

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画

平成25年12月24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 現状	5
(1) 重要性及び背景	5
(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況	6
1. 2 今後の取組	8
(1) 目標	8
(2) 課題	9
(3) 計画	10
第 2 章 石油・天然ガス	14
2. 1 現状	14
(1) 重要性及び背景	14
(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況	15
2. 2 今後の取組	17
(1) 目標	17
(2) 課題	17
(3) 計画	17
(4) その他留意すべき事項	18
第 3 章 海底熱水鉱床	20
3. 1 現状	20
(1) 重要性及び背景	20
(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況	20
3. 2 今後の取組	22
(1) 目標	22
(2) 課題	23
(3) 計画	23
第 4 章 コバルトリッチクラスト	27
4. 1 現状	27
(1) 重要性及び背景	27
(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況	28

4. 2 今後の取組	29
(1) 目標	29
(2) 課題	29
(3) 計画	30
第5章 その他のエネルギー・鉱物資源等	33
5. 1 レアアース堆積物	33
(1) 現状	33
(2) 今後の取組	33
5. 2 マンガン団塊	34
(1) 現状	34
(2) 今後の取組	35
第6章 各省庁等との連携並びに国と民間との役割分担	37
6. 1 各省庁との連携	37
(1) メタンハイドレート	37
(2) 石油・天然ガス	38
(3) 金属鉱物資源	38
6. 2 国と民間の役割分担	39
(1) メタンハイドレート	39
(2) 石油・天然ガス	39
(3) 金属鉱物資源	40
第7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	40
7. 1 人材育成	40
7. 2 国際連携	41
7. 3 海洋の環境保全	41
7. 4 国民の理解促進	42
参考資料	43

総論

陸域のエネルギー・鉱物資源に乏しい我が国は、その需要量のほぼすべてを海外からの輸入に頼ってきた。しかし、近年は資源産出国において資源ナショナリズムが急速に高まりつつある。こうした中、平成23年3月に発生した東日本大震災は我が国のエネルギー・資源を取り巻く環境を一変させており、国内の需給状況は厳しい情勢が続いている。また、この間、資源価格の上昇等により近年における我が国の大きな貿易赤字の要因ともなっている。このような状況は、我が国のエネルギー・鉱物資源の安定供給確保、ひいては経済の健全な発展に影響を及ぼしかねないものである。この対策として、現在、我が国は資源外交を活発化し資源産出国との関係強化、供給源の多角化・多様化に努めており、これに加えて、他国の資源政策に影響されない安定的な自らの資源供給源を持つための取組を進める必要がある。我が国の領海・排他的経済水域（EEZ）・大陸棚において、エネルギー・鉱物資源の探査・開発を行うことは、この意味からも極めて重要である。

一方、我が国は世界第6位の領海・排他的経済水域（EEZ）・大陸棚の広さを誇り、近年、これら海域には石油・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エネルギー・鉱物資源の存在が確認されてきている。しかしながら、これら海洋エネルギー・鉱物資源には、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、様々な課題が多く残されている。これらを将来の自国のエネルギー・鉱物資源として開発していくためには、こうした課題を一つ一つ解決し、中長期的な観点から計画的にこれを推進していく必要がある。また、現時点では極めてリスクの高い事業であるため、当面は国が中心となって取り組むことが必要であるが、いずれ民間の参画を得て商業化を目指した段階に移行していくことを踏まえ、野心的な目標を官民で共有しつつ戦略的に進め、目標と現実のギャップを常に把握しこれを埋めていくことも求められている。その際、海洋資源開発にあたって必要となる中長期的取組として、人材、探査開発能力等のインフラの強化、さらには、国際連携の取組も欠かせない。

海洋基本法に基づき平成20年3月に初めて策定された「海洋基本計画」においては、海洋エネルギー・鉱物資源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」^(注)の策定が定められた。これを受け、平成21年度より10年間の中長期計画として、総合資源エネルギー調査会の審議を経て、海洋エネルギー・鉱物資源開発計

画（以下、「開発計画」という。）が平成21年3月に策定された。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いたる筋道、必要となる技術開発、官民分担等が定められている。

政府では、本開発計画に沿って、必要となる技術開発や調査などを進めているが、すでに最初の開発計画を定めて5年弱が経過している。その間、上位計画である「海洋基本計画」については、過去5年間の諸状況の変化、すなわち、東日本大震災などを契機とした海洋開発・利用への期待の高まりや、近隣諸国との海洋権益をめぐる国際情勢の変化等を踏まえ、平成25年4月に初めての見直しが行われた。この中で、海洋エネルギー・鉱物資源の開発についても重要な目標の見直しが行われている。また、開発計画の実施状況については、例えばメタンハイドレートの海洋産出試験の実施や、新たに就航した海洋資源調査船「白嶺」を用いた海底熱水鉱床の詳細な鉱量の調査を行うなど、その進捗においても一定の成果が見られる。

このため、開発計画については、上記の諸情勢の変化を踏まえつつ、10年計画の中間段階において見直しを行い、新たな開発計画をここに策定する。

なお、海洋エネルギー・鉱物資源開発は、事業化して軌道に乗るまでは十年単位の長期に亘る取組が求められるが、その成否には不確定要素が少なからずある。そのため、それらが開発計画全体の進行速度を大きく左右する可能性があることは否めない。このため、開発計画が常に早期開発を目指した適切な計画であり続けるよう、政策のPDCA（Plan, Do, Check, Act）を適切に執行していくことで、必要に応じ、探査・技術開発の進捗や資源価格の見通し等の諸状況を踏まえて柔軟に見直しを行うものとする。

注）「海洋エネルギー・鉱物資源」との用語については、上位計画である「海洋基本計画」に位置付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。

第1章 メタンハイドレート

1. 1 現状

(1) 重要性及び背景

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である。メタンハイドレートは、よく「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、現在北米で生産が拡大しているシェールガス同様の非在来型資源として位置づけられる（参考1）。

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（参考2）。

我が国におけ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（参考3）。いわゆる「砂層型」は、水深1,000m以深の海底下数百mの地層中で砂と混じり合った状態で賦存しており、主に東部南海トラフ海域を中心に相当量の賦存が見込まれている。砂層型のメタンハイドレート層からメタンガスを安定的かつ経済的に生産するためには、在来型石油・天然ガス資源の生産技術のみでは不可能であり、新たな技術開発を行うことが必要である（参考4）。

「表層型」は、水深500～2,000mの海底に塊状で存在し、主に日本海側を中心に存在が確認されている。表層型メタンハイドレートについては、分布する海域や資源量等の本格的な調査の実施と、その結果を踏まえた開発手法の検討が必要である。

現状では、石油・天然ガスの国内生産量が日本全体の需要量に占める割合は極めて限られているが、我が国領海・排他的経済水域（EEZ）・大陸棚（以下「我が国周辺海域」という。）には、相当量のメタンハイドレートの存在が推定されており、将来の国産エネルギーとして大きく期待される。

言うまでもなく、国内に存在するエネルギー供給源は、供給リスクの観点から、最も安定した供給源である。したがって、メタンハイドレートの商業化の実現に必要な技術が整備されることは、国内

に有力な天然ガスの供給源を持つことにつながり、我が国として天然ガスの調達におけるバーゲニングパワーの強化にも貢献する。そのため、メタンハイドレートの資源量調査や技術開発は、資源の安定的かつ低廉な供給確保の観点からも、極めて重要な課題といえる。

(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況

① 砂層型メタンハイドレートについて

(旧開発計画の概要)

旧開発計画（以下、平成21年3月策定の「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を指す）では、平成21年度から10年程度の技術開発期間を「生産技術等の研究実証」段階と「商業化の実現に向けた技術の整備」段階の2段階のステップに分けて技術開発を推進することとした。平成21年度から平成27年度までの7年間では、我が国周辺海域での海洋産出試験の実施や陸上での長期産出試験の実施等の技術開発を通じて、メタンハイドレートの開発技術の整備に必要となる技術課題の抽出を行うこととした。

平成28年度から平成30年度までの3年間では、それまでの間の研究成果について、技術課題、経済性評価、周辺環境への影響等の観点から総合的な検証を実施し、全体最終評価を行うこととした。

また我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存海域・賦存量のより詳細な把握に向けた取組と生産手法の高度化に必要な技術開発や開発システムの最適化の検討は、全体を通じて取り組むこととした。

(進捗状況)

a) 海洋産出試験の実施

我が国周辺海域での海洋産出試験の実施に向け、平成21年度から平成23年度までの3年間で、事前準備作業を実施した。具体的には、メタンハイドレート賦存層の詳細評価、生産量及び生産挙動予測、資機材の調達、試験実施サイト周辺の環境調査等を実施した。また、平成24年1月から3月にかけて、試験坑井1坑、モニタリ

ング坑井2坑の事前掘削作業を実施した。

これらの事前準備作業を経て、平成25年3月には、海域では世界初となる「減圧法」^(注1)を用いたガス生産実験を実施し(参考5)、約6日間で日量平均生産量は約2万立方メートル、累積生産量では約12万立方メートルのガス生産量を確認した。

注1) 「減圧法」とは、メタンハイドレートが埋蔵している地層内の圧力を下げることによって、地層内においてメタンハイドレートを水とメタンに分離し、地表から通したパイプを通じてメタンガスを回収する手法(参考6)。

b) 陸上における産出試験の実施

平成19年度のカナダ陸域における産出試験^(注2)を踏まえ、メタンハイドレートのより長期的な生産挙動等を詳細に把握することを目的とし、平成27年度までに、陸上での長期産出試験を実施する計画を立案した。産出試験は、平成20年6月に日米間で締結された協力意図表明文書に基づき、米国での実施を想定していたが、海外鉱区権者の事情等もあり、現時点では未実施である。

注2) 平成19年度の陸上産出試験においては、約5.5日間にわたり、ガスを連続的に採取した。累計生産量は約1万3千立方メートル、平均生産量は約2,400立方メートル/日(参考7)。

c) 環境影響の予測・評価手法の検討

メタンハイドレートの開発に際しては、漏洩メタンガスが試験サイト及び周辺海域等に与える影響及び海洋生態系への影響等を考慮する必要があるため、環境への影響を予測・評価するために必要な技術開発を進めている。

平成24年度に実施した海洋産出試験では、事前・事後を含め、約2年間にわたり水質・底質・生物相等のデータ収集を行う海域環境調査、地震等の影響による海底地形の変化がないことを確認する海底地形調査、産出試験実施中のメタン漏洩や地層変形の有無等に関するデータを取得するためのモニタリングを実施(平成23年9

月～平成25年10月)した。

d) 我が国周辺海域におけるメタンハイドレート賦存量の推定等

平成21年度には、これまでの探査データを精査し、我が国周辺海域における砂層型メタンハイドレートの存在可能性を示すBSR分布図^(注3)を公表した(参考8)。また、三次元物理探査船「資源」が取得したデータを活用し、平成21年度に公表したBSR分布図をより高精度なものとするべく、探査データの解析作業を継続的に実施している。

なお、平成19年度には、国による調査結果を踏まえ、東部南海トラフ海域におけるメタンハイドレートの原始資源量を1.1兆立方メートル(我が国の天然ガス消費量(平成24年度)の約10年分に相当)と推定した^(注4)。

注3) BSRとは、地震探査で観測される海底疑似反射面の略で、砂層型メタンハイドレートの存在を示す指標として用いられる。

注4) 原始資源量とは、地下に集積が見込まれる資源の単純な総量であり、技術的かつ経済的に採掘可能な可採埋蔵量ではない点に留意する必要がある。

②表層型メタンハイドレートについて

表層型メタンハイドレートに関する調査は、これまでは学術研究が中心であり、資源開発の観点からは、分布する海域や存在形態・資源量等が必ずしも明らかではなく、旧開発計画では明確な位置づけがなされていなかった。

1. 2 今後の取組

(1) 目標

①砂層型メタンハイドレートについて

我が国周辺海域に相当量の賦存が期待されるメタンハイドレート
を将来のエネルギー資源として利用可能とするため、海洋産出試験
の結果等を踏まえ、平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた
技術の整備を行う。その際、平成30年代後半に、民間企業が主導
する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をに
らみつつ、技術開発を進める。

②表層型メタンハイドレートについて

日本海側を中心に存在が確認された表層型のメタンハイドレートの
資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で、必要と
なる広域的な分布調査等に取り組む。

(2) 課題

①砂層型メタンハイドレートについて

a) 生産技術に関する技術課題

イ) 長期安定生産に向けた技術課題

平成24年度に実施した海洋産出試験では、坑井内に砂が流入
する出砂が予想以上に発生したことや気象条件の悪化等により、
当初2週間を予定していたガス生産実験が約6日間で終了するこ
ととなった。出砂など長期安定生産を行う上で障害となる課題を
克服する技術開発が急務である。

ロ) 生産量増加に向けた技術課題

上記のガス生産実験では、ガス生産量がカナダでの陸上産出試
験時の生産量より大幅に増加したものの、将来の商業化のため
には、生産量を更に増大させることが必要であり、減圧法の更なる
改良等の技術開発が課題である。

b) 経済性に関する技術課題

平成24年度の海洋産出試験は、海洋の実フィールドで「減圧
法」の適用が可能か否かを技術的に検証することを主目的として実

施したが、今後は生産コストを飛躍的に低減する技術開発等を強力に進めていく必要がある。

c) 環境面への影響把握

より長期の海洋産出試験の実施に向けて、事前・事後を含めた環境面での影響評価も確実に取り組む必要がある。

②表層型メタンハイドレートについて

表層型メタンハイドレートは、資源開発を進めていく上でも、まずは資源量等を早急に把握する必要がある。平成25年度から政府として初めて本格的な資源量調査を開始した。今後、商業化に向けて必要となる資源量の規模及び資源の分布状況の検証や、資源回収の技術調査や技術開発のあり方の検討が課題である。

(3) 計画

①砂層型メタンハイドレートについて

a) 「技術課題への集中的対応」段階（平成25～27年度（3年間程度））

イ) 海洋産出試験結果の分析と技術課題の克服

海洋産出試験結果の分析を踏まえ、出砂など長期安定生産を行う上で障害となる課題を克服する技術開発や、生産量を更に増大させるため減圧法の更なる改良や他の生産技術との組み合わせ等を含め技術開発を進める。

ロ) 生産コスト低減に貢献する技術開発

平成24年度の海洋産出試験では、試験坑井の中にポンプ等の生産設備を設置したが、生産コストを可能な限り低減するため、次回の海洋産出試験に向けて、連続生産を効率的に実施する坑井設計や生産関連設備の簡素化、生産したガスの処理・輸送方法等を含めた生産システム等の検討を行う。

ハ) 陸上における中長期の産出試験の実施

平成20年6月に日米間で締結された協力意図表明文書や、平成25年7月の日米間の共同声明に基づき、今後、米国陸域での中長期（1～3ヶ月程度）の産出試験を検討していく。

ニ) 次回の海洋産出試験実施に向けた準備

平成25年度から平成27年度までの3年間では、次回の海洋産出試験の実施に向けた具体的な検討と資機材の設計や製造等の事前準備等を行う。その際、海洋産出試験として想定される実施期間にも留意しつつ、環境影響調査等を計画的に実施する。

ホ) 民間企業間における技術に関する知見の共有

メタンハイドレートの技術開発を効果的に実施するためには、石油開発企業のみならず、様々な分野での先端技術を有する民間企業の参画も有効であり、メタンハイドレート開発技術に関する知見を共有することで、技術開発等への参画を促すことが重要である。

b) 方向性の確認・見直し（平成27年度末頃）

技術開発の適切かつ効率的な実施と、国民に対する説明責任を果たす観点から、「技術課題への集中的対応」の終了時を目処に、技術開発の進捗状況を検証し、平成28年度以降の具体的な目標やスケジュール等の確認や見直しを行う。あわせて、後述の表層型メタンハイドレートの今後の進め方についても検討を行う。

c) 「商業化の実現に向けた技術の整備」段階（平成28～30年度（3年間程度））

イ) より長期の海洋産出試験の実施と総合的な検証

平成28年度から平成30年度までの3年間の間に、我が国周辺海域で、より長期の海洋産出試験を実施する。産出試験では、長期安定的なガス生産の実施等、商業化の実現に向けた技術の整備に必要な諸課題について検証を行う。産出試験後には、技術課題、経済性評価、周辺環境への影響等の観点から総合的な検証とまとめを行い、全体最終評価を実施する。

ロ) 民間企業の参入を促すための仕組み作り

民間企業間における技術に関する知見の共有を踏まえつつ、メタンハイドレート開発に向けた民間企業の参入を促すための仕組み作り等に取り組む。

d) 「商業化プロジェクト開始に向けた準備」段階（平成31年度～30年代後半）

民間企業等を中核とした体制整備を行うとともに、平成30年代後半に、民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるよう、国際情勢をにらみつつ、技術開発を進める。

また、商業化プロジェクトに着手する実施主体への支援のあり方についても今後検討する。

e) その他

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、有望賦存海域の抽出と賦存量の推定に取り組む。

②表層型メタンハイドレートについて

平成25年度以降3年間程度で、表層型メタンハイドレートの資源量把握に向けた取組を集中的に行う。日本海側を中心として広域的な地質調査を実施し、有望な海域では、更に詳細な地質調査を実施する。平成25年度には上越沖や能登半島西方沖において広域地質調査等を実施（参考9）しており、今後、秋田・山形沖、隠岐周辺、北海道周辺等においても実施する予定である。また、平成26年度以降、有望な調査地点において地質サンプルの取得を実施し、メタンハイドレートの濃度、塊の堅さや深さ等についても検証する。

資源回収技術については、平成26年度に実施する地質サンプルの調査結果等を踏まえ、速やかに技術調査を開始する。なお、技術関連情報の収集は平成25年度中から先行して実施する。

平成27年度末頃に実施する今後の方向性等の議論を踏まえ、資源回収技術の本格調査や研究開発等に着手する。

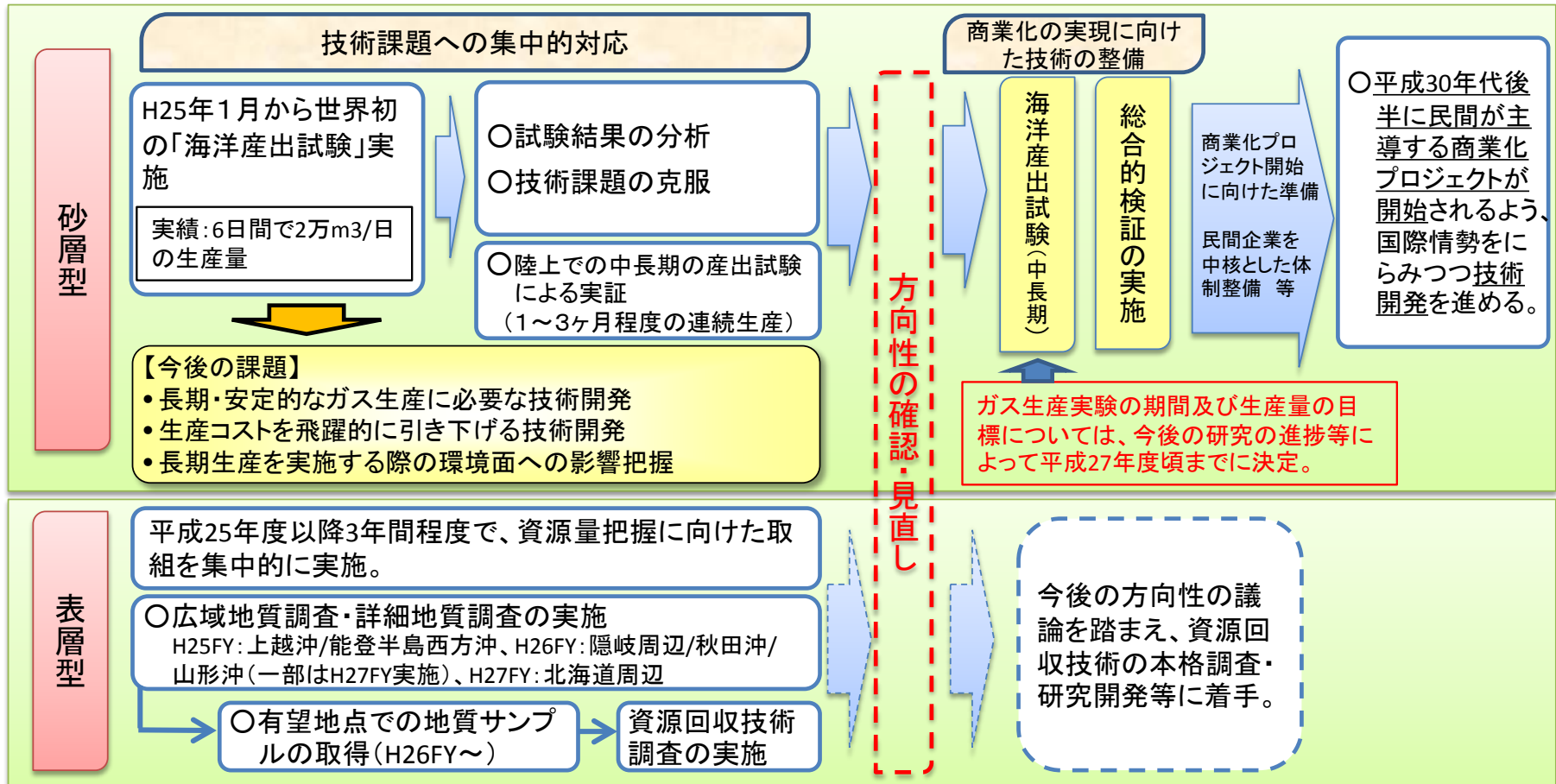
メタンハイドレートの商業化に向けた工程表

○新たな「海洋基本計画」(平成25年4月閣議決定)では、

(1) 砂層型メタンハイドレートについては、①「平成30年度を目途に、商業化の実現に向けた技術の整備を行う」**目標を確実に実施する**。また、②**商業化プロジェクトに向けた目標を初めて設定**。

(2) 表層型メタンハイドレートについては、**表層型の資源量調査目標を初めて設定**。資源量を把握するため、平成25年度以降3年間程度で広域的な分布調査等を実施する。

H 2 5 ~ 2 7 F Y 頃 H28~H30FY H30年代後半



第2章 石油・天然ガス

2. 1 現状

(1) 重要性及び背景

東日本大震災以降、我が国では石油・天然ガスの需要が増大しており、平成24年度末時点では一次エネルギー供給源の約7割を占め、石油・天然ガスは今後も重要なエネルギー源の一つとして位置づけられる。しかしながら、我が国は国内資源に乏しいことから、その供給源のほとんどを海外からの輸入に依存しており、資源の安定的かつ低廉な供給確保の観点から、資源外交を含めた多方面の対応が不可欠である。

一方、我が国周辺海域に存在する石油・天然ガスは、その供給安定性という観点からすれば、最も安定的なエネルギー資源である。国は、民間企業の事業活動を補完し、促進することによって、国内における資源の探鉱・開発を進め、国産石油・天然ガス資源の生産量拡大を目指す観点から、国の事業として、基礎物理探査^(注5)及び基礎試錐^(注6)からなる国内石油天然ガス基礎調査（以下、国内基礎調査とする。）等を実施している。

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で反射して戻ってきたもの（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。三次元物理探査は、その地質構造を空間的に把握することが可能な高精度音波探査のことをさす。

注6) 基礎試錐：石油・天然ガスに関して国が行う試掘のことをさす。様々なデータを基に地質解釈を行って集油・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45カ所、総面積にして約84万平方キロメートルの海域において、水深2千メートル以下で、かつ堆積物の厚さ2千メートル以上の堆積盆地を抱

えていることが判明している（参考10-①）。しかし、旧開発計画策定時においては、我が国周辺において物理探査を行った海域は極めて限られていた。

また、それまでの我が国周辺海域における基礎試錐等の坑井は、いわゆる大水深海域^{（注7）}では、ほとんど試掘がなされておらず、今後、精査すべきエリアが相当程度残っていたことから、旧開発計画を定め、計画的に基礎物理探査及び基礎試錐を実施してきた。

注7）大水深海域における生産・開発を行うための技術の発展、資源価格の高騰等もあり、世界各国では、水深の深い海域における資源探査・開発が進み、例えば、メキシコ湾や西アフリカ沖、ブラジル沖等では、1990年代以降水深2km以深での探鉱が商業ベースで行われ、その結果、多くの新規巨大油ガス田が発見されている。

（2）旧開発計画の概要及び進捗状況

旧開発計画では、我が国周辺海域における石油・天然ガス資源の探査・開発活動の推進を、海洋政策の重要な柱の一つとして位置付け、国内基礎調査事業（基礎物理探査及び基礎試錐）を軸に、積極的に取り組んでいくこととした。

①基礎物理探査

（旧開発計画の概要）

- a）平成20年2月に導入した三次元物理探査船「資源」（参考10-②）を効率的、かつ最大限活用することにより行うことを基本とし、三次元物理探査を行う能力（操船技術・探査技術等）の移転（技術移転）を行いつつ、三次元物理探査を行うこととし、平成23年度までは約5千平方キロメートル／年の探査を行う。
- b）技術移転が概ね完了し、本格操業を行う能力が我が国関係者に備わる平成24年度以降、平成30年度までの間は、平均約6千平方キロメートル／年の探査を行う。

c) 以上により、平成30年度までに我が国周辺海域において概ね6万2千平方キロメートルの三次元物理探査を行う。

d) 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、計画的に実施していく。

(進捗状況)

三次元物理探査船「資源」による基礎物理探査については、平成24年度末までに、日本周辺の21海域、約2万5千平方キロメートルについて、三次元物理探査を実施済みであり、ほぼ計画どおりに進捗している状況である(参考10-③)。

なお、三次元物理探査を行う能力(操船技術・探査技術等)に係る技術移転については、操船技術に関しては既に技術移転を完了しており、日本人のみで「資源」の操船を実施しているが、探査技術については、技術移転を継続中である。

②基礎試錐

(旧開発計画の概要)

三次元物理探査船「資源」による探査データ及び地質構造解釈結果を慎重に検討した上で、石油・天然ガスの資源ポテンシャルが高い地点を選定し、民間企業の探鉱意欲も十分考慮しつつ、機動的に基礎試錐を行う。

(進捗状況)

三次元物理探査船「資源」の調査結果を踏まえ、平成25年4月から約3ヶ月間、新潟県佐渡南西沖において、地球深部探査船「ちきゅう」を用いて基礎試錐「上越海丘」を実施した。当該地点の調査では、顕著な石油・天然ガスの徴候は確認できなかったが、目標としていた地層から微量の石油・天然ガスの徴候を確認するとともに、岩石サンプルや各種地質データを取得した(参考10-④)。

2. 2 今後の取組

(1) 目標

我が国周辺海域の探査実績の少ない海域において、石油・天然ガスの賦存状況を把握するため、三次元物理探査船「資源」を活用した基礎物理探査及び賦存可能性の高い海域での基礎試錐を機動的に実施する。また、得られた成果等を民間企業に引き継ぐことにより、探鉱活動の推進を図る。

(2) 課題

○基礎物理探査を踏まえた機動的な基礎試錐の実施

基礎物理探査によるデータの取得から処理・解釈までに約1年半程度を要しており、これらに要する作業を、精度に留意しつつ、迅速かつ効率的に進め、機動的な基礎試錐の実施につなげていく必要がある。

(3) 計画

①基礎物理探査の実施

我が国周辺海域の探査実績の少ない海域において引き続き、石油・天然ガスの賦存状況を把握するため、三次元物理探査船「資源」を活用した基礎物理探査を実施し（平均約6千平方キロメートル／年）、平成30年度までに概ね6万2千平方キロメートルの三次元物理探査を実施する。その際、探査により取得したデータの処理・解釈については、その精度に留意しつつ迅速かつ効率的に実施する。

また、三次元物理探査に関する探査技術の技術移転を確実に進め、平成27年度末頃までに、日本人のみで三次元物理探査が実施できる体制を構築する。

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。

②基礎試錐の実施

三次元物理探査船「資源」の探査結果を踏まえ、我が国周辺海域

における有望海域を選定の上、候補地点での事前調査や各種調整を行い、引き続き、基礎試錐を機動的に実施していく。

また、基礎試錐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、資源の地産地消の観点も踏まえつつ、探鉱活動の促進を図る。

(4) その他留意すべき事項

- ①三次元物理探査は、受振機を内蔵した最長6千メートルのケーブルを約百メートル間隔に最大10本を広範囲に展開し、極めて低速度（3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一定の期間占有する必要がある。また、基礎試錐では、大型掘削装置等を設置し掘削作業を数ヶ月間行うため、物理探査に比べ占有面積は小さいものの長期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、調査海域において事業を営む漁業等関係者の意向を十分配慮しつつ、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て、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

○新たな「海洋基本計画」(平成25年4月閣議決定)

(1)石油・天然ガスの賦存状況を把握するため、三次元物理探査船『資源』を活用した基礎物理探査(6,000km²/年)及び基礎試錐を機動的に実施する。

(2)基礎物理探査や基礎試錐で得られた成果等を民間企業に引き継ぐことにより、探鉱活動の促進を図る。

国の取組

基礎物理探査の実施

平成25年度 ~

二次元基礎物理探査(三次元物理探査のための広域調査)

平成30年度

平成25年度 ~

三次元基礎物理探査 <年間調査量:6,000km²>
<総調査量(平成20~30年度):6.2万km²>

調査海域の
絞り込み

平成30年度

基礎試錐の実施

平成25年度 ~

基礎試錐(機動的に実施)

試錐地点の
検討

平成30年度

我が国周辺海域における
詳細な地質情報を取得

(※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)

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 海底熱水鉱床

3.1 現状

(1) 重要性及び背景

海底熱水鉱床は、東太平洋海膨の海底拡大軸や西太平洋の島弧－海溝系の背弧海盆等に世界で350箇所程度発見されている海底熱水活動に伴って生成したものである。

これらは、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トラフ及び伊豆・小笠原海域において、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構が実施している海洋資源調査、(独)産業技術総合研究所、(独)海洋研究開発機構等による科学的調査によって、多くの海底熱水鉱床の徴候が発見されている(参考11)。

これらの海底熱水鉱床は、分布水深が700～1,600mと比較的浅く、東太平洋海膨に分布するものより、金、銀の品位も高いことから、技術的・経済的に開発に有利であると期待されている。一方で、海底熱水鉱床は、ヒ素、水銀等の有害元素を含有しており、周辺の環境影響に配慮しつつ、これら进行处理し、製錬する技術が求められる。

こうした我が国周辺海域に分布する海底熱水鉱床は、我が国固有の資源であり、開発が可能になれば、太宗を海外に依存している金属鉱物資源の新たな供給源として期待できる。

一方、海底熱水鉱床が分布する熱水噴出口周辺には、化学合成に依存する生物群集(熱水活動域生物群集)が生息しており、特異な海洋生態系として貴重であるばかりでなく、遺伝子資源のソースとしても医薬品、化学産業から注目されている。

(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況

①海底熱水鉱床の開発に係る計画

我が国では、経済産業省の資源調査事業の一環として、海底熱水鉱床を対象に昭和60年度からメキシコ沖海域、沖縄海域及び伊豆・小

笠原海域において、地形調査、磁気調査、海底観察及び試料のサンプリング調査等を実施し、各海域で熱水鉱床の徴候を発見している（参考12）。

更に、平成20年度からは、旧開発計画に基づき、海底熱水鉱床の探査・開発の道筋と必要な技術開発等を10年間計画で推進してきた（平成21年度～24年度を第1期、平成25年度～30年度を第2期と設定）。

同計画に基づき、経済産業省は、（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構を通じて、民間企業や関係機関の協力の下、a) 鉱床の資源量評価、b) 採鉱・揚鉱技術、c) 選鉱・製錬技術、及びd) 環境影響評価の4つの側面から調査や技術的検討を同時並行的に実施した。

②第1期（平成21年度～平成24年度）の成果

第1期においては、前述の4つの分野に係るリスク（不確実性）をいかにして低減するかを念頭に取り組みを行った結果、以下の成果を得た。

a) 資源量評価

沖縄海域伊是名海穴内の海底熱水鉱床において、国際基準に準拠した資源量評価の結果、海穴内のマウンド表層部の鉱物資源量を最大340万トンと予測した。今後、この予測鉱物資源量を民間企業等の投資判断に資する精度にまで精査するためには、更に稠密なボーリング調査を行う必要がある。また、平成24年2月から新たに運航を開始した海洋資源調査船「白嶺」による深部掘削調査の結果、海底面下30mより深い深度に、海底熱水鉱床の新鉱体が存在することを確認した。今後、深部へのボーリング調査も継続し、マウンド表層部と深部を合わせた伊是名海穴内の全資源量を算出する必要がある（参考13）。

他方、伊豆・小笠原海域ベヨネース海丘については、ボーリング密度等が十分でなく、国際基準に準拠した資源量の算出には至らなかった。

b) 採鉱・揚鉱技術

暫定的な経済性評価に基づき、商業採掘規模を1日5,000トンと仮定して、海底熱水鉱床の採鉱システムを構成する3つのサブシステム（採掘、揚鉱、採鉱母船）について最適な方式を検

討した。

このうち、採掘分野については、沖縄海域伊是名海穴内の海底熱水鉱床において、2種類の採掘試験機を用いて、世界初の掘削試験に成功し、将来の商業機開発に資する有意義なデータを取得した。

c) 選鉱・製錬技術

沖縄海域及び伊豆・小笠原海域から採取した多様な特性の鉱石を用いて、実験室～ベンチスケールでの有用金属の分離試験（浮遊選鉱試験）を行い、特性別に鉱石の浮遊選鉱フローを確立するとともに、選鉱パイロットプラントの概念設計を完了した（参考14）。

d) 環境影響評価

海洋環境等への影響を可能な限り低減する観点から、沖縄海域伊是名海穴、伊豆・小笠原海域ベヨネース海丘周辺域で環境ベースライン調査を実施し、当該海域の基礎的な環境特性を把握した。その成果を踏まえ、採掘試験機による掘削試験に先立ち、予測モデルを用いたシミュレーション分析を行い、試験による重大な影響がないことを事前に確認した。

また、15種類に及ぶ主要大型熱水生物の遺伝子解析の結果、現時点では、沖縄海域伊是名海穴において固有の種が存在しないことを確認した。

3. 2 今後の取組

(1) 目標

国際情勢をにらみつつ、平成30年代後半以降に民間企業が参画する商業化を目指したプロジェクトが開始されるよう、既知鉱床の資源量評価、新鉱床の発見と概略資源量の把握、実海域実験を含めた採鉱・揚鉱に係る機器の技術開発、環境影響評価手法の開発等を推進するとともに、その成果が着実に民間企業による商業化に資するよう、官民連携の下、推進する。

(2) 課題

a) 資源量評価

鉱床表層部の資源量精査や深部に見つかった鉱体を含めた鉱床全体の詳細資源量を把握するとともに、更なる広域調査により、有望海域の抽出、詳細資源量評価の対象となる鉱床の特定を加速する。

b) 採鉱・揚鉱技術

懸濁して視界のきかない海底での操業を可能にする可視化技術、大水深対応水中ポンプ、ライザー管（揚鉱管）の設計等の技術的課題を克服し、商業レベルの採鉱・揚鉱技術を確立する。

c) 選鉱・製錬技術

選鉱・製錬プラントの連動試験を行い、最適プロセスを確立するとともに、金属回収率の向上等を図る。

d) 環境影響評価

環境影響予測モデルの改良を行うとともに、環境影響評価手法を確立する。また、揚鉱に伴う海水の海洋再投入の影響を分析するとともに、関連する法制度等の検討を行う。

(3) 計画

海底熱水鉱床の開発は、日本はもとより世界的にも開発事例のない未踏の分野であり、多くの課題が存在することから、第1期中の状況変化を踏まえ、中長期的な取組が必要である。

開発に当たって取組が必要な分野は、資源量評価、環境影響評価、採鉱技術、選鉱・製錬技術等、多岐に亘ることから、効率的かつ効果的に開発を推進するため、各分野の進捗状況を見極めつつ全体を整合して進める。また、実海域においてパイロット試験等を行う前には、方向性の確認・見直しや総合的な検証を行うなど、計画的に各段階で評価を行い、開発を推進していくこととする。

第2期以降の計画は、第1期で抽出された課題をもとに、以下に示す内容に取り組む。

①第2期（平成25年度～30年度）

a) 資源量評価

沖縄海域伊是名海穴及び伊豆・小笠原海域ベヨネース海丘の鉱床周辺や深部に対する掘削を行い、鉱床の全体像を捉え、平成27年度までに当該鉱床の詳細資源量（有害元素の含有量を含む）を把握する。

日本周辺海域の資源ポテンシャル把握のため、上記以外の有望海域で広域調査を実施し、伊是名海穴と同程度、又はそれ以上の有望鉱床を発見し、その資源量把握に努める。

b) 採鉱・揚鉱技術

深部ボーリング等による解析結果から鉱床全体の地山モデル（鉱床・岩盤物性モデル）を構築するとともに、詳細資源量に基づく経済性評価をベースとして採鉱基礎条件を設定する。また、海域でのパイロット試験等を通じて、平成29年度までに採鉱・揚鉱分野の要素技術を確立する。

c) 選鉱・製錬技術

沖縄海域及び伊豆・小笠原海域から採取された多様な特性の鉱石について、高効率な選鉱フローを研究するとともに、平成29～30年度に選鉱・製錬プラントの連動試験を実施し、有害元素処理や貴金属の回収等の課題解決を含め、最適なプロセスを確立する。

d) 環境影響評価

環境基礎調査の調査項目や環境影響方法等の妥当性の検証や改良に取り組み、平成29年度までに環境影響評価手法を確立する。

e) 法制度等の検討

海洋における鉱物資源開発に関連する法制度等を総合的に検証し、商業化に向けて必要な整備を行う。

f) 経済性評価

資源量評価、採鉱・揚鉱技術、選鉱・製錬技術及び環境影響評価分野の調査・開発成果を踏まえ、第2期最終評価として、平成29～30年度に経済性の評価を行う。同時に、民間企業が参画する商業化を目指したプロジェクトの開始に向けて、技術、コスト等の課

題を抽出し、次段階においてその解決に取り組む。

②平成30年代前半～後半以降

平成30年代前半には、採鉱～製錬に至る生産技術・システムを確立する観点から、採鉱・揚鉱総合実証システムを製作し、実海域での商業化を目指したプロジェクトに向けた準備を実施する。また、選鉱・製錬技術分野では、選鉱・製錬プラントの連動試験を実施する。

平成30年代後半以降には、民間企業が参画する採鉱～選鉱～製錬連動試験プロジェクトを実施し、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。

海底熱水鉱床の開発に向けた工程表

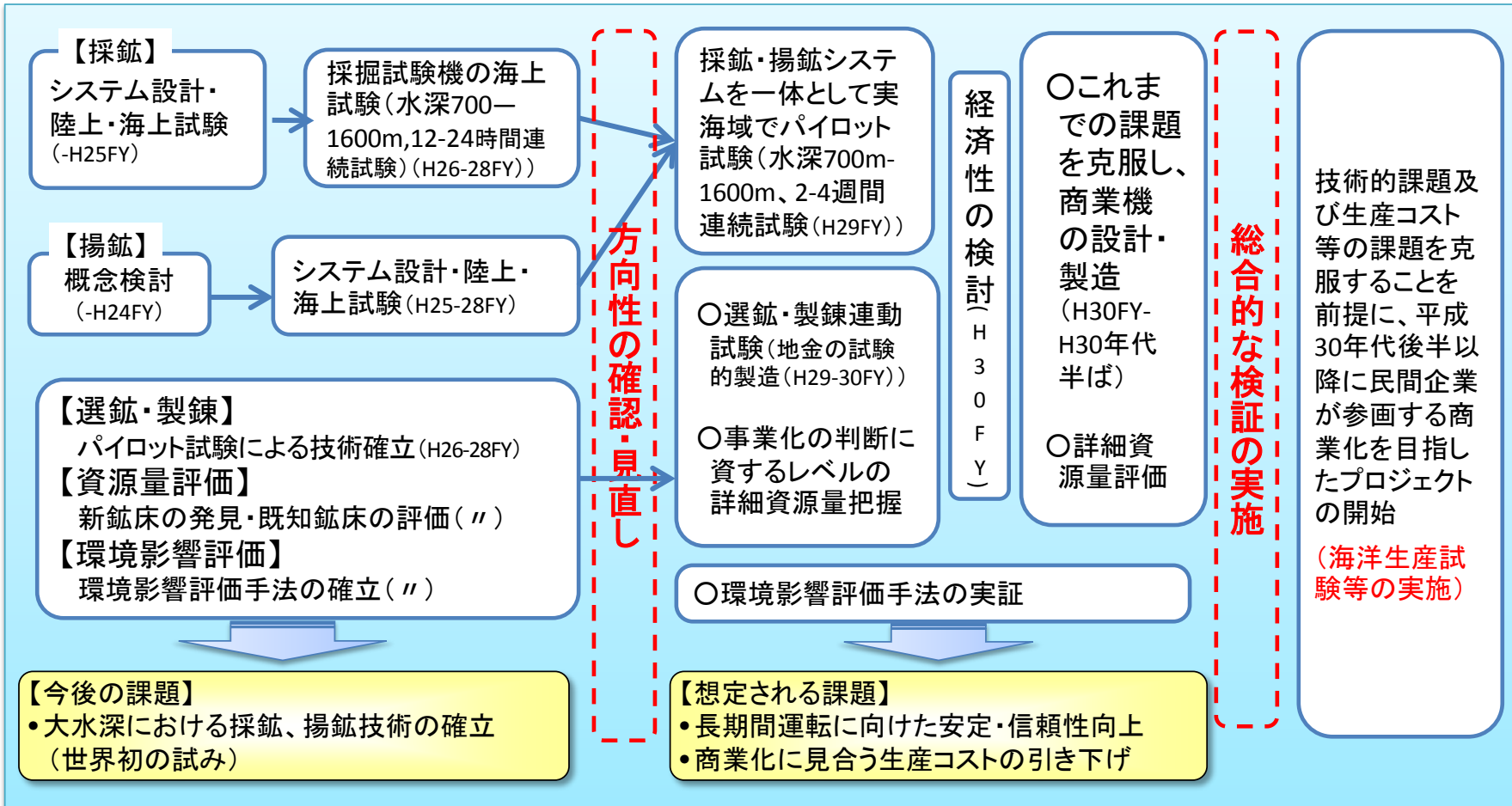
海洋基本計画（平成25年4月26日閣議決定）

- ①我が国周辺海域の資源ポテンシャルを把握するための資源探査の継続的な実施、及び②生産に向けた技術開発を集中的に実施。
- 平成30年代後半以降に民間企業が参画する商業化を目指したプロジェクトが開始されるよう、資源探査、採鉱・揚鉱に係る機器の技術開発等を推進。

H 2 5 - 2 8 F Y

H 2 9 F Y - H 3 0 年 代 半 ば

H 3 0 年 代 後 半 以 降



第4章 コバルトリッチクラスト

4. 1 現状

(1) 重要性及び背景

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、特に電池の電極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倍程度高いことや、白金が含まれることが特徴である（参考15）。

コバルトリッチクラストは、公海のみならず、我が国のEEZ内にも存在すること、水深1,500～2,000m付近の海山といった海底鉱物資源の中でも比較的水深の浅い箇所分布することなどの理由により、特に注目されている。

我が国では、昭和62年度から、南鳥島－ウェーク島海域及びウェーク島－ジョンストン島海域の2海域（いずれも公海域）を対象に音波探査、海底観察、サンプリング調査を実施してきた。この結果、平成17年度には有望9海山を絞り込み、以降、有望海山を対象に、ボーリング調査等を継続してきた。

平成24年7月、国際海底機構^(注8)第18回年次総会において、「コバルトリッチクラストの概要調査及び探査に関する規則（探査規則）」が採択されたことを受け、我が国としても、直ちにこれまでの調査で抽出した南鳥島南東方の公海域の6海山を対象に探査鉱区の承認申請を国際海底機構に行った。当該申請は、平成25年7月の国際海底機構第19回年次総会において承認され、今後、同機構との探査業務契約の締結により、公海域における我が国の排他的な権益が確保されるとともに、15年間にわたる資源量調査、採鉱・製錬などの生産技術の検討、環境調査等の実施が責務となる。

また、平成20年度からは、公海域の調査に加えて、南鳥島周辺のEEZにおいても同様に音波探査、海底観察、サンプリング調査による分布状況調査を実施し、当該海域にも、コバルトリッチクラストが存在する海山を確認している。

注8) 国際海底機構：国連海洋法条約に基づき、人類の共同の財産であると規定された深海底（いずれの国の管轄権も及ばない区域－各国の大陸棚の外側－の海底及びその下）の鉱物資源の管理

を主たる目的とし、深海底における活動を組織し及び管理する国際機関。

(2) 旧開発計画の概要及び進捗状況

平成20年度から、選定した公海域の有望海山において、継続的なボーリング調査等を実施するとともに、南鳥島周辺のEEZ内において基礎的調査を実施し、コバルトリッチクラストの資源量の把握に努めてきた。その結果、平成25年7月の公海域におけるコバルトリッチクラストの探査鉱区申請の承認に至った。

今後、国際海底機構との探査業務契約を締結し、探査業務計画の着実な推進を図っていくとともに、EEZ内の海山についても、賦存状況を明らかにする調査を本格化する必要がある。また、生産技術の開発や海洋環境特性の把握については、依然不十分なところも多い。

これまでの5年間の取組の成果と課題は、以下のとおりである。

a) 資源量評価

探査規則に基づき、6海山150鉱画を対象に排他的な探査権を取得したものの、各鉱画の詳細なクラスト分布情報の取得には至っていない。今後、正確な資源量を把握するとともに、将来の開発鉱区の選定のためにも、着実なボーリング調査等の実施が必要である。

また、南鳥島周辺のEEZに分布する主要海山についても本格的な調査が必要である。

b) 採鉱・揚鉱技術

これまで採鉱技術の開発に向けた取組は、マンガン団塊や海底熱水鉱床が中心であり、コバルトリッチクラストに特化した採鉱技術の開発は行われていない。現在、前述の海底熱水鉱床について採鉱技術の開発が進められており、これらの知見を可能な限り活用することで効率かつ効果的な技術開発を行うことが必要である。

c) 選鉱・製錬技術

これまでの基礎試験により、基盤岩が混入したコバルトリッチクラストから、コバルトリッチクラストのみを選別し、乾式と湿式製錬法を併用して、コバルト、ニッケル、白金をそれぞれ回収するプロセスを確立した。一方、近年、コバルトリッチクラスト中のレアアースが

注目されていることから、その分離抽出も含めた製錬技術の検討が必要である。

d) 環境影響評価

コバルトリッチクラストが分布する海山（高さ4,000m超）について、国際海底機構の探査規則等を踏まえ、海山裾野から急な斜面を経て山頂部までの環境特性を把握し、生物多様性の観点から環境保全策を検討する必要がある。

4. 2 今後の取組

(1) 目標

コバルトリッチクラストの開発については、海底熱水鉱床と同様に、いまだ開発事例もなく、技術的にも多くの課題が存在する。

公海域の探査については、国際海底機構と探査契約締結次第、国際海底機構が定める探査規則に基づき、商業化に向けて探査鉱区において15年間の探査活動に着手する。国際海底機構の探査規則によると、探査開始から8年後には、当初取得鉱区の3分の1を、10年後には更に3分の1を放棄することが定められているため、開発対象となる有望鉱区を絞込み、平成40年末までに、資源量評価、採鉱・揚鉱技術の開発成果を踏まえ、民間企業による商業化を検討する。

また、南鳥島周辺のEEZに分布するコバルトリッチクラストについても資源量評価のための取組を本格化させる。

計画は、国際海底機構との探査契約期間を考慮し、第1期から第3期まで、それぞれ5年間とする15カ年とし、効率かつ効果的に計画を推進する。検討分野が多岐に亘ることから、各分野の進捗状況を見極めつつ全体を整合して進め、計画的に各段階で評価を行いつつ開発を推進していくこととする。

(2) 課題

a) 資源量評価

開発鉱区選定のため、詳細な資源量評価を実施するとともに、新たなポテンシャルが認められる南鳥島周辺のEEZ内や延伸大陸棚海域における分布状況調査を実施する必要がある。

b) 採鉱・揚鉱技術

海底熱水鉱床における技術開発成果を活用し、最適な採鉱・揚鉱システムを確立することが必要である。

c) 選鉱・製錬技術

これまでの基礎試験で検討されたプロセスは、レアアースも含めた回収技術の検討には至っていない。このため、レアアースの回収も含めた効率的・低コストの選鉱・製錬技術を確立することが課題である。

d) 環境影響評価

国際海底機構の探査規則等に基づき、環境基礎情報の収集、及び環境保全策の検討が必要である。

(3) 計画

①第1期（平成26年～30年）

a) 資源量評価

南鳥島南東方の公海域で探査権を得た鉱区において、コバルトリッチクラストに含有される金属品位、層厚などの資源情報を取得し、開発有望鉱区を絞り込む。

南鳥島周辺のEEZ内についても、資源調査を実施し、有望海山の選定を実施する。また、延伸大陸棚海域等についても分布状況等の調査に着手する。

b) 採鉱・揚鉱技術

海底熱水鉱床に係る技術開発等の成果を踏まえ、コバルトリッチクラストに適した採鉱方式、揚鉱システムの設計を行う。

c) 選鉱・製錬技術

効率的・低コストの製錬技術を検討し、パイロットプラントの設計を行う。

d) 環境影響評価

環境特性を把握するため、海洋環境基礎調査を実施し、当該海山を含む海域全体の環境特性を把握する。

②第2期（平成31年～35年）

a) 資源量評価

第1期に引き続き、精密ボーリング調査、海底観察、及び海底の詳細地形調査等を継続する。これらの調査等で得られた結果を踏まえ、平成33年末までに、取得鉱区のうち放棄する3分の1の鉱区、平成35年末までに更に3分の1の鉱区を選定し、最終開発有望鉱区を決定する。

南鳥島周辺のEEZ内については、有望海山について、詳細資源量の把握のための調査を継続するとともに、延伸大陸棚海域等についても分布状況等の調査を継続する。

b) 採鉱・揚鉱技術

第1期の設計を踏まえ、採鉱関連機器の製作を行い、実海域試験を通じて、採鉱技術を確立する。

c) 選鉱・製錬技術

パイロット試験により、製錬要素技術を確立する。

d) 環境影響評価

第1期に引き続き、海洋環境基礎調査、環境保全策の検討を行い、環境基礎調査を完了する。

③第3期（平成36年～40年）

a) 採鉱・揚鉱技術

第2期に実施した採掘試験結果を踏まえつつ、揚鉱技術を確立する。

b) 選鉱・製錬技術

第2期の結果を踏まえ、パイロットプラント試験を行い、商業化を想定した製錬技術を確立する。

c) 商業化検討（平成40年）

平成40年末までに上記検討を行い、民間企業による商業化の可能性を見極めつつ、その後の方針を決定する。

コバルトリッチクラストの開発に向けた工程表

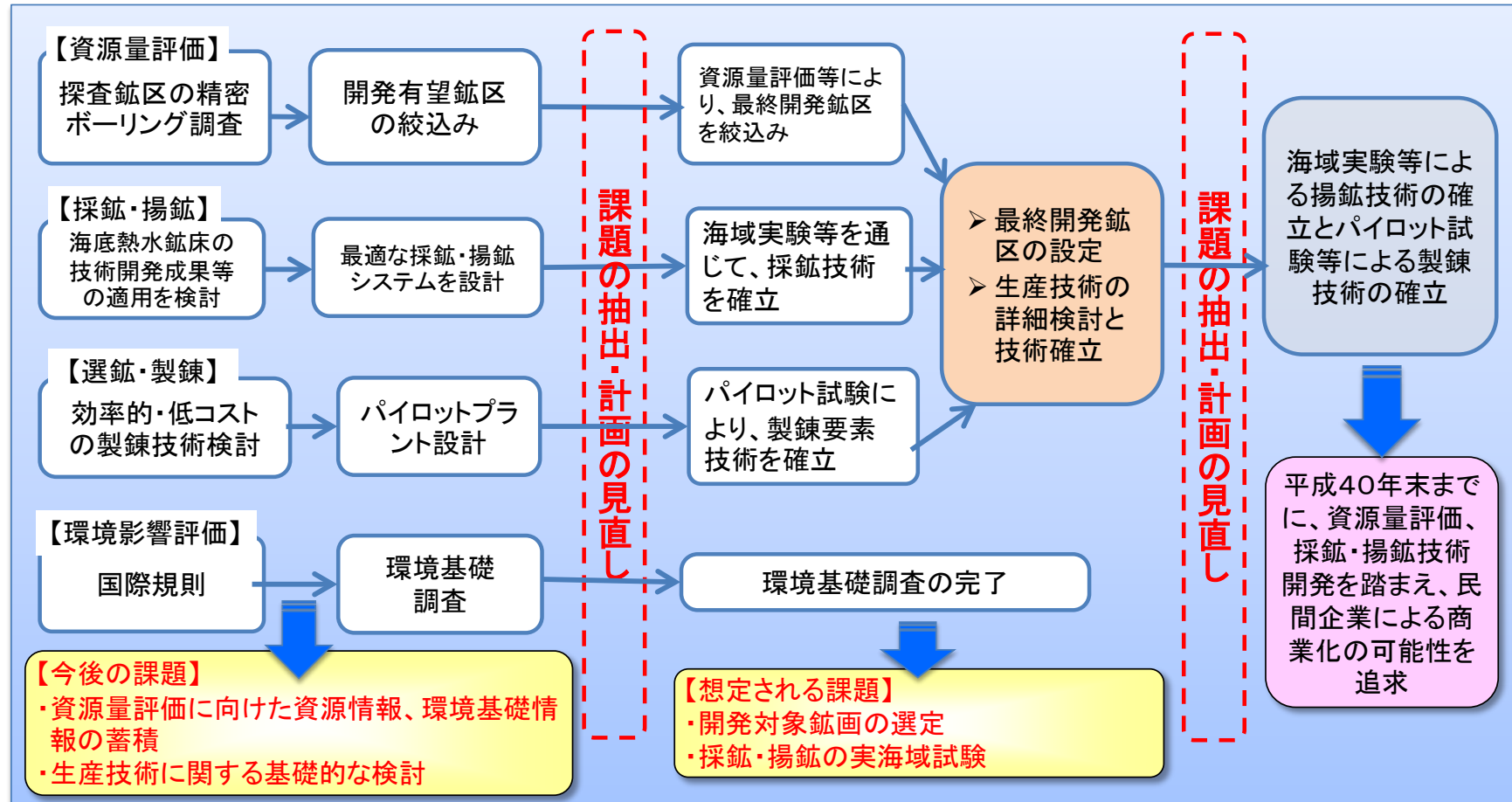
海洋基本計画(平成25年4月26日閣議決定)

- 資源量調査と生産関連技術について、国際海底機構が定めた探査規則を踏まえ、調査研究に取組。
- 海底熱水鉱床についての取組の成果も踏まえ、具体的な開発計画を策定した上で取組。

H 2 6 - 3 0

H 3 1 - 3 5

H 3 6 - 4 0



第5章 その他のエネルギー・鉱物資源等

5.1 レアアース堆積物

(1) 現状

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を含む海底堆積物は、水深5,000～6,000m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EEZ内の海底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。

我が国のEEZ内のレアアース堆積物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。

しかし、現状では、詳細な濃集帯の分布状況が不明であること、高粘度特性や5,000mを超える深海底からの採泥・揚泥技術が未確立であること、環境影響の及ぶ範囲等が不明であることなど、多くの課題がある。

(2) 今後の取組

① 目標

将来のレアアース資源としてのポテンシャルを検討するため、当面、3年間程度で海底に賦存するレアアース堆積物の賦存状況調査を行い、有望な濃集海域を特定して、その概略資源量の把握に努めるとともに、高粘度特性等を有するレアアース堆積物の採泥技術、大水深下からの揚泥技術について、将来の開発・生産を念頭に、広範な技術分野の調査・研究を行う。

② 計画

現状では、詳細な濃集帯の分布状況（地層の連続性、層厚、堆積構造等）が不明であること、高粘度特性や5,000mを超える深海底からの採泥・揚泥技術（耐久性・保守性・稼働率等を踏まえた最適な

採泥・揚泥手法、揚泥後の大量泥の脱水・分離、残さ処理・利用方法等)が未確立であること、環境影響の及ぶ範囲等が不明であることなど、多くの課題がある。

こうした課題に取り組み、レアアース堆積物の生産システムの概念を決定して、コスト試算等により資源ポテンシャルの総合評価を行うため、当面、以下に示す内容に取り組む。

a) 概略資源量・賦存状況の調査

南鳥島周辺のEEZ内において、堆積物のサンプリングを行い、レアアースが濃集する有望海域を特定する。特定された海域について資源量評価を行い、概略資源量を試算する。

b) 技術分野の調査・検討

採取した堆積物の物性データ等を基に、基礎研究、シミュレーション、陸上実験等を重ねて、全体の生産システムを検討。また、海域の環境基礎調査を行い、環境保全策を検討する。

c) 資源ポテンシャルの総合評価

上記調査・検討等を勘案し、平成27年度に資源としてのポテンシャルを総合的に評価するとともに、商業化に向けた検討要素、技術開発課題、法制度の問題点等を抽出する。

5. 2 マンガン団塊

(1) 現状

マンガン団塊は、直径2～15cm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4,000～6,000m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公海上に広く分布している(参考16)。

我が国は、昭和50年度から調査活動を開始し、昭和62年にハワイ沖の公海域に鉱区登録を果たすとともに、資源量評価、環境影響評価、採鉱、製錬技術開発を実施してきた。

平成12年、国連海洋法条約に基づき、深海底の鉱物資源の管理を主たる目的とする機関として設立された国際海底機構は、「マンガン団塊の概要調査及び探査に関する規則(探査規則)」を策定した。こ

の探査規則に基づき、我が国を始め、フランス、ロシア、旧共産圏諸国連合（ブルガリア、キューバ、ポーランド、ロシア、スロバキア）、インド、中国、韓国及びドイツが国際海底機構と15年間の探査契約を締結し、それぞれ開発に向けた探査活動を実施している。また、平成23年以降、新たにナウル、英国、ベルギー、トンガ、キリバスも探査契約を締結している。

国際海底機構では、我が国を含む探査契約者について、平成28年から順次契約期間が終了することから、現在、商業生産にかかるルールを定めたマンガン団塊の開発規則の策定に向けた議論が開始されている。

（２）今後の取組

①目標

国際海底機構との契約期間が終了する平成28年6月までに、他国動向等も踏まえつつ、商業化の可能性を見極め、今後の方針を決定する。

②計画

近年新たにマンガン団塊の権益を確保する動きがあるものの、マンガン団塊の分布水深は、海底熱水鉱床やコバルトリッチクラストに比べて深く、開発に向けた経済的、技術課題は少なくない。

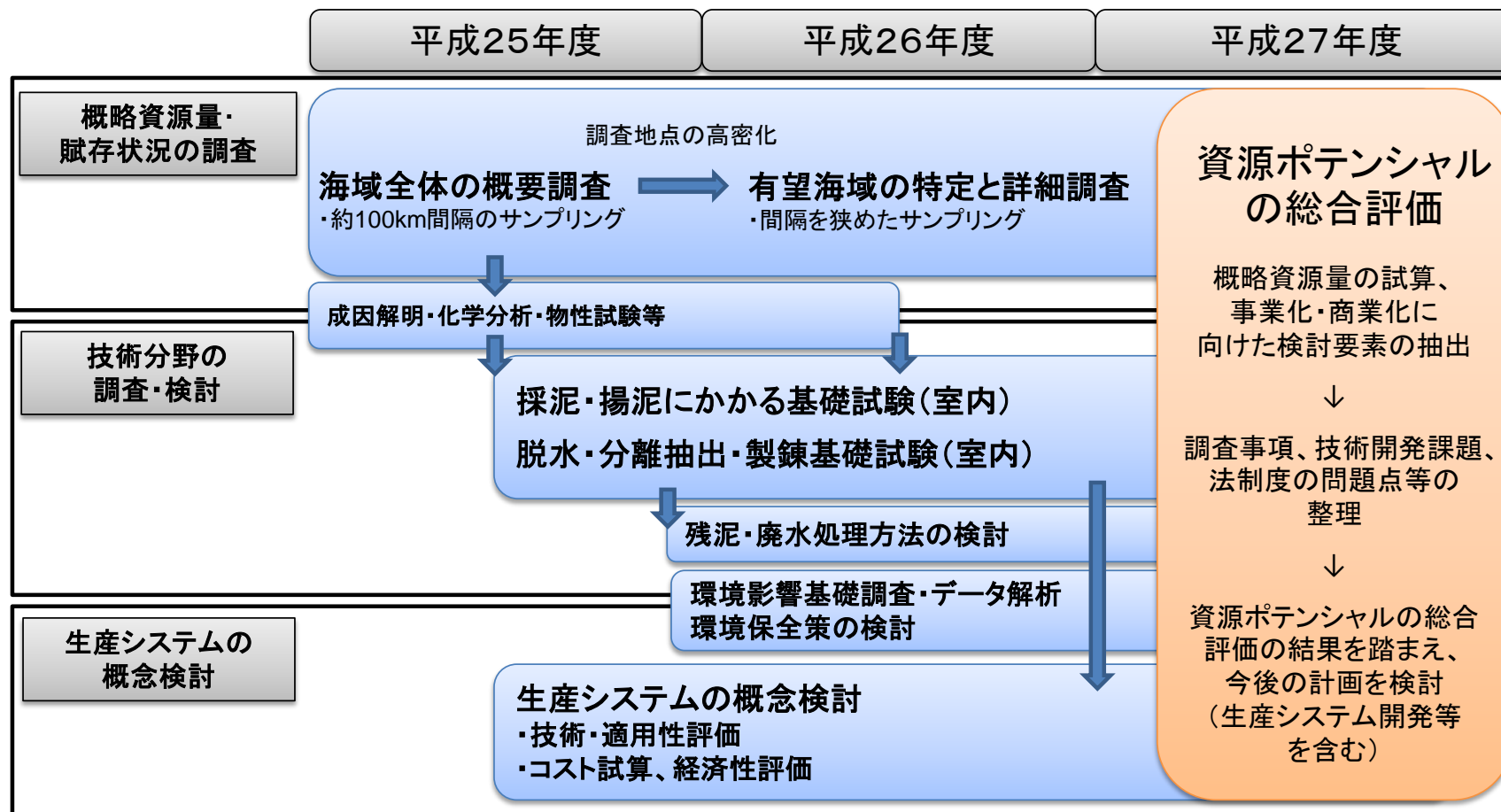
具体的には、探査鉱区（75,000平方キロメートル）の海底地形を詳細に調査し、正確な可採資源量を把握するとともに、採鉱・揚鉱技術について、生産システム全体を検討し、正確な経済性評価による商業化可能性を検証することが必要である。

このため、当面は、国際海底機構での規則やガイドラインの策定状況、技術開発の進展等を踏まえ、開発に向けた資源量評価や環境影響評価、さらには技術課題の解決に向けた適切な対応を取りつつ、各国の活動状況や生産技術等の動向を注視し、情勢の変化に機動的に対応していくこととする。

レアアース堆積物の資源ポテンシャル総合評価に向けた工程表

海洋基本計画(平成25年4月26日閣議決定)

- 将来のレアアース資源としてのポテンシャルを検討するため、基礎的な科学調査・研究を行うとともに、平成25年度以降3年間程度で、海底に賦存するとされるレアアースの概略資源量・賦存状況を調査。
- 高粘度特性と大深水性を踏まえ、将来の開発・生産を念頭に広範な技術分野の調査・研究を実施。



第6章 各省庁等との連携並びに国と民間との役割分担

6. 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。特に文部科学省では、科学技術・学術審議会海洋開発分科会において、（独）海洋研究開発機構が有する探査機技術や大学等に蓄積された知見・技術も踏まえ、海洋資源の広域かつ効率的な探査に資する技術開発等について検討を行っており、これらの検討結果を活用すべく関係省庁間で連携を図る。

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国際海底機構の動向等について、関係省庁間で情報共有・連携を図っていくこととする。

平成25年5月には、新たな「海洋基本計画」を踏まえ、文部科学省、国土交通省及び経済産業省が共同事務局となり、将来の海洋開発に向けた重要技術（国家基幹技術）を選定した。特に次世代海洋資源調査システムについては3省庁連携して平成30年度までの確立を目指して研究開発を進めることとしており、こうしたプロジェクトベースでの連携も今後推進していくこととする。

国土交通省は、海洋資源の探査等の基礎となる広域の海底地形情報の整備や、海洋開発に必要な船舶・構造物等の技術開発等海洋産業の戦略的育成に取り組んでおり、また、遠隔離島に関しては、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。こうした活動とも関係省庁間で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

資源量調査に際して調査船を傭船する必要があり、また海洋坑井の試掘に当たっては、海洋掘削装置（リグ）また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、第1回海洋産出試験においては、（独）海洋研究開発機構が有する地球深部探査船「ちきゅう」を活用して実施しており、一定の成果を挙げているところである。

(2) 石油・天然ガス

①取得データの公開

国内基礎調査の計画立案やデータ解釈作業の際には、関係省庁（海上保安庁、（独）海洋研究開発機構）等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関係機関保有の掘削船の活用

基礎試錐については、掘削リグ・掘削船を傭船する必要があるが、平成25年度に新潟県佐渡南西沖において実施した際には、（独）海洋研究開発機構が保有する地球深部探査船「ちきゅう」を傭船し、効率的かつ機動的な調査を実施した。

今後の基礎試錐の実施に際しても、国内の研究機関との連携を積極的に行い、掘削船の活用を検討していく。

③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) 金属鉱物資源

海底熱水鉱床の開発は、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・能力を有する関係省庁等との間でより一層の連携の強化が必要である。

現在、海底熱水鉱床等の海底鉱物資源の調査は、（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構が保有する海洋資源調査船「白嶺」を用いて実施している。同船は、平成24年2月に就航した最新の調査船であり、資源調査に不可欠なボーリングマシンをはじめとする各種のサンプリング機器を搭載し、調査内容に応じた最新の調査機器の導入を図ること等により、着実に調査を実施している（参考17）。

文部科学省は、海底熱水鉱床等の広域かつ効率的な探査に資するセンサー、探査機等の実用化に向けた技術開発を行うとともに、資源の成因

解明に向けた研究開発を行っている。また、（独）海洋研究開発機構は、海洋生物や海底地質等に関する豊富な調査成果を有するとともに、各種の海洋調査機器を保有する等高い調査能力を有しており、更に、平成27年度末には、新たな海底広域研究船の建造を完了する予定である。今後、こうした機関における研究開発成果や保有するデータ及び船舶、海洋探査機器の活用等積極的な連携の強化を図っていくことが必要である。

また、自律型無人潜水機（AUV）や有索式遠隔探査機（ROV）等を使用した調査を実施する場合には、民間企業等が保有している各種調査船舶の積極的な活用を図る。

6. 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層からの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。平成24年度に実施した世界初の減圧法による海洋産出試験では、我が国民間企業の参画により実施されたところであるが、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と技術を有する民間企業との積極的な連携の下で推進していく必要がある。

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、平成30年代後半に民間企業が主導する商業化のためのプロジェクトが開始されるためには、国が実施する技術開発の段階から、民間企業に対する情報提供を積極的に行い民間企業の参入を促す仕組みを構築するとともに、商業化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・天然ガス資源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や基礎試錐を行い、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、積極的な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) 金属鉱物資源

金属鉱物資源の開発は、多額の研究・開発資金が必要と予想され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、国は必要な制度整備を行い、民間企業と連携を図りつつ、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。

第7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

7. 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、将来に必要な人材を確保していくためには、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を進めることが重要である。

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構においては、国内企業技術者等に対して最先端の掘削シミュレーション等を活用した実践的な研修の実施や、海外の国営石油会社等とも連携した取組など、民間ではできない事業について、今後とも取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（JMEC）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、鉱物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が期待される。

なお、海洋エネルギー・鉱物資源開発にあたっては、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。

7. 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。

すでにメタンハイドレートについては、過去に国際協力により北米で陸上産出試験をしてきており、減圧法の有効性の確認が行われるなど、成果を得ているが、他の資源開発分野においても必要に応じ海外の知見や技術の活用も念頭に置いて研究開発等を行うことが重要である。

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。

7. 3 海洋の環境保全

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、何らかの形で汚染物質を漏洩したり、海底地形の変更や海洋に生息する生物への影響を与えたりする可能性がある。

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・鉱物資源開発にあ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の課題については、国際的な相場感も重要であり、国際海底機構における環境ガイドラインなどを十分参照しつつ、また、こうした国際的なルール作りにも積極的に関与して進めていく。

7. 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、海洋エネルギー・鉱物資源の開発に関する施策の現状及びその成果については、海洋関係の学会が主催するシンポジウムや関係省庁のホームページ等を通じて、国民に分かりやすく情報発信を行うこととする。

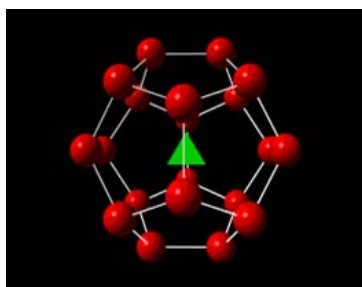
また、若年層から理解を増進していくことも重要であり、「海洋基本計画」に基づき、関係省庁において取り組む海洋に関する広報・教育の充実に関しても、必要な連携を図りつつ取り組んでいくこととする。

参考資料

(参考1) メタンハイドレートとは？

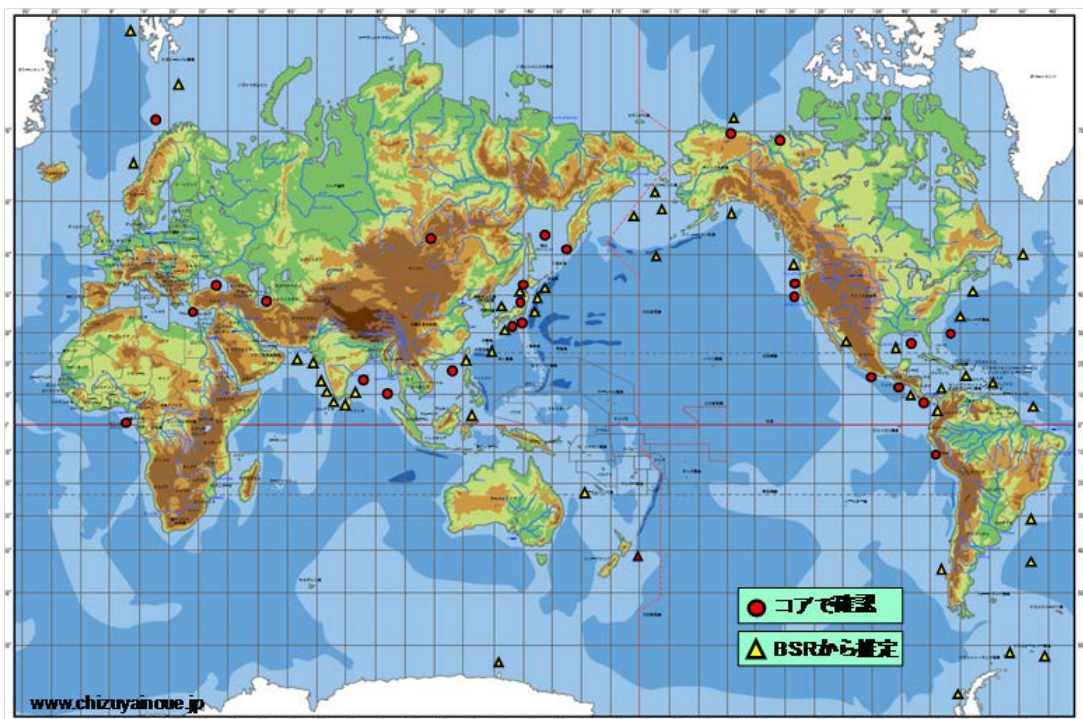
左図：メタンハイドレートの結晶構造モデル（三角緑はメタン分子、球赤は水分子）。低温高圧の条件下で、水分子の結晶構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状物質。（理論化学式 $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ ）。結晶構造の空間に隙間なくメタンが取り込まれている場合、 1m^3 のメタンハイドレートを分解すると、水 0.8m^3 とメタンガス 172m^3 （大気圧下、 0°C ）が得られる。

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）

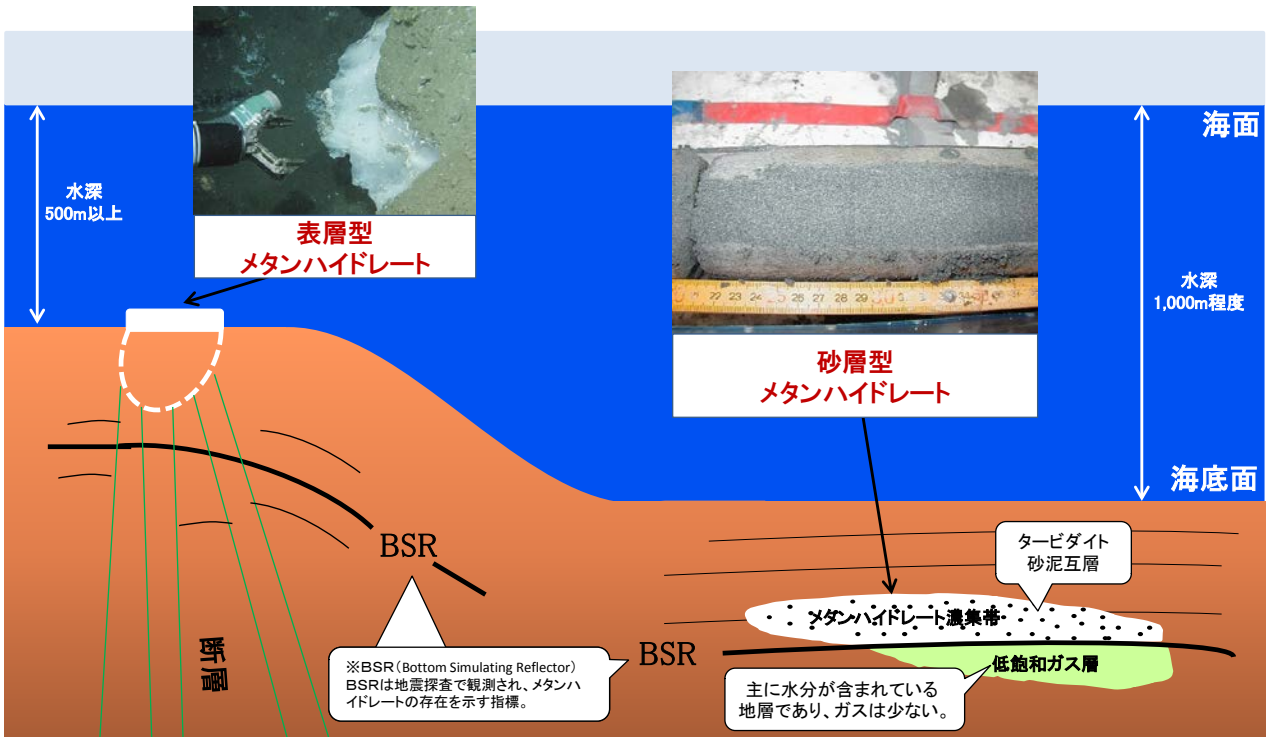


(参考2) 世界のメタンハイドレート分布予想域

(出所：Kvenvolden et al. (2001) 及び林他 (2007))

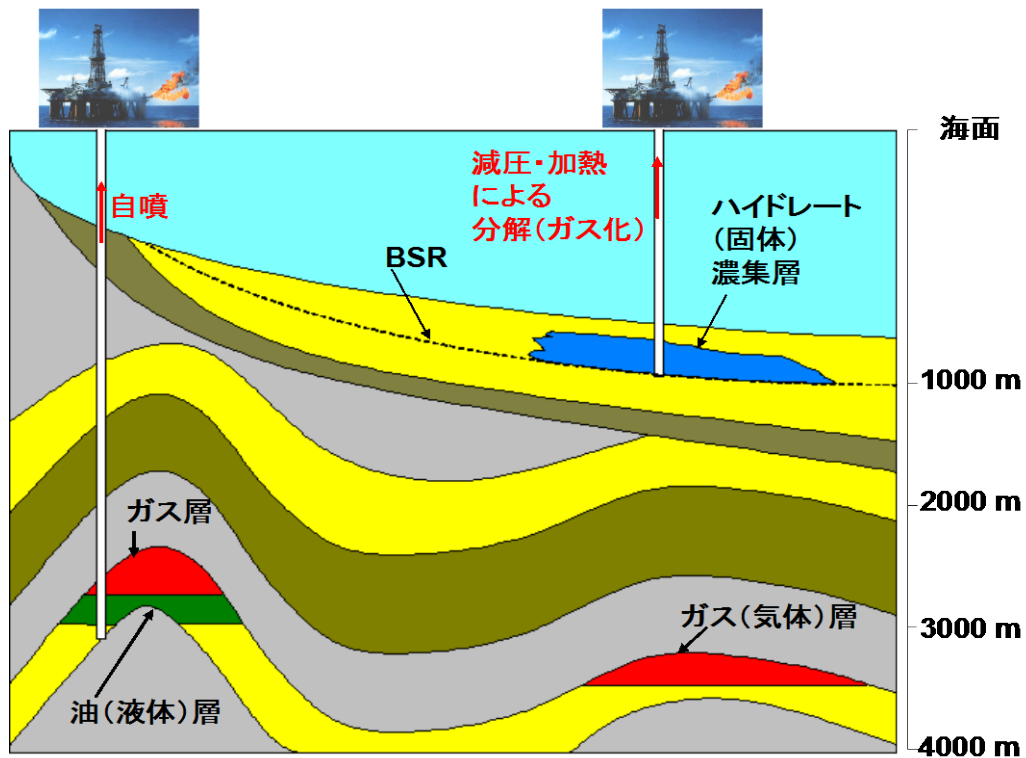


(参考3) 海域におけるメタンハイドレートの様々な賦存形態



(参考4) 天然ガスと砂層型メタンハイドレートの生産概念

メタンハイドレートは、固体で掘り出すのではなく、地層内で、水とメタンガスに分解し、採取管を通してメタンガスを洋上に回収する。

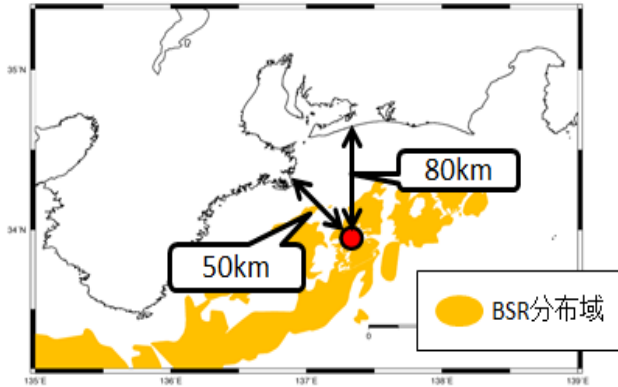


(参考5) 第1回メタンハイドレート海洋産出試験(砂層型)

左図: 試験実施地点(第二渥美海丘)

右図: 産出したメタンガスをフレアスタックで燃焼している様子

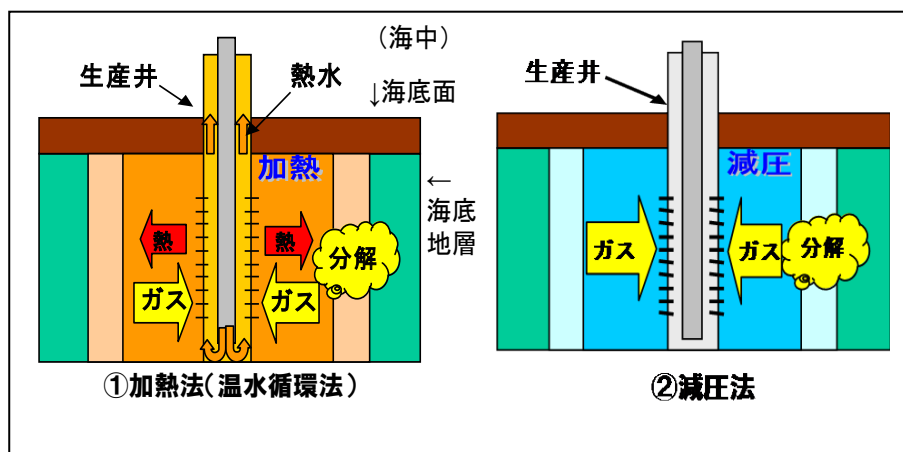
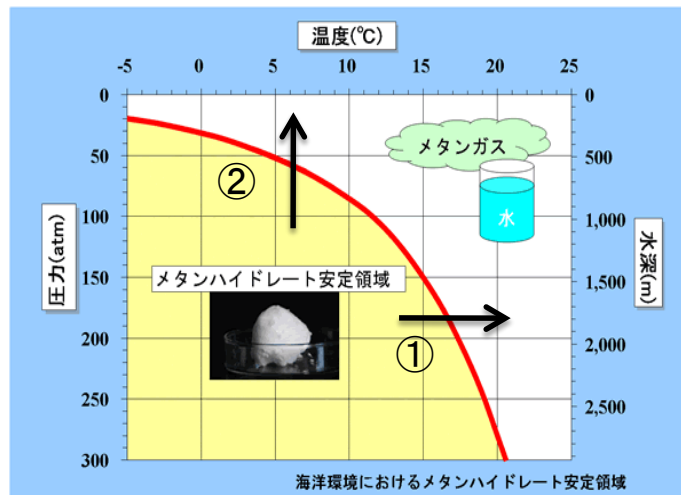
(平成25年3月12日~18日)



(参考6) メタンハイドレートを分解する基本的な2手法

① 温度を上げる(加熱法)

② 圧力を下げる(減圧法)



(参考7) カナダ陸上産出試験

試験実施地点 (カナダ北西部・マッケンジーデルタ (永久凍土地帯))

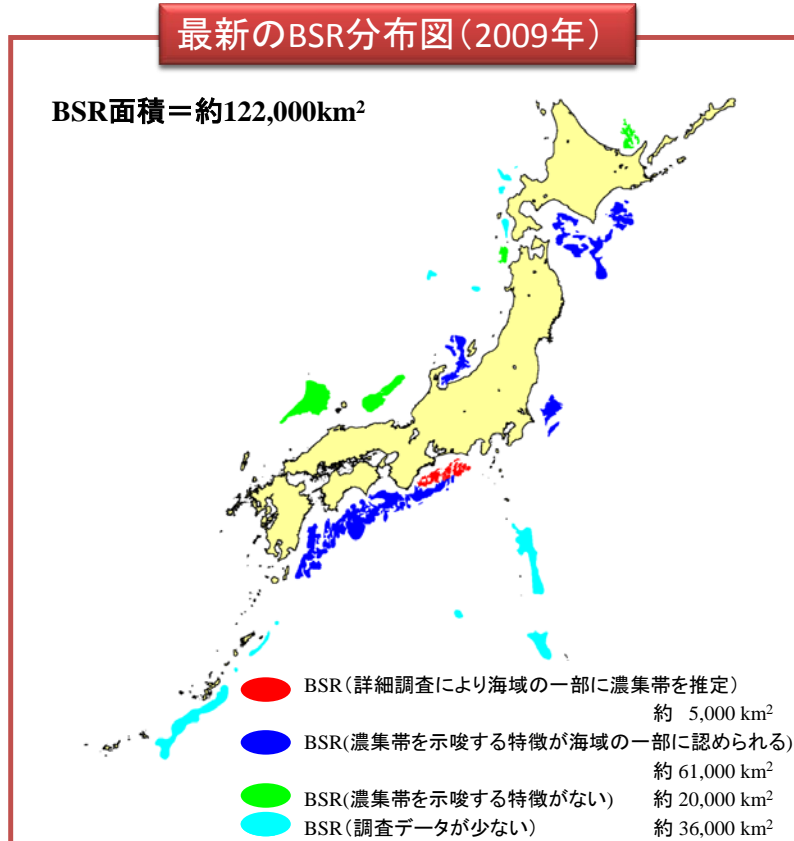


産出したメタンガスをフレアスタックで燃焼している様子
(平成20年3月10日～16日)

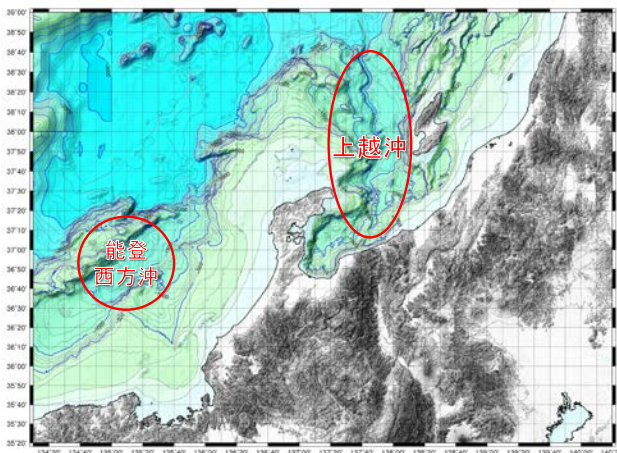


(参考8) 我が国周辺海域のBSR分布域

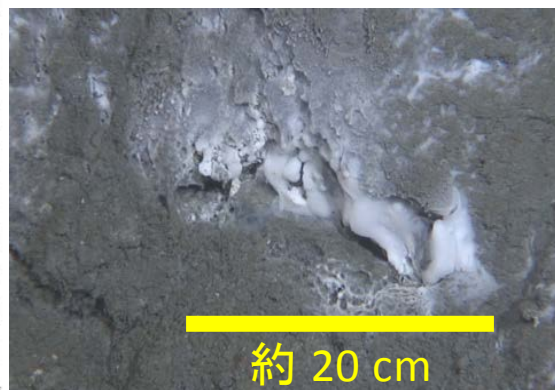
BSRとは地震探査で観測される海底疑似反射面の略で、メタン水合物の存在を示す指標として用いられる。



(参考9) 日本海における表層型メタン水合物の調査 (平成25年度)
調査実施海域



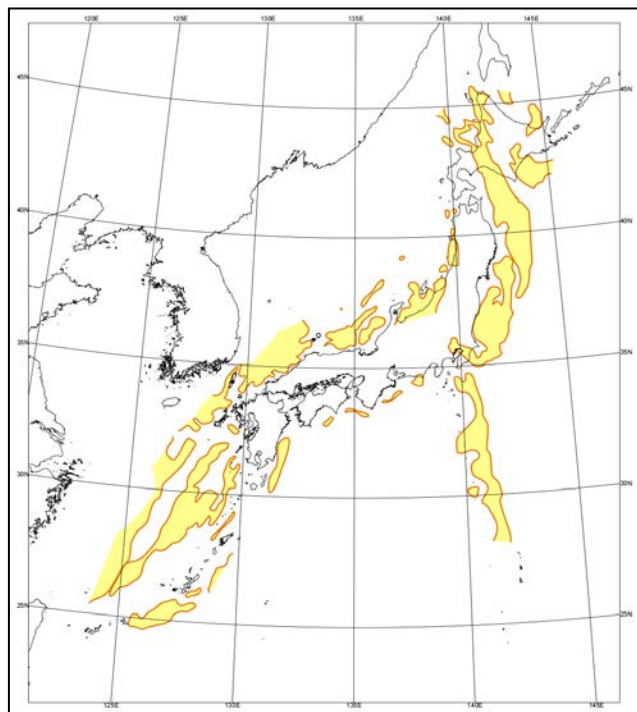
表層メタン水合物



(参考10) 石油・天然ガスの開発

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「資源」(平成20年2月導入)



主要諸元	
建造年	1999年(ノルウェー)
船舶寸法	全長86.2m、幅39.6m、吃水8.5m
総トン数	10,395トン
定員	65名
速力(最大)	13.5ノット

③三次元物理探査船「資源」の調査実績（平成19年度～24年度）

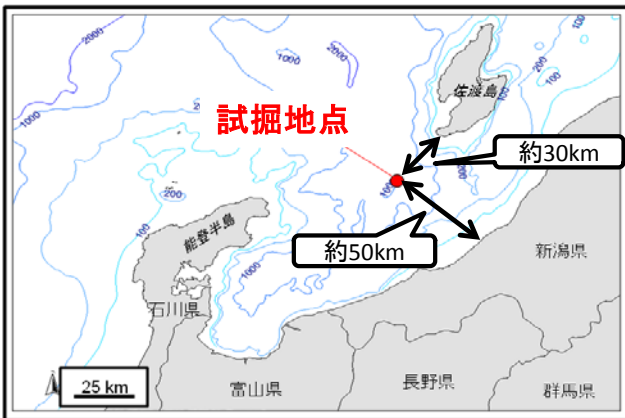
- 三次元物理探査船「資源」による海域調査 -



④基礎試錐「上越海丘」の実施（新潟県佐渡南西沖）

（試掘地点）

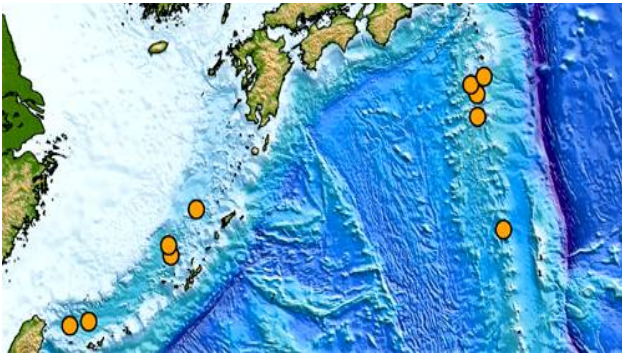
（試掘作業の様子）



- ・掘削地点：新潟県佐渡南西沖（約30 km）
- ・水深：約1,130 m、掘削深度：海底面下約1,950 m
- ・作業期間：平成25年4月14日～7月20日
- ・委託先：JX日鉱日石開発(株)／(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構

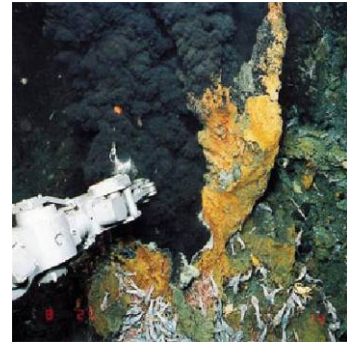
(参考 1 1) 海底熱水鉱床の開発について

日本周辺の主要な海底熱水鉱床分布図 (オレンジ色)



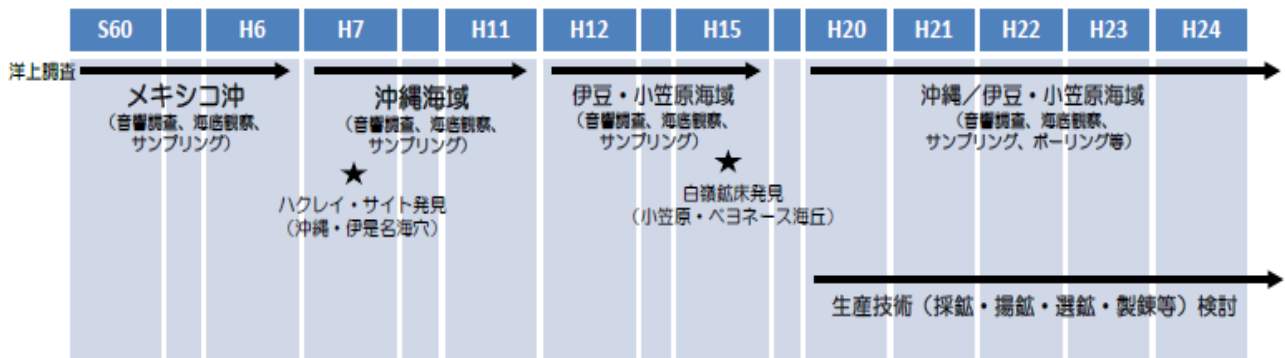
出所：(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構

海底熱水鉱床と周辺生態系



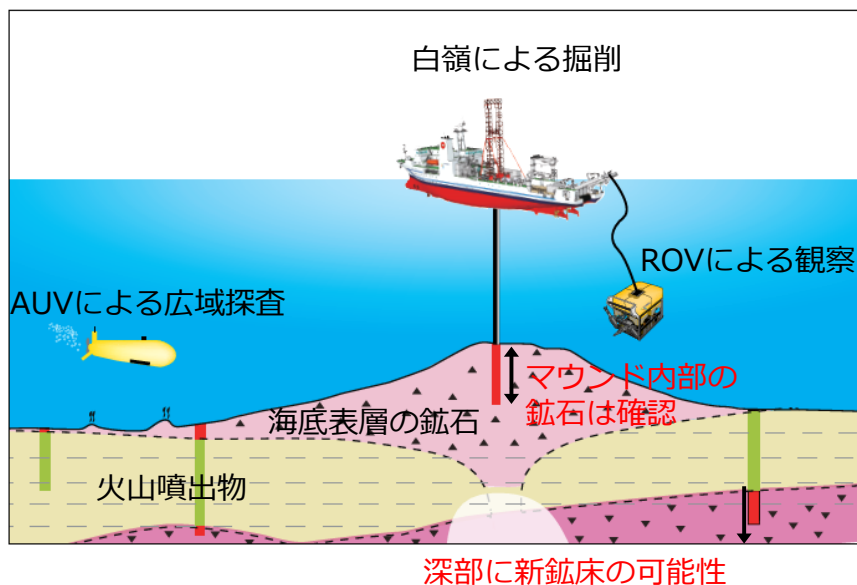
出所：(独)海洋研究開発機構

(参考 1 2) 我が国 ((独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構等) の
海底熱水鉱床調査等の取組状況



注)H16-19FYは、集中的な大陸棚延伸調査に対応したため、熱水鉱床調査を中断。

(参考 1 3) 海底熱水鉱床調査の現状



(参考 1 4) 海底熱水鉱床の金属回収方法（選鉱・製錬）の状況

海底熱水鉱床と陸上鉱床（松峯鉱床）の主な含有元素と品位例比較

含有元素	海底熱水鉱床 (伊是名海穴)	海底熱水鉱床 (ベヨネース海丘)	松峯鉱床
銅	0.51 %	1.43 %	2.02 %
鉛	3.49 %	1.67 %	0.29 %
亜鉛	9.69 %	30.6 %	0.98 %
金	3.2 g/t	11.5 g/t	0.62 g/t
銀	250 g/t	290 g/t	63.5 g/t
鉄	30.68 %	5.61 %	31.06 %
ヒ素	5,649 ppm	2,340 ppm	600 ppm
水銀	26 ppm	19 ppm	—

出所：（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構 調査データ

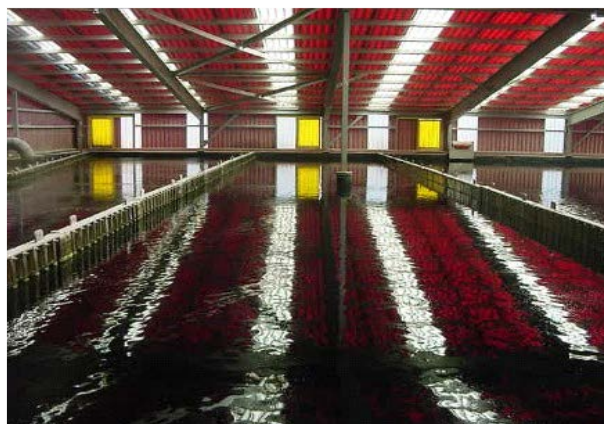
乾式製錬法と湿式製錬法について

乾式(かんしき)製錬



高温で鉱石あるいは精鉱を処理して金属の濃縮または還元を行う製錬方法

湿式(しっしき)製錬



鉱石中の金属を酸などの水溶液に溶かして電氣的、化学的に金属を回収する製錬方法

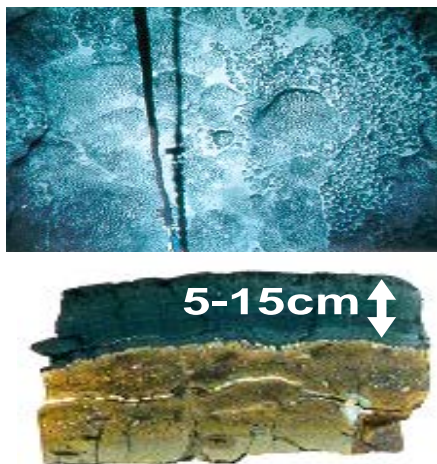
(参考15) コバルトリッチクラストの開発について

コバルトリッチクラスト品位例

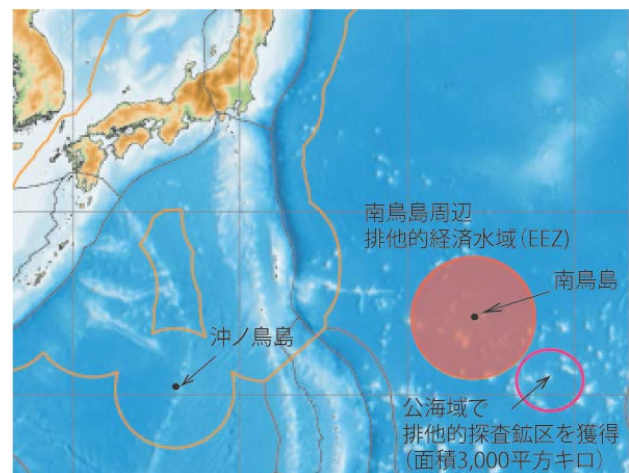
	コバルトリッチクラスト	マンガン団塊 (参考)
マンガン	26.2 %	25.2 %
銅	—	0.95 %
ニッケル	0.67 %	1.28 %
コバルト	0.5 %	0.21 %
白金	0.7 ppm	—

出所：(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構等 調査データ

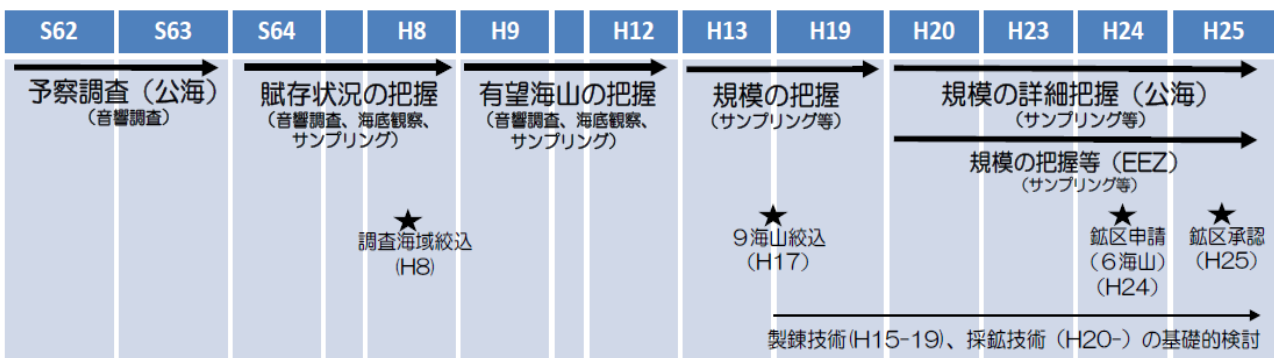
コバルトリッチクラスト
(上：海底の賦存状況、下：断面)



コバルトリッチクラスト探査鉱区的位置 (南鳥島南東沖の公海域)

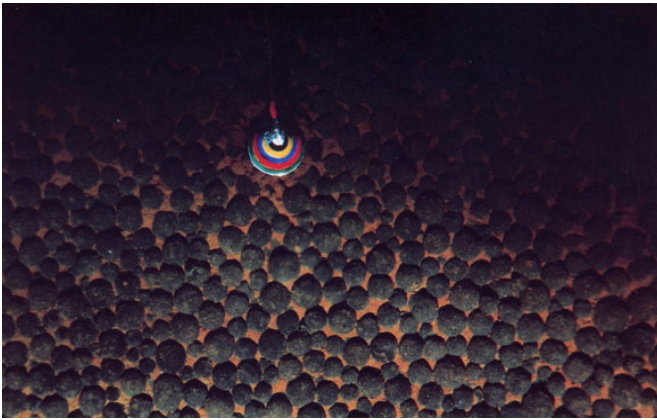


我が国 ((独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構等) の
コバルトリッチクラスト調査等の取組状況



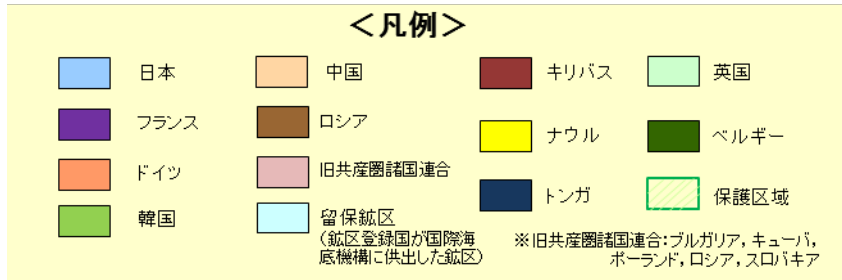
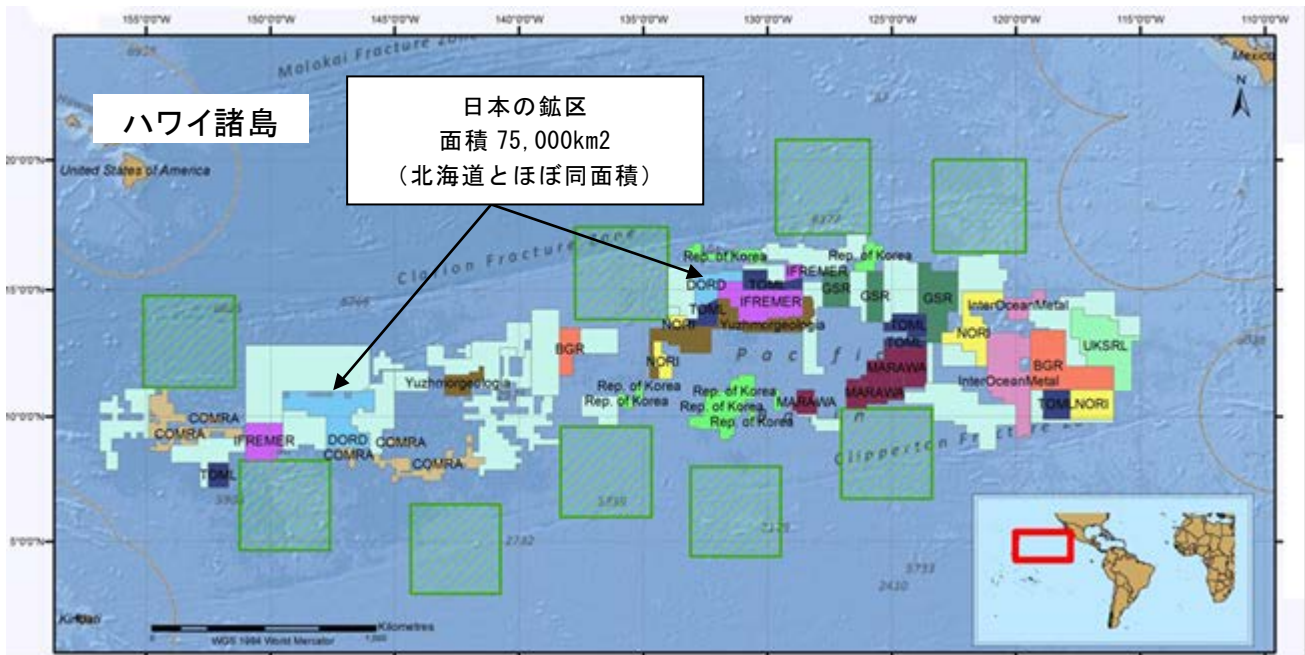
(参考16) マンガン団塊の開発について

マンガン団塊の産状 (左: 海底画像、右: 断面)



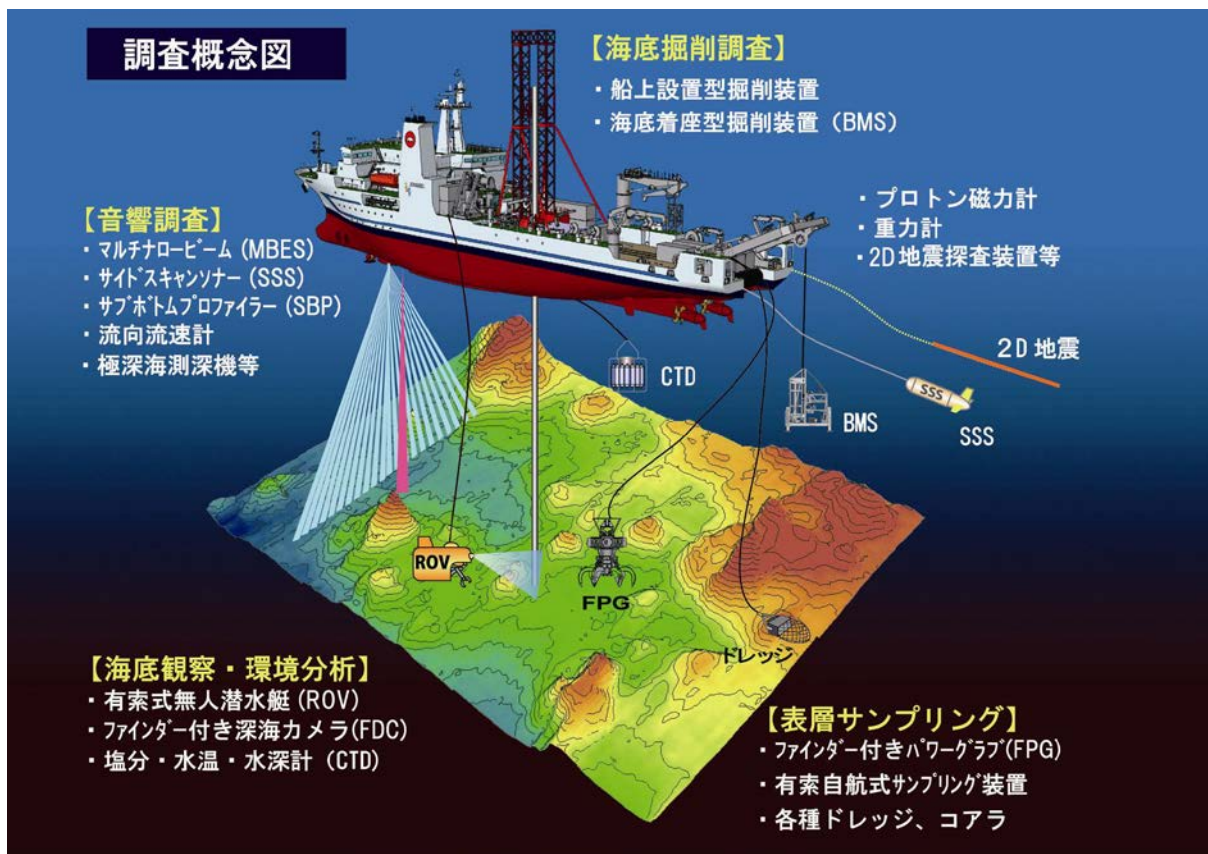
2-15cm

マンガン団塊の鉱区図 (ハワイ沖クラリオン-クリッパートン断裂帯)



出所: 国際海底機構

(参考 1 7) 海底鉱物資源に関する調査概念図



海洋資源調査船「白嶺」



主要諸元	
建造年	2012年
船舶寸法	全長 118.3 m、幅 19.0 m、吃水 6.2m
総トン数	6,283 トン
定員	70 名
速力 (最大)	15.5 ノット
所有	(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構