.92	1.16	1.87	1.99	1.82	1.80	1.85	1.94 Ti	iO ₂ 1.75	0.23
AI_2O_3	9.23	8.42	9.27	9.90	8.89	7.54	9.12	9.41	9.31	8.99	8.99	9.50 A	l ₂ O ₃ 9.05	0.60
FeO	12.44	12.35	12.18	11.81	11.93	12.12	12.30	12.05	12.01	11.78	11.51	12.11 Fe	eO 12.05	0.26
MnO	0.22	0.23	0.24	0.33	0.24	0.32	0.45	0.19	0.28	0.24	0.13	0.23 M	1nO 0.26	0.08
MgO	14.52	15.09	14.48	14.45	14.93	15.62	14.43	14.75	14.69	14.96	15.11	14.70 M	1gO 14.81	0.35
CaO	10.78	10.51	10.70	10.88	10.76	10.56	10.64	11.04	10.86	10.88	10.82	10.72 C	aO 10.76	0.15
Na ₂ O	1.86	1.69	1.83	1.87	1.80	1.46	1.89	1.88	1.91	1.78	1.87	1.78 N	la ₂ O 1.80	0.12
K ₂ O	0.37	0.30	0.35	0.32	0.38	0.28	0.39	0.39	0.37	0.35	0.33	0.40 K	₂ O 0.35	0.04
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 C	r ₂ O ₃	
Total	96.02	96.00	95.32	95.23	95.97	95.93	95.37	96.19	95.87	95.46	95.44	95.96		

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		平均値	標準偏差
SiO ₂	43.63	43.15	43.42	43.70	42.97	43.92	43.71	43.81	43.17	43.49	SiO ₂	43.50	0.31
TiO ₂	3.23	3.12	3.18	3.00	3.17	3.27	2.90	3.23	3.08	1.95	TiO ₂	3.01	0.39
Al ₂ O ₃	9.32	9.33	9.24	9.47	9.23	9.06	9.49	9.37	9.11	9.87	Al_2O_3	9.35	0.23
FeO	11.00	11.28	11.17	11.34	11.16	11.12	10.95	10.63	10.62	13.01	FeO	11.23	0.67
MnO	0.46	0.47	0.68	0.58	0.63	0.74	0.71	0.48	0.59	0.45	MnO	0.58	0.11
MgO	14.74	14.54	14.68	14.65	14.76	14.75	14.77	14.89	14.60	13.67	MgO	14.61	0.34
CaO	11.16	10.85	10.90	11.05	11.10	10.96	11.21	11.18	10.84	11.05	CaO	11.03	0.14
Na₂O	2.23	2.31	2.24	2.18	2.31	2.32	2.34	2.18	2.36	1.73	Na₂O	2.22	0.18
K₂O	0.81	0.75	0.76	0.74	0.79	0.66	0.80	0.78	0.69	0.50	K ₂ O	0.73	0.09
Cr_2O_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cr_2O_3		
Total	96.58	95.80	96.27	96.71	96.12	96.80	96.88	96.55	95.06	95.72			

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	49.17	49.42	47.50	49.27	49.04	50.05	49.54	49.34	49.33	47.94	49.60	48.80	49.45	48.35	48.79 SiO ₂	49.04	0.67
TiO2	1.01	1.17	1.36	1.26	1.10	1.02	1.07	1.07	1.25	1.19	1.05	1.10	1.11	1.32	1.36 TiO₂	1.16	0.12
Al ₂ O ₃	6.93	6.53	7.32	6.86	7.03	6.31	6.32	6.35	6.42	6.89	5.96	6.65	6.25	6.99	7.00 Al ₂ O ₃	6.65	0.38
FeO	12.60	11.95	12.39	12.12	12.70	11.68	12.00	11.97	12.16	12.28	11.78	12.10	11.65	12.43	12.06 FeO	12.12	0.31
MnO	0.74	0.57	0.60	0.50	0.58	0.69	0.73	0.55	0.64	0.61	0.69	0.67	0.60	0.54	0.70 MnO	0.63	0.07
MgO	16.07	16.13	15.10	15.97	15.58	16.23	16.04	16.05	16.13	15.64	15.96	16.01	16.24	15.83	15.83 MgO	15.92	0.30
CaO	10.52	10.69	10.99	10.99	11.36	10.84	10.66	10.71	10.88	10.66	11.17	10.91	10.75	10.81	11.00 CaO	10.86	0.22
Na₂O	1.15	1.07	1.25	1.22	1.10	1.10	1.01	1.05	1.11	1.18	1.03	1.19	1.10	1.15	1.20 Na₂O	1.13	0.07
K₂O	0.28	0.29	0.34	0.34	0.40	0.29	0.23	0.32	0.26	0.34	0.27	0.39	0.25	0.35	0.23 K ₂ O	0.31	0.05
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Cr ₂ O ₃		
Total	98.47	97.82	96.85	98.53	98.89	98.21	97.60	97.41	98,18	96.73	97.51	97.82	97.40	97.77	98.17		

【付録13】



ガラス包有物の分析結果

採取地点	6T						
point No.	1	2	3	4		平均值	標準偏差
SiO ₂	75.11	73.65	75.03	74.58	SiO ₂	74.59	0.67
TiO ₂	0.06	0.00	0.28	0.29	TiO ₂	0.16	0.15
AI_2O_3	12.34	12.12	11.34	11.45	AI_2O_3	11.81	0.49
FeO	0.82	0.90	1.43	1.50	FeO	1.16	0.35
MnO	0.00	0.05	0.08	0.16	MnO	0.07	0.07
MgO	0.01	0.04	0.29	0.28	MgO	0.16	0.15
CaO	0.50	0.60	1.59	1.68	CaO	1.09	0.63
Na ₂ O	2.73	2.72	3.17	3.07	Na ₂ O	2.92	0.23
K₂O	4.97	4.78	2.19	2.33	K₂O	3.57	1.51
Total	96.54	94.86	95.40	95.34		95.54	
point No.						平均值	標準偏差

point No.						平均値	標準偏差
SiO ₂	77.80	77.64	78.65	78.23	SiO ₂	78.08	0.45
TiO ₂	0.06	0.00	0.29	0.30	TiO ₂	0.16	0.16
AI_2O_3	12.78	12.78	11.89	12.01	AI_2O_3	12.36	0.48
FeO	0.85	0.95	1.50	1.57	FeO	1.22	0.37
MnO	0.00	0.05	0.08	0.17	MnO	0.08	0.07
MgO	0.01	0.04	0.30	0.29	MgO	0.16	0.16
CaO	0.52	0.63	1.67	1.76	CaO	1.14	0.66
Na₂O	2.83	2.87	3.32	3.22	Na ₂ O	3.06	0.25
K₂O	5.15	5.04	2.30	2.44	K ₂ O	3.73	1.57
Total	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

	01											
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9		平均値	標準偏差
SiO ₂	73.61	73.50	73.78	74.41	74.46	74.27	73.88	74.32	73.99	SiO ₂	74.02	0.36
TiO ₂	0.19	0.11	0.17	0.19	0.22	0.20	0.07	0.14	0.20	TiO ₂	0.17	0.05
Al_2O_3	12.23	12.24	12.35	11.35	11.23	11.18	11.15	11.20	12.31	Al_2O_3	11.69	0.56
FeO	0.72	0.80	0.70	1.21	1.46	1.31	1.24	1.13	0.77	FeO	1.04	0.29
MnO	0.07	0.10	0.00	0.16	0.23	0.03	0.01	0.10	0.05	MnO	0.08	0.07
MgO	0.17	0.17	0.23	0.07	0.11	0.11	0.07	0.11	0.20	MgO	0.14	0.06
CaO	1.21	1.27	1.21	0.93	1.04	0.93	0.97	0.94	1.30	CaO	1.09	0.16
Na₂O	3.24	3.06	3.20	3.60	3.65	3.58	3.41	3.65	3.13	Na₂O	3.39	0.24
K ₂ O	2.94	2.89	2.85	2.81	2.79	2.89	2.72	2.81	2.88	K ₂ O	2.84	0.07
Total	94.38	94.14	94.49	94.73	95.19	94.50	93.52	94.40	94.83		94.46	
point No.											平均值	標準偏差
SiO ₂	77.99	78.08	78.08	78.55	78.22	78.59	79.00	78.73	78.02	SiO ₂	78.36	0.36
TiO ₂	0.20	0.12	0.18	0.20	0.23	0.21	0.07	0.15	0.21	TiO ₂	0.18	0.05
Al_2O_3	12.96	13.00	13.07	11.98	11.80	11.83	11.92	11.86	12.98	Al_2O_3	12.38	0.60
FeO	0.76	0.85	0.74	1.28	1.53	1.39	1.33	1.20	0.81	FeO	1.10	0.31
MnO	0.07	0.11	0.00	0.17	0.24	0.03	0.01	0.11	0.05	MnO	0.09	0.08
MgO	0.18	0.18	0.24	0.07	0.12	0.12	0.07	0.12	0.21	MgO	0.15	0.06
CaO	1.28	1.35	1.28	0.98	1.09	0.98	1.04	1.00	1.37	CaO	1.15	0.17
Na₂O	3.43	3.25	3.39	3.80	3.83	3.79	3.65	3.87	3.30	Na₂O	3.59	0.25
K ₂ O	3.12	3.07	3.02	2.97	2.93	3.06	2.91	2.98	3.04	K ₂ O	3.01	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点 8T

【付録13】

採取地点 1	0Т				
point No.	1	2	3	平均値	標準偏差
SiO ₂	75.54	74.87	75.55 SiO ₂	75.32	0.39
TiO ₂	0.37	0.24	0.41 TiO ₂	0.34	0.09
AI_2O_3	11.54	11.45	11.34 Al ₂ O ₃	11.44	0.10
FeO	1.59	1.57	1.59 FeO	1.58	0.01
MnO	0.06	0.02	0.04 MnO	0.04	0.02
MgO	0.24	0.26	0.30 MgO	0.27	0.03
CaO	1.74	1.76	1.69 CaO	1.73	0.04
Na ₂ O	3.20	3.20	3.21 Na ₂ O	3.20	0.01
K₂O	2.24	2.31	2.29 K ₂ O	2.28	0.04
Total	96.52	95.68	96.42	96.21	
point No.				平均値	標準偏差

point No.					平均値	標準偏差
SiO ₂	78.26	78.25	78.36	SiO ₂	78.29	0.06
TiO ₂	0.38	0.25	0.43	TiO ₂	0.35	0.09
AI_2O_3	11.96	11.97	11.76	Al_2O_3	11.89	0.12
FeO	1.65	1.64	1.65	FeO	1.65	0.00
MnO	0.06	0.02	0.04	MnO	0.04	0.02
MgO	0.25	0.27	0.31	MgO	0.28	0.03
CaO	1.80	1.84	1.75	CaO	1.80	0.04
Na ₂ O	3.32	3.34	3.33	Na ₂ O	3.33	0.01
K ₂ O	2.32	2.41	2.38	K ₂ O	2.37	0.05
Total	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点	15T									
point No.	1	2	3	4	5	6	7		平均値	標準偏差
SiO ₂	74.03	73.74	75.28	74.02	74.37	74.96	75.70	SiO ₂	74.59	0.74
TiO ₂	0.24	0.18	0.26	0.07	0.14	0.17	0.21	TiO ₂	0.18	0.06
AI_2O_3	11.27	11.37	11.43	10.97	11.05	11.33	11.23	AI_2O_3	11.24	0.17
FeO	1.06	1.27	1.12	1.34	1.41	1.25	1.25	FeO	1.24	0.12
MnO	0.09	0.08	0.08	0.00	0.05	0.04	0.00	MnO	0.05	0.04
MgO	0.12	0.20	0.18	0.02	0.03	0.18	0.22	MgO	0.14	0.08
CaO	1.45	1.38	1.46	0.10	0.17	1.25	1.31	CaO	1.02	0.61
Na ₂ O	3.24	3.23	3.28	3.46	3.67	3.57	3.48	Na ₂ O	3.42	0.17
K ₂ O	1.95	1.99	1.95	4.58	4.60	2.17	2.27	K ₂ O	2.79	1.24
Total	93.45	93.44	95.04	94.56	95.49	94.92	95.67		94.65	
point No.									平均值	標準偏差
SiO ₂	79.22	78.92	79.21	78.28	77.88	78.97	79.13	SiO ₂	78.80	0.52
TiO ₂	0.26	0.19	0.27	0.07	0.15	0.18	0.22	TiO ₂	0.19	0.07
Al_2O_3	12.06	12.17	12.03	11.60	11.57	11.94	11.74	AI_2O_3	11.87	0.24
FeO	1.13	1.36	1.18	1.42	1.48	1.32	1.31	FeO	1.31	0.12
MnO	0.10	0.09	0.08	0.00	0.05	0.04	0.00	MnO	0.05	0.04
MgO	0.13	0.21	0.19	0.02	0.03	0.19	0.23	MgO	0.14	0.09
CaO	1.55	1.48	1.54	0.11	0.18	1.32	1.37	CaO	1.08	0.64
Na ₂ O	3.47	3.46	3.45	3.66	3.84	3.76	3.64	Na ₂ O	3.61	0.16
K ₂ O	2.09	2.13	2.05	4.84	4.82	2.29	2.37	K ₂ O	2.94	1.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点	17T								
point No.	1	2	3	4	5	6		平均值	標準偏差
SiO ₂	75.38	76.01	73.67	73.81	75.40	75.21	SiO ₂	74.91	0.95
TiO ₂	0.17	0.30	0.03	0.11	0.17	0.18	TiO ₂	0.16	0.09
AI_2O_3	11.07	11.16	12.15	11.96	11.23	11.35	Al_2O_3	11.49	0.45
FeO	1.32	1.32	0.97	1.01	1.12	1.31	FeO	1.18	0.16
MnO	0.01	0.09	0.11	0.07	0.23	0.02	MnO	0.09	0.08
MgO	0.17	0.16	0.00	0.00	0.15	0.19	MgO	0.11	0.09
CaO	1.24	1.17	0.64	0.66	1.16	1.29	CaO	1.03	0.30
Na ₂ O	3.11	3.38	2.83	2.75	3.45	3.55	Na ₂ O	3.18	0.34
K ₂ O	2.21	2.19	4.88	4.84	2.29	2.11	K ₂ O	3.09	1.37
Total	94.68	95.78	95.28	95.21	95.20	95.21		95.23	
point No.								平均值	標準偏差
SiO ₂	79.62	79.36	77.32	77.52	79.20	78.99	SiO ₂	78.67	0.99
TiO ₂	0.18	0.31	0.03	0.12	0.18	0.19	TiO ₂	0.17	0.09
AI_2O_3	11.69	11.65	12.75	12.56	11.80	11.92	Al_2O_3	12.06	0.47
FeO	1.39	1.38	1.02	1.06	1.18	1.38	FeO	1.23	0.17
MnO	0.01	0.09	0.12	0.07	0.24	0.02	MnO	0.09	0.08
MgO	0.18	0.17	0.00	0.00	0.16	0.20	MgO	0.12	0.09
CaO	1.31	1.22	0.67	0.69	1.22	1.35	CaO	1.08	0.31
Na ₂ O	3.28	3.53	2.97	2.89	3.62	3.73	Na ₂ O	3.34	0.35
K ₂ O	2.33	2.29	5.12	5.08	2.41	2.22	K ₂ O	3.24	1.44
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点	19T								
point No.	1	2	3	4	5	6		平均值	標準偏差
SiO ₂	75.90	76.17	75.94	76.65	75.93	75.67	SiO_2	76.04	0.34
TiO ₂	0.30	0.19	0.25	0.20	0.38	0.17	TiO ₂	0.25	0.08
AI_2O_3	11.25	11.36	10.87	11.16	10.92	11.37	Al_2O_3	11.16	0.22
FeO	1.34	1.35	1.09	1.20	1.32	1.29	FeO	1.27	0.10
MnO	0.18	0.15	0.10	0.03	0.11	0.10	MnO	0.11	0.05
MgO	0.18	0.15	0.17	0.20	0.12	0.24	MgO	0.18	0.04
CaO	1.25	1.32	1.18	1.26	1.23	1.17	CaO	1.24	0.06
Na ₂ O	3.36	3.32	3.58	3.51	3.59	3.31	Na ₂ O	3.45	0.13
K ₂ O	2.22	2.24	2.14	2.15	2.28	2.19	K ₂ O	2.20	0.05
Total	95.98	96.25	95.32	96.36	95.88	95.51		95.88	
<u>point No.</u>								平均值	標準偏差
SiO ₂	79.08	79.14	79.67	79.55	79.19	79.23	SiO_2	79.31	0.24
TiO ₂	0.31	0.20	0.26	0.21	0.40	0.18	TiO ₂	0.26	0.08
AI_2O_3	11.72	11.80	11.40	11.58	11.39	11.90	Al_2O_3	11.63	0.21
FeO	1.40	1.40	1.14	1.25	1.38	1.35	FeO	1.32	0.10
MnO	0.19	0.16	0.10	0.03	0.11	0.10	MnO	0.12	0.05
MgO	0.19	0.16	0.18	0.21	0.13	0.25	MgO	0.18	0.04
CaO	1.30	1.37	1.24	1.31	1.28	1.23	CaO	1.29	0.05
Na ₂ O	3.50	3.45	3.76	3.64	3.74	3.47	Na ₂ O	3.59	0.14
K ₂ O	2.31	2.33	2.25	2.23	2.38	2.29	K ₂ O	2.30	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

<u>]木以也尽</u>	201						
point No.	1	2	3	4		平均値	標準偏差
SiO ₂	75.25	75.38	74.88	75.36	SiO ₂	75.22	0.23
TiO ₂	0.20	0.26	0.13	0.17	TiO ₂	0.19	0.05
AI_2O_3	11.38	11.27	11.53	11.28	Al_2O_3	11.37	0.12
FeO	1.30	1.29	1.24	1.03	FeO	1.22	0.13
MnO	0.06	0.13	0.17	0.02	MnO	0.10	0.07
MgO	0.21	0.16	0.20	0.13	MgO	0.18	0.04
CaO	1.20	1.24	1.24	1.23	CaO	1.23	0.02
Na ₂ O	3.50	3.46	3.57	3.57	Na ₂ O	3.53	0.05
K ₂ O	2.25	2.05	2.34	2.11	K ₂ O	2.19	0.13
Total	95.35	95.24	95.30	94.90		95.20	
<u>point No.</u>						平均値	標準偏差
SiO ₂	78.92	79.15	78.57	79.41	SiO ₂	79.01	0.35
TiO ₂	0.21	0.27	0.14	0.18	TiO ₂	0.20	0.06
AI_2O_3	11.93	11.83	12.10	11.89	Al_2O_3	11.94	0.11
FeO	1.36	1.35	1.30	1.09	FeO	1.28	0.13
MnO	0.06	0.14	0.18	0.02	MnO	0.10	0.07
MgO	0.22	0.17	0.21	0.14	MgO	0.18	0.04
CaO	1.26	1.30	1.30	1.30	CaO	1.29	0.02
Na ₂ O	3.67	3.63	3.75	3.76	Na ₂ O	3.70	0.06
K ₂ O	2.36	2.15	2.46	2.22	K ₂ O	2.30	0.14
Total	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点 20T

point No.	1	2	3	4	5		平均値	標準偏差
SiO ₂	74.72	75.68	75.21	73.62	75.24	SiO ₂	74.89	0.79
TiO ₂	0.18	0.26	0.30	0.25	0.22	TiO ₂	0.24	0.04
AI_2O_3	10.93	11.22	11.20	11.21	11.50	Al_2O_3	11.21	0.20
FeO	1.13	1.15	1.27	1.13	1.22	FeO	1.18	0.06
MnO	0.00	0.13	0.05	0.14	0.09	MnO	0.08	0.06
MgO	0.11	0.22	0.15	0.14	0.23	MgO	0.17	0.05
CaO	1.25	1.30	1.28	1.30	1.29	CaO	1.28	0.02
Na ₂ O	3.54	3.48	3.65	3.45	3.81	Na ₂ O	3.59	0.15
K ₂ O	2.10	2.16	2.09	2.24	2.22	K ₂ O	2.16	0.07
Total	93.96	95.60	95.20	93.48	95.82		94.81	
								<u> </u>
<u>point No.</u>							平均值	標準偏差
SiO ₂	79.52	79.16	79.00	78.75	78.52	SiO ₂	78.99	0.38
TiO ₂	0.19	0.27	0.32	0.27	0.23	TiO ₂	0.26	0.05
AI_2O_3	11.63	11.74	11.76	11.99	12.00	Al_2O_3	11.83	0.16
FeO	1.20	1.20	1.33	1.21	1.27	FeO	1.24	0.06
MnO	0.00	0.14	0.05	0.15	0.09	MnO	0.09	0.06
MgO	0.12	0.23	0.16	0.15	0.24	MgO	0.18	0.05
CaO	1.33	1.36	1.34	1.39	1.35	CaO	1.35	0.02
Na ₂ O	3.77	3.64	3.83	3.69	3.98	Na ₂ O	3.78	0.13
K ₂ O	2.23	2.26	2.20	2.40	2.32	K ₂ O	2.28	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

採取地点 八甲田 Ι ガラス包有物

K-Tzガラス	、包有物
採取地点	Tanegashima glass inclusion

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	66.57	68.47	66.79	69.47	66.92	66.78	66.44	65.37	64.81	66.40	70.11	67.90	66.74	66.67	64.92
TiO ₂	0.26	0.23	0.17	0.27	0.27	0.28	0.05	0.23	0.21	0.15	0.07	0.20	0.34	0.21	0.09
Al_2O_3	9.67	10.13	9.74	9.63	10.06	9.33	9.42	9.53	9.58	9.89	10.50	9.59	10.11	9.62	9.35
FeO	0.76	0.94	1.06	0.87	0.99	0.73	0.91	0.78	0.92	0.86	1.09	0.91	0.94	0.83	1.04
MnO	0.02	0.04	0.00	0.08	0.01	0.06	0.15	0.10	0.06	0.06	0.01	0.07	0.04	0.15	0.02
MgO	0.14	0.09	0.07	0.18	0.12	0.15	0.08	0.13	0.07	0.11	0.10	0.19	0.12	0.16	0.11
CaO	0.87	0.93	1.03	0.94	0.95	0.80	0.94	0.98	0.96	0.95	0.98	0.85	1.08	0.93	0.95
Na₂O	2.62	2.85	2.75	2.74	2.76	2.57	2.65	2.75	2.66	2.72	2.97	2.77	2.75	2.73	2.76
K ₂ O	2.95	2.96	2.92	2.76	3.01	2.92	2.88	3.01	2.80	2.81	3.10	2.88	2.89	2.92	2.65
Total	83.86	86.64	84.53	86.94	85.09	83.62	83.52	82.88	82.07	83.95	88.93	85.36	85.01	84.22	81.89
point No.															
SiO ₂	79.38	79.03	79.01	79.91	78.65	79.86	79.55	78.87	78.97	79.09	78.84	79.55	78.51	79.16	79.28
TiO ₂	0.31	0.27	0.20	0.31	0.32	0.33	0.06	0.28	0.26	0.18	0.08	0.23	0.40	0.25	0.11
Al_2O_3	11.53	11.69	11.52	11.08	11.82	11.16	11.28	11.50	11.67	11.78	11.81	11.23	11.89	11.42	11.42
FeO	0.91	1.08	1.25	1.00	1.16	0.87	1.09	0.94	1.12	1.02	1.23	1.07	1.11	0.99	1.27
MnO	0.02	0.05	0.00	0.09	0.01	0.07	0.18	0.12	0.07	0.07	0.01	0.08	0.05	0.18	0.02
MgO	0.17	0.10	0.08	0.21	0.14	0.18	0.10	0.16	0.09	0.13	0.11	0.22	0.14	0.19	0.13
CaO	1.04	1.07	1.22	1.08	1.12	0.96	1.13	1.18	1.17	1.13	1.10	1.00	1.27	1.10	1.16
Na₂O	3.12	3.29	3.25	3.15	3.24	3.07	3.17	3.32	3.24	3.24	3.34	3.25	3.23	3.24	3.37
K ₂ O	3.52	3.42	3.45	3.17	3.54	3.49	3.45	3.63	3.41	3.35	3.49	3.37	3.40	3.47	3.24
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



岩石風化模擬実験に係るデータ集

令和3年3月

一般財団法人 電力中央研究所

1.	岩石風化模擬実験の分析結果	付 14-10
1.1	試料性状	
1.2	光学顕微鏡観察	
1.3	目視観察	
1.4	マイクロフォーカス X線 CT スキャナーによる撮影結果	
1.5	SEM 観察	付 14-72
1.6	XRD 分析	付 14-129
1.7	水銀ポロシメータ測定	付 14-162
1.8	溶液の ICP-OES および ICP-MS 分析	付 14-221

义	1.1-1	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(1)付 14-	13
义	1.1-2	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(2)付 14-	14
义	1.1-3	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(3)付 14-	15
义	1.1-4	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(4)付 14-	16
义	1.1-5	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(5)付 14-	$\cdot 17$
义	1.1-6	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(6)付 14-	18
义	1.1-7	浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(7)付 14-	19
义	1.2-1	試料 R2MZ-02 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	20
义	1.2-2	試料 R2MZ-03 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 21$
义	1.2-3	試料 R2MZ-04 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 22$
义	1.2-4	試料 R2MZ-05 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	23
义	1.2-5	試料 R2MZ-06 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 24$
义	1.2-6	試料 R2MZ-07 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 25$
义	1.2-7	試料 R2MZ-08 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-26
义	1.2-8	試料 R2MZ-09の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 27$
义	1.2-9	試料 R2MZ-10の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 28$
义	1.2-10	試料 R2MZ-11 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	29
义	1.2-11	試料 R2MZ-12 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-30
义	1.2-12	試料 R2MZ-13の薄片写真と鉱物名略称付 14-	31
义	1.2-13	試料 R2MZ-14 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	32
义	1.2-14	試料 R2MZ-15 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-33
义	1.2-15	試料 R2MZ-16の薄片写真と鉱物名略称付 14-	34
义	1.2-16	試料 R2MZ-17 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-35
义	1.2-17	試料 R2MZ-18 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-36
义	1.2-18	試料 R2MZ-19の薄片写真と鉱物名略称付 14-	·37
义	1.2-19	試料 R2MZ-20 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-38
义	1.2-20	試料 R2MZ-21 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	-39
义	1.2-21	試料 R2MZ-22 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	·40
义	1.2-22	試料 R2MZ-23 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	41
义	1.2-23	試料 R2MZ-24 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	42
义	1.2-24	試料 R2MZ-25 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	43
义	1.2-25	試料 R2MZ-26 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	44
义	1.2-26	試料 R2MZ-27 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	45
义	1.2-27	試料 R2MZ-28 の薄片写真と鉱物名略称付 14-	46
义	1.2-28	試料 R2MZ-29の薄片写真と鉱物名略称付 14-	$\cdot 47$
义	1.3-1	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(1)付 14-	48
义	1.3-2	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(2)付 14-	49

図目次

义	1.3-3	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(3)付 14-50
义	1.3-4	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(4)付 14-51
义	1.3-5	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(5)付 14-52
义	1.3-6	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(6)付 14-53
义	1.3-7	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(7)付 14-54
义	1.3-8	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(8)付 14-55
义	1.3-9	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(9)付 14-56
义	1.3-10	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(10)付 14-57
义	1.3-11	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(11)付 14-58
义	1.3-12	浸漬試料の浸漬中目視観察結果(12)付 14-59
义	1.4-1	試料 R2MZ-02,03,04 µCT 測定結果画像付 14-61
义	1.4-2	試料 R2MZ-05,06,07 µCT 測定結果画像付 14-62
义	1.4-3	試料 R2MZ-08,09,10 µCT 測定結果画像付 14-63
义	1.4-4	試料 R2MZ-11,12,13 μCT 測定結果画像付 14-64
义	1.4-5	試料 R2MZ-14,15,16 µCT 測定結果画像付 14-65
义	1.4-6	試料 R2MZ-17,18,19 µCT 測定結果画像付 14-66
义	1.4-7	試料 R2MZ-20,21,22 µCT 測定結果画像付 14-67
义	1.4-8	試料 R2MZ-23,24,25 µCT 測定結果画像付 14-68
义	1.4-9	試料 R2MZ-26,27,28 μCT 測定結果画像付 14-69
义	1.4-10	試料 R2MZ-29 µCT 測定結果画像付 14-70
义	$1.5 \cdot 1$	R2MZ-02の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-73
义	1.5 - 2	R2MZ-02の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)
义	1.5-3	R2MZ-02の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)
义	1.5-4	R2MZ-02 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)
义	1.5 - 5	R2MZ-03の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-75
义	1.5-6	R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)
义	1.5-7	R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)付14-76
义	1.5-8	R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)
义	1.5-9	R2MZ-04の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-77
义	1.5-10	R2MZ-04 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)
义	1.5-11	R2MZ-04 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)
义	1.5 - 12	R2MZ-04の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)
义	1.5-13	R2MZ-05の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-79
义	1.5-14	R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)
义	$1.5 \cdot 15$	R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)
义	1.5-16	R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)
义	1.5-17	R2MZ-06の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-81
义	1.5-18	R2MZ-06の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)

図 1.5-19	・ R2MZ-06 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	
図 1.5-20	R2MZ-06の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	付 14-82
図 1.5-21	R2MZ-07 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-83
図 1.5-22	R2MZ-07 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-83
図 1.5-23	R2MZ-07 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-84
図 1.5-24	R2MZ-07 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-84
図 1.5-25	R2MZ-08 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-85
図 1.5-26	R2MZ-08 の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)	付 14-85
図 1.5-27	R2MZ-08 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-86
図 1.5-28	R2MZ-08の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	付 14-86
図 1.5-29	R2MZ-09 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-87
図 1.5-30	R2MZ-09 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-87
図 1.5-31	R2MZ-09 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-88
図 1.5-32	R2MZ-09 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-88
図 1.5-33	R2MZ-10 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-89
図 1.5-34	R2MZ-10 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-89
図 1.5-35	R2MZ-10の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)	付 14-90
図 1.5-36	R2MZ-10 の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	付 14-90
図 1.5-37	R2MZ-11 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-91
図 1.5-38	R2MZ-11 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-91
図 1.5-39	R2MZ-11 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-92
図 1.5-40	R2MZ-11 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-92
図 1.5-41	R2MZ-12 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-93
図 1.5-42	R2MZ-12 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-93
図 1.5-43	R2MZ-12 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-94
図 1.5-44	R2MZ-12 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-94
図 1.5-45	R2MZ-13の45日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-95
図 1.5-46	R2MZ-13 の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)	付 14-95
図 1.5-47	R2MZ-13の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)	付 14-96
図 1.5-48	R2MZ-13の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	付 14-96
図 1.5-49	R2MZ-14 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-97
図 1.5-50	R2MZ-14 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-97
図 1.5-51	R2MZ-14 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-98
図 1.5-52	R2MZ-14 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-98
図 1.5-53	R2MZ-15 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像	付 14-99
図 1.5-54	R2MZ-15 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)	付 14-99
図 1.5-55	R2MZ-15 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)	付 14-100
図 1.5-56	5 R2MZ-15 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)	付 14-100

図 1.5-57	R2MZ-16 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-101
図 1.5-58	R2MZ-16 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-101
図 1.5-59	R2MZ-16 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-102
図 1.5-60	R2MZ-16 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-102
図 1.5-61	R2MZ-17 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-103
図 1.5-62	R2MZ-17 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-103
図 1.5-63	R2MZ-17 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-104
図 1.5-64	R2MZ-17 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-104
図 1.5-65	R2MZ-18 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-105
図 1.5-66	R2MZ-18 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-105
図 1.5-67	R2MZ-18 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-106
図 1.5-68	R2MZ-18 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-106
図 1.5-69	R2MZ-19 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-107
図 1.5-70	R2MZ-19 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-107
図 1.5-71	R2MZ-19 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-108
図 1.5-72	R2MZ-19 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-108
図 1.5-73	R2MZ-20 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-109
図 1.5-74	R2MZ-20 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-109
図 1.5-75	R2MZ-20 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-110
図 1.5-76	R2MZ-20 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-110
図 1.5-77	R2MZ-21 \bigcirc 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-111
図 1.5-78	R2MZ-21 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-111
図 1.5-79	R2MZ-21 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-112
図 1.5-80	R2MZ-21 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-112
図 1.5-81	R2MZ-22 \bigcirc 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-113
図 1.5-82	R2MZ-22 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-113
図 1.5-83	R2MZ-22 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-114
図 1.5-84	R2MZ-22 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-114
図 1.5-85	R2MZ-23 \bigcirc 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-115
図 1.5-86	$\operatorname{R2MZ-23} \mathcal{O} 45$	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-115
図 1.5-87	$\operatorname{R2MZ-23} \mathcal{O} 45$	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-116
図 1.5-88	R2MZ-23 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-116
図 1.5-89	R2MZ-24 O 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-117
図 1.5-90	R2MZ-24 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-117
図 1.5-91	R2MZ-24 \bigcirc 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(upper)	付 14-118
図 1.5-92	R2MZ-24 O 45	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(lower)	付 14-118
図 1.5-93	R2MZ-25 \bigcirc 45	日浸漬前・後	のスキャン画像	付 14-119
図 1.5-94	$\operatorname{R2MZ-25} \mathcal{O} \ 45$	日浸漬前・後	の SEM 画像比較(center)	付 14-119

义	1.5 - 95	R2MZ-25の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)付14-120	0
义	1.5 - 96	R2MZ-25の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	0
义	1.5 - 97	R2MZ-26の45日浸漬前・後のスキャン画像	1
义	1.5 - 98	R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)	1
义	1.5 - 99	R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)	2
义	1.5 - 100	R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	2
义	1.5-101	R2MZ-27の45日浸漬前・後のスキャン画像	3
义	1.5 - 102	R2MZ-27の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)	3
义	$1.5 \cdot 103$	R2MZ-27の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)	4
义	1.5-104	R2MZ-27の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	4
义	1.5-105	R2MZ-28の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-12	5
义	1.5-106	R2MZ-28の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)付14-12	5
义	1.5 - 107	R2MZ-28の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)付14-120	6
义	1.5-108	R2MZ-28の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	6
义	1.5 - 109	R2MZ-29の45日浸漬前・後のスキャン画像付14-12	7
义	1.5-110	R2MZ-29の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(center)付14-12	7
义	$1.5 \cdot 111$	R2MZ-29の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(upper)	8
义	1.5 - 112	R2MZ-29の45日浸漬前・後のSEM 画像比較(lower)	8
义	1.6-1	R2MZ-02の浸漬前後の XRD 測定結果比較	4
义	1.6-2	R2MZ-03の浸漬前後の XRD 測定結果比較	5
义	1.6-3	R2MZ-04 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	6
义	1.6-4	R2MZ-05の浸漬前後の XRD 測定結果比較	7
义	1.6-5	R2MZ-06の浸漬前後の XRD 測定結果比較	8
义	1.6-6	R2MZ-07の浸漬前後の XRD 測定結果比較	9
义	1.6-7	R2MZ-08の浸漬前後の XRD 測定結果比較	0
义	1.6-8	R2MZ-09の浸漬前後の XRD 測定結果比較	1
义	1.6-9	R2MZ-10の浸漬前後の XRD 測定結果比較	2
义	1.6-10	R2MZ-11の浸漬前後の XRD 測定結果比較	3
义	1.6-11	R2MZ-12の浸漬前後の XRD 測定結果比較	4
义	1.6 - 12	R2MZ-13の浸漬前後の XRD 測定結果比較	5
义	1.6-13	R2MZ-14の浸漬前後の XRD 測定結果比較	6
义	1.6-14	R2MZ-15の浸漬前後の XRD 測定結果比較	7
义	1.6 - 15	R2MZ-16の浸漬前後の XRD 測定結果比較	8
义	1.6-16	R2MZ-17の浸漬前後の XRD 測定結果比較	9
义	1.6-17	R2MZ-18の浸漬前後の XRD 測定結果比較	0
义	1.6-18	R2MZ-19の浸漬前後の XRD 測定結果比較	1
义	1.6-19	R2MZ-20の浸漬前後の XRD 測定結果比較	2
义	1.6-20	R2MZ-21の浸漬前後の XRD 測定結果比較	3

义	1.6-21	R2MZ-22 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-154
义	1.6-22	R2MZ-23 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-155
义	1.6-23	R2MZ-24 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-156
义	1.6-24	R2MZ-25 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-157
义	1.6-25	R2MZ-26 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-158
义	1.6-26	R2MZ-27 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-159
义	1.6-27	R2MZ-28 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-160
义	1.6-28	R2MZ-29 の浸漬前後の XRD 測定結果比較	付 14-161
义	1.7-1	R2MZ-02-1,2 の間隙径分布	付 14-164
义	1.7-2	R2MZ-02-3,4 の間隙径分布	付 14-166
义	1.7-3	R2MZ-03 の間隙径分布	付 14-168
义	1.7-4	R2MZ-04 の間隙径分布	付 14-170
义	1.7-5	R2MZ-05 の間隙径分布	付 14-172
义	1.7-6	R2MZ-06 の間隙径分布	付 14-174
义	1.7-7	R2MZ-07 の間隙径分布	付 14-176
义	1.7-8	R2MZ-08 の間隙径分布	付 14-178
义	1.7-9	R2MZ-09 の間隙径分布	付 14-180
义	1.7-10	R2MZ-10 の間隙径分布	付 14-182
义	1.7-11	R2MZ-11 の間隙径分布	
义	1.7-12	R2MZ-12 の間隙径分布	付 14-186
义	1.7-13	R2MZ-13 の間隙径分布	付 14-188
义	1.7-14	R2MZ-14 の間隙径分布	付 14-190
义	1.7-15	R2MZ-15 の間隙径分布	付 14-192
义	1.7-16	R2MZ-16 の間隙径分布	付 14-194
义	1.7-17	R2MZ-17 の間隙径分布	付 14-196
义	1.7-18	R2MZ-18 の間隙径分布	付 14-198
义	1.7-19	R2MZ-19 の間隙径分布	付 14-200
义	1.7-20	R2MZ-20 の間隙径分布	付 14-202
义	1.7-21	R2MZ·21 の間隙径分布	付 14-204
义	1.7-22	R2MZ-22 の間隙径分布	付 14-206
义	1.7-23	R2MZ-23 の間隙径分布	付 14-208
义	1.7 - 24	R2MZ-24 の間隙径分布	付 14-210
义	1.7-25	R2MZ-25 の間隙径分布	付 14-212
义	1.7-26	R2MZ-26 の間隙径分布	付 14-214
义	1.7-27	R2MZ-27 の間隙径分布	付 14-216
义	1.7-28	R2MZ-28 の間隙径分布	付 14-218
义	1.7-29	R2MZ-29 の間隙径分布	付 14-220

表 目 次

表	1.1-1	浸漬前の試料の寸法・重量・密度の測定結果		† 14 - 11
表	1.1-2	浸漬後の試料の寸法・重量・密度の測定結果		† 14 - 12
表	1.4-1	マイクロフォーカス X線 CT スキャンの測定条件		† 14 - 60
表	1.4-2	低密度帯の厚さの測定結果		† 14 - 71
表	1.5-1	SEM の観察条件		† 14 - 72
表	1.6-1	XRD 分析の測定条件	付	14-129
表	1.6-2	浸漬前の鉱物組み合わせ(全岩)	付	14-130
表	1.6-3	浸漬後の鉱物組み合わせ(全岩)	付	14-131
表	1.6-4	浸漬前の鉱物組み合わせ(基質濃集)	付	14-132
表	1.6-5	浸漬後の鉱物組み合わせ(基質濃集)	付	14-133
表	1.7-1	水銀ポロシメータの測定条件	付	14-162
表	1.7-2	R2MZ-02-1,2のポロシメータ測定結果	付	14-163
表	1.7-3	R2MZ-02-3,4 のポロシメータ測定結果	付	14-165
表	1.7-4	R2MZ-03 のポロシメータ測定結果	付	14-167
表	1.7-5	R2MZ-04 のポロシメータ測定結果	付	14-169
表	1.7-6	R2MZ-05 のポロシメータ測定結果	付	14-171
表	1.7-7	R2MZ-06 のポロシメータ測定結果	付	14-173
表	1.7-8	R2MZ-07 のポロシメータ測定結果	付	14-175
表	1.7-9	R2MZ-08 のポロシメータ測定結果	付	14-177
表	1.7-10	R2MZ-09 のポロシメータ測定結果	付	14-179
表	1.7-11	R2MZ-10 のポロシメータ測定結果	付	14-181
表	1.7-12	R2MZ-11 のポロシメータ測定結果	付	14-183
表	1.7-13	R2MZ-12 のポロシメータ測定結果	付	14-185
表	1.7-14	R2MZ-13 のポロシメータ測定結果	付	14-187
表	1.7-15	R2MZ-14 のポロシメータ測定結果	付	14-189
表	1.7-16	R2MZ-15 のポロシメータ測定結果	付	14-191
表	1.7-17	R2MZ-16 のポロシメータ測定結果	付	14-193
表	1.7-18	R2MZ-17 のポロシメータ測定結果	付	14-195
表	1.7-19	R2MZ-18 のポロシメータ測定結果	付	14-197
表	1.7-20	R2MZ-19 のポロシメータ測定結果	付	14-199
表	1.7-21	R2MZ-20 のポロシメータ測定結果	付	14-201
表	1.7-22	R2MZ-21 のポロシメータ測定結果	付	14-203
表	1.7-23	R2MZ-22 のポロシメータ測定結果	付	14-205
表	1.7-24	R2MZ-23 のポロシメータ測定結果	付	14-207
表	1.7-25	R2MZ-24 のポロシメータ測定結果	付	14-209
表	1.7-26	R2MZ-25 のポロシメータ測定結果	付	14-211

表 1.7-27	R2MZ-26 のポロシメータ測定結果付 14-213
表 1.7-28	R2MZ-27 のポロシメータ測定結果付 14-215
表 1.7-29	R2MZ-28 のポロシメータ測定結果付 14-217
表 1.7-30	R2MZ-29 のポロシメータ測定結果付 14-219
表 1.8-1	ICP-OES による定量分析結果(1)付 14-222
表 1.8-2	ICP-OES による定量分析結果(2)付 14-223
表 1.8-3	ICP-OES による定量分析結果(3)付 14-224
表 1.8-4	ICP-MS による定量分析結果(1)付 14-225
表 1.8-5	ICP-MS による定量分析結果(2)付 14-226
表 1.8-6	ICP-MS による定量分析結果(3)付 14-227

1. 岩石風化模擬実験の分析結果

今回の実験で得られた結果について、分析項目ごとに記す。

1.1 試料性状

硝酸溶液への浸漬前後の実験試料について、寸法・重量・密度の測定ならびに観察面(SEM 等に よる表面観察の対象とする面)のスキャン画像撮影を実施した。それらの結果を表 1.1-1 と表 1.1-2 および図 1.1-1~図 1.1-7 に示す。

	X 1.1	1 汉顶] 0 7 8 2 4 4 9 9 9		田及等於		
岩種	試料名	幅(mm)	奥行(mm)	高さ(mm)	浸漬前 質量(g)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)
砂岩	R2MZ-02	19.63	20. 55	12. 23	12.9349	4.934	2. 622
砂岩	R2MZ-03	20.46	19. 75	11.93	12. 4576	4. 821	2. 584
砂岩	R2MZ-04	22.85	19.93	12. 21	14. 7419	5.560	2. 651
泥岩	R2MZ-05	19.68	19. 27	11.33	11.6253	4. 297	2.706
泥岩	R2MZ-06	19.38	19.83	10. 81	11.1934	4. 154	2.694
砂岩	R2MZ-07	20. 04	20. 57	11. 28	12. 3542	4.650	2.657
砂岩	R2MZ-08	23.87	22. 74	11.39	15. 7827	6. 183	2. 553
砂岩	R2MZ-09	20.90	19.37	9.99	10. 8052	4.044	2.672
砂岩	R2MZ-10	20. 58	20. 45	11.29	12. 6074	4. 752	2.653
砂岩	R2MZ-11	20. 32	20. 29	11.95	12. 3352	4. 927	2. 504
砂岩	R2MZ-12	20.68	21.58	10.49	12. 3703	4. 681	2. 642
混在岩	R2MZ-13	22. 21	20.39	10.16	11.9561	4. 601	2.599
泥岩	R2MZ-14	21.18	20.00	11.47	12. 5159	4.859	2. 576
砂岩	R2MZ-15	20. 59	19.95	11.48	12. 3076	4.716	2.610
砂岩	R2MZ-16	20.96	19.56	11.16	11.8690	4. 575	2. 594
砂岩	R2MZ-17	21.56	21.55	10. 15	11.9476	4.716	2. 533
砂岩	R2MZ-18	19.88	20. 28	10. 41	10. 7697	4. 197	2. 566
砂岩	R2MZ-19	21.09	20. 13	11.19	12. 3951	4. 751	2.609
砂岩	R2MZ-20	20. 31	19. 71	12.53	12.8519	5.016	2. 562
砂岩	R2MZ-21	23. 51	21. 24	11.52	15.0617	5.753	2. 618
砂岩	R2MZ-22	19.81	19. 23	11.50	11.1624	4. 381	2. 548
砂岩	R2MZ-23	21.72	20. 71	11.94	15. 5517	5.371	2.896
泥岩	R2MZ-24	21.07	20. 75	11.55	13. 7752	5.050	2. 728
泥岩	R2MZ-25	21.95	21.10	9.70	12. 3240	4. 493	2. 743
砂岩	R2MZ-26	20. 87	20. 54	11.66	12. 1185	4.998	2. 425
砂岩	R2MZ-27	20.39	20. 05	11.55	12. 4222	4. 722	2. 631
砂岩	R2MZ-28	20.39	20.94	10.30	11.7809	4. 398	2.679
砂岩	R2MZ-29	21.19	21.23	10.03	12.8267	4.512	2.843

表 1.1-1 浸漬前の試料の寸法・重量・密度の測定結果

岩種	試料名	幅(mm)	奥行(mm)	高さ(mm)	浸漬後 質量(g)	体積 (cm ³)	密度 (g/cm ³)
砂岩	R2MZ-02	19.62	20. 52	12. 23	12. 2535	4.924	2. 489
砂岩	R2MZ-03	20. 41	19. 73	11.93	11. 8732	4.804	2. 471
砂岩	R2MZ-04	22.84	19.94	12. 20	14. 1199	5.556	2. 541
泥岩	R2MZ-05	19.66	19. 25	11. 31	10. 4621	4. 280	2. 444
泥岩	R2MZ-06	19.41	19.83	10.83	10. 5201	4. 168	2. 524
砂岩	R2MZ-07	20.05	20. 59	11.30	11.8966	4.665	2. 550
砂岩	R2MZ-08	23.83	22. 71	11.35	15. 1288	6. 142	2. 463
砂岩	R2MZ-09	20.93	19.40	10.01	7. 2303	4.064	1.779
砂岩	R2MZ-10	20.60	20. 51	11. 31	12. 1175	4.779	2. 536
砂岩	R2MZ-11	20. 33	20. 24	11.94	11. 7853	4.913	2.399
砂岩	R2MZ-12	20.87	21.94	10. 70	11.6130	4.899	2. 370
混在岩	R2MZ-13	22.19	20. 41	10.16	10. 5249	4. 601	2. 287
泥岩	R2MZ-14	21.15	19.96	11.46	11. 5044	4.838	2. 378
砂岩	R2MZ-15	20. 57	19.96	11.47	11. 5086	4. 709	2. 444
砂岩	R2MZ-16	20.76	19. 58	11. 18	11. 3972	4. 544	2. 508
砂岩	R2MZ-17	21.54	21.54	10.13	11. 5202	4. 700	2. 451
砂岩	R2MZ-18	19.86	20. 23	10.42	10. 3282	4. 186	2. 467
砂岩	R2MZ-19	21.11	20. 11	11. 18	11.5601	4.746	2. 436
砂岩	R2MZ-20	20. 29	19.62	12.53	11.8916	4. 988	2. 384
砂岩	R2MZ-21	23.49	21. 25	11.51	14. 0653	5.745	2. 448
砂岩	R2MZ-22	19. 23	19.81	11. 52	10. 7599	4. 389	2. 452
砂岩	R2MZ-23	21.71	20. 70	11.98	11.7514	5.384	2. 183
泥岩	R2MZ-24	21.07	20. 72	11.55	12.8795	5.042	2. 554
泥岩	R2MZ-25	21.95	21.12	9.69	11.9170	4. 492	2.653
砂岩	R2MZ-26	20.87	20. 51	11.66	11.1249	4.991	2. 229
砂岩	R2MZ-27	20.39	20. 02	11.56	11.9490	4.719	2. 532
砂岩	R2MZ-28	20.39	20.96	10.30	8. 1582	4. 402	1.853
砂岩	R2MZ-29	21.19	21. 22	10.04	11.4192	4.515	2. 529

表 1.1-2 浸漬後の試料の寸法・重量・密度の測定結果



図 1.1-1 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(1)

試料名	浸漬前	浸漬後
R2MZ- 06		
R2MZ- 07		
R2MZ- 08		
R2MZ- 09		

図 1.1-2 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(2)

試料名	浸漬前	浸漬後
R2MZ- 10		
R2MZ- 11		
R2MZ- 12		
R2MZ- 13		

図 1.1-3 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(3)

試料名	浸漬前	浸漬後
R2MZ- 14		
R2MZ- 15		
R2MZ- 16		
R2MZ- 17		

図 1.1-4 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(4)


1.10 及復前後の政府就未出の八(()自家



図 1.1-6 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(6)

【 付録 14 】



図 1.1-7 浸漬前後の試料観察面のスキャン画像(7)

1.2 光学顕微鏡観察

浸漬前の試料中の構成鉱物や組織等を把握することを目的として、浸漬していない実験試料について岩石薄片を作成し観察を行った。観察結果を図 1.2-1~図 1.2-28 に示す。



Qtz	:石英	Chl :緑泥石
Ρl	:斜長石	Ms :白雲母
Bt	:黒雲母	Opq :不透明鉱物
Ер	:緑簾石	Ti-aug:チタン輝石
-		Cal :方解石

図 1.2-1 試料 R2MZ-02 の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-2 試料 R2MZ-03の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-3 試料 R2MZ-04の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-4 試料 R2MZ-05の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-5 試料 R2MZ-06の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-6 試料 R2MZ-07の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-7 試料 R2MZ-08の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-8 試料 R2MZ-09の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-9 試料 R2MZ-10の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-10 試料 R2MZ-11 の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-11 試料 R2MZ-12 の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-12 試料 R2MZ-13の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-13 試料 R2MZ-14 の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-14 試料 R2MZ-15の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-15 試料 R2MZ-16の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-16 試料 R2MZ-17の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-17 試料 R2MZ-18 の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-18 試料 R2MZ-19の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-19 試料 R2MZ-20の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-20 試料 R2MZ-21の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-21 試料 R2MZ-22の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-22 試料 R2MZ-23の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-23 試料 R2MZ-24の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-24 試料 R2MZ-25の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-25 試料 R2MZ-26の薄片写真と鉱物名略称



図 1.2-26 試料 R2MZ-27の薄片写真と鉱物名略称 (R2MZ-04 と同一試料)



図 1.2-27 試料 R2MZ-28 の薄片写真と鉱物名略称 (R2MZ-09 と同一試料)



図 1.2-28 試料 R2MZ-29の薄片写真と鉱物名略称 (R2MZ-23と同一試料)

1.3 目視観察

硝酸溶液に実験試料を浸漬している期間中、定期的に目視観察を実施し、試料および溶液の変 化を確認した。浸漬試料の観察結果を図 1.3-1~図 1.3-12 に示す。



図 1.3-1 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(1)

		02	03	04	05	06	07
2020/12/24	30日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
	浸漬液 交換後						
2021/1/8	45日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
2021/1/12	洗浄後						

図 1.3-2 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(2)



図 1.3-3 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(3)

		09	10	12	13	16	17
2020/12/24	30日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
	浸漬液 交換後						
2021/1/8	45日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
2021/1/12	洗浄後						

図 1.3-4 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(4)



図 1.3-5 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(5)


図 1.3-6 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(6)

	r	08	11	14	15	19	20
2020/11/30	浸漬前						
	浸漬後			The control of the co			Ba da ga
2020/12/15	15日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
	浸漬液 交換後						

図 1.3-7 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(7)

		08	11	14	15	19	20
2020/12/28	30日 浸漬 終了時			Kanada Color Con			En
	浸漬液 取出し後			Koda Gan Con			Korak con ca
	浸漬液 交換後						
2021/1/14	45日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後			Krodak Color Co			
2021/1/22	洗浄後						

図 1.3-8 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(8)

	1	21	22	23	24	26	27
2020/11/30	浸漬前						
	浸漬後				and the second sec		
2020/12/15	15日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後						
	浸漬液 交換後			Kodek Color Col			Kodek Color Color

図 1.3-9 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(9)

		21	22	23	24	26	27
2020/12/28	30日 浸漬 終了時						
	浸漬液 取出し後		A District of the second se				
	浸漬液 交換後						
2021/1/14	45日 浸漬 終了時						Koost Color
	浸漬液 取出し後			Kodak Croit Ca			Kodak Cool Ca
2021/1/22	洗浄後						

図 1.3-10 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(10)

【付録14】



図 1.3-11 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(11)



図 1.3-12 浸漬試料の浸漬中目視観察結果(12)

1.4 マイクロフォーカス X線 CT スキャナーによる撮影結果

浸漬前後での試料内部の密度変化を把握することを目的として、浸漬前後の実験試料について、 マイクロフォーカス X線 CT スキャナー (テスコ社、TXS-CT450/160) による観察を実施した。測 定条件を表 1.4-1 に、測定結果を図 1.4-1~図 1.4-10 に示す。また、浸漬後の試料表面に低密 度帯が認められたものについては、低密度帯の厚さを測定した。測定結果を表 1.4-2 に示す。

項目 条件 使用線源 160kV 線源 管電圧/管電流 $140 kV/200 \mu A$ SID/SOD 1000 mm/200 mm5 拡大率 画素サイズ $40 \,\mu\,\text{m/pixel}$ 81.9mm 有効視野 プロジェクション 3600 500msec 露光時間 ゲイン ×1 フィルター 無し

表 1.4-1 マイクロフォーカス X線 CT スキャンの測定条件

【付録14】



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(1/10)

図 1.4-1 試料 R2MZ-02,03,04 µCT 測定結果画像



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(2/10)





風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(3/10)





風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(4/10)

図 1.4-4 試料 R2MZ-11, 12, 13 μCT 測定結果画像

【付録14】



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(5/10)

図 1.4-5 試料 R2MZ-14, 15, 16 μCT 測定結果画像



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(6/10)

図 1.4-6 試料 R2MZ-17, 18, 19 µCT 測定結果画像



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(7/10)

図 1.4-7 試料 R2MZ-20,21,22 μCT 測定結果画像

【付録14】



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(8/10)

図 1.4-8 試料 R2MZ-23,24,25 μCT 測定結果画像



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(9/10)

図 1.4-9 試料 R2MZ-26, 27, 28 µCT 測定結果画像



風化再現実験_45日浸漬前後 μCT撮影結果確認(10/10)

図 1.4-10 試料 R2MZ-29 µCT 測定結果画像

試料名	45 日浸漬後
R2MZ-02	6.716
R2MZ-03	6.228
R2MZ-04	3.258
R2MZ-05	2.155
R2MZ-06	1.155
R2MZ-07	1.903
R2MZ-08	-
R2MZ-09	-
R2MZ-10	2.237
R2MZ-11	-
R2MZ-12	-
R2MZ-13	-
R2MZ-14	4.102
R2MZ-15	5.114
R2MZ-16	-
R2MZ-17	-
R2MZ-18	-
R2MZ-19	7.299
R2MZ-20	-
R2MZ-21	4.369
R2MZ-22	-
R2MZ-23	4.215
R2MZ-24	1.774
R2MZ-25	0.853
R2MZ-26	-
R2MZ-27	3.272
R2MZ-28	5.116
R2MZ-29	1.650

表 1.4-2 低密度帯の厚さの測定結果

単位 mm

1.5 SEM 観察

浸漬前後で鉱物や結晶粒間等の形状変化を捉えることを目的として SEM 観察を行った。使用装置は日本電子(株)製 JSM-7001F である。試料には、およそ厚さ t=1cm、2×2cm に切り出した岩石 チップを用い、2×2cm の面を観察面とした。観察面は面出し後に研磨した。試料の3箇所を対象 に観察と二次電子像を取得し、浸漬前後で比較した。測定条件を表 1.5-1 に、測定結果を図 1.5-1~図 1.5-112 に示す。

表 1.5-1 SEM の観察条件

観察	加速電圧	15kV
余件	エミッション電流	1.8×10 ⁻⁴ A
	画像形式	вмр

なお図中の鉱物の略号は以下のとおりである。石英:Qz、斜長石:P1、カリ長石:KF、黒雲母: Bt、白雲母:Mv、緑泥石:Ch1、方解石:Ca、ドロマイト:Do、アンケライト:Ank、シデライト:Sd、緑簾石:Ep、黄鉄鉱:Py、磁鉄鉱:Mg、チタン酸化物:Ti、イルメナイト:I1m、燐灰石:Ap、菫青石:Crd、チタン輝石:Ti-aug、モナズ石:Mnz、ジルコン:Zr (1) R2MZ-02



浸漬前

浸漬後

図 1.5-1 R2MZ-02の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-2 R2MZ-02の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-3 R2MZ-02の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-4 R2MZ-02の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(2) R2MZ-03



浸漬前

浸漬後

図 1.5-5 R2MZ-03の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-6 R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)

【付録14】



図 1.5-7 R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-8 R2MZ-03の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(3) R2MZ-04



浸漬前

浸漬後





図 1.5-10 R2MZ-04の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-11 R2MZ-04の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-12 R2MZ-04の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(4) R2MZ-05



浸漬前

浸漬後

図 1.5-13 R2MZ-05の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-14 R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)

【付録14】



図 1.5-15 R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-16 R2MZ-05の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(5) R2MZ-06



浸漬前

浸漬後

図 1.5-17 R2MZ-06の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-18 R2MZ-06の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-19 R2MZ-06の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-20 R2MZ-06の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(6) R2MZ-07



浸漬前

浸漬後

図 1.5-21 R2MZ-07の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-22 R2MZ-07の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-23 R2MZ-07の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-24 R2MZ-07の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(7) R2MZ-08



浸漬前

浸漬後

図 1.5-25 R2MZ-08の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-26 R2MZ-08の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-27 R2MZ-08の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-28 R2MZ-08の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(8) R2MZ-09



浸漬前

浸漬後

図 1.5-29 R2MZ-09の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-30 R2MZ-09の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-31 R2MZ-09の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-32 R2MZ-09の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)
(9) R2MZ-10



浸漬前

図 1.5-33 R2MZ-10の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-34 R2MZ-10の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-35 R2MZ-10の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-36 R2MZ-10の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(10) R2MZ-11



浸漬前

図 1.5-37 R2MZ-11の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-38 R2MZ-11の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-39 R2MZ-11の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-40 R2MZ-11の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(11) R2MZ-12



浸漬前

浸漬後

図 1.5-41 R2MZ-12の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-42 R2MZ-12の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-43 R2MZ-12の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-44 R2MZ-12の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(12) R2MZ-13



浸漬前

浸漬後

図 1.5-45 R2MZ-13の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-46 R2MZ-13の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-47 R2MZ-13の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-48 R2MZ-13の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(13) R2MZ-14



浸漬前

図 1.5-49 R2MZ-14の 45 日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-50 R2MZ-14の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-51 R2MZ-14の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-52 R2MZ-14の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(14) R2MZ-15



浸漬前



図 1.5-53 R2MZ-15の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-54 R2MZ-15の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-55 R2MZ-15の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-56 R2MZ-15の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(15) R2MZ-16



浸漬前

図 1.5-57 R2MZ-16の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-58 R2MZ-16の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-59 R2MZ-16の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-60 R2MZ-16 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)

(16) R2MZ-17



浸漬前

図 1.5-61 R2MZ-17の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-62 R2MZ-17の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-63 R2MZ-17の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-64 R2MZ-17の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(17) R2MZ-18



浸漬前





図 1.5-66 R2MZ-18の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-67 R2MZ-18の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-68 R2MZ-18の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(18) R2MZ-19



浸漬前

浸漬後

図 1.5-69 R2MZ-19の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-70 R2MZ-19の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-71 R2MZ-19の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-72 R2MZ-19の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(19) R2MZ-20



図 1.5-73 R2MZ-20の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-74 R2MZ-20の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-75 R2MZ-20の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-76 R2MZ-20の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(20) R2MZ-21







図 1.5-78 R2MZ-21の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-79 R2MZ-21の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-80 R2MZ-21の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(21) R2MZ-22



浸漬前

図 1.5-81 R2MZ-22の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-82 R2MZ-22の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-83 R2MZ-22の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-84 R2MZ-22の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(22) R2MZ-23



浸漬前

図 1.5-85 R2MZ-23の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-86 R2MZ-23の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-87 R2MZ-23の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-88 R2MZ-23の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(23) R2MZ-24



浸漬前

図 1.5-89 R2MZ-24の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-90 R2MZ-24の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-91 R2MZ-24の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-92 R2MZ-24の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(24) R2MZ-25



浸漬前



図 1.5-93 R2MZ-25の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-94 R2MZ-25の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-95 R2MZ-25の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-96 R2MZ-25の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(25) R2MZ-26



浸漬前

図 1.5-97 R2MZ-26 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-98 R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM画像比較(center)



図 1.5-99 R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-100 R2MZ-26の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(26) R2MZ-27



浸漬前

図 1.5-101 R2MZ-27の45日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-102 R2MZ-27 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-103 R2MZ-27の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-104 R2MZ-27 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(lower)
(27) R2MZ-28



図 1.5-105 R2MZ-28 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-106 R2MZ-28 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-107 R2MZ-28 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(upper)



図 1.5-108 R2MZ-28の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

(28) R2MZ-29



浸漬前

浸漬後

図 1.5-109 R2MZ-29 の 45 日浸漬前・後のスキャン画像



図 1.5-110 R2MZ-29 の 45 日浸漬前・後の SEM 画像比較(center)



図 1.5-111 R2MZ-29の45日浸漬前・後のSEM画像比較(upper)



図 1.5-112 R2MZ-29の45日浸漬前・後のSEM画像比較(lower)

1.6 XRD 分析

浸漬前後での試料中の鉱物種や鉱物組成の変化を把握することを目的として、浸漬前試料及び 浸漬後試料に対し、X線回折装置(Malvern Panalytical 社、X'Pert)を用いた分析を実施した。 測定条件を表 1.6-1に示す。測定は全岩の不定方位分析の他に、基質部の鉱物組み合わせを把握 する目的で、鈴木(1992)に基づいて、試料を粗粉砕した後、中粒砂程度のもののみ、濃集させ不 定方位分析を行った。それぞれ、「全岩」、「基質濃集」とし XRD の分析結果を示す。浸漬前後試料 における鉱物組合せを表 1.6-2~表 1.6-5 に示す。また浸漬前後の測定結果の比較を図 1.6-1~ 図 1.6-28 に示す。

	不定方位試料	水ひ, エチレングリ コール処理, 及び塩 酸処理試料				
X線管球	Cu	Cu				
波長	CuKα, 1.54178Å	CuKα, 1.54178Å				
電圧・電流	40kV ∙ 50mA	40kV • 50mA				
測定角度・測定速度	2~70°, 2°/分	2~40°, 2°/分				
サンプリング幅	0.02°	0.02°				
スリット条件	DS : AS : RS = 15 mm : 15 mm : 0.2mm	DS:AS:RS=15 mm:15 mm: 0.2mm				

表 1.6-1 XRD 分析の測定条件

【 付録 14 】

	石英	斜長石	カリ長石	スメクタイト	雲母	I / S	緑泥石	カオリナイト	方解石	単斜輝石	т — т, п, Н	イトムロイ	イナイメイト	黄鉄鉱	コーディ エライト	バサナイト
	Qz	PI	KF	Sm	Mi	I/S	Chl	Ka	Ca	Срх	Ep	Do	Ilm	Ру	Co	Bas
サンプルID	26.6	27.9	27.5	6	8.8		12.5	12.5	29.5	29.8	30.8	30.9	32.5	33	10.5	14.6
R2MZ-02	Ø	Δ	Δ		+		+									
R2MZ-03	Ø	Δ	Δ		+		+									
R2MZ-04	Ø	0	Δ		+		Δ		+							
R2MZ-05	Ø	Δ			0		Δ									
R2MZ-06	0	+	+		0			+					•		Δ	
R2MZ-07	Ø	Δ	Δ		+		+		•							
R2MZ-08	Ø	0			•		•							•		
R2MZ-09	Ø	Δ			+	•	+		O			•				
R2MZ-10	Ø	0	+		Δ											
R2MZ-11	Ø	Δ	Δ		Δ											
R2MZ-12	Ø	Δ			+		+									
R2MZ-13	0	Δ	+		O		Ø									
R2MZ-14	Ø	Δ			+		\triangle		•			+				
R2MZ-15	Ø	0	Δ		Δ		Δ		Δ							
R2MZ-16	Ø	\triangle			+											
R2MZ-17	O	0			+		•									
R2MZ-18	O	Δ	•		+		+									
R2MZ-19	O	0	Δ		•		+									
R2MZ-20	Ø	0			+		+									
R2MZ-21	Ø	0			+		•		Δ			•		•		
R2MZ-22	Ø	Δ	Δ		O											
R2MZ-23	•	0					0		Δ	+	Δ					
R2MZ-24	O	Δ			O		Δ		•					•		
R2MZ-25	Ø	Δ			0		Δ						•			
R2MZ-26	Ô	\triangle	Δ		+		+									
R2MZ-27	Ô	0	Δ		+		+		+							
R2MZ-28	O	0			+		+		O			+				
R2MZ-29		0					0		Δ	Δ	Δ					

表 1.6-2 浸漬前の鉱物組み合わせ(全岩)

表	1.6–3	浸漬後の鉱物組み合わせ	(全岩)

	石英	斜 長	カ リ 長 石	スメクタイト	雲母	 / S	緑 泥 石	カオリナイト	方解石	単斜輝石	エピドート	ドロマイト	イルメナイト	黄鉄鉱	コー ディ エ ラ イト	バサナイト
	Qz	ΡI	KF	Sm	Mi	I/S	Chl	Ka	Са	Срх	Ep	Do	llm	Рy	Co	Bas
サンプルID	26.6	27.9	27.5	6	8.8		12.5	12.5	29.5	29.8	30.8	30.9	32.5	33	10.5	14.6
R2MZ-02	0	\triangle	•		+		+									
R2MZ-03	0	\triangle	•		+		+									
R2MZ-04	0	•	•		+		+		+							
R2MZ-05	0	\triangle			0		\triangle									
R2MZ-06	0	\triangle	+		\triangle			+							+	
R2MZ-07	0	\triangle	•		•		+		•							
R2MZ-08	O	\triangle			+		•									
R2MZ-09	\triangle	+			•		+		O			•				
R2MZ-10	0	\triangle	•		0											
R2MZ-11	\triangle	\triangle	•		+											
R2MZ-12	\triangle	+			+		+									•
R2MZ-13	\triangle	\triangle	•		0		\triangle									
R2MZ-14	0	\triangle			+		\triangle		•							
R2MZ-15	0	\triangle	•		+		\triangle		\bigtriangleup							
R2MZ-16	\triangle	+			+											
R2MZ-17	0	+			+		+									
R2MZ-18	\triangle	+			+		•									
R2MZ-19	O	\triangle	•		•		+									
R2MZ-20	0	\triangle			+		+									
R2MZ-21	0	\triangle			+		•		+							
R2MZ-22	0	\bigtriangleup	+		0											
R2MZ-23		\triangle					0		\bigtriangleup	\bigtriangleup	\triangle					
R2MZ-24	\triangle	+			O		\triangle	•					•	•		
R2MZ-25	0	+			0		+						•			
R2MZ-26	\triangle	+	·		+		+									
R2MZ-27	0	+	·		+		\triangle		+							
R2MZ-28	\triangle	+			•		+		0			·				
R2MZ-29		\triangle					\odot		\triangle	+	+					

-

-

		石英	斜長石	カリ長石	スメクタイト	雲母	I / S	緑泥石	カオリナイト	方解石	単斜輝石	ν — τ, Π, Η	ドロマイト	イルメナイト	黄鉄鉱	コーディエライト	バサナイト
ľ		Qz	PI	KF	Sm	Mi	I/S	Chl	Ka	Ca	Срх	Ep	Do	Ilm	Ру	Co	Bas
Γ	サンプルID	26.6	27.9	27.5	6	8.8	0	12.5	12.5	29.5	29.8	30.8	30.9	32.5	33	10.5	14.6
ľ	R2MZ-02	Ø	0	Δ		+											
ſ	R2MZ-03	Ø	0	Δ		+											
	R2MZ-04	Ø	0	Δ		+		•		•							
	R2MZ-05	Ø	\triangle			O		Δ									
	R2MZ-06	Ø	Δ	Δ		Δ			•					•		Δ	
L	R2MZ-07	Ø	\triangle	Δ		+		+									
	R2MZ-08	Ø	O			•											
L	R2MZ-09	Ø	0			+	+										
L	R2MZ-10	Δ	0			+											
L	R2MZ-11	Ø	0	Δ		+											
L	R2MZ-12	Ø	0			+											
L	R2MZ-13	Ø	Δ	•		Ø											
L	R2MZ-14	Ø	0			Δ		•									
L	R2MZ-15	O	0	Δ		+											
L	R2MZ-16	O	0			+											
L	R2MZ-17	O	0			+											
Ļ	R2MZ-18	Ø	Δ	•		•											
Ļ	R2MZ-19	O	0	+		•											
Ļ	R2MZ-20	O	0			•											
Ļ	R2MZ-21	O	0			+											
Ļ	R2MZ-22	O	Δ	Δ		O											
Ļ	R2MZ-23	•	Ø					•			Δ	Δ					
Ļ	R2MZ-24	Ø	Δ			0		+						•			
Ļ	R2MZ-25	Ø	Δ			0		Δ			<u> </u>			•			
Ļ	R2MZ-26	Δ	0	Δ		Δ					<u> </u>						
Ļ	R2MZ-27	0	0	Δ		Δ		•									
Ļ	R2MZ-28	Ø	0			Δ		•									
L	R2MZ-29	•	0					Δ			+	Δ					

表 1.6-4 浸漬前の鉱物組み合わせ(基質濃集)

г

【 付録 14 】

表 1	. 6–5	浸漬後の鉱物組み合わせ	(基質濃集)

	石英	斜 長 石	カ リ 長 石	スメクタイト	雲母	 / S	緑 泥 石	カオリナイト	方解石	単斜輝石	エピドート	ドロマイト	イルメナイト	黄 鉄 鉱	コーディエライト	バサナイト
	Qz	ΡI	KF	Sm	Mi	I/S	Chl	Ka	Са	Срх	Ep	Do	llm	Рy	Co	Bas
サンプルID	26.6	27.9	27.5	6	8.8		12.5	12.5	29.5	29.8	30.8	30.9	32.5	33	10.5	14.6
R2MZ-02	0	\triangle	•		\triangle											
R2MZ-03	\bigcirc	\triangle	•		+											
R2MZ-04	0	\triangle	•		+		•									
R2MZ-05	0	\triangle			+		+									
R2MZ-06	0	\triangle	+		+			•							+	
R2MZ-07	0	\triangle	•		+		+									
R2MZ-08	O	\triangle			+											
R2MZ-09	0	\triangle			+	+										
R2MZ-10	0	\triangle			\triangle											
R2MZ-11	0	\triangle	•		+											
R2MZ-12	0	\triangle			\triangle											
R2MZ-13	0	\bigtriangleup	•		O											
R2MZ-14	Ô	\triangle			\triangle											
R2MZ-15	0	\triangle	•		+											
R2MZ-16	O	\triangle			+											
R2MZ-17	O	\triangle			+											
R2MZ-18	O	+	•		+											
R2MZ-19	\odot	\triangle	•		•											
R2MZ-20	\odot	\triangle			+											
R2MZ-21	O	\triangle			+											
R2MZ-22	0	\triangle	+		0											
R2MZ-23	+	\triangle					+			+	+					
R2MZ-24	0	\triangle			0		+						•			
R2MZ-25	O	+			0		+						•			
R2MZ-26	0	\triangle	•		+											
R2MZ-27	0	\triangle	•		\triangle		·									
R2MZ-28	0	\triangle			•		•									
R2MZ-29	•	\triangle					0			+	+					



図 1.6-1 R2MZ-02 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-2 R2MZ-03の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-3 R2MZ-04 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-4 R2MZ-05の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-5 R2MZ-06の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-6 R2MZ-07 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-7 R2MZ-08 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-8 R2MZ-09の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-9 R2MZ-10の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-10 R2MZ-11 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-11 R2MZ-12の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-12 R2MZ-13の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-13 R2MZ-14の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-14 R2MZ-15の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)

付 14-147



図 1.6-15 R2MZ-16の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-16 R2MZ-17の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-17 R2MZ-18の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-18 R2MZ-19の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-19 R2MZ-20の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-20 R2MZ-21 の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-21 R2MZ-22の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-22 R2MZ-23の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)

付 14-155



図 1.6-23 R2MZ-24の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-24 R2MZ-25の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-25 R2MZ-26の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-26 R2MZ-27の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)



図 1.6-27 R2MZ-28の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)

付 14-160
【付録14】



図 1.6-28 R2MZ-29の浸漬前後の XRD 測定結果比較 (上:全岩不定方位 下:基質濃集の結果、赤線:浸漬前、青線:浸漬後)

1.7 水銀ポロシメータ測定

浸漬前後での試料の間隙率や間隙径分布の変化を捉えることを目的として、浸漬していない試料および浸漬後の試料について、水銀ポロシメータ(Micromeritics 社、AutoPore IV 9505)を 用いた間隙測定を実施した。測定条件を表 1.7-1 に、測定結果を表 1.7-2~表 1.7-30 および、 図 1.7-1~図 1.7-29 に示す。

	低圧測定部	高圧測定部
接続点	0.50psia(34.47kPa) ~ 30psia(206.84kPa)	30psia(206.84kPa)~ 約30,000psia(206.8428MPa)
孔隙径	約360µm~約6µm	約6µm~0.006µm
測定点数	約3	20点

表 1.7-1 水銀ポロシメータの測定条件

R2MZ-02_浸漬前		R2MZ	-02_Pb_1	R2MZ	-02_Pb_2	R2MZ-	-02_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0093	29,992.39	0.0032	29,991.70	0.00625	0.00431
Total pore area	m²/g	1.467	29,992.39	0.086	29,991.70	0.7765	0.97651
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.03638	4,972.02	32.75711	5.52	16.396745	23.13705
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01453	12,449.21	0.05264	3,435.91	0.033585	0.02695
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.02524	-	0.14712	-	0.08618	0.0861822
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5918	0.49	2.6062	0.49	2.599	0.01018
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6555	29,992.39	2.6279	29,991.70	2.6417	0.01952
Porosity:	%	2.3996	-	0.8267	-	1.61315	1.11221
Stem volume	%	5	-	2	-	3.5	2.1213203
 R2MZ-02_45日間浸漬		R2MZ-02_P45-1		R2MZ-	-02_P45-2	R2MZ-	02_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0169	29,991.34	0.0168	29,991.56	0.01685	0.00007
Total pore area	m²/g	1.507	29,991.34	1.568	29,991.56	1.5375	0.04313
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.08705	2,077.69	0.09121	1,982.84	0.08913	0.00294
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.02115	8,551.89	0.0177	10,219.25	0.019425	0.00244
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04483	-	0.04292	-	0.043875	0.00135
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4627	0.49	2.4669	0.49	2.4648	0.00297
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5696	29,991.34	2.5737	29,991.56	2.57165	0.00290
Porosity:	%	4.1604	-	4.1501	-	4.15525	0.00728
Stem volume	%	9	-	9	-	9	0.00000

表 1.7-2 R2MZ-02-1,2のポロシメータ測定結果

【付録14】



図 1.7-1 R2MZ-02-1,2の間隙径分布 (a):R2MZ-02-1の浸漬前、(b):R2MZ-02-1の浸漬後 (c):R2MZ-02-2の浸漬前、(d):R2MZ-02-2の浸漬後

R2MZ-02_浸漬前		R2MZ	-02_Pb_3	R2MZ	-02_Pb_4	R2MZ-02_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0064	29,992.34	0.0071	29,991.17	0.00675	0.00049
Total pore area	m²/g	0.716	29,992.34	0.534	29,991.17	0.625	0.12869
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.04578	3,951.10	0.05201	3,477.76	0.048895	0.00441
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.0284	6,369.07	0.03404	5,312.54	0.03122	0.00399
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03573	-	0.0532	-	0.044465	0.0123532
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6197	0.5	2.6128	0.5	2.61625	0.00488
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6643	29,992.34	2.6622	29,991.17	2.66325	0.00148
Porosity:	%	1.6762	-	1.8566	-	1.7664	0.12756
Stem volume	%	3	-	4	-	3.5	0.7071068
 R2MZ-02_45日間浸漬		R2MZ-	02_P45-3	R2MZ-	-02_P45-4	R2MZ-	02_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0169	29,992.05	0.0172	29,991.17	0.01705	0.00021
Total pore area	m²/g	2.331	29,992.05	1.668	29,991.17	1.9995	0.46881
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.04638	3,899.53	0.07075	2,556.26	0.058565	0.01723
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01433	12,624.10	0.01834	9,863.73	0.016335	0.00284
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.02905	-	0.04136	-	0.035205	0.00870
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4768	0.49	2.4662	0.49	2.4715	0.00750
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5852	29,992.05	2.5757	29,991.17	2.58045	0.00672
Porosity:	%	4.1944	-	4.2524	-	4.2234	0.04101
Stem volume	%	8	-	10	-	9	1.41421

表 1.7-3 R2MZ-02-3,4のポロシメータ測定結果

【 付録 14 】



図 1.7-2 R2MZ-02-3,4の間隙径分布 (a):R2MZ-02-3の浸漬前、(b):R2MZ-02-3の浸漬後 (c):R2MZ-02-4の浸漬前、(d):R2MZ-02-4の浸漬後

R2MZ-03_浸漬前		R2MZ	-03_Pb_1	R2MZ	-03_Pb_2	R2MZ-	03_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0087	29,992.23	0.0071	29,991.65	0.0079	0.00113
Total pore area	m²/g	0.658	29,992.23	0.508	29,991.65	0.583	0.10607
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.06818	2,652.62	0.06104	2,963.10	0.06461	0.00505
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.04117	4,393.52	0.0347	5,212.25	0.037935	0.00457
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.05314	-	0.05623	-	0.054685	0.002185
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5889	0.5	2.5934	0.5	2.59115	0.00318
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6489	29,992.23	2.6423	29,991.65	2.6456	0.00467
Porosity:	%	2.2641	-	1.8507	-	2.0574	0.29232
Stem volume	%	5	-	3	-	4	1.4142136
R2MZ-03_45日間浸漬		R2MZ-	03_P45-1	R2MZ-03_P45-2		R2MZ-03_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0147	29,992.27	0.0183	29,991.53	0.0165	0.00255
Total pore area	m²/g	1.3	29,992.27	1.232	29,991.53	1.266	0.04808
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.07791	2,321.32	0.14387	1,257.13	0.11089	0.04664
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.02352	7,688.57	0.0214	8,449.61	0.02246	0.00150
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04514	-	0.05958	-	0.05236	0.01021
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4812	0.5	2.4589	0.5	2.47005	0.01577
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5749	29,992.27	2.5751	29,991.53	2.575	0.00014
Porosity:	%	3.6413	-	4.5119	-	4.0766	0.61561
Stem volume	%	8	-	10	-	9	1.41421

表 1.7-4 R2MZ-03のポロシメータ測定結果

【付録14】



(c):R2MZ-03-2の浸漬前、(d):R2MZ-03-2の浸漬後

R2MZ-04_浸漬前		R2MZ	-04_Pb_1	R2MZ	-04_Pb_2	R2MZ-	04_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S	
Total intrusion volume	mL/g	0.0029	29,992.52	0.0031	29,990.85	0.003	0.00014	
Total pore area	m²/g	0.258	29,992.52	0.152	29,990.85	0.205	0.07495	
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	1.37609	131.43	5.23144	34.57	3.303765	2.72614	
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01551	11,660.04	0.02755	6,565.04	0.02153	0.00851	
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04434	-	0.08221	-	0.063275	0.0267781	
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6416	0.49	2.6141	0.49	2.62785	0.01945	
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6617	29,992.52	2.6356	29,990.85	2.64865	0.01846	
Porosity:	%	0.7562	-	0.817	-	0.7866	0.04299	
Stem volume	%	1	-	1	-	1	0	
			04 045 4		04 545 0	50147	04.545	
R2MZ-04_45日間浸漬		R2MZ-	04_P45-1	R2MZ-	-04_P45-2	R2MZ-04_P45		
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S	
Total intrusion volume	mL/g	0.0143	29,992.46	0.0141	29,991.30	0.0142	0.00014	
Total pore area	m²/g	3.257	29,992.46	2.149	29,991.30	2.703	0.78347	
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.01942	9,314.51	0.03084	5,865.29	0.02513	0.00808	
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.0111	16,297.33	0.01636	11,055.81	0.01373	0.00372	
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.01752	-	0.0262	-	0.02186	0.00614	
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.509	0.5	2.5033	0.5	2.50615	0.00403	
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6022	29,992.46	2.5948	29,991.30	2.5985	0.00523	
Porosity:	%	3.5798	-	3.5243	-	3.55205	0.03924	
Stem volume	%	8	-	8	_	8	0.00000	

表 1.7-5 R2MZ-04のポロシメータ測定結果

【付録14】



図 1.7-4 R2MZ-04の間隙径分布 (a):R2MZ-04-1の浸漬前、(b):R2MZ-04-1の浸漬後 (c):R2MZ-04-2の浸漬前、(d):R2MZ-04-2の浸漬後

R2MZ-05_浸漬前		R2MZ	-05_Pb_1	R2MZ-	-05_Pb_2	R2MZ-	-05_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0022	29,991.46	0.004	29,992.63	0.0031	0.00127
Total pore area	m²/g	0.001	29,991.46	0.004	29,992.63	0.0025	0.00212
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	183.84426	0.98	139.0297	1.3	161.43698	31.68868
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.95522	189.34	0.32914	549.51	0.64218	0.44271
Average pore diameter (4V/A)	μm	7.09011	-	4.41685	-	5.75348	1.8902803
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.7095	0.5	2.6926	0.5	2.70105	0.01195
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.726	29,991.46	2.7218	29,992.63	2.7239	0.00297
Porosity:	%	0.6055	-	1.0714	-	0.83845	0.32944
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-05_45日間浸漬		R2MZ-	05_P45-1	R2MZ-	05_P45-2	R2MZ-05_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0199	29,991.40	0.0161	29,990.39	0.018	0.00269
Total pore area	m²/g	2.825	29,991.40	4.405	29,990.39	3.615	1.11723
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.03736	4,840.63	0.01501	12,045.93	0.026185	0.01580
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01929	9,375.70	0.00963	18,785.81	0.01446	0.00683
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.02823	-	0.01463	-	0.02143	0.00962
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.3682	0.49	2.4254	0.49	2.3968	0.04045
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.4856	29,991.40	2.524	29,990.39	2.5048	0.02715
Porosity:	%	4.7221	-	3.9079	-	4.315	0.57573
Stem volume	%	11	-	7	-	9	2.82843

表 1.7-6 R2MZ-05のポロシメータ測定結果

【付録14】



(c):R2MZ-05-2の浸漬前、(d):R2MZ-05-2の浸漬後

R2MZ-06_浸漬前		R2MZ	-06_Pb_1	R2MZ	-06_Pb_2	R2MZ-	06_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0006	29,992.12	0.0034	29,991.54	0.002	0.00198
Total pore area	m²/g	0	29,992.12	0.366	29,991.54	0.183	0.25880
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	46.3034	3.91	0.04158	4,349.42	23.17249	32.71205
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	20.24956	8.93	0.01652	10,945.80	10.13304	14.30692
Average pore diameter (4V/A)	μm	0	-	0.0366	-	0.0183	0.0258801
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6926	0.50	2.6863	0.50	2.68945	0.00445
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6966	29,992.12	2.7108	29,991.54	2.7037	0.01004
Porosity:	%	0.1517	-	0.9025	-	0.5271	0.53090
Stem volume	%	0	-	1	-	0.5	0.7071068
R2MZ-06_45日間浸漬		R2MZ	-06_P45-1	R2MZ	-06_P45-2	R2MZ-06_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.002	29,990.52	0.0039	29,991.35	0.00295	0.00134
Total pore area	m²/g	0.267	29,990.52	1.086	29,991.35	0.6765	0.57912
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	5.11996	35.33	0.05031	3,594.75	2.585135	3.58478
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.0114	15,866.45	0.00689	26,245.11	0.009145	0.00319
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03067	-	0.01435	-	0.02251	0.01154
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4993	0.5	2.4977	0.5	2.4985	0.00113
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5122	29,990.52	2.5223	29,991.35	2.51725	0.00714
Porosity:	%	0.5144	-	0.9733	-	0.74385	0.32449
Stem volume	%	2	-	3	-	2.5	0.70711

表 1.7-7 R2MZ-06のポロシメータ測定結果

【付録14】



(c):R2MZ-06-2の浸漬前、(d):R2MZ-06-2の浸漬後

R2MZ-07_浸漬前		R2MZ	-07_Pb_1	R2MZ	-07_Pb_2	R2MZ-07_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0048	29,991.26	0.0028	29,992.13	0.0038	0.00141
Total pore area	m²/g	0.001	29,991.26	0.255	29,992.13	0.128	0.17961
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	63.62001	2.84	4.35692	41.51	33.988465	41.90533
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	25.67646	7.04	0.02042	8,858.80	12.84844	18.14156
Average pore diameter (4V/A)	μm	33.21136	-	0.0443	-	16.62783	23.452653
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6301	0.49	2.6613	0.49	2.6457	0.02206
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6636	29,991.26	2.6814	29,992.13	2.6725	0.01259
Porosity:	%	1.2552	-	0.7506	-	1.0029	0.35681
Stem volume	%	3	-	1	-	2	1.4142136
 R2MZ-07_45日間浸漬		R2MZ-	07_P45-1	R2MZ-	-07_P45-2	R2MZ-	07_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0034	29,990.51	0.0062	29,993.16	0.0048	0.00198
Total pore area	m²/g	0.717	29,990.51	1.616	29,993.16	1.1665	0.63569
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.01915	9,445.43	0.01631	11,090.68	0.01773	0.00201
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.0118	15,322.26	0.00983	18,401.90	0.010815	0.00139
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.01916	-	0.01539	-	0.017275	0.00267
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5519	0.5	2.5314	0.5	2.54165	0.01450
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5745	29,990.51	2.5719	29,993.16	2.5732	0.00184
Porosity:	%	0.8779	-	1.5742	-	1.22605	0.49236
Stem volume	%	2	-	3	-	2.5	0.70711

表 1.7-8 R2MZ-07のポロシメータ測定結果

【付録14】



(a):R2MZ-07-1の浸漬前、(b):R2MZ-07-1の浸漬後
(c):R2MZ-07-2の浸漬前、(d):R2MZ-07-2の浸漬後

R2MZ-08_浸漬前		R2MZ	-08_Pb_1	R2MZ	-08_Pb_2	R2MZ-	-08_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.014	29,992.88	0.013	29,991.79	0.0135	0.00071
Total pore area	m²/g	1.077	29,992.88	1.094	29,991.79	1.0855	0.01202
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.06001	3,013.96	0.05164	3,502.23	0.055825	0.00592
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.04085	4,427.76	0.03682	4,911.85	0.038835	0.00285
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.05183	-	0.04757	-	0.0497	0.0030123
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5397	0.5	2.5422	0.5	2.54095	0.00177
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6331	29,992.88	2.6292	29,991.79	2.63115	0.00276
Porosity:	%	3.5462	-	3.3087	-	3.42745	0.16794
Stem volume	%	9	-	9	-	9	0
R2MZ-08_45日間浸漬		R2MZ-	08_P45-1	R2MZ-08_P45-2		R2MZ-08_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0203	29,991.87	0.0181	29,992.34	0.0192	0.00156
Total pore area	m²/g	2.615	29,991.87	2.006	29,992.34	2.3105	0.43063
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.06002	3,013.26	0.05034	3,592.79	0.05518	0.00684
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01329	13,612.87	0.02203	8,211.01	0.01766	0.00618
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.031	-	0.03618	-	0.03359	0.00366
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4644	0.5	2.464	0.5	2.4642	0.00028
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.594	29,991.87	2.5794	29,992.34	2.5867	0.01032
Porosity:	%	4.9948	-	4.4716	-	4.7332	0.36996
Stem volume	%	13	-	11	-	12	1.41421

表 1.7-9 R2MZ-08のポロシメータ測定結果

【付録14】



(a): R2MZ-08-1の浸漬前、(b): R2MZ-08-1の浸漬後 (c): R2MZ-08-2の浸漬前、(d): R2MZ-08-2の浸漬後

R2MZ-09_浸漬前		R2MZ	-09_Pb_1	R2MZ	2-09_Pb_2	R2MZ-	09_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0036	29,991.84	0.0046	29,991.22	0.0041	0.00071
Total pore area	m²/g	0.001	29,991.84	0	29,991.22	0.0005	0.00071
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	150.29089	1.2	179.17405	1.01	164.73247	20.42348
Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	μm	5.32441	33.97	126.78573	1.43	66.05507	85.88612
Average pore diameter (4V/A)	μm	23.539	-	0	-	11.7695	16.644587
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6553	0.50	2.6406	0.50	2.64795	0.01039
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6813	29,991.84	2.673	29,991.22	2.67715	0.00587
Porosity:	%	0.9672	-	1.212	-	1.0896	0.17310
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-09_45日間浸漬		R2MZ	-09_P45-1	R2MZ-09_P45-2		R2MZ-09_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.1792	29,991.92	0.1708	29,987.86	0.175	0.00594
Total pore area	m²/g	1.126	29,991.92	1.141	29,987.86	1.1335	0.01061
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	9.81945	18.42	9.30863	19.43	9.56404	0.36120
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01737	10,410.97	0.01536	11,775.80	0.016365	0.00142
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.63641	-	0.59907	-	0.61774	0.02640
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	1.7575	0.5	1.7851	0.5	1.7713	0.01952
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5655	29,991.92	2.5682	29,987.86	2.56685	0.00191
Porosity:	%	31.4967	-	30.4928	-	30.99475	0.70986
Stem volume	%	63	-	61	-	62	1.41421

表 1.7-10 R2MZ-09のポロシメータ測定結果



(a): R2MZ-09-1の浸漬前、(b): R2MZ-09-1の浸漬後
(c): R2MZ-09-2の浸漬前、(d): R2MZ-09-2の浸漬後

R2MZ-10_浸漬前		R2MZ	-10_Pb_1	R2MZ-	-10_Pb_2	R2MZ-	10_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0019	29,992.18	0.0049	29,991.78	0.0034	0.00212
Total pore area	m²/g	0.036	29,992.18	0.367	29,991.78	0.2015	0.23405
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	41.17215	4.39	5.17436	34.95	23.173255	25.45428
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.03369	5,368.39	0.01752	10,323.52	0.025605	0.01143
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.2128	-	0.05293	-	0.132865	0.1130452
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.656	0.50	2.6496	0.50	2.6528	0.00453
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6698	29,992.18	2.6842	29,991.78	2.677	0.01018
Porosity:	%	0.5183	-	1.2873	-	0.9028	0.54377
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-10_45日間浸漬		R2MZ-	10_P45-1	R2MZ-10_P45-2		R2MZ-10_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0029	29,990.35	0.0062	29,991.86	0.00455	0.00233
Total pore area	m²/g	0.276	29,990.35	0.805	29,991.86	0.5405	0.37406
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.04862	3,719.99	0.05774	3,132.24	0.05318	0.00645
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.02258	8,010.72	0.00915	19,768.59	0.015865	0.00950
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04236	-	0.03062	-	0.03649	0.00830
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5387	0.49	2.5157	0.49	2.5272	0.01626
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5577	29,990.35	2.5553	29,991.86	2.5565	0.00170
Porosity:	%	0.742	-	1.5506	-	1.1463	0.57177
Stem volume	%	1	-	3	-	2	1.41421

表 1.7-11 R2MZ-10のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-11_浸漬前		R2MZ	-11_Pb_1	R2MZ	-11_Pb_2	R2MZ-	11_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0205	29,991.29	0.0225	29,992.10	0.0215	0.00141
Total pore area	m²/g	0.492	29,991.29	0.54	29,992.10	0.516	0.03394
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.34488	524.43	0.31683	570.86	0.330855	0.01983
Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	μm	0.07161	2,525.69	0.07441	2,430.57	0.07301	0.00198
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.16678	-	0.1668	-	0.16679	1.414E-05
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.506	0.49	2.5019	0.49	2.50395	0.00290
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6418	29,991.29	2.6512	29,992.10	2.6465	0.00665
Porosity:	%	5.141	-	5.6293	-	5.38515	0.34528
Stem volume	%	8	-	11	-	9.5	2.1213203
R2MZ-11_45日間浸漬		R2MZ-	11_P45-1	R2MZ-	11_P45-2	R2MZ-11_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.032	29,991.66	0.0305	29,990.67	0.03125	0.00106
Total pore area	m²/g	1.043	29,991.66	0.745	29,990.67	0.894	0.21072
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL	μm	0.48002	376.79	0.40032	451.8	0.44017	0.05636
Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	μm	0.02358	7,670.67	0.05142	3,517.60	0.0375	0.01969
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.12287	-	0.16367	-	0.14327	0.02885
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4097	0.49	2.414	0.49	2.41185	0.00304
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6113	29,991.66	2.6058	29,990.67	2.60855	0.00389
Porosity:	%	7.7217	-	7.3619	-	7.5418	0.25442
Stem volume	%	17	-	15	-	16	1.41421

表 1.7-12 R2MZ-11のポロシメータ測定結果

【 付録 14 】





R2MZ-12_浸漬前		R2MZ	-12_Pb_1	R2MZ	-12_Pb_2	R2MZ-12_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0022	29,992.32	0.0029	29,990.73	0.00255	0.00049
Total pore area	m²/g	0.007	29,992.32	0.16	29,990.73	0.0835	0.10819
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	98.25101	1.84	5.56047	32.53	51.90574	65.54211
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.1636	1,105.52	0.02822	6,409.21	0.09591	0.09573
Average pore diameter (4V/A)	μm	1.22789	-	0.0726	-	0.650245	0.8169134
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6452	0.49	2.6529	0.49	2.64905	0.00544
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6607	29,992.32	2.6735	29,990.73	2.6671	0.00905
Porosity:	%	0.5841	-	0.7688	-	0.67645	0.13060
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-12_45日間浸漬		R2MZ-	12_P45-1	R2MZ-	12_P45-2	R2MZ-	12_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0199	29,991.51	0.0168	29,992.18	0.01835	0.00219
Total pore area	m²/g	1.615	29,991.51	1.404	29,992.18	1.5095	0.14920
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.72106	250.83	0.4846	373.23	0.60283	0.16720
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.01036	17,459.15	0.01186	15,244.27	0.01111	0.00106
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04923	-	0.04783	-	0.04853	0.00099
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4382	0.5	2.4452	0.5	2.4417	0.00495
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5624	29,991.51	2.5499	29,992.18	2.55615	0.00884
Porosity:	%	4.8468	-	4.1059	-	4.47635	0.52390
Stem volume	%	10	-	10	-	10	0.00000

表 1.7-13 R2MZ-12のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-13_浸漬前		R2MZ	-13_Pb_1	R2MZ-	-13_Pb_2	R2MZ-13_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0127	29,992.49	0.0132	29,992.83	0.01295	0.00035
Total pore area	m²/g	0.692	29,992.49	0.521	29,992.83	0.6065	0.12092
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.13093	1,381.36	0.21145	855.33	0.17119	0.05694
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.03604	5,018.45	0.06059	2,984.80	0.048315	0.01736
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.07329	-	0.10105	-	0.08717	0.0196293
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6524	0.49	2.6239	0.49	2.63815	0.02015
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.7447	29,992.49	2.7177	29,992.83	2.7312	0.01909
Porosity:	%	3.3643	-	3.451	-	3.40765	0.06131
Stem volume	%	6	-	7	-	6.5	0.7071068
R2MZ-13_45日間浸漬		R2MZ-	13_P45-1	R2MZ-13_P45-2		R2MZ-13_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.029	29,991.49	0.0288	29,991.62	0.0289	0.00014
Total pore area	m²/g	1.455	29,991.49	1.337	29,991.62	1.396	0.08344
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.25084	721.02	0.29207	619.24	0.271455	0.02915
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01902	9,511.11	0.01795	10,074.32	0.018485	0.00076
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.07978	-	0.08607	-	0.082925	0.00445
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4215	0.5	2.4307	0.5	2.4261	0.00651
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6045	29,991.49	2.6134	29,991.62	2.60895	0.00629
Porosity:	%	7.0258	-	6.9925	-	7.00915	0.02355
Stem volume	%	14	-	14	-	14	0.00000

表 1.7-14 R2MZ-13のポロシメータ測定結果

【付録14】



(a):R2MZ-13-1の浸漬前、(b):R2MZ-13-1の浸漬後 (c):R2MZ-13-2の浸漬前、(d):R2MZ-13-2の浸漬後

R2MZ-14_浸漬前		R2MZ	-14_Pb_1	R2MZ-	-14_Pb_2	R2MZ-14_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0021	29,991.73	0.004	29,992.42	0.00305	0.00134
Total pore area	m²/g	0.091	29,991.73	0.175	29,992.42	0.133	0.05940
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	4.93068	36.68	59.48388	3.04	32.20728	38.57494
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.045	4,019.11	0.02652	6,819.99	0.03576	0.01307
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.09366	-	0.09069	-	0.092175	0.0021001
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6436	0.5	2.6405	0.5	2.64205	0.00219
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6588	29,991.73	2.6686	29,992.42	2.6637	0.00693
Porosity:	%	0.5713	-	1.0524	-	0.81185	0.34019
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-14_45日間浸漬		R2MZ-	14_P45-1	R2MZ-14_P45-2		R2MZ-14_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0302	29,991.10	0.0278	29,991.97	0.029	0.00170
Total pore area	m²/g	3.681	29,991.10	3.849	29,991.97	3.765	0.11879
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.04541	3,982.75	0.03494	5,175.93	0.040175	0.00740
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.02462	7,346.61	0.02041	8,861.57	0.022515	0.00298
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03286	-	0.02887	-	0.030865	0.00282
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.3613	0.49	2.3781	0.49	2.3697	0.01188
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5429	29,991.10	2.5463	29,991.97	2.5446	0.00240
Porosity:	%	7.1418	-	6.6075	-	6.87465	0.37781
Stem volume	%	13	-	12	-	12.5	0.70711

表 1.7-15 R2MZ-14のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-15_浸漬前		R2MZ	-15_Pb_1	R2MZ-	-15_Pb_2	R2MZ-15_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0073	29,992.44	0.0109	29,991.66	0.0091	0.00255
Total pore area	m²/g	0.41	29,992.44	0.492	29,991.66	0.451	0.05798
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.0667	2,711.57	0.09448	1,914.24	0.08059	0.01964
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.05466	3,308.82	0.06422	2,816.45	0.05944	0.00676
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.07143	-	0.0891	-	0.080265	0.0124946
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6009	0.5	2.5752	0.5	2.58805	0.01817
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6514	29,992.44	2.6499	29,991.66	2.65065	0.00106
Porosity:	%	1.9027	-	2.8198	-	2.36125	0.64849
Stem volume	%	4	-	5	-	4.5	0.7071068
R2MZ-15_45日間浸漬		R2MZ-	15_P45-1	R2MZ-15_P45-2		R2MZ-15_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0239	29,992.40	0.0244	29,992.20	0.02415	0.00035
Total pore area	m²/g	2.324	29,992.40	1.837	29,992.20	2.0805	0.34436
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.10043	1,800.87	0.08905	2,031.13	0.09474	0.00805
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01298	13,930.50	0.02426	7,455.13	0.01862	0.00798
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04106	-	0.05317	-	0.047115	0.00856
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4192	0.5	2.4075	0.5	2.41335	0.00827
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5673	29,992.40	2.5579	29,992.20	2.5626	0.00665
Porosity:	%	5.771	-	5.8789	-	5.82495	0.07630
Stem volume	%	11	-	11	-	11	0.00000

表 1.7-16 R2MZ-015 のポロシメータ測定結果

【付録14】



R2MZ-16_浸漬前		R2MZ	-16_Pb_1	R2MZ	-16_Pb_2	R2MZ-16_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0086	29,991.48	0.0077	29,991.25	0.00815	0.00064
Total pore area	m²/g	0.411	29,991.48	0.517	29,991.25	0.464	0.07495
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.13972	1,294.45	0.09001	2,009.47	0.114865	0.03515
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.04275	4,230.83	0.03079	5,873.49	0.03677	0.00846
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.08366	-	0.05974	-	0.0717	0.016914
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.605	0.50	2.5993	0.50	2.60215	0.00403
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6647	29,991.48	2.6525	29,991.25	2.6586	0.00863
Porosity:	%	2.241	-	2.0059	-	2.12345	0.16624
Stem volume	%	3	-	2	-	2.5	0.7071068
R2MZ-16_45日間浸漬		R2MZ-	16_P45-1	R2MZ-16_P45-2		R2MZ-16_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0223	29,991.62	0.0222	29,991.34	0.02225	0.00007
Total pore area	m²/g	1.034	29,991.62	0.77	29,991.34	0.902	0.18668
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.16536	1,093.76	0.18078	1,000.49	0.17307	0.01090
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.0356	5,080.34	0.07041	2,568.72	0.053005	0.02461
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.08616	-	0.11532	-	0.10074	0.02062
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4847	0.5	2.4926	0.5	2.48865	0.00559
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6303	29,991.62	2.6385	29,991.34	2.6344	0.00580
Porosity:	%	5.5343	_	5.5313	_	5.5328	0.00212
Stem volume	%	11	-	11	-	11	0.00000

表 1.7-17 R2MZ-16のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-17_浸漬前		R2MZ	-17_Pb_1	R2MZ	-17_Pb_2	R2MZ-17_Pb	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0156	29,990.94	0.0159	29,992.63	0.01575	0.00021
Total pore area	m²/g	0.81	29,990.94	0.439	29,992.63	0.6245	0.26234
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.26028	694.89	0.32312	559.74	0.2917	0.04443
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01709	10,580.85	0.05662	3,194.17	0.036855	0.02795
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.07704	-	0.14471	-	0.110875	0.0478499
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5421	0.49	2.5416	0.49	2.54185	0.00035
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6471	29,990.94	2.6486	29,992.63	2.64785	0.00106
Porosity:	%	3.9664	-	4.0407	-	4.00355	0.05254
Stem volume	%	7	-	8	-	7.5	0.7071068
R2MZ-17_45日間浸漬		R2MZ-	17_P45-1	R2MZ-17_P45-2		R2MZ-17_P45	
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.022	29,992.81	0.0229	29,992.12	0.02245	0.00064
Total pore area	m²/g	1.644	29,992.81	0.571	29,992.12	1.1075	0.75873
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.34881	518.52	0.47209	383.12	0.41045	0.08717
Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	μm	0.00946	19,113.03	0.04579	3,950.26	0.027625	0.02569
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.05345	-	0.16035	-	0.1069	0.07559
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.457	0.49	2.4527	0.49	2.45485	0.00304
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5972	29,992.81	2.5987	29,992.12	2.59795	0.00106
Porosity:	%	5.3983	-	5.6158	-	5.50705	0.15380
Stem volume	%	12	-	11	-	11.5	0.70711

表 1.7-18 R2MZ-17のポロシメータ測定結果

【付録14】



(a):R2MZ-17-1の浸漬前、(b):R2MZ-17-1の浸漬後 (c):R2MZ-17-2の浸漬前、(d):R2MZ-17-2の浸漬後
R2MZ-18_浸漬前		R2MZ-	-18_Pb_1	R2MZ-	-18_Pb_2	R2MZ-	18_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0075	29,991.78	0.0081	29,992.02	0.0078	0.00042
Total pore area	m²/g	0.989	29,991.78	1.268	29,992.02	1.1285	0.19728
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.03227	5,604.42	0.03056	5,917.55	0.031415	0.00121
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.02209	8,186.87	0.01859	9,729.21	0.02034	0.00247
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03028	-	0.02558	-	0.02793	0.0033234
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5868	0.50	2.5878	0.50	2.5873	0.00071
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6379	29,991.78	2.6432	29,992.02	2.64055	0.00375
Porosity:	%	1.9366	-	2.098	-	2.0173	0.11413
Stem volume	%	4	-	4	-	4	0
R2MZ-18_45日間浸漬		R2MZ-	18_P45-1	R2MZ-	18_P45-2	R2MZ-	18_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0216	29,991.45	0.0185	29,991.62	0.02005	0.00219
Total pore area	m²/g	2.16	29,991.45	1.898	29,991.62	2.029	0.18526
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.08662	2,088.01	0.07276	2,485.78	0.07969	0.00980
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01525	11,858.72	0.01753	10,317.33	0.01639	0.00161
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03991	-	0.0389	-	0.039405	0.00071
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4291	0.49	2.4602	0.49	2.44465	0.02199
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5633	29,991.45	2.5772	29,991.62	2.57025	0.00983
Porosity:	%	5.2359	-	4.5397	-	4.8878	0.49229
Stem volume	%	10	-	9	-	9.5	0.70711

表 1.7-19 R2MZ-18のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-19_浸漬前		R2MZ	-19_Pb_1	R2MZ-	-19_Pb_2	R2MZ-	19_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0093	29,992.40	0.0085	29,992.13	0.0089	0.00057
Total pore area	m²/g	0.649	29,992.40	0.499	29,992.13	0.574	0.10607
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.06568	2,753.53	0.09452	1,913.53	0.0801	0.02039
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.03805	4,753.65	0.05075	3,563.56	0.0444	0.00898
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.05708	-	0.0685	-	0.06279	0.0080752
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6143	0.49	2.6057	0.49	2.61	0.00608
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6791	29,992.40	2.665	29,992.13	2.67205	0.00997
Porosity:	%	2.4212	-	2.2269	-	2.32405	0.13739
Stem volume	%	5	-	4	-	4.5	0.7071068
R2MZ-19_45日間浸漬		R2MZ-	19_P45-1	R2MZ-	19_P45-2	R2MZ-	19_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0204	29,992.24	0.0204	29,992.76	0.0204	0.00000
Total pore area	m²/g	1.59	29,992.24	1.657	29,992.76	1.6235	0.04738
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.11134	1,624.40	0.12868	1,405.49	0.12001	0.01226
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.02322	7,790.38	0.0178	10,158.48	0.02051	0.00383
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.05144	-	0.04922	-	0.05033	0.00157
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4349	0.49	2.4401	0.49	2.4375	0.00368
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5625	29,992.24	2.5679	29,992.76	2.5652	0.00382
Porosity:	%	4.9779	-	4.9764	-	4.97715	0.00106
Stem volume	%	11	-	11	-	11	0.00000

表 1.7-20 R2MZ-19のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-20_浸漬前		R2MZ	-20_Pb_1	R2MZ	-20_Pb_2	R2MZ-	20_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0174	29,991.62	0.0192	29,991.24	0.0183	0.00127
Total pore area	m²/g	0.482	29,991.62	0.553	29,991.24	0.5175	0.05020
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.15908	1,136.93	0.20039	902.54	0.179735	0.02921
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.11895	1,520.50	0.10422	1,735.46	0.111585	0.01042
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.14392	-	0.13866	-	0.14129	0.0037194
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5362	0.5	2.5283	0.5	2.53225	0.00559
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6531	29,991.62	2.6571	29,991.24	2.6551	0.00283
Porosity:	%	4.4052	-	4.8459	-	4.62555	0.31162
Stem volume	%	9	-	6	-	7.5	2.1213203
R2MZ-20_45日間浸漬		R2MZ-	20_P45-1	R2MZ-	20_P45-2	R2MZ-	20_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0276	29,992.26	0.0333	29,991.92	0.03045	0.00403
Total pore area	m²/g	1.328	29,992.26	2.345	29,991.92	1.8365	0.71913
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.23212	779.2	0.27856	649.29	0.25534	0.03284
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.02156	8,387.37	0.01152	15,704.53	0.01654	0.00710
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.08297	-	0.05683	-	0.0699	0.01848
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4053	0.49	2.375	0.49	2.39015	0.02143
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.576	29,992.26	2.5791	29,991.92	2.57755	0.00219
Porosity:	%	6.6272	_	7.9118	_	7.2695	0.90835
Stem volume	%	16	-	16	-	16	0.00000

表 1.7-21 R2MZ-20のポロシメータ測定結果

【付録14】



R2MZ-21_浸漬前		R2MZ	-21_Pb_1	R2MZ	-21_Pb_2	R2MZ-	21_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0067	29,991.91	0.007	29,991.95	0.00685	0.00021
Total pore area	m²/g	0.837	29,991.91	0.811	29,991.95	0.824	0.01838
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.03124	5,790.14	0.04318	4,189.06	0.03721	0.00844
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.02125	8,509.29	0.02504	7,224.02	0.023145	0.00268
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03213	-	0.0345	-	0.033315	0.0016758
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6045	0.5	2.5994	0.5	2.60195	0.00361
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.651	29,991.91	2.6475	29,991.95	2.64925	0.00247
Porosity:	%	1.7525	-	1.8181	-	1.7853	0.04639
Stem volume	%	4	-	4	-	4	0
R2MZ-21_45日間浸漬		R2MZ-	21_P45-1	R2MZ-	21_P45-2	R2MZ-	21_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.03	29,991.96	0.0321	29,992.05	0.03105	0.00148
Total pore area	m²/g	1.903	29,991.96	1.892	29,992.05	1.8975	0.00778
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.10967	1,649.11	0.08397	2,153.82	0.09682	0.01817
Median pore diameter (area) at 0.000 \mbox{m}^2/\mbox{g}	μm	0.03403	5,315.27	0.05634	3,210.31	0.045185	0.01578
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.06308	-	0.06785	-	0.065465	0.00337
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4322	0.5	2.4134	0.5	2.4228	0.01329
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6237	29,991.96	2.6161	29,992.05	2.6199	0.00537
Porosity:	%	7.2997	-	7.7459	-	7.5228	0.31551
Stem volume	%	18	-	18	-	18	0.00000

表 1.7-22 R2MZ-21のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-22_浸漬前		R2MZ-	-22_Pb_1	R2MZ-	-22_Pb_2	R2MZ-	22_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0166	29,991.88	0.0156	29,991.93	0.0161	0.00071
Total pore area	m²/g	1.965	29,991.88	1.425	29,991.93	1.695	0.38184
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.05338	3,388.08	0.05971	3,028.93	0.056545	0.00448
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.02059	8,786.13	0.03242	5,578.76	0.026505	0.00837
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.0338	-	0.0438	-	0.0388	0.0070711
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.5121	0.5	2.5116	0.5	2.51185	0.00035
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6215	29,991.88	2.614	29,991.93	2.61775	0.00530
Porosity:	%	4.1721	-	3.9201	-	4.0461	0.17819
Stem volume	%	8	-	8	-	8	0
R2MZ-22_45日間浸漬		R2MZ-	22_P45-1	R2MZ-	22_P45-2	R2MZ-	22_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0222	29,991.32	0.0223	29,990.81	0.02225	0.00007
Total pore area	m²/g	1.19	29,991.32	0.897	29,990.81	1.0435	0.20718
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.13323	1,357.53	0.14339	1,261.38	0.13831	0.00718
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.03931	4,601.00	0.06369	2,839.78	0.0515	0.01724
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.07466	-	0.09932	-	0.08699	0.01744
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4645	0.5	2.4689	0.5	2.4667	0.00311
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6073	29,991.32	2.6126	29,990.81	2.60995	0.00375
Porosity:	%	5.4767	-	5.4988	-	5.48775	0.01563
Stem volume	%	11	-	11	-	11	0.00000

表 1.7-23 R2MZ-22のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-23_浸漬前		R2MZ	-23_Pb_1	R2MZ-	-23_Pb_2	R2MZ-	-23_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0004	29,990.65	0.0034	29,992.07	0.0019	0.00212
Total pore area	m²/g	0	29,990.65	0.308	29,992.07	0.154	0.21779
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	146.76434	1.23	0.04818	3,754.17	73.40626	103.74399
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	27.98257	6.46	0.02117	8,544.99	14.00187	19.77170
Average pore diameter (4V/A)	μm	0	-	0.04363	-	0.021815	0.0308511
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.853	0.5	2.8839	0.5	2.86845	0.02185
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.8563	29,990.65	2.9122	29,992.07	2.88425	0.03953
Porosity:	%	0.1148	-	0.9719	-	0.54335	0.60606
Stem volume	%	0	-	1	-	0.5	0.7071068
R2MZ-23_45日間浸漬		R2MZ-	23_P45-1	R2MZ-	23_P45-2	R2MZ-	23_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0574	29,992.13	0.0611	29,992.41	0.05925	0.00262
Total pore area	m²/g	6.368	29,992.13	5.176	29,992.41	5.772	0.84287
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.09728	1,859.27	0.14137	1,279.37	0.119325	0.03118
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01184	15,280.29	0.01695	10,669.90	0.014395	0.00361
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03606	-	0.04725	-	0.041655	0.00791
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.1624	0.5	2.1594	0.5	2.1609	0.00212
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.469	29,992.13	2.4879	29,992.41	2.47845	0.01336
Porosity:	%	12.418	-	13.2046	-	12.8113	0.55621
Stem volume	%	29	-	29	-	29	0.00000

表 1.7-24 R2MZ-23のポロシメータ測定結果

【付録14】



図 1. 7-23 R2MZ-23の間隙径分布 (a):R2MZ-23-1の浸漬前、(b):R2MZ-23-1の浸漬後 (c):R2MZ-23-2の浸漬前、(d):R2MZ-23-2の浸漬後

R2MZ-24_浸漬前		R2MZ	-24_Pb_1	R2MZ	-24_Pb_2	R2MZ-	24_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0035	29,990.18	0.005	29,991.14	0.00425	0.00106
Total pore area	m²/g	0.352	29,990.18	0.056	29,991.14	0.204	0.20930
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	15.15718	11.93	140.57672	1.29	77.86695	88.68501
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.01419	12,743.25	0.02614	6,919.36	0.020165	0.00845
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.03996	-	0.36066	-	0.20031	0.2267691
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.716	0.5	2.6794	0.5	2.6977	0.02588
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.7423	29,990.18	2.7159	29,991.14	2.7291	0.01867
Porosity:	%	0.9587	-	1.3446	-	1.15165	0.27287
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-24_45日間浸漬		R2MZ-	24_P45-1	R2MZ-	24_P45-2	R2MZ-	24_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0138	29,992.67	0.0159	29,992.22	0.01485	0.00148
Total pore area	m²/g	4.407	29,992.67	4.336	29,992.22	4.3715	0.05020
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.01151	15,719.62	0.01564	11,565.98	0.013575	0.00292
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.00902	20,061.60	0.00954	18,959.45	0.00928	0.00037
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.01255	-	0.0147	-	0.013625	0.00152
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.4907	0.5	2.4668	0.5	2.47875	0.01690
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5796	29,992.67	2.5678	29,992.22	2.5737	0.00834
Porosity:	%	3.445	_	3.9306	_	3.6878	0.34337
Stem volume	%	8	-	9	-	8.5	0.70711

表 1.7-25 R2MZ-24のポロシメータ測定結果

【付録14】





付 14-210

R2MZ-25_浸漬前		R2MZ	-25_Pb_1	R2MZ	-25_Pb_2	R2MZ-	25_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0033	29,991.08	0.0026	29,992.79	0.00295	0.00049
Total pore area	m²/g	0.451	29,991.08	0.135	29,992.79	0.293	0.22345
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.02496	7,246.07	100.25926	1.8	50.14211	70.87635
Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	μm	0.02163	8,363.05	0.01565	11,556.31	0.01864	0.00423
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.02905	-	0.07829	-	0.05367	0.0348179
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.7471	0.49	2.7775	0.49	2.7623	0.02150
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.772	29,991.08	2.798	29,992.79	2.785	0.01838
Porosity:	%	0.9	-	0.7331	-	0.81655	0.11802
Stem volume	%	1	-	1	-	1	0
R2MZ-25_45日間浸漬		R2MZ-	25_P45-1	R2MZ-	25_P45-2	R2MZ-	25_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0037	29,992.19	0.0073	29,992.43	0.0055	0.00255
Total pore area	m²/g	0.174	29,992.19	1.931	29,992.43	1.0525	1.24239
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	7.28353	24.83	0.0157	11,519.16	3.649615	5.13913
Median pore diameter (area) at 0.000 \mbox{m}^2/\mbox{g}	μm	0.02473	7,312.11	0.00924	19,568.28	0.016985	0.01095
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.08469	-	0.01521	-	0.04995	0.04913
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6426	0.5	2.5837	0.5	2.61315	0.04165
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6685	29,992.19	2.6337	29,992.43	2.6511	0.02461
Porosity:	%	0.9719	_	1.8975	_	1.4347	0.65450
Stem volume	%	1	-	3	-	2	1.41421

表 1.7-26 R2MZ-25のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-26_浸漬前		R2MZ	-26_Pb_1	R2MZ	-26_Pb_2	R2MZ-	26_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0444	29,991.38	0.0435	29,990.91	0.04395	0.00064
Total pore area	m²/g	0.8	29,991.38	0.84	29,990.91	0.82	0.02828
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.59325	304.87	0.52532	344.29	0.559285	0.04803
Median pore diameter (area) at 0.000 $\rm m^2/g$	μm	0.08675	2,085.00	0.08099	2,233.17	0.08387	0.00407
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.22226	-	0.20728	-	0.21477	0.0105925
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.3646	0.49	2.3677	0.49	2.36615	0.00219
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6422	29,991.38	2.6399	29,990.91	2.64105	0.00163
Porosity:	%	10.5072	-	10.3095	-	10.40835	0.13980
Stem volume	%	20	-	21	-	20.5	0.7071068
R2MZ-26_45日間浸漬		R2MZ-	26_P45-1	R2MZ-	26_P45-2	R2MZ-	26_P45
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0531	29,992.52	0.0618	29,991.82	0.05745	0.00615
Total pore area	m²/g	2.276	29,992.52	2.972	29,991.82	2.624	0.49215
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	0.50306	359.53	0.74271	243.52	0.622885	0.16946
Median pore diameter (area) at 0.000 m^2/g	μm	0.01614	11,206.00	0.01139	15,875.32	0.013765	0.00336
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.09324	-	0.08318	-	0.08821	0.00711
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.2528	0.5	2.2109	0.5	2.23185	0.02963
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.5587	29,992.52	2.5608	29,991.82	2.55975	0.00148
Porosity:	%	11.9567	-	13.6624	-	12.80955	1.20611
Stem volume	%	30	-	28	-	29	1.41421

表 1.7-27 R2MZ-26のポロシメータ測定結果

【付録14】





R2MZ-27_浸漬前		R2MZ	-04_Pb_1	R2MZ	-04_Pb_2	R2MZ-	-04_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0029	29,992.52	0.0031	29,990.85	0.003	0.00014
Total pore area	m²/g	0.258	29,992.52	0.152	29,990.85	0.205	0.07495
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	1.37609	131.43	5.23144	34.57	3.303765	2.72614
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	0.01551	11,660.04	0.02755	6,565.04	0.02153	0.00851
Average pore diameter (4V/A)	μm	0.04434	-	0.08221	-	0.063275	0.0267781
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6416	0.49	2.6141	0.49	2.62785	0.01945
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6617	29,992.52	2.6356	29,990.85	2.64865	0.01846
Porosity:	%	0.7562	-	0.817	-	0.7866	0.04299
Stem volume	%	1	-	1	-	1	0
R2MZ-27_45日間浸漬		R2MZ-	27_P45-1	R2MZ-	27_P45-2	R2MZ-	27_P45
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents	Unit	R2MZ- Value	27_P45-1 Pressure(psia)	R2MZ- Value	27_P45-2 Pressure(psia)	R2MZ- Average	27_P45 STDEV.S
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume	Unit mL/g	R2MZ- Value 0.0124	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96	R2MZ- Value 0.0175	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78	R2MZ- Average 0.01495	27_P45 STDEV.S 0.00361
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area	Unit mL/g m²/g	R2MZ- Value 0.0124 3.066	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96	R2MZ- Value 0.0175 3.123	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78	R2MZ- Average 0.01495 3.0945	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	Unit mL/g m²/g µm	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	Unit mL/g m²/g µm µm	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643 0.01164	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91 15,534.11	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385 0.01172	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28 15,428.79	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014 0.01168	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525 0.00006
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A)	Unit mL/g m²/g µm µm µm	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643 0.01164 0.01622	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91 15,534.11 -	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385 0.01172 0.02244	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28 15,428.79 -	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014 0.01168 0.01933	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525 0.00006 0.00440
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia	Unit mL/g m²/g µm µm µm g/mL	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643 0.01164 0.01622 2.5198	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91 15,534.11 - 0.5	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385 0.01172 0.02244 2.4934	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28 15,428.79 - 0.5	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014 0.01168 0.01933 2.5066	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525 0.00006 0.00440 0.01867
R2MZ-27_45日間浸漬 <u>Contents</u> Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density	Unit mL/g m ² /g µm µm g/mL g/mL	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643 0.01164 0.01622 2.5198 2.6013	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91 15,534.11 - 0.5 29,990.96	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385 0.01172 0.02244 2.4934 2.6072	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28 15,428.79 - 0.5 29,992.78	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014 0.01168 0.01933 2.5066 2.60425	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525 0.00006 0.00440 0.01867 0.00417
R2MZ-27_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density Porosity:	Unit mL/g m²/g µm µm g/mL g/mL %	R2MZ- Value 0.0124 3.066 0.01643 0.01164 0.01622 2.5198 2.6013 3.1331	27_P45-1 Pressure(psia) 29,990.96 29,990.96 11,005.91 15,534.11 - 0.5 29,990.96 -	R2MZ- Value 0.0175 3.123 0.02385 0.01172 0.02244 2.4934 2.6072 4.3677	27_P45-2 Pressure(psia) 29,992.78 29,992.78 7,584.28 15,428.79 - 0.5 29,992.78 -	R2MZ- Average 0.01495 3.0945 0.02014 0.01168 0.01933 2.5066 2.60425 3.7504	27_P45 STDEV.S 0.00361 0.04031 0.00525 0.00006 0.00440 0.01867 0.00417 0.87299

表 1.7-28 R2MZ-27のポロシメータ測定結果

【 付録 14 】



図 1.7-27 R2MZ-27の間隙径分布 (a):R2MZ-27-1の浸漬前、(b):R2MZ-27-1の浸漬後 (c):R2MZ-27-2の浸漬前、(d):R2MZ-27-2の浸漬後

R2MZ-28_浸漬前		R2MZ	-09_Pb_1	R2MZ	-09_Pb_2	R2MZ-	09_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0036	29,991.84	0.0046	29,991.22	0.0041	0.00071
Total pore area	m²/g	0.001	29,991.84	0	29,991.22	0.0005	0.00071
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	150.29089	1.2	179.17405	1.01	164.73247	20.42348
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	5.32441	33.97	126.78573	1.43	66.05507	85.88612
Average pore diameter (4V/A)	μm	23.539	-	0	-	11.7695	16.644587
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.6553	0.50	2.6406	0.50	2.64795	0.01039
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.6813	29,991.84	2.673	29,991.22	2.67715	0.00587
Porosity:	%	0.9672	-	1.212	-	1.0896	0.17310
Stem volume	%	1	-	2	-	1.5	0.7071068
R2MZ-28_45日間浸漬		R2MZ-	28_P45-1	R2MZ-	28_P45-2	R2MZ-	28_P45
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents	Unit	R2MZ- Value	28_P45-1 Pressure(psia)	R2MZ- Value	28_P45-2 Pressure(psia)	R2MZ- Average	28_P45 STDEV.S
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume	Unit mL/g	R2MZ- Value 0.1639	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57	R2MZ- Value 0.1733	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27	R2MZ- Average 0.1686	28_P45 STDEV.S 0.00665
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area	Unit mL/g m²/g	R2MZ- Value 0.1639 1.532	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57	R2MZ- Value 0.1733 1.182	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27	R2MZ- Average 0.1686 1.357	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	Unit mL/g m²/g µm	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57 20.45	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27 22.39	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	Unit mL/g m²/g µm µm	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219 0.01073	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57 20.45 16,850.76	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864 0.01874	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27 22.39 9,649.52	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415 0.014735	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991 0.00566
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A)	Unit mL/g m²/g µm µm	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219 0.01073 0.4278	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57 20.45 16,850.76	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864 0.01874 0.5863	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27 22.39 9,649.52 -	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415 0.014735 0.50705	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991 0.00566 0.11208
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia	Unit mL/g m²/g μm μm μm g/mL	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219 0.01073 0.4278 1.7856	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57 20.45 16,850.76 - 0.49	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864 0.01874 0.5863 1.786	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27 22.39 9,649.52 - 0.49	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415 0.014735 0.50705 1.7858	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991 0.00566 0.11208 0.00028
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density	Unit mL/g m ² /g µm µm g/mL g/mL	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219 0.01073 0.4278 1.7856 2.5244	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 29,990.57 20.45 16,850.76 - 0.49 29,990.57	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864 0.01874 0.5863 1.786 2.5864	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 29,992.27 22.39 9,649.52 - 0.49 29,992.27	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415 0.014735 0.50705 1.7858 2.5554	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991 0.00566 0.11208 0.00028 0.04384
R2MZ-28_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density Porosity:	Unit mL/g m²/g µm µm g/mL g/mL %	R2MZ- Value 0.1639 1.532 8.84219 0.01073 0.4278 1.7856 2.5244 29.2636	28_P45-1 Pressure(psia) 29,990.57 20.45 16,850.76 - 0.49 29,990.57 -	R2MZ- Value 0.1733 1.182 8.07864 0.01874 0.5863 1.786 2.5864 30.9473	28_P45-2 Pressure(psia) 29,992.27 22,39 9,649.52 - 0.49 29,992.27 -	R2MZ- Average 0.1686 1.357 8.460415 0.014735 0.50705 1.7858 2.5554 30.10545	28_P45 STDEV.S 0.00665 0.24749 0.53991 0.00566 0.11208 0.00028 0.00028 0.04384 1.19056

表 1.7-29 R2MZ-28のポロシメータ測定結果



図 1. 7-28 R2MZ-28 の间原全方布 (a):R2MZ-28-1 の浸漬前、(b):R2MZ-28-1 の浸漬後 (c):R2MZ-28-2 の浸漬前、(d):R2MZ-28-2 の浸漬後

R2MZ-29_浸漬前		R2MZ	-23_Pb_1	R2MZ	-23_Pb_2	R2MZ-	23_Pb
Contents	Unit	Value	Pressure(psia)	Value	Pressure(psia)	Average	STDEV.S
Total intrusion volume	mL/g	0.0004	29,990.65	0.0034	29,992.07	0.0019	0.00212
Total pore area	m²/g	0	29,990.65	0.308	29,992.07	0.154	0.21779
Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	μm	146.76434	1.23	0.04818	3,754.17	73.40626	103.74399
Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g	μm	27.98257	6.46	0.02117	8,544.99	14.00187	19.77170
Average pore diameter (4V/A)	μm	0	-	0.04363	-	0.021815	0.0308511
Bulk density at 0.50 psia	g/mL	2.853	0.5	2.8839	0.5	2.86845	0.02185
Apparent (skeletal) density	g/mL	2.8563	29,990.65	2.9122	29,992.07	2.88425	0.03953
Porosity:	%	0.1148	-	0.9719	-	0.54335	0.60606
Stem volume	%	0	-	1	-	0.5	0.7071068
R2MZ-29_45日間浸漬		R2MZ-	29_P45-1	R2MZ-	29_P45-2	R2MZ-	29_P45
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents	Unit	R2MZ- Value	29_P45-1 Pressure(psia)	R2MZ- Value	29_P45-2 Pressure(psia)	R2MZ- Average	29_P45 STDEV.S
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume	Unit mL/g	R2MZ- Value 0.0296	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21	R2MZ- Value 0.0422	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41	R2MZ- Average 0.0359	29_P45 STDEV.S 0.00891
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area	Unit mL/g m²/g	R2MZ- Value 0.0296 3.228	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21	R2MZ- Value 0.0422 4.841	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 29,991.41	R2MZ- Average 0.0359 4.0345	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/	Unit mL/g m²/g µm	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21 3,014.30	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 2,671.06	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m ² /g	Unit mL/g m²/g μm μm	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06 0.01861	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21 3,014.30 9,719.48	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771 0.01411	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 29,991.41 2,671.06 12,813.61	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855 0.01636	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545 0.00318
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A)	Unit mL/g m²/g μm μm μm	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06 0.01861 0.03668	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21 3,014.30 9,719.48	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771 0.01411 0.03486	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 29,991.41 2,671.06 12,813.61 -	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855 0.01636 0.03577	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545 0.00318 0.00129
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia	Unit mL/g m²/g µm µm µm g/mL	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06 0.01861 0.03668 2.5328	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21 3,014.30 9,719.48 - 0.5	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771 0.01411 0.03486 2.4362	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 2,671.06 12,813.61 - 0.5	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855 0.01636 0.03577 2.4845	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545 0.00318 0.00129 0.06831
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density	Unit mL/g m²/g μm μm μm g/mL g/mL	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06 0.01861 0.03668 2.5328 2.7382	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 3,014.30 9,719.48 - 0.5 29,991.21	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771 0.01411 0.03486 2.4362 2.7153	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 29,991.41 2,671.06 12,813.61 - 0.5 29,991.41	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855 0.01636 0.03577 2.4845 2.72675	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545 0.00318 0.00129 0.06831 0.01619
R2MZ-29_45日間浸漬 Contents Total intrusion volume Total pore area Median pore diameter (volume) at 0.001 mL/ Median pore diameter (area) at 0.000 m²/g Average pore diameter (4V/A) Bulk density at 0.50 psia Apparent (skeletal) density Porosity:	Unit mL/g m²/g µm µm g/mL g/mL %	R2MZ- Value 0.0296 3.228 0.06 0.01861 0.03668 2.5328 2.5328 2.7382 7.5017	29_P45-1 Pressure(psia) 29,991.21 29,991.21 3,014.30 9,719.48 - 0.5 29,991.21 -	R2MZ- Value 0.0422 4.841 0.06771 0.01411 0.03486 2.4362 2.7153 10.2784	29_P45-2 Pressure(psia) 29,991.41 2,671.06 12,813.61 - 0.5 29,991.41 -	R2MZ- Average 0.0359 4.0345 0.063855 0.01636 0.03577 2.4845 2.72675 8.89005	29_P45 STDEV.S 0.00891 1.14056 0.00545 0.00318 0.00129 0.06831 0.01619 1.96342

表 1.7-30 R2MZ-29のポロシメータ測定結果

【付録14】





1.8 溶液の ICP-OES および ICP-MS 分析

硝酸溶液への浸漬によって試料から溶け出した元素を定量的に評価することを目的として、岩 石試料浸漬後の硝酸溶液について、ICP-OES (Agilent 社、Agilent 5100)及び ICP-MS (Agilent 社、7500Ce)を用いた分析を実施した。分析にあたっては、JIS K0102工場排水試験方法および JIS M8206 鉄鉱石—ICP 発光分光分析方法を参考に、試料の前処理を行い測定した。ICP-OES の測 定結果を表 1.8-1~表 1.8-3 に、ICP-MS の測定結果を表 1.8-4~表 1.8-6 に示す。

	A	Ca	Fe	¥	Μa	Mn	Na	F	Ba	ŗ	СЦ	Ga	ij	Ņ	Ъb	Rb	'n	>	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
02-15日	3471	539	12387	601	1745	179	21	0.48	16	5.6	2.7		11	8.6	6.5	6.1	3.0	4.5	23
02-30日	1256	143	3052	465	431	46	8.9	<0.25	10	1.8	0.65	<2.5	2.5	2.1	<2.5	4.0	1.0	1.7	5.8
02-45日	851	32	739	425	144	12	5.6	<0.25	8.3	1.0	0.30	<2.5	0.70	0.46	<2.5	<2.5	0.35	1.3	1.6
03-15日	2518	250	7055	359	1100	58	14	0.37	14	3.4	2.0	<2.5	7.6	4.3	3.9	3.4	2.0	2.9	14
03-30日	951	63	1906	267	291	13	5.6	<0.25	6.8	1.1	0.53	<2.5	1.9	1.2	<2.5	<2.5	0.71	1.1	3.9
03-45日	587	22	672	235	113	3.9	3.7	<0.25	5.4	0.67	<0.25	<2.5	0.65	0.40	<2.5	<2.5	0.35	0.76	1.4
04-15日	1661	2156	4684	274	1059	52	10	0.31	9.1	2.8	0.78	<2.5	5.2	4.1	3.6	<2.5	9.1	2.0	11
04-30日	778	062	1737	212	392	19	5.0	<0.25	6.1	1.2	0.31	<2.5	1.8	1.5	<2.5	<2.5	3.5	1.0	4.1
04-45日	611	507	1093	205	251	11	4.0	<0.25	5.7	06.0	<0.25	<2.5	1.2	0.94	<2.5	<2.5	2.4	0.82	2.6
05-15日	5353	1045	10799	1442	3734	164	44	273	16	15	3.2	2.7	16	8.7	<2.5	20	1.7	17	24
02-30日	2600	420	4913	932	1675	66	39	154	9.5	7.5	1.3	<2.5	6.6	4.0	<2.5	11	1.0	8.7	11
05-45日	1896	297	3296	602	1105	44	38	104	7.4	5.1	0.80	<2.5	4.2	2.7	<2.5	8.3	0.87	6.0	7.0
06-15⊟	3894	477	4740	953	1588	34	87	124	4.5	9.4	3.0	<2.5	11	5.1	<2.5	15	4.8	12	13
06-30日	2916	291	2891	612	977	26	68	71	2.9	5.5	1.5	<2.5	6.5	2.5	<2.5	7.4	2.6	7.2	7.5
06-45日	2413	235	2256	489	766	21	59	54	2.7	4.2	1.0	<2.5	5.0	1.9	<2.5	7.0	2.1	5.5	5.8
07-15日	1733	488	4718	105	1212	56	13	1.1	2.1	1.9	0.84	<2.5	5.9	1.2	<2.5	<2.5	1.4	4.7	10
07-30日	814	162	1957	83	486	23	9.0	0.47	1.5	0.82	0.43	<2.5	2.4	0.48	<2.5	<2.5	0.73	2.1	4.2
07-45日	642	126	1422	82	347	17	8.4	0.39	1.5	0.60	0.33	<2.5	1.7	0.34	<2.5	<2.5	0.61	1.7	2.9
08-15日	2563	470	6506	336	1082	73	42	0.48	13	2.9	2.1	<2.5	5.5	4.0	10	<2.5	3.4	2.1	21
08-30日	613	27	577	232	82	4.5	10	<0.25	5.7	0.50	0.29	<2.5	0.55	0.51	<2.5	<2.5	0.46	0.64	2.6
08-45日	575	2.1	102	275	41	0.92	6.2	0.26	6.8	0.52	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	0.80	0.45
09-15⊟	2594	68141	8266	520	2427	745	42	1.5	45	3.8	2.3	<2.5	13	3.4	3.5	<2.5	130	3.5	12
06-30日	551	4579	621	246	193	51	6.3	0.42	7.8	0.62	<0.25	<2.5	0.73	<0.25	<2.5	<2.5	8.6	0.84	1.2
09-45日	415	355	107	194	48	4.3	2.9	0.37	3.9	0.41	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	0.74	0.57	<0.25
10-15日	2350	567	3236	1069	911	21	118	99	12	3.6	0.29	<2.5	5.0	2.2	<2.5	12	6.5	4.0	6.0
10-30日	1213	312	1320	538	378	8.7	89	28	5.6	1.5	<0.25	<2.5	2.0	0.87	<2.5	4.7	4.5	1.8	2.3
10-45日	935	229	876	391	257	6.1	70	20	4.5	1.1	<0.25	<2.5	1.4	0.53	<2.5	2.9	3.4	1.3	1.5
11-15日	701	375	8344	382	63	195	14	<0.25	12	0.79	2.1	<2.5	<0.25	7.0	7.0	2.8	3.1	0.77	13
11-30日	314	12	270	224	17	7.0	3.0	<0.25	5.0	0.29	<0.25	<2.5	<0.25	0.36	<2.5	<2.5	0.84	0.27	0.69
11-45日	351	1.5	45	212	23	0.40	2.5	<0.25	5.0	0.37	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	0.77	0.33	<0.25

表 1.8-1 ICP-OES による定量分析結果(1)

	14	ć	U U	1	σW	чW		F	ć	ć	Ċ	ć		Ni	Å	ЧО	ů	~	ч Г
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ng/L	mg/L	mg/L	mg/L	دا mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	یں mg/L	wg/L	mg/L
12-15日	2602	414	4563	629	1440	51	66	59	3.8	3.2	3.4	<2.5	6.7	4.4	<2.5	12	4.6	3.1	10
12-30日	2612	486	4336	692	1353	48	117	63	4.6	3.0	2.9	<2.5	6.4	4.1	<2.5	12	5.9	3.1	10
12-45日	631	217	482	185	135	6.0	56	24	2.5	0.44	<0.25	<2.5	0.83	0.39	<2.5	2.9	2.9	0.58	1.2
13-15日	5569	156	12172	96	3648	79	10	7.6	2.9	8.8	3.2	3.0	16	2.2	4.8	<2.5	1.4	8.5	23
13-30日	1745	18	3527	78	1125	23	2.7	3.7	0.93	2.7	0.56	<2.5	4.4	0.77	<2.5	<2.5	0.35	2.7	7.5
13-45日	854	4.0	1467	72	450	9.6	2.5	3.6	0.76	1.2	<0.25	<2.5	1.8	0.29	<2.5	<2.5	<0.25	1.3	3.2
14-15日	3284	2333	10784	217	2154	135	15	1.3	8.6	4.6	3.2	<2.5	12	6.4	6.0	<2.5	4.9	3.2	20
14-30日	1232	777	3657	175	683	36	6.3	0.46	4.4	1.7	1.0	<2.5	3.7	2.1	<2.5	<2.5	1.8	1.2	7.1
14-45日	666	507	2422	218	452	21	5.8	0.41	4.9	1.3	0.66	<2.5	2.4	1.4	<2.5	<2.5	1.4	1.1	4.6
15-15日	2610	2417	6751	334	1580	92	12	0.50	10	5.1	2.0	<2.5	9.7	5.4	4.4	3.5	15	4.0	14
15-30日	829	611	1529	235	354	17	4.1	<0.25	4.4	1.4	0.38	<2.5	2.1	1.2	<2.5	<2.5	4.1	1.4	3.0
15-45日	667	342	652	274	177	7.4	3.3	<0.25	4.3	1.1	<0.25	<2.5	0.94	0.50	<2.5	2.6	2.4	1.2	1.3
16-15日	351	400	8941	195	232	137	11	<0.25	4.5	1.0	1.0	<2.5	<0.25	3.5	7.7	<2.5	3.1	1.8	14
16-30日	168	48	1931	116	45	27	2.6	<0.25	2.5	0.35	<0.25	<2.5	<0.25	0.88	<2.5	<2.5	0.52	0.57	3.5
16-45日	142	3.7	257	87	9.4	1.7	1.7	<0.25	2.2	<0.25	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	<0.25	0.63
17-15日	1846	230	7324	374	571	18	13	<0.25	9.2	2.8	2.0	<2.5	5.5	4.0	7.4	4.5	1.8	2.3	15
17-30日	356	6.1	229	203	28	0.60	2.8	<0.25	3.2	0.32	<0.25	<2.5	0.38	0.35	<2.5	<2.5	<0.25	0.36	0.59
17-45日	284	1.1	39	154	15	<0.25	1.9	<0.25	2.7	0.26	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	0.37	<0.25
18-15日	2424	240	6594	269	1103	34	13	0.28	11	3.3	1.2	<2.5	7.0	4.3	4.5	<2.5	1.8	2.7	13
18-30日	673	45	1125	185	192	5.7	4.1	<0.25	5.2	0.82	<0.25	<2.5	1.2	0.77	<2.5	<2.5	0.48	0.83	2.3
18-45日	403	7.1	211	173	51	0.91	2.6	<0.25	4.1	0.45	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	0.61	0.45
19-15日	3867	456	11361	201	1737	100	13	1.0	12	13	2.0	<2.5	13	6.6	5.6	<2.5	3.7	6.4	18
19-30日	1033	105	2700	131	386	20	3.8	0.38	4.2	3.3	0.51	<2.5	2.7	1.6	<2.5	<2.5	1.0	1.9	4.1
19-45日	593	38	1044	145	153	7.0	2.7	0.35	3.5	1.6	<0.25	<2.5	1.0	0.64	<2.5	<2.5	0.51	1.3	1.5
20-15日	4092	501	9884	256	1511	92	14	0.38	8.0	7.0	2.3	<2.5	13	6.6	5.4	<2.5	3.1	4.4	17
20-30日	1000	85	1677	173	242	13	3.8	<0.25	3.4	1.4	0.42	<2.5	2.2	1.3	<2.5	<2.5	0.83	1.1	3.0
20-45日	622	17	480	190	83	4.4	3.0	<0.25	3.6	0.72	<0.25	<2.5	0.86	0.41	<2.5	<2.5	0.36	0.83	0.93
21-15日	383	8413	5921	119	330	217	13	<0.25	4.2	0.73	1.0	<2.5	0.75	3.8	6.3	<2.5	6.3	1.1	11
21-30日	201	2437	1852	85	66	60	4.4	<0.25	2.3	0.35	0.32	<2.5	0.28	1.1	<2.5	<2.5	2.0	0.47	3.6
21-45日	222	1610	1260	96	71	40	4.0	<0.25	2.6	0.37	<0.25	<2.5	0.28	0.74	<2.5	<2.5	1.5	0.44	2.5

表 1.8-2 ICP-0ESによる定量分析結果(2)

	A	S	Fe	×	Mg	ЧN	Na	μ	Ba	ŋ	Cu	g	:-	iN	Ъb	Rb	ې	>	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2-15日	686	664	2013	127	14	5.5	21	<0.25	2.1	<0.25	0.84	<2.5	0.37	0.39	15	<2.5	6.6	<0.25	2.3
2-30日	203	27	116	62	1.9	0.43	2.4	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	0.47	<0.25	0.31
2-45日	137	1.3	13	99	1.6	0.31	1.5	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	<0.25	<0.25
3-15日	11319	19610	21495	15	9763	394	25	841	5.0	18	18	7.1	32	12	<2.5	<2.5	29	55	42
3-30日	4805	6373	9019	4.1	3594	149	17	691	2.1	6.9	4.1	3.0	11	4.5	<2.5	<2.5	10	29	16
23-45⊟	3449	4652	6457	2.6	2359	98	18	647	1.6	5.0	2.4	<2.5	7.1	2.8	<2.5	<2.5	12	22	11
<u>2</u> 4-15⊟	3829	960	7263	1168	2912	65	20	166	6.4	12	1.6	<2.5	11	6.5	<2.5	19	0.78	14	19
24-30日	1846	336	3102	742	1239	26	13	72	4.9	5.7	0.49	<2.5	4.5	2.7	<2.5	0.6	0.33	6.6	7.5
24-45日	1878	306	2731	786	1090	23	18	61	7.2	5.1	0.49	<2.5	4.2	2.4	<2.5	8.8	0.37	6.0	6.7
25-15日	1585	179	3720	566	1039	20	23	37	3.4	2.3	4.8	<2.5	5.1	4.1	<2.5	9.9	1.0	2.3	12
25-30日	850	91	1829	299	493	10	18	22	2.0	1.2	2.2	<2.5	2.4	2.1	<2.5	4.0	0.67	1.1	5.8
25-45日	705	74	1502	253	394	8.1	16	20	1.9	1.0	1.8	<2.5	1.9	1.8	<2.5	2.7	0.57	0.86	4.6
26-15日	4398	223	9860	635	1677	47	22	06.0	18	6.2	3.4	<2.5	12	11	5.4	8.7	2.7	4.4	24
26-30日	985	8.8	550	367	100	2.0	4.3	0.41	5.5	0.74	0.27	<2.5	1.0	0.87	<2.5	<2.5	0.39	1.0	1.6
26-45日	795	1.1	139	348	60	0.32	3.3	0.47	5.1	0.71	<0.25	<2.5	0.45	0.26	<2.5	<2.5	<0.25	1.1	0.41
27-15日	1370	1959	3834	86	853	51	11	0.51	7.5	2.1	0.70	0.74	5.0	2.9	2.8	0.56	8.2	1.2	8.2
27-30日	598	520	1590	73	334	14	13	0.42	2.9	0.94	0.27	0.35	1.8	1.2	1.0	0.65	2.3	0.76	3.4
27-45日	647	417	1383	104	298	12	24	0.61	3.9	0.94	0.25	0.35	1.6	1.1	0.84	1.0	1.9	0.86	3.1
28-15日 ※	47	26598	569	36	491	281	15	0.028	14	0.11	0.20	<0.25	0.89	0.31	<0.25	<0.25	49	0.10	1.4
28-30日	846	22133	2368	43	746	243	14	0.28	14	1.0	1.1	0.31	4.3	0.95	1.5	<0.25	41	0.14	4.0
28-45日	1202	15488	4390	56	886	181	13	1.7	11	1.9	0.85	0.90	6.1	1.5	1.3	<0.25	29	1.5	4.9
29-15日	3287	7707	5543	11	2905	129	18	64	3.4	5.3	8.6	1.7	8.5	2.9	<0.25	<0.25	15	9.4	12
29-30日	3156	3579	5406	4.2	2620	106	10	313	1.4	4.6	3.0	1.9	8.5	2.8	<0.25	<0.25	7.0	15	12
29-45日	2665	2985	4625	2.6	2233	86	10	414	1.1	4.0	1.7	1.6	7.2	2.4	<0.25	<0.25	8.4	14	9.0
3L-HNO3	<1	<1	<1	<2.5	<1	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<2.5	<0.25	<0.25	<2.5	<2.5	<0.25	<0.25	<0.25
3L-1/10HNO3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.25	<0.1	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.25	<0.025	<0.025	<0.25	<0.25	<0.025	<0.025	<0.025
則定条件			XSTC	:-22,XSTC	-662:ICP-	-OES							XSTC	-622: ICP-	-OES				

	Ti	Si	Со	As	Se	Cs
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
02-15日	0.43	0.83	3.3	1.5	0.01	1.1
02-30日	0.15	0.63	0.84	0.39	<0.01	0.47
02-45日	0.18	0.52	0.22	0.15	<0.01	0.22
03-15日	0.30	0.52	1.6	2.0	0.02	0.67
03-30日	0.13	<0.5	0.41	0.57	<0.01	0.24
03-45日	0.10	<0.5	0.15	0.25	<0.01	0.12
04-15日	0.27	0.55	1.5	1.2	<0.01	0.47
04-30日	0.16	0.59	0.57	0.47	<0.01	0.23
04-45日	0.14	<0.5	0.37	0.30	<0.01	0.16
05-15日	252	<0.5	2.5	0.56	<0.01	1.3
05-30日	134	<0.5	1.2	0.18	<0.01	0.73
05-45日	91	<0.5	0.77	0.10	<0.01	0.52
06-15日	108	0.57	1.4	1.2	0.01	1.1
06-30日	59	<0.5	0.78	0.57	<0.01	0.71
06-45日	56	<0.5	0.59	0.42	<0.01	0.56
07-15日	0.97	<0.5	1.07	0.73	<0.01	0.44
07-30日	0.41	<0.5	0.49	0.34	<0.01	0.21
07-45日	0.32	<0.5	0.36	0.25	<0.01	0.16
08-15日	0.41	<0.5	1.1	2.0	0.01	0.40
08-30日	0.20	<0.5	0.14	0.28	<0.01	0.10
08-45日	0.20	0.56	0.01	0.08	<0.01	0.04
09-15日	1.71	<2.5	1.57	0.84	<0.05	0.48
09-30日	<0.5	<2.5	0.16	0.14	<0.05	0.11
09-45日	<0.5	<2.5	<0.05	0.08	<0.05	<0.05
10-15日	55	<0.5	0.77	0.61	<0.01	0.80
10-30日	22	<0.5	0.30	0.18	<0.01	0.34
10-45日	17	<0.5	0.20	0.11	<0.01	0.24
11-15日	<0.1	0.64	2.6	3.3	< 0.01	0.33
11-30日	<0.1	<0.5	0.09	0.22	< 0.01	0.08
11-45日	<0.1	<0.5	0.01	0.07	<0.01	0.04

表 1.8-4 ICP-MSによる定量分析結果(1)

	Ti	Si	Со	As	Se	Cs
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
12-15日	46	<0.5	1.3	1.0	0.05	0.75
12-30日	46	<0.5	1.2	1.5	0.05	0.78
12-45日	17	<0.5	0.14	0.20	<0.01	0.15
13-15日	6.5	<0.5	0.86	2.6	0.03	0.11
13-30日	3.4	<0.5	0.30	0.34	<0.01	0.07
13-45日	3.2	<0.5	0.12	0.14	<0.01	0.06
14-15日	1.2	<0.5	2.4	0.55	0.03	0.54
14-30日	0.41	<0.5	0.78	0.24	<0.01	0.25
14-45日	0.35	<0.5	0.50	0.18	<0.01	0.19
15-15日	0.46	0.53	1.8	1.4	<0.01	0.42
15-30日	0.24	<0.5	0.40	0.32	<0.01	0.16
15-45日	0.22	<0.5	0.17	0.17	<0.01	0.11
16-15日	<0.10	0.88	1.7	2.3	0.01	0.61
16-30日	<0.10	0.71	0.39	0.57	<0.01	0.15
16-45日	<0.10	0.37	0.10	0.22	<0.01	0.06
17-15日	<0.10	0.73	1.8	1.8	0.02	1.11
17-30日	<0.10	0.43	0.07	0.19	<0.01	0.15
17-45日	<0.10	0.56	<0.01	0.06	<0.01	0.05
18-15日	0.22	0.59	1.6	1.2	<0.01	0.42
18-30日	0.12	0.44	0.30	0.24	<0.01	0.13
18-45日	0.11	0.74	0.06	0.08	<0.01	0.05
19-15日	0.92	0.47	3.3	0.60	<0.01	0.29
19-30日	0.28	0.63	0.8	0.19	<0.01	0.09
19-45日	0.29	0.58	0.26	0.13	<0.01	0.05
20-15日	0.31	0.55	2.8	2.8	<0.01	0.38
20-30日	0.12	0.34	0.49	0.56	<0.01	0.11
20-45日	0.10	0.49	0.15	0.26	<0.01	0.06
21-15日	<0.10	0.73	2.2	2.3	0.02	0.29
21-30日	<0.10	0.56	0.7	0.73	< 0.01	0.11
21-45日	<0.10	0.75	0.47	0.47	< 0.01	0.09

表 1.8-5 ICP-MS による定量分析結果(2)

	Ti	Si	Со	As	Se	Cs
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
22-15日	0.11	0.71	0.03	5.48	0.01	0.51
22-30日	<0.10	0.57	<0.01	0.41	<0.01	0.11
22-45日	<0.10	0.74	<0.01	0.04	<0.01	0.09
23-15日	773	0.75	13	0.41	<0.01	0.03
23-30日	666	0.35	4.7	0.17	<0.01	0.01
23-45日	645	0.49	3.3	0.11	<0.01	<0.01
24-15日	155	0.68	2.2	2.9	<0.01	0.92
24-30日	68	0.44	0.87	0.87	<0.01	0.48
24-45日	57	0.76	0.76	0.63	<0.01	0.44
25-15日	38	0.52	1.6	1.9	0.10	0.69
25-30日	19	0.47	0.81	0.99	0.05	0.37
25-45日	18	0.27	0.66	0.72	0.04	0.29
26-15日	0.64	0.51	2.5	0.80	<0.01	0.71
26-30日	0.37	0.40	0.15	0.16	<0.01	0.15
26-45日	0.35	0.63	0.03	0.07	<0.01	0.07
27-15日	0.47	80	1.4	0.67	0.002	0.15
27-30日	0.37	71	0.54	0.41	0.001	0.11
27-45日	0.52	81	0.44	0.40	0.002	0.13
28-15日	0.06	43	0.28	0.05	<0.001	0.004
28-30日	0.25	197	0.45	0.11	0.002	0.007
28-45日	1.7	100	0.50	0.22	0.002	0.027
29-15日	53	306	3.5	0.09	0.001	0.011
29-30日	277	118	3.4	0.06	<0.001	0.006
29-45日	349	109	2.9	0.04	<0.001	0.004
BL-HNO3	<0.1	<0.5	< 0.01	< 0.01	<0.01	<0.01

表 1.8-6 ICP-MS による定量分析結果 (3)



段丘対比・編年の高精度化に関わる文献調査

収集文献一覧

令和3年3月

一般財団法人 電力中央研究所

【 付録15 】

No.	著者	発行年	タイトル	誌名•書籍名	巻	号	ページ
1	北海道電力株式会社	2020	泊発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコ	原子力発電所の新規制基	資料1	-	496pp.
2	細井 淳 白濱吉起 小松原	2020	シント回谷(Hm2技工堆積初の堆積年代に対9 る快討) 各館地域の地質	<u>年週合性に依る番重会合</u> 角館地域の地質 令和2年	_	_	121P Suppl 1P
-	垓·工藤 宗 中澤 努·長 郁夫·坂田健太	2020	ローム台地のS波速度構造と地盤震動特性:栃木県宇都宮	州街受迷社	126	6	211_226
3	郎 二 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	2020	地域を例に	地貝子椎秘 禾刊抛 田受	72	0	1-19
4	<u> 二條電平 人方我您</u> 田辺 晋 石原与四郎	2020	127日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	<u> 学刊地理子</u> 地質調査研究報告	72	3	201-213
6	柳田 誠 青柳恭平 下釜耕	2020	2008年岩手・宮城内陸地震の震源域における活構造評価	地学雑誌	129	1	89-122
7	秋山大地 須貝俊彦 岡崎	2010	関東平野猿島・筑波台地に分布する上部更新統下総層群	地学雑誌	120	6	005-020
	<u>浩子 中里裕臣 大井信三</u> 清藤邦彦 千葉達朗 杉山	2019	常総層にみられるMIS 5cの指標テフラ含有層	地子相応	120	0	905-920
8	陸勝九郎 十米連約 5年 佑輔•須貝俊彦•鈴木毅彦• 上杉陽•石綿しげ子•中山 俊雄•舟津太郎•大里重人• 鈴木正章•野口真利江•佐 藤田圭•沂藤玲へ•堀伷=	2019	武蔵野台地の新たな地形区分	第四紀研究	58	6	353-375
9	後藤憲央 佐々木俊法	2019	河成段丘面の比高分布から推定される伏在断層の活動性 -2008年岩手・宮城内陸地震震源域直上の磐井川を例に-	第四紀研究	58	5	315-331
10	北海道電力株式会社	2019a	13発電所地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討) (資料2−1 資料2−2(資料集) 資料2−3(F-1 断層関)	第685回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料2-1 資料2-2 資料2-3	_	201pp. 394pp. 8pp
11	北海道電力株式会社	2019b	12年11、安村と 2(数4年7,944) 2011年1月1日 泊発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコ メント回答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討) :資料2−1,資料2−2(資料集)	第711回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料2-1 資料2-2	-	168pp. 276pp.
12	北海道電力株式会社	2019c	泊発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコ メント回答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討)	原子力発電所の新規制基 準適合性に係る審査会合 資料	資料1 机上配 布資料1 机上配 布資料2	-	387pp. 416pp. 73pp.
13	石田志朗•小滝篤夫•糸本 夏実	2019	京都府,丹後半島の海成段丘堆積物	地球科学	73	4	195-204
14	国立研究開発法人産業技術 総合研究所・国立研究開発 法人日本原子力研究開発機 構・公益財団法人原子力環 境整備促進・資金管理セン ター・一般財団法人雷カロ央	2019	沿岸部処分システム高度化開発 報告書および Appendix	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	-	-	356рр.
15	Matsu' ura Tabito• Komatsubara Junko•Wu Changjiang	2019	Accurate determination of the Pleistocene uplift rate of the NE Japan forearc from the buried MIS 5e marine terrace shoreline angle	Quaternary Science Reviews	212	_	45-68
16	森 慎一・小川勇二郎	2019	三浦半島佐島に出現した三浦層群三崎層上部層(油壷部 層)の大露頭における火山砕屑岩層宮とデュープレックス	地質学雑誌	125	10	737-757
17	中澤 努·長 郁夫·坂田健太 郎·中里裕臣·本郷美佐緒 納谷友相, 野々垣進, 中山	2019	東京都世田谷区、武蔵野台地の地下に分布する世田谷層 及び東京層の層序、分布形態と地盤震動特性	地質学雑誌	125	5	367-385
18	小野有五•斉藤海三郎	2019	北海道西部,岩内平野の地形発達史 −泊原発の敷地内断 層と関連して−	活断層研究	2019	51	27-52
19	杉戸信彦・古澤 明・澤 祥・ 田力正好・谷口 薫・渡辺満 ク・鈴木康弘	2019	ーー 山梨県南アルプス市築山における糸魚川-静岡構造線断 層帯南部区間の平均変位速度	地学雑誌	128	3	453-464
20	宇都宮正志•大井信三	2019	上総大原地域の地質	上総大原地域の地質 令和 元年	-	-	137pp.
21	北海道電力株式会社	2018a	泊発電所 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回 答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討)	第619回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料1-1	_	114pp.
22	北海道電力株式会社	2018b	泊発電所 地盤(敷地の地質・地質構造)(Hm2 段丘堆積物 の堆積年代に関する検討)光ルミネッセンス(OSL)年代測 定における補正年代値の誤りについて	第619回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料1-2	-	37pp.
23	北海道電力株式会社	2018c	泊発電所 地盤、敷地の地質・地質構造)に関するコメント回 答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討) :資料2-1、資料2-2(資料集)、机上配布資料1(敷地 げーリングコスEョムは比例)	第570回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料2-1 資料2-2 机上配 东资料1	-	200pp. 242pp. 52pp.
24	北海道電力株式会社	2018d	小一リンクコン ラミーセム因) 泊発電所 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回 答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討方針の変 再)	第544回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配在資料	<u>資料1</u> 資料1	_	21pp.
25	電源開発株式会社	2018	2. 大間原子力発電所 敷地の地質・地質構造(コメント回答 そ の6)(敷地の断層・シーム等に関する評価) :資料2ー1, 資料2ー2(補足説明資料), 机上配布資料 (風化部及び段丘堆積物の厚さに関するボーリング柱状図	第615回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料2-1 資料2-2 机上配 布資料	-	211pp. 432pp. 187pp.
26		2018	テフロクロノロジーに基づく三陸海岸北部における最終間 氷期海成段丘の形成年代と最終間氷期以降の地殻変動	地学雑誌	127	6	735 - 757
27	坂田健太郎•納谷友規•本郷 美佐緒•中里裕臣•中澤 努	2018	茨城県筑波台地に分布する中-上部更新統下総層群の層 序の再検討	地質学雑誌	124	5	331-346
28	Chuenpee Theeraporn Matsu'ura Tabito Nishikawa Osamu Uchida Takashi Takashima Isao	2017	Thermoluminescence age determination for chemically selected samples of White Pumice tephra (WP) in the Kamikita plain, northeast Japan	第四紀研究	56	2	51–58
29	新潟平野西縁団体研究グ ループ	2017	越後平野西縁断層帯域 峰岡丘陵の地質構造発達史 ─ "孤立丘陵"•活断層帯の形成過程─	地球科学	71	3	135-154
30	北海道電力株式会社	2017a	泊発電所 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回 答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討) :資料2-1, 資料2-2(資料集)	第531回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料2-1 資料2-2	-	208рр. 189рр.
31	北海道電力株式会社	2017b	泊発電所 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回 答(Hm2 段丘堆積物の堆積年代に関する検討状況)	第526回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	資料3	-	17pp.
32	電源開発株式会社 	2017	大間原子力発電所敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質 構造(コメント回答その3)(下北半島西部の地形及び地 質・地質構造に関するコメント回答)(ボーリング柱状図・コ ア写真・海岸侵食地形調査データ)	第526回原子力発電所の 新規制基準適合性に係る 審査会合配布資料	机上配 布資料1	-	441pp.
33	笠原天生 鈴木毅彦 河合貴 之 今泉俊文	2017	東北地方南部,郡山盆地地下における更新世テフラ層序と 堆積物		126	6	665-684

【 付録15 】

No.	著者	発行年	タイトル	誌名▪書籍名	巻	号	ページ
34	納谷友規 本郷美佐緒 植木	2017	関東平野中央部の地下に分布する鮮新-更新統の層序と		123	8	637-652
	岳雪•八戸昭一•水野清秀	2017	構造運動 素加原スカ発売ぎる日に、お地の地筋、地筋増化について、	地見丁和心	120	0	037 032
35	北陸電力株式会社	2017	芯貝原ナリ先電所25分 敷地の地頁 地貝傾道について 【コメント回答】(動地周辺の地形 地質 地質構造)	第531回原士刀充竜所の 新相制其進適合性に係る	負料 加ト配	_	122pp.
00	北陸電力体式去性	2017	:資料1. 机上配布資料1(データ集)	新风前金牛過百日に示る 審査会合配布資料	布資料1		216pp.
36	山元孝広	2017	東北日本における大山倉吉テフラと山陰1 テフラの降下層	地質調査研究報告	68	5	223-235
37	加藤茂弘。谷川晃一郎。川島	2016	 山崎断層帯土万断層の完新世後期の活動履歴	人と自然	27	-	13-26
	具全 白村人翔 回田馬止						
38	天生。栗山悦宏。今泉俊文	2016	の層序	第四紀研究	55	1	1-16
39	堤 浩之 吉岡敏和 向井理	2016	西山断層帯嘉麻峠区間の変位地形と第四紀後期の活動	活断層研究	-	45	21-35
	史·堀川滋雄·村田和則 久保和地・山元考広・村田寿		任				
40	章 牧野雅彦	2015	幅)	地質調査総合センター	-	-	86p
41	丸山 正 遠田晋次 小俣雅	2015	糸魚川ー静岡構造線活断層系松本盆地東縁断層の完新世	活新層研究	_	43	35-52
40	志・郡谷順英・森 良樹 杉豆信音・鹿巾ナ肋・塩野敏	2015	後半の活動履歴−長野県池田町花見北地点のトレンチ調 長野分地西緑の恋動地形上活断网	<u>地質賞雑誌</u>	101		017 000
42	<u>杉戸信彦 廣内入助 塩野戦</u> 杉戸信彦 近藤久雄	2015	を野盆地四縁の変動地形と活め 雪	<u>地員子椎認</u> 地学雑誌	121	4	607-631
14	船引彩子 納谷友規 斎藤広	2014	東京都府中市で掘削されたボーリングコアCRE-TAT-1お	世話学研究	72	2	127-152
	隆的村貴人	2014	よびCRE-TAT-2の堆積相と堆積環境	堆預于明九	/3	2	137 132
45	心田偏宕 堤 活之 俊藤旁 昭 西坂首樹 大野松記 柳	2014	四国四部の中央博道線町唐市川上町唐の東部における元 新世後期の活動履歴	活断層研究	2014	40	1-18
46	小岩直人、葛西未央、伊藤晶	2014	青森県十三湖における完新世の湖水成層化と地形環境	第四紀研究	53	1	21-34
			富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山				
47	丸山 止•齋滕 勝	2014	カラスを含む 大山倉吉テフラ(DKP)の認定とその北陸地 城の活蜥属の活動烘瓢価における音差	地質調査研究報告	65	1-2	1-9
48	長岡信治•西山腎一	2014	咳の活め着の活動性計画における急報 テフロクロノロジーに基づく宮崎平野の形成プロセス		36	7	210-218
49	納谷友規•安原正也	2014	鴻巣地域の地質・地域地質研究報告(5万分の1図幅)	地質調査総合センター	-	-	82p
					第26回		
50	西村勝広 可児幸彦 奥田昌	2014	各務原台地下部層の堆積物からみた地盤形成の特徴	中部地盤工学シンポジウ	中 印 地 般 丁 学	_	109-116
	男•中根洋治•早川 清	2014	日初水日地中間相の建築物が多いた地面が成め特徴	ム論文集	ニューテ シンポジ		100 110
					ウム論		
51	植木岳雪	2014	三重県中部, 片上川の高位段丘堆積物	<u> 地質調査研究報告</u> 第20回回スカ発電所の新	65	9-10	105-111
52	北海道雷力株式会社	2013	 泊発雷所 敷地内の高位段丘に関するコメント回答	弗30回原ナガ発電所の新 規制基準適合性に係る案	資料2-1	_	56pp
02	されてきたいが見なる	2010		查会合配布資料	241 E 1		00pp.
	独立行政法人日本原子力研		 高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の追加地質調査 敷	第1回高速増殖原型炉もん	もんじゅ・		
53	究開発機構	2013	地周辺の段丘面構成層等のご案内地点	じゆ敷地内破砕帯の調査	現調2-3	-	27рр.
	脇田浩二•竹内圭史•水野清			1~ 男 9 句 1 諏 1 云 1 郎 17			
54	秀 小松原琢	2013	京都東南部地域の地質 地域地質研究報告(5 万分の1)	地質調査総合センター	-	-	124p
	中野聰志 竹村恵二 田口雄						
55	池田備冶 後藤秀昭 堤 浩	2012	四国北西部の中央構造線活断層系伊予断層の完新世活	地質受雑誌	110	4	220-225
33		2012	動履歴	地員于和ஸ	110	4	220 233
56	ガ谷愛彦 佐藤 剛 小森次	2012	白馬岳東麓、長走沢・金山沢の地すべり地形と堆積物	地学雑誌	121	2	384-401
57	竹本仁美·奥村晃史	2012	長野県神城盆地の局地的な地形変化に対する完新世の花 シルエザ集の内容	第四紀研究	51	1	21-33
	谷口 董•杉戸信彦•廣内大		初化石矸果の心谷 糸魚川―静岡構造線活断層系中部. 茅野断層(茅野市坂				
58	助 澤祥 渡辺満久 鈴木康	2012	室)の変動地形の再検討	沽断層研究	2012	37	17-28
59	渡辺満久・中田 高・鈴木康	2012	下北半島北西端周辺の地震性隆起海岸地形と海底活断	活断層研究	2012	36	1-10
	<u>场 小岩直入</u> 樋口茂生 中山俊雄 松本俊		増 2004年新潟県中越地震による上越新幹線脱線区間周辺に				
60		2011	おける地盤変状の特徴と脱線に関わる地質学的背景	地球科学	65	3	97-109
61	加田平賢史。森脇洋・吉川周	2011	大阪市域におけるボーリングコアの酸溶解性成分の鉛同	地学雑誌	120	4	599-614
	作 新矢将尚 北野雅昭 小坂茶輝	2011	位体比		. 20	•	
62	文 三輪敦志 吉田春香 齊	2011	北上低地西縁断層帯・南昌山断層群の断層変位地形と断	活断層研究	2011	34	13-22
	藤華苗・儘田豊		僧蕗與				
	工藤 崇 内野隆之 小松原	0011	加茂地域の地質.地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図	地质河本纵入上、方			100
63	坏• 局橋 浩• 柳沢去キ	2011	幅)	地質調査総合センター	-	-	162p
C.4		0011	常陸台地の第四系下総層群の層序と堆積システムの時空	그나 55 24 54 54	117	Supplem	102, 100
64	入井信二• 他山方眷	2011	変化	地負子雜誌	117	ent	103-120
65	<u>佐々木亮道</u> 各四連美	2011	鳥海山南西麗における活断層の分布と断層変位地形	地理学評論 Series A 毎回幻研究	84	2	145-159
00	<u> </u>	2011	本小田2月11~131~27月上の日公王の秋竹11~37月美岐 鬼怒川低地帯の第四紀テフラ層序―火山噴火史と平野の	ᆘᄶᅭᄴᅭ		Supplem	200-200
67	5000000000000000000000000000000000000	2011	形成史—	吧真子雜誌	117	ent	121-133
		0011	土岐川(庄内川)流域の河成段丘と更新世中期以降の地	地田学寺からい			110 100
80		2011	形発達	地理子計論 Series A	84	z	118-130
60	遠田晋次·丸山正·吉見雅	2011	2008年岩手・宮城内陸地震を引き起こした 活断層の累積	送艇国研究	2011	24	22-20
09	行小俣雅志郡谷順英	2011		四劑眉明艽	2011	34	23-30
70	女儿健一•出刀止好•谷川晋 —•須目俊彦•山田浩二•歩	2011	男四紀发明における内陸部の隆起重の推定手法:鏑川流 域および十岐川流域を例に	原子カバックエンド研究	18	2	51-61
74	安江健一 田力正好 谷川晋	0011	第四紀後期における内陸部の隆起量の推定手法:鏑川流		10	0	F1 01
	一•須貝俊彦 山田浩二 梅	2011	域および土岐川流域を例に	原ナガハックエント研究	18	Z	51-61
72	<u>坂野靖行•水野清秀•宮崎一</u> 	2010	大洲地域の地質 地域地質研究報告 (5 万分の 1地質図 関ヶ原用:11にわける邸ら短左に活転屋の活動が	地質調査総合センター 第回の研究	- 40	-	58p
/3		2010	8ヶ原周辺にのける段圧編年と活め層の活動性 青森県上北平野で掘削された中期更新世後半以降の 風	弗四和研究	49	5	255-270
74	采原 拓一 郎	2010	成堆積物のテフラ層序	地肖調宜研究報告	61	11-12	489-494
75	長森英明 竹内 誠 古川竜	2010	小滝地域の地質 地域地質研究報告 (5万分の1地質図	地質調査総合センター	_		130p
	<u> A </u>		<u> 1幅/</u> 宮崎平野に分布するテフラから推定される過去60万年間の	11 34 + 11 = 1			
76	<u>徹</u>	2010	霧島火山の爆発的噴火史	地字雜誌	119	1	121-152
77	長岡信治•西山賢一•井上	2010	過去200万年間における宮崎平野の地層形成と陸化プロセ	地学雑誌	119	4	632-667
	<u>弦</u> 山島 礼 • 堀 堂宙 • 守崎―埔 •		人一海面変化とナクトニクスに関連してー 伊良湖岬地域の地質 地域地質研究報告(5 万公の 1+地				
78	西岡芳晴	2010	質図幅)	地質調査総合センター	-	-	69p
79	岡田篤正·加藤茂弘·石村大	2010	福井県,三方湖および中山低地の地下地質と三方断層帯	地学雑誌	119	5	878-891
<u> </u>	<u>輔 斎藤 真</u> 大田隈子 海辺港ケ 公口		の沽動解明 				
80	「「「」」 「「」」 「「」」 「「」 「」 「」 「」 「」 「」 「」 「	2010	トレンチ調査からみた十日町盆地東縁断層の変位様式と	地学雑誌	119	1	102-120
	<u>弓 鈴木郁夫 廣内大助</u> 金		活動 履歴				
81	竹内貞子 吉田明弘	2010	仙台付近に分布する中部更新統青葉山層より産する花粉	第四紀研究	49	4	233-236
82	□□ᠭᡵ᠆᠃凵呵唷雄╹屮村沣 介	2010	重山11月 10 血地: 小座信井00 山域ナノフと男凹紀ナクトニク ス	地質学雑誌	116	ent	1–20

【 付録15 】

No.	著者	発行年	タイトル	誌名•書籍名	巻	号	ページ
83	吉川敏之 山元孝広 中江	2010	宇都宮地域の地質地域地質研究報告(5万分の1図幅)	地質調査総合センター	-	-	79p
84	藤山 敦•金折裕司	2009	山口県南東部伊陸盆地における河川争奪のノロセスとネー オテクトニクス	応用地質	50	4	202-215
85	小坂英輝•立石 良•三輪敦 志•市川八州夫•鎌滝孝信•	2009	コントーンハーンハー 北上低地西縁断層帯・花巻市下堰田地区の断層露頭と地 層変形ーバランス断面による地下断層形状の推定ー	活断層研究	2009	30	37–46
86	桑原拓一郎	2009		第四紀研究	48	6	405-416
87	松浦旅人 柳田 誠 佐藤 賢	2009	日本 長者原断層(新庄盆地断層帯)の最近の活動時期と変位 日長	活断層研究	2009	30	13-25
88	市川肩工 信濃川ネオテクトニクス団体 研究グループ	2009	二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	地球科学	63	3	167-181
89		2009	北海道渡島半島後志利別川低地の沖積層-低位段丘上の	北海道立地質研究所報告	_	80	63-109
	山内靖喜。沢田順弘・高須	2000	<u>遺跡と超軟弱泥層(縄文海進最高海面期)の関係を中心と</u> 西郷地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図				
90	晃·小至裕明 村上久-小林伸治-田山良 	2009		地質調査総合センター	-	-	121p
91	道家凉川·佐藤普牌·安江健 一·廣内大助 苏公曼彦·佐藤 剧·小杰次	2008	四寸町宿市中部,加丁ロ地区における変位地形と十均変位 速度 蒸開山脈,白馬丘東麓 北四) 流域で新たに得られたキ肉	活断層研究	2008	29	79-86
92	刘石支彦- 佐藤 尚- 小林八 郎	2008	飛騨山脈・日局玉米鹿, 北股八派域で新たに待られた木面 結堆積物の14C年代	地学雑誌	117	3	650-660
93	中島礼水野清秀古澤明	2008	テフラ対比に基づく中部更新統渥美層群の堆積年代	地質学雑誌	114	2	70-79
94	中島 礼•畑 常東•呂崎一傳• 西岡芳晴	2008	壹橋及び田原地域の地員 地域地員研究報告(5万万の) 1地質図幅)	地質調査総合センター	-	-	113p
95	中村有著•丸茂美佳•平川一 臣•澤柿教伸	2008	北海道東部、知床半島の完新世テフラ層序	第四紀研究	47	1	39-49
96	佐川厚志·相山光太郎·金折 裕司·田中竹延	2008	山口県中東部、徳佐-地福断層と迫田-生雲断層の性状お 」とび注動性	応用地質	49	2	78-93
	下山正一・磯望・千田昇・岡						
97	村 眞 松岡裕美 池田安隆 松田時彦 竹中博士 石村大 輔 松末和之 松山尚典 山	2008	福岡平野東縁部に位置する宇美断層の特徴について	活断層研究	2008	29	59-70
98	白石建雄 白井正明 西川 治 鈴木隼人 古橋恭子 星	2008	男鹿半島ー能代地域の地形と第四系	地質学雑誌	114	Supplem ent	33-50
99	鈴木毅彦·村田昌則·大石雅 之·山崎晴雄·中山俊雄·川 島眞一·川合将文	2008	テフラ編年による立川断層活動史の復元	第四紀研究	47	2	103-199
100	遠田晋次•吉岡敏和•小俣雅 志•郡谷順英•岩崎孝明	2008	山形盆地断層帯における完新世地震イベントとセグメン テーション	活断層研究	2008	29	35-57
101	豊蔵 勇・須藤 宏・青砥澄夫・ 福井謙三・松崎達二・渡辺平 太郎・川田明夫	2008	東京都区部山の手台地中央部付近の伏在断層について	地質と調査	2008	4	6-12
102	渡辺満久 中田 高 鈴木康 関西地質調査業協会地盤情	2008	下北半島南部における海成段丘の撓曲変形と逆断層運動	活断層研究 日本応用地質学会平成19	2008	29	15-23
103	報データベース作成委員会• 小松回 孩	2007	39. 近江盆地の地下地質	年度研究発表会講演論文 集	-	-	32-35
104		2007	伊那谷断層帯,三州街道断層におけるトレンチ調査	活断層研究	2007	27	211-218
105	廣內大助"安江健一"內田主 税"平松孝晋"谷口 薫"杉戸 信彦"金田平太郎	2007	完新世における阿寺断層帯湯ヶ峰断層の活動	活断層研究	2007	27	201–209
106	加藤茂弘•田中義文•大嶋秀 明•林 成多	2007	近畿地方北部、福知山盆地における中部更新統・福知山 層上部層堆積期の古環境	人と自然	17	-	19-34
107	小滝篤夫 木谷幹一 牧野州	2007	し近畿地方に分布する大山最下部火山灰層hpm1	第四紀研究	46	4	355-361
108		2007		第四紀研究	46	1	63-66
109	桑原拓一郎	2007a	「月林県エ北平野に方布する日へダナノフ(WP)のジルコン・ フィッション・トラック年代	第四紀研究	46	5	433-436
110	桑原拓一郎	2007b	青森県上北平野北部に分布する袋町3テフラと袋町6テフラ の ジルコン・フィッション・トラック年代測定	地質調査研究報告	58	1-2	49-52
111	松岡喜久次•大澤 進•渡辺 正巳	2007	埼玉県加治丘陵東方で発見された泥炭層の層序対比と産 出植物化石	地球科学	61	5	415-420
112	森岡達也 佐川厚志 金折裕 司 田中竹延	2007	山口県中央部, 徳佐−地福断層南西部と木戸山西方断層 北東端の性状および活動性	応用地質	48	1	35-47
113	村田昌則・鈴木毅彦・中山俊 <u>雄 - 川島眞一・川合将文</u>	2007	武蔵野台地南東部地下における上総層群のテフロクロノロ ジー	地学雑誌	116	2	243-259
114	<u>中村洋介•田村俊和•高村弘</u>	2007	河灰段丘面の火山灰編年に基づく深谷断層の活動性評価 飯縄西山テフラの発見による朗宙亚野北西部 江南台地	沽断層研究	2007	27	139-145
115	中里裕臣•中澤 努	2007	版稿目出 / シンの光光による 国来十野北日部、江南日地 のテフロクロノロジー	地質学雑誌	113	12	628-635
116	副田宜男•宮内崇裕 須目俊彦•水野清香•八百昭	2007	変動地形と断層モテルからみた出羽丘陵の第四紀後期隆 起過程と上部地殻の短縮変形	第四紀研究	46	2	83-102
117	一·中里裕臣·石山達也·杉 山雄一·細矢卓志·松島紘 子·吉田英嗣·山口正秋·大	2007	表層堆積物の変形構造からみた深谷断層系綾瀬川断層北 部の後期更新世以降の活動史	地学雑誌	116	3-4	394–409
118	田力正好•高田圭太•古澤 明•守田益宗•須貝俊彦	2007	利根川支流, 鏑川流域の河成段丘の形成時期	日本地理学会発表要旨集	2007年 日本地 理学会 春季学	72	38–38
119	竹本弘幸	2007	吉田・須貝・坂口(2005) 吾妻川合流点付近の河川地形発 達に及ぼす前橋泥流イベントの影響」の問題点	地理学評論	80	14	926-933
120	渡辺秀男	2007	新潟県越後平野南西部の河成段丘の編年と構造運動	地球科学	61	2	129-142
121	山元孝広	2007	ノンノ眉はからみに新満泉中朔史新正販工火山の形成史: 関東北部での飯士真岡テフラと MIS7 海面変動の関係	地質調査研究報告	58	3-4	117-132
122	幡谷竜太	2006	河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討 (2) 那珂川沿いに分布する河成段丘の層序	電力中央研究所報告	-	N05016	29pp.
123	幡谷竜太• 山本具哉• 柳田 <u>誠•佐藤 賢•古澤 明</u>	2006a	P29) 新潟県魚沼丘陵北部田河川付近の河成段丘の層序• 編年	日本心用地質字会平成17 年度研究発表会講演論文	46	6	363-366
124	喻合電太·柳田 誠·山不真 哉·佐藤 賢·古澤 明	2006b	新潟県魚沼丘陵北部の河成段丘の層序	応用地質	47	3	140-151
125	<u>加滕戊弘 山下 透 檀原 徹</u> 久保田喜裕 山崎興輔 飯川	2006	<u>近武地万北部の中部史新統・福知山層のテフラの対比</u> 新潟県中越地震における長岡市悠久山地域の段氏おとび。	人と目然	16	-	35-42
126		2006	沖積低地の震害要因 —谷状凹地と水路による被害規制—	¹²	60	6	455-464
127		2006	P-217 知多半島武豊層のFT年代	日本地夏ナム第113年子 術大会講演要旨	-	-	275-275
1128	1941年37 名谷浸史 岡田篤	1 2006	1株本=鼻腔断度における半均上下多位速度分布	后断唐研究	1 2006	1 26	151-162
Ne	英 本	赵仁左		社友, 書符友	*		~
----------	-------------------------------------	----------	---	---------------------	------	-----	----------------
120	<u>有</u> 有 尼崎正紀。今岡昭宝。共川寿	<u> </u>	ジョアル ジョアン ジョン ジョン ジョン ション ジョン ション ション ション ション ション ション ション ション ション シ		· 전	- 万	127p
129	尼帕正礼 了问照音 开川舟	2000	山崎地域の地員地域地員切先報告(5万万の一地員区	地員調査総合センター	_	_	127p
130	朗 宮脇理一郎 宮脇明子	2006	平成16年(2004年)新潟県中越地震震源域の地表部にお	地震 第2輯	58	4	413-426
	百瀬 貢•向山 栄•佐々木寿		ける地形と地質構造				
101	渡辺満久 宮脇理一郎 小俣	2006		纤熊菌斑龙	2006	26	70-95
131	雅志 佐々木俊法	2000		活め層切え	2000	20	/9-00
132	渡辺満久 齋藤 勝	2006	越後平野東縁, 庵地断層のトレンチ調査結果ートレース長	地学雑誌	115	6	727-736
		2000	の短い活断層の評価ー				/2/ /00
133	山元孝広	2006	于都宮巾玉積守段丘で拙則されたU105コアの僧序記載と 卑な叫の世珠信令屋庭	地質調査研究報告	57	7-8	217-228
	山下大輔,专川国作,塚暉		尨芯川の堆積使良履歴 悉婬唱 大洲・内子分地に分左する下部 山部再新統の層				
134	11 · 八辆 百川向1 · 场应 11 · 長岡信治 能佰唐博	2006	変媛宗八州・内丁亜地にカ119〜1、中・中部支制机の層 定と編在	第四紀研究	45	6	463-477
			宮城県川崎盆地における海洋酸素同位体ステージ6河成				
135	佐々木俊法	2005	段丘の認定とその意義	第四紀研究	44	-	155-167
136	小岩直人	2005	宮城県名取川上流域における最終氷期の堆積段丘発達過	地理学評論	78	-	433-454
137	由村洋企	2005	富山平野東縁、魚津断層の第四紀後期における平均上下	第四紀研究	44	_	353-370
10/	+1)+)	2000	<u> 変位速度</u>				000 070
1.00		0005	The rate of fluvial incision during the Late Quaternary				100.010
138	Yamamoto Takahiro	2005	period in the Abukkuma mountains, northeast Japan,	The Island Arc	14	-	199-212
	吉田苏嗣•須月俊彦•坂口		deduced from tephrochronology 利根川=吾妻川合流占付近の河川地形発達に及げす前橋				
139		2005	形成が「日安が日加点内近の内が地心元建に及ばり前個 泥流イベントの影響	地理学評論	78	-	649-660
	吉田英嗣・須貝俊彦・坂口		利根川・吾妻川合流点付近の河川地形発達に及ぼす前橋				
140	<u> </u>	2005	泥流イベントの影響	地理字評論	/8	-	649-660
141	小松原琢 中澤 努 兼子尚	2004	木更津地域の地質 地域地質研究報告 (5万分の1図幅)	地質調査総合センター	-	-	64p
142	牧本 博•宮田隆夫•水野清	2004	粉河地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図	地質調査総合センター	_	_	89n
142	秀•寒川 旭	2004		地員調査総合センク			000
143	宮内崇裕·武田大典	2004	長野盆地西縁断層帯北部, 飯山盆地周辺の断層変位地形	活断層研究	-	24	77-84
			と弟四紀伎期の先達適程				
144	中村洋介•金 幸隆	2004	□	地理学評論	77	1	40-52
			仙台市西部,愛子断層を含む活スラスト帯を伴う愛子	11. 7.4 7.1 444		_	
145	運沢壮一	2004		地球科学	58	3	149-160
140	ᆂᇚᆇᇘ	0004	浅間火山を起源とする泥流堆積物とその関東平野北西部	まました			E44 500
146	<u>口田央刪</u>	2004	の地形発達に与えた影響	地理子許論			544-562
147	吉田英嗣 須貝俊彦	2004	P728 中之条盆地における中之条泥流の堆積と段丘地形	日本地理学会発表要旨集	-	65	213
148	松浦旅人	2003	山形県新庄盆地に分布する中期更新世後半のテフラ層序	地理学評論	76		142-160
149	松浦旅人	2003	山形県新圧盆地西部に分布するFlexural-slip断層とその活	活断層研究	-	23	29-36
150			動時期 完山平野玉緑の河ば船にしての本形		110		544 500
150	<u> 中村洋介" 両田馬止" 竹村思</u> 尾崎工紀-	2003	畠山平野四縁の河风段丘とての変形 宮孙地域の地質、地域地質荘の報告(5 下八の 1地質図	地子雑誌	112	_	<u>544-562</u>
151		2003	高砂地域の地員 地域地員研究報告(5万万の)地員図 河成段らあの真産分布に其づく信濃川由流域の第四紀末	地員調査総合センター	_	_	6/p
152	研究グループ	2003	期の活構告運動	地球科学	57	-	273–287
153	渡辺秀男卜部厚志	2003	日田盆地北西部の河成段丘の編年と隆起運動	地球科学	58	-	171-191
154	山口昇一・佐藤博之・松井	2003	忠類地域の地質・地域地質研究報告(5万分の1図幅)	地質調查総合センター	-	-	68p
155	山内一彦	2003	中国山地西部、徳佐盆地周縁における河川争奪	立命館地理学	-	15	31-47
	Choi Tad James Takahama		Tephrochronology of Late Pleistocene to Holocene Strath				
156	Nobuvuki Urabe Atsushi	2002	Terraces along the Aburuma River of the Niigata Basin,	Quaternary Research	41	1	45-51
			Central Japan 北海洋浜町屋岡山 4 光明町屋お上がまナび 巨部 浜町				
157	北海道立地質研究所	2002	北海道活断層凶No.4 当別断層およい用力延長部 活断 展図 に えの 認識	北海道	-	-	109
158	ないしていた 予用	2002	暦凶とての胜哉 飛騨山地南部 培峠断層の後期再新世ー宗新世における	地質受雑誌	108	5	201-305
159	<u> </u>	2002	金沢南方の段斤面編年と変動地形	国土地理院時報	-	99	67-75
160	小林巖雄•立石雅昭•小松原	2002	三条地域の地質・地域地質研究報告(5万分の1地質図	地質調査総合センター	-	-	98p
161	小滝篤夫・古山勝彦・井上陽	2002	京都府北部,福知山、綾部地域の高位段丘層中の含カミン	****	56	_	25-40
101	—	2002	グトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比	地球科子	50		30-40
162	中村洋介	2002	富山県砺波平野,高清水断層および法林時断層の第四紀	第四紀研究	41	5	389-402
102		2002	後期における活動性				000 102
163	中達 労・遠滕秀典	2002	天宮地域の地質,地域地質研究報告(5 万分の1 地質図 信濃川津売地域における第四紀後期の既ら形式を構造す	地質調査総合センター	-	-	41p
164	11 辰川イオナクトークス団1本 研究グリープ	2002	11	第四紀研究	41	3	199-212
	<u>「町元フル」フ</u> 「信濃川ネオテクトニクス研究			日本地質学会第109年学			
165	団体グループ	2002	信濃川中流域の活構造運動と段丘形成	術大会 見学旅行案内書	-	-	-
100		0000	糸魚川一静岡構造線活断層系南部, 白州一韮崎付近の活			0.1	20.40
100		2002	構造と第四紀の活動史	心町 厝 町 笂		21	33-49
167	松島信幸	2001	南アルプス北部,三峰川沿いの更新世後半(海洋酸素同	飯田市美術博物館研究紀		11	79-96
L'''				要(飯田市美術博物館)			,0 00
168	呂叩艮典•田祜灶艮昭•寒川	2001	へ阪東北部地域の地質 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質回転)	地質調査所	-	-	131p
<u> </u>	他		心見凶幅/ 徳皇退阿譛山地南麓の段ら惟悲物市から月中された長子				
169	☆イナ心 小八八八 天竹 清	2001	一心町水門頃田地田鹿の松山地頂物中から元山された女子	第四紀研究	40	-	331-336
170	中村有吾•平川一臣	2001	+勝平野南部における酸素同位対比ステージ5.7.9のテ	第四紀研究	40	5	373-384
174		2001		山梨大学教育人間科学部	0	-	E0 E0
1/1	甲爪杞权 亏永俊义	2001	元川(山采県)宿いの河戸段丘地形	紀要	3		50-56
172	西岡芳晴 尾崎正紀 寒川	2001	桜井地域の地質地域を留存をおり、(5万分の11世の)	地質調査所	_	_	141n
L''2	旭•山元孝広•宮地良典	2001					קודי
173	利涉幾多郎	2001	レッナの形成史から復元される古水文史一長野県千曲川 ト海・北田ナ川の小山たいにた何に	弗四紀(第四紀総合研究	_	33	105-123
<u> </u>	 		工流, 北阳本川のノツナと段丘を例に一 	云/	-		
174	豆豆止干 千田 心 北州 茶 新井尾井	2001	仙台地域における台ノ原段丘面の形成時期	第四紀研究	40	1	53-59
<u> </u>				比較変動地形論ープレート			
175	植村善博	2001	第Ⅴ章 丹波地域の段丘編年と地殻変動	境界域の地形と第四紀地	-	-	112-129
				<u> 穀変動(古今書院)</u>			
	Choi Tad James Takahama		Tephrochronology of Late Quaternary Strath Terraces and				
176	Nobuvuki Irahe Ateuchi	2000	Their Implications to Neotectonic Movements in the	Quaternary Research	39	6	521-533
			Shitada and Tochio Regions of the Niigata Basin, Central	吉甸土兴兴华西西西北			
177	浜崎修司·満塩大洸	2000	徳島県東部の園瀬川流域の第四系	高知天子字術研究報告 自然利益	-	49	41-49
<u> </u>	伊藤友彦 伴 かない 声色		 北海道北部における後期再新冊 古城国武庫和酒野土屋	日公件子			
178	お 営官陽子 柳井浩治 雁	2000	の層序と分布	第四紀研究	39	-	199-214
179	神沢公男。平川一臣	2000	 南アルプス仙丈ケ岳・藪沢の最終氷期の氷河作用と堆積	地理学評論	73A	-	124-136
180	松井 愈 山口昇一	2000	+勝池田地域の地質地域地質研究報告(5万分の1地質	<u>地質調査</u> 所	_	-	72p
1.01	松浦旅人	2000	山形県新庄盆地およびその周辺地域における河成段丘面	日本第四紀学会講演要旨	_	20	64-65
101	14/册//八	2000	編年-毒沢テフラおよび14C年代資料による検討-	集	_	30	04-00
182	満塩大洸・浜崎修司	2000	徳島県東南部,桑野川福井川流域の第四紀における環境	局知大字学術研究報告	-	49	25-40
<u> </u>			変1L 	1日茶科子			· · · · -
183	満塩大洸•山下大輔	2000	淡路島中西部, 鳥飼川付近の第四系	同和八子子們研先報音 白伏利受	-	49	51-66

No.	著者	発行年	タイトル	誌名・書籍名	巻	뮥	ページ
184		2000	南西諸島,喜界島のサンゴ礁段丘の研究小史と問題点ー	第四紀研究	39	45-53	45-53
185	尾崎正紀·寒川 旭·宮崎一 博·西岡芳晴·宮地良典·竹	2000	シンボジウムの序論として一 奈良地域の地質 地域地質研究報告 (5 万分の 1地質図	<u>地質調査所</u>			162p
100		2000	幅) 秋田県男鹿半島における酸素同位体ステージ5aに対比さ	空문해표/기	20		1 10
100		2000	れる地層(五里合層:新称)と海成段丘	大志白遺跡群発掘調査報	32		1-10
187		2000	宇都宮丘陵,大志白遺跡周辺の地形	告書(旧石器時代編)河内 <u>町埋蔵文化財調査報告書</u> 新潟大学積雪地域災害研	_	第3集	164–191
188	局浜信行•天琢畐男• Brahmantyo Budi	2000	ニ面川上流・朝日田地奥ニ面地域の第四紀未期の遺跡, 河成段丘とネオテクトニクス 二度地山または、10年の以后には17日まれにの主人(2)	究センター研究年報(新潟 大学積雪地域災害研究セ	_	22	1–6
189	田中真弓	2000	信濃川中流域、十日町盆地における河成段丘の変位から みた活褶曲と活断層の関係	第四紀研究	39	5	411-426
190	若林優子 金 幸隆 吾妻 崇	2000	十日町盆地, 信濃川左岸に発達する河成段丘面の編年 版本県東連川丘陵における漂刍線に基づく公時斜面の分	月刊地球	22	10	706-710
191	吉木岳哉	2000	類と編年	地理学評論	73A	-	637-659
192	広内大助	1999	武蔵野台地,大宮台地における第四紀後期段丘面の高度 分布から見た荒川断層の活動性についての再検討	地理学評論	72	5	335-344
193	<u> 今泉知也・古山昭</u> 栗本史雄・内藤一樹・杉山雄 ー・中江 訓	1999	223 相侯川山间部 -ね17る酸素回位体ステーン6の河放度 敦賀地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図 蛔)	<u>日本地理学会先表要言集</u> 地質調査所	-	 	98–99 73p
195	满塩大洸•橋本浩志	1999	 四国吉野川中流域北岸, 土柱地域の第四系	高知大学学術研究報告 自然科学	-	48	87–99
196	Mitsushio Taikou Sasaki	1999	Quaternary Geology along the Katsuura-gawa river, East	Research Reports of Kochi	-	48	45-64
197	Iniminiro 中村有吾·平川一臣·長沼	1999	1.海道白滝遺跡と周辺地域のテフラ	University,Natural Science 地学雑誌	108	5	616-628
198	銭 祥富	1999	大阪平野南部、石川流域に分布する段丘層の層序と編年	第四紀(第四紀総合研究	-	31	31-41
199	<u>渡辺秀男 卜部厚志 荒川勝</u>	1999	新潟県津南町地域の貝坂段丘堆積物中の広域火山灰	地球科学	53	6	420-433
200	Shozo Yokoyama	1999	along the Hishida River. Kyushu, Japan	Geomorphology	30	-	291-304
201	小松原 琢•水野清秀•寒川 旭•七山 太•木下博久•松木 宏彰•新見健•吉村辰朗•井 上基•居川健(之•葛原秀雄• 四司高志•横井川	1998	琵琶湖西岸活断層系北部, 饗庭野断層の第四紀後期の活 動	地質調査所月報	49	9	447-460
202	熊原康博	1998	四国北西部肱川流域の段丘地形と地殻変動	第四紀研究	37	5	397-409
203	松島信幸 寺平 宏 小泉明	1998	飯田市川路, 花御所の埋没林一最終氷期最盛期の伊那谷 と段氏の編年にこれて一	飯田市美術博物館研究紀 亜(飯田古美術博物館)	-	8	107-118
204	满塩大洸•池野孝夫	1998	徳島県東部鮎喰川中流域の第四系	高知大学学術研究報告	-	47	59-69
205	岡島尚司 山本博文 中川登 美雄 新井房夫 西田中朗	1998	福井県丹生山地から見出された加久藤テフラ(Kkt)とその意 義	地球科学	52	-	225-228
206	長田敏明	1998	枚ノ原台地の地形と地質	地団研専報	-	46	1-78
207	竹本弘幸	1998	利根川水系片品川流域の地形発達史-赤城火山の活動と	地理学評論	-	71	783-804
208	内山美恵子 金川美幸 武智	1998	その影響について- 19 長野県千曲川上流域に分布する河岸段丘	日本地質学会第105年学	_	_	11
209	国加 植木岳雪•満塩大洸	1998	阿讃山地の隆起過程:鮮新~更新統三豊層群を指標にし	<u>術大会講演要旨</u> 地質学雑誌	104	-	247-267
210	荒川勝利	1997	堀之内町の自然環境 第一節 堀之内町の地形と地質	堀之内町史	-	-	28-45
211	片岡香子·吉川周作	1997	ニ里県師鹿川流域の段正構成層の層序『編年一火山灰桶 産地域での段丘編年の試みー	第四紀研究	36	4	263-276
212	小松原 琢	1997	庄内堆積盆地東部の上部第四系とその地殻変動史	地質調査所月報	48	-	537-565
213	久保純子	1997	相模川下流平野の埋没段丘からみた酸素同位体ステージ 5e以降の海水準変化と地形発達	第四紀研究	36	-	147-163
214	満塩大洸・栗林知史	1997	徳島県那賀川流域の第四系	高知大学学術研究報告 自然科学	-	46	65–78
215	田中和弘·遠田晋次•上田圭 一•千木良雅弘	1997	我が国の地質環境の長期的変動特性評価(その2)隆起・ 沈降特性評価手法の提案と適用性検討	電力中央研究所報告 U96028	-	-	1–25
216	<u> 安藤一男▪渡辺満久</u>	1996	武蔵野台地北部の開析谷沿いにおける埋没地形群 CB=11 山利県田悲駒ヶ岳北東麓独宮川の河成磯属とテフ	第四紀研究	-	35	28-291
217	平川一臣 	1996		75(日本第四紀学会)	-	-	235-235
218	小岩直人 満塩大洲•五十嵐光雲•鹿阜	1996	周丁宗安加州湖水坦(1837)为夜游交新区の内古建设洲で 関する新知見 四国西部の環境地質学的研究 その12-愛媛県会治古蒼	第四紀研究 高知大学学術研究報告	35	1	35-39
219	愛彦 満塩大洲・五十嵐亭雪・鹿島	1996a	社川流域付近の第四紀の環境変遷一 四国西部の環境地質学的研究 その13一愛媛県自自自村植	高加大学了前前先和古 自然科学 高知大学学術研究報告	-	44	119-128
220	愛彦	1996b	田川流域付近の第四紀の環境変遷一	自然科学		45	47-57
221	沼上 優	1996	武蔵野台地北東部のM3面について		13	-	97-107.
222	鈴木毅彦	1996	しローニ 信辰川平流坝につかりる河水段丘とてれを復つ風成 テフラー谷上段丘と350Ka以降の風成層-	赤四紀路頭朱-日本のナフ ラ(日本第四紀学会)	-	-	225-225
223	土井宣夫•大石雅之•吉田裕 生	1995	15-1-2-1-1-2012-100-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10-10	岩手県立博物館研究報告	-	13	1-12
224	鹿島愛彦•岡本健太•満塩大 洸	1995	四国西部の環境地質学的研究 その11 一愛媛県肱川中 流域、黒瀬川流域付近の第四紀における環境変化	愛媛大学教養部紀要	_	28	17-29
225	水野清秀•服部 仁•寒川 旭• 高橋 浩	1995	明石地域の地質 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	地質調査所	-	-	90p
226	中川登美雄•山本博文•新井 房夫•岡島尚司	1995	福井県丹生山地の段丘堆積物から見いだされた姶良Tn火山 応層および大山倉吉軽石層とその意義	第四紀研究	34	1	49-53
227	渡辺一徳•高田英樹•岡部良 子•西田晃代	1995	熊本県白川中流域の河成段丘堆積物と広域テフラとの層 序関係	熊本大学教育学部紀要, 自然科学(熊本大学教育学	-	44	15-22
228	加藤茂弘	1994	北海道、日高地方南部の日高幌別川・元浦川における第 四紀後期の段丘形成過程	人と自然	_	4	27-56
229	小岩直人	1994	111 宮城県名取川流域における最終氷期以降の河成段丘 発達史	日本地理学会予稿集	_	45	34-35
230	満塩大洸・野田耕一郎	1994	高知県土佐市の第四紀における環境変遷一土佐市高岡平 野•波介川流域の第四紀層-	高知大学学術研究報告, 自然科学	_	43	101-114
231	仙台市史編さん委員会 下山正一・渡辺一徳・西田民	1994	地形と地質 Aso-4火砕流に焼かれた巨木-佐賀県上峰町で出土した後	仙台市史 特別編1 自然	-	-	44-93
232	雄 原田大介 鶴田浩二 小	1994	期更新世樹木群-	弗 凶 紀研究	33	2	107-112
233	<u> </u> 角田清美 트 ★ 古 会 ヱ	1994	目然境境 地形 実佐平野の地形発達	<u>福生市史</u>	-	-	23-36
234	度。 展島愛彦·高橋 和·満塩大	1993	<u>」</u>	<u>ハノ地理</u> 系授士尚教美部の支	<u> </u>	/	3-10
235	光	1993	方瀬戸町付近の第四系ー	変娠八子 教 養部紀要 高知大学学術研究報告		26	35-46
236	减瑥天冼•喝 将志	1993	四国古野川上・甲流域の第四糸	自然科学	-	42	87-104

No.	著者	発行年	タイトル	誌名・書籍名	巻	뮥	ページ
0.07	宮田隆夫 牧本 博 寒川 旭	4000	和歌山及び尾崎地域の地質地域地質研究報告(5万分の				
237	市川浩一郎	1993	1地質図幅)	地質調査所	-	-	68p
238	竹本弘幸	1993	国指定特別天然記念物・名勝「吹割渓ならびに吹割瀑」周 辺の地形	天然記念物・および名勝 吹割渓ならびに吹割瀑 地 形・地質調査報告書(群馬 県利根村・教育委員会 吹	_	1-16	55
239	豊島正幸	1993	 和賀川流域の地形編年と遺跡の立地, 岩手県愛宕山遺跡 のテフラ検出分析報告	割の滝調査会) 北上市和賀町愛宕山遺跡 発掘調査報告書	_	_	15-21
240	佃 栄吉·栗山泰夫·山崎晴 雄·杉山雄一·下川浩一·水	1993	阿寺断層系ストリットマップ説明書	地質調査所 構造図7	-	-	1-35
241	安藤一男•渡辺満久	1992	武蔵野台地開析谷、目黒川谷底平野の埋没段丘面と最終 氷期後半以降の古環境変遷	季刊地理学	-	44	79-92
242	貝塚爽平▪鈴木毅彦	1992	1. 関東の地形と地質<地盤の生い立ち> 1.2 関東ロームと富士山	土と基礎	40	3	9-14
243	真鍋賢一•竹内貞子•矢部文 江	1992	福島盆地の第四系	福島大学特定研究「猪苗代 湖の自然」研究報告	-	3	1-11
244	松添澄代	1992	大野川中流域の地形発達	大分地理	6	-	51-58
245	中村俊夫 藤井登美夫 鹿野	1992	岐阜県八百津町の木曽川泥流堆積物から採取された埋没	第四纪研究	31	_	29-36
240	勘次 木曽谷第四紀巡検会	1002	<u>樹木の加速器14C年代</u>				23 80
246		1992	阿武隈川, 郡山-福島間における急勾配区間の成因	筑波大水理実験センター	-	16	158
247	高橋 浩 寒川 旭 水野清 秀 服部 仁	1992	洲本地域の地貨 地域地貨研究報告 (5 万分の 1地貨図 幅)	地質調査所	-	-	107p
248	海野芳聖·大井信三·黒木貴 一·坂井尚登	1992	群馬県南西部、神流川流域における火山灰層序について	地理調査部研究報告(国土 地理院技術資料D-1-	-	8	196-204
249	岩崎孝明•吉永秀一郎•平川 一臣	1991	元浦川・日高幌別川の河成段丘	地理学評論, Ser. A	64	9	597-612
250	加藤茂弘	1991	北海道日高地方西部の静内川・新冠川における最終間氷 期以降の段丘形成過程	地理学評論	64A	I	71-94
251	満塩大洸・竹田善博・嶋 将 志	1991	四国吉野川上流域の第四系	高知大学学術研究報告, 自然科学	-	40	243–253
252	大月義徳	1991	秋田県鷹巣盆地における中部更新統盆地埋積層と高位段	地学雑誌	100	7	1077-1091
253	竹本弘幸	1991	大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題	駒沢地理		27	<u>131-1</u> 50
251	渡辺満久	1001	北上低地帯における河成段丘面の編年および後期更新世		30	1	10-42
2.54		1991	における岩屑供給		- 50	'	13 42
255		1991	河岸段丘の動的地形変化に関する研究	駒沢地理	-	27	1-75
256	大賞靖浩	1990		日本地理学会予稿集	-	37	42-43
257		1990	北関東海岸部に分布するテフラとそれに関する諸知見	関東半野	-	3	23-32
258		1990	山口県佐波川上流部における河川争奪	立命館地理字	-	2	65-82
259	天野和孝 与开 」 官野二 郎 久保田吉則 水野敏明 高野武男 米山正次 渡辺	1989	松代町の地形・地質	松代町町史(新潟県東頚城 郡松代町)	-	-	3–88
260	井本伸広 清水大吉郎 武蔵 野 実 石田志郎	1989	京都西北部地域の地質地域地質研究報告(5万分の1 地質図幅)	地質調査所	-	-	80p
261	岩崎孝明 柳田 誠 森野泰 行 大和伸友	1989	沼沢沼カルデラ周辺の軽石流および2次堆積物の作る地形	駒沢大学大学院地理学研 究	-	19	29-34
262	木村克己 牧本 博 吉岡敏	1989	綾部地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図)	地質調査所	-	_	101p
262	能生地すべり団体研究グ	1000	多毎川吉北朝の段らについて	新潟県地学教育研究会誌	_	00	20_51
203	ループ	1989	糸魚川市北部の段丘について	(新潟県地学教育研究会)	_	23	38-01
264	大貫靖浩	1989	725 多摩川中流部青梅市西郊の旧埋積谷堆積物	日本地理学会予稿集	-	36	228-229
265	西城 潔 小岩直人 吉永秀	1989	427 馬淵川・小本川中上流の河岸段丘と山麓緩斜面の発	日本地理学会予稿集	-	35	206-207
000		1000	達過程				110
266	<u>角 靖天•野沢 保•井上正昭 </u> 給木毅彦	1989	<u>右動地域の地質 地域地質研究報告(5 万分の1地質図</u> 営磐海岸南部における更新世後期の段丘と埋没谷の形成	<u>地質調査所</u> 地理学評論	-	- 62	118p 475-494
268	Win Maung 曹島正幸	1989	Slope modification during the late Pleistocene in the Natori	東北地理	_	41	1-14
269	八木浩司 早田 勉	1989	river drainage basin. 宮城県中部および北部に分布する後期更新世広域テフラ		98	5	39-53
270		1000	とその層位 糖内地域の地質地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅)	地質調本所	-	- -	79p
270	大和伸友	1989	本戸川流域の地積・地域地質が見報告(3 カカの1 西福) 五戸川流域の地形面	駒沢大学大学院地理学研	19	-	1-18
272	Higaki Daisuke	1988	Chronological study on gentle slopes and river terraces in	Sci.Rep.Tohoku Univ. Ser7	38	1	10-31
273	宮田雄一郎・山口昇一・矢崎	1988	5万分の1地質図幅「計根別地域の地質」及び同説明書	地質調査所	_	-	72p
074		1000		第四幻 花空	70	0	101 104
2/4		1988	<u> 塩平血地のよい同辺山地における取終水期以降の地形発</u> 是終氷期以降の狭帯供湖の水冶ホル	<u> </u>	2/	Z	101-124
276		1000	取転小効火性の消出に向いた世を化	<u>地士和記</u> 大公地理	2	_	51-56
2,0	「「「「」」」						
277	一•水野清秀	1988	御削崎地域の地資地域地質研究報告(5万分の1地質図幅	地 賞調 企 <u>所</u>	-	-	141p
278	Hiroshi Yagi	1988	Geomorphic Differentiation Inside The Plio-Pleistocene Sedimentary Basins in and around the Kinki Triangle, Inner Zone of Southwest Japan	東北地理	38	1	32-61
279	大和伸友	<u>1</u> 988	馬渕川下流の段丘地形	駒沢地理	24	_	57-76
		1007		駒沢大学大学院地理学研		47	45.04
280		1987		光、剛次大子大子院地埋字 研究会)		1/	15-31
281		1987	香佐川流域の地形発達について	ス分地埋	-	1	3-10
282		1987	入厩工隊の間分と博道		13	-	3-46
283	辺藤晋叙・不利一朗	1987	回回「「「「」」」 回「「「」」」 王帝川下流地方「三方が百」般田匠ム地の地質- 現在の問	地貝調宜所		-	94p
284	武藤鉄司	1987	へ電力1、加速力、二力かは「岩口は古地の地具」現在の開 折扇状地からの解釈-	地質学雑誌	93	4	259-273
285	野尻卓宏	1987	 大分県玖珠盆地の地形発達	大分地理	_	1	17-22
286	西城 潔	1987	周淵川上流部の段丘地形	東北地理	39	3	170-176
287	Sugitani Takashi	1987	Processes of Holocene terrace formation in a steep	Geographical Review of	60	2	195-202
288	竹本弘幸 米沢 宏 由井将	1987	Igraver~bed river, INIKKO Voicanic area, Japan 中之条湖成層の層序とフィッション・トラック年代	bapan(Ser.B) 駒沢地理	<u> </u>	23	93-105
289	雌▪小池一之 豊鳥正幸	1987	米代川支流、小猿部川における最終氷河期後半以降の河	地理学評論 Ser A	60	1	40-51
200						<u> </u>	
290	山本憲志郎	1987	者寒別缶周辺の緩斜面と河成段丘	果北地埋	39	2	81-97
291	別洋広也	1987	八刀宗日田益吧の地形先達 事みび言報地域の地域、地域地域可応報告/5 ている・	入分型理	_		33-42
292	遠藤秀典 · 鈴木祐一郎	1986	女久い同卿氾スの氾良 氾水氾貝切九報百(3)カガの「 	地質調査所	-	-	105p
293	福間敏夫•藤田和夫	1986		第四紀研究	24	4	26-281
294	市原実市川浩一郎山田	1986	岸和田地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質	地質調査所	-	-	148p
295	北里 洋 新井房夫	1986	有度丘陵,小鹿層に挟在するOn-Pm I テフラ	静岡大学地球科学研究報	6		245-249
296	水野清香 南木時彦	1986	広島県西条盆地南部の第四系の層底	地質調杏所日報	37	4	183-200

No.	著者	発行年	タイトル	誌名•書籍名	巻	号	ページ
297	百瀬 貢 竹本弘幸 水野秀	1986	松木盆地西绿 乳川流域の段氏形成史	駒沢大学大学院地理学研	_	16	5-20
200	<u> 明•小島 弘•平林 潔•朝原尚</u> ■国信治	1000		究	05		120 162
299	岡孝雄	1986	5万分の1地質図幅「中士幌」及び同説明書	北海道立地下資源調査所	-	-	75p
300	相模原地形 地質調査会	1986	相模原の地形・地質 調査報告書(第3報)		-	-	95
301	Toyoshima Masayuki	1986	The Downstream Progressing Degradation Since the wurm	Sci Rep Tohoku Univ Ser7	36	2	114-125
302		1986	Stage in the Naruse River Basin, Northeastern Japan 荒川中流域における下位段斤の形成過程	第四紀研究	25	3	187-201
303	早川唯弘	1985	常川上流域における河岸段丘の発達と関谷断層の活動	活断層研究	1	-	41-53
304	早川唯弘•広瀬和男•野口	1985	 箒川上流域における河岸段丘の発達	茨城大学教育学部紀要(自	-	34	1-22
305	<u>具</u>	1985		<u> ※科子)</u> 地理学評論	_	58	734-743
206	木村一朗·中尾宣民·鈴木義	1095	愛知県渥美半島の更新統の14C年代と関連する層位学的	愛知教育大学研究報告(自	_	24	121-141
300	典	1905	問題	然科学)		- 34	131 141
307	<u>近滕康生</u> 西自品子	1985	静岡県有度丘陵の上部更新統の層序 箱根火山北車麓関太丘陵における地形発達中	<u>地質字雑誌</u> 関車の第四紀	91	- 11	121-140 43-51
309	岡孝雄	1985	北海道天北・問寒別構造盆地のネオテクトニクス	活断層研究	-	1	19-29
310	嵯峨山積 松下勝秀 山岸宏	1985	5万分の1地質図幅「茶内原野地域の地質」及び同説明書	地質調査所	-	-	47p
311	寒川 旭 衣笠香博 奥村晃 由 八大注司	1985	奈良盆地東縁地域の活構造	第四紀研究	24	-	85-97
312		1984	 北アルプス,乳川流域における更新世の岩屑供給期	地理学評論	57	4	282-292
313	岡 重文 菊地隆里 桂島 茂	1984	東京西南部地域の地質地域地質研究報告(5万分の1地	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	_	_	149n
214		1004	箕図幅) 毘松内低地帯の後期再新世段らに閉まる年代资料	名 史 刷 显 //	0.0		200-212
015	下山正一• 金川 一下山正一• 金川	1904		<u>弗西北明九</u>	23	-	209-212
315	一郎•田代雄二	1984	備岡県糸島平野の第四糸 	北九州大学又紀要(B)	-	17	39-58
316	高田将志	1984	片品川流域における段丘形成過程について 振士県日尾町田辺のニコニ	関東平野(関東平野研究	-	1	11-16
317		1904	1007 宗正定町周辺007 27 The Sequence of River Terrace Development in the Last				31-34
318	Toyoshima Masayuki	1984	20, 000 Years in the Ou Backbone Range, Northeastern	Sci Rep Tohoku Univ Ser /	34	2	88-105
319		1984	片品川流域における武蔵野期以降の段丘形成過程	関東平野(関東平野研究	-	1	6-10
320	木泽 本 阿田武辛 田开符	1984	中之条盆地のテフラーとくに中之条湖成層の年代について一	関東平野	-	1	2-5
321	<u>古田</u> 史郎	1984	四日市地域の地質 地域地質研究報告 (5 万分の 1地質	地質調査所	-	-	81p
322	徳橋秀一・遠藤秀典	1984	姉崎地域の地質.地域地質研究報告 (5万分の1図幅)	地質調査所	-	-	137p
323	千田 昇	1983	国東半島の地形	国果丰岛一日杰·在会·教 查 大公大学教育学部	-	-	17-28
324		1983	北アルプス南東部蝶ヶ岳付近の氷河地形と堆積段丘	地理学評論	56	1	35-49
325	岩崎孝明	1983	青森県東部の火山灰	駒沢大学大学院地理学研	-	13	33-39
326	木村一朗·細野隆男·中尾宣 R. 新世京主	1983	伊勢湾西岸地域および渥美半島における姶良Tn火山火と 晩らの属位関係(予報)	愛知教育大字研究報告(目) 然利学)	-	32	175-186
0.07		1000		埼玉県立自然史博物館研	10		F1 00
327	□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	1983	関東平野四縁, 秩文盆地の第四紀地史 	究報告	19	-	51-66
				海面変動・気候変動と河岸			
	┃ 野上道男•吉永秀―郎•高沢			段丘 研究缺乏番号 56380029 昭和57年度文			
328		1983	7. 久慈川	部省科学研究費補助金(総	-	-	57-64
				合研究A)研究成果報告書			
320		1093	空野山の河岸段ら	<u>(貝塚爽平:東京都立大学</u> 静岡地学(静岡県地学会)	_	49	9-11
000		1000		埼玉県立自然史博物館研		40	07.74
330	次谷 秘	1983	株文山地の火山灰層について	究報告	I	-	6/-/4
331	角田清美	1983	多摩川上流・旧埋積谷堆積物の14C年代−日本の第四紀層 の14C年代(150)-	地球科学	37	6	373-375
332		1983	播磨灘北東岸地域における段丘面の時代対比	地理学評論	56	5	324-344
333		1982	信濃川下流域(新潟県小千谷市付近)における河成段丘群		55	2	130-138
- 000		1302	の形成年代と段丘面の変位速度	^{纪在于正确} 岛切教女士尚珥克起生/白		2	100 100
334	不利一切 氘苍敏天 入水正 吾 池田芳雄	1982	豊川中流および下流の段丘と更新統(その2,段丘堆積物)	愛知教育入于研九報日(日 然科学)	-	31	195–210
335	古賀まどか	1982	秦野盆地西縁,四十八瀬川流域の河成段丘	関東の四紀	-	9	49-58
336	三梨 島・菊地隆男	1982	横浜地域の地質_地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅) 2014年 - 10月11日 - 10月	地質調査所	-	-	105p
338	<u>1世1世辺14世 ボモクルーク</u> 佐藤芳和•板垣直俊	1982	<u> 〒111 山</u> 陵の第四本 子吉川流域の河岸段丘群	秋田地学	- 30	33	<u>240-200</u> 1-8
339	杉山雄一 下川浩一	1982	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	33	6	293-320
340	柳田 誠·百瀬 貢·大熊良章 日は堅一・新田豆士	1982	荒川の河岸段丘 伝漕川中海城にわけるニコニ展上邸ら形成を後	駒沢大学大学院地理学研	-	12	3-13
341	<u> +/+具—⁻机井厉大</u> 平川一臣	1981	<u>□ 虚広いて加速に のいるノノノ肩と及丘形成于10</u> □山梨県の地形に関する資料(Ⅱ)鳳凰山・青木鉱泉付近の	<u>1-12具于租</u> 码 山梨大学教育学部研究報	- 0/	32	89-96
343	松澤逸巳 松井 愈 近藤祐	1981	帯広地域の地質地域地質研究報告(5万分の1地質図	地質調 杏 所	_	_	82n
244	<u>弘·瀬川秀良·田中 実·小久</u> 三公勝利	1001	幅) 5万公の1地質図値「発咲中」及び同説四書	******			06-
044	<u>Ⅰ—□□□□</u> 11 百瀬 貢•駒澤大学自然地理	1001		<u> 北/一/</u>			20p
345	学研究会	1981		究	_	11	1-12
346	奉 祥	1981	中 / h 盆 地 西 縁 • 南 縁 の 活 断 層	地埋字評論 青塩市の白鉄 T 「岫受鈩]	54	-	473-492
347	角田清美	1981	IV 青梅市の地形 V 青梅市の陸水	〒1世川の日二1 [地子編] (青梅市教育委員会)	-	-	127-304
			A Geohistorical Study of Fluvial Landform through the Last				
348	Toyoshima Masayuki	1981	30, 000 Years at the Ou Eastern Fringe of the Yamagata	Sci.Rep.Tohoku.Univ.Ser7	31	1	15-28
	 山崎晴里 坂本 享 奉 光里		Basin, Japan	東海地域の地震予知に関			
349	倉沢 一·垣見俊弘·羽田野	1981	駿河湾北岸部における活断層の地質学的研究	する総合研究報告書(科学	-	-	177-207
	<u> 誠一·町田 洋·大八木規夫</u>			技術庁)			
350	<u> 柳田 誠</u>	1981	<u>2次流川における最終水期以降の河岸段丘の形成過程</u>	地埋字評論 動沢地理	54	8	423-436
352	米澤 宏	1981	相模川中流域・道志川流域の河岸段丘	関東の四紀		8	<u>2</u> 1-32
	吉田 義 伊藤七郎 白瀬美						
353	智男 堀内俊秀 真鍋健一	1981	阿武隈山地中央部における第四系と植物化石群	第四紀研究	20	-	143-163
	町へ吸っ 凹内貝丁 野甲俊 夫 楡井良政 楡井曲子						
354	機望 山川克巳 米澤宏 松	1020	岐阜県高原川流域における土石流による岩屑供給と沖積	地理学評論	52	_	699-720
- 334	原敏子	1000	錐の成長速度 山水分地車緑知にたける洗穂地主地のニラニレマボのに				000 720
355	豊島正幸	1980	山形血地果核部にわける洪碩世木期のナノフと刈成段上 の形成時期	東北地理	32	4	203-210
256	大村————————————————————————————————————	1070	定川山流お上び下流の河岸段氏	愛知教育大学研究報告(自	_	20	110-122
- 330	까히 써 ····································	19/9	ロハ〒/ルt03み0、〒/ルtV/門戸校工	然科学編)		20	113-132
357	小奴刑羊 松井 憋 不怕力 一・紺谷吉弘 野川 澎 寿口	1979	大正地域の地質・地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図	地質調杳所	_	_	60n
1			唯一)				

No.	著者	発行年	タイトル	誌名•書籍名	巻	号	ページ
050	松下勝秀 小阪利幸 紺谷吉	4070					500
358	弘 宮坂省吾	19/9	5万分の 地貨凶幅 上札内」及び同説明書	北海道立地下資源調査所	-	-	50P
0.50	野上道男 大内俊二 森脇	4070	수비분분주면로바판	口上山田光人又た 佐			
359		1979	宮川流域の段丘地形	日本地埋字会予禍集	-	16	46-47
360	昭 桂島 茂	1979	藤沢地域の地質・地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図	地質調杏所	_	_	111n
000	后 1 年 8 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1070	幅)	它受励且仍			1
361	上村亩利子	1979	「一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	お茶の水地理	_	20	2-3
362	<u>」二门芯刊了</u> 植材美博	1070	加加中航日は夜立の地が先建文的特殊	立会館文受	_	410-411	142-174
262	柳田哉	1070			50	10-411	690-705
264	ᆙᄴᄪᇓ	1979	阿貝野川中加坡の地形光達文	<u>地坯于計酬</u> 口大地理受合圣范集	52	14	069-700
304		1978	410 那須野か原廟仏地の形成週程の再快討	日本地理子云了杨耒	-	14	250-257
365	小池一之	1978	高原川・仲通川にみられる段丘の分布とその形成適程	駒沢地理	-	14	29-53
366	中山茂樹	1978	碓氷川流域の河岸段丘	駒沢地理(駒沢大字文字部	_	14	245-252
				地理字教室)			
367	大橋 健	1978	琵琶湖南岸地域の発達史	<u>立命館文学</u>	394•395	-	280-302
368	<u> 角 靖夫</u>	1978	津幡地域の地質 地域地質研究報告 (5 万分の 1地質図	地質調査所	-	-	55p
369	山口昇一	1978	<u> 知内地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図</u>	地質調査所	-	-	55p
370	山崎晴雄	1978	立川断層とその第四紀後期の運動	第四紀研究	16	-	231-246
371	秋田第四紀研究グル―プ米	1077	1 初田県能代亚野から藤田地域にかけての段ら群について	秋田地学(秋田地学教育学	_	27	1_0
3/1	代川班	1377		会)		27	1.9
272		1077	松本盆地の第四紀地質一松本盆地の形成過程に関する	地質学验生	_	14	02-102
3/2	松本品地団体研究グルーク	19//	研究(3)	地貝子酬未	_	14	93-102
373	内藤博夫	1977	秋田県能代平野の段丘地形	第四紀研究	16	2	57-70
374	幸山島豊	1977	最上川中流部,山形・長井両盆地間の河岸段丘	東北地理	29	4	221-227
375	藤井登美夫	1976	御岳火山木曽川泥流堆積物の産状とその流下・堆積様式	愛知教育大学地理学報告	-	45	114-119
376	坂本 亨•宇野沢 昭	1976	茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川那珂川の河谷発達史	地質調査所月報	27	-	655-664
	± 11 + 5 +		小櫃川沿岸の段丘地形形成に関する予察的研究-半固結				
3/7	ㅂ开낌之	19/6	地層地域の地形形成(その1)-	十采大教育字部研究紀要	-	25	159-169
378	徳田光治	1976	上野原盆地における段丘地形の2.3の問題点	駒沢大学大学院地理学研	6	-	1-15
			富士山東麓駿河小山付近の第四系ーとくに古地理の変遷と		· ·		
379	町田 洱•松島義草•今永 勇	1975	神縄断層の変動について-	弗凹紀研究	-	14	77-89
380	大森博雄	1975	北海道渡島半島江差付近の海岸段丘	第四紀研究	14	_	63-76
381	版本 享	1975	磯浜地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図値)	地質調杏所	-	_	55n
301		1075	1000次記録の記録・記録地具町九町ロ(300001地員凶幅) 由ウ条会袖とその周辺の地形	<u>治夏朔夏初</u> 駒澤大学大学院地理学研	_	5	28-20
202		1074	〒~ネ皿心してツ回辺ツ心 2	<u>1997年ハナハナ 元地生子研</u> 各の紀葉卒	10		20 00
204	旅小心天	1074	心海道工師にのいる取称小舟の河川地形変則 上勝亚昭の地形発達中	1 お白礼別九 地田学証論	12	10	607.600
384	十川 ̄足・小野有五 池田芝雄	19/4	勝十野の地形先建実	1地理子計調	4/	10	007-032
385		1974	壹川流域の第四条と146年代	12111111111111111111111111111111111111	28	_	4/-48
386		1974	四用日本太平洋岸地域の海岸段丘に関する2*3の考察		_	99	89-126
387		1974	湿野盆地の緩料面と段丘の成因について	果北地理	26	-	11-21
388	加滕定男 新堀友行	1973	いわゆる武蔵野段上について	地球科字	27	1	25-34
389	町田瑞里	1973	武蔵野台地北部およびその周辺地域における火山灰層位	地質学雑誌	79	_	167-180
000	司田福辺	10/0	学的研究		/0		107 100
390	大内 定	1973	<u> 広瀬川の河岸段丘の変位</u>	<u>東北地理</u>	-	25	84-90
391	新潟平野団体研究グル―プ	1972	十日町盆地の河岸段丘	地質学論集	-	7	267-283
392	新戸部 芳	1972	奥入瀬川中下流部の段丘地形とその発達過程	東北地理	24	-	77-85
202	坂本 亨 田中啓策 曽屋龍	1070		地质词本記			0.4-
393	典•	1972	那珂	地貝詞宜所	-	-	94p
004		1070		駒澤大学大学院地理学研		0	0.17
394	用田清夫 喝田尤冶	1972	住川の河岸段丘-山中湖から上野原まで-	究ノート	-	Z	3-17
395	磯野朝雄	1971	伊那谷の段丘地形	愛知教育大学地理学報告	36/37	-	123-127
	中川久夫 石田琢二 大池昭						
396	二 小野寺信悟 七崎 修 松	1971	北上線沿線の段丘群	東北大字地質古生物邦報	-	71	47-59
397		1971	武蔵野西線に沿う表層地質~むさしの台地構断面~	地質ニュース	206	-	22-27
398		1970	多摩川河谷における旧埋積谷(演旨)		43	-	403-404
399	内藤博夫	1970	12日 単一 12日		_	43	594-606
	関根 清 大川幹雄 渋谷義	1070				10	001 000
400		1970	砥川の地形	地域研究(立正地理学会)	13	-	21-30
				新潟大学教育学部宫田分			
401	信濃川段氏研究グループ	1070	新潟県十日町附近の河岸段丘について一新潟県の第四系	标码空纪带(新潟士学教育	_	15	303-320
401		1370	その13-	学业专用公共)		10	000 020
402		1060		1于印度山方仪/ 名士居地学(名士居地学	_	25	2-12
402		1060	四二川十野に元建りる同位牧山		12	10	622-621
403	山陸第四紀研究が三一プ	1060	山陸海岸地域の第四名	12411111111111111111111111111111111111	+2	15	355-274
404	国际市口心明九フルーノ	1060	田宮/4月七後のカロネー	<u>山小ツヵ臼木,地凹听寻</u> 各而幻石丸	0	- 10	111_110
400		1000	小日川中川の同世校正と味眉 東北地大南朝の同寺理川法はの等回の復たしのの思想		0	+ 5	
406	<u>口 田 我 "17滕 て 即 " 茆 木 欨 </u>	1969	<u> 末礼地力肖部の阿武陵川流域の弗四紀編年と2*3の問題</u>	ロ本の弟四米 地団団専	_	15	99-125
407	皆川紘一	1968	相模川山間部のローム層と第四紀地史ⅠⅡ	第四紀研究	-	7, 8	801-108
400	岡田笹正	1969	「「「「「」」」」「「」」」「「」」」「」」「」」「」」」「」」」」	答而幻理空	-		1-9
408	11回日馬上	1968	門仮心田11辺の甲犬博道縁の新期断増連期	1 弗巴松研究	/		10-20
409	百世 義・伊滕七郎・鈴不敬	1968	1 価局= 御山间の 男四糸	用出行 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	-	13	10-29
410		1967	山杉盆地の地形発達	1地埋字評論	40	-	523-542
411	<u> 小買合弗四紀研究クループ</u>	1967	木冒川上流部の第四紀地質	1地球科子	-	21	1-10
412		1967	5万分の1地質図幅「標津および野付崎」及び同説明書	北海道地下資源調杳所	_		32p
<u> </u>							~
412	松下勝秀 小山内熙 石山昭	1967	5万分の1地質図幅[近頓別」及75同説明書	北海道開発庁	-	_	41n
414	佐藤博之・垣見俊弘	1967	5万分の1地質図幅 弟子屈」及び同説明書	北海道開発庁	-	-	67p
415		1966	音要川流域の地形発達			39	51-62
416	内藤博夫	1966	秋田県米代川流域の第四紀火山砕屑物と段丘地形	地理字評論	-	39	463-484
417	大池昭二 中川久夫 七崎	1966	馬渕川中・下流沿岸の段丘と東山広	第四纪研究	5	_]	20-25
	修・松山 力・米倉伸之	1000			, v		20 00
418	鳥居栄一郎	1966	十勝川下流の段丘地形と埋積谷について	地理学評論	39	9	577-590
410		1965	多摩川流域おける武蔵野台地の段丘地形の研究-段丘傾	地理学評論		38	557-571, 591-
419		1900	<u> 動量算定の一例-(その一), (その二)</u>				612
420	内藤博夫	1965	秋田県岩見川流域およびその周辺の段丘について	第四紀研究	4	1	23-34
401		1065	新潟県十日町市付近の地形一魚沼地方の地形発達史に	<u></u>	_	20	612-620
421	F 3/0% 17 A	1900	ついての若干の考察			50	010 029
100	郷原保真・新堀友行・鈴木康	1064		资源研究所会報	_	60	82-109
422	司野村哲小森長生	1904		え/ハヘツ プ/) 果報		02	03-108
400		1064		新潟県地学教育研究会誌			40 50
423		1964		(新潟県地学教育研究会)		Z	48-03
40.4	松下勝秀 三谷勝利 石山昭	1004					0.1
424	三小山内熙	1964	2クカの 地頁凶幅 鬼志別] 及ひ同訳明書	北海坦開発厅	-	-	31p
425	新戸部芳	1964	三沢台地の段丘地形	東北地理	16	_	121-125
426	若生達夫	1964	東北日本における地形面と赤色風化殻との関係	第四紀研究	-	.3	197-221
427	古谷莺彦	1963	白石川、松川の河岸段丘について	東北地理	15	_	29-35
741		1000	Epitome of Quaternary history of Hamamateu and its	J Fac Lib Arte & Soi	10		20 00
428	Kobayashi Kunio	1963	environs in central Japan	Shinshu Univ	-	13	21-46
429	内藤博夫	1963	秋田県鷹巣盆地の地形発達中	地理学評論	-	36	655-668

No.	著者	発行年	タイトル	誌名▪書籍名	巻	号	ページ
430	Wako Tatuo	1963	River terraces and gentle slopes along the Yubetsu river- geomorphological study in northeastern Hokkaido(3)	Sci.Rep.Tohoku.Univ.Ser7	-	12	35-52
431	阿久津 純	1962	那須野が原の第四系について	宇都宮大学学芸学部研究 論集	第2部	12	73–92
432	新井房夫	1962	関東盆地北西部地域の第四紀編年	群馬大学紀要自然科学編	-	10	1-79
433	Wako Tatuo	1962	River terraces and gentle slopes along the Tokoro river- geomorphological study in northeastern Hokkaido(2)	Sci.Rep.Tohoku.Univ.Ser7	-	11	31–43
434	小池一之	1961	那珂川流域の地形発達	地理学評論	-	34	498-513
435	Wako Tatuo	1961	River terraces and gentle slopes along the Shokotsu river, northeastern Hokkaido	Sci.Rep.Tohoku.Univ.Ser7	-	10	39–49
436	町田 貞 大倉陽子	1960	豊川中・下流の段丘地形	地理学評論	23	11	551-563
437	中川久夫 小川貞子 鈴木養	1960	仙台付近の第四系および地形(1)	第四紀研究	1	6	219-227
438	渡部景隆 堤橋昇 新藤静夫	1960	那須野が原の地質構造,特に那珂川旧河動の変遷につい	地質学雑誌	66	-	113-122
439	垣見俊弘	1958	5万分の1地質図幅「石狩」及び同説明書	地質調査所	-	-	47p
440	今西 茂	1956	5万分の1地質図幅「名寄」及び同説明書	北海道立地下資源調査所	-	-	45p
441	阿久津 純	1955	宇都宮付近の関東火山灰層と河岸段丘	宇都宮大学学芸学部研究 論集,第2部	4	-	33-46
442	川田三郎	1942	神通川の河岸段丘	地理学評論	-	18	802-813
443	花井重次	1927	桂川沿岸の地形及び河岸段丘の研究(一)(二)(三)	地理学評論	3	3	173-189, 308- 326, 420-430

収集文献中の経験的指標の存否確認結果一覧

令和3年3月

一般財団法人 電力中央研究所

									経験	的年	代指	標に厚	目わる	情報(の有無	≣≫1									
			(-:柱:	状図も	しくは! -	断面図	はし、	0:	経験	的年	代指标	慓に関	わる'	情報力	がある	x A	:経関	倹的年	F代指 	標に	関わ・ マ	る情報	見がな	い)	
	57	分の1図郭名称	0	也位段。 MIS4以	丘 .隆)				中位 (MIS	.段丘 65-6)				(尚回 [MIS]	.段丘 7以前)				そ (年f	の他 七不詳)		
No.	(数字)	は地質図幅番号)	火		2	柱	火				ク	柱	火				, ク	柱	火				, 	柱	備考
			山。	粘质	見 サ	状	山	赤	粘土	風	サ	状	山	赤	粘	風ル	サ	状	山	赤	粘土	風ル	サ	状	
			灰土	上 1 化 素	し 役	図	灰	±	化	設	IJ	Ø	灰	±	化化	設	IJ	\boxtimes	灰	土	化化	設	IJ	×	
			層		礫	数	層				礫	数	層		N	v	礫	数	層				礫	数	
1	1-3	乙忠部							-	-			X		×	×	×	1							中位段丘の柱状図は 下末吉面相当の浅野
																									面あるいは雄武面上であるが(伊藤ほか,
2	1-6	雄武		-				X	Х	х	X	1	X	х	х	X	X	1				-			2000)、海成段丘アトラスではこれらの面
																					-	-	1	-	をmT7に区分している。
3	1-29 30	羅臼及75知円別		_						_						_			x	x	x	x	x	1	その他の柱状図は、維日灯台付近の海成段 氏上に位置するとしているが一段氏名称と
Ű	1 20,00																			~					離水時期は記載されていない。
4	1-33	白滝	οх	X	х х	10	0	Х	Х	Х	Х	13				-						-	•		
5	1-38	小清水	X X	<u> </u>	x x	2			-													-			
7	1-39	料里 上支通別		×)	x x x x	2																-			
8	1-49	<u>莱琴山</u>	0 X	X	x x	2			-	-						-						-			
9	1-50	斜里岳	хх	X	х х	3			-	-						-						-			
10	1-60	屈斜路	0 X	X)	x x	9			-	-		1				_						-			
11	1-63,64	標津·野附崎		-			X	х	Х	х	х	9				-						-			
12	2_8	弟子尼		x	x x	6		x	×	x	X	2				_						_			
13	2-10	計根別	X X	X	x x	1		~ 1	-	-		1 -				_						-			
14	2-24	茶内原野	0 X	X)	х х	9				-						-						-			
15	2-30	中士幌		-		1.50	0	X	X	X	0	36				-	-					-			
16	2-42	帝広 十勝池田		$\frac{0}{x}$	$\frac{x}{x}$	11	0	<u> </u>	<u>×</u>	X		7	0	$\hat{\circ}$	X	X		4				_			
18	2-50	幌尻岳	X X	X >	x x	2		- 1		_						_						-			
19	2-52	大正	0 X	X)	х х	58	0	Х	0	Х	Х	4	0	0	Х	Х	Х	7				-			
20	2-53	糠内	O X	X)	X X	9	0	Х	Х	X	X	7	0	0	X	X	0	7				-			
22	2-50	1177978 上札内		$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{10}$	23	X	x	Х	X	0	1	0	0	0	X	0	20				_			
23	2-59	忠類	0 X	X	X O	28	0	Х	Х	Х	0	6	0	Х	Х	Х	0	12				-			
24	2-61	農屋	0 X	<u> </u>	х х	4				-						-						-			
25	2-62	神威岳		X	X X V V	9		Y I	- 	- v	Ιγ	2										-			
27	2-66	<u>一</u> 西舎		× ;	x x	14				_	. ^					-						-			
28	2-67	楽古岳	οх	X >	х х	3				-						-						-			
29	2-68	広尾	0 X	X)	X X	3			-	_						_			<u> </u>			-			
30	3-2	/用/川 礼文島			<u> </u>	1	x	x	X	_ x	X	1				_						-			
										:	:														その他の柱状図は、河岸段丘上の堆積物と
32	3-10	鬼志別		-					-	-						-			0	Х	X	X	X	20	しているものの、段丘の離水時期が記載さ
33	3-14	 稚咲内					0	х	Х	X	X	14				_						_			
																									中位段丘の柱状図は、下末吉面相当の浅野
34	3-16	上猿払		_			0	х	х	х	х	1				_						_			面あるいは雄武面であるが(伊藤ほか,
																									2000)、海成段丘アトラスではこれらの面 をmT7に区分している
																									その他の柱状図は、浅芽野層の堆積面であ
35	3-17	浜頓別		-			0	х	Х	х	х	2			-	_			X	Х	Х	Х	х	14	るとしているが、明確な年代設定がされて
20	2.00	(ch = + + 1)						V	~	~		1													いない。
30	3-20				x x	1		X	× .	_ ×	X	1										-			
38	3-28	焼尻島					0	X	Х	Х	Х	1	0	Х	Х	Х	Х	1				-	_		
39	3-32	名寄		_			X	Х	Х	Х	Х	5				-						-			
40	3-33	苫前 +131						XI	X .	_ X	X	1				_			×	X	l x	- x	1 x	1	
42	3-37	鬼鹿		_					-	_			X	Х	Х	X	X	1		~					
																:	:	:							その他の柱状図は、石狩川に発達する河岸
43	3-48	深川		-					-	-					-	-			X	Х	X	X	Х	1	段丘上の堆積物としているが、段丘区分が
44	4-1.8	金別・積丹岬					0	X	X	x	X	2				_						_			記載されていない。
45	4-2,9	古平・幌武意		-			0	Х	X	X	0	1				-						-			
																									中位段丘の柱状図は、石狩川に沿う中位段
46	4-4	月形		-			X	х	Х	Х	X	1				-						-			丘としているが、段丘の区分や性状は記載
47	4-12	石狩		x ::	x x	3	x	x	Х	X	X	6				_						_			
48	4-17	神恵内					0	Х	X	X	X	26	0	Х	Х	Х	Х	3				-			
49	4-18	茅沼					0	Х	Х	Х	0	6	0	Х	Х	Х	0	47		_		-			
50	4-21	札幌 岩内		_ X) 	x į X	3	×	X	X	- X	V	1	×	X	X	- 	y	2				-			
52	4-29	定山渓	0 X I	X :	x x	5		~		-	. ^	1 1		^		-	. ^	-	1			-			
53	4-30	石山	ОХ	X	x x	8			-	-						-						-			
54	4-32	追分	o x	x)	x x	1				_						-						-			文献と海成段丘アトラスとで段丘編年が異 な Z
55	4-34	日高	o x	x	x x	1	-			_						_						_			(みる)
56	1-37	歌帝		x ,	x x	3				_						_			1			_			

												経	験的年	■代指	標に関	目わる	情報	の有無	₩%1								
			\vdash	(-	:	È状区 (ff.(1もし _古 段 (.くは =	断面	図なし	0	:経	験的年	代指标:	標に関]わる [,]	情報力	がある	5. X	: 経	験的年	⊨代指標に ┃	:関れ	っる情	報が7	よい)	-
	5万:	分の1図郭名称				MIS (MIS	u _段 」 34以f	⊑ 洚)				чч (М	⊥⊧⊽⊐ S5-6	-)			(™™ MIS)	7以前	J)			(年	代不	。 詳)		
No.	(数字)	は地質図幅番号)	1		-		T	2	柱	火				ク	柱	火				2	柱	火工				· t	備考
			ц	4	亦	桁 +	風化	. '	状	山	赤	格 +	風化	サ	状	山	赤	粘	風化	サ	状	山命	· 和 +	5 月 - 1) , +	· ł	λ.
			Ø	ξ.	±	化化	影	」 リ ニ	×	灰	±	化	設	IJ.	×	灰	±	化化	設	リ	2	灰 土	11	- 売	ן ג י	2	3
57	4 4 4	毎日	信		v	v	_	(傑	一致	僧			_	儝	釵	僧				儝	数	僧			偽	8	
58	4-44	岩知志			X	×	$\frac{1}{x}$	X	3				_						_					_			
59	4-55	富川	0		Х	X	X	X	2				-						-					-			
60	4-57	瀬棚		5	х	0	x	x	14	x	x	x	x	X	1				_					_			文献に誤植があり、段丘構成層の特徴から
61	4-63	為内			X	x	$\frac{1}{x}$	$\frac{1}{x}$	5		×	×	×	X	2				_					_			段丘区分を判断した。
62	4-78	江差	5	(X	X	X	X	7	+		1 ^	-						-					-			
63	4-84	上/国			Х	Х	X	X	1	X	X	X	X	Х	3				-					-			
64	4-90	知内					-						_						_			x x	×	$\langle \rangle$	(×	(1	4 その他の柱状図は、山口(1978)において離
65	5-1	大問	+		Х	X	X	X	2	0	X	X	1 x	X	2				_								水時期に関する記載がない。
66	5-2	佐井		:		:	-	<u>.</u>		0	X	X	X	Х	1				-					-			
67	5-3	大畑		. 1			-			0	Х	X	Х	Х	1				-					-			
68	5-10	小泊	<u> </u> '		Х	X	<u> </u>	<u> </u>	1	-			-						-	1	1			-			真位段らの柱状図け 段ら区分お上び性状
69	5-17	野辺地					_						_			0	х	x	X	x	5			_			同位設立の住人内は、設立と力おより住人の記載がないため、海成段丘アトラスに基
																											づき高位段丘に区分した。
															_												高位段丘の柱状図は、段丘区分および性状
70	5-18	半沼					_				0	X	X	X	1	0	х	×	X	X	1			-			の記載がないため、海成段丘アトラスに基づき高位段丘に区分した
			+							+	1	1							-	-							高位段丘の柱状図は、段丘区分および性状
71	5-24	七戸					-						-			0	х	х	X	х	3			-			の記載がないため、テフラの年代に基づき
			_										-	-	:				_								高位段丘に区分した。
72	5-25	二语					_				x	X	x	x	6		x	x	x	x	6			_			局位段丘の柱状図は、段丘区分および性状 の記載がないため 海成段丘アトラスに其
	0 20									ľ							~				Ű						づき高位段丘に区分した。
																											高位段丘の柱状図は、一部で段丘区分がさ
73	5-32	八戸			х	X	X	X	14	0	X	C	X	Х	13	0	Х	X	X	X	10			-			れていないため、海成段丘アトラスに基づ
74	5-33	八戸東部	┢			<u> </u>	_			0	X	X	X	X	2			<u> </u>	<u> </u>	I				_			さ、高位校正に区分した。
75	5-38	十和田湖			Х	X	X	X	1				-						-					-			
76	5-39	田子	0		Х	Х	X	X	22	0	X	X	X	Х	1	0	Х	Х	Х	Х	2			-			
																											高位段丘の柱状図は、一部で段丘区分がさ
77	5-40	三戸			Х	X	X	X	17	0	X	Х	X	Х	20	0	Х	Х	X	Х	13			-			れていないため、海成段丘アトラスと柱状
																											図位置を対比させ、高位段丘に区分した。
78	5-41	階上岳	\vdash							0	X	X	X	X	7	0	Х	0	X	X	2			-			
79	5-43	能代					_			x	X	X	X	X	7				_					_			中位段丘の住状図は、被復層およびテノフに関する情報がなく、海成段丘アトラスに
																											基づき中位段丘に区分した。
80	5-44	鷹巣			х	x	x	x	7				-			0	х	x	X	0	12	o x	×	$\langle \rangle$	< >		その他の段丘は、第四紀火山砕屑物の堆積
			╞	+			—	—	_	-													_	_		_	面および二次堆積面である。 その他の段氏は一第四紀火山砕屋物の推請
81	5-45	大館			Х	X	X	X	1				-						-			0 X	×		< X	1	0 面および二次堆積面である。
82	5-46	龙輪	T				-						_						_				×		() X		その他の段丘は、第四紀火山砕屑物の堆積
02	5 40	-	+								1 1	1	1 1	1 1									Ĺ				面および二次堆積面である。
83	5-48		+	-		-		—	1	$+^{\circ}$	^	- ^	×	· ·	4				-	1	1			-			その他の段斤は、第四紀火山砕層物の堆積
84	5-53	米内沢			Х	X	X	X	8				-			0	0	X	X	0	3	0 X	X				面である。
	_		Γ																								中位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関
85	6-1_2	戸賀及び船川					-			X	X	X	X	X	2				-					-			する記載がなく、海成段丘アトラスに基づ き中位段丘に区分」た
86	6-7	沼宮内			Х	X	X	X	3	+			-		1				-					-			
87	6-10	岩泉	0		Х	X	X	X	3				-						-					-			
88	6-11	秋田	\downarrow	. !		1.1	-			X	X	X	X	X	4				-					-			
90	6-12	太平山 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一			X	X	$\frac{1}{1} \frac{x}{x}$		2		X	X	X	X	2									_			
91	6-15	盛岡			X	X	X	X	2	0	X	X	X	X	1				_					-			
92	6-18	田老	0		Х	X	X	X	2				-						-					-			
0.0	c 10	30.46. an m					-																	-			内藤(1965)を参考に、海成段丘アトラスが
93	6-19	羽後和田					_				· ·		×	X	14	×	0	×	ľ		4			_			この図郭の段丘編年を再解釈している。
94	6-20	刈和野	\uparrow				_			0	X	X	X	X	10				-	·				_			
95	6-21	角館	0		Х	Х	X	X	12	Х	X	X	0	Х	1	Х	Х	Х	Х	0	3			-	-		
96	6-23	日詰			X	X	X		5	10	ΙX	X	X	ΙX	1				-					-			
98	6-26	宮古	5		X	×			2	+			-			-			-					-			
99	6-31	新町	t				-						-			0	Х	X	X	X	1			_			
100	6-32	花巻)	X	X	X	X	3	0	Х	X	Х	X	1				-					-			
101	6-34	1 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	H,		X	X	X	X	10	-			-						-					-			
102	6-41	川尻	ť	• 1	~	. ^		^	1 3	0	X	X	X	X	2	X	Х	X	0	X	2			-			
104	6-42	北上	0		Х	X	С	X	6	0	Х	X	Х	X	1	0	Х	Х	X	Х	3			-			
105	6-44	遠野)		X	X	X	X	5			1 1	-	1 1	0		v	- v	-	- v	0			-			
1 100	u-40	1:八/町	1 2	× 1.	$^{\sim}$: ^	$\pm \bigcirc$	- i - ^	10	1 ^	- · ·	- · ·	: ^	+ ^	: 4		^	. ^	<u>ι</u> Λ	+ ^	: 4	1					

				. +3	ed Navi	ж I	/ 1.1. tikr	्र जन्म करने	4.1	~	経影	\$的年	代指	標に厚	わる	青報の	の有無	₹%1	. VT FA	hh hr	12.45	im 1 – 0	BJ- 7	1+ 15	1184-		
				- · 13	低位	もし [、] 段丘	くは欧	T LL	140.	. 0.	• 栓射 中位	的 年 1 段 丘	17、1百八	原に医	12221	可 ¥仅7.	いの る	、 × 段丘	・ 作駅	的平	们认有	惊に国	町わる その	の情報 の他	(7)*4;		-
No.	5万:	分の1図郭名称			(MIS4	4以降)				(MI	S5-6)				(MIS	以前)				(年代	不詳)		備老
	(数字	は地質図幅番号)	火	赤	粘	風	ク 	柱业	火	赤	粘	風	ク 	柱	火	赤	粘	風	ク #	柱	火	赤	粘	風	ク エ	柱业	10.5
			灰	色	土	化	y U	17	灰	色	土	化	y U		灰	色	±	化	y U	1	灰	色	±	化	y IJ		
		:	層	I	115	寂	礫	数	層	I	112	顽	礫	数	層	Т	115	政	礫	数	層	Т	115	成	礫	数	
107	6-49	相庭	X	X	X	X	X	2		1 x	X	- x	×	3		X	Y	-	x I	1				-			
100	6-51	水沢	Ô	X	X	X	X	3	0	X	X	$\hat{\circ}$	X	4	0	X	X	X	X	3				-			
110	6-55	酒田	X	Х	Х	0	Х	4	0	Х	Х	0	0	10	0	0	Х	Х	0	6				-			
111 112	6-56	大沢 栗駒山	X	X	X	X	X X	1	X	X	X	-	0	2		X	X	- X	x	1				-			
113	6-64	鶴岡			-	-			0	Х	Х	0	Х	1	- 1		-	-		_				-			
114	6-65	清川		X	X	0	X	9	0	X	X		X	6			-	-		_				-			
115	0-00	利/工		^		^	<u>^</u>	0						2													低位段丘の柱状図は、段丘構成層や区分に
116	6-75	尾花沢	X	Х	Х	Х	X	4	0	Х	Х	X	Х	1			-	-						-			関する記載がなく、最上川団研グループ
117	6-76	 薬莱山	0	Х	X	х	x	2				_						_		_				-			(1969)に基つさ低位段丘に区分した。
118	6-77	古川	0	Х	Х	Х	Х	1				-					-	-						-			
119	6-85	芸研	x x	x	x	x	x	1				_						_			x	x	x	0	x	1	豊島(1977)においてI面およびII面に区分さ れている段氏は一段氏の離水時期に関する
115	0.00	J10 460																			^		^				記載がない。
																											その他の柱状図は、藤原(1967)において段
120	6-86	楯岡				_						_					-	_			х	х	х	х	х	1	丘区分がされていない。ボーリング位置か
																											ら東原面の基盤岩であると推察されるが、 段丘の離水時期は記載されていない。
				-		-														_							
																											その他の柱状図は、藤原(1967)において段
121	6-96	山形	X	Х	Х	Х	Х	1				-					-	-			Х	Х	Х	Х	Х	7	ら東原面の基盤岩であると推察されるが、
																											段丘の離水時期は記載されていない。
																								•	•		高位、中位および低位段丘の柱状図は、段
122	6-97	川崎	0	Х	х	0	х	25	0	х	Х	0	0	9	0	Х	х	х	0	3				-			丘の離水時期に関する記載がなく、海成段
																											丘を区分した。
																											高位、中位および低位段丘の柱状図は、段
123	6-98	仙台	0	Х	х	0	х	10	0	0	Х	X	Х	8	0	Х	Х	Х	0	7				-			丘の離水時期に関する記載がなく、海成段
																											丘アトラスに基づき段丘を区分した。
124	6-107	白石	x	x	x	x	x	2				_					-	_						_			低位段丘の柱状図は、離水時期に関する記 載がなく テフラの年代に基づき低位段丘
	0 10,							_																			に区分した。
125	6 109	半辺				_				v	v	v	v	1			_	_					-	_			中位段丘の柱状図は、離水時期に関する記載がなく、テフラの矢付に其づき内位段丘
12.5	0 100	4/0											~	1													戦がなく、アフラの年代に塞りさ中位攻止 に区分した。
126	7-15	桑折	X	Х	X	X	X	6	X	X	Х	X	0	1				-						-			
127	/-10	円田		×			· ^	4		^			×	1			-			-			-	_			その他の柱状図は、新潟平野西縁団体研究
																											グループ(2017)において峰岡丘陵を段丘面
128	7-17	弥彦				-						-					-	-			Х	Х	Х	Х	Х	8	とは記載していない。海成段丘アトラスで は峰岡丘陵を年代不詳の海成段丘(mT)と
																											して扱っている。
129	7-18	新津	0 v	X	X	X	X	6		0	X	X	X	3				-		-				-			
130	7-20	大日岳	x	X	X	X	x	2	X	0	X	X	×	1		\cup	^	-	\sim	J				-			
132	7-23	福島	Х	Х	Х	Х	Х	27	Х	Х	Х	0	Х	4			-	-						-			
133	7-24	保原 = 冬	X	X	X	X	X	9	X	X	X	0	X	1	X I	01	X	- 	01	3				-			
135	7-28	—— ^來 加茂	0	X	X	0	X	36	0	X	X	0	0	19	0	0	X	X	0	17				_			
136	7-29	御神楽岳	Х	Х	Х	Х	Х	2				-					-	-		_				-			
137 138	7-30 7-31	野沢 喜多方	0	X	Х	- x	X	9	-			-				0	X	- X	0	2				-			
139	7-33	二本松	Õ	X	X	X	X	5	0	X	0	X	X	5	0	Х	Х	0	X	2				-			
140	7-34	川俣				-			0	Х	X	X	X	1	0	Х	Х	Х	Х	1				-			
141	7-35	原町・大甕	-			-			\vdash	X	X	X	X	1			-	-					-	-			その他の柱状図は、樋口ほか(2011)におい
142	7-38	長岡	0	Х	х	х	х	19	0	х	Х	X	Х	22			-	-			х	х	Х	х	Х	4	て段丘とのみ記載されており、離水時期が
143	7_20	守門兵		×	X	0	×	2/				<u> </u>															記載されていない。
144	7-41	宮下	Ō	X	X	x	X	2		_			_	_								_		-	_	_	
																											その他の柱状図は、笠原ほか(2017)におい
145	7-44	郡山	X	Х	Х	х	х	14	X	Х	Х	X	X	21			-	-			0	х	х	х	Х	1	くU.U4-U.13Maに郡山層の堆積が終了した としているが、離水時期の幅が広いため.
		ļ																									その他に区分した。
																											低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関 する記載がなく 文献に記載されている
146	7-45	常葉	0	Х	Х	Х	Х	12				-			$ \circ $	Х	Х	Х	X	2			-	-			14C年代、故地磁気測定資料および植物化
1.47	7 40	53 #7 D~			~		~			-	1	1.0	-	1 -		_											石群から低位段丘に区分した。
1 14/	1-44	: (山) 王平田	1 U L	; X	; X	: X	; X	: 4	EC.	; U	; X	: X	; ()	: 5	エンド	1.1	- X	. X I	1.2	- 5				-			1

											経験	的年	代指	標に閉	目わる	情報	の有	無※1	L								
			(•	- : t	主状図	3 も し ユー	くは肉	面図	なし、	0:	経験	的年	代指	標に関	すわる	情報:	があ	5、>	<:縚 -	E験的	り年	=代指標に 	関材	っる情 7 の(新報 だ	がない)	_
	5万:	分の1図郭名称			1些1 (MIS	立段丘 64以降	: ≨)				中位 (MIS	.段丘 65-6)					尚1: (MIS	亚段上 67以前	c 前)				(年	その↑ ■代不	也 詳)		
No.	(数字)	は地質図幅番号)	火	+	#1	121	ク	柱	火	+	<u>ж</u> н		ク	柱	火	+	*	E	2	木	È	火土		er i	2	ク 柏	— 備考
			山	一色	土	化	サ	状	山	が色	7日 土	化	サ	状	山	色	土	化	#	• *	犬	山色	- 1		±. 'L	サ ガ	
			灰層	±	化	殻	り礫	凶数	層	±	化	殼	リ礫	凶数	層	±	化	殼	リ礫	كا چ	当数	層土	1	Ł۶	設	リビので、	
148	7-50	小千谷	0	Х	Х	0	Х	46	0	0	х	0	0	17	0	Х	Х	Х	С		5		:	-			
149	7-51	須原	0	Х	X	X	Х	4				-						-	-	-	_			-			
																											高位段丘の柱状図は、段丘区分に関する記
150	7-54	田島				-						-			0	Х	Х	Х	Х	1	1			-			載はないが、高位段丘化した土石流堆積物 (氷期の山地における砕屑物)を図示して
																											いることから、高位段丘に区分した。
151	7-62	松之山温泉	0	Х	X	X	X	47	0	0	Х	Х	0	4	0	Х	X	Х	X	. 4	4			-			
152	7-63	十日町	X	X	X	X	X	1				-			0	Х	Х	Х	Х	1	1			-			
153	7-67	が須益 飯山	0	X	X	X	X	3				-			0	Х	X	_ X	С		2			-			
155	7-74	苗場山	0	Х	Х	X	Х	4				-		,	0	Х	X	Х	Х	1	5			-			
156	7-79	塩原 本田原	0	X	X	X	X	54 8	0	X	X		0	4				-			_			-			
158	7-83	小名浜				-	1 /		X	X	X	X	X	1				-						-			
159	7-87	四万	0	Х	X	Х	Х	3				-	1					-						-			
160	7-88	追貝				_			0	X	X	X	X	4				-			_			-			男体山001~003はA~H面を図示した断面
161	7-89	男体山				-			х	х	Х	Х	Х	3	X	Х	X	X	Х		3			-			図で、D段丘は中期更新世の段丘であると
162	7.00			. v				6													_						している。
162	7-90	<u> </u>	0	X	X	X	X	3	0	Х	X	X	Х	1				-			+			-			
164	7-92	喜連川	0	Х	Х	0	Х	18	0	Х	0	Х	Х	1	Х	Х	Х	0	С) 1	1			-	-		
																											大子001はII面=V面の段丘を図示した断面 図で、構成層や編年に関する記載がない。
165	7 02	+				_				v	v	v	v	1				_						~	~	V 1	段丘編年表からV面は低位段丘に相当する
100	1-95					_				^	^	^		1				_					1	^	^	^ 1	と判断できるが、 面、 面は段丘面がいつ
																											形成されたのかを読み取ることができな い。
166	7-98	草津	0	Х	Х	Х	Х	1			· ·	-	:					-					:	-	:		-
167	7-99	中之条	0	X	X	X	X	5	0	Х	0	Х	0	6	0	Х	0	X	С) (6			-			任位段氏の対状図は、段氏の離水時期に関
168	7-100	沼田	0	x	х	x	х	21				_						-						_			する記載がなく、被覆層に挟在されるテフ
																											ラの年代から低位段丘に区分した。
169	7-101	足尾	0	x	X	x	x	2				_						_						_			比局を基にした段丘区分をしている柱状図 に対し、被覆層に挟在されるテフラの年代
																											に基づき低位段丘に区分した。
170	7-102	鹿沼		1	1	-	1		0	Х	X	Х	X	1	0	Х	0	X	X		1			-			低位段らの柱状図は、段らの難水時期に関
171	7-103	宇都宮	0	х	х	х	х	21	0	х	х	х	х	6	0	х	x	X	С) 1	.3			-			する記載がなく、被覆層に挟在されるテフ
170	7 404			V	X			4	0	V	~	0	0		V	V					1						ラの年代から低位段丘に区分した。
172	7-104 7-105	局山 常陸大宮	0	X	X	X	X	4	0	X	X	X	X	6	X	X	X	X -	X		1			_			
																											中位段丘の柱状図は、段丘面区分に関する
																											記載がなく、海成段丘アトラスと柱状図位
																											置を対比させ、中位段丘に区分した。
174	7-106	日立				_			0	х	х	х	х	7				_						_			へ怒言地の構成層は後期更新世の海成層(兒 和層上部:坂本ほか,1972)であると考えら
																											れ、海成段丘アトラスにおいてmT5eまた
																											はmT5cに区分している。山元(2007)以降 の知見では、目和岡中・下部がとり古い推
																											積物であることを指摘している。
175	8-3	軽井沢	0	X	X	X	X	3				-	1	1				-			+			-			
176	8-4	榛名山	0	Х	Х	Х	Х	3				-						-						-			
177	8-5	前橋		x	0	x	x	9				_						_						_			低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関 する記載がなく、 被覆層に挟在されるテフ
		13.7 10-9																									ラの年代から低位段丘に区分した。
170	0.6	把牛卫口利					~	4																			低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関
1/8	8-6	桐生及疋利					^	4				-						-						-			する記載がなく、恢復層に挟在されるテノ ラの年代から低位段丘に区分した。
179	8-8	壬生				-						-			Х	Х	Х	Х	Х	1	1			-			
180	8-9	真岡			1	-						-	1		X	Х	X	X	X		1			-			
																											高位および中位段丘の柱状図は、離水時期
																											に関する記載がなく、海风技圧アドラスに 基づき段丘を区分した。
											~								-		_						東茨木台地の構成層は後期更新世の海成層
181	8-10	水戸	$ ^{\circ}$	X	X	X	X	2		Х	0	X	X	20	$ ^{\circ}$	X	X	X	C		2			-			(見和層上部:坂本ほか,1972)であると考え られ、海成段丘アトラスにおいてmT5eま
																											たはmT5cに区分している。山元(2007)以
																											降の知見では、見和層中・下部がより古い
															1												PHIQ的でのることを指摘している。

											経験	餘的年	代指	標に厚	目わる	情報	の有無	₩×	1								
			(-	- : 柏	E状図	もし	くは肉	「面図	なし、	0:	経験	的年·	代指植	漂に関]わる [,]	情報	がある	5、) 7 F& 0	×:経覧 ≤		₽代指 ┃	「標に「	関わる で	る情報	がな	い)	-
	5万:	分の1図郭名称			(MIS	4以降)				(MIS	S5-6)					(MIS	「収」 7以1	_ 前)				-ر (年代	いで でで で で で で で で で)		A46
No.	(数字)	は地質図幅番号)	火	赤	粘	க	2	柱	火	赤	粘	周	ク	柱	火	赤	粘	屆	2	柱	火	赤	粘	đ	ク	柱	備考
			山田	色	±	化	サ	状网	山辰	色	±	化	サ	状図	山岡	色	±	ſŁ	、サ 、	状网	山	色	±	化	サ	状网	
			層	±	化	殻	り礫	凶数	層	±	化	殻	リ礫	凶数	層	±	化	鷇	y 後 礫	凶数	層	±	化	풦	リ礫	凶数	
																	•					•	1	1		1	中位段丘の柱状図は、離水時期に関する記
																											載がなく、海成段丘アトラスに基づき中位
																											段丘に区分した。 那珂台地の構成層は後期更新世の海成層(見
182	8-11	那珂湊	0	Х	Х	x	х	4	0	Х	0	х	Х	129				_						-			和層上部:坂本ほか,1972)であると考えら
																											れ、海成段丘アトラスにおいてmT5eまた はmT5cに区分している。山田(2007)以降
																											の知見では、見和層中・下部がより古い堆
																											積物であることを指摘している。
183	8-12	和田	X	X	X	X	X	2	0	X	X	X	X	1				_			\vdash			-			その他の柱状図は、段丘の離水時期に関す
18/	8_1/	御谷田				_						_						_				x	x	x	Y	1	る記載がなく、被覆層に挟在されるYoP1お
104	0-14																				Γ					1	よびYoP2も年代不詳テフラであるため、そ
																	1				-						の他に段丘を区分している。 低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関
185	8-15	富岡	0	х	х	x	х	16				-			0	Х	X	X	x	2				-			する記載がなく、被覆層に挟在されるテフ
						_																					ラの年代から低位段丘に区分した。
186	8-16	高崎		x	x	x	x	38				_						_						_			低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関 する記載がなく、被覆層に挟在されるテフ
	0 20																										ラの年代から低位段丘に区分した。
187	8-17	深谷	0	Х	Х	Х	Х	2				-	1	1				-						-			
																											中位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
188	8-20	真壁				-			$ \circ $	Х	Х	X	X	2				-						-			いないため、海成段丘アトラスと柱状図位 置を対比させ、中位段丘に区分した
					1	1	1																				
																											中位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
189	8-21	石岡	X	X	X	X	X	1		X	X	X	X	4				-						-			いないため、海成段丘アトラスと柱状図位 置を対比させ、中位段丘に区分した。
																					-						
																											中位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
																											置を対比させ、中位段丘に区分した。
																											那珂台地、東茨城台地、大洗台地および鹿
190	8-22	磯浜	0	х	х	х	х	6	0	х	х	х	х	81				_						-			島台地の構成層は後期更新世の海成層(見和
																											眉上部・吸本はか,1572)であると考えられ、海成段丘アトラスにおいてmT5eまた
																											はmT5cに区分している。山元(2007)以降
																											の知見では、見和層中・下部がより古い堆 積物であることを指摘している。
191	8-23	諏訪	X	X	X	x	X	23				_						_			-			_			
192	8-25	十石峠	0	Х	Х	X	Х	1				-						-						-			
193	8-26	万場			. v	-		4				_			0	Х	0	X	X	2				-			
194	8-28	前店	0	X	X	X	X	4	0	X	X	- X	Х	3	0	Х	X	- x	X	1	-			_			
																		-									中位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
196	8-29	鴻巣	0	х	х	x	х	18	0	х	х	х	х	1				-						-			いないため、海成段丘アトラスと柱状図位
																											置を対比させ、中位段丘に区分した。
																											中位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
197	8-31	土浦				-			0	х	х	х	х	9				-						-			いないため、海成段丘アトラスと柱状図位
																											置を対比させ、中位段丘に区分した。
																											中位段丘の柱状図は、段丘区分かなされていないため、海成段丘アトラスと柱状図位
																											置を対比させ、中位段丘に区分した。
100	0.22	T 14											~	4													東茨城台地の構成層は後期更新世の海成層
198	8-32	土垣				_				^	^		^	4				_						_			(見和層上部: 坂本はか,1972)であると考え られ、海成段丘アトラスにおいてmT5eま
																											たはmT5cに区分している。山元(2007)以
																											降の知見では、見和層中・下部がより古い
														ĺ													性慣初じのることを指摘している。
																					1						東茨城台地および鹿島台地の構成層は後期
																											更新世の海成層(見和層上部:坂本ほ か1072)であると考えられ、海球船にアト
199	8-33	鉾田	x	Х	x	x	х	1	0	х	х	Х	х	12				_						_			ラスにおいてmT5eまたはmT5cに区分して
																											いる。山元(2007)以降の知見では、見和層
																											中・下部がより古い堆積物であることを指
200	8-34	高遠	0	X	X	X	Х	3				_	I		0	Х	X	X	x	1	\vdash			-			11日 に に い め 0
201	8-36	金峰山	0	Х	Х	Х	Х	4	0	Х	Х	X	Х	2	0	Х	Х	X	0	1				-			
202	8-37	三峰	I X	X	X	X	Х	3	l I			_			1			-			1			-			

											経験	前年	代指相	票に関	わる	情報	の有弊	₩%1										
			(-	- : 柏	状図	もし	くは肉	f面図	なし、	0	経験	的年	代指标	票に関	わる	情報	がある	5. X	〈:経	験的年	F代指	標に	関れ	っる情	i報カ	ない	,v)	-
					低位	段丘					中位	段丘					高位	7股丘	4				;	その他	₽ =#\			
No.	5万分	分の1図乳名称	(MIS4以降) (MIS5-6) (MIS7以前) (年代不詳)										1.5.	備考														
	(釵子)	は地質凶幅番ち)	火	赤	粘	風	2	在业	火	赤	粘	風	2	杠	火	赤	粘	風	2	杠	主 火 赤 粘 風 サ						杠	
			Ш	色	±	化	ע ו	17	匝	色	±	化	ע 1	八図	ш	色	±	化	1	1	1 四 色 土 化 リ 四 灰 土 化 殻 リ					ע יו	17	
			層	±	化	殻	礫	凶数	層	±	化	殼	弾	凶数	層	±	化	殼	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	凶数	層	±	11	Ľ ۾	<u>投</u>	礫	凶数	
			/H				10Th	~	/=				~~	~	/=		-	-	M.	~	/ 111	I				NUT.	~~	中位段丘の柱状図は 段丘の離水時期に関
																												する記載がなく、下末吉火山灰層に被覆さ
203	8-38	秩父	0	Х	Х	Х	Х	7	0	Х	Х	0	0	2	0	Х	0	X	0	1				-				れる(貝塚ほか,2000)ことから中位段丘に
																												区分した。
																												高位、中位および低位段丘の柱状図は、段
004	0.00	111+#			V	V	v	10		v	V	V	v	c														丘区分がなされておらず、日本の地形4(貝
204	8-39	川越		×	^	^	^	10		^	^	^	^	б		~	^	^	0	3				-				塚ほか,2000)と文献の記載に基づき区分し
																												te.
205	8-40	大宮	0	Х	Х	X	Х	2	0	Х	Х	Х	Х	24				-						-				
206	8-41	野田				_			0	X	Х	X	Х	4				-						-				
207	8-42	龍ケ崎				_ v		-	X	X	X	X	X	1				-						-				
200	8.46	中 野 瀬 芷 崎		X	×		X	3			L^.		0	2				_			-			_				
210	8-47	御兵星仙峡	x	X	X	X	X	1	x	X	x	X	X	3	X	X	X	0	X	2	-			_				
211	8-49	五日市	X	X	X	X	X	1				_						-						-				
																												中位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関
212	8-50	青梅	0	Х	х	х	Х	50	0	х	х	Х	Х	13	0	х	0	X	0	11				-				する記載がなく、広内(1999)に基づき中位
																												段丘に区分した。
																												中位段丘の柱状図において武蔵野台地に区
																												分しているものは、離水時期に関する記載
																												がなく、海成段丘アトラスと柱状図位置を
213	8-51	東京西北部	0	Х	х	х	Х	14	0	х	х	Х	Х	55	х	х	Х	X	Х	2				_				対比させfT5cに区分した。
																												低位段丘の柱状図においては、段丘の離水 時期に関する四載がたく 神奈唇に山
																												时期に関うる記載がなく、恢復層にFIK- Pm1を地在することから低位段らに区分し
214	8-52	東京東北部	X	X	X	X	Х	2	0	X	X	X	Х	6			:	-						-				
215	8-58	鳅沢	0	Х	Х	Х	Х	3	0	Х	Х	Х	Х	1	0	Х	Х	X	0	3				-				
216	8-59	甲府				-			0	Х	Х	Х	Х	2	0	Х	Х	X	Х	1				-				
																												低位段丘の柱状図は、段丘区分がなされて
217	8-60	都留	0	Х	Х	Х	Х	4				-						-						-				いないが、段丘構成層の特徴から低位段丘
																	1											に区分した。
218	8-61	上野原	0	X	X	X	X	8		X	X	X	X	2	0	X	X	X	0	4				-				
219	8-62	八土子	0	X	X	×	X	25	X	×	X	X	×	1	0	×		L X	0	2	-			-				
																												高位および中位段丘の柱状図は、段丘区分
220	8-63	東京西南部	0	Х	Х	Х	Х	5	0	Х	Х	Х	0	44	0	Х	X	X	X	19				-				がなされておらず、海成段丘アトラスと柱
																												状図位置を対比させ段丘を区分した。
221	8-64	東京東南部	Х	Х	Х	X	Х	1	X	Х	Х	Х	Х	1				-						-				
222	8-72	泰野	0	Х	Х	Х	Х	19				_						-						-				
																												高位、中位および低位段丘の柱状図は、段
223	8-73	藤沢	0	х	0	х	Х	41	0	х	0	Х	х	244	0	х	0	X	х	23				-				丘区分がなされておらず、海成段丘アトラ
																												スと柱状図位置を対比させ区分した。
												<u> </u>					<u> </u>	-			-							
																												高位および中位段丘の柱状図は、段丘区分
224	8-74	横浜				-			0	Х	Х	Х	Х	16	0	Х	X	X	X	11				-				がなされておらず、海成段丘アトラスと柱
																												状図位置を対比させ段丘を区分した。
																	•											低位段丘の柱状図は、段丘の離水時期に関
225	8-75	木更津	0	Х	x	X	Х	12				_						-						-				する記載がなく、被覆層に挟在されるテフ
																					<u> </u>							ラの年代から低位段丘に区分した。
226	8-76	姉崎	0	Х	X	X	Х	18				-						-			<u> </u>			-				ļ
227	8-77	戊原 ## (要 ##		X	X	X	X	2	<u>.</u> .			-						-			<u> </u>			-				l
228	8-84	傾須賀 ト総士 四	$\stackrel{\times}{\frown}$	X	X	×	×	1 20	⊢× ⊢		X	<u> ×</u>	X	2				_						-				
229	8-87	上総大原				<u> </u>		29				_																低位段長の対理図け、仕藤(1982)において
																												比高差に其づき中位段丘としているが そ
230	8-91	沼津	x	Х	X	X	х	1				_						_						_				の離水時期は立川段丘形成期(約3万5千年
																												B.P.)としているため、低位段丘に区分し
																												tc.
231	8-94	那古	Х	х	Х	х	Х	4	Х	0	Х	Х	X	1				_						_				
																												低位段丘の柱状図は、佐藤(1983)において
																												比高差に基づき中位段丘としているが、そ
232	8-100	修善寺	X	Х	Х	X	Х	2				-						-						-				の離水時期は立川段丘形成期(約3万5千年
																												B.P.) としているため、低位段丘に区分し
									-			1		1														た。
233	8-103	掛川				-			X	0	Х	X	X	18				-						-				へいい こ 伊以取 ユノ トノム こ じ段 工 編 平 が 英
234	8-108	御前崎				_			0	X	X	X	X	30				_			-			_				· · · · ·
235	10-5	輪島				_			Ō	X	X	X	X	1				-			1			-				
236	10-6	宝立山				-			X	Х	Х	Х	Х	1				-			1			-				
237	10-8	剱地				-			Х	Х	Х	Х	Х	1				-						-				
238	10-11	富来	X	Х	Х	Х	Х	34	0	Х	Х	Х	0	37	0	0	X	X	0	10				_				
239	10-12	七尾		X	X	X	X	5	$ \frac{1}{2}$	X		X	0	10		0 ×	X	X	10	1				_				
L 24U	1 10-14	: 71578571	· ^ ·	; ^	: ^	· ^	· ^	: **	\sim	· ^	· ^	: ^	: U	: 14		· ^	. ^	: ^	. U	: 3	1			•				1

No.	5万分の1図郭名称	 (-:柱状図もしくは断面図 低位段丘 	□なし、○:経験的年代指標に関 中位段丘	わる情報がある、X:経験的年 高位段丘	E代指標に関わる情報がない) その他		
		(MIS4以降)	(MIS5-6)	(MIS7以前)	(年代不詳)	144 - 4y	
	(数字は地質図幅番号)	火赤粘風ク柱	火赤粘風ク柱	火 赤 粘 風 ク 柱	火赤粘風ク柱	加巧	
		層土化殻礫数	層土化殻碟数	層 土 化 殻 碟 数	層 土 化 殻 礫 数		
241	10-17 三日市	O X X X X 3	$\bigcirc \bigcirc X X X 2$	-	-		
242	10-19 小滝 10-20 津幡	O X X X X Z X X X X X Z	X X X O 5 X X X X X 19		-		
244	10-21 石動 10-22 宮山	X X X X X 7	X X X X X 9	-	-		
246	10-23 魚津	$\bigcirc X X X X 12$	$\bigcirc \bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 10$	-	-		
247	10-26 金沢 10-27 城端	$\bigcirc X X X X 7$ $\bigcirc X X X X 10$	$\bigcirc X X X \bigcirc 4$	- 0 X X X 0 2	-		
2.10	10 21 390 AU					その他の柱状図は,川田(1942b)において	
249	10-28 八尾	0 X X X X 10	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 4$	-	X X X X X 1	第 および第 段丘面に区分されているが,	
						ていない。	
250	10-31 大町	X X X X X 1	-	-	_		
251	10-35 白木峰 10-35 白木峰		-		-		
253	10-36 有峰湖 10-37 槍ヶ岳	X X X X I X X X X I	-		-		
255	10-38 信濃池田	O X X X X 18	○ X X X X 11	-	-	ての他の特性図は、川田(10404)にわいて	
						その他の柱状図は、川田(1942D)において 第11段丘面に区分されているが、いずれも	
256	10-44 船津	X O X X X 10	-	-	X X X X X 1	離水時期に関する情報が記載されていな	
057						L'o	
257	10-45 上高地 10-46 松本	X X X X X X 2 X X X X X X 2	- O X X X X 2	- 0 X X X 0 2	-		
259	10-53 乗鞍岳	O X X X X 9	O X X X X 6		-		
260	10-54 塩尻	O X X X X 7	-	_	-		
261	10-56 鯖江 10-62 木曽福自	$\bigcirc X X X X 5$		$\bigcirc X X X X 1 \\ \bigcirc X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X X X X X X X X X 2 \\ \bigcirc 0 X X X X X X X X X X X X X X X X X X$			
262	10.62 (元型						
203	10-63 1尹那			-	-		
264	10-64 綱野 10-66 竹波	 		-	-		
266	10-72 加子母	X X X X X 4	-	-	-		
267	10-73 上松	-	-	○ X X X ○ 10	-		
268	10-74 赤穂 10-78 西津	<u> </u>		- X O X X X 1	_		
270	10-79 敦賀	X X X X X 3	-	-	-		
271	10-84 付知	X X X X X 1	-	X X X X X 1	-		
272	10-85 妻籠	X X X X X 2 _	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			
274	11-1 大江山	_	-	$\bigcirc X X X \bigcirc 12$	-		
275	11-5 竹生島	O X X X X 5	-	-	-		
276	11-6 長浜 11-7 大垣	$\bigcirc X X X X 4$		-	-		
278	11-8 岐阜	X X X X X 5	X X X X X 4	-	-		
279	11-9 美濃加茂	O X X X X 5	O X X X X 2	0 0 X X X 3	-		
280	11-10 思那 11-11 中津川		_		_		
282	11-12 時又	O X X X X 4	O X X X X 1	-	-		
283	11-13 福知山	-	$\bigcirc X X \bigcirc \bigcirc 4$	0 0 X X 0 31	-		
284	11-14 綾部 11-15 四ツ谷	-		$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	_		
286	11-26 園部	-	-	0 0 X 0 0 3	-		
287	11-27 京都西北部	-	-	X X X X O 2	-		
288	11-28 京都東北部 11-29 近江八幡	X X X X X 1 X X X X X 1		-	-		
290	11-33 豊田	-	-	X X X X O 10	_		
291	11-37 三田	-	-	X O X X X 3	-		
292	11-40 京都東南部 11-41 水口	-	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	_		
294	11-42 亀山	○ X X X X 15	○ X X X ○ 38	X O X X O 7	_		
295	11-43 四日市	X X X X X 1	0 X X X X 11	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 16$	-		
296	11-44 半田 11-46 御油		 		-		
298	11-47 三河大野	X X X X X 1	X X X X X 3	X X X O O 2	-		
299	11-48 天竜	X X X X X 2	X X X X X 2	-	-	古おし海武のビストニスしるのご何たが見	
300	11-49 神戸	-	X O X X 5	Х О Х Х Х З	-	ス®∧⊂/#0020エアトフムとで段圧編牛が異なる。	
301	11-50 大阪西北部	X X X X X 1	_	-	-		
302	11-51 大阪東北部 11-52 卒 ^良	X X X X X 14	X O X X X 16 X X X X X 14	X O X X X 12 X O X X O 10			
304	11-56 師崎	-	X X X X 0 22	X O X X X 1	-		
305	11-58 豊橋	X X X X X 10	X O X X X 23	X O X X X 7	_	文献と海成段丘アトラスとで段丘編年が異	
						なる。 文献と海成段丘アトラスとで段斤編年が異	
306	11-59 浜松	X X X X X 1	X O X X 29	$X \bigcirc X \land X \land 1$	-	なる。	

	経験的年代指標に関わる情報の有無※1						
No.	5万分の1図郭名称	(-:柱状図もしくは断面図]なし、○:経験的年代指標に関	わる情報がある、X:経験的年	代指標に関わる情報がない)		
		低位段丘	中位段丘	高位段丘	その他		
		(MIS4以降)	(MIS5-6)	(MIS/以前)	(年代小評)	備考	
	(奴子)	は心具凶怖軍ち)		火 赤 粘 風 ジ 性 山 赤 粘 風 サ 壮			
			一一 色 土 化 り 図	四 一 色 土 化 , 図	山	山 阪 色 土 化 リ 図	
			<u>土</u> 化 殻 礫 数	▲ 北 殻 礫 数	▲ 化 殻 弾 型	<u>土</u> 化 殻 礫 数	
307	11-60	磐田	X X X X X 1	X X X X X 3	-	_	
308	11-61	須磨	_	Х Х Х Х Х б	X X X X X 2	_	
309	11-62	大阪西南部	X X X X X 1	-	-	-	
310	11-63	大阪東南部	X X X X X 9	X X X X X 1	-	-	
311	11-64	桜井 伊白湖岬	X X X X X 15	X U X U U 24	$X \bigcirc X X \bigcirc 4$		
313	11-05	IF R AD PT 田原	-	$X \cap X \cap X 1$			
314	11-72	尾崎	X X X X X 6	X O X X O 2	-	-	
315	11-73	岸和田	O X X X X 5	X X X X X 1	-	_	
316	11-74	五條	X X X X O 22	-	X X X X O 13	-	
317	11-77	丹生	0 X X X X 1	-	X O X X O 1	X X X O O 1	その他の柱状図は、段丘の離水時期が記載
							されていない。 その他の柱状図け 段丘の離水時期が記載
318	11-78	伊勢	○ X X X X 3	X X X X X 7	X X X O O 5	$X \bigcirc X \bigcirc O 1$	されていない。
319	11-79	鳥羽	X X X X X 1	X X X X X 1	X O X X X 1	-	
320	11-80	和歌山	X X X X O 2	-		-	
321	11-81	粉河	X X X X X 8	X X X O O 15	X X X O O 5		
322	11-85	長島	-			-	
323	11-103	新宮		$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	_	
325	12-1	西郷	-	X X X X X 1	X X X X X 1	-	
326	12-9	赤碕	O X X X X 1	-	0 0 0 X 0 1	-	
327	12-11	鳥取北部	_	\bigcirc X X X X 1	_	-	
328	12-14	城崎	_	O X X X X 2	-	-	
							山陰第四紀研究グループ(1969)によれば、
329	12-16	今市	_	0 0 X X 0 2	0 0 X X 0 2	-	り不段立は下木古期の形成が推定される が 下ま吉期にしては礫の風化お上び赤色
							土化の程度が著しいとしている。
330	12-17	松江	-	0 0 0 X 0 2	0 0 0 X 0 1	-	
331	12-18	米子	0 X X X X 1		$\bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc X \bigcirc 1$	_	
332	12-19	大山	0 X X X X 1		0 0 0 X 0 4	-	
333	12-20	倉吉	-	O X X X X 1	0 0 0 X 0 4	=	
							山陰界四紀研究クルーフ(1969)によれは、 乃本段らけ下ま吉期の形成が推定される
334	12-26	石見大田	-	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 1$	-	-	が、下末吉期にしては礫の風化および赤色。
							土化の程度が著しいとしている。
335	12-27	木次	-	-	$\bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc X \bigcirc 1$	-	
336	12-30	湯本	X X X X X 1	-	-	-	
337	12-45	佐用	X X X X X 2	-	-	-	
338	12-59	北朱 <u></u> <u> </u>	_		$X \cup X X X Z$		
340	12-83	明石	_	X X X X X 4	X X X X X 1		
341	13-11	洲本	X X X O X 7	X O X O O 24	X X X X O 6	-	
342	13-33	川島	○ X X X X 9	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 6$	X O X X O 2	-	
343	13-34	徳島	X X X X X 5	X X X X X 4	X O X X X 5	-	
344	13-44	雲早山	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	X X X X X /		-	
345	13-40	門/双畠回 		X X X X X 2		_	
347	13-56	桜谷	X X X X X 2	X X X X X 8	X X X X O 3	_	
348	13-57	日和佐	X X X X X 3	X O X X X 5	X O X X O 1		
349	13-75	奈半利	X X X X X 1	X O X X X 1	X O X X X 1		
350	13-92	土佐清水	-	X O X X X 1	X () X X X 1	=	
351	14-17	1芯1在甲	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	_	_	_	
353	14-50	前原	-	0 0 X X 0 24	X O X X O 4	-	
354	14-52	大宰府	O X X X X 1	O X X X X 1	X X X X X 1		
355	14-55	宇佐		O X X X X 7	X X X X X 7	_	
356	14-56	鶴川	_	X X X X X 3	-	-	
357	14-61	背振山		-	-	-	
308	14-02	口小			_		その他の柱状図は、未固結の段丘礫層が断
359	14-63	吉井	X X X X X 1	-	-	X X X X O 1	層変位を受けているとしているが、段丘の
							離水時期に関する記載はない。
360	14-65	豊岡	X X X X X 3	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 1$	-	_	
361	14-66	豊後杵築	_	X X X X X 4		-	
362	14-72	久留米	- 		\cup \cup X X O 4	-	
364	14-74	<u>口口</u> 森		_	_	-	
365	14-87	犬飼	O X X X X 5	-	-	-	
366	14-88	臼杵	X X X X X 1		-	-	
367	15-19	荒尾	_	X X X X O 1	-	-	
368	15-21	菊池	O X X X X 2	-	-	-	
369	15-24	三重町 在伯	-	X X X X X 2	-	-	
371	15-20	熊本		-	_		

			経験的年代指標に関わる情報の有無※1			
	5万分の1図郭名称	(−:柱状図もしくは断面図なし、○:経験的年代指標に関わる情報がある、Ⅹ:経験的年代指標に関わる情報がない)				
No.		低位段丘	中位段丘	高位段丘	その他	
		(MIS4以降)	(MIS5-6)	(MIS7以前)	(年代不詳)	
	(数字は地質図幅番号)	火 ク 柱	火 ク 柱	火 ク 柱	火タイ	備考
		山赤和風サ状	山赤粘風サ状	山赤粘風サ状	山 赤 粘 風 サ 状	
		一 色 土 化 リ 図	一 色 土 化 リ 図	反 色 土 化 リ 図	の 色 土 化 り 図	
		▲ 化 殻 礫 数	層 北 祝 殻 礫 数	層 北 殻 磯 数	▲ 化 殻 礫 数	
372	15-31 御船	O X X X X 1	-			
373	15-53 日向 (富高)	O X X X X 1	O X X X X 5	-	-	
374	15-60 尾鈴山	X X X X X 1	O X X X X 3	X X X X X 1	-	
375	15-61 都農	O X X X X 5	O X X X X 20	X X X X X 1	-	
376	15-67 須木	-	-	○ X X X X 3	-	
377	15-68 妻	O X X X X 23	O X X X X 48	$\bigcirc \bigcirc X X \bigcirc 11$	-	
378	15-69 高鍋	0 X X X X 1	O X X X X 7	-	-	
379	15-75 野尻	-	-	O X O X X 3	=	
380	15-76 宮崎	0 X X X X 2	○ X X X X 6	-	=	
381	15-84 日向青島	-	○ X X X X 1	-	-	
382	15-89 岩川	○ X X X X 6	-	-	-	
383	15-90 末吉	\bigcirc X X X X 10	-	-	-	
384	15-96 志布志	O X X X X 7	-	-	-	
385	16-8 種子島南部	X X X X X 1	X O X X X 1	X O X X X 1	=	
386	17-4 喜界島	X X X X X 1	X X X X X 1	-	-	
	柱状図数小計*2	1938	1916	758	106	
	総計柱状図数		4	718	· · · · ·	

※1 柱状図対比図の記事欄に整理した経験的年代指標に基づき、情報の有無を「〇」「×」で整理した。火山灰層は、被覆層あるいは段丘構成層中にテフラが挟在される場合に〇を付した。赤色土は、「赤色土」、「赤色」、「赤色北」、「赤色土壌」などと、赤色であると明確に判断できる場合に〇を付した。粘土化、風化殻、クサリ礫については、文献に記載があ ※2 ここで示している柱状図数は、収集した柱状図の数と段丘の情報を含む断面図の数の和である。

過去数十万年間における隆起・沈降に関する

収集文献一覧

令和3年3月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料・バックエンド研究開発部門 東濃地科学センター 地層科学研究部 ネオテクトニクス研究グループ

【付録17】

過去数十万年間における隆起・沈降に関する収集文献一覧

各文献の番号は、本編図 5.5.2-1 中の番号に対応。

- 1) 吾妻 崇,太田陽子,石川元彦,谷川 薫,御前崎周辺の第四期後期地殻変動に関する資料と 考察,第四紀研究, vol.44, pp.169-176, 2005.
- 2)後藤憲央, 佐々木俊法, 河成段丘面の比高分布から推定される伏在断層の活動性, 第四紀研究, vol.58, pp.315-331, 2019.
- 3) 廣内大助,福井平野東縁地域の活構造と地形発達,地理学評論,vol.76, pp.119-141, 2003.
- 4) 伊倉久美子,太田陽子,朝日山地西縁の完新世海成段丘と地殻変動,地学雑誌,vol.112, pp.394-405, 2003.
- 5) 稲垣美幸, 大村明雄, 中部琉球喜界島に発達する上部更新統最高位段丘の形成年代, 第四紀研 究, vol.45, pp.41-48, 2006.
- 6) 石村大輔, 関ヶ原周辺における段丘編年と活断層の活動性, 第四紀研究, vol.49, pp.255-270, 2010.
- 7) 石村大輔, 第四紀後期の伊勢湾西岸地域の段丘形成過程と地殻変動, 地学雑誌, vol.122, pp.448-471, 2013.
- 8) Ishimura, D. and Kakiuchi, Y., Chronology and processes of fluvial terrace formation in northeastern Kinki district, southwest Japan, based on cryptotephra analysis, Quaternary International, 246, pp.190-202, 2011.
- 9) Ishimura, D. and Miyauchi, T., Holocene environmental changes and paleo-tsunami history in Onuma on the southern part of the Sanriku Coast, northeast Japan, Marine Geology, 386, pp.126-139, 2017.
- 10) Ito, K., Tamura, T. and Tsukamoto, S., Post-IR IRSL dating of K-feldspar from last interglacial marine terrace deposits on the Kamikita coastal plain, northeastern Japan, Geochronometria, vol.44, pp.352-365, 2017.
- 11) 垣内佑哉,堤 浩之,竹村恵二,鈴木毅彦,村田昌則,琵琶湖西岸断層帯北部上寺断層の活動 による河成段丘の隆起,第四紀研究, vol.49, pp.219-231, 2010.
- 12) 金 幸隆, 六日町盆地北西縁の活断層, 第四紀研究, vol.40, pp.161-168, 2001.
- 13) Kimura, H., Nakanishi, T., Katsuki, K., Hong, W., Matsuyama, H. and Takemura, K., Holocene activity of the Asamigawa fault detected from sediment cores and a groundpenetrating radar cross-section in the Beppu area, southwestern Japan, Quaternary International, vol.503, pp.87-96, 2019.
- 14) 桑原拓一郎, 下北半島田名部平野における海成段丘構成物の形成と相対的海面変化, 第四紀 研究, vol.44, pp.131-144, 2005.
- 15) 桑原拓一郎, 青森県上北平野に分布する白ベタテフラ (WP) のジルコン・フィッション・ト ラック年代, 第四紀研究, vol.46, pp.433-436, 2007.
- 16) 前杢英明, 隆起付着生物の AMS ¹⁴C 年代からみた室戸岬の地震性隆起に関する再検討, 地学 雑誌, vol.110, pp.479-490, 2001.
- 17) 松永敬子,太田陽子,沖積層の層相と珪藻分析からみた佐渡島国仲平野の完新世後期の地形 発達史,第四紀研究, vol.40, pp.355-371, 2001.
- 18) 松浦旅人, 新庄盆地の第四紀後期地殻変動と地形発達 -地域的隆起と逆断層運動の重合-, 地理学評論, vol.79, pp.39-52, 2006.
- 19) Matsu'ura, T., Late Quaternary uplift rate inferred from marine terraces, Muroto Peninsula, southwest Japan: Forearc deformation in an oblique subduction zone,

Geomorphology, vol.234, pp.133-150, 2015.

- 20) 松浦旅人, 吉岡敏和, 古澤 明, 河成段丘面を指標にした富山県東部魚津断層帯の第四紀後期 活動性評価, 第四紀研究, vol.46, pp.19-36, 2007.
- 21) Matsu'ura, T., Furusawa, A. and Saomoto, H., Late Quaternary uplift rate of the northeastern Japan arc inferred from fluvial terraces, Geomorphology, vol.95, pp.384-397, 2008.
- 22) Matsu'ura, T., Furusawa, A. and Saomoto, H., Long-term and short-term vertical velocity profiles across the forearc in the NE Japan subduction zone, Quaternary Research, vol.71, pp.227-238, 2009.
- 23) Matsu'ura, T. and Kimura, H., Late quaternary crustal shortening rate across the Shinjo basin, northeast Japan, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, vol.115, B11409, 2010.
- 24) Matsu'ura, T., Ueno, T. and Furusawa, A., Characterization and correlation of cryptotephras using major-element analyses of melt inclusions preserved in quartz in last interglacial marine sediments, southeastern Shikoku, Japan, Quaternary International, vol.246, pp.48-56, 2011.
- 25) Matsu'ura, T., Kimura, H., Komatsubara, J., Goto, N., Yanagida, M., Ichikawa, K. and Furusawa, A., Late Quaternary uplift rate inferred from marine terraces, Shimokita Peninsula, northeastern Japan: A preliminary investigation of the buried shoreline angle, Geomorphology, vol.209, pp.1-17, 2014.
- 26) Matsu'ura, T., Komatsubara, J. and Wu, C., Accurate determination of the Pleistocene uplift rate of the NE Japan forearc from the buried MIS 5e marine terrace shoreline angle, Quaternary Science Reviews, vol.212, pp.45-68, 2019.
- 27) 宮崎真由美,石村大輔,テフロクロノロジーに基づく三陸海岸北部における最終間氷期海成 段丘の形成年代と最終間氷期以降の地殻変動の再検討,地学雑誌,vol.127, pp.735-757, 2018.
- 28) Murata, A., Takemura, K., Miyata, T. and Lin, A., Quaternary vertical offset and average slip rate of the Nojima Fault on Awaji Island, Japan, The Island Arc, 10, pp.360-367, 2001.
- 29) 中村洋介, 富山県砺波平野,高清水断層および法林寺断層の第四紀後期における活動性, 第四 紀研究, vol.41, pp.389-402, 2002.
- 30) 中村洋介, 富山平野東縁,魚津断層の第四紀後期における平均上下変位速度, 第四紀研究, vol.44, pp.353-370, 2005.
- 31) 中村洋介, 金幸 隆, ローム層のボーリング掘削に基づく富山県魚津断層南部の第四紀後期に おける上下変位速度の算出, 地理学評論, vol.77, pp.40-52, 2004.
- 32) 中村洋介, 岡田篤正, 竹村恵二, 富山平野西縁の河成段丘とその変形, 地学雑誌, vol.112, pp.544-562, 2003.
- 33) Nakamura, Y., Okada, A. and Takemura, K., Late Quaternary activity of faults and recurrence interval of earthquakes in the eastern Hokuriku region, northern central Japan, on the basis of precise cryptotephra analysis of fluvial terrace sequence, Geomorphology, vol.99, pp.59-75, 2008.
- 34) 中澤 努,田辺 晋,野田地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),産業技術 総合研究所,72p,2011.
- 35) 丹羽雄一, 遠田晋次, 須貝俊彦, 松島義章, 陸前高田平野完新統の堆積相・堆積速度および推 定される地殻変動傾向, 第四紀研究, vol.53, pp.311-322, 2014.

- 36) 丹羽雄一, 須貝俊彦, 松島義章, 三陸海岸南部・気仙沼大川平野の完新世における地殻変動, 地学雑誌, vol.124, pp.545-560, 2015.
- 37) 丹羽雄一, 須貝俊彦, 松島義章, 三陸海岸南部の完新世沈降を支持する堆積環境― 津谷平野 で得られたコア試料の堆積相と年代―, 地学雑誌, vol.125, pp.395-407, 2016.
- 38) Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y. and Toda, S., Subsidence along the central to southern Sanriku coast, northeast Japan, near the source region of the 2011 Tohoku-oki earthquake, estimated from the Holocene sedimentary succession along a ria coast, Quaternary International, vol.456, pp.1-16, 2017.
- 39) 丹羽雄一, 須貝俊彦, 山市 剛, 松島義章, 松崎浩之, 三陸海岸・山田平野で得られたコア堆 積物の特徴と年代, 地学雑誌, vol.127, pp.89-100, 2018.
- 40) Niwa, Y., Sugai, T., Matsushima, Y. and Toda, S., Millennial-scale crustal movements inferred from Holocene sedimentary succession of the Omoto plain, northern Sanriku coast, Northeast Japan: Relevance for modeling megathrust earthquake cycles, Quaternary International, vol.519, pp.10-24, 2019.
- 41) Okuno, J., Nakada, M., Isii, M. and Miura, H., Vertical tectonic crustal movements along the Japanese coastlines inferred from late Quaternary and recent relative sea-level changes, Quaternary Science Reviews, vol.91, pp.42-61, 2014.
- 42) 太田陽子, 松原彰子, 松島義章, 鹿島 薫, 叶内敦子, 鈴木康弘, 渡辺満久, 澤 祥, 吾妻 崇, 佐渡島国中平野南西部における沖積層のボーリング調査による古環境と地殻変動, 第四紀研 究, vol.47, pp.143-157, 2008.
- 43) Sakai, T., Fujiwara, O. and Kamataki, T., Incised-valley-fill succession affected by rapid tectonic uplifts: An example from the uppermost Pleistocene to Holocene of the Isumi River lowland, central Boso Peninsula, Japan, Sedimentary Geolog, vol.185, pp.21-39, 2006.
- 44) 酒井利彰, 井岡聖一郎, 石島洋二, 五十嵐敏文, サロベツ原野における沖積層の地質解析, 応 用地質, vol.52, pp.2-13, 2011.
- 45) Sasaki, K., Omura, A., Murakami, K., Sagawa, N. and Nakamori, T., Interstadial coral reef terraces and relative sea-level changes during marine oxygen isotope stages 3–4, Kikai Island, central Ryukyus, Japan, Quaternary International, vol.120, pp.51-64, 2004.
- 46) Sato, H., Okuno, J., Nakada, M. and Maeda, Y., Holocene uplift derived from relative sealevel records along the coast of western Kobe, Japan, Quaternary Science Reviews, vol.20, pp.1459-1474, 2001.
- 47) Sato, H., Okuno, J., Katoh, S., Nakada, M. Maeda, Y. and Kobayashi, F., Holocene crustal movement along the coast ofwestern Kobe and the 1995 Kobe Earthquake, Japan, Quaternary Science Reviews, vol.22, pp.891-897, 2003.
- 48) Sato, H., Ban, F., Katoh, S. and Hyodo, M., Sea-level variations during Marine Isotope Stage 7 and coastal tectonics in the eastern Seto Inland Sea area, western Japan, Quaternary International, vol.456, pp.102-116, 2017.
- 49) 白井正明, 阿部信太郎, 浅海成堆積サイクルの詳細な解析による地殻変動復元手法の検討, 電力中央研究所報告, U01016, 20p, 2001.
- 50) Shirai, M and Tada, R., High-resolution reconstruction of quaternary crustal movement based on sedimentary facies analysis, an example from the Oga peninsula, northern Japan, Journal of sedimentary research, vol.72, pp.386-392, 2002.
- 51) 宍倉正展, 宮内崇裕, 房総半島沿岸における完新世低地の形成とサイスモテクトニクス, 第

四紀研究, vol.40, pp.235-242, 2001.

- 52) 副田宜男, 宮内崇裕, 変動地形と断層モデルからみた出羽丘陵の第四紀後期隆起過程と上部 地殻の短縮変形, 第四紀研究, vol.46, pp.83-102, 2007.
- 53) 須貝俊彦, 松島(大上) 紘子, 水野清秀, 過去 40 万年間の関東平野の地形発達史 地殻変動 と氷河性海水準変動の関わりを中心に–, 地学雑誌, vol.122, pp.921-948, 2013.
- 54) Sugai, T., Sato, T., Mizuno, K. and Sugiyama, Y., Magnitudes of sea-level falls at lowstands of the past 900,000 years inferred from gravels underlying the Nobi Plain, central Japan, Quaternary International, vol.397, pp. 422-435, 2016.
- 55) Sugihara, K., Nakamori, T., Iryu, Y., Sasaki, K. and Blanchon, P., Holocene sea-level change and tectonic uplift deduced from raised reef terraces, Kikai-jima, Ryukyu Islands, Japan, Sedimentary Geology, vol.159, pp.5-25, 2003.
- 56) 田力正好,池田安隆,段丘面の高度分布からみた東北日本弧中部の地殻変動と山地・盆地の形成,第四紀研究, vol.44, pp.229-245, 2005.
- 57) Tamura, T., Murakami, F. and Watanabe, K., Holocene beach deposits for assessing coastal uplift of the northeastern Boso Peninsula, Pacific coast of Japan, Quaternary Research, vol.74, pp.227-234, 2010.
- 58) 田辺 晋, テクトニックな沈降域における沿岸河口低地の地層形成一 越後平野の沖積層を 例として一, 地学雑誌, vol.122, pp.291-307, 2013.
- 59) Tanabe, S., Tateishi, M. and Shibata, Y., The sea-level record of the last deglacial in the Shinano River incised-valley fill, Echigo Plain, central Japan, Marine Geology, vol.266, pp.223-231, 2009.
- 60) Tanabe, S., Nakanishi, T. and Yasui, S., Relative sea-level change in and around the Younger Dryas inferred from late Quaternary incised-valley fills along the Japan Sea, Quaternary Science Reviews, vol.29, pp.3956-3971, 2010.
- 61) Tanabe, S., Nakanishi, T., Matsushima, H. and Hong, W., Sediment accumulation patterns in a tectonically subsiding incised valley: Insight from the Echigo Plain, central Japan, Marine Geology, vol.336, pp.33-43, 2013.
- 62) 田辺 晋, 堀 和明, 百原 新, 中島 礼, 利根川低地における「弥生の小海退」の検証, 地 質学雑誌, vol.122, pp.135-153, 2016.
- 63)内山美恵子,三田村宗樹,吉川周作,大阪平野中央部,上町断層の変位速度と基盤ブロックの 運動,地質学雑誌,vol.107, pp.228-236, 2001.
- 64) Urabe, A., Takahama, N. and Yabe, H., Identification and characterization of a subsided barrier island in the Holocene alluvial plain, Niigata, central Japan, Quaternary International, vol.115-116, pp.93-104, 2004.
- 65) Yokoyama, Y., Maeda, Y., Okuno, J., Miyairi, Y. and Kosuge, T., Holocene Antarctic melting and lithospheric uplift history of the southern Okinawa trough inferred from mid- to late-Holocene sea level in Iriomote Island, Ryukyu, Japan, Quaternary International, vol.397, pp.342-348, 2016.
- 66) 吉田英嗣, 函館平野東部の段丘地形 その変位の地形学的解釈-, 明治大学人文科学研究所 紀要, vol.80, pp.109-142, 2017.
- 67) 渡辺満久, 中村優太, 鈴木康弘, 能登半島西岸変動地形と地震性隆起, 地理学評論, vol.88, pp.235-250, 2015.

空白ページ