

# 海洋エネルギー・鉱物資源開発計画

平成 3 1 年 2 月 1 5 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 旧開発計画 .....                | 5  |
| 1. 3 進捗状況.....                  | 6  |
| 1. 4 課題.....                    | 8  |
| 1. 5 新開発計画 .....                | 11 |
| 第2章 石油・天然ガス .....               | 18 |
| 2. 1 背景.....                    | 18 |
| 2. 2 旧開発計画 .....                | 19 |
| 2. 3 進捗状況.....                  | 19 |
| 2. 4 課題.....                    | 20 |
| 2. 5 新開発計画 .....                | 21 |
| 第3章 海底熱水鉱床.....                 | 25 |
| 3. 1 背景.....                    | 25 |
| 3. 2 旧開発計画 .....                | 25 |
| 3. 3 進捗状況.....                  | 26 |
| 3. 4 課題.....                    | 28 |
| 3. 5 新開発計画 .....                | 30 |
| 第4章 コバルトリッチクラスト .....           | 34 |
| 4. 1 背景.....                    | 34 |
| 4. 2 旧開発計画 .....                | 34 |
| 4. 3 進捗状況.....                  | 35 |
| 4. 4 課題.....                    | 36 |
| 4. 5 新開発計画 .....                | 36 |
| 第5章 マンガン団塊及びレアアース泥 .....        | 39 |
| 5. 1 マンガン団塊.....                | 39 |
| 5. 2 レアアース泥.....                | 39 |
| 第6章 各省庁等との連携並びに国と民間との役割分担 ..... | 42 |
| 6. 1 各省庁との連携 .....              | 42 |
| (1) メタンハイドレート.....              | 42 |
| (2) 石油・天然ガス.....                | 42 |
| (3) 金属鉱物資源 .....                | 43 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 6. 2 国と民間の役割分担 .....                | 43 |
| (1) メタンハイドレート .....                 | 43 |
| (2) 石油・天然ガス .....                   | 44 |
| (3) 金属鉱物資源 .....                    | 44 |
| 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 ..... | 45 |
| 7. 1 人材育成 .....                     | 45 |
| 7. 2 国際連携 .....                     | 45 |
| 7. 3 海洋の環境保全 .....                  | 45 |

## 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<sup>(注1)</sup>（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<sup>(注2)</sup>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。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。

また、我が国の海洋エネルギー・鉱物資源の開発に必要な技術は、現時点では世界的に見ても例が少ない先端的な技術であると同時に、この開発は引き続き不確実性が高く、極めて難度の高い事業である。したがって、国際市況や需給の状況、経済社会情勢等の外部環境の動向などを注視しながら、引き続き国が中心となって取り組むことが重要である。しかし、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ると、野心的な目標を官民で共有しながら戦略的に進めつつ、目標と現実のギャップを埋めていくことが求められている。また、海洋エネルギー・鉱物資源の開発に当たって必要となる中長期的な取組としては、上記取組に加え、人材開発、探査開発能力向上等のためのインフラの強化や国際連携も欠かせない。

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」（以下、「法」という。）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。

政府では、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きたが、当時の情勢を踏まえて、2013年4月に基本計画、同年12月に開発計画の見直しを行った。

その後、新たな可能性を有する海洋開発・利用への期待の高まりや、我が国周辺海域を取り巻く情勢の一層の厳しさ、我が国の海洋権益に対する深刻な脅威・リスクにさらされている状況等を踏まえ、2018年5月に、基本計画の2度目の見直しが行われ

た。この中では、商業化に向けた最終目標は堅持しつつ、開発計画については今後の開発スケジュール等の具体的な計画を改定することが定められた。

また、開発計画の進捗状況については、この5年間で、例えばメタンハイドレートでは、第2回海洋産出試験の実施や、海底熱水鉱床では、世界初の実海域での連続揚鉱試験の成功など、一定の成果が見られた。

したがって、開発計画について、上記の諸情勢や開発計画の進捗状況を踏まえて見直しを行い、新たな開発計画をここに策定する。

なお、海洋エネルギー・鉱物資源の開発には、事業化して軌道に乗るまで十年単位の長期に亘る取組が求められる。しかし、その成否には不確定要素が少なからずあり、開発計画全体の進行速度が大きく左右される可能性がある。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、具体的目標を掲げ

(Plan)、施策を実施し (Do)、その進捗状況を的確に把握・評価し (Check)、その結果に応じて計画等を見直す (Act) という政策のPDCAを適切に執行していく。具体的には、探査・技術開発の進捗や資源価格の見通し、国際情勢等の諸状況を踏まえて、必要に応じて柔軟に見直しを行うこととする。

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 背景**

メタンハイドレートとは、低温高压の条件下で、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、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付けられる。

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の砂質層内に砂と混じり合った状態で存在し、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 旧開発計画**

#### **（1）砂層型メタンハイドレート**

2013年度から2015年度は、「技術課題への集中的対応」段階として、第1回海洋産出試験結果の分析と技術課題の克服や、第2回海洋産出試験の実施に向けた準備等に取り組む。

2016年度から2018年度は、「商業化の実現に向けた技術の整備」段階として、2015年度末頃に実施する「方向性の確認・見直し」を踏まえ、第2回海洋産出試験の実施と総合的な検証等に取り組む。

我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの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**

2013年度以降の3年間は、「表層型メタンハイドレートの資源量把握に向けた集中的な取組」段階として、日本海側を中心に、地質調査や地質サンプルの取得等を実施し、これら調査結果等を踏まえ、資源回収技術に関する技術調査を開始する。

2016 年度以降は、2015 年度末頃に実施する「方向性の確認・見直し」を踏まえ、資源回収技術の本格調査等に着手する。

### **1. 3 進捗状況**

#### **(1) 砂層型メタンハイドレート**

##### **①「技術課題への集中的対応」段階（2013～2015 年度）**

##### **a) 第 1 回海洋産出試験結果の分析と技術課題の克服**

減圧法<sup>(注 3)</sup>を用いた第 1 回海洋産出試験で明らかになった出砂等の生産を行う上で障害となる技術課題について、装置・坑内機器の改良等の技術検討を行い、具体的な解決策を決定した。

また、生産量を増大させる技術として、氷の生成潜熱をメタンハイドレートの分解に利用する手法等について、室内実験や数値シミュレーションによる検討を進めた。

注 3) 減圧法：

メタンハイドレートが埋蔵している地層中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。

##### **b) 生産コスト低減に貢献する研究開発**

第 2 回海洋産出試験に向けて、海底機器の改良により装置の設置・回収に要する時間を大幅に短縮するとともに、より低コストで連続生産を実施できる改善策を検討した。

また、将来の商業化を見据えた開発システムの検討においては、要素ごとのコスト低減可能性の検討を行った。

##### **c) 陸上における中長期の産出試験**

試験実施地点の選定作業や機器等の設計、地質データ取得計画の策定等を経て、2018 年に試掘に向けた準備作業を開始した。

##### **d) 第 2 回海洋産出試験実施に向けた準備**

第2回海洋産出試験の実施に向けた試験計画の策定や、装置の設計・製造等の準備を行った。また、海域環境調査を通じて、第1回海洋産出試験後と第2回海洋産出試験前に関するデータを取得した。

#### **e) 民間企業への知見の共有**

海洋・陸上産出試験に関する技術や長期の海洋産出試験・将来の商業化を見据えた開発システム等に関する検討を民間企業と協働することによって、民間企業への知見の共有を図った。

### **②方向性の確認・見直し（2015年度）**

2015年度にプロジェクトの中間評価による研究開発状況の確認を経て、第2回海洋産出試験を実施することとした。

### **③「商業化の実現に向けた技術の整備」段階（2016～2018年度）**

#### **a) 第2回海洋産出試験の実施と総合的な検証**

2017年度に減圧法を用いた第2回海洋産出試験を実施した。その結果、第1回海洋産出試験で生じた出砂対策等の技術課題への対応策はおおむね検証できたが、想定どおりに生産量が安定して増加しないなど、新たな課題が生じた。

第2回海洋産出試験後、技術課題や経済性評価、周辺環境への影響等を含めた総合的な検証を実施した。

#### **b) 民間企業の参入を促すための仕組作り**

民間企業への研究開発業務の委託や研究開発成果の対外公表等を通じて、民間企業に対する技術の知見の共有を図った。

その結果、石油開発やエンジニアリングなどの民間企業間においても知見の共有がなされ、海洋産出試験等参画を目的とした民間企業が設立された。

### **④その他**

既存の地震探査データを用いて有望濃集帯<sup>(注4)</sup>の抽出を進めた結果、東部南海トラフの内外で複数の濃集帯候補を発見した。

注4) 濃集帯：

砂層中のメタンハイドレートが一定の厚さと広がりを持って密に存在する場。

## **(2) 表層型メタンハイドレート**

2013 年度から 2015 年度は、日本海を中心に資源量把握に向けた調査を実施した。その結果、調査した 10 海域において、1,742 箇所を表層型メタンハイドレートの存在可能性がある地質構造（以下、「ガスチムニー構造」という。）を確認した。また、ガスチムニー構造の内部におけるメタンハイドレートの分布が不連続で広がりやの推定が困難であることや、個々のガスチムニー構造ごとに内部の様子が多様であることが分かるなど、多くの知見が得られた。

2016 年度からは、資源量把握に向けた調査結果の外部有識者による検証等を経て、提案公募型による回収技術の調査研究を開始し、合計 6 提案を採択した。あわせて、表層型メタンハイドレートの分布や形態の特徴等を解明するための海洋調査を実施した。

### **1. 4 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) 生産の安定性阻害要因の抽出と課題解決**

第 2 回海洋産出試験では、生産量が想定とは異なり、安定して増加しないなど、新たに課題が生じた。このため、これまでの産出試験の取得データを見直し、生産の安定性阻害要因を抽出するとともに、その要因に合わせた解決策を検討する必要がある。

###### **b) 生産量の向上、コスト低減の検討**

メタンハイドレートの将来の商業生産を可能とするためには、装置・坑井の設計の最適化や増進回収技術の活用など、大幅な生産量の向上やコスト低減に向けた検討を行う必要がある。

###### **c) 生産挙動予測と技術的可採量評価**

生産挙動予測や技術的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、その理由が明らかになっていない。

このため、過去の産出試験や地質調査等のデータを再解析し、かい離の原因を追及し、技術改良を行うことによって、本技術の高信頼化を図る必要がある。

#### **d) 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ことから、より長期の産出試験が必要である。

#### **e) 有望濃集帯の抽出**

有望濃集帯を抽出するためには、最適な抽出条件を追求するとともに、既存の探査データの解析や三次元地震探査による探査データの取得・解析等が必要である。

また、それらの結果を踏まえ、次回の海洋産出試験の実施に向けた試験海域候補地点を抽出し、掘削作業（簡易生産実験を含む）を行う必要がある。

### **②長期的に取り組むべき課題**

#### **a) 新しい技術の取り込み（オープンイノベーション）**

経済性の条件を満たす生産システム開発に当たり、生産量向上やコスト低減などの技術課題を解決するためには、既存の資源開発技術にとらわれないアプローチも必要である。

#### **b) 我が国周辺海域の資源量評価**

BSR<sup>(注5)</sup> マップについては、新たな探査データが取得される都度、分析・評価を行い、改定を続ける必要がある。

また、これまでに抽出した BSR の範囲など、三次元地震探査データによる評価が実施されていない海域については、継続的に評価する必要がある。

注 5) BSR :

地震探査で観測される海底疑似反射面（Bottom Simulating Reflector）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。

### **c) 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たものである必要がある。

## **(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) 回収・生産技術の確立に向けた研究開発**

2013 年度から 2015 年度に実施した資源量把握に向けた調査の結果、ガストムニー構造の内部におけるメタンハイドレートの分布が不連続で広がり、推定が困難であり、個々のガストムニー構造ごとに内部の様子が多様であることが判明した。

2016 年度から開始した回収技術に関する調査研究では、上記調査結果を基に 3 種類の表層型メタンハイドレートの分布を仮定し、それぞれの回収に関する原理やエネルギー収支を含む経済性評価、商業規模での開発システムの検討等を行っているところである。

今後、これらの検討結果を取りまとめ、評価し、有望技術の特定に向けた検討を行う必要がある。

その上で、資源開発の可能性をより見極めるべく、回収技術に関する調査研究から、回収・生産技術の研究開発へとフェーズを移行させる必要がある。

#### **b) 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査**

表層型メタンハイドレートの賦存状況や海底の状況等を十分に把握するための海洋調査を実施し、それらの結果を踏まえて海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う必要がある。

#### **c) 環境影響評価**

表層型メタンハイドレートは、海底面及び浅部の泥層内に存在している。

そのため、回収・生産の実施に当たっては、泥などの副次的生成物への対応や海底環境の変化に伴う海洋生態系への影響等、環境への影響を十分に考慮する必要がある。

以上のことから、表層型メタンハイドレートに適した環境影響評価手法の研究開発や海域環境調査によるデータ取得が必要である。

## 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

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たものである必要がある。

## 1. 5 新開発計画

### (1) 砂層型メタンハイドレート

#### ①目標

将来の商業生産を可能とするための技術開発を進め、2023 年度から 2027 年度の間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す。

#### ②計画

##### a) 次回海洋産出試験等に向けた取組（2018～2022 年度）

##### イ) これまでの研究成果の総合的な検証

2017 年度に実施した第 2 回海洋産出試験を中心としたこれまでの研究成果について、技術課題や経済性・環境影響等の観点から総合的な検証を行う。

##### ロ) 生産技術の開発

これまでの研究成果の総合的な検証を踏まえ、減圧法を用いた生産技術に関する課題解決策を検討する。

生産挙動予測や技術的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、多くの生産挙動データを低コストで取得できる簡易生産実験手法について検討・開発する。

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。

長期生産挙動のデータを得るため、比較的単純な条件の下で、低コストに実現できる陸上での長期産出試験を実施する。陸上産出試験の実施に当たって、長期生産技術の実証とガスの有効利用等についても検討する。

## **ハ) 有望濃集帯の抽出に向けた海洋調査**

有望濃集帯の抽出に向けて、三次元地震探査及び解析を実施する。これまでの評価と三次元地震探査の解析結果を踏まえて、有望濃集帯の候補から対象を選定し、より詳細な地質データを取得するため、簡易生産試験を含む試掘作業に取り組む。

## **二) 環境影響評価**

第2回海洋産出試験後の海域環境調査を継続的に実施する。

なお、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。

### **b) 方向性の確認・見直し（2022年度頃）**

「a）次回海洋産出試験等に向けた取組」の終了時を目途に、生産技術の開発や有望濃集帯の抽出に向けた探査・試掘等、研究開発の進捗状況を検証し、2023年度以降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（2023～2027年度頃）**

「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。

### **d) 長期的な取組（2019～2027年度頃）**

#### **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）**

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、新しい技術の可能性を追求する。その結果、有望な技術が発掘された際は、研究に取り込む。

## 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、物理探査データを用いて、有望濃集帯候補の抽出と賦存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。

## 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

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継続的に検討する。

その条件を踏まえ、研究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。

## エ) その他

研究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、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。

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。

## (2) 表層型メタンハイドレート

### ①目標

将来の商業生産を可能とするための技術開発を進め、2023年度から2027年度の間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す。

### ②計画

#### a) 海洋産出試験等に向けた取組（2018～2022年度頃）

##### イ) 生産技術の開発

2016 年度から開始した表層型メタンハイドレートの回収技術に関する調査研究を引き続き行うとともに、その成果を取りまとめ、評価し、有望技術の特定に向けた検討を行う。

上記検討を踏まえ、回収・生産技術の確立に必要な掘削・砂泥分離・揚収に係る要素技術を中心に、陸上での実験やシミュレーションによる解析を行い、その研究成果を評価するとともに、有望な技術については海洋での検証を行う。

あわせて、海洋産出試験に向けて、掘削から運搬までを考慮した生産システムの検討を行う。

## **ロ) 海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査**

海洋産出試験の実施場所の特定に向けて、自律型無人潜水機（AUV）を用いた詳細地質調査や高分解能三次元地震探査など、表層型メタンハイドレートの賦存状況を把握するための海洋調査を実施する。

また、回収・生産技術の研究開発に必要な海底の状況（地盤、底層流、海底下のメタンガス、メタンプルーム等）を把握するための海洋調査を実施する。

さらに、これらの調査結果や海域環境調査の結果を踏まえ、海洋産出試験の実施場所に関する検討を行う。

## **ハ) 環境影響評価**

砂層型メタンハイドレートや海底熱水鉱床等における環境影響評価に関する研究成果を参考に、表層型メタンハイドレートに適した環境影響評価手法の研究に取り組む。

また、上記の研究の進捗を踏まえ、実海域での水質・底質・生物相に係るベースライン調査等の海域環境調査を実施する。

## **b) 方向性の確認・見直し（2022 年度頃）**

「a）海洋産出試験等に向けた取組」の終了時を目途に、回収・生産技術の研究開発や海洋産出試験の実施場所の特定に向けた海洋調査、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（2023～2027 年度頃）**

「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（2019～2027 年度頃）**

##### **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、メタンハイドレートの商業化に必要な条件を継続的に検討する。

その条件を踏まえ、研究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。

##### **e) その他**

回収・生産技術の研究開発の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。

表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、効果的に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。

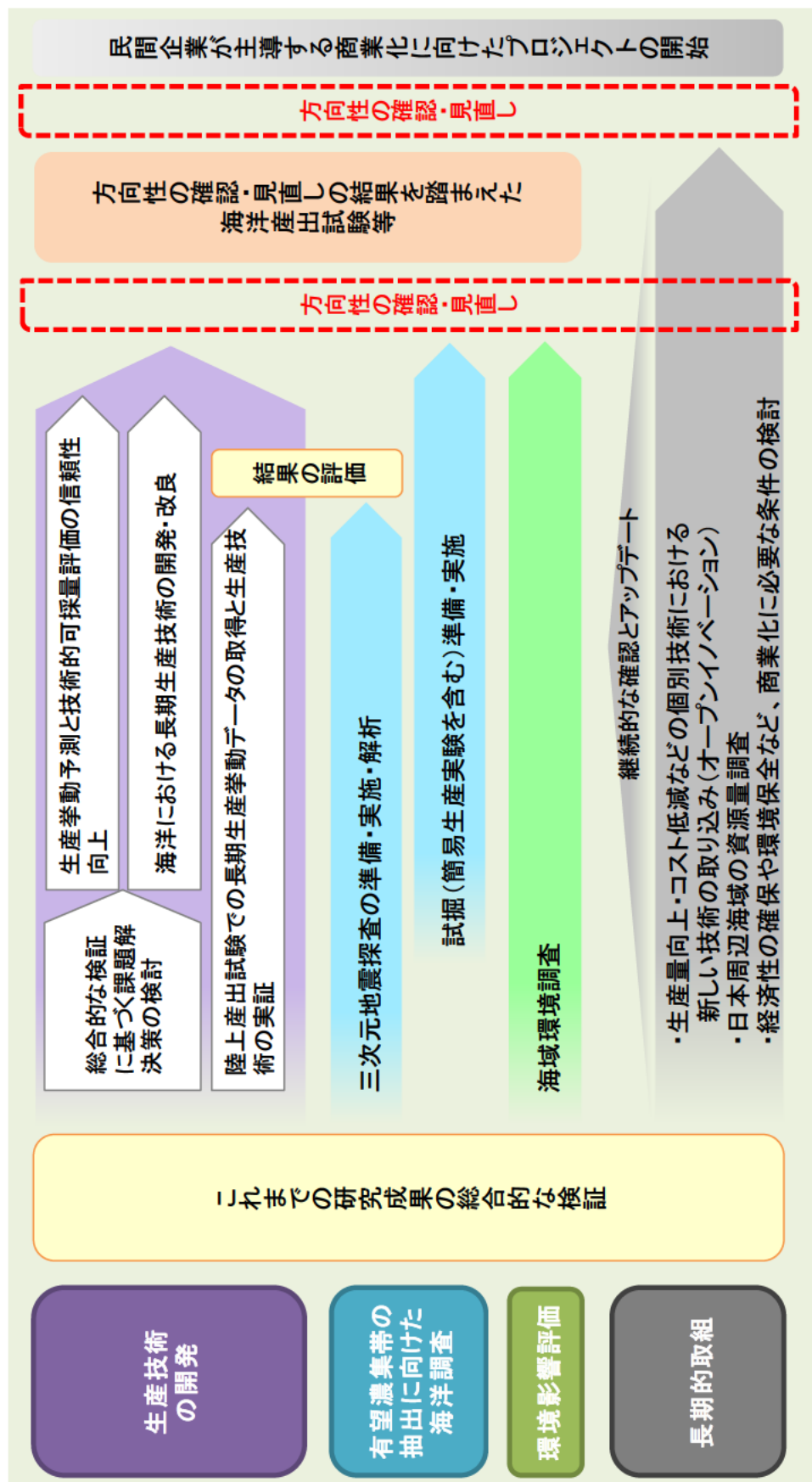
## 砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

海洋基本計画（平成30年5月15日閣議決定）

- 平成30年代後半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、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。

2018～2022FY頃

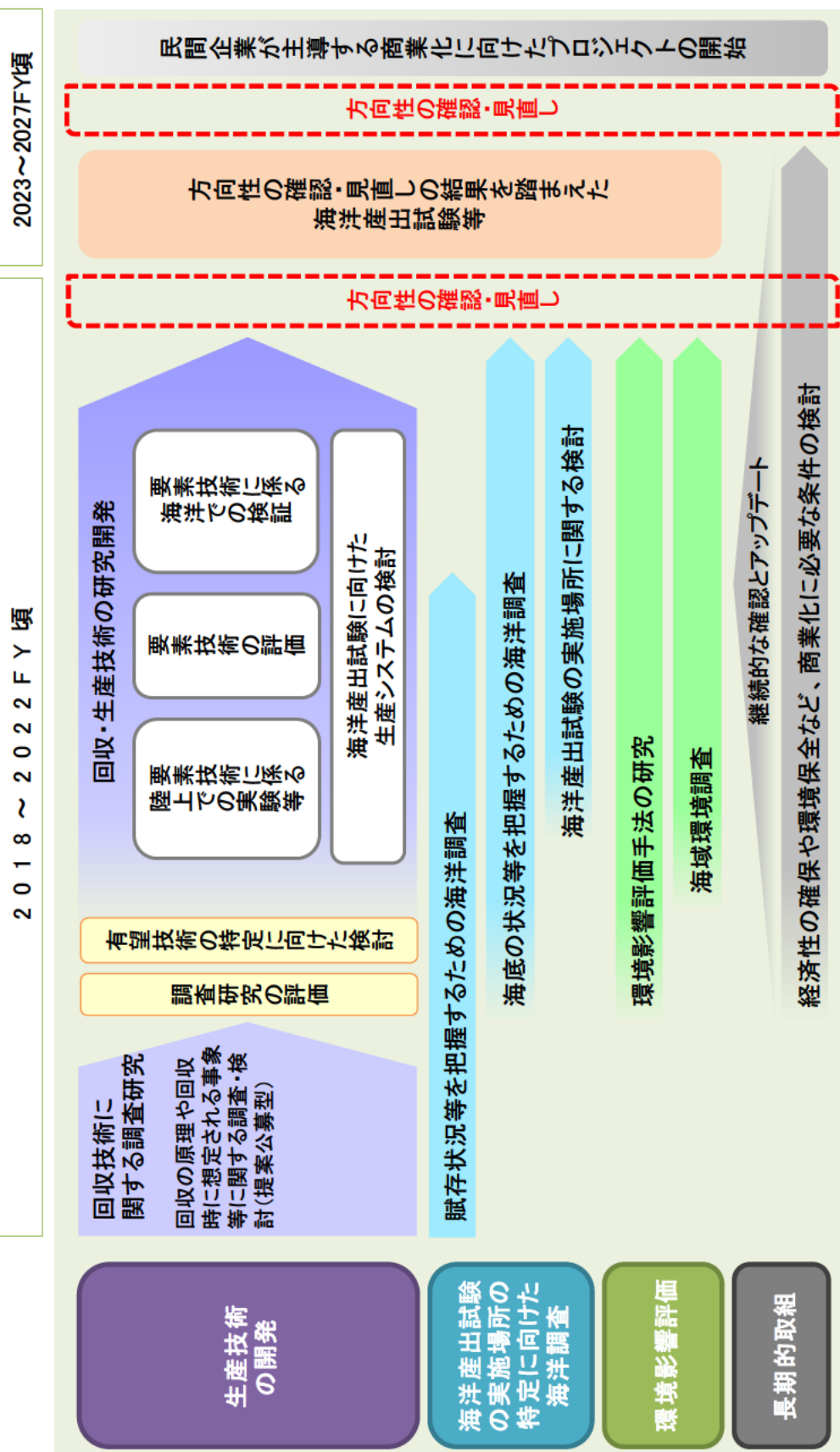
2023～2027FY頃



## 表層型メタンハイドレードの開発に向けた工程表

海洋基本計画（平成30年5月15日閣議決定）

- 平成30年代後半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、将来の商業生産を可能とするための技術開発を進める。



## 第2章 石油・天然ガス

### 2. 1 背景

石油・天然ガスについては、2016 年度末時点でも一次エネルギー供給源の約 6 割（63.5%）を占めている。2015 年に策定した長期エネルギー需給見通しでは、2030 年においても一次エネルギー供給源の約 5 割（48%程度）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付けられている。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引き続き重要である。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<sup>(注6)</sup> 及び基礎試錐<sup>(注7)</sup> からなる国内石油・天然ガス基礎調査（以下、「国内基礎調査」という。）等を実施している。

注 6) 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指す。

注 7) 基礎試錐：

石油・天然ガスに関して国が行う試掘のことを指す。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<sup>2</sup> 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、旧開発計画策定時には、我が国周辺海域において三次元物理探査を行った海域は極めて限られていた（2012 年度末で、約 3.1 万 km<sup>2</sup>）。

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<sup>(注8)</sup> 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。

このため、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 8) 大水深海域：

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 2,000m 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. 2 旧開発計画

### (1) 基礎物理探査

①2008 年 2 月に導入した三次元物理探査船「資源」を効率的かつ最大限活用して三次元物理探査を実施する。その実施に当たっては、探査技術の技術移転を確実に進め、日本人のみで三次元物理探査を実施できる体制を構築する。

②2018 年度までの間は、平均約 6,000km<sup>2</sup>/年の探査を行う。

③以上により、2018 年度までに我が国周辺海域においておおむね 6.2 万 km<sup>2</sup>の三次元物理探査を行う。

④二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。

### (2) 基礎試錐

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。

## 2. 3 進捗状況

### (1) 基礎物理探査

三次元物理探査船「資源」による基礎物理探査については、2017 年度末までに、日本周辺の 36 海域、約 5.4 万 km<sup>2</sup> (2019 年 1 月時点：39 海域、約 6.2 万 km<sup>2</sup>) において、三次元物理探査を実施済みであり、計画どおりに進捗している状況である。また、これまでの探査の結果、90 箇所もの有望な地質構造も発見されている。

なお、三次元物理探査を実施するための探査技術の技術移転については、日本人のみで三次元物理探査船「資源」を用いた探査の実施を達成し、目標としていた全ての技術移転を完了している。

## (2) 基礎試錐

三次元物理探査船「資源」の調査結果を踏まえ、2016年6月から約5ヶ月間、島根県及び山口県沖合において、基礎試錐「島根・山口沖」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、目標としていた地層において、薄いガスの層やガスの徴候を確認した。さらに、最深部で、高圧のガス層を示唆する強いガス徴に遭遇した。

## 2. 4 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、これまで10年間で6.2万km<sup>2</sup>の探査実施を目標としてきたが、今後の探査は、浅海域・大水深・船の往来の多い海域等も対象に含み、これまでよりも難易度が上がるため、2019年度以降は、10年間で5万km<sup>2</sup>程度の探査実施を目指すことが妥当である。

これに加えて、海外における権益確保の観点から、資源外交のツールとして、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（以下、「JOGMEC」という。）に蓄積された三次元物理探査技術と JOGMEC が新たに調達・保有する三次元物理探査船を用いた協力を外国政府・企業に提案することも積極的に検討していくべきである。

また、これまで蓄積したデータについては、海外を含む幅広い民間企業の積極的な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改めて評価を進め、最終的には、国内外に向けて閲覧可能なデータベースを構築していくべきである。

#### ②民間企業による活用

鉱業法の見直しにより、今後、民間企業による探査ニーズが高まると考えられる<sup>(注9)</sup>。

注9) 総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会報告書（2017年6月30日）

こうした民間企業のニーズに応えることは、民間主導の資源開発の促進を実現するためにも、「国内外問わずより一層能力のある適切な事業者によって効率的に石油・天然ガス開発を進めるための環境整備」という鉱業法の運用見直しの趣旨に合致するものであることから、国が行うべき探査に支障のない範囲で、三次元物理探査船の積極的な活用を促す仕組みが必要である。

今後は、民間企業の新たな知見に基づく探査の提案を踏まえながら国主導の探査を進めつつ、提案者である民間企業自身が権利を保有する鉱区に係る探査については、国主導で実施するのではなく、受益者負担を求める方向で検討すべきである。

### ③より効率的な探査の実施

以上のような官民のニーズ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、新規顧客の獲得（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 がこれまでの国内基礎調査で蓄積した三次元物理探査に関する知見を積極的に活用・社会還元するべきである。

## （２）試掘（試錐）

国は 2008 年以降、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の低減を進めており、民間企業の試掘ニーズも高まりつつある。また、2016 年の「島根・山口沖」の基礎試錐では強いガス徴に遭遇するなど、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。

引き続き、支援と案件組成の好循環を維持していく観点から、基礎試錐の本来の目的である民間探鉱を促進するためにも、海域における試掘のリスクの高さを踏まえた、国による強力な支援が重要であることに変わりはない。

他方、支援の方法論として、これまでの委託事業による基礎試錐は、国が必要と考える海域や時期において機動的に試掘を行うという目的には適している一方で、あくまでも国が事業主体となることから、民間企業の積極的なリスクテイクを引き出すことができないという限界もあると言わざるを得ない。

有望な構造への試掘機会を増やすためにも、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るべきである。

ただし、国主導で試錐を実施すべき場合もあることから、国の委託事業としての基礎試錐は堅持すべきである。

また、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、機動的な試錐の実施につなげていく必要がある。

## 2. 5 新開発計画

### （１）目標

我が国周辺海域における探鉱活動を推進するため、2019 年度からも引き続き、三次元物理探査船を使用した国主導での探査（おおむね 5 万 km<sup>2</sup>/10 年）を機動的に実施する。その探査結果を踏まえ、有望海域での試掘を機動的に実施し、得られた地質データ等の成果を民間に引き継ぐことで、探鉱活動の促進を図る。この際、より効率的・効果的な探査を実現し市場での競争力を高めるため、世界水準の機器・技術の導入も含めた体制構築を進める。また、有望な地質構造への試掘機会を増やすための検討を行う。

## （２）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（浅海域・大水深・船の往来の多い海域等）において、石油・天然ガスの賦存状況を把握するため、JOGMEC が新たに調達・保有する三次元物理探査船を活用した国主導での基礎物理探査を実施し（平均約 5,000km<sup>2</sup>/年）、2028 年度までにおおむね 5 万 km<sup>2</sup> の三次元物理探査を実施する。

また、あわせて、民間企業による探査にも同船を積極的に活用するなど、より効率的・効果的な探査を実現し、民間企業の市場で競争力を高めるため、三次元物理探査船の更新による世界水準の機器・技術の導入の含めた体制構築を進める。

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 試掘（試錐）の実施

三次元物理探査船「資源」等の探査結果を踏まえ、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、基礎試錐（委託調査）から探鉱出資（JOGMEC リスクマネー）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構築することにより、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す。

なお、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。

## （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。

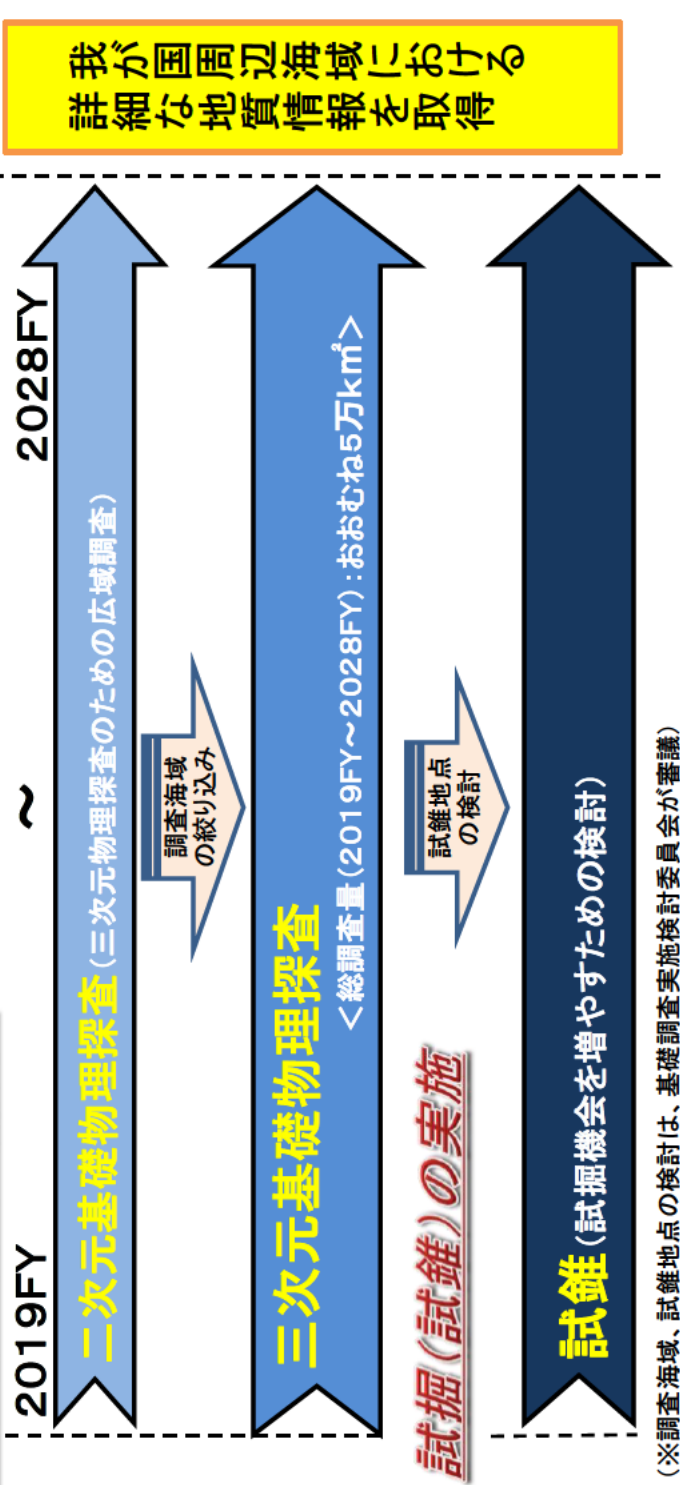
## 石油・天然ガスの探鉱・開発に向けた工程表

○新たな「海洋基本計画」(平成30年5月15日閣議決定)

- (1) 日本周辺の海域における探鉱活動を推進するため、平成31年度から引き続き、三次元物理探査船を使用した国主導での探査(おおむね5万km<sup>2</sup>/10年)を機動的に実施する。
- (2) 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



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 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。

### 3. 2 旧開発計画

#### (1) 資源量調査

沖縄海域及び伊豆・小笠原海域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、2015 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。

我が国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、有望鉱床の発見とその資源量把握に努める。

#### (2) 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、2017 年度までに採鉱・揚鉱分野の要素技術を確立する。

### **(3) 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、2017 年度から 2018 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。

### **(4) 環境影響評価**

環境基礎調査の調査項目や環境影響評価方法等の妥当性の検証や改良に取り組み、2017 年度までに環境影響評価手法を確立する。

### **(5) 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。

### **(6) 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、2017 年度から 2018 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。

## **3. 3 進捗状況**

### **(1) 資源量調査**

沖縄海域の「Hakurei サイト」において、2016 年 5 月、マウンドと海底面下 30m 以深の下部鉱体を合わせた資源量を 740 万トンと算定した。また、伊豆・小笠原海域の「白嶺鉱床」については、資源量評価の結果、海底表層部のチムニーやマウンドの資源量を 10 万トンと算定した。

また、2014 年から 2017 年にかけて新鉱床発見のための広域調査を行い、沖縄海域において新たに 6 つの有望な鉱床「野甫」「ごんどう」「田名」「比嘉」「球美」「銀水」を発見した。また、この調査と並行して、広域調査手法の効率化を進めた。

## （２）採鉱・揚鉱技術

採鉱技術については、海底熱水鉱床賦存地域での採鉱試験機を用いた試験により、掘削・集鉱状況、走行状況、操作技術、視認性向上等の要素技術を確認したほか、破碎試験等により破碎性能の変化について把握した。

2015年度からは、3年間にわたって採鉱・揚鉱パイロット試験を実施した。当該パイロット試験においては、まず採鉱計画立案、水中ポンプシステムや揚鉱管システムの開発、稼働性や安全性の評価、全体システムの検討等を行った。続いて、2017年8月から9月にかけて実施した実海域での連続揚鉱試験で、水深約1,600mの海底から高密度の海底熱水鉱床の鉱石を連続的にスラリー揚鉱<sup>(注10)</sup>することに世界で初めて成功した。これにより、商業化に向けた機器・システムの設計に資する水中ポンプ及び揚鉱管の摩耗状況、稼働性等の貴重なデータや実海域での試験オペレーションの経験を得ることができた。

注10) スラリー揚鉱：

掘削・破碎した鉱石を水中ポンプ及び揚鉱管を用いて海水とともに連続的に洋上に揚げること。

## （３）選鉱・製錬技術

選鉱技術については、「Hakurei サイト」の鉱石が、選鉱プロセスにおいて単体分離が難しい微細な粒子として存在している等の陸上の鉱石と異なる特徴を把握した。その上で、陸上の黒鉱鉱床で培われた選鉱手法を改良し、「Hakurei サイト」の鉱石に適用可能な浮遊選鉱プロセスを構築した。この過程で、亜鉛・鉛バルク精鉱の亜鉛品位40%、実収率70%という陸上鉱山並みとして設定していた目標値をほぼ達成した。

製錬技術については、2018年8月に、選鉱試験で得られた亜鉛・鉛バルク精鉱を実操業炉に導入し、亜鉛地金を試験的に製造することに成功した。また、硫化鉄精鉱に含まれる金・銀が既存技術により回収可能であることを確認した。

## （４）環境影響評価

2012年より、採鉱・揚鉱パイロット試験実施予定サイトでの環境モニタリング調査、かく乱試験による掘削に伴う環境影響の定量的な評価や、環境予測モデルの開発を行った。モデルによる環境影響予測を含め同試験の環境影響評価を実施し、同試験においては「周辺環境への影響は極めて軽微である」との結論を得た。また、これまでの調査研究成果を基に、当該パイロット試験サイトを含む海域における環境影響評価手法を取りまとめた。

加えて、環境保全策として当該海域内外の深海生物の遺伝子交流の確認を行った。

## （５）法制度等の検討

2017 年 1 月に海底熱水鉱床開発に向けた有識者による法制度勉強会を開催した。その際には、国内法制度の検討に当たっては国際条約等との整合性を図る必要があり、国際海底機構（以下、「ISA」という。）等のルール作りに我が国として貢献していくべきとされた。

## （６）経済性の検討

2018 年 10 月、これまでに海底熱水鉱床の商業化をイメージして検討・検証してきた技術やシステムを基とした生産技術が確立するという仮定の下で、経済性の検討を実施した。

その結果、例えば、「Hakurei サイト」の亜鉛主体の鉱石を開発対象として、現時点での経済条件（2017 年平均金属価格）等で試算したケースでは収支は赤字<sup>（注 11）</sup>となる一方で、銅や金・銀を多く含む経済価値のより高い鉱床を開発対象とし、コスト改善や金属価格の上昇が達成されるケース等では、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された<sup>（注 12）</sup>。

ただし、今回の検討では、揚鉱水の取扱いや閉山処理を含む将来の法制度の整備状況のほか、環境影響への懸念や他産業との利用海域の重複に伴う社会的受容性、国内の選鉱場（尾鉱堆積場含む）の不在、精鉱の国内での受入可否等の要素は考慮しておらず、あくまでこれまでの取組の結果と一定の仮定に基づく試算となっている。

注 11) 採掘量 5,000 トン/日で 20 年間操業すると仮定したケースで、設備投資額合計は 1,184 億円、操業費合計は 4,652 億円、総収入は 5,058 億円。

注 12) 例えば、「Hakurei サイト」より 30%経済価値の高い鉱石を開発対象として想定し、機器の効率性・耐久性の向上と最適な採鉱・揚鉱システムの構築等により 10%コスト低減できれば、金属価格（2017 年平均金属価格）が 20%上昇した場合に、IRR が約 20%となる。

## 3. 4 課題

### （１）資源量調査

①既知鉱床の資源量評価及び新たな有望鉱床の発見については、計画どおりに進められているものの、事業者が参入の判断ができるレベルの十分な資源量の把握に至っていない。新たな計画においては、発見した鉱床の資源量の評価や新たな鉱床の発見が優先すべき課題となる。そのため、鉱床賦存状況の把握、鉱床生成モデルの検討等を行い、十分な品位・量を持つ鉱床をより多く発見・評価する必要がある。

- ②第3期基本計画において「事業者が参入の判断ができるレベルとして5,000万トンレベルの資源量把握が必要」とされており、これに向けた取組を進めるべきである。

## (2) 採鉱・揚鉱技術

- ①実海域での連続揚鉱試験により、海底から鉱石をスラリー状で揚鉱することが技術的に可能であることが実証された。今後は、多様な鉱床性状への対応、掘削後の鉱石の運搬といった採鉱の方式や、鉱石の粒度やスラリー濃度の調整といった要素技術に関する検証に加えて、採鉱から揚鉱までの全体システムの技術的成立性の検討が必要である。
- ②また、高稼働率の確保のため、機器の耐久性や海底での作業効率の向上も求められる。

## (3) 選鉱・製錬技術

- ①これまでの取組で構築した浮遊選鉱プロセスは、「Hakurei サイト」の鉱石を対象として開発したものであるが、構成鉱物や品位等特性が様々である海底熱水鉱床の他の鉱石でも適用可能であることを検証する必要がある。そのため、他鉱床の鉱石を対象とした現在のプロセスの適用可能性の検討・最適化により、鉱石の特性の変化に対するプロセスの信頼性を高めていくことが重要である。
- ②また、海底熱水鉱床は陸上の鉱石と比較して不純物を多く含んでおり、選鉱により得られる亜鉛・鉛バルク精鉱が既存製錬所において受け入れられるよう、選鉱プロセスにおける不純物の除去等の技術開発について検討する必要がある。
- ③さらに、硫化鉄精鉱<sup>(注13)</sup>の実際の製錬プロセスについても検討する必要がある。

注13) 硫化鉄精鉱：

選鉱により副産物として得られる鉄産物。

## (4) 環境影響評価

- ①これまでに取りまとめた環境影響評価手法は、沖縄海域の特定のモデルサイトを対象とした環境影響の研究成果から作成されたものである。このため他のサイトや海域に対する適用性を実証した上で、より汎用性のあるものにするとともに、高度化を図っていく必要がある。

②国際的に海洋鉱物資源の開発に伴う環境影響への関心が高まりを見せている中で、現在 ISA では深海底鉱物資源開発に関する開発規則案が議論されている。我が国は世界的に見ても最も多くの関連する環境データを有していると考えられるところ、積極的にこれまでの成果を開示しなが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ている。

### **（５）経済性の評価・法制度のあり方の検討**

①2018 年度に、経済性の検討に加えて商業化に向けた技術や法制度、市況性等の外的要因の課題の整理を含めた総合評価を実施したが、これらの課題については、国際的な動向や技術開発等の進捗も踏まえつつ、継続して検討していく必要がある。なお、2018 年度の経済性の検討では考慮されていない要素についても、検討を進めていくべきである。

②国内法制度に関しては、国際ルールとの整合性を確保しつつ、揚鉱水の取扱いや閉山処理等を含めて検討していくことが必要となる。

## **3. 5 新開発計画**

### **（１）資源量調査**

①資源量の把握については、概略資源量合計 5,000 万トンレベル<sup>（注14）</sup>の確認を目標とし、これに向けて既知鉱床の概略資源量の把握を行う。なお、新たな有望鉱床が発見され、開発優先度が高いと見込まれる場合には、これらに先んじて当該鉱床の概略資源量の把握を行う。

注 14) 概略資源量合計 5,000 万トンレベル：

現在発見されている鉱床の平均金属含有率等に基づき、企業の陸上鉱山への投資対象と考えられる 2 兆円規模の金属価値を有し、採掘年数 15 年以上となる概略資源量を算定。なお、今後明らかになる鉱床に存在する鉱種やその金属含有量、市況等により目標資源量は今後変動する可能性がある。

②新鉱床の発見のため、現在実施している有望海域を絞り込むための広域調査手法で効率的に抽出できない鉱床の調査についても、新規探査手法等の導入も含めて、民間企業等とも協力しながら取り組む。

## **(2) 採鉱・揚鉱技術**

- ①多様な鉱床性状に応じた地山モデル<sup>(注15)</sup>の構築と、それぞれに対する採鉱方法を検討するとともに、商業化システムをイメージした最適な採鉱・揚鉱全体システムを構築する。

注15) 地山モデル：

鉱床・鉱体の形状、規模、均質・不均質などの産状、構成物質の物性などの実態を踏まえて採掘対象となる岩盤を標準化したもの。

- ②揚鉱効率の向上、粒度濃度調整を含む海底での掘削・集鉱作業の効率化、海中機器の高耐久化、メンテナンス性の向上等の商業化に必要な個別技術課題の解決に取り組む。

## **(3) 選鉱・製錬技術**

- ①銅主体鉱床から銅精鉱を回収するプロセスの検討に取り組むとともに、これまでの選鉱技術に係る検討結果を踏まえて、多様な鉱床に適用可能な選鉱・製錬プロセスの確立を目指す。
- ②また、選鉱プロセスにおける不純物の除去可能性を検討する。

## **(4) 環境影響評価**

- ①環境影響評価手法について、採鉱・揚鉱パイロット試験やかく乱試験の事中・事後のモニタリング等の結果も踏まえた高度化や、モデルサイト以外の海底熱水鉱床への汎用性の向上に取り組む。
- ②これまでに得られた成果を積極的に開示しつつ、関係機関との協力の下、国際ルール作りに貢献する。

## **(5) 経済性の評価・法制度のあり方の検討**

- ①金属鉱物の需給動向、市況見通しといった外的要因の課題を整理し、対応を検討するとともに、国際ルールとの整合性を確保した揚鉱水の取扱いや閉山処理を含む国内法制度の検討を継続する。

- ②また、本計画期間終了時の 2022 年度には、外的要因や国際ルールの変向、技術開発や環境分野の成果を踏まえて、それまでの海底熱水鉱床開発に関する取組を総合的に検証・評価し、以後の取組の方向性を決定する。

## **（6）2023 年度以降の取組**

- ①2022 年度の総合的な検証・評価の結果を踏まえ、国際情勢や市況性等の外的要因も睨みつつ、官民の連携により、開発対象の候補となる鉱床の選定、概測資源量<sup>（注 16）</sup>の把握、生産システムの実証試験と、それに向けて必要な環境調査の実施等について検討・準備を推進する。

注 16) 概測資源量：

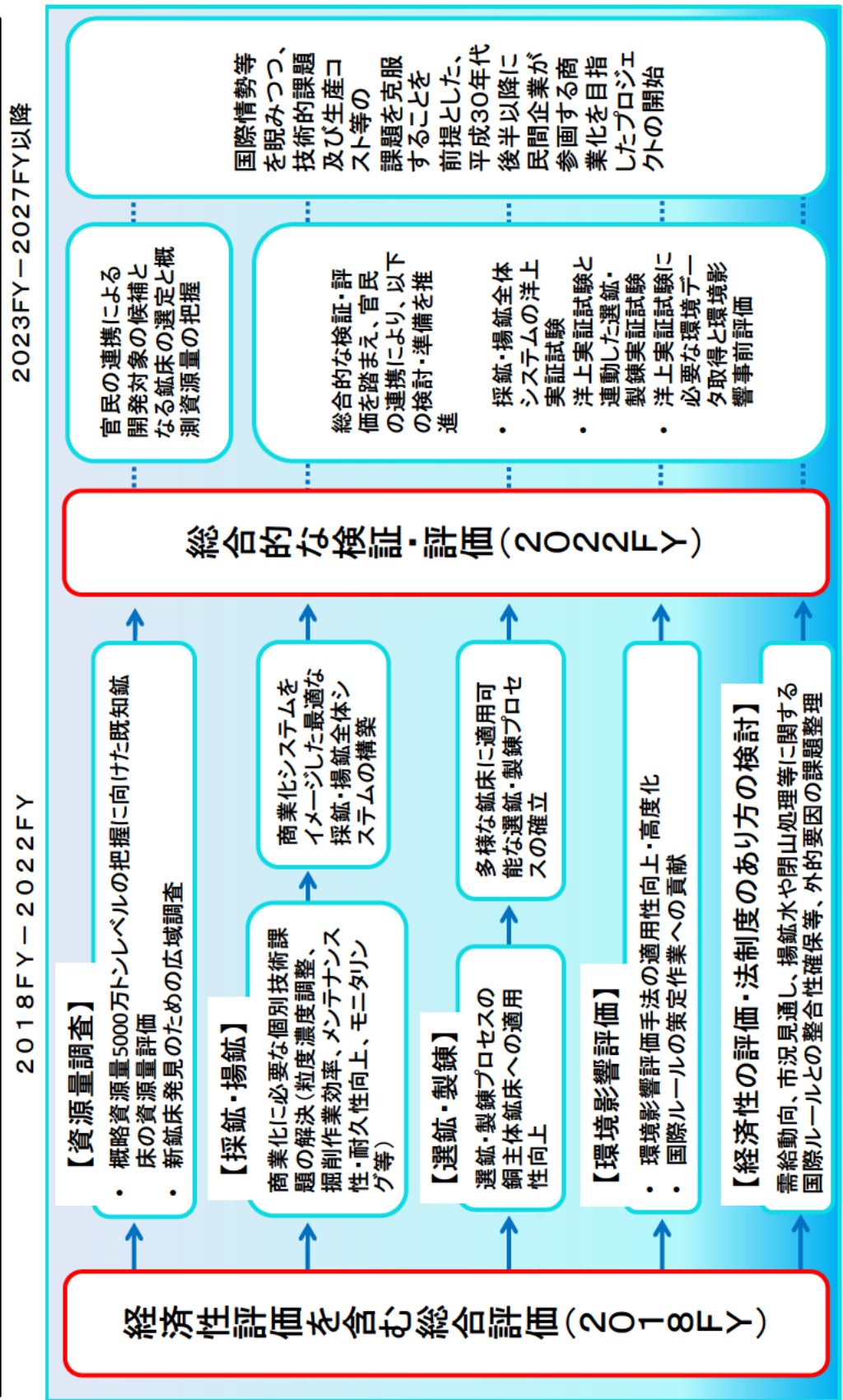
カナダや豪州の証券取引所で使用される情報開示基準である National Instruments 43-101 や JORC コードで定義される概測資源量（Indicated Mineral Resource）。

- ②第 3 期基本計画に掲げられているとおり、「国際情勢を睨みつつ、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、官民連携の下、取り組んでいく。

## 海底熱水鉱床の開発に向けた工程表

海洋基本計画（平成30年5月15日閣議決定）

- 国際情勢を睨みつつ、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、資源量の把握、生産技術の開発、環境影響評価手法の開発、経済性の評価及び法制度のあり方の検討を行う。



## 第4章 コバルトリッチクラスト

### 4. 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。）に加えて我が国周辺海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。

### 4. 2 旧開発計画

#### （1）資源量調査

南鳥島南東方の深海底で探査権を得た鉱区（以下、「ISA鉱区」という。）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。

南鳥島周辺の排他的経済水域の海底及びその下（以下、「大陸棚」という。）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、延長大陸棚についても分布状況等の調査に着手する。

#### （2）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。

### **(3) 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。

### **(4) 環境影響評価**

環境特性を把握するため、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。

## **4. 3 進捗状況**

### **(1) 資源量調査**

ISA 鉱区において、開発有望鉱区特定のため、海洋資源調査船「白嶺」を用いて、2015 年度から 2018 年度まで 83 地点、193 孔で海底着座型ボーリングによる掘削を行ったほか、海底観察及び海底地形調査等を行い、鉱区絞込のためのデータを収集した。

大陸棚については、海底着座型ボーリングによる試料採取等により、今後ポテンシャル評価を行う候補地として南鳥島周辺の拓洋第 5 海山を選定した。延長大陸棚については、小笠原海台において、2016 年度に海底着座型ボーリングによる掘削を実施し、賦存状況を確認した。

### **(2) 採鉱・揚鉱技術**

複数の切削方式、掘削ヘッドの海底面追従方式、走行方式等を比較検討し、海底熱水鉱床の採鉱・揚鉱パイロット試験の結果を踏まえて、コバルトリッチクラストに適した掘削方式を選定した。

### **(3) 選鉱・製錬技術**

選鉱技術については、2014 年度から 2017 年度に、比重選別と色彩選別によるコバルトリッチクラストと基盤岩の分離効果について検討した。

また、製錬手法の最適条件について検討を行い、熔錬硫化塩素浸出法<sup>(注 17)</sup>の処理工程を簡素化した。

注 17) 熔錬硫化塩素浸出法：

鉱石中に含まれる有用金属をマット（酸化物）の形で濃縮し、同マットから塩素ガスを用いて有用金属を浸出しそれぞれの金属を回収する製錬手法。

#### **(4) 環境影響評価**

2016 年度及び 2018 年度に ISA 鉱区において環境調査航海を行い、水温、塩分、流速、水質、底質等の環境基礎情報の収集を行うとともに、水中カメラを使った生物群集の調査を行った。2017 年度はデータ解析を行い、一部成果を国際学会にて発表した。

### **4. 4 課題**

#### **(1) 資源量調査**

開発鉱区選定のため、資源量評価を継続するとともに、新たなポテンシャルが認められる南鳥島周辺の大陸棚における資源量の推定を行うための調査を実施する必要がある。

#### **(2) 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、実海域での試験によりコバルトリッチクラスト用採鉱機の検討に必要なデータを収集しつつ、最適な採鉱・揚鉱システムを確立することが必要である。

#### **(3) 選鉱・製錬技術**

これまでの基礎調査では、基盤岩を伴う少量の実鉱石を対象として選鉱・製錬プロセスを検討してきたが、今後は、更なる検討に必要な量の実鉱石を対象として、鉱石の状態に応じた効率的・低コストの選鉱・製錬技術を検討する必要がある。

#### **(4) 環境影響評価**

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。また、海底熱水鉱床と同様に、国際ルール of 検討に関して、積極的に環境調査の成果を開示しなが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ルール作りに貢献していくことが求められている。

### **4. 5 新開発計画**

#### **(1) 資源量調査**

ISA との探査規則に基づき 2021 年に第 1 次絞り込みを行い、2023 年 12 月までに、鉱区の最終絞り込みを行う<sup>(注 18)</sup>。大陸棚については、南鳥島周辺の拓洋第 5 海山のポテンシャル評価を行う。

注 18) 探査規則：

ISA のコバルトリッチクラスト探査規則において、契約日から 8 年目に当初の契約鉱区の 1/3、10 年目までに更に契約鉱区の 1/3 を放棄することが義務付けられている。

## **(2) 採鉱・揚鉱技術**

コバルトリッチクラスト用採鉱試験機の開発・設計に資するデータを取得するため、海底熱水鉱床用に開発した試験機等を用いて実海域での掘削性能確認試験を実施するとともに、最適な揚鉱技術の検討を行う。上記を踏まえ、採鉱システムや揚鉱システムの概念設計を順次行う。

## **(3) 選鉱・製錬技術**

実海域で採取する必要量の鉱石を対象として、そのサイズや基盤岩の混入割合等も考慮しつつ、選鉱・製錬プロセスの見直しを行う。その結果に基づき設計・設置した試験プラントを用いて、コバルト、ニッケル等の有用金属を回収するための実証試験を行う。

## **(4) 環境影響評価**

南鳥島沖の大陸棚については、掘削性能確認試験に係る環境影響を評価し、事後モニタリングを行う。ISA 鉱区については、海山を含む海域全体の環境特性の把握に向けて、環境基礎調査を実施し、ISA の地域環境管理計画等、国際的なルール作りに貢献する。

## **(5) 2023 年度以降の取組**

上記の取組の成果を踏まえ、採鉱・揚鉱技術や選鉱・製錬技術の確立に向けた取組や国際的なルール作りへの貢献を継続する。その上で、国際情勢や市況性等の外的要因も踏まえつつ、2028 年末までに、民間企業による商業化の可能性を見極め、その後の方針を決定する。

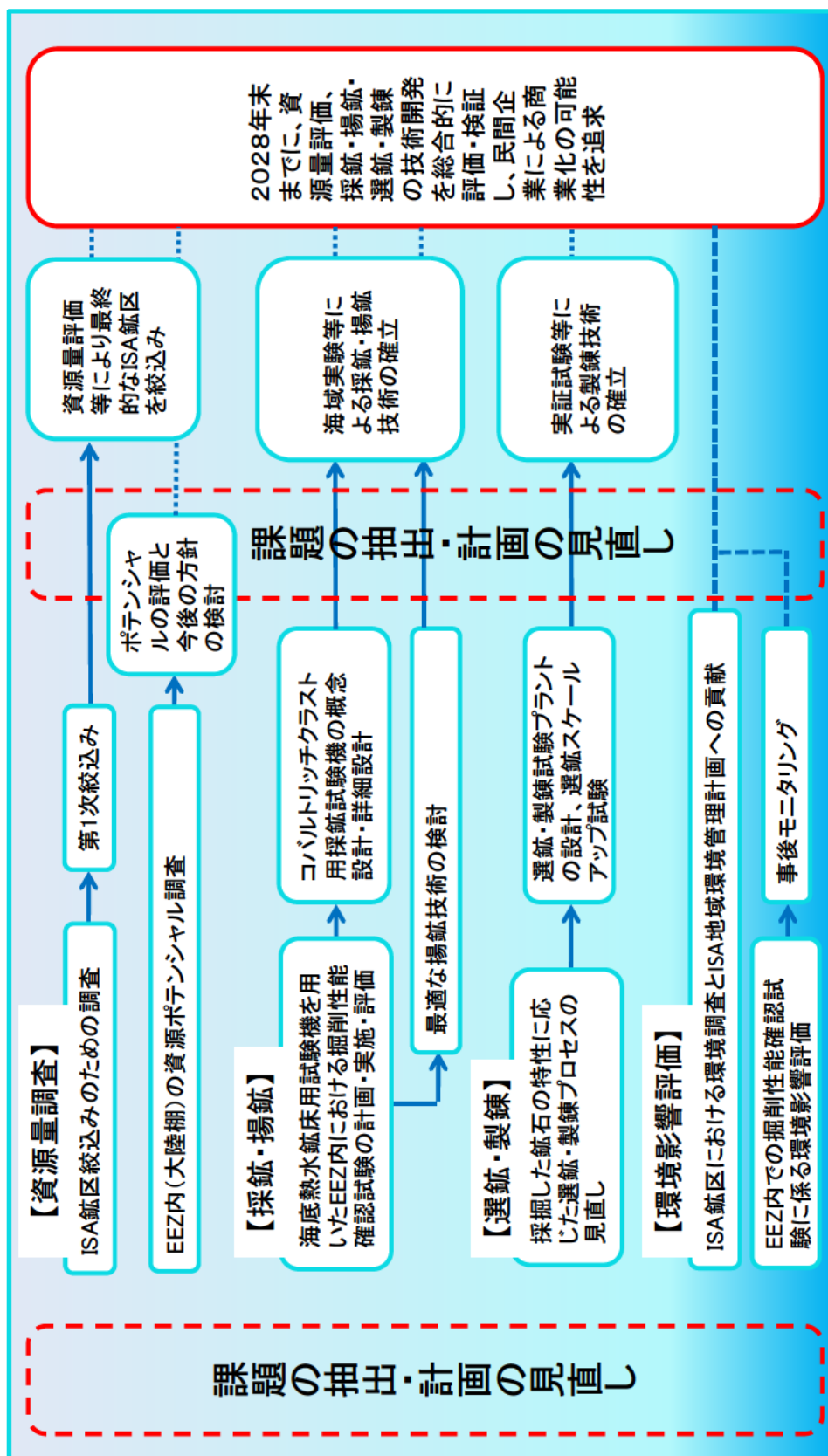
## コバルトリッチクラストの開発に向けた工程表

海洋基本計画（平成30年5月15日閣議決定）

- コバルトリッチクラストについては、国際海底機構（ISA）の規則に定められた期限までに鉱区の絞込みを行う。
- 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。

2018FY－2022FY

2023FY－2028FY



## 第5章 マンガン団塊及びレアアース泥

### 5. 1 マンガン団塊

#### (1) 現状

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。

2001 年 6 月に ISA と深海資源開発株式会社がハワイ沖深海底での探査契約を締結した。この契約により、2016 年 6 月までの 15 年間にわたる排他的権益が確保された。現在、日本、ロシア、韓国、中国、フランス、インド、ドイツ、英国等を保証国とする 17 の契約者がマンガン団塊の探査契約を締結している。

開発に係るルールが未整備なこと等から、2016 年に、探査契約の期限が到来した我が国を含む 6 契約については 2021 年 6 月までの 5 年間の契約延長が認められている。

#### (2) 今後の取組

ISA との探査契約期間が終了する 2021 年 6 月までに、ISA の探査規則に定められたルールに従った資源量調査や環境調査を行う。

探査契約期間と連動しつつ、採鉱及び揚鉱技術といった個別技術の検討や製錬プロセスの最適化について継続して検討する。さらに、関係機関との協力の下、環境影響評価手法の検討を行うとともに、ISA の地域環境管理計画等、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、国際的な動向も踏まえた探査契約の再延長の検討を行う。

また、戦略的イノベーション創造プログラム（以下、「SIP」という。）「革新的深海資源調査技術」において、広く海洋鉱物資源に活用可能な水深 2,000m 以深の海洋資源調査技術、生産技術等の開発・実証に向けた取組を進める。

### 5. 2 レアアース泥

#### (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。

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。

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。

2013年度から2015年度にかけて実施した資源量調査及び技術調査の結果<sup>(注19)</sup>を踏まえれば、より正確な資源量の把握や揚泥の最適シミュレーションの構築等が必要と考えられる。

注19) 経済産業省「レアアース堆積物の資源ポテンシャル評価報告書」(2016年7月)

## (2) 今後の取組

今後は、基本計画に従い、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、SIP「革新的深海資源調査技術」において、賦存量の調査・分析を行うとともに、広く海洋鉱物資源に活用可能な水深2,000m以深の海洋資源調査技術、生産技術等の開発・実証の中で取組を進める。

また、エアリフト技術<sup>(注20)</sup>について、レアアース泥を始めとした海洋鉱物資源全般の開発に資する揚鉱技術として、調査事業を実施する。

注20) エアリフト技術：

圧縮空気を揚鉱管に注入し、管内に生じた気泡による圧力差を利用して、揚鉱する技術。

## マンガン団塊及びレアース泥の開発に向けた工程表

海洋基本計画(平成30年5月15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、探鉱及び揚鉱等の要素技術の検討を行うとともに探鉱システム及び揚鉱システムの概念設計の検討を行う。
- 南鳥島周辺海域で賦存が確認されているレ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、SIP「革新的深海資源調査技術」において、賦存量の調査・分析を行うとともに、広く海洋鉱物資源に活用可能な水深2000m以深の海洋資源調査技術、生産技術等の開発・実証の中で取組を進める。

ー2017FY

2018FY - 2022FY

2023FY以降

### <マンガン団塊>

国際海底機構との探査契約に基づく調査

- ・資源量調査
- ・環境調査

生産システムの概念検討

- ・探鉱・揚鉱システム
- ・製錬プロセス

探査契約期限  
(2021)

国際的な動向  
も踏まえた探査  
契約の再延長  
の検討

### 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期 「革新的深海資源調査技術」

- 各府省連携の推進体制(内閣府、総務省、文部科学省、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))
- ・テーマ1:レアース泥を含む海洋鉱物資源の賦存量の調査・分析
- ・テーマ2:水深2,000m以深の深海資源調査技術・生産技術の開発
- ・テーマ3:深海資源調査・開発システムの実証

SIP第2期の成  
果も踏まえた方  
向性の検討

### <レアース泥>

資源ポテンシヤル  
総合評価  
(2016年経済産業省)

- 概略資源量評価
- 揚泥技術及び選鉱技術の基礎調査
- ポテンシヤル評価

エアリフト技術に関する調査事業

## 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。

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る、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でも、JAMSTEC が保有する海洋調査船「なつしま」や無人探査機「ハイパードルフィン」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

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、2013 年度に新潟県佐渡南西沖において実施した際には、JAMSTEC 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「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「革新的深海資源調査技術」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。

## 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、今後の研究開発においても、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、2023年度から2027年度の間、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、研究開発を加速化すべく国が実施する研究開発の段階から、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) 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船上掘削装置を含む新たな調査機器の導入が行われており、その調査能力の向上が期待できるようになってきている。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含めて、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ことで、より効率的に調査を実施していく。

## **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。

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、今後で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、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に今後で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。

### **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。

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**

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。この点に関連して、基本計画では「今後の海洋の産業による開発・利用という面も考慮しつつ」「海洋保護区の設定に関係省庁が連携して取り組む」とされていることを踏まえ、海洋の開発及び利用と海洋環境の保全との調和を図った海洋保護区の設定に関係省庁が連携して取り組む必要がある。

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。

#### 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、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。

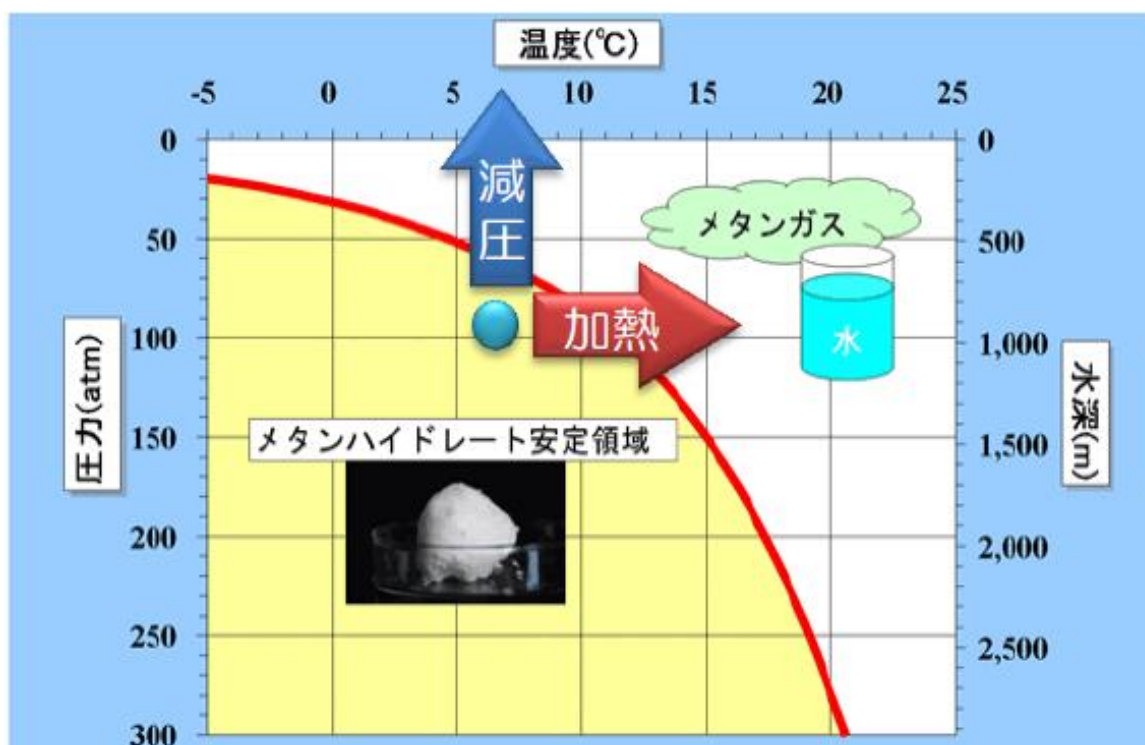
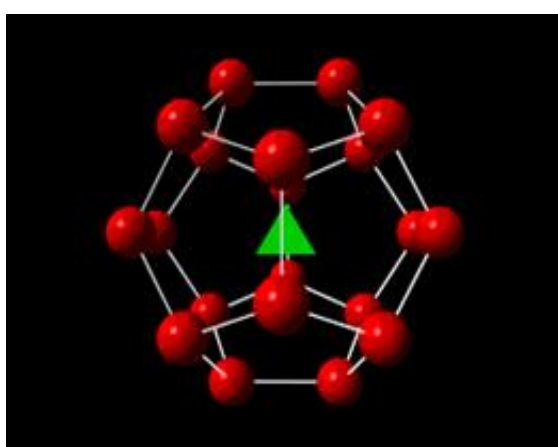
## 参考資料

### 1. メタンハイドレートとは？

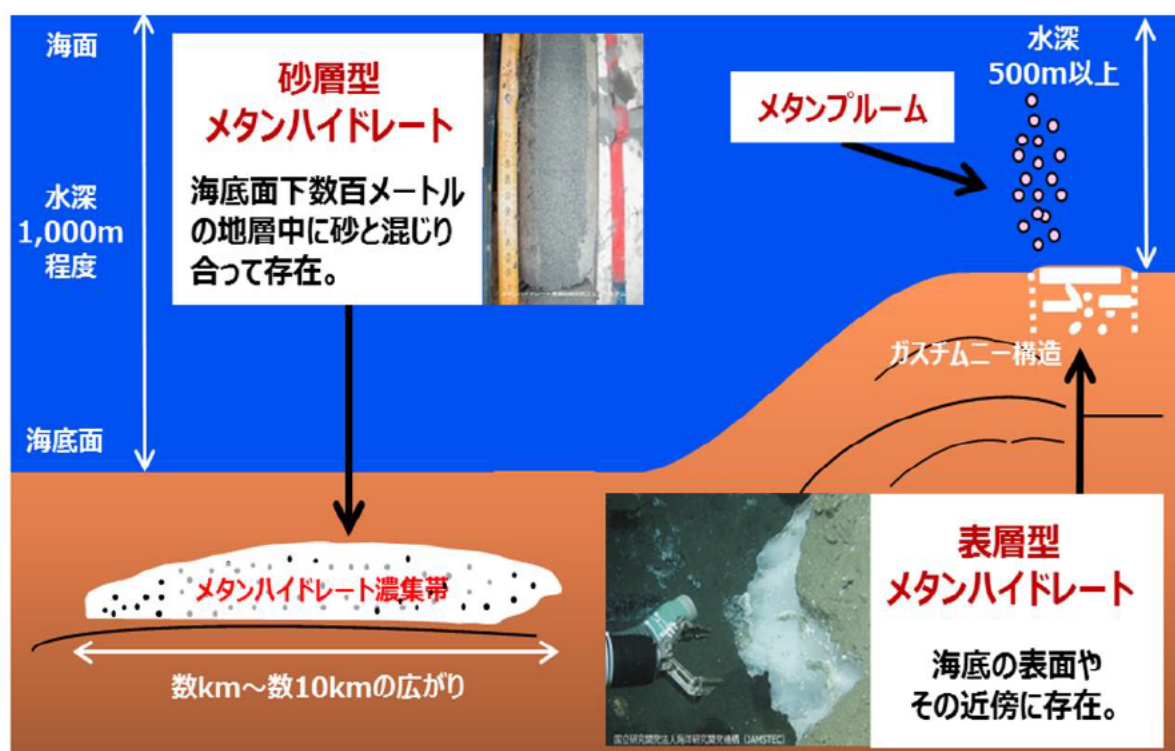
左図：メタンハイドレートの結晶構造モデル（三角緑はメタン分子、球赤は水分子）。低温高圧の条件下で、水分子の結晶構造の中にメタン分子が取り込まれた氷状物質。（理論化学式  $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ ）。結晶構造の空間に隙間なくメタンが取り込まれている場合、 $1\text{m}^3$ のメタンハイドレートを分解すると、水  $0.8\text{m}^3$  とメタンガス  $172\text{m}^3$ （大気圧下、 $0^\circ\text{C}$ ）が得られる。

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）

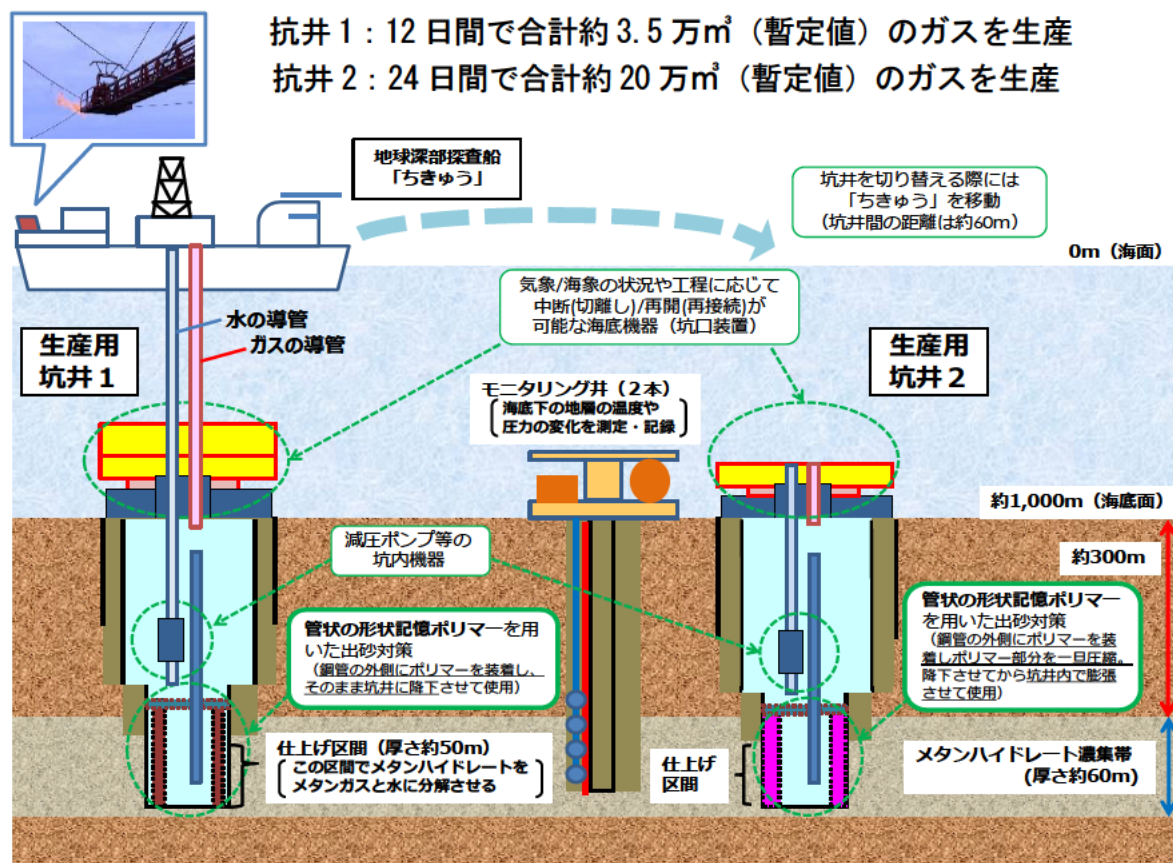
下図：メタンハイドレートの安定領域



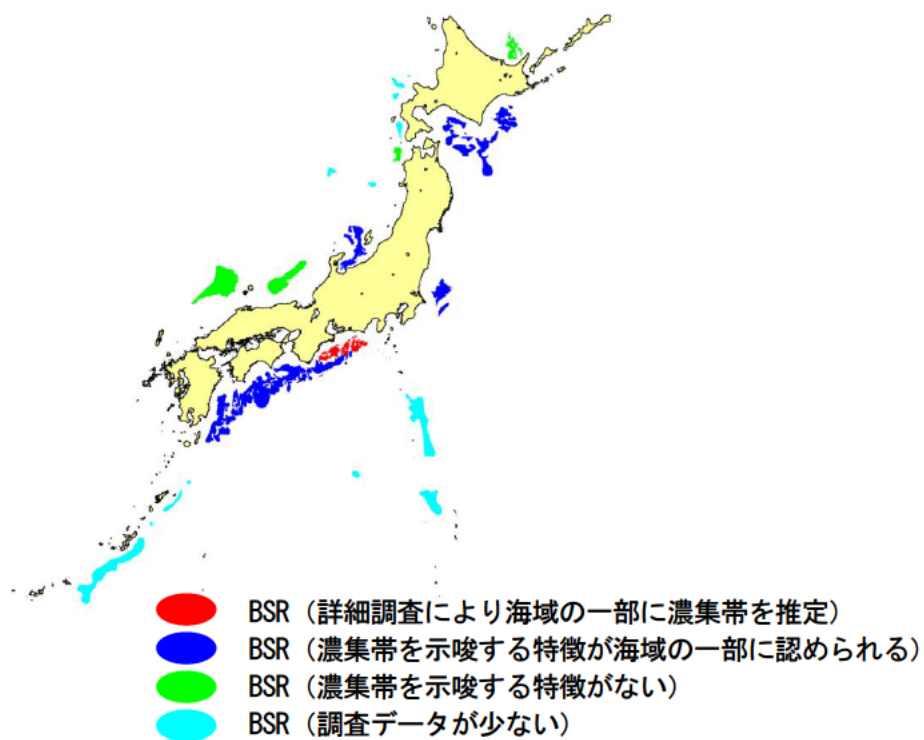
## 2. 我が国周辺海域におけるメタンハイドレートの賦存形態



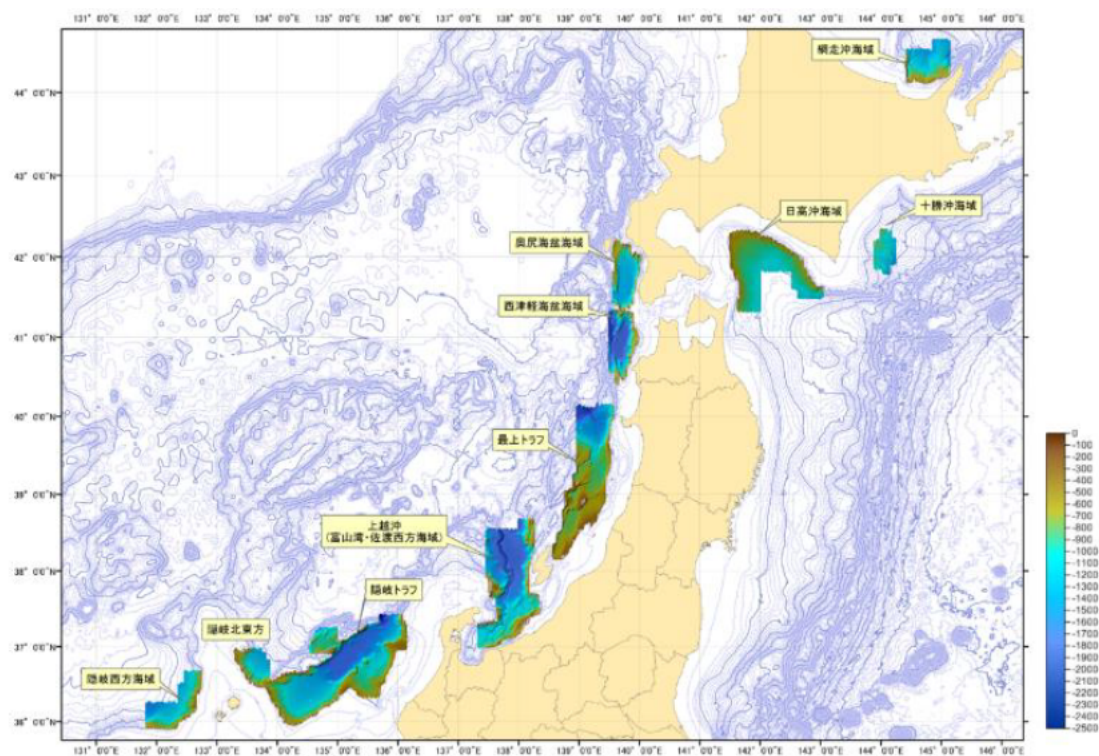
## 3. 砂層型メタンハイドレートの第2回海洋産出試験（2017年4～6月）



#### 4. 我が国周辺海域の BSR 分布図 (2009 年)

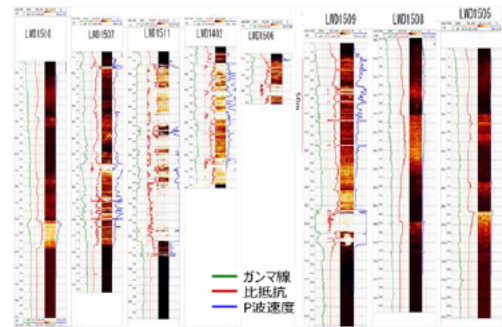
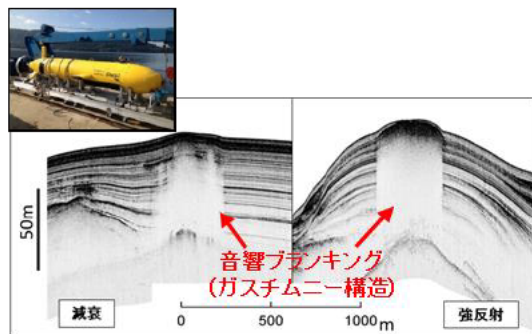


## 5. 表層型メタンハイドレートの広域地質調査海域（2013～2015 年度）

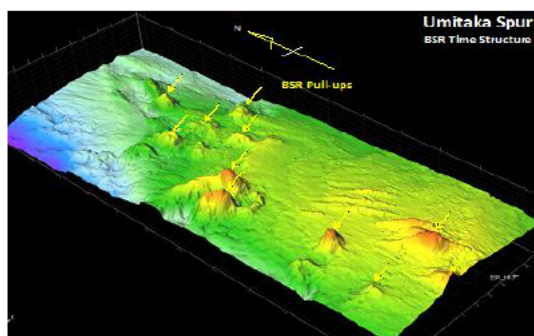


## 6. 表層型メタンハイドレートの詳細な地質調査の一例

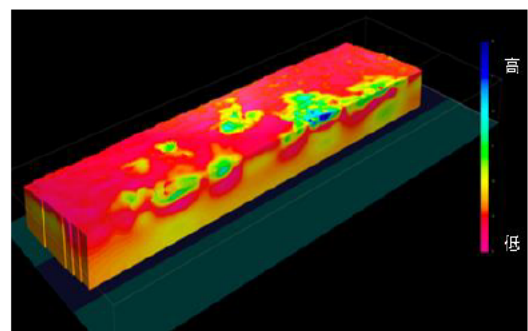
### ①詳細地質調査（AUV 音響探査）による海底下構造の把握 ②掘削同時検層（LWD）による地層性状の評価



### ③3D 地震探査による地下構造の把握



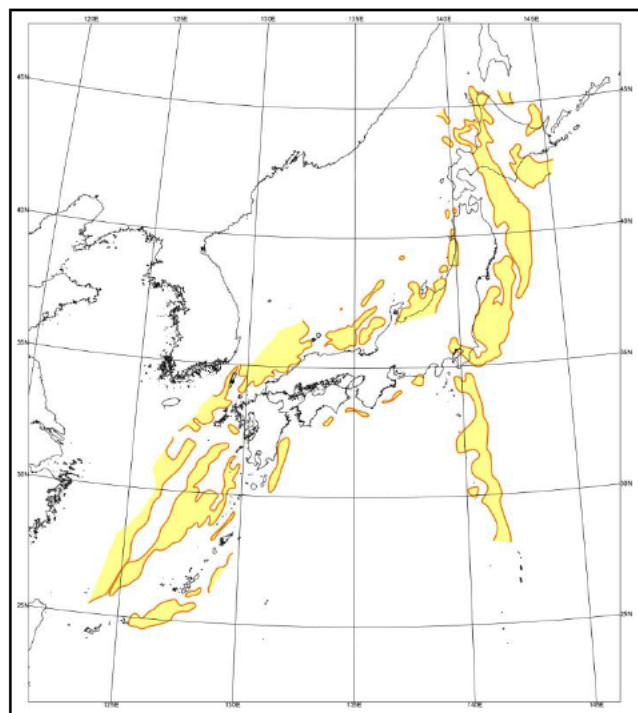
### ④海洋電磁探査による高比抵抗部の把握



## 7. 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）

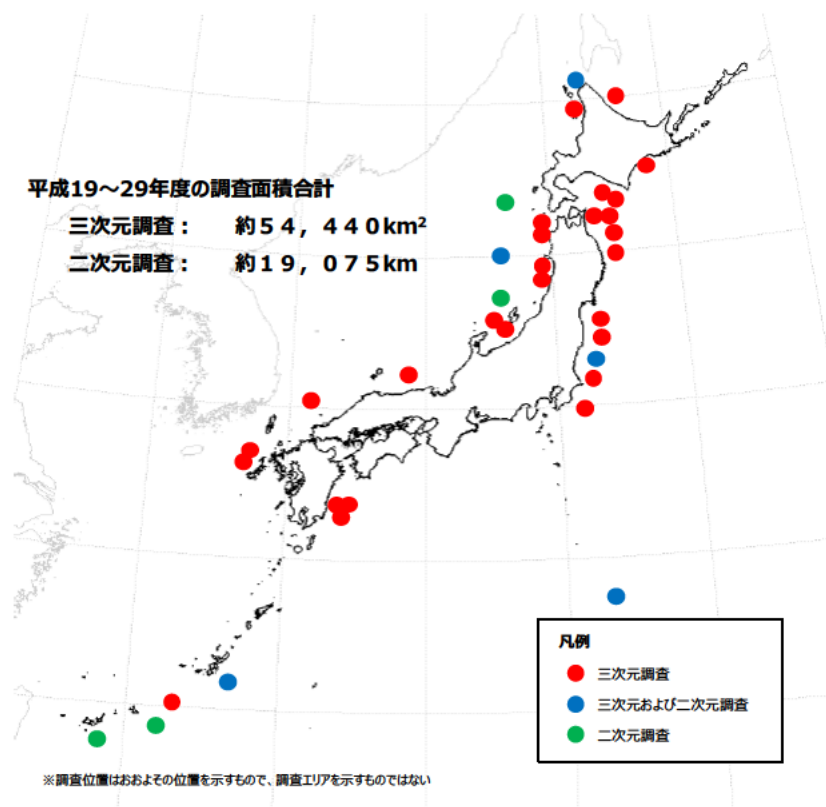


②三次元物理探査船「資源」(平成20年2月導入)



| 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7.3m |
| 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19～29年度)

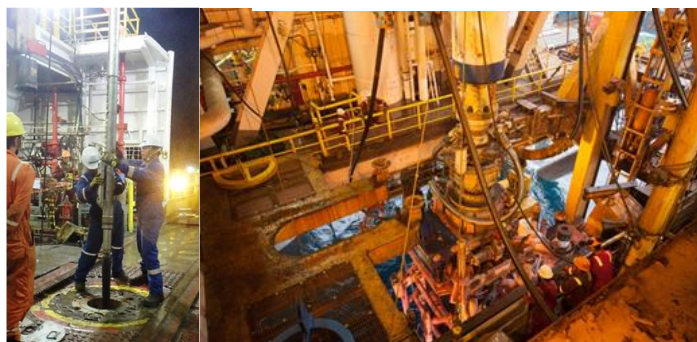


#### ④基礎試錐「島根・山口沖」の実施（島根県及び山口県沖）

(試掘地点)

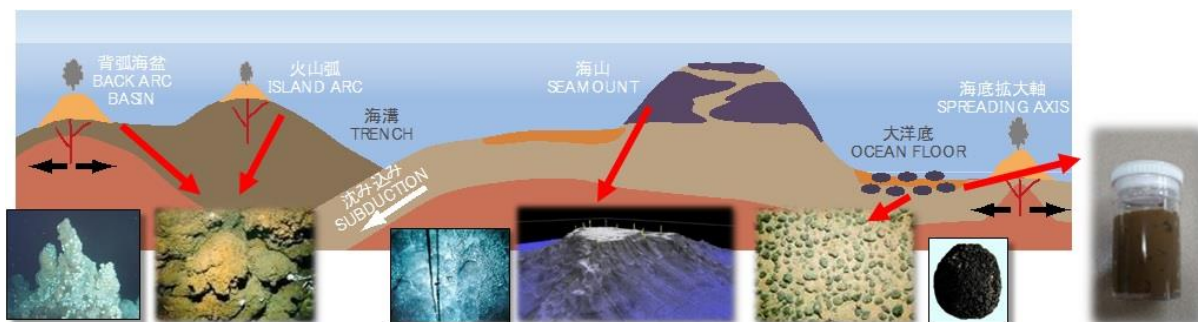


(試掘作業の様子)



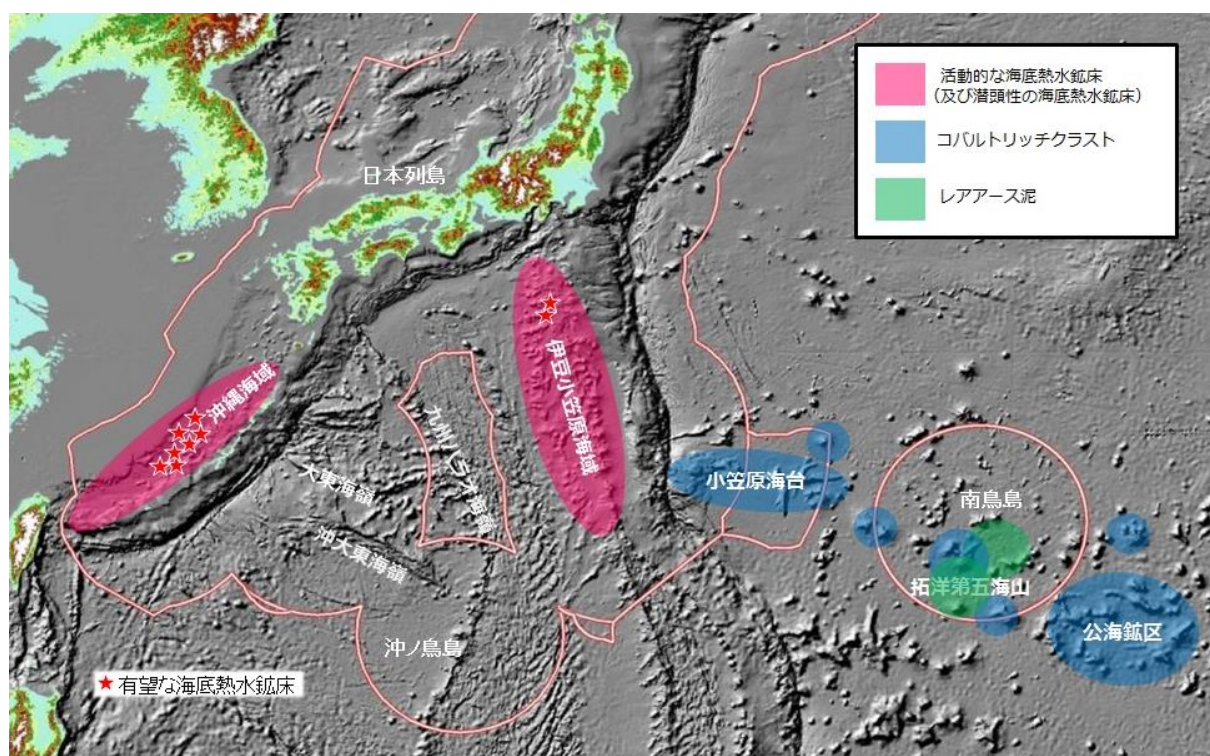
- ・掘削地点：島根県浜田市北西沖（約130km）、山口県萩市西北西沖（約140km）
- ・水深：約210m、掘削深度：海底面下 約2,900m
- ・作業期間：平成28年6月5日～10月26日
- ・委託先：国際石油開発帝石(株)／JOGMEC
- ・結果概要：各種地質データを取得するとともに目標としていた地層において、薄いガスの層やガスの徴候を確認。さらに、最深部で、高圧のガス層を示唆する想定外の強いガス徴に遭遇。

#### 8. 海洋鉱物資源の種類

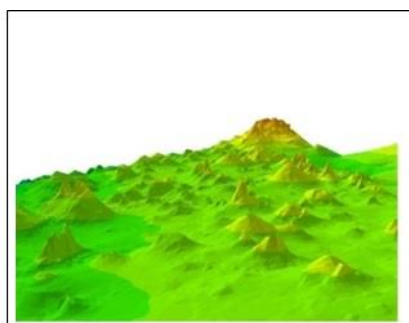


|         | 海底熱水鉱床                        | コバルトリッチクラスト                               | マンガン団塊                          | レアアース泥             |
|---------|-------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| 特徴      | 海底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      |

## 9. 我が国周辺海域に賦存が期待される鉱物資源の分布状況



## 10. 海底熱水鉱床について



海底地形イメージ図  
(出典:JOGMEC)



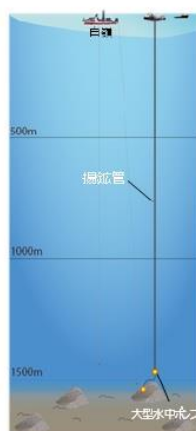
熱水噴出孔の様子  
(出典:JOGMEC)



海底熱水鉱床の鉱石  
(出典:JOGMEC)

## 1 1. 海底熱水鉱床に関する採鉱・揚鉱パイロット試験

試験概念図（実比率）



パイロット試験の概念図



海中に投入される集鉱試験機



洋上に揚がった鉱石

(出典:JOGMEC)

## 1 2. 選鉱・製錬試験及び亜鉛地金の製造



選鉱製錬試験に用いた海底熱水鉱床鉱石



選鉱試験設備と浮遊選鉱の様子



国内製錬所に投入した亜鉛・鉛バレル精鉱



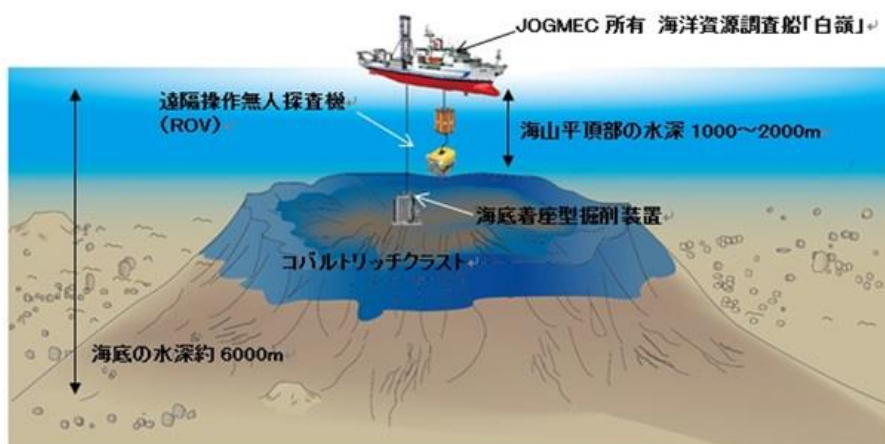
製造した亜鉛地金  
(一部に海底熱水鉱床鉱石が含まれる)

(出典:JOGMEC)

### 1 3. コバルトリッチクラストについて



コバルトリッチクラストの海底分布状況



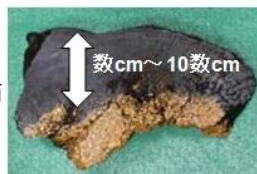
コバルトリッチクラストの調査イメージ  
(出典:JOGMEC)

### 1 4. コバルトリッチクラストの賦存状況、海山の立体図

コバルトリッチクラストの賦存状況

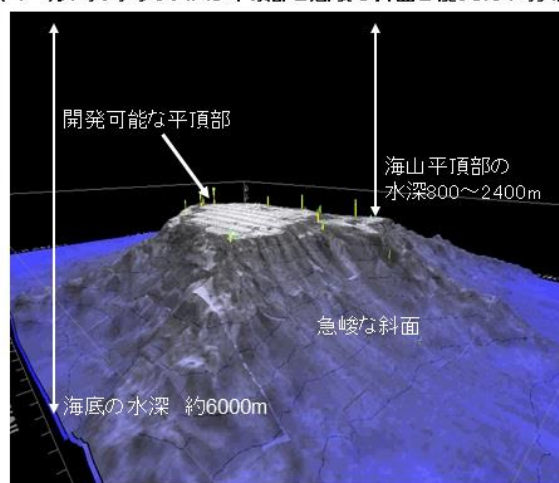


コバルトリッチクラスト断面



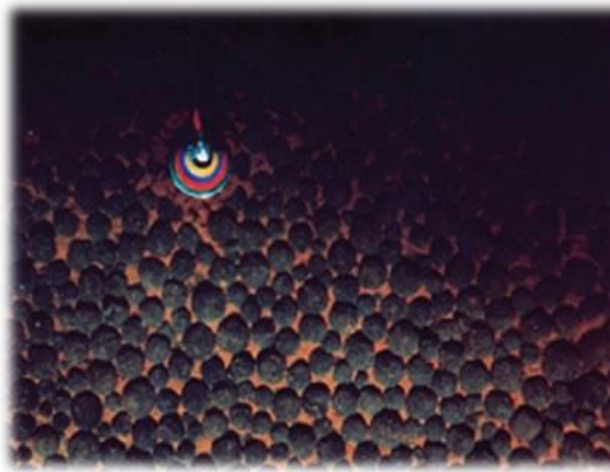
海山の立体図

(コバルトリッチクラストは平頂部と急峻な斜面を覆うように分布)



(出典:第24回総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会)

## 15. マンガン団塊について

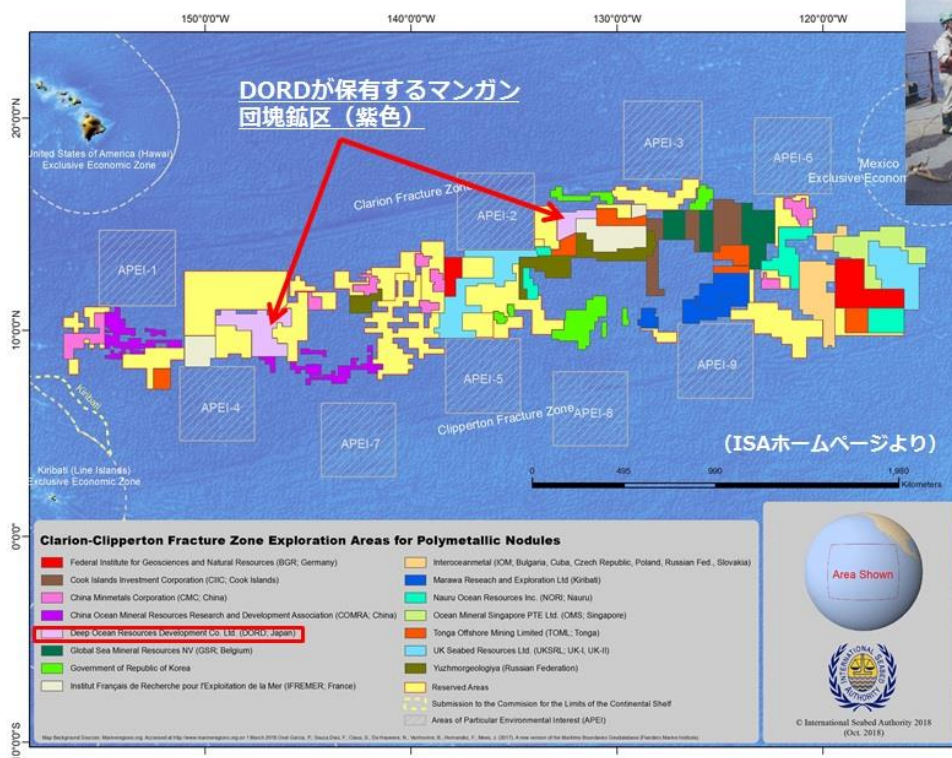


マンガン団塊の海底分布状況  
(出典:JOGMEC)



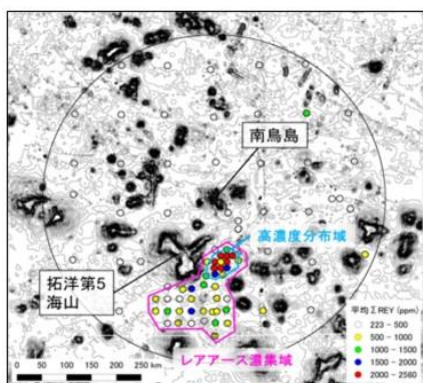
マンガン団塊の断面  
(出典: 深海資源開発株式会社(DORD))

## 16. マンガン団塊の鉱区について



マンガン団塊の資源調査で  
使用した機器 (採泥機)

## 17. レアアース泥の賦存状況とエアリフト技術調査



レアアース泥の採取地点とレアアース平均品位分布  
(赤色が特に高濃度の地点)



10m揚鉤実験の様子(左)と50m揚鉤実験の様子(右)

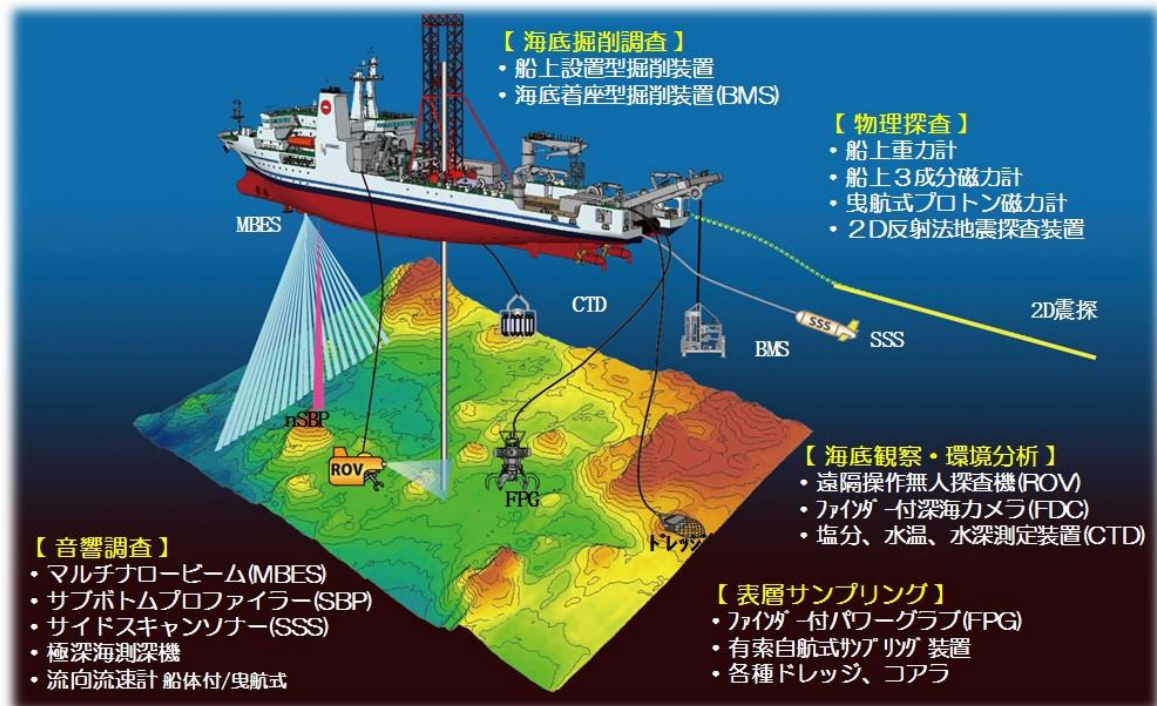
(出典:JOGMEC)

## 18. 海洋資源調査船「白嶺」について



(出典:JOGMEC)

## 19. 白嶺の調査機器



(出典:JOGMEC)

### ○主な調査機器等



**■船上設置型掘削装置**  
機能:船体中央の開口部(ムーンプール)からドリルパイプを海底に降ろして掘削する装置  
稼働水深:2,000m  
掘削能力:400m



**■海底着座型掘削装置(BMS20M)**  
機能:海底に着底し、掘削する装置。光・動力複合ケーブルでつながっており、船上からの操作で掘削が可能。主にコバルトリッチクラストの掘削に使用。  
稼働水深:6,000m  
掘削能力:20m



**■海底着座型掘削装置(BMS50M)**  
機能:海底に着底し、掘削する装置。船上からの遠隔操作により掘削する。BMS20Mの運用実績を基に設計され、50mの掘削能力を持つ。主に海底熱水鉱床の掘削に使用。  
稼働水深:3,000m  
掘削能力:50m



**■ピストンコアラ**  
機能:筒状の採泥器で、海面近くまでケーブルで吊り下げ、海底近くで落下させ堆積物を採取する装置  
採泥能力:20m



**■遠隔操作無人探査機(ROV)**  
機能:船上からの遠隔操作により海中を自由に動き回ることができ、Hi-Visionカメラによる海底観察や、マニピュレーターによるサンプリング作業等が可能  
稼働水深:3,000m



**■パワーグラブ**  
機能:6本の鉄の爪を油圧で開閉し、海底の試料を採取する装置。光・動力複合ケーブルでつながっており、カメラで観察しながら試料採取が可能  
稼働水深:6,000m

(出典:JOGMEC)