海洋エネルギー・鉱物資源開発計画

令和６年３月２２日

経済産業省

目　次

総　論 3
第１章　メタンハイドレート 5
　１．１　背景 5
　１．２　これまでの取組み 5
　１．３　課題 10
　１．４　今後の取組み 12
第２章　石油・天然ガス 19
　２．１　背景 19
　２．２　これまでの取組み 20
　２．３　課題 21
　２．４　今後の取組み 22
第３章　CCS 25
　３．１　背景 25
　３．２　これまでの取組み 25
　３．３　課題と今後の取組み 25
第４章　海底熱水鉱床 28
　４．１　背景 28
　４．２　これまでの取組み 28
　４．３　課題 30
　４．４　今後の取組み 31
第５章　コバルトリッチクラスト 34
　５．１　背景 34
　５．２　これまでの取組み 34
　５．３　課題 35
　５．４　今後の取組み 36
第６章　マンガン団塊及びレアアース泥 39
　６．１　マンガン団塊 39
　６．２　レアアース泥 40
第７章　各省庁等との連携並びに国と民間との役割分担 43
　７．１　各省庁との連携 43
　　（１）メタンハイドレート 43
　　（２）石油・天然ガス 43
　　（３）CCS 44
　　（４）金属鉱物資源 44
　７．２　国と民間の役割分担 45
　　（１）メタンハイドレート 45
　　（２）石油・天然ガス 45
　　（３）CCS 45

（４）金属鉱物資源 45
第８章　海洋エネルギー・鉱物資源開発における横断的配慮事項 47
８．１　人材育成. 47
８．２　国際連携. 47
８．３　海洋の環境保全. 47
８．４　国民の理解促進. 48

総　論

陸域のエネルギー・鉱物資源に乏しい我が国は、その需要量のほぼ全てを海外からの輸入に頼ってきた。また我が国は常に、資源国やシーレーンにおける情勢変化等を背景とした供給不安に直面するリスクを抱えており、エネルギー・鉱物資源の安定供給確保は、我が国が抱える大きな課題であり続けている。

こうした課題を克服するためには、我が国の領海・排他的経済水域の海底及びその下並びに延長大陸棚(注1)（以下、「我が国周辺海域」という。）に広がる海洋エネルギー・鉱物資源(注2)を活用していくための中長期的な取組を継続していくことが重要である。

我が国周辺海域には、石油・天然ガスに加え、メタンハイドレートや海底熱水鉱床などの海洋エネルギー・鉱物資源の賦存が確認されている。これらの資源は、商業化がなされれば、国際情勢や地政学リスクに左右されず我が国の自給率の向上に資する貴重な国産資源である。しかしながら、これら海洋エネルギー・鉱物資源を開発していくためには、賦存量・賦存状況の把握、生産技術の開発とそれに伴う環境への影響の把握等の取組を一つ一つ着実に、かつ中長期的な視点から計画的に推進していく必要がある。

2007 年 7 月に新たに海洋立国日本の実現を目指して、「海洋基本法」が制定された。同法に基づき 2008 年 3 月に策定された「海洋基本計画」（以下、「基本計画」という。）においては、海洋エネルギー・鉱物資源の開発を計画的に推進するため、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」（以下、「開発計画」という。）を策定することが定められた。これを受け、総合資源エネルギー調査会の審議を経て、2009 年 3 月に、10 年間の中長期計画となる開発計画を策定した。開発計画では、海洋エネルギー・鉱物資源の種類ごとに、開発の目標と達成に至る道筋、必要となる技術開発、官民の役割分担等を定めた。

その後、我が国周辺海域を取り巻く情勢の変化、海洋エネルギー・鉱物資源開発・利用への期待の高まり、探査や技術開発といった開発計画の進捗状況等を踏まえ、5 年ごとに計画の見直しを行い改定が行われている。

近年、気候変動問題が人類共通の課題として認識される中、2020 年 10 月日本でも「2050 年カーボンニュートラル」を表明し、2021 年 4 月には、2030 年度までに 2013 年度比 CO2 排出量 46%削減さらに 50%の高みに向けて挑戦を続けるとの方針が示された。2021 年 10 月に閣議決定されたエネルギー基本計画においても、2050 年カーボンニュートラル目標や 2030 年 46%削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋が示された。エネルギー基本計画においては、脱炭素化の取り組みが重要視される中、安全性の確保を大前提にした安定供給の確保やエネルギーコストの低減、環境への適合いわゆる「S＋3E」の取り組みを進めることとしている。また、2050 年カーボンニュートラル等の国際公約と産業競争力の強化を通じた経済成長を同時に実現するいわゆる「GX 実現」に対応するため、蓄電池、モーター、半導体などの材料としての鉱物資源の重要性が指摘されている。

新たな開発計画は、このような資源・エネルギー政策を取り巻く環境変化を踏まえ、国内に存在する資源については商業化がなされれば、国際情勢や地政学リスクに左右されない我が国の貴重な国産資源であるとの認識のもと、国主体の事業を通じて探査や技術開発に取り組むことに加え、カーボンニュートラルにむけては、CCS(注3)にも取り組んでいく。具体的には、海洋エネルギー・鉱物資源（メタンハイドレート、石油・天然ガス、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥）に加えて、CCS を新たな分野とし、国内における商業化に向けた資源の探鉱・開発を進めていくこととしている。

なお、海洋エネルギー・鉱物資源開発は、世界的にも例が少なく先端的であると同時に、不確実性が高く極めて難度の高い技術開発という特性がある。こうした特性を踏まえ、開発計画は、実証実験を実施する等科学技術力の着実な進展にも注力した上で、商業化に向けた見直しが可能な柔軟性を持たせることとしている。

注 1）延長大陸棚：

排他的経済水域及び大陸棚に関する法律第二条第二号の海域を定める政令で定められた海域の海底及びその下を指す。

注 2）海洋エネルギー・鉱物資源：

上位計画である「基本計画」に位置づけられているとおり、海洋に資源として賦存する石油・天然ガスや金属鉱物資源を指すものとして用いられており、洋上風力などの「海洋再生可能エネルギー」は含まない。

注 3）CCS：

二酸化炭素回収・貯留のこと。なお、油田・ガス田の跡地が CCS を行う場所の一つとなる点、油田ガス田のポテンシャル把握のための調査としておこなってきた地質構造調査が CCS 開発に活用されている点から、化石燃料と CCS をまとめて考えこれを「基本計画」に位置づけ推進していく。

第１章　メタンハイドレート

１．１　背景

メタンハイドレートとは、低温高圧の条件下で、水分子にメタン分子（天然ガス）が取り込まれ、氷状になっている物質（包接化合物）である。メタンハイドレートは、「燃える氷」と称されているが、温度を上げる、ないしは圧力を下げるなどの変化を与えると、水分子と気体のメタン分子に分離する。分離されたメタン分子は天然ガスの主成分と同じものであり、メタンハイドレートは、近年北米で生産が拡大しているシェールガスと同様に非在来型資源として位置づけられる。また、メタンハイドレートは、世界でも、水深の深い海底面下や極地の凍土地帯の地層に広く分布している。

我が国周辺海域に賦存するメタンハイドレートは、主に 2 つの賦存形態が確認されている。砂層型メタンハイドレートは、水深 500m 以深の海底面下数百 m の砂質層内の砂の隙間を埋める状態で存在し、主に東部南海トラフ海域を中心に賦存が確認されている。表層型メタンハイドレートは、水深 500m 以深の海底面及び比較的浅い深度の泥層内に塊状、粒状、板状及び脈状で存在し、主に日本海側を中心に賦存が確認されている。これらメタンハイドレートは、我が国周辺海域に相当量の賦存が期待されており、我が国のエネルギー安定供給に資する重要なエネルギー資源として、商業化に向けた技術開発に取り組んでいる。

１．２　これまでの取組み

（１）砂層型メタンハイドレート

ａ）次回海洋産出試験等に向けた取組

イ）これまでの技術開発成果の総合的な検証

第1回及び第2回の海洋産出試験を実施し、数週間程度の連続生産を実現した。しかしながら、商業化のためには、長期かつ安定的に生産可能な技術の確立が不可欠であることから、今後の長期生産試験に向け、これまでの結果の総合的な解析・評価を実施し、安定生産阻害要因として水理的要因（水供給の過剰による減圧の妨げ、坑井周辺の圧力損失による減圧の伝達の妨げ）と熱的要因（メタンハイドレートの分解に必要な熱が周囲の地層から十分に早く供給されない）の２つに絞り込んだ。

水理的要因については、水供給過剰や坑井周辺の圧力損失の観点で目標・解決すべき課題・解決策を整理し、新たな技術も導入することで課題解決に向けて取り組んでいる。熱的要因については、水理的要因とと

もに長期陸上産出試験により確認すべき課題と位置づけ、同試験で取得される温度データ等に基づき評価する計画である。

ロ）生産技術の開発

生産技術を開発する上で、メタンハイドレートが賦存する砂質層である貯留層の温度や浸透率等を把握・評価（貯留層評価）し、これらの情報を踏まえて、生産性及び生産挙動を予測するための高精度な生産シミュレーションを構築することが不可欠である。そのため、貯留層評価に関しては、地震探査データ、物理検層データの解析結果、コア分析データ、海洋産出試験時及び試験前後のモニタリングデータ等との統合的な解析を実施し、その結果も踏まえ地質・貯留層モデルの更新を行った。また、貯留層シミュレーション（ヒストリーマッチング）により、予測と実際の生産量等のかい離の要因を推定した。

また、これまで検討してきた技術的課題の解決策の検証を行うとともに、長期的な生産データを取得し、長期生産に伴う課題を抽出することなどを目的とした長期陸上産出試験に向けては、層序試錐井で得られたデータ、地震探査データ、物理検層データ、コア分析データ、並びに層序試錐井の坑井内地震探査データ等に基づき、二次元及び三次元の地質・貯留層モデルを構築の上、生産挙動予測を実施し、坑内機器などの生産設備の仕様に反映するとともに、長期陸上産出試験に向けたデータ取得井及び生産井の掘削・仕上げ作業の実施並びに地上試験設備の設置・試運転作業等を行い、2023年9月から試験を実施している。また、坑井内に設置したセンサーを用いた地層温度等の測定や、生産に伴う地表面変位を把握するためのベースラインデータ（標高データ）の取得を継続的に実施している。

メタンハイドレートからのガス生産の一連の設備・施設を含めた生産システムに関しては、次回海洋産出試験において実現性の高い候補案の関連技術情報収集を継続するとともに、安定生産阻害要因の対策や生産量増加策の検討、次回海洋産出試験に向けた工程検討、関連法規・基準の整理等を実施している。

ハ）有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査

次回海洋産出試験の候補地選定のため、有望濃集帯候補海域のうち三次元地震探査データが存在しない2海域において、基礎物理探査事業でのデータ取得及び当該データを用いた濃集帯解釈作業を行うとともに、有望濃集帯候補海域において地質データを取得した。その結果を踏まえて原始資源量を推定するとともに、志摩半島沖の100億m3以上の原始資源量が期待される2つの有望濃集帯候補において、メタンハイドレートの分

解・ガス生産特性把握に資するより詳細な地質データを取得するための試掘・簡易生産実験を実施した。

ニ）環境影響評価

過去の海洋産出試験の掘削・廃坑等の環境影響に関するデータを取得するとともに、自然環境の変動を把握するために、黒潮大蛇行時の黒潮の流入状況及びそれに伴う水質やプランクトン類の組成等への変化を把握するためのデータを取得した。また、有望濃集帯候補海域において既存の環境データを収集し、各海域の環境面での特徴や留意事項、新たに取得が必要な環境データ等を整理するとともに、試掘対象海域での海底環境調査により、流況、底質及び底生生物に関する新規データを取得した。さらに、取得した環境データを活用し、環境影響評価のためのシミュレーション検討を実施した。

b）長期的な取組

イ）生産量向上・コスト低減などの個別技術における新しい技術の取り込み（オープンイノベーション）

安定生産・生産量向上・コスト低減などの個別技術課題について、民間企業・研究機関等の持つ技術とそれらの適用性を調査し、例えば、出砂対策等としての適用も期待される地層固化技術に、天然に存在する微生物を利用する新たなコンセプトを導入し、日米にて特許を取得した。

ロ）我が国周辺海域の資源量評価

我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存ポテンシャルを把握する観点から、新たにデータ公開された海域等の物理探査データを用いて、BSR[注4]マップを改定した。また、有望濃集帯候補を抽出し、原始資源量を推定した。

注4）BSR：
反射法地震探査で観測される海底疑似反射面（Bottom Simulating Reflector）の略で、メタンハイドレートの安定領域下限の指標として用いられる。

ハ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

商業化に必要な要件や商業開発に関わるステークホルダーを抽出・整理し、ヒアリングを実施した。また、多様な濃集帯条件における商業開発プロジェクトの実現可能性や経済性の評価ツールを構築した。更に、2020 年のカーボンニュートラル宣言を踏まえ、水素・アンモニア製造及びCCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）を考慮した販売ビジネスモデルの検討と、それに合わせた開発システムの候補を抽出し、その実現可能性について技術面や経済面からの評価を実施している。

ｃ）その他

砂層型メタンハイドレートに関する研究活動を分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、成果の普及・情報公開を推進している。

（２）表層型メタンハイドレート

ａ）海洋産出試験等に向けた取組

イ）生産技術の開発

日本海を中心とした 10 海域における資源量把握に向けた調査結果に関する外部有識者による検証を行った。その結果、不均質である等の存在形態も踏まえた生産手法を新たに検討する必要性が改めて認識され、技術を広く公募することとし、2016 年度より提案公募型による回収技術の調査研究を実施した。本調査研究には 6 つの技術提案があり、2019 年度には、６つの技術提案に関して、外部有識者による評価及び回収・生産に係る要素技術ごとに有望技術の特定を行い、有望技術に関して、2020 年度から各要素技術の開発を開始した。また、これら要素技術の組合せや生産システムとしての検討を行う上で必要となる共通基盤技術に関する検討も併せて開始した。

2021年度には、要素技術開発の進捗に併せて外部有識者による評価委員会にて評価を行い、大口径ドリルを用いた広範囲鉛直採掘方式をベースとして、他の要素技術(分離/揚収)の組み合わせを考慮し、生産システムとして最も優れた組み合わせの検討を進めている。また大口径ドリルの掘削機能（掘削刃ごとの掘削物形状、掘削速度、掘削物の吸引能力等）の確認のために、メタンハイドレートを模擬した大型氷や模擬地盤などを用いた掘削実験を行い、掘削刃及び機器選定に必要となる基礎データの取得を行った。

ロ）海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査

表層型メタンハイドレートの回収・生産技術の開発に資するためには表層型メタンハイドレートの賦存状況や海底の現場状況等を十分に把握することが必要である。そこで、将来の表層型メタンハイドレートに係る海洋産出試験を見据え、2013 年度から 3 年間実施された資源量把握に向けた調査の結果を踏まえ、日本海を中心とした 10 海域から地質構造が異なり様々な調査データが揃っている 3 海域(酒田沖海域、上越沖海域及び丹後半島北方海域)をモデル調査海域として選定し、これまでの調査ではまだ十分な情報が得られていない海底下の表層型メタンハイドレートの賦存状況やメタンハイドレート賦存海域の海底の状況等を把握するための海洋調査を実施した。

ハ）環境影響評価

2019 年度に実施した、国内外で先行する大規模な海洋開発事業・技術とそれらの環境影響評価の進め方、法的な位置づけ等に関する調査結果を受けて、生産技術の違いによって環境影響が大きく異なることが予測されるため、開発の対象となる海域の事前の環境ベースラインデータを適切に収集することの重要性が確認された。そこで、2020 年度より、表層型メタンハイドレートが賦存する海域における環境評価手法、環境モニタリング手法及び種々の分析技術の導入と検討を行い、酒田沖や上越沖などのモデル調査海域における物理・化学及び生物学的特性などの把握に必要な海域環境調査を実施した。海洋調査船及び遠隔操作型無人潜水機（ROV）による海洋観測、海底観察、環境試料（海水・生物・堆積物・岩石試料）の採取を行い、最新の手法を含む様々な分析、解析を実施する筋道を立てることができた。また、最新の遺伝子解析技術を用いた評価手法の検討、開発に伴う生物影響のための暴露試験法の検討や、注視すべき水産有用種に係る情報収集を進めた。さらに地盤強度調査時には、掘削に伴う環境擾乱を対象とした事前、事後及び長期的な環境調査を実施した。

ｂ）長期的な取組

イ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

商業化に必要な様々な条件の検討を行うために、パプアニューギニアで商業生産を目指して進めていた海底熱水鉱床開発プロジェクトの採鉱システムを参考に、表層型メタンハイドレートの開発に関する基礎的な経済性評価モデルを構築して、検討に着手した。

１．３　課題

（１）砂層型メタンハイドレート

①次回海洋産出試験等に向けて解決すべき技術課題

ａ）生産挙動予測と可採量評価

生産挙動予測や可採量評価に係る技術は、生産システムの設計や経済性評価を行う上で必要不可欠なものである。一方、これまで実施された陸上・海洋の産出試験においては、数値シミュレーションによる事前の予測と実際の結果にかい離が生じており、その要因については、検討の結果、生産に伴う坑井周辺の圧力損失の増加等の可能性が挙げられたものの、その理由は依然として十分には明らかになっていない。このため、2023 年夏に実施した志摩半島沖での試掘・簡易生産実験データや現在実施中の長期陸上産出試験の結果も踏まえた評価作業を通じて、本技術の信頼性向上を図る必要がある。

ｂ）長期生産挙動の把握

これまでに実施された海洋産出試験では 1 坑井当たりの生産期間は最長でも数週間であり、長期安定生産等に関する十分なデータが得られておらず、また、長期安定生産等に関する技術も実証されていない。そのため、商業化を目指す上で不可欠である長期的なガスの生産挙動を確認し、長期的に安定生産が可能な技術を確立するためには、より長期の産出試験が必要である。

ｃ）海洋産出試験の対象となる有望濃集帯の選定

試掘・簡易生産実験の結果、出砂対策装置や貯留層不均質性に起因する課題が認められ、次回海洋産出試験の実施候補地点を抽出するためには、メタンハイドレートの分解・ガス生産特性把握に資する更なる地質データが必要であることから、地質データ取得作業（簡易生産実験を含む）を行う必要がある。

ｄ）環境影響評価

過去の海洋産出試験等での海底面観察結果等をもとに、掘削・廃坑等の作業に伴う海底環境への影響をより詳細に把握するためのシミュレーション検討を実施するとともに、有望濃集帯として絞り込まれた海域の環境データを

継続取得し、次回海洋産出試験の環境影響の予測・評価のためのベースラインデータを整理する必要がある。

②長期的に取り組むべき課題

ａ）我が国周辺海域の資源量評価

我が国周辺海域のメタンハイドレート資源量の詳細を継続的に評価する必要があるため、新たな地震探査データが入手された海域においては、データ取得される都度、分析・評価を行い、BSR の解釈を実施し、BSR マップの改定を続け、有望濃集帯候補が確認されたならば、その資源量評価を実施する必要がある。また、必要に応じ、資源量評価の不確実性低減のための地震探査データ再処理や、高精度・高分解能の地震探査データの新規取得検討を実施する。新たな調査データが取得される都度、分析・評価を行い、我が国周辺海域の資源量を継続的かつ信頼性を向上させた評価を行う必要がある。

ｂ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

将来の商業化に向けたプロジェクトで想定される開発システムは、需要家が求める条件や、経済性の確保、環境保全など、商業化に必要な条件を踏まえる必要があることから、商業化に必要な要件に関する詳細検討、ステークホルダーへのヒアリング、及び評価精度を上げるための情報収集を行い、それらの結果をもとに事業化シナリオ案を改定する必要がある。

（２）表層型メタンハイドレート

①海洋産出試験等に向けて解決すべき技術課題

ａ）生産技術の開発

2022 年度に実施した掘削実験にて、大口径ドリル方式によって回収されるメタンハイドレートや泥などの回収物の様態に関する知見が得られたので、これらの流体を対象とした分離/揚収技術に関する技術開発を進める必要がある。また、各要素技術との組合せや生産システムとしての検討を行うために実施していた共通基盤技術の取りまとめを行い、表層型メタンハイドレートを回収・生産するための各要素技術に関する技術整備を進める必要がある。

ｂ）海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査

2023 年度までに実施した海洋調査において表層型メタンハイドレートの賦存状況や海底状況等を把握するためのデータを取得したが、試験候補地の絞り込みに必要なデータが十分ではなかった。そこで、試験候補地の絞り込みに必要なデータ取得のための海洋調査を引き続き実施するとともに、回収・生産技術開発及び環境調査の進捗状況を踏まえ、試験の実施場所を検討していく必要がある。

ｃ）環境影響評価

これまでの調査航海などの結果より、環境影響評価に関する基盤的な技術、特に環境ベースラインデータの取得に係る観測手法について進展があったが、観測精度の向上や自然変動の把握のためにはメタンハイドレート賦存域を含む広い海域での長期的かつ繰り返しによるデータの集積が必要である。

また生産技術として、大口径ドリル方式において海底表面を直接掘削し、掘削泥を海底に再配置する方式が想定されているが、これらの技術の実用化における海底環境への影響評価が重要であり、そのための影響予測シナリオの精緻化、影響の監視（モニタリング）技術の高度化、影響の最小化に資する対策技術の検討が必要である。

②長期的に取り組むべき課題

ａ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

経済性を検討するための参考となる具体的なデータが少なかったが、大口径ドリル方式による掘削機器の基礎的データの取得などが出来たので、これらのデータなどを参考に、経済性や環境影響評価を進める必要がある。

１．４　今後の取組み

（１）砂層型メタンハイドレート

①目標

2030 年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。

②計画

ａ）次回海洋産出試験等に向けた取組

イ）生産技術の開発

長期生産挙動のデータを得るため、比較的単純な条件で、かつ海洋と比べて相対的に低コストで実証可能な陸上での長期産出試験を継続して実施する。陸上産出試験の実施に当たっては、長期生産技術の実証を行うとともに、ガスの有効利用等を図る。

生産挙動予測や可採量評価に係る技術の信頼性を向上させるための研究開発を実施する。その取組の一つとして、多くの技術分野で活用されているデータ同化技術など、モデリングやシミュレーションによる生産挙動予測の評価や改善に資する可能性のある技術の適用性検討を進めると同時に、それに必要な高精度のモニタリングデータの取得についても検討を進める。

海洋における長期生産技術の確立に向けて、生産阻害要因改善や経済性改善等に関する技術開発、生産システムの改良を実施するとともに、次回海洋産出試験の準備を進める。

ロ）海洋産出試験の対象となる有望濃集帯の選定

これまでの海洋調査で絞り込んだ有望濃集帯における試掘・簡易生産実験の結果を踏まえ、追加取得すべき地質調査内容を精査した上で、改めて改善された実験手法を用いた簡易生産実験を含む調査に取り組む。

ｂ）方向性の確認・見直し

「ａ）イ）生産技術の開発」における陸上での長期産出試験の結果分析・解析の終了時を目途に、生産技術の開発や有望濃集帯の選定、技術開発の進捗状況等を検証するとともに方向性を確認し、必要に応じて、その後の具体的な目標やスケジュール等の見直しを行う。

ｃ）環境影響評価

過去、海洋産出試験や試掘・簡易生産実験等を実施した海域において環境調査を継続的に実施するとともに、次回の海洋産出試験の候補地点が決まった場合には、その地点における事前の海域環境調査も実施する。さらに、取得したデータを活用し、環境影響評価のためのシミュレーション検討等を実施する。

ｄ）方向性の確認・見直しの結果を踏まえた海洋産出試験等

「ｂ）方向性の確認・見直し」の結果を踏まえ、選定された有望濃集帯の生産挙動予測や詳細資源量評価を行い、我が国周辺海域の有望濃集帯における長期生産挙動の確認と生産技術の実証を目的とした海洋産出試験等を実施する。

ｅ）長期的な取組

イ）我が国周辺海域の資源量評価

我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存ポテンシャルを把握する観点から、物理探査データを用いて、BSR マップの改定を継続して実施し、有望濃集帯候補の抽出と資源量の推定を実施する。有望濃集帯候補を抽出した際は、より詳細な地質データを取得するための探査・試掘等の調査について検討する。

ロ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

経済性の確保や環境保全など、メタンハイドレートの商業化に必要な条件を、我が国のエネルギー安全保障に最大限資するという観点を失することなく、継続的に検討する。また、今後の研究開発上で必要となるカーボンニュートラルに関する検討なども行う。それらの条件を踏まえ、技術開発の内容や将来の商業化に向けたプロジェクトで想定される開発システムを柔軟に見直す。

ｆ）その他

技術開発を効率的に進めるため、組織・分野横断的なチームの設置や、民間企業・大学・研究機関の知見を取り込むための専門家の配置など、研究体制を工夫するとともに、他の研究分野との連携を図る。また、砂層型メタンハイドレートに関する研究活動を分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、成果の普及・情報公開を推進する。さらに、次のステージに移行する条件を明確にし、その移行期には進捗や成果を検証して、方向性の確認・見直しを行う。

（２）表層型メタンハイドレート

①目標

2030 年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。

②計画

ａ）海洋産出試験等に向けた取組

イ）生産技術の開発

2023 年度中に実施する要素技術・共通基盤技術に関する技術評価の結果を踏まえ、回収・生産技術の確立に必要な掘削・揚収・分離技術に係る要素技術開発を進める。掘削技術では、安全で効率的に掘削していく技術、揚収技術では、深海底から安定的な生産を可能とする技術、及び分離技術では、掘削されたメタンハイドレートと泥などを分離して、泥などを安全かつ効率的に処理する技術の確立を目指し、技術開発を進めていく。

具体的には、大口径ドリル方式に関する設計検討や、メタンハイドレートを含む三相流動場の検討に資するデータ取得等を実施し、海洋での技術検証を目指した要素技術開発を進めていく。また、技術開発の進捗等も踏まえて、生産システムの具現化についても検討を進めていく。

なお、要素技術の開発の進捗状況によっては技術検証試験などの計画見直しも含め、柔軟な対応を行う。

ロ）海洋産出試験に向けた海洋調査

試験候補地の絞り込みに必要なデータ（表層型メタンハイドレートの賦存状況及び賦存域周辺の海底状況（地盤、底層流、メタンプルーム等））取得のため、モデル調査海域等における詳細地質調査や高分解能三次元地震探査等を実施する。そして既存データと併せたデータ解析及び評価を行い、試験候補地の絞り込みに向けた検討を行うとともに、海洋での技術検証試験に向けて必要な海洋調査を実施する。

なお、実施場所の絞り込みの状況や生産技術開発及び環境影響評価の進捗状況によっては、海洋調査の計画見直しなど、柔軟な対応を行う。

ハ）環境影響評価

表層型メタンハイドレート開発に適した環境影響評価手法の構築及び回収・生産技術の開発の高度化のために、海洋調査船、ROV、AUV（自律型潜水調査機器）などを用いた実海域での水質・底質・生物相に係る環境ベー

スラインデータの収集と地盤や底層の物理環境など海底の状況把握のための海洋調査を実施するとともに、遺伝子分析や元素分析に係る高性能な装置を導入し高感度な生態影響評価手法の確立に取り組む。さらに海洋での技術検証試験を想定したモニタリング手法の設計と高度化を進める。

なお、海洋での技術検証試験の検討結果によっては、環境影響評価に係る計画見直しも含め、柔軟な対応を行う。

ｂ）方向性の確認・見直し

「海洋での技術検証試験」の取りまとめを目途に、回収・生産技術の研究開発や海洋産出試験の実施場所の絞り込みに向けた海洋調査、環境影響評価の進捗状況を確認し、将来の海洋産出試験への移行の可否など、今後の具体的な目標やスケジュール等の確認・見直しを行う。

ｃ）方向性の確認・見直しの結果を踏まえた海洋産出試験等

「ｂ）方向性の確認・見直し」の結果を踏まえ、我が国周辺海域の表層型メタンハイドレートを対象とした回収・生産技術の実証を行うことを目的とした海洋産出試験等を実施する。あわせて、海洋産出試験前後における環境影響評価を行う。

ｄ）長期的な取組

イ）経済性の確保や環境保全など、商業化に必要な条件の検討

経済性の確保や環境保全など、表層型メタンハイドレートの商業化に必要な様々な条件を、我が国のエネルギー安全保障に最大限資するという観点を失することなく、継続的に検討する。それらの条件を踏まえ、技術開発の内容や将来の商業化に向けたプロジェクトで想定される開発システムを柔軟に見直す。また、今後、技術開発する上で必要となるカーボンニュートラルに関する検討や技術検証、海洋産出試験のための事前検討なども行う。

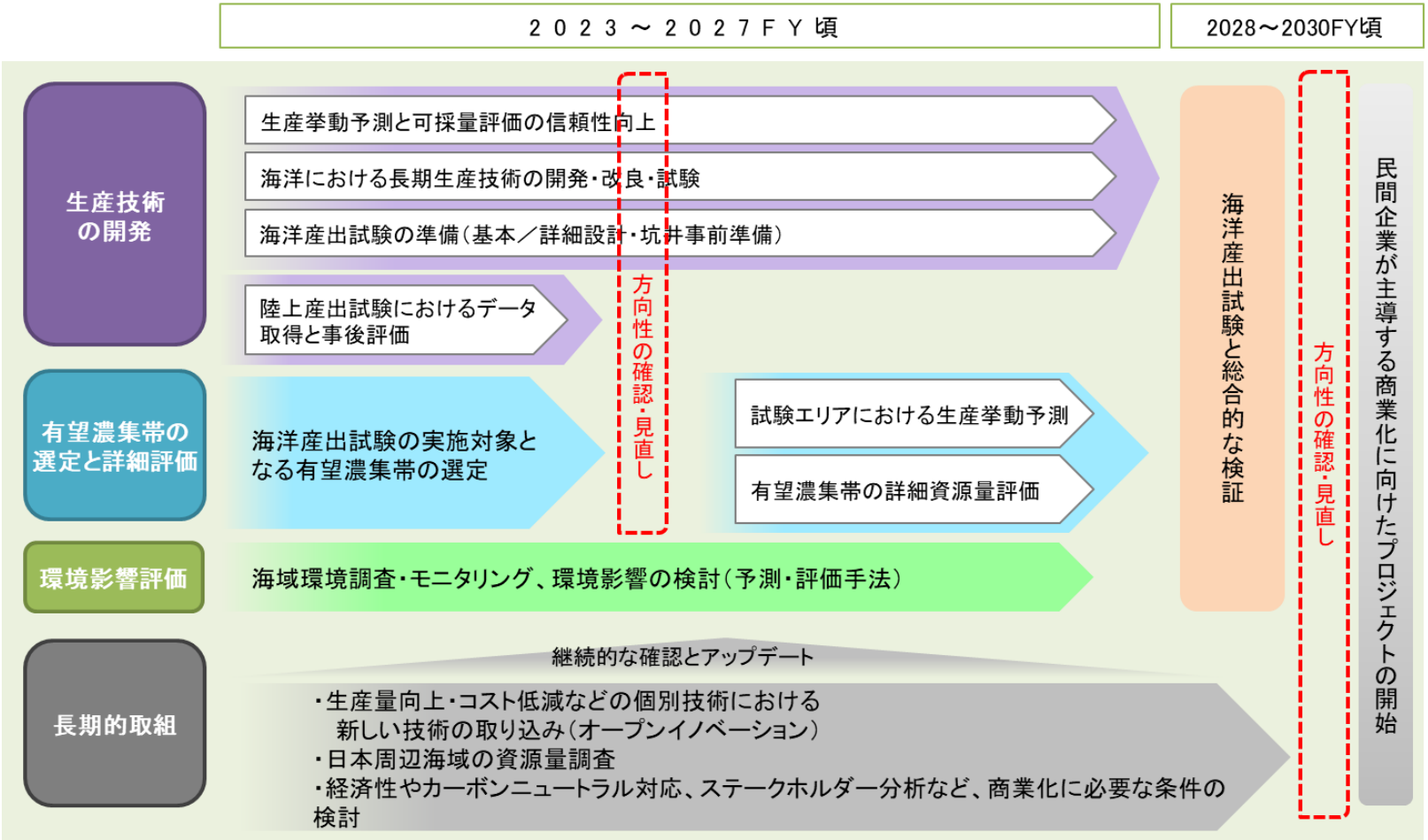
ｅ）その他

回収・生産技術の開発体制や海洋調査データの共有のあり方等について検討する。また、表層型メタンハイドレートに関する研究活動を国民に分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、成果の普及・情報公開を推進する。

砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

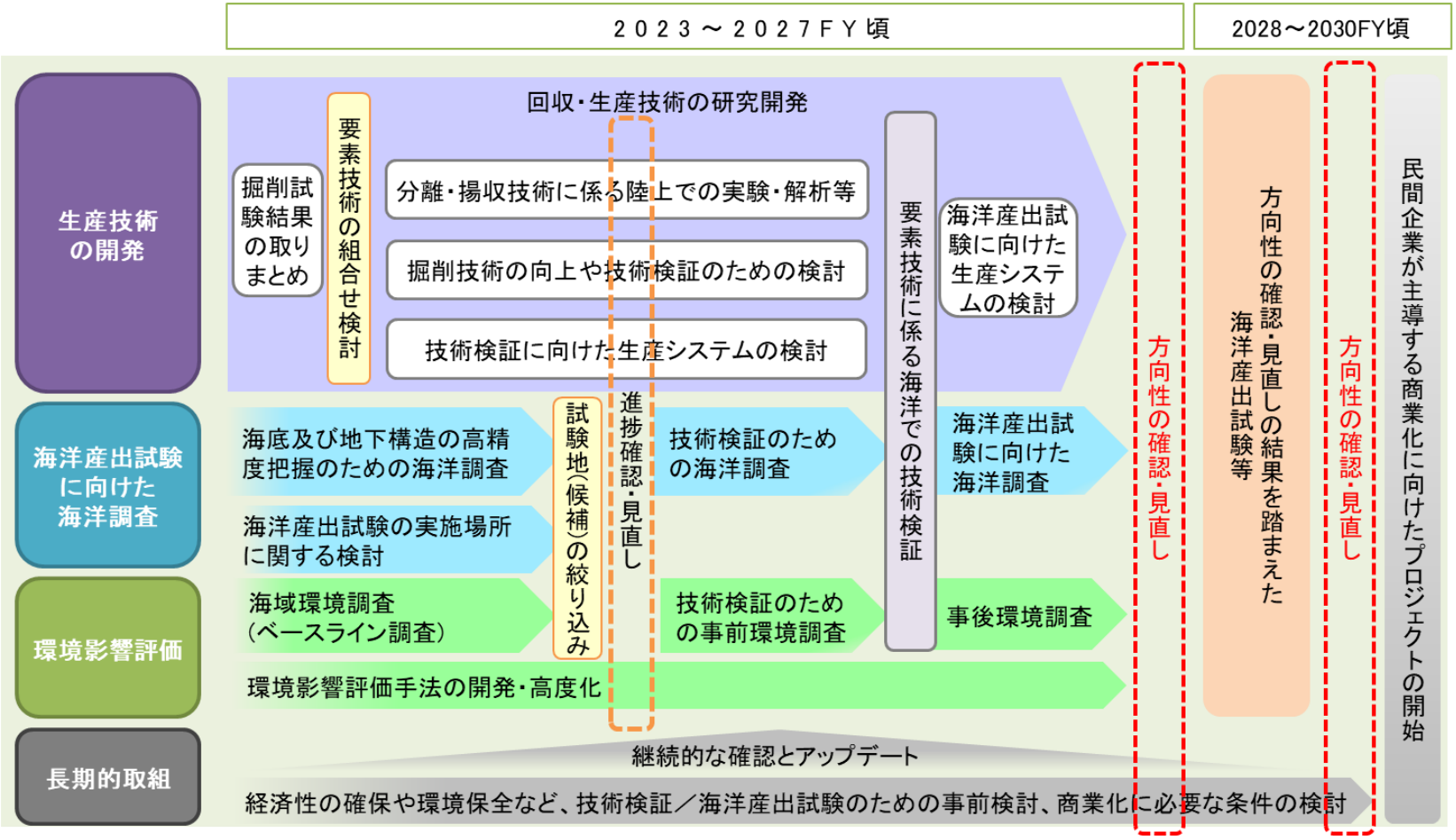
- 2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。



表層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

- 2030年度までに民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、国は産業化のための取組として、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う。



第２章　石油・天然ガス

２．１　背景

石油・天然ガスについては、2021 年度末時点でも一次エネルギー供給源の約６割（57.4%）を占めている。2021 年に策定した第６次エネルギー基本計画では、2030 年度においても一次エネルギー供給源の約５割（石油等 31%程度、天然ガス 18%）を占めることとされており、今後も重要なエネルギー源の一つとして位置づけられている。しかしながら、我が国は資源のほぼ全てを海外からの輸入に依存しており、安定的な資源確保を実現するための政策を引き続き推進していくことが必要である。

我が国周辺海域に存在する石油・天然ガスの開発は、地政学的リスクに左右されず安定的なエネルギーの供給が可能となることから、少しでも国内生産によるエネルギー自給率を引き上げる政策が重要であることは論をまたない。その上で、国は、民間企業の事業活動を補完することを通して、国内における資源埋蔵の可能性調査、探鉱、開発を効果的に行えるよう、これまでに、基礎物理探査[注5]及び補助試錐事業[注6]等を実施してきている。

注 5）基礎物理探査：

国が行う物理探査。人工的に発生させた音波が地層の境界面に反射して戻ってきた反射波を受振機でとらえて、地下の地質構造を調査するもの。

注 6）補助試錐：

石油・天然ガスに関して民間企業が行う試掘に対する国の補助事業を指す。様々なデータを基に地質解釈を行った結果、集油・集ガスの可能性が高い地域として選定されたエリアにおいて、地下の地質構造及び油・ガス胚胎の状況を直接的に把握するため、大型掘削装置等を用いて実際に掘削を行う。

これまでの学術的調査等の結果、我が国周辺海域に 50 箇所、総面積にして約 84 万 km^2 の海域において、水深 2,000m 以下で、かつ堆積物の厚さ 2,000m 以上の堆積盆地を抱えていることが判明している。しかし、我が国周辺海域において三次元物理探査[注7]を行った海域は極めて限られている（2022 年度末で、約 8.2 万 km^2）。

依然として、今後、精査すべきエリアが相当程度残っていることから、計画的に基礎物理探査を実施していく必要がある。

注 7）三次元物理探査：

三次元物理探査は、地質構造を立体的に把握することが可能な高精度音波探査のことを指す。なお、二次元物理探査は、測線下の地下構造を二次元的に把握する。

２．２　これまでの取組み

（１）基礎物理探査

国及び国に準ずる機関が保有する三次元物理探査船による基礎物理探査については、2007 年度から 2022 年度末までに、日本周辺の 46 海域、約 7.4 万 km^2 において、三次元物理探査を実施し、これまでの探査の結果、146 箇所もの有望な地質構造を発見した。

旧開発計画において、国内における資源の探鉱・開発を促進するために我が国周辺海域における堆積盆地等の面積から、国が主導して調査すべき面積として定めた、2019 年度から 2028 年度末までに三次元物理探査でおおむね 5 万 km^2（平均約 5,000km^2/年）の調査目標面積に対し、2019 年度から 2022 年度末時点で 12,207km^2 の調査を実施した。同調査で得られた物理探査データ等については独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（以下、「JOGMEC」という。）を通じて、民間企業等へ適切に情報共有を行ってきた。

2019 年度には、より効率的・効果的な探査を実施するために、 JOGMEC が新たに三次元物理探査船を調達した。この三次元物理探査船は、民間の探査会社・操船会社のノウハウを最大限活用し、コストの低減、稼働率の向上、より効果的な探査を実施可能とするために、JOGMEC が保有したうえで民間企業がオペレーションを担うこととしている。より、効果的な探査を行うため、音波探査装置等、世界水準の機器・技術の導入も進めてきた。これにより、データ品質の向上や効率的なデータ取得の実施、これまで探査できなかった大水深等も対象に探査を実施することが可能となった。

あわせて、運航体制の見直し等を図り、効率的な調査運航体制構築に取り組んだ。

（２）試掘（試錐）

有望な構造への試掘機会を増やすため、従来の基礎試錐制度に加えて、2019 年度より補助試錐制度を導入し、民間企業が実施する試錐に対する支援制度を新設した。三次元物理探査船の調査の結果、有望と判断された海域において、試錐を２坑掘削した。

具体的には、2019 年 4 月から約 4 ヶ月間、北海道日高地域沖合において、基礎試錐「日高トラフ」を実施した。その結果、各種地質データを取得するとともに、掘削過程で天然ガスが存在する兆候が認められた地層に対して産出テストを実施し、一定量の天然ガス産出を確認した。

また、2021 年 7 月 4 日から約 2 ヶ月間、北海道遠別町西方沖合において、国の補助事業として三井石油開発株式会社が掘削調査を実施した。当該地域の掘削調査において、残念ながら、顕著な石油・天然ガスの徴候は確認できなかったものの、一部地層において微量のガスの徴候を確認するとともに、今後の調査に必要

となる岩石サンプルや、地質データを取得し、今後の開発、生産の可能性につながるよう備えた。こうした取組を通して、同地域周辺では民間企業の参入への関心が高まっている。

２．３　課題

（１）探査

① 国主導の探査

我が国周辺海域における探査については、国内における資源の探鉱・開発に資する有望な地質構造を発見することを目的に、JOGMEC が保有する三次元物理探査船を用いて、2019 年度以降、10 年間でおおむね 5 万 km^2 の探査実施を目指して取り組んでいる。当初の推進モーター損傷やサメによる音波探査装置損傷によるトラブル等により、2019 年度から 2022 年度末時点での累計探査実績は 12,207km^2 で計画に対し遅れが出ていたものの、2023 年度は目立ったトラブルなく、12 月末時点の実績約 7,300 km^2 と、順調なデータの取得ができている。2028 年度までの残り５年間の調査目標面積が約３万 km^2 となるため、以後、約 6,000 km^2/年を目標に探査を継続していく。

探査未着手海域は、船の往来の多い海域や潮流の速い海域など難易度の高い海域や、浅海域といった新たな調査手法を要する海域を含んでいる。こうした場所でも、効率的な有望地域の更なる特定のため、例えば、データ処理においてより高精度な深度マイグレーションの標準化等、新たな取組や技術導入を進めていく必要がある。

②民間企業による活用

これまで蓄積したデータについては、国内における資源の探鉱・開発を促進するために、より積極的に活用を促すことが重要である。このため、これまで取得した探査データについて、最新の知見を用いて評価し、引き続き、調査結果の開示を進める他、CCS 分野への提供はじめ、民間企業の利用をより促進するために、企業側の事情や関心に応じた情報共有を進めていく必要がある。

また、JOGMEC が保有する三次元物理探査船と蓄積された三次元物理探査技術の知見を活用するため、将来的には国主導のみならず、民間企業による効率的・効果的な探査を実施し、民間企業による国内外の資源開発につなげることも検討する必要がある。

③より効率的な探査の実施

以上のような課題に機動的に対応していくためには、オペレーションの最適化、民間企業からの探査受託、新規探査海域の提案等に民間探査会社・操船会社が保有するノウハウを最大限活用し、コストの低減、稼働率の向上、より効果的な探査の実施を可能とする必要がある。

また、JOGMEC がこれまでに蓄積した三次元物理探査に関する知見を積極的に活用・還元する必要がある。

（２）試掘（試錐）

国は 2008 年以降、これまでより高精度な地質構造を把握可能な三次元物理探査船による物理探査データの提供等を通じて、試掘のリスク低減を進めている。その結果、2019 年の「日高トラフ」の基礎試錐では一定量の天然ガス産出を確認するなど、我が国周辺海域での新たな油ガス田発見の可能性が期待される。

他方、世界的なカーボンニュートラルの動きにより、石油・天然ガスの探鉱開発への民間投資が減少していることから、現状においては試掘のリスクの高さ、安定供給確保という国の使命、そして、補助試錐の本来の目的である民間探鉱を促進するためにも、国による継続的な支援が重要である。受益者による一部負担を原則としながらも、こうした事情に鑑み、国主導で試錐を実施すべき場合は国の委託事業としての基礎試錐も引き続き堅持する必要がある。

２．４　今後の取組み

（１）基礎物理探査の実施

引き続き、三次元物理探査船等を使用し、必要に応じて、最新鋭の機器・技術の導入も行いながら、2024 年度から毎年度、約 6,000 km^2 の探査を行い、2019 年度から 2028 年度までの 10 年間におおむね 5 万 km^2 という探査目標の達成を目指す。その際、OGF (注8) をはじめ、旧開発計画の元で構築した民間企業の知見も活用した運航体制等を活用し、効率的なデータの取得を進める。

石油・天然ガスの埋蔵量や採掘可能性を主目的に、過去に取得した貴重なデータや、今後、石油・天然ガス目的で取得する新たなデータについても、結果的にカーボンニュートラルを目指す企業の意向を踏まえた CCS 目的での広い情報共有の在り方を含め、柔軟な対応を行っていく。さらに、貴重な政策資源を投入した三次元物理探査船については、資源外交とも、より連携し、海外での調査にも三次元物理探査船の活用の可能性を引き続き検討していく。こうした取組を通して、国主導だけではなく、民間企業による探査にも同船が積極的に活用される状況を目指していく。

なお、二次元物理探査については、三次元物理探査のための広域調査として、引き続き実施していく。

注8）OGF（オーシャン・ジオフロンティア）：
2018年の第3期海洋基本計画で日本周辺海域における資源の探査継続決定を受け、需要に対応するため設立された事業会社。

（２）試掘（試錐）の実施

三次元物理探査船等の結果を踏まえ、国主導で試錐を実施すべき場合は、基礎試錐を実施していく。

また、商業化を見据えた試掘については、補助試錐から探鉱出資（JOGMECのリスクマネー供給）まで事業化のリスク段階に応じたシームレスな支援制度を継続し、真にリスクを取り、開発意欲のある民間企業に対して、限られた政策資源を集中させ、有望な地質構造への試掘機会を増やしていく。

なお、基礎物理探査等により得られた地質データ等の成果については民間企業に引き継ぎ、より一層の探鉱活動の促進を図る。

（３）その他留意すべき事項

①三次元物理探査は、受振機を内蔵した約8,000mのケーブルを約百m間隔に12本程度を広範囲に展開し、極めて低速度（数ノット程度）で曳航することから、他の船舶が調査海域に進入した場合には誤ってケーブル切断するなどの事故が懸念される。そのため、安全確保のために調査海域を航行する船舶と情報を共有する必要がある。また、試錐では、大型掘削装置等を設置し、掘削作業を数ヶ月間行うため、占有面積は小さいものの数ヶ月間海域を占有することとなる。したがって、計画的かつ着実に調査を行うためにも、調査海域において航行する船舶や漁業の操業状況等に十分配慮しつつ、調査を実施していく。

②また、事業を行うに当たっては、周辺海域の水産資源等に配慮し、専門家・関係者等の意見を聞きつつ、事業を実施していく。

石油・天然ガスの探鉱・開発に向けた工程表

「海洋基本計画」（令和5年4月28日閣議決定）
○日本周辺の海域における探鉱活動等を推進するため、引き続き、三次元物理探査船等を使用した国主導での探査（おおむね5万km²/10年）を機動的に実施する。
○有望な構造への試掘機会を増やすための検討を行う。

国の取組

基礎物理探査の実施

2019FY ～ 2028FY

二次元基礎物理探査（三次元物理探査のための広域調査）

調査海域の絞り込み

三次元基礎物理探査
＜総調査量：おおむね5万km²＞

試掘（試錐）の実施

試錐地点の検討

試錐（試掘機会を増やすための検討）

（※調査海域、試錐地点の検討は、基礎調査実施検討委員会が審議）

我が国周辺海域における詳細な地質情報を取得

地質情報の提供

（二次元・三次元・試錐の各種データ）

民間石油天然ガス開発企業による探鉱・開発を促進

第３章　CCS

３．１　背景

2050 年カーボンニュートラルの実現のためには、省エネルギー、再生可能エネルギー、電化や水素エネルギーの活用などが必要であるが、一方、CO2 の排出が避けられない事業分野が存在する。この分野においても、確実に CO2 排出を抑制する必要があるが、「CCS（CO2 の地中貯留）」はこれを解決するに当たり重要な取組であり、「CCS なくして、カーボンニュートラルなし」とも言える状況となっている。CCS はエネルギーの調達や利用に影響し、エネルギー安全保障上、重要な意義を有するほか、我が国の産業立地や本邦企業の国内における事業活動を左右し、経済政策上も重要な意義を有する。

３．２　これまでの取組み

これまでの日本における CCS の検討については、北海道苫小牧市における大規模 CCS 実証試験、液化 CO2 輸送技術の研究開発・実証などの研究開発や実証事業等を通じて行われてきており、着実に CCS 技術の蓄積が進められてきた。具体的には、大規模 CCS 実証試験については、2012 年度から 2015 年度に実証設備を建設し、2016 年度から CO2 の圧入を開始し、地域社会と緊密に連携を取りつつ、2019 年 11 月に累計圧入量 30 万トンを達成した。現在は、貯留の安全性を担保するため、弾性波探査や微小振動観測などを組み合わせてモニタリングを実施。また、液化 CO2 輸送技術の研究開発・実証については、2024 年度に舞鶴、苫小牧間の長距離輸送を開始し、2026 年度までに低温・低圧帯での安定した運行技術の確立を目指すべく検討・準備を進めている。

2021 年 10 月に閣議決定されたエネルギー基本計画においては、CCS について、技術的確立・コスト低減、適地開発や事業化に向けた環境整備に係る長期のロードマップを策定することとされており、有識者等からなる CCS 長期ロードマップ検討会を開催して 2023 年３月に「CCS 長期ロードマップ最終とりまとめ」を公表した。こうしたことを踏まえ、2023 年 7 月に閣議決定した脱炭素成長型経済構造移行推進戦略において、2030 年までの CCS 事業開始に向けた事業環境を整備するため、模範となる先進性のあるプロジェクトの開発及び操業を支援するとともに、CO2 の地下貯留に伴う事業リスクや安全性等に十分配慮しつつ、現在進めている法整備の検討について早急に結論を得て、制度的措置を整備することとしている。

３．３　課題と今後の取組み

脱炭素成長型経済構造移行推進戦略において、2030 年までの CCS 事業開始に向けた事業環境を整備するため、模範となる先進性のあるプロジェクトを支援していく方針が示されており、これを踏まえ、CCS の普及と拡大に向けて、事業の大規模化とコスト削減に取り組むモデル性のある事業を「先進的 CCS 事業」と位置づけ、CO2 の分離・回収

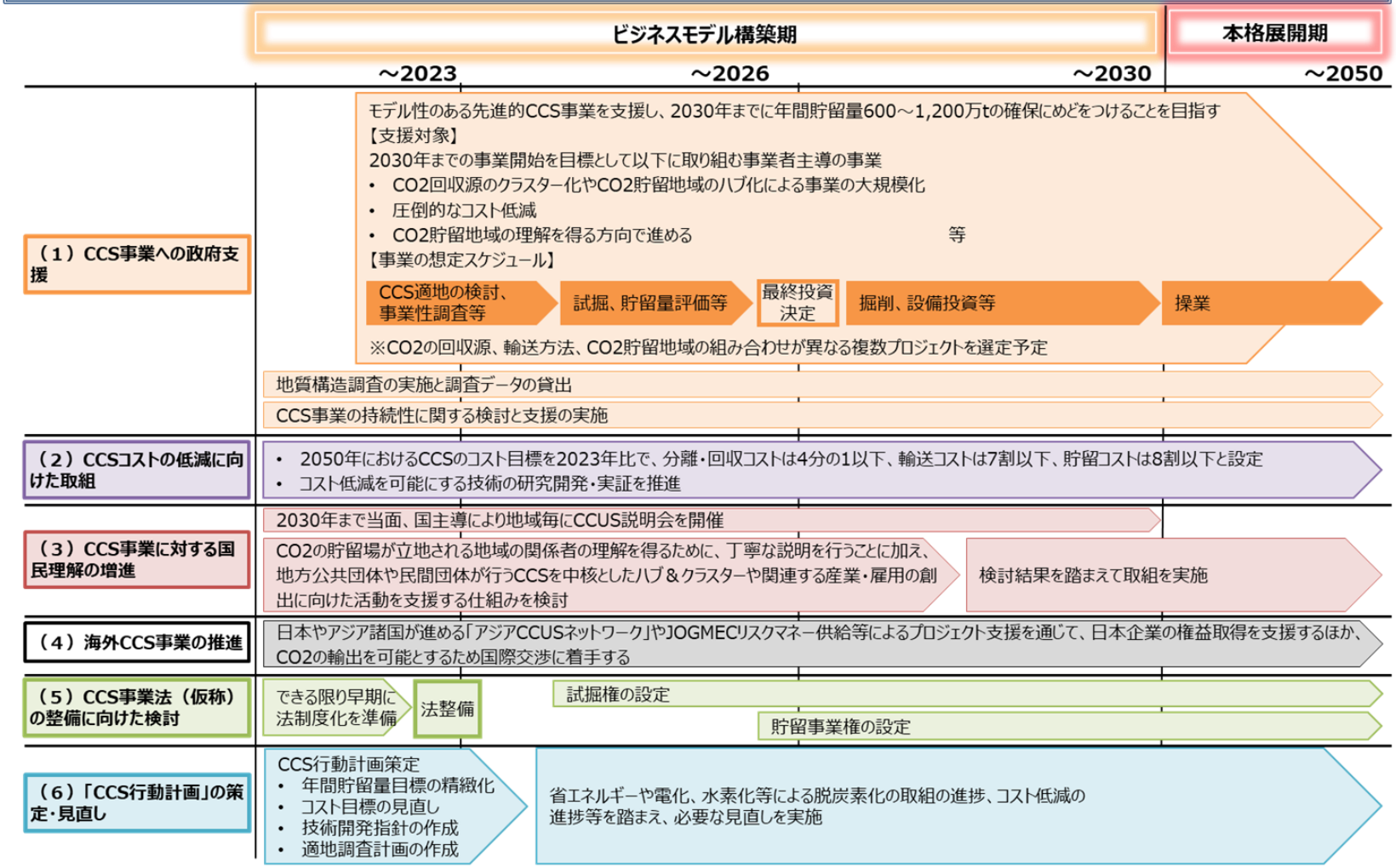
から輸送、貯留までのバリューチェーン全体を一体的に支援していく。こうした取組を加速していくことで、2030年までに年間貯留量600～1,200万tにめどをつけることを目指す。

また、2023年9月より、産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 産業保安基本制度小委員会／総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 カーボンマネジメント小委員会においてCCSに係る制度的措置の在り方について議論し、中間取りまとめを策定した。本取りまとめでは、制度的措置のほか、国民理解の増進、コスト削減に向けた取り組み、CCS適地の開発促進／地質構造調査、人材育成と最先端のノウハウ蓄積・活用、ビジネスモデル及び支援制度の具体化、海外でのCCS事業推進に向けた環境整備などについても、取り組みや検討を進めていくこととしている。

CCSの事業開始に向けた工程表（CCS長期ロードマップ）

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

- CCSの適地開発を推進するとともに、2030年までのCCS事業開始に向けて事業法整備を含め事業環境整備を加速化し、2030年までに年間貯留量600～1,200万tの確保にめどをつけることを目指す。



第４章　海底熱水鉱床

４．１　背景

陸域の金属鉱物資源に乏しい我が国は、その需要量のほぼ全てを海外からの輸入に頼っている。

我が国周辺海域に賦存する海洋鉱物資源は、他国の政策等の影響を受けにくい安定的な資源供給源を持つという観点からその開発に向けた取組が進められてきた。

海底熱水鉱床は、海底の地下深部に浸透した海水がマグマ等の熱により熱せられ、地殻に含まれている有用元素を抽出しながら海底に噴出し、それが冷却される過程で、熱水中の銅、鉛、亜鉛、金、銀等の有用金属が沈殿したものである。我が国周辺海域では、島弧－海溝系に属する沖縄海域及び伊豆・小笠原海域において、水深 700m～2,000m の海底に多くの海底熱水鉱床の兆候が発見されており、比較的近海かつ浅海に賦存しているため開発に有利と期待されている。

鉱物資源の市場動向については、中長期的には、途上国や新興国の経済発展、金属価格の低迷による新規鉱山開発の停滞、資源国の政策の影響等により、供給不足となる可能性も指摘されており、将来的な鉱物資源の安定供給確保の観点から、海洋鉱物資源の開発への対応が引き続き必要な状況となっている。

４．２　これまでの取組み

（１）資源量調査

海洋資源調査船「白嶺」に加え民間チャーター船を活用したボーリング調査、物理探査、及び品位分析等を積み重ねて資源量評価を行い、概略資源量合計 5,180.5 万ｔを把握した。

また、資源量評価の対象となる新鉱床を発見するための広域調査では、民間企業とも協力しながら、自律型無人潜水機（AUV）や遠隔操作型無人潜水機（ROV）を用いた調査に加え、新たに深海曳航体（DT）を用いた調査を導入し、より効率的、効果的な調査を実施し新たに７つの新鉱床を発見した。

（２）採鉱・揚鉱技術

２つの海底熱水鉱床を対象に地山モデルを構築した上で、主にチムニーやマウンド頂部を掘削するための立型採鉱機を設計・製作し、模擬岩盤を用いた陸上での掘削試験により、掘削性能を確認した。また、揚鉱水を循環させて連続的に鉱石を船上に揚げることにより、浄化処理の必要な揚鉱水量を低減して船上での処理を可能にするとともに、ポンプ等の摩耗量を低減でき耐久性やメンテナンス性に優れる循環式スラリー揚鉱方式を提案した。更に、鉱石の粒度調整のための細粒化装置、海水

と混合して濃度調整した鉱石を循環系に連続的に投入する鉱石投入装置を開発し、陸上にて揚鉱管へのスラリー移送性能を確認した。

これらの取組を通じて各要素技術が技術的に成立し得ることを確認した後、要素技術を組合せ、商業化に必要な操業安定性や環境影響を考慮した採鉱・揚鉱システムを構築した。

（３）選鉱・製錬技術

平成30年度までに開発した亜鉛・鉛主体の鉱石の選鉱プロセスを改良し、銅主体の鉱石と金・銀に富む亜鉛・鉛主体の鉱石に適した選鉱プロセスを構築した。

また、金・銀に富む亜鉛・鉛鉱石を選鉱して得られた精鉱を国内製錬所の実操業炉に原料の一部として投入し、亜鉛地金を作製するとともに、精鉱の品質に関する課題を抽出し、不純物低減に取り組んだ。

（４）環境影響評価

沖縄海域の海底熱水鉱床を対象に開発した環境調査手法を用いて、地形や海流などの特徴の異なる鉱床で環境調査を実施し、手法の適用性を確認するとともに、環境特性を把握した。また、採鉱・揚鉱パイロット試験やかく乱試験の事後モニタリングを行い、試験による環境影響の経時変化を明らかにした。

更に、海底での掘削等により発生する懸濁粒子の拡散・再堆積を予測するモデルの適用性確認、生物試料の遺伝子解析に基づく遺伝的交流関係の把握など、環境影響評価手法の高度化に取り組んだほか、海底熱水鉱床が賦存する北大西洋中央海嶺の地域環境管理計画策定に向けた国際海底機構(ISA)のワークショップにおいて、成果である粒子の拡散・再堆積を予測するモデルの適用事例を紹介し、国際ルール作りに貢献した。

（５）経済性の評価・法制度のあり方の検討

有識者による勉強会を開催し、日本の国家管轄圏内での海底熱水鉱床開発を前提に、国際法上国家に課される義務について検討した上で、それに基づいて事業者の義務を規定する国内法を整備するために必要と考えられる情報を取りまとめた。また、海洋鉱物資源開発をめぐる国際動向に係る情報収集、海底熱水鉱床の商業化に関係し得るステークホルダーの抽出等を行った。

2023年3月、海底熱水鉱床開発に関する取組や金属資源の需給動向といった外的要因の課題を総合的に検証・評価した。この中で、2つの海底熱水鉱床で把握された概略資源量を対象に、それまでに商業化をイメージして開発してきた生産技術及び環境影響評価手法、並びにその時点の経済条件（2022年平均金属価格等）に基づく予察的な経済性の評価を行った。その結果、今回設定した条件では収支がマイナスとなった。一方で、新鉱床発見や金属価格の上昇等による収入増加や生産コストの

削減が達成されるケースでは、十分な内部収益率（IRR）が確保され、経済性を見出し得ると評価した。

４．３　課題

（１）資源量調査

①経済性の評価の結果を踏まえた収入の増加に貢献するためには、鉱石価値の高い新鉱床の発見のための広域調査や、既知鉱床や新鉱床の資源量評価が必要である。なお、資源量評価に当たっては、ボーリングコア試料未回収部分の地質情報が不足していることから、これを補うための岩石物性測定を実施する必要がある。

②開発対象の候補となる鉱床の商業化に向けた経済性の評価には、更なるボーリング調査・解析を通じて、より精緻な資源量評価を行う必要がある。

（２）採鉱・揚鉱技術

①立型採鉱機を用いた陸上での掘削試験、循環式スラリー揚鉱方式に必要な鉱石投入装置によるスラリー移送試験などを通じて成立性の確認された各要素技術について、実操業により近い条件での試験により、更に技術的信頼性を向上させる必要がある。

②商業化に向けて、採鉱・揚鉱システムの生産効率向上による操業コストの削減が求められる。

③商業化に向けて、国内外における技術開発動向を把握し、生産コストの低減に向けて取り組む必要がある。

（３）選鉱・製錬技術

①採鉱・揚鉱された海底熱水鉱床の鉱石を国内製錬所で全量処理するためには、精鉱に含まれる不純物を更に低減させる必要がある。

②商業化に向けて、選鉱プロセスの最適化による操業コストの削減が求められる。同時に、選鉱プロセスを改良したとしても精鉱中の不純物低減には限界があることから、実操業においてこうした精鉱を製錬所が受け入れられるよう、製錬プロセスに係る研究が必要である。

（４）環境影響評価

①環境保全策の検討を継続するとともに、環境影響評価手法を高度化し、実操業が海洋環境に及ぼす影響を適切に予測・評価するための手法を確立する必要がある。

（５）経済性の評価・法制度のあり方の検討

①海洋鉱物資源開発が海洋環境に及ぼす影響への関心が国際的に高まっている中、ISA では深海底の鉱物資源に関する開発規則案が議論されている。将来の開発に向けて、このような国際ルール、諸外国の法制度に加え、国際動向等に係る情報収集を進める必要がある。

②我が国は世界的にも多くの環境データを有することから、科学的根拠に基づく議論を促進し、開発と環境保全のバランスの取れた合理的な国際ルール作りに貢献していくことが求められる。

③経済性の評価は、適用する生産技術、金属価格や費用の見積もり、操業リスクの考え方などにより大きく変動する。また、評価は、採掘される鉱石の品位は一定、年間を通じて同じ海域で操業、生産される精鉱を全て国内製錬所に供給など、いくつかの仮定に基づくものである。これらに留意して海底熱水鉱床開発の可能性を評価するとともに、資源量調査や生産技術開発の進捗、国際ルールを含む法制度、社会的受容性、市況などを踏まえ、商業化に向けたより精度の高い経済性の評価を行うべきである。

４．４　今後の取組み

（１）資源量調査

①経済性の評価における収入の増加に寄与するために、新鉱床の発見のための広域調査を実施するとともに、既知鉱床や新鉱床の資源量評価を行う。資源量評価に際しては、より確度の高い地質モデルを構築するために、ボーリング調査を補完するための岩石物性測定を行う。

②開発対象の候補となる鉱床について、概測資源量把握のため、ボーリング調査を高い密度で実施し、精緻な資源量評価を行う。

（２）採鉱・揚鉱技術

①立型採鉱機について、姿勢制御機構の改良や耐水圧化を行い、実操業により近い条件設定による掘削試験等を通じて、頂部掘削性能を検証する。

②循環式スラリー揚鉱方式について、高負荷及び長時間運転時の耐久性試験等を通じた要素技術の信頼性向上、揚鉱システムへの鉱石投入を含む海域での総合試験による実証を行う。

③国内外における技術開発動向を調査し、我が国で保持・開発すべき技術を明らかにするとともに、生産コスト低減に資する他国技術の導入可能性を検討する。

（３）選鉱・製錬技術

①海底熱水鉱床鉱石を構成する鉱物の浮選挙動を把握して、精鉱に含まれる不純物を更に低減できる選鉱プロセスに改良する。また、湿式処理の適用など複数の方法の組み合わせを検討し、精鉱の品質と生産コストのバランスのとれた選鉱プロセスに最適化する。

②国内製錬所において不純物を含む精鉱を処理するのに必要な条件を整理し、製錬プロセスの改良を検討する。

（４）環境影響評価

①開発対象の候補となる鉱床について、開発を想定した環境保全策を検討する。

②海底での掘削等に起因する懸濁粒子の拡散・再堆積を予測するモデルに用いる流動場について、対象海域における長期間の流況を反映したデータとするなど、実操業への適用を想定した環境影響予測モデルの予測精度向上を行う。

（５）経済性の評価・法制度のあり方の検討

① 国際動向や国際ルール、諸外国の法制度等に係る情報収集を進める。

② 環境調査等で得られたデータを活用し、開発と環境保全のバランスの取れた合理的な国際ルールの策定に主体的に貢献する。

③ 本計画期間終了時の 2027 年度には、その時点の資源量調査、生産技術開発、環境影響評価に基づく経済性の評価を実施し、総合的に検証・評価し、国際情勢や市況見通しといった外的要因を踏まえつつ、 取組の方向性を決定する。

海底熱水鉱床の開発に向けた工程表

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）
● 国際情勢を睨みつつ、2020年代後半以降に民間企業が参画する商業化を目標としたプロジェクトの開始を目指し、経済安全保障の観点からも、国として必要な時に確実に開発・生産できるようにするため、資源量の把握、環境面も含めた技術の確立、体制の整備等を行う。

～2022FY　　2023–2027FY　　2028FY以降

総合的な検証・評価（2022FY）

【資源量調査】
- 経済性評価における収入増に寄与するための広域調査及び資源量評価
- 開発対象の候補となる鉱床における概測資源量把握のための精緻な資源量評価

【採鉱・揚鉱】
- 立型採鉱機の改造 → 掘削試験等による頂部掘削性能の検証
- 耐久性試験等を通じた要素技術の信頼性向上 → 鉱石投入を含む総合的な揚鉱試験装置の製作及び循環式スラリー揚鉱方式の実証

【選鉱・製錬】
- 精鉱に含まれる不純物を低減し得る選鉱プロセスの改良 → 精鉱の品質と生産コストのバランスを考慮した選鉱プロセスの最適化
- 不純物を含む精鉱処理のための製錬プロセスの検討

【環境影響評価】
- 開発対象の候補となる鉱床及び周辺海域における環境データの拡充 → 開発対象の候補となる鉱床に対する環境保全策の検討
- 実操業への適用を想定した環境影響予測モデルの予測精度向上

【法制度のあり方の検討等】
- 国際動向、国際ルール、諸外国の法制度等に係る情報収集
- 積極的なデータ開示など通じた国際ルール策定への貢献

総合的な検証・評価（2027FY）

開発対象の候補となる鉱床について以下の取組を推進
- プレFSを通じた鉱石埋蔵量の算定
- 採鉱・揚鉱システムの海域試験
- 採鉱・揚鉱システムの海域試験に係る環境影響評価
- 国内法制度の整備に係る検討

国際情勢等に応じた商業化

第５章　コバルトリッチクラスト

５．１　背景

コバルトリッチクラストは、海山斜面から山頂部にかけて、海底の岩盤を皮殻状に覆うマンガン酸化物で、特に電池の正極材等に用いられるコバルトの品位がマンガン団塊に比べ 3 倍程度高いことを始め、EV・電化を背景として需要の増大が見込まれる複数の重要なレアメタルを高品位で含む特徴がある。

コバルトリッチクラストは、公海の海底及びその下（いずれかの国の大陸棚に属する部分を除く。以下、「深海底」という。）に加えて EEZ（排他的経済水域） にも存在することが判明しており、水深 800m～2,400m 付近の海山平頂部といった海洋鉱物資源の中でも比較的水深の浅い箇所に分布している。

2014 年 1 月には、深海底の鉱物資源を管理する ISA と JOGMEC が探査契約を締結した。この契約により、2029 年 1 月までの 15 年間にわたる排他的権益が確保されている。

コバルトについては、次世代自動車（EV/PHV）の普及拡大に従って、リチウムイオン電池製造のために不可欠な鉱物資源として需要の増加が見込まれている一方、陸上鉱山における埋蔵量や偏在性の課題があるため、近年、産業界の関心が非常に高まっている。コバルトを高品位で含むコバルトリッチクラスト開発への取組は、ISA との探査契約締結を機に本格化したものであり、取り組むべき課題がまだ多く残されているが、上述のような国際的な需給見通しも踏まえれば、資源の安定供給確保の観点から、資源量調査や技術確立に向けた取組を継続していくことが求められる状況にある。

５．２　これまでの取組み

（１）資源量調査

ISA との探査契約に基づき、ISA 鉱区において地形調査、海底観察、ボーリング調査を実施し、得られた調査・解析データから、2021 年 1 月までに 3,000km^2 の探査鉱区を 2,000km^2 に、2024 年 1 月までに 1,000km^2 に絞り込みを行った。

EEZ の資源ポテンシャルの評価を目的として、南鳥島沖及び小笠原海台において地形調査、海底観察、ボーリング調査を行い、南鳥島沖ではポテンシャル評価を実施した。

（２）採鉱・揚鉱技術

海底熱水鉱床用に開発した試験機を改造した採鉱試験機を用いて、南鳥島沖において掘削性能確認試験を実施し、掘削・浚渫効率や試験機の走行性能に関するデータを

取得した。また、得られたデータに基づきコバルトリッチクラストに適した掘削機構等を開発し、コバルトリッチクラスト専用の採鉱試験機の基本設計を完了した。

（３）選鉱・製錬技術

掘削性能確認試験で回収された試料を選鉱することで、目標とする品質の精鉱を得られることを確認するとともに、実収率向上に向けた課題を抽出した。また、当該試料にこれまでに用いた手法による選鉱が困難な細粒分が相当程度含まれていたことから、室内試験により他の選鉱法の適用性を検討した。

製錬技術については、ISA 鉱区や南鳥島沖で採取した試料を用いた試験を行い、製錬プロセスを確立し､数百キロ単位の試料を用いたスケールアップ試験により実証した。

（４）環境影響評価

南鳥島沖における環境調査、掘削性能確認試験前及び試験中のデータ取得、試験後のモニタリングを通じて、試験に伴う環境影響を評価した。また、採鉱によって発生する懸濁粒子の拡散・再堆積を予測するためのモデルの開発に取り組んだ。

ISA 鉱区においては、環境調査により各海山の環境特性を把握した。

更に、国際学会等へのデータの開示、ISA 鉱区を含む北西太平洋の地域環境管理計画策定に向けたワークシップへの参加などを通じて、国際ルール作りに貢献した。

５．３　課題

（１）資源量調査

①ISA との探査契約終了後の開発検討に向けて、開発モデルエリアにおいて、より高い密度でボーリング調査を実施し、資源量評価を実施する必要がある。

②EEZ では、ポテンシャル評価を実施していない小笠原海台において、地形調査、海底観察、ボーリング調査を行い、ポテンシャルを評価する必要がある。また、南鳥島沖についても、追加のボーリング調査を実施し、より詳細なポテンシャル評価を実施する必要がある。

（２）採鉱・揚鉱技術

①採鉱試験機の基本設計を踏まえ、詳細設計、製作を行い、開発した掘削機構等の適用性を検証する必要がある。

②最適な揚鉱法により、採鉱・揚鉱システムを構築することが必要である。構築に当たっては、国内外における技術開発動向を把握した上で検討する必要がある。

（３）選鉱・製錬技術

①掘削で得られると想定される細粒のコバルトリッチクラストに適した選鉱法により、最適な選鉱プロセスを構築する必要がある。

②これまでに検討した製錬法では還元剤として石炭を使用することから、世界的な脱炭素社会の実現に向けた動きの中、カーボンニュートラルに貢献するため、CO2 排出量を低減することが望ましい。

（４）環境影響評価

①開発モデルエリアの選定及び環境保全策の検討に資するため、環境調査や生物の遺伝子分析、海山間の幼生分散プロセスのシミュレーション等を通じて、ISA 鉱区を含む海域の環境特性を把握することが必要である。

②国際ルールの策定に関して、得られたデータを活用して科学的根拠に基づく議論を促進し、開発と環境保全のバランスの取れた合理的な国際ルール作りに貢献していくことが求められる。

③環境影響評価に向けて、掘削等に伴う懸濁粒子の拡散・再堆積を予測するためのモデルの開発が必要である。

５．４　今後の取組み

（１）資源量調査

①ISA との探査契約終了後の開発検討に向けて、開発モデルエリアを選定し、追加のボーリング調査を実施し、資源量評価を行う。

②EEZ では小笠原海台及び南鳥島沖において、地形調査、海底観察、ボーリング調査を実施し、資源ポテンシャルの評価を行う。

（２）採鉱・揚鉱技術

①採鉱試験機の詳細設計及び製作を行い、EEZ での掘削試験を通じて掘削機構等の適用性を確認し、商用採鉱機の設計に資するデータを取得する。

②国内外における技術開発動向を調査し、我が国で保持・開発すべき技術を明らかにするとともに、他国技術の導入可能性を検討し、掘削試験で得られたデータも踏まえた揚鉱方法等、最適な採鉱・揚鉱システムの構築を行う。

（３）選鉱・製錬技術

①細粒のコバルトリッチクラストに適した選鉱法を選定するとともに、これまでに検討した選鉱法との組み合わせも含めた最適な選鉱プロセスを構築する。

②これまでに検討した製錬法と同水準の実収率を達成でき、かつ CO2 排出量を低減する製錬プロセスの調査・研究を行う。

（４）環境影響評価

①ISA 鉱区を含む海域の環境調査や生物の遺伝子分析、海山間の幼生分散プロセスを推定するためのモデル開発等を通じて、環境特性の効率的な把握を進める。

②これまでの取組を通じて得られたデータを活用し、ISA と協力して地域環境管理計画に関するワークショップを開催するなど、国際ルールの策定に主体的に貢献する。

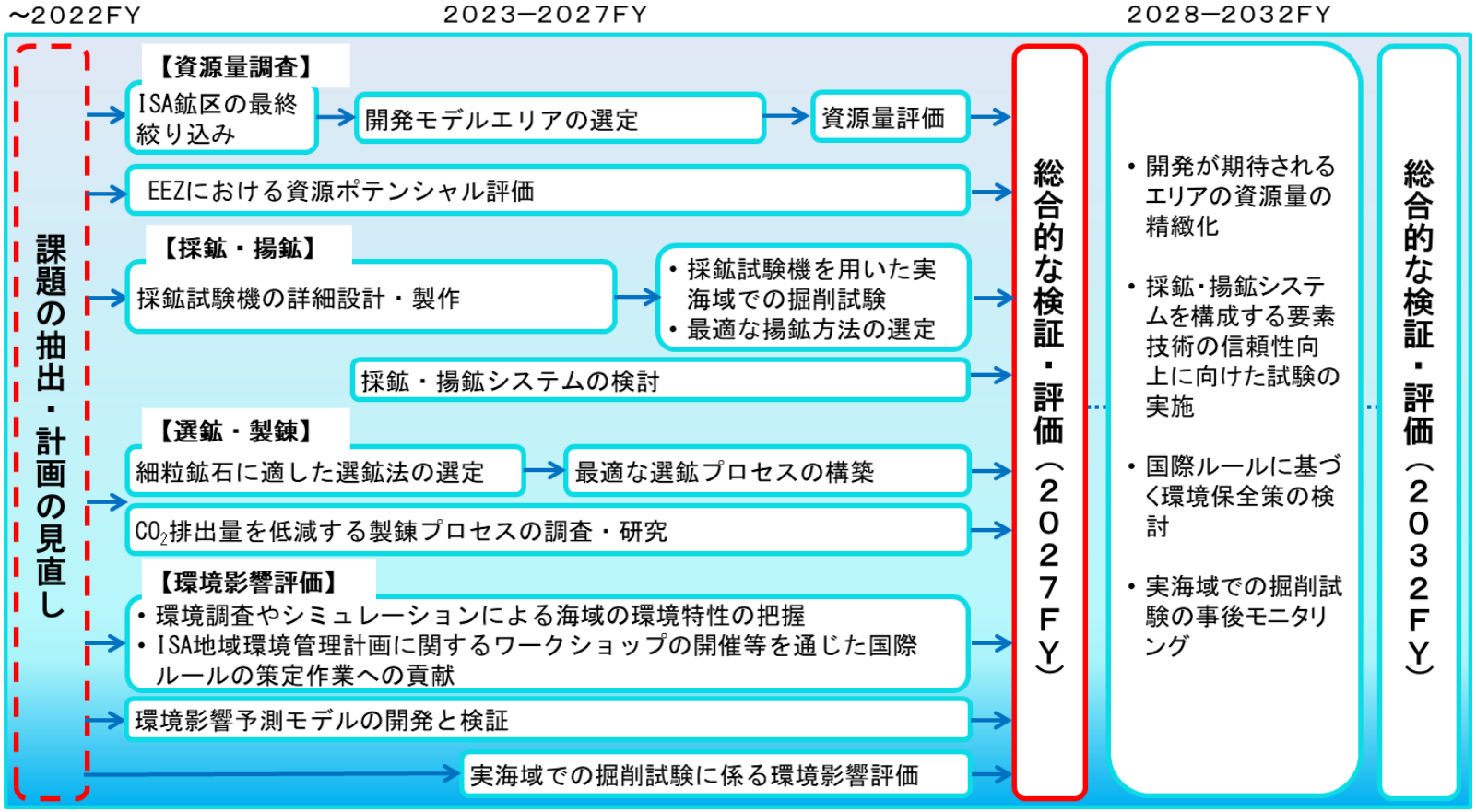
③EEZ の海山の環境データやモデルによる懸濁粒子の拡散・再堆積予測の結果等に基づき、実海域での掘削試験に係る環境影響評価を実施する。

（５）経済性の評価

本計画期間終了時の 2027 年度には、その時点の資源量調査、生産技術開発、環境影響評価に基づく経済性の評価を実施し、総合的に検証・評価し、国際情勢や市況見通しといった外的要因を踏まえつつ、取組の方向性を決定する。

コバルトリッチクラストの開発に向けた工程表

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）
- コバルトリッチクラストについては、令和6年1月を期限とするISA鉱区の最終絞込みを着実に実施し、その後開発を想定したモデルエリアにおいて詳細調査を実施しつつ、これまでの取組によりポテンシャルが確認されている排他的経済水域内の海域において資源量調査を行う。
- また、コバルトリッチクラスト専用の採鉱試験機を製作し、実証試験を実施するほか、揚鉱や製錬などについても、引き続き課題解決に向けた検討を行う。



第６章　マンガン団塊及びレアアース泥

６．１　マンガン団塊

（１）背景

マンガン団塊は、直径 2cm～15cm の球形ないし楕円形を呈し、銅、ニッケル、コバルト等の有用金属が含まれており、水深 4,000m～6,000m の大洋底の堆積物上に分布している。特に、ハワイ沖やインド洋の深海底に広く分布している。

我が国は 2001 年 6 月に ISA とハワイ沖深海底の探査契約を締結し、2016 年 6 月までの 15 年間にわたる排他的権益を確保した。

その後、開発準備が整っていないこと等から、2016 年と 2021 年に契約延長を行った。現在の探査契約の期限は、2026 年 6 月である。

（２）これまでの取組み

我が国では、開発に向けた資源量の把握及び技術的・経済的検討を進めており、これまでに資源量調査分野では予測資源量の把握、採鉱・揚鉱分野ではクローラ方式の走行試験装置の製作及び揚鉱システムの基礎的検討、製錬分野では既存製錬所を活用した製錬プロセスの検討及び乾式工程のスケールアップ試験、環境分野では広域での環境調査を進めている。

（３）課題

資源量調査分野では資源量の精緻化、採鉱・揚鉱分野では採鉱方法の検討、軟弱地盤上で採鉱するためクローラ方式の走行試験装置での走行データの取得及び最適な採鉱・揚鉱システムの構築、製錬分野では乾式工程で得られる中間産物から有価金属を回収するためのプロセス確立、環境分野では採鉱に伴うプルームの発生が環境に与える影響の把握など、環境影響評価に向けた検討が必要である。また、国内外における技術開発動向を把握した上で、全体システムについて構築する必要がある。現在、ISA で進められている、国際ルール作りに貢献するとともに、2026 年 6 月の探査期限に向けて探査契約の延長についても検討する必要がある。

（４）今後の取組み

ISA の探査規則に定められたルールに従い、資源量調査分野では高い密度でのサンプリング調査による資源量の精緻化、採鉱・揚鉱分野では製作した試験装置を用いた走行試験等の実施、製錬分野では中間産物からの金属回収の条件検討、環境分野では環境影響評価に向けた調査・検討を行う。

また、国内外における技術開発動向を調査し、我が国で保持・開発すべき技術を明らかにするとともに、他国技術の導入可能性を検討して、最適な全体システムの構築に取り組み、これらの結果を踏まえた経済性の評価を行う。

ISA での国際的なルール作りに貢献する。探査契約期限の到来に当たり、上記の取組の成果及び国際的な動向も踏まえて探査契約の延長を検討する。

６．２　レアアース泥

（１）背景

近年、新たに資源としての可能性を指摘されているレアアース泥は、水深 5,000m～6,000m の大洋底の一部において、総レアアースを数千 ppm 以上含む堆積物であり、我が国の南鳥島周辺の大陸棚でもその存在が確認されている。

レアアースは、再生可能エネルギー等の我が国の先端産業に不可欠な元素であるが、その供給が特定国の政策に影響を受けやすいため、安定的な調達のための新たな供給源の確保が求められているところである。

（２）これまでの取組み

我が国周辺海域のレアアース泥が資源として開発できる可能性が示されれば、安定供給に寄与し、上記産業分野の国際競争力の確保や新用途・産業分野の創出にも貢献すると考えられる。

こうした観点から、SIP 第 2 期海洋課題「革新的深海資源調査技術」（以下、「SIP 第 2 期」という。）では、レアアースの大規模賦存が有望視された南鳥島海域のレアアース概略資源量評価に必要な調査を行った。更に、採鉱機器、揚泥管 3,000m 等の機器類を設計、製作し、茨城沖の水深 2,470m からの採鉱・解泥・揚泥試験に成功し、約 70 トン/日の揚泥実績を達成した。

また、レアアース泥を含む海洋鉱物資源全般の開発に資する揚鉱・揚泥技術としてのエアリフト方式について、200m 規模の揚鉱・揚泥試験を通じてシミュレーターを開発するとともに、揚鉱管内の流動様式を把握するための超音波計測技術の適用を検討した。

（３）課題

現状では、鉱業法に基づく鉱区設定に必要とされる地質情報の取得調査やレアアースが賦存する水深 6,000m 海域での採鉱・揚泥技術の実証試験が完了できていないため、完了に向けての追加調査や実証試験の実施が求められる。また、レアアース泥の採鉱から製錬、製品化に向けての効率化・低コスト化を目指した更なる技術開発が求められる、社会実装に向けた更なる研究開発が求められる等、多くの課題がある。

また、エアリフトについては、非定常条件を含む様々な揚鉱・揚泥条件を再現できるようシミュレーターの高度化を行う必要がある。また、揚鉱管内の流動様式を把握するための超音波計測技術について、揚鉱試験への導入等を通じた検証を行う必要がある。

（４）今後の取組み

今後の産業に不可欠とされるレアアースの安定供給に貢献するため、SIP 第 3 期海洋課題「海洋安全保障プラットフォームの構築」（以下、「SIP 第３期」という。）において、南鳥島海域でのレアアース泥の探査、採鉱、選鉱、製錬、精製の実証試験を実施し、海洋環境と共存した新たなレアアース・サプライチェーン構築へ向けた取り組みを加速する。具体的には、鉱業法に基づくレアアース鉱区設定に必要とされる候補海域における鉱物資源の基盤情報やコア資料の取得と保管を図り、民間企業の参入に必要となる効率的・効果的な採鉱・製錬技術の開発を進め、併せて取得情報及びノウハウを整備し、我が国のレアアース・サプライチェーンに貢献できる目処を立てる。また、南鳥島周辺の対象海域において、揚泥から製錬までの一連の生産プロセスを実証し、我が国国産レアアース資源の産業化・実用化の目処を立てる。

また、エアリフトについては、非定常条件を含む様々な揚鉱・揚泥条件を再現できるようシミュレーターを高度化するとともに、揚鉱管内の流動様式を把握するための超音波計測技術について、計測器の改良等を行った上で、揚鉱試験に導入して諸条件下での計測精度を確認する。

マンガン団塊及びレアアース泥の開発に向けた工程表

海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

- マンガン団塊については、ISAの規則に定められたルールに従った調査を行う。また、採鉱及び揚鉱等の要素技術の検討を行うとともに採鉱システム及び揚鉱システムの概念設計の検討を行う。公海に賦存する海洋鉱物資源の開発に向けては、我が国も引き続き国際ルールの策定に主体的に貢献していく。
- 南鳥島周辺海域で賦存が確認されているレアアース泥については、将来の開発・生産を念頭に、まずは、各府省連携の推進体制の下で、第3期SIP「海洋安全保障プラットフォームの構築」において、資源量の精査及び生産技術等の開発・実証に向けた取組を行う。

～2022FY　　2023－2027FY　　2028FY以降

＜マンガン団塊＞

探査契約締結（2001年6月）
契約延長（2016年6月）（2021年6月）

→ 国際的な動向等を踏まえた探査契約の再延長の検討 → **探査契約期限（2026年6月）** → 国際的な動向等を踏まえた方向性の検討

ISAとの探査契約に基づく調査・検討 ⇒

- ISAの探査規則に従い、以下の結果を踏まえた経済性の評価を行う。
  - ✓ 資源量分野：高い密度でのサンプリング調査による資源量の精緻化
  - ✓ 採鉱分野：製作した試験装置を用いた走行試験等の実施
  - ✓ 製錬分野：中間産物からの金属回収の条件検討
  - ✓ 環境分野：環境影響評価に向けた調査・検討
- ISA の地域環境管理計画等、国際ルール策定に貢献

⇒ 国際的な動向等を踏まえた方向性の検討

＜レアアース泥＞

SIP第2期「革新的深海資源調査技術」（2018年度～2022年度） ⇒

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
第3期「海洋安全保障プラットフォームの構築」（2023年度～2027年度）
各府省連携の推進体制（内閣府、総務省、文部科学省、外務省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省、防衛省（防衛装備庁））
※このうち、レアアース資源の産業化・実用化に関するものに限る。

⇒ SIP第3期の成果を踏まえた方向性の検討

エアリフト技術に関する調査事業

第７章　各省庁等との連携並びに国と民間との役割分担

７．１　各省庁との連携

計画を進めるに当たっては、関係省庁が保有する船舶、機器設備や海洋データの活用は不可欠である。

各省庁が実施する海洋エネルギー・鉱物資源開発の取組の成果やISAの動向等について、関係省庁間で情報共有・連携を図っていくこととする。

国土交通省では、特定離島（南鳥島及び沖ノ鳥島）において、海洋資源の開発及び調査等を支援する活動拠点の整備に取り組んでいる。こうした活動とも適切な連携を図っていくこととする。

（１）メタンハイドレート

海洋での調査に際しては、調査船を傭船する必要があり、また、坑井の掘削に当たっては、海洋掘削装置（リグ）又は掘削船を傭船する必要がある。国内の研究機関等が保有する研究船等の活用も積極的に検討することで、効率的かつ機動的な技術開発を実施する。

なお、砂層型メタンハイドレートの第１回及び第２回海洋産出試験、並びに日本周辺の有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査では、国立研究開発法人海洋研究開発機構（以下、「JAMSTEC」という。）が保有する地球深部探査船「ちきゅう」を活用したほか、表層型メタンハイドレートの資源量把握に向けた調査及び地盤強度調査でも、JAMSTECが保有する海洋調査船「なつしま」、無人探査機「ハイパードルフィン」及び地球深部探査船「ちきゅう」を活用し、一定の成果を挙げたところである。

（２）石油・天然ガス

①取得データの公開

基礎物理探査の計画立案やデータ解釈作業の際には、関係省庁等（海上保安庁、JAMSTEC）が取得したデータの提供を受けるなど、現時点でもデータの相互利用が行われており、今後もより一層の情報交換・情報共有を行い、効率的・効果的な調査を実施する。

②関係省庁等との協力体制の確立

調査実施に当たっては、調査海域にかかる地元漁業関係者等の理解・協力が不可欠である。したがって、関係者との円滑な関係を構築するためにも、関係省庁（水産庁）や都道府県等関係機関との横断的な協力体制を構築する。

（３）CCS

CCS については、2030 年までの事業開始に向けた事業環境整備を進める必要がある。日本周辺の海底下に存在する CCS 適地はカーボンニュートラルの実現に必要不可欠な資源である。そのため、これまで環境省と連携して CCS 適地を特定するための調査を行ってきている。また、CO2 の輸送インフラの整備の観点からは、関係省庁や地方公共団体との連携を進める必要がある。

さらに、CCS の貯留事業を海域の地中において実施する場合には、調査海域にかかる地元漁業関係者を含めたステークホルダー等の理解・協力が不可欠である。これらの関係者との円滑な関係を構築するためにも、関係省庁や都道府県等関係機関との横断的な協力体制を構築する。

（４）金属鉱物資源

海洋鉱物資源の開発は、世界的に見ても未踏の分野であり、いまだ多くの克服すべき課題がある。このため、効率的かつ迅速な調査・開発を進めるためには、海洋に関する知見・能力を有する関係機関との間でより一層の連携の強化が必要である。

内閣府の SIP では、2014 年度から 2018 年度にかけて SIP 第 1 期「次世代海洋資源調査技術」が実施されており、活動的な海底熱水鉱床周辺の潜頭性鉱体等、現在の探査技術では発見が困難な鉱床に適用可能な技術の開発を含め、「統合海洋資源調査システム」を開発している。また 2018 年度からは、SIP 第 2 期が開始され、これまで培った海洋資源調査技術、生産技術等を更に強化・発展させるとともに、基礎・基盤研究から事業化・実用化までを見据え、水深 2,000m 以深の同技術の開発・実証に向けた取組が進められている。

文部科学省及び JAMSTEC は、海底熱水鉱床等の広域かつ効率的な探査に資する探査機等の技術開発及び資源の成因解明に向けた研究開発を行っており、各種の海洋調査機器を保有する等高い調査能力及び海底地質等に関する豊富な調査成果を有する。また、JAMSTEC は、2018 年からは、ISA のオブザーバー資格を取得し、国際的なルール作りへの貢献も行われている。

経済産業省及び JOGMEC は、こうした機関における研究開発成果や調査データを海洋鉱物資源開発に活用する、いわば「ユーザー」としての立場から、資源量調査、技術開発や環境調査に当たっての現場のニーズを関係機関と積極的に共有する等、連携の強化を図っていくことが必要である。

７．２　国と民間の役割分担

（１）メタンハイドレート

メタンハイドレートからメタンガスを経済的に採取し、利用するためには、未だ解決すべき多くの課題が存在している。このため、今後の技術開発においても、資源開発に係るオペレーションの経験や、優れた技術・知見を有する民間企業の積極的な参画が必要である。

しかしながら、現時点では、民間企業の参入リスクの観点等から民間に委ねることが困難であり、国が率先して、民間企業と連携しつつ、商業的規模での生産システム等の設計や経済性評価までを行い、その成果を民間企業に引き継ぐことにより、民間企業による商業化を促進する。

なお、2030 年度までに、民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されるためには、技術開発を加速化すべく国が実施する技術開発の段階から、民間企業に対して情報提供を積極的に行い民間企業の参入を促す仕組作りに取り組むとともに、商業化に向けたプロジェクトに着手する実施主体への支援のあり方を今後検討していく必要がある。

（２）石油・天然ガス

石油・天然ガスポテンシャルに関する基礎データが十分取得されていない海域においては、国が主導的に基礎物理探査を行い、得られた地質データ等の成果を民間企業に引き継ぎ、探鉱開発を促していく。

民間企業は引き継いだデータを有効的に活用し、積極的に探鉱活動を行っていくことで、我が国のエネルギーの安定供給確保に努めることが期待される。

（３）CCS

CCS 適地に関する基礎データが十分取得されていない海域においては、これまで国が主導的に調査を実施しており、得られた地質データ等の成果を民間企業に貸し出し、CCS 事業推進を促していく。

民間企業は利用可能となったデータを有効的に活用し、積極的に CCS 事業を推進していくことで、我が国のカーボンニュートラル実現に貢献することが期待される。

また、CCS の事業化に当たり、ビジネスモデルや支援の在り方についても、官民で連携の下で検討を行う。

（４）金属鉱物資源

海洋鉱物資源の開発は、多額の研究・開発資金が必要となることや開発事例がないこと等から、陸上資源に比べても参入リスクが高い。このため、国は必要な環境整備

を行うとともに、民間企業と連携を図りつつ、民間企業が参入の判断ができるレベルの資源量の調査や生産システム等の設計、それらに基づく経済性の評価までは国が率先し、その成果を民間企業に引き継ぐことにより、商業化を促進する。

なお、海洋鉱物資源の調査に関しては、民間企業においてもAUVやROV等による調査実績や運用ノウハウの蓄積が進んでいる。民間企業等が保有している各種調査船舶や調査機器の積極的な活用を図ることで、より効率的に調査を実施していく。

第８章　海洋エネルギー・鉱物資源開発における横断的配慮事項

８．１　人材育成

資源開発に係る人材については、国内における鉱山、油・ガス田が極めて限られている中で、将来の必要な人材を確保・育成していくためには、実践に即した効果的な研修や、人材の研鑽の場として海外における事業への効果的な参画、開発を通じて得られた知見の共有を進めることが重要である。

このため、JOGMEC においては、国内企業技術者等に対して最先端の技術を活用した実践的な研修の実施や、海洋探査を通じた海外技術者との技術交流、海外の資源会社・国際機関・学会等とも連携した海洋エネルギー・鉱物資源開発や環境資源循環等に関する双方的な知見の共有など、民間ではできない事業について、今後も取り組んでいく必要がある。また、一般財団法人国際資源開発研修センターにおいては、民間の取組として、資源政策、資源需給、資源開発技術、資金調達、プロジェクト評価及び海外フィールドの見学等の研修を行い、資源開発に係るプロジェクトの総合的推進のための能力の養成・向上を図っており、こうした活動を通じての資源関係人材の育成に今後も取り組んでいく必要がある。なお、海洋エネルギー・鉱物資源開発は、長期的かつ継続的な取組が必要である。中長期的な道筋を内外に示していくことによって、将来を担う学生等にとって魅力ある就業の場が開かれ得ることに留意する。

８．２　国際連携

海洋エネルギー・鉱物資源開発は、その開発の技術的困難さ、経済性の問題から、従来型の石油・天然ガス以外は、世界的に見ても未だ商業化されている事例は皆無である。このため、未踏の研究開発分野が多いことから、効率的な資源開発を行うに当たっては、国内外の民間企業や研究機関等との必要な連携を図ることは有益である。また、海外で商業的に利用されている技術や製品も合理的な範囲で活用していくことはスピード感を持って開発していくためにも必要である。一方で、資源開発は、個別の分野によっては他国との探査や開発における競争の面があることも否めず、また、資源に係る情報は、機微なものとして厳格に管理することも必要となる場合があることも十分念頭に置くこととする。

８．３　海洋の環境保全

法第２条は「海洋については、海洋の開発及び利用が我が国の経済社会の存立の基盤であるとともに、海洋の生物の多様性が確保されることその他の良好な海洋環境が保全されることが人類の存続の基盤であり、かつ、豊かで潤いのある国民生活に不可欠であることにかんがみ、将来にわたり海洋の恵沢を享受できるよう、海洋環境の保全を図りつつ海洋の持続的な開発及び利用を可能とすることを旨として、その積極的な開発及び

利用が行わなければならない。」と定めており、海洋の開発及び利用と海洋環境の保全との調和を図ることが重要である。

海洋エネルギー・鉱物資源開発は、開発行為が海底において行われることから、海底地形の変更や海洋に生息する生物へ影響を与える可能性がある。すでに個別資源分野において触れられているとおり、海洋エネルギー・鉱物資源開発に当たっての環境配慮は不可欠であり、そのために必要な技術や影響評価のための手法など、十分な検討が必要である。また、将来の商業化を念頭に置いた場合におけるリスクもあらかじめ想定しつつ検討を進めることとする。なお、海洋における環境保全については、国際ルールとの整合性を確保することが求められるところ、ISA 等における国際的な議論に対して、これまでの成果を踏まえて、関係機関とも協力しつつ、ルール作りに貢献していく。

８．４　国民の理解促進

海洋エネルギー・鉱物資源開発については、商業化までには相当の期間と、それに伴う国としての継続的な予算の措置が不可欠であるが、そのためには国民の理解を幅広く得ていくことは重要である。このため、基本計画に基づき、海洋エネルギー・鉱物資源の開発に関する活動の実際を分かりやすく伝え、効果的な理解増進に資することを目的として、研究機関等における広報活動に携わる専門的な人材を活用し、国民に分かりやすく情報発信を行うこととする。また、若年層から理解を増進していくことも重要であり、関係省庁において取り組む海洋に関する広報・教育の充実に関しても、必要な連携を図りつつ取り組んでいくこととする。

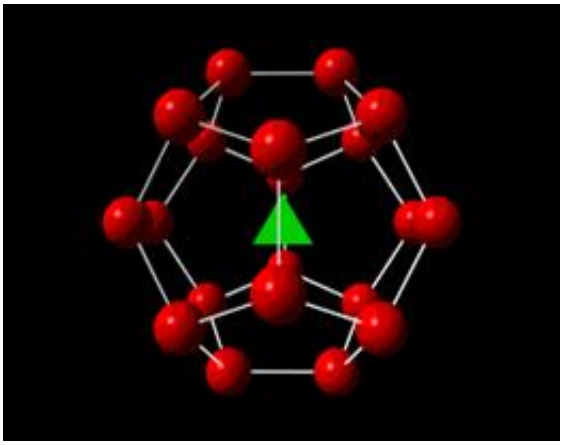
参考資料

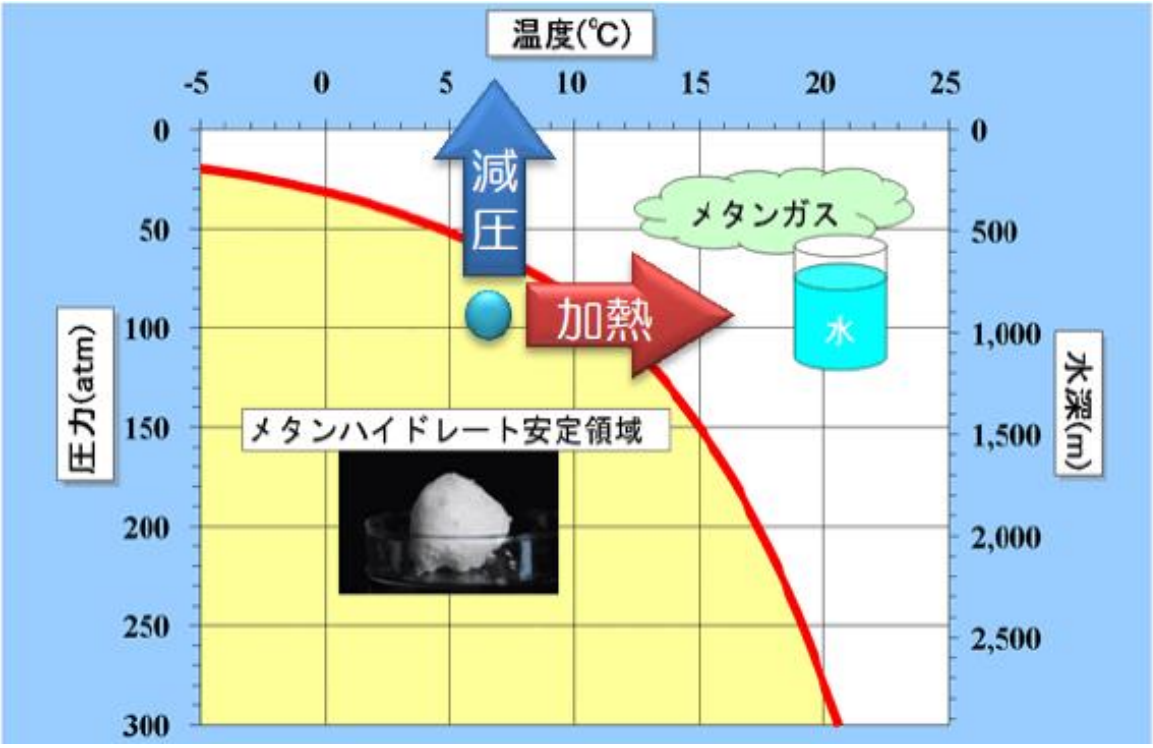
１．メタンハイドレートとは？

左図：メタンハイドレートの結晶構造モデル（三角緑はメタン分子、球赤は水分子）。低温高圧の条件下で、水分子の結晶構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状物質。（理論化学式 $CH_4 \cdot 5.75H_2O$）。結晶構造の空間に隙間なくメタンが取り込まれている場合、1㎥のメタンハイドレートを分解すると、水 0.8㎥とメタンガス 172㎥（大気圧下、0℃）が得られる。

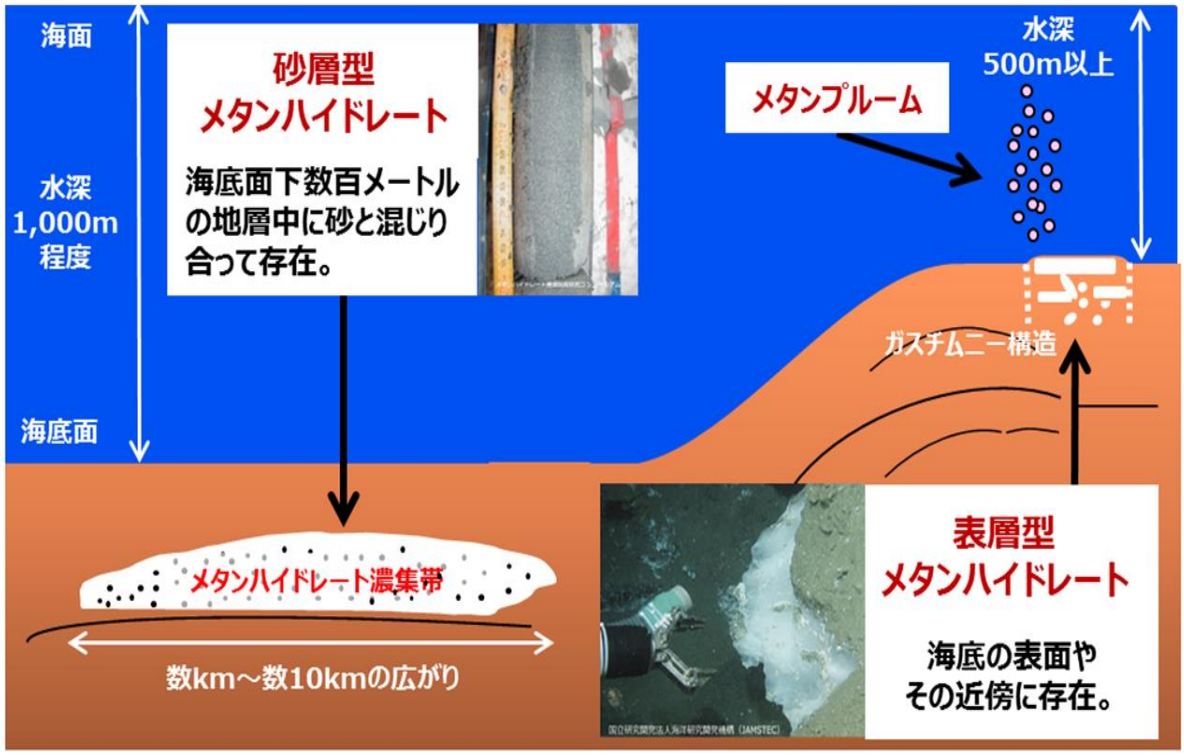
右図：燃焼するメタンハイドレート（人工メタンハイドレート）

下図：メタンハイドレートの安定領域

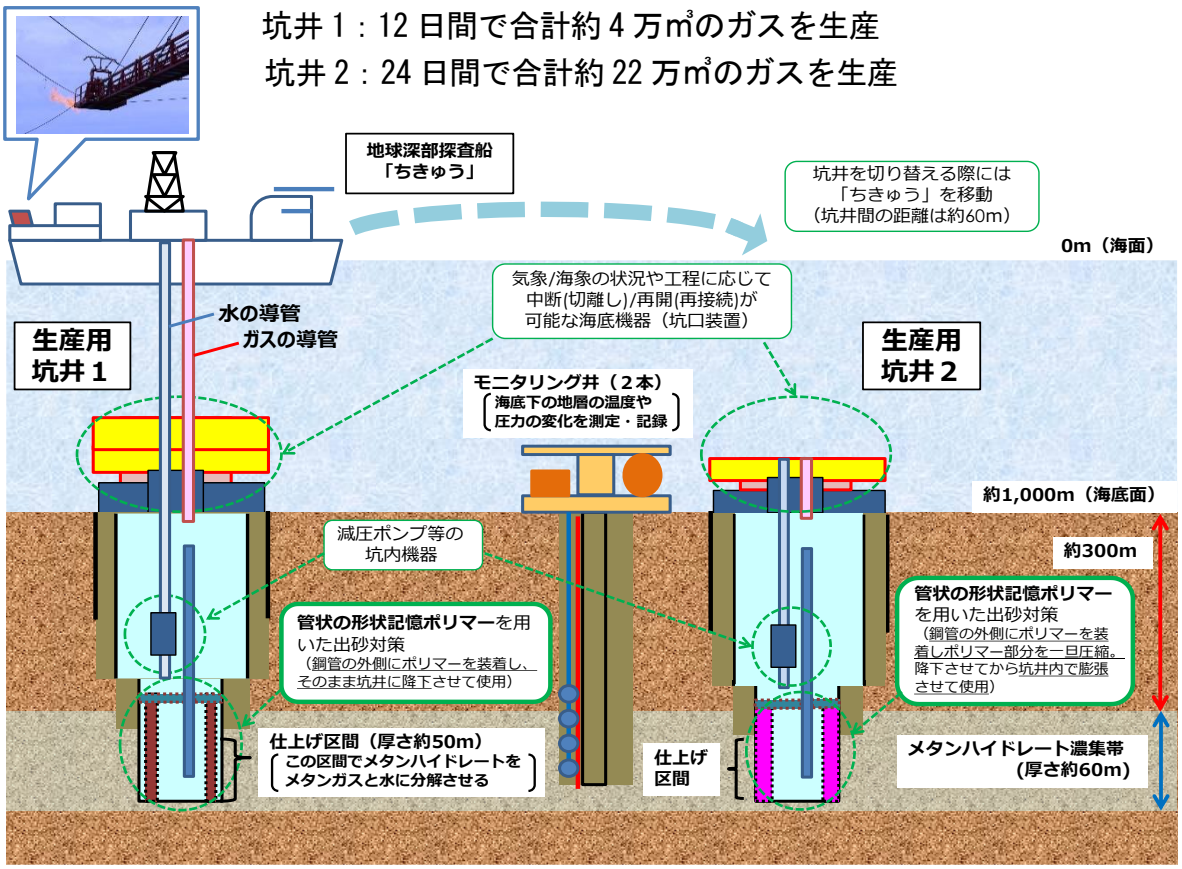




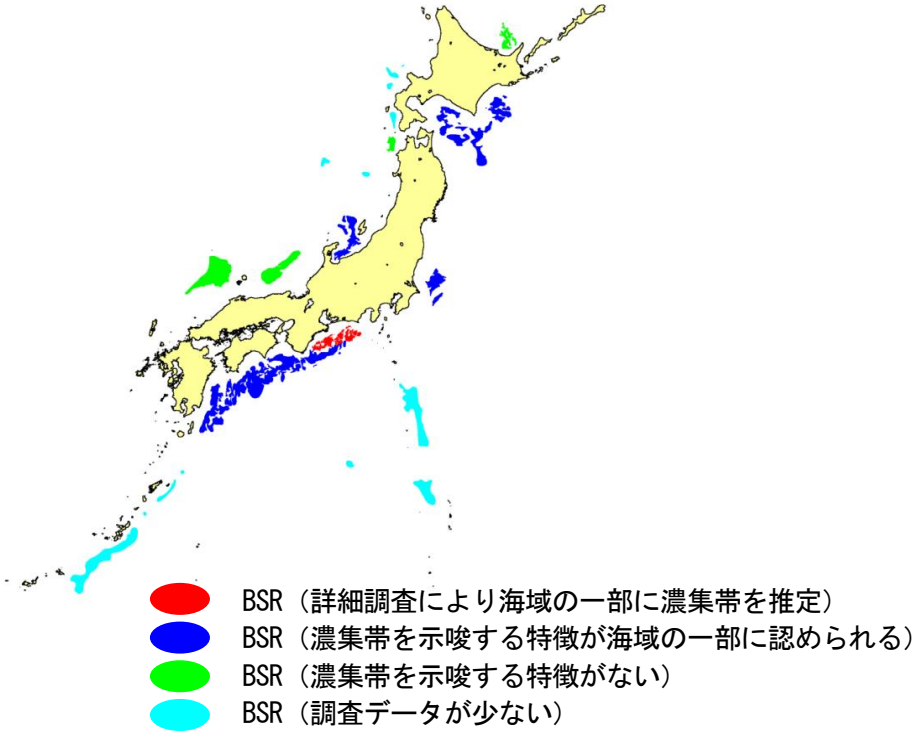
2．我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存形態



3．砂層型メタンハイドレートの第 2 回海洋産出試験（2017 年 4～6 月）



４．我が国周辺海域の BSR 分布図（2009 年）



５．日本周辺海域での有望濃集帯抽出に向けた海洋調査

物理探査による候補地点抽出

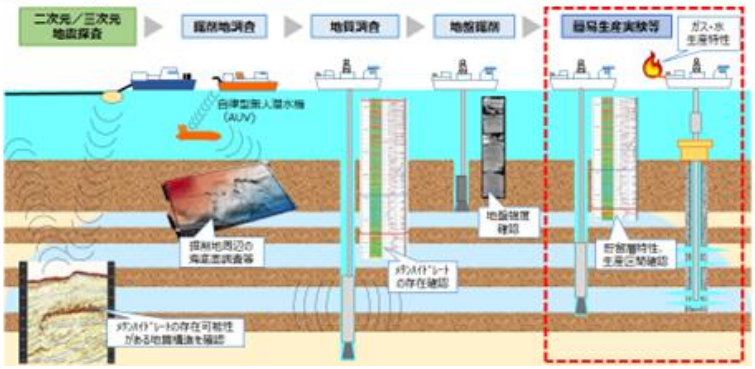
・二次元/三次元地震探査データ解析
・試掘実施候補地点の抽出作業
→候補地点として、４濃集帯を選定

LWD等による濃集帯確認

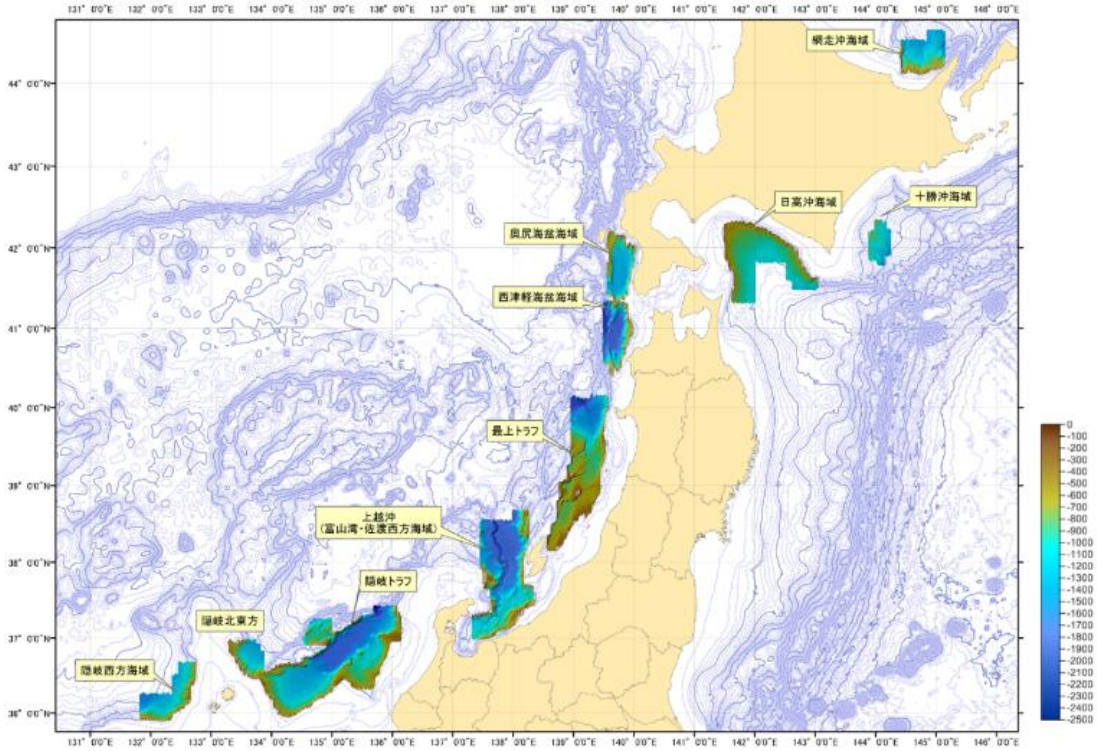
・事前調査（気象・海底地盤等サイト調査）
・掘削同時検層（LWD）等による事前調査（濃集帯確認）
→2021年度冬及び2022年10月に実施

試掘・簡易生産実験

・上記で得られたデータ等を踏まえ、試掘・簡易生産実験の実施地点を決定、準備開始。
→2023年6月～8月に実施

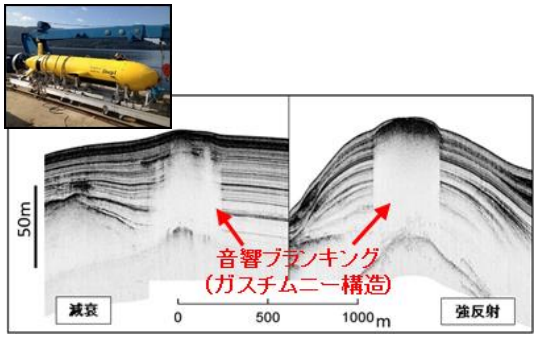


６．表層型メタンハイドレートの広域地質調査海域（2013～2015 年度）

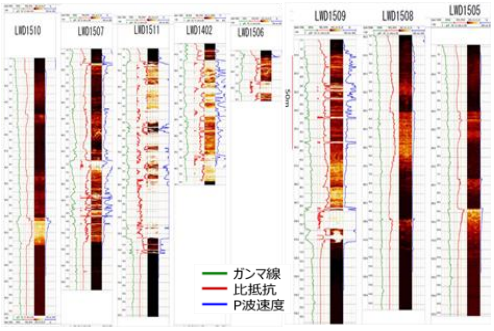


７．表層型メタンハイドレートの詳細な地質調査の一例

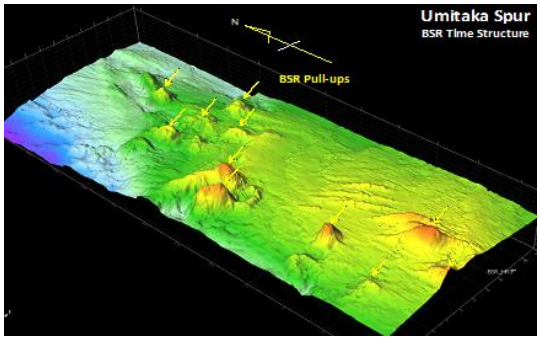
①詳細地質調査（AUV 音響探査）による海底下構造の把握



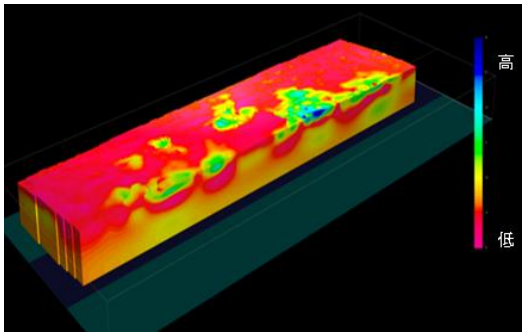
②掘削同時検層（LWD）による地層性状の評価



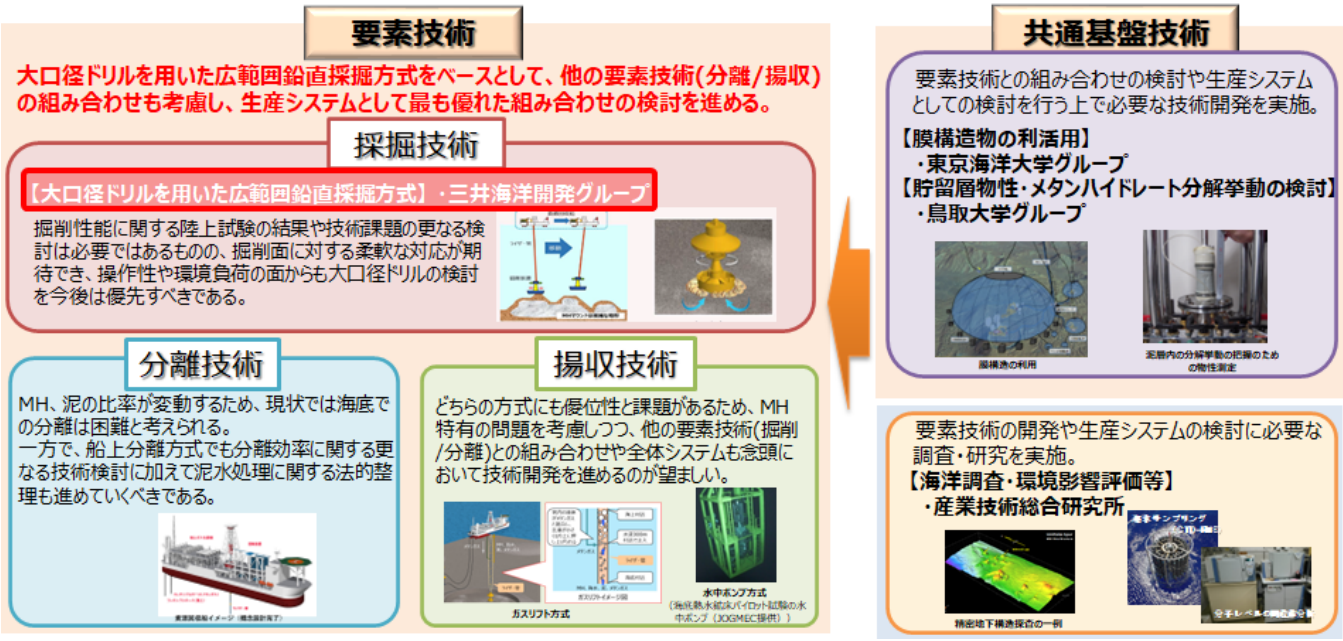
③3D 地震探査による地下構造の把握



④海洋電磁探査による高比抵抗部の把握

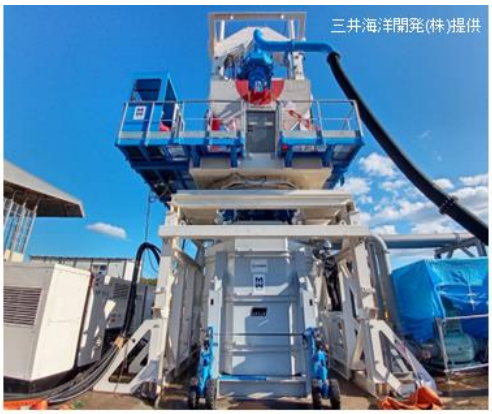


8．表層型メタンハイドレートの回収技術に係る要素技術評価

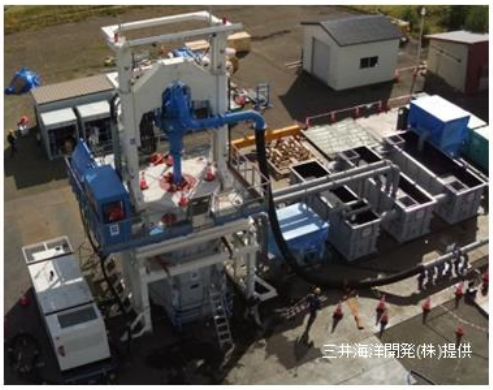


9．表層型メタンハイドレートの回収技術に係る陸上での掘削性能試験

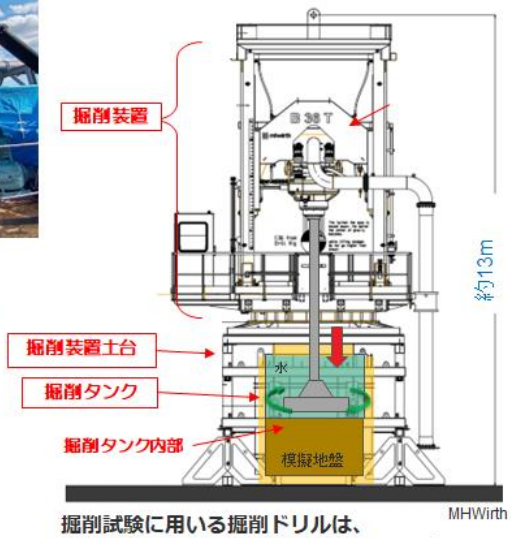
- ✓ 海底下数10mにおける軟泥地盤を想定した模擬地盤にて掘削機能を確認する陸上試験を2022年10月20日に実施。
- ✓ また、大型氷を用いた掘削性能試験を2023年1月31日～2月13日（内6日間）にかけて実施。



掘削装置外観



掘削試験設備全景

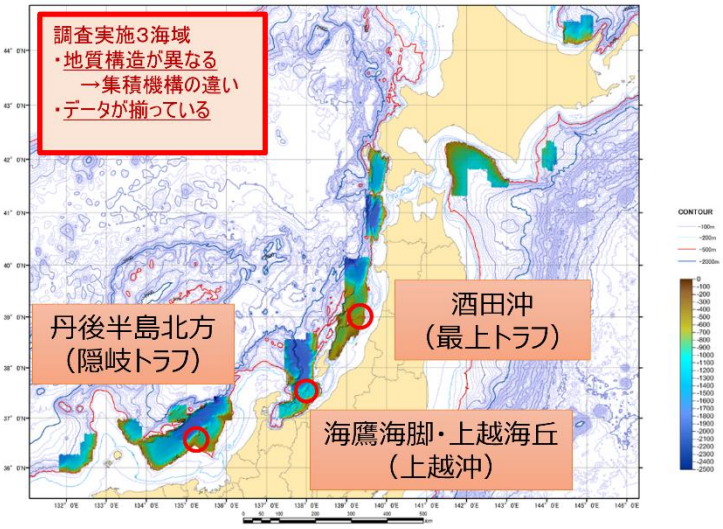


掘削試験に用いる掘削ドリルは、商業化時における掘削ドリル（Φ7.2m）の約1／2.7 スケール（Φ2.65m）とした

掘削装置　正面図

１０．海洋調査及び海域環境調査

海洋調査・海域環境調査の実施海域



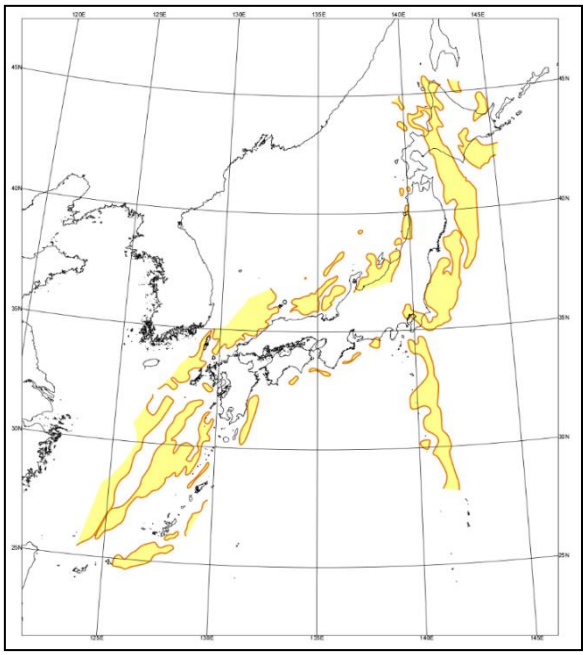
海底地形（着色部）は、広域地質調査(2013～2015)実施海域

調査項目の一例

- 物理探査 <物理探査船>
  - 高分解能三次元地震探査
- 海底機器観測 <ROV>
  - 熱流量調査
  - 底層流等のモニタリング
  - 海底環境調査
- 掘削調査 <掘削調査船>
  - 地盤強度調査
  - 海底環境調査
- 海域環境調査 <ROV/AUV>
  - 海底画像マッピング
  - 海底環境調査・掘削影響調査
- 海域環境調査 <海洋観測船>
  - 海洋観測

１１．石油・天然ガス

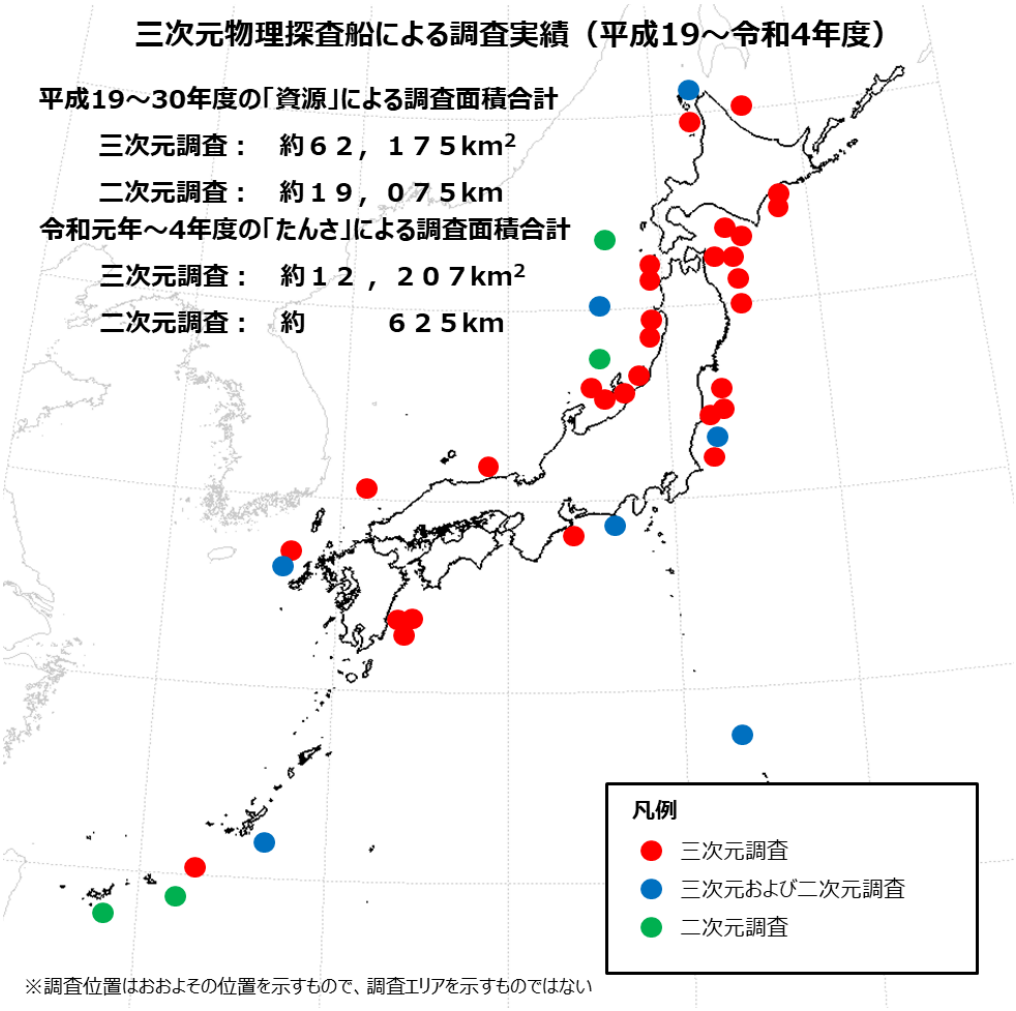
①　堆積物の厚さ 2,000m 以上の堆積盆
（石油・天然ガス賦存のポテンシャルがあるエリア）



②　三次元物理探査船「たんさ」（令和元年 10 月導入）

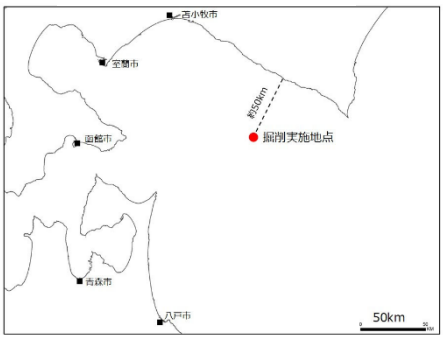
主要諸元	
建造年	2009 年（ノルウェー）
船舶寸法	全長 102.2m、幅 40m、吃水 7.4m
総トン数	13,782 トン
	定員　　70 名
速力（最大）	18 ノット

③　三次元物理探査船の調査実績（平成 19～令和 4 年度）



④　基礎試錐「日高沖」の実施（北海道日高地域沖合）

（試掘地点）

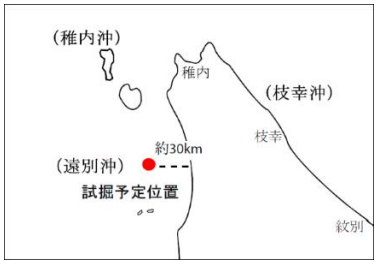


（天然ガス産出テストの様子）

・掘削地点：北海道日高地域沖合（約50km）
・水深：約1,070m、掘削深度：海底面下　約2,530m
・作業期間：平成31年4月13日～令和元年8月2日
・委託先：石油資源開発(株)／JOGMEC
・結果概要：各種地質データを取得するとともに、掘削過程で天然ガスが存在する兆候が認められた地層に対し産出テストを行い、一定量の天然ガス産出を確認。

⑤　補助試錐「天北沖」の実施（北海道天北）

（試掘地点）

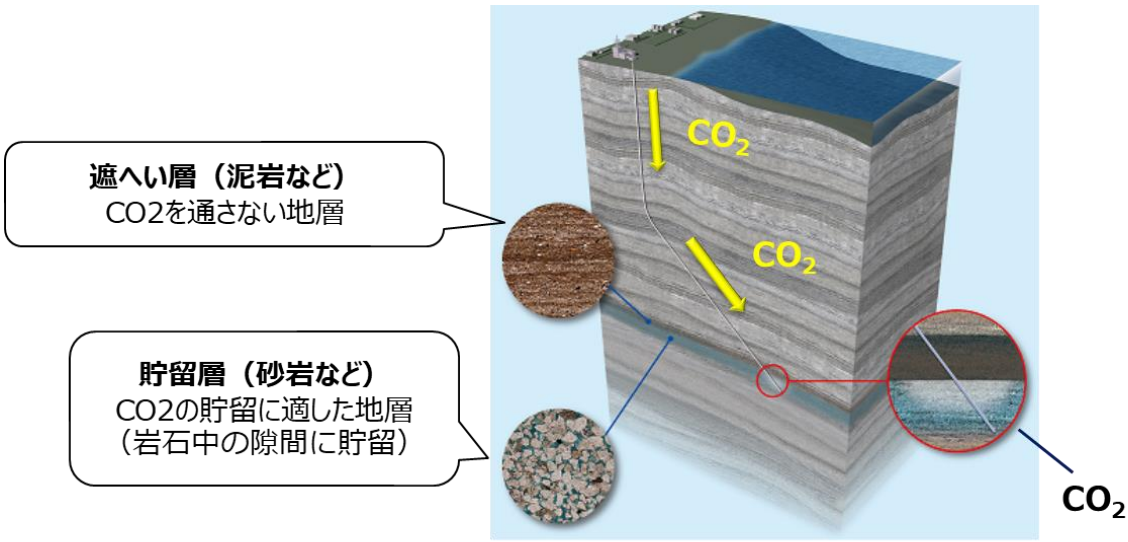


（試掘作業の様子）

・掘削地点：北海道遠別町西方沖合（約30km）
・水深：91m、掘削深度：海底面下　約3,122m
・作業期間：令和3年7月4日～9月2日
・補助先：三井石油開発(株)
・結果概要：顕著な石油・天然ガスの徴候は確認できなかったものの、一部地層において微量のガスの徴候を確認するとともに、今後の調査に必要となる岩石サンプルや、地質データを取得。

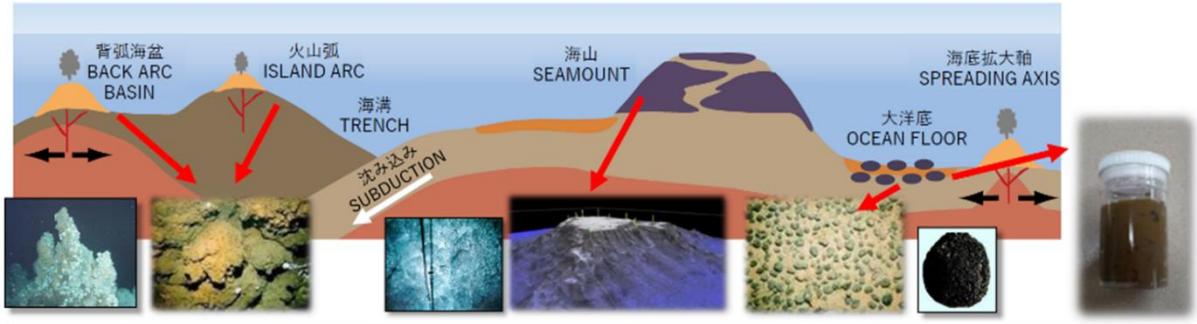
１２．CCS

CO2の貯留メカニズム



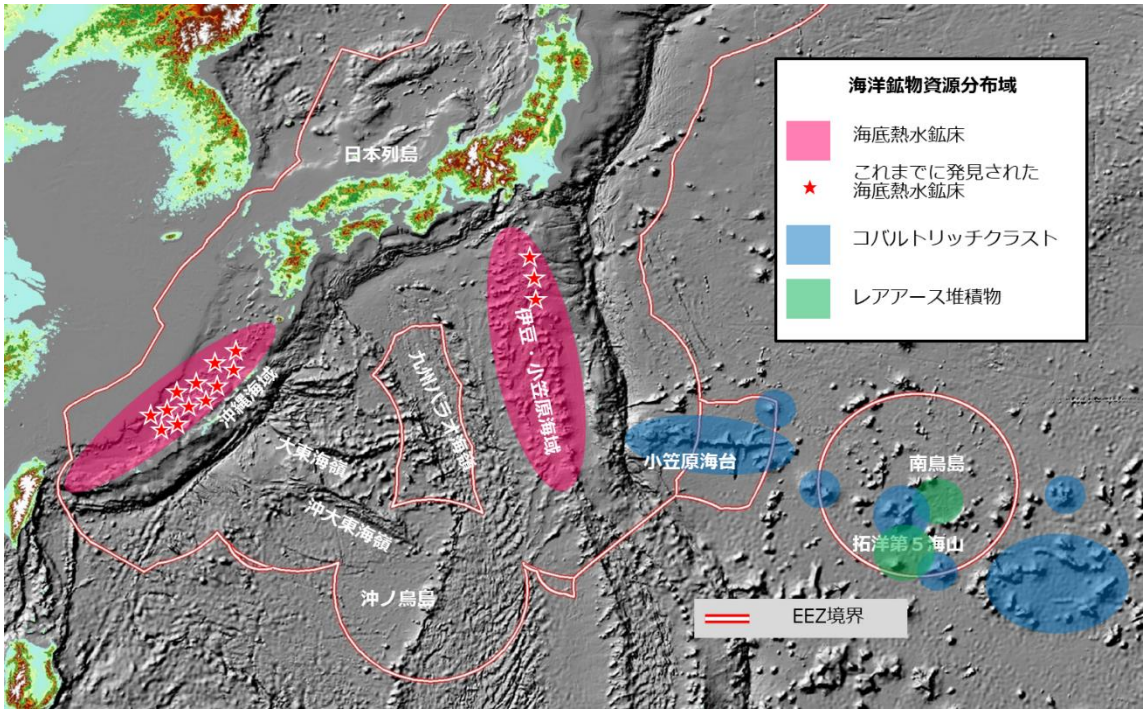
（出典）日本CCS調査（株）資料（資源エネルギー庁にて一部加工）

１３．海洋鉱物資源の種類

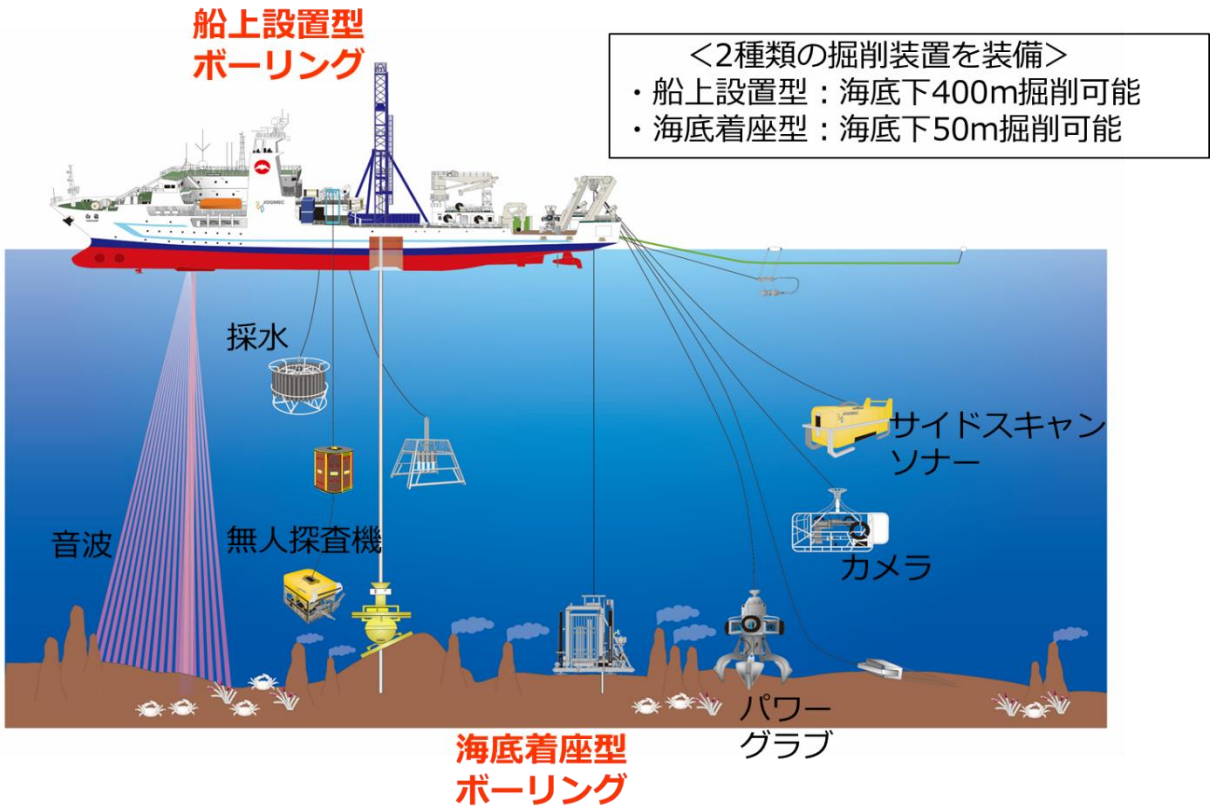


	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	マンガン団塊	レアアース泥
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してできたもの	海山斜面から山頂部の岩盤を皮殻状に覆う、厚さ数cm～10数cmの鉄・マンガン酸化物	直径2～15cmの楕円体の鉄・マンガン酸化物で、海底面上に分布	海底下に粘土状の堆積物として広く分布
賦存海域	沖縄、伊豆・小笠原(EEZ)	南鳥島等(EEZ, 公海)	太平洋(公海)	南鳥島海域 (EEZ)
含有金属	銅、鉛、亜鉛等(金、銀も含む)	コバルト、ニッケル、銅、白金、マンガン等	銅、ニッケル、コバルト、マンガン等	レアアース(重希土を含む)
開発対象の水深	700m～2,000m	800m～2,400m	4,000m～6,000m	5,000m～6,000m

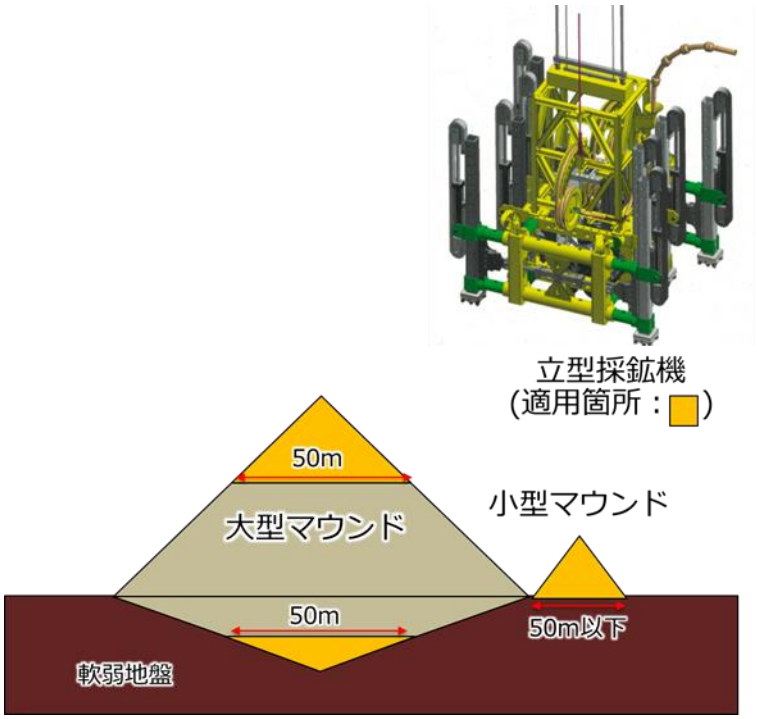
１４．我が国周辺海域に賦存する主な海洋鉱物資源の分布



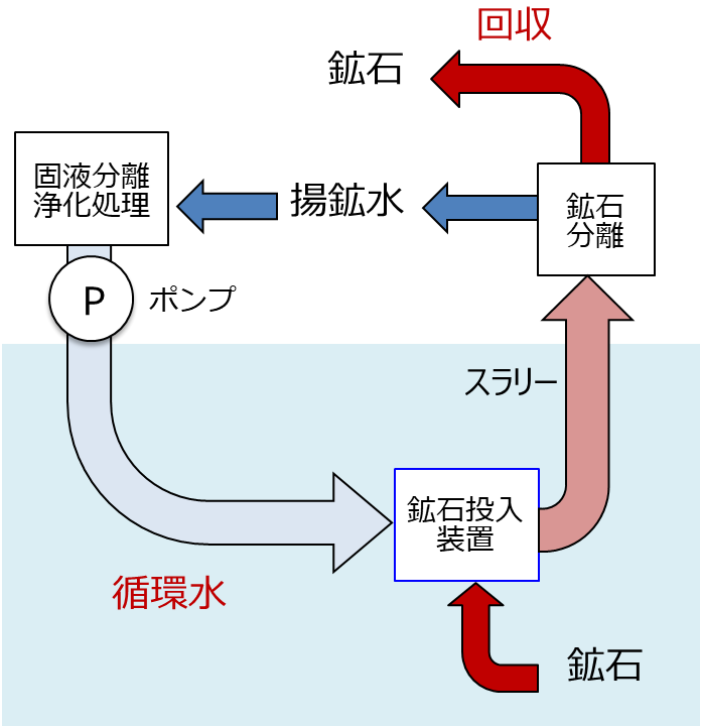
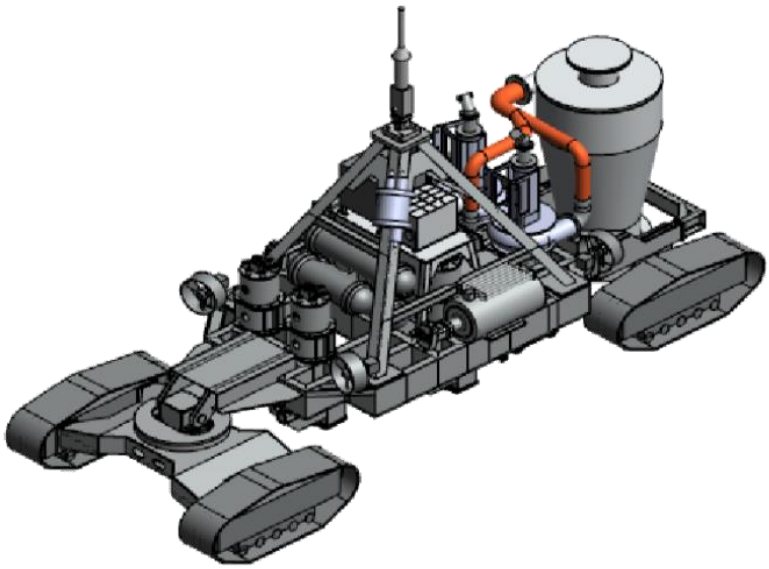
１５．「白嶺」の調査概念図



１６．立型採鉱機による掘削方法のイメージ



１７．循環式揚鉱システムの概念図



１８．コバルトリッチクラスト用採鉱試験機イメージ