

科学技術・学術審議会 海洋開発分科会
第2回海洋科学掘削委員会
ご説明資料

2022年5月12日

我が国における海洋科学掘削の取組について ～社会的視点(資源)～



第2期革新的深海資源調査技術

プログラムディレクター

石井正一

1.SIP第2期 革新的深海資源調査技術

概要

SIP第1期「次世代海洋資源調査技術」(2014~2018年)における水深2,000m以浅の海底熱水鉱床を主な対象とした成果を活用し、これらの技術を段階的に(Step by Step)発展・応用させ、基礎・基盤研究から事業化・実用化までを見据え、2,000m以深での深海資源調査技術、回収技術を世界に先駆けて確立・実証するとともに社会実装の明確な見通しを得る。

課題の意義

南鳥島EEZ内の深海にはレアアース泥の濃集帯が存在し、特に **(中国南部及びミャンマーに) 偏在する重レアアース類を含むことが知られている。** 資源に乏しい我が国が、自国EEZ内に存在する海洋鉱物資源の効率的な調査手法を確立し、同時に将来の生産に向けて、その生産技術を確立することはエネルギー安全保障に資する取り組みである。

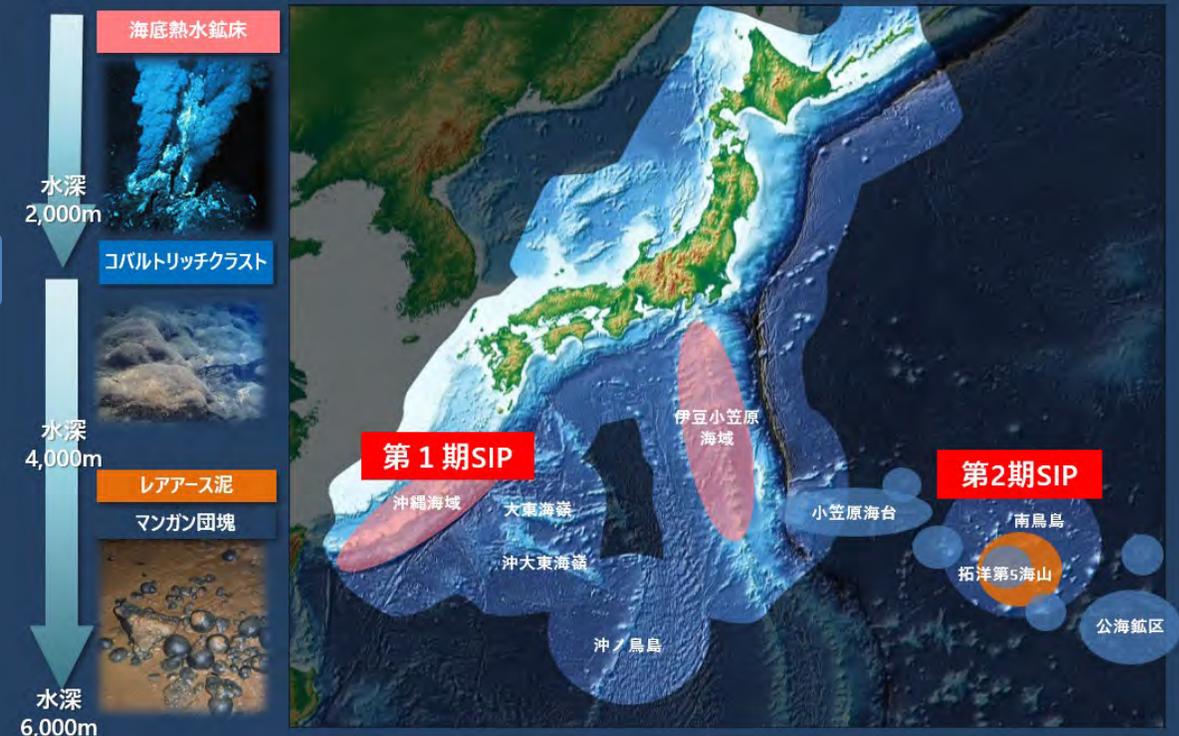
日本周辺の海底資源の分布

浅海 我が国の排他的経済水域の海底は、世界有数の海底鉱物資源に富む海域

SIPで行った仔細な資源量調査の結果、開発に適している **レアアース濃集帯の分布状況が明らかになりつつある。** 水深5,000~6,000mに賦存するレアアース泥の生産技術確立は、技術的難易度が高いが、産業を支える希少資源の安定供給の観点から将来に向けて **国家として推進すべき課題** である。

推進体制

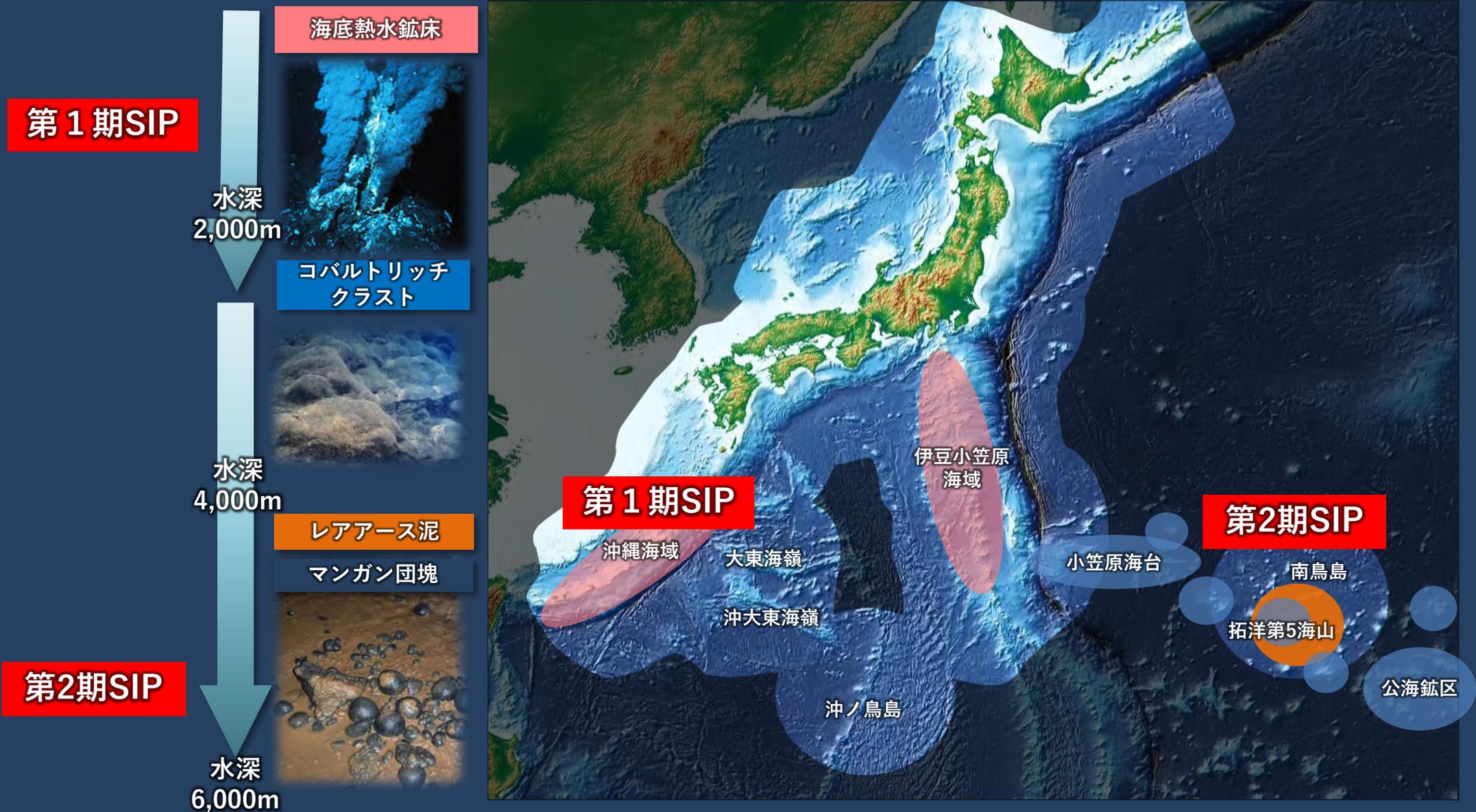
テーマ1	レアアース泥を含む海洋鉱物資源の資源量の調査・分析
テーマ2-1	深海資源調査技術の開発
テーマ2-2	深海資源生産技術の開発
テーマ3	深海資源調査・開発システムの実証



2.海底鉱物資源とその意義

日本周辺の海底資源の分布

浅海 我が国の排他的経済水域の海底は、世界有数の海底鉱物資源に富む海域



3.レアアース泥資源量の調査・分析の成果

これまでの成果

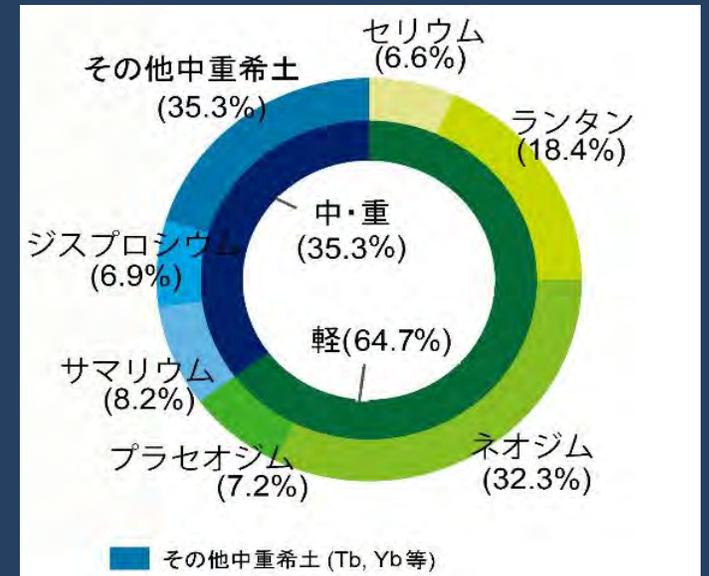
✓ 南鳥島レアアース濃集層の地球統計学的精緻三次元分布図を完成し、有望開発候補地点を選定。

✓ 南鳥島レアアース概略資源量評価を完了。JOGMECによる調査を大きく上回る規模のレアアース資源量が明らかとなる。

✓ 南鳥島レアアースは重レアアースに富み、また有害物質をほとんど含まないことを確認。

将来の鉱区設定等を見据え、
レアアース資源量評価の高精度化

南鳥島周辺EEZ海域の海底から採取したピストンコア試料252kg (wet) から、レアアース元素をシュウ酸化合物として370g精製。(2019年度実績)



精製物Bに含まれる
レアアース元素の含有率

4.計画概要

テーマ1

レアース泥を含む海洋鉱物資源
の資源量の調査・分析

テーマ2-1

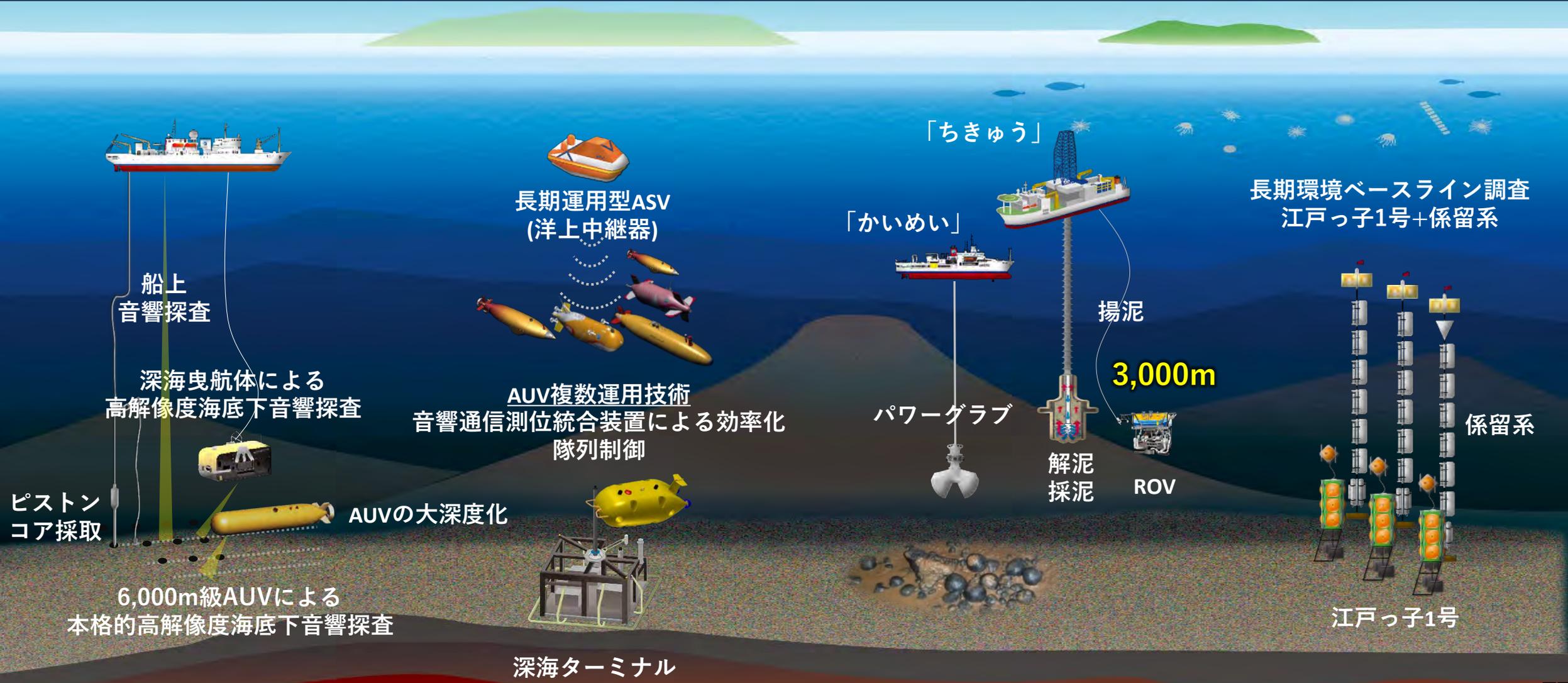
深海資源調査技術の開発

テーマ2-2

深海資源生産技術の開発

テーマ3

深海資源調査・開発システムの実証



レアアース生産システム開発進捗

2018年度



約3m³の海底
堆積物採取



解泥
シミュレーション



2019年度



解泥試験実施



レアアース泥
力学分析実施

2020年度



大規模解泥試験

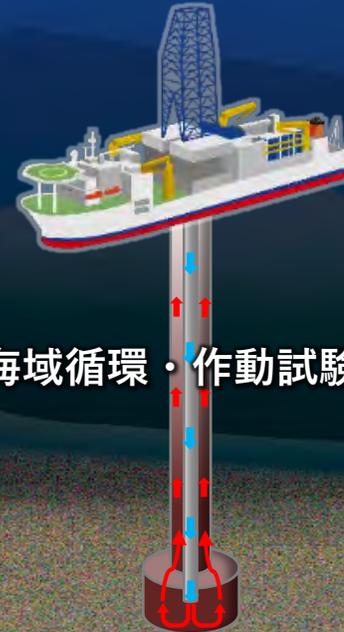


レアアース
生産システム設計

2021年度



海域循環・作動試験



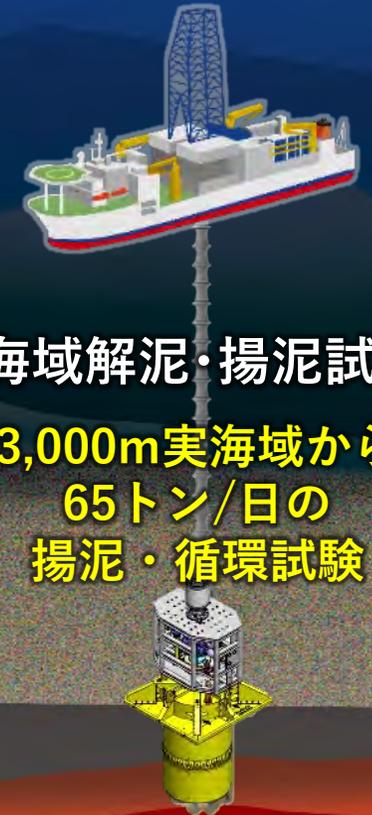
揚泥管等3,000m
各種ツール完成

2022年度

8月実施予定

海域解泥・揚泥試験

3,000m実海域から
65トン/日の
揚泥・循環試験



6. 深海資源生産技術の開発

「ちきゅう」を用いた揚泥性能確認試験



→ SIP第2期でレアアース生産のために新たに設計・製作した揚泥管、簡易揚泥管、接続管、各種ツール等のハンドリング試験を実施し、各機器の機能・健全性を確認。

7.レアアース泥回収における「ちきゅう」能力の活用

遠隔地の水深6,000mから粘性の高い泥（レアアース泥）を回収する

必要能力に対する「ちきゅう」能力の活用

- 長期滞在・定点保持（位置保持）→ 居住区、ヘリデッキ、DPS(Dynamic Positioning System)
- 解泥（ブレード切削）→ ドリルパイプ（最長9,000m）、パワースイベル（回転動力）
- 6,000m揚泥管保持→ デリック（檣）、ドローワークス（巻揚機）：最大吊下げ重量 1,250トン
既存ライザーシステム（船体接続 etc.）
- 揚泥→ マッドポンプ（泥水循環ポンプ）
- 選鉱→ シェルシェイカー（篩）、デサンダー・デシルター（遠心分離）
- 貯蔵→ マッドタンク（泥水）、ザクタンク（固形物）

*ちきゅうの存在で、この技術導入だけが必要とされた

- 軽量揚泥管（ライザーパイプ）開発・製作
- 採泥技術（水中ポンプ）開発・製作

水深6,000m
レアアース泥
生産（回収）
技術の確立



安全保障上重要な海洋の保全や利活用を進める海洋安全保障プラットフォームを構築

遠隔離島利活用



「南鳥島」基地
人員交代・物資補給
選鉱・リサイクル

南鳥島

「ちきゅう」



CO₂

海洋玄武岩
CCS

レアース泥

環境モニタリング

江戸っ子
環境監視の長期継続

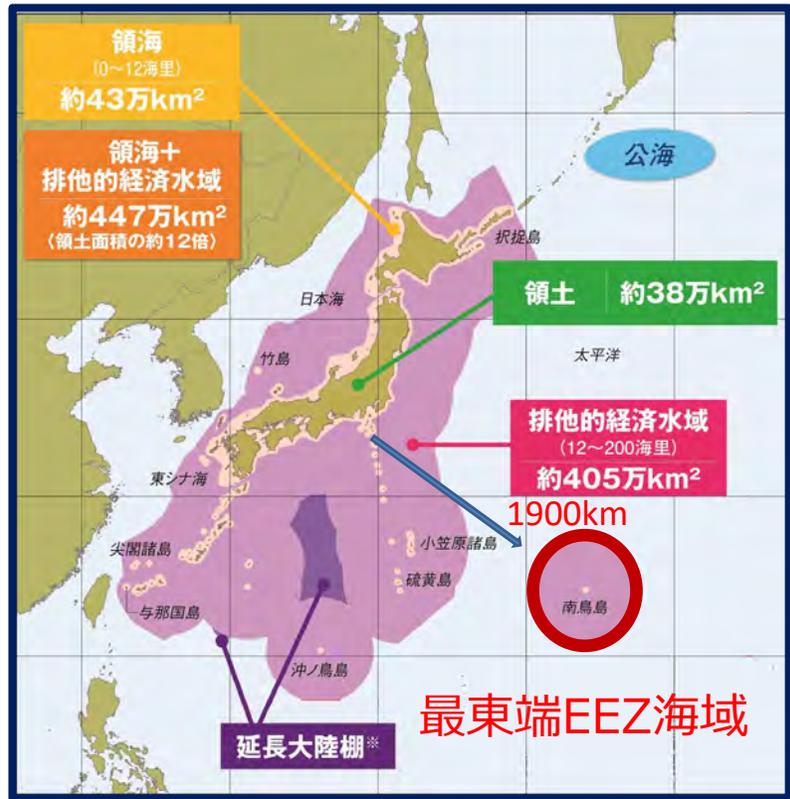
拓洋第5海山

自律型無人探査機(AUV)
AIを活用した群制御による自在な調査

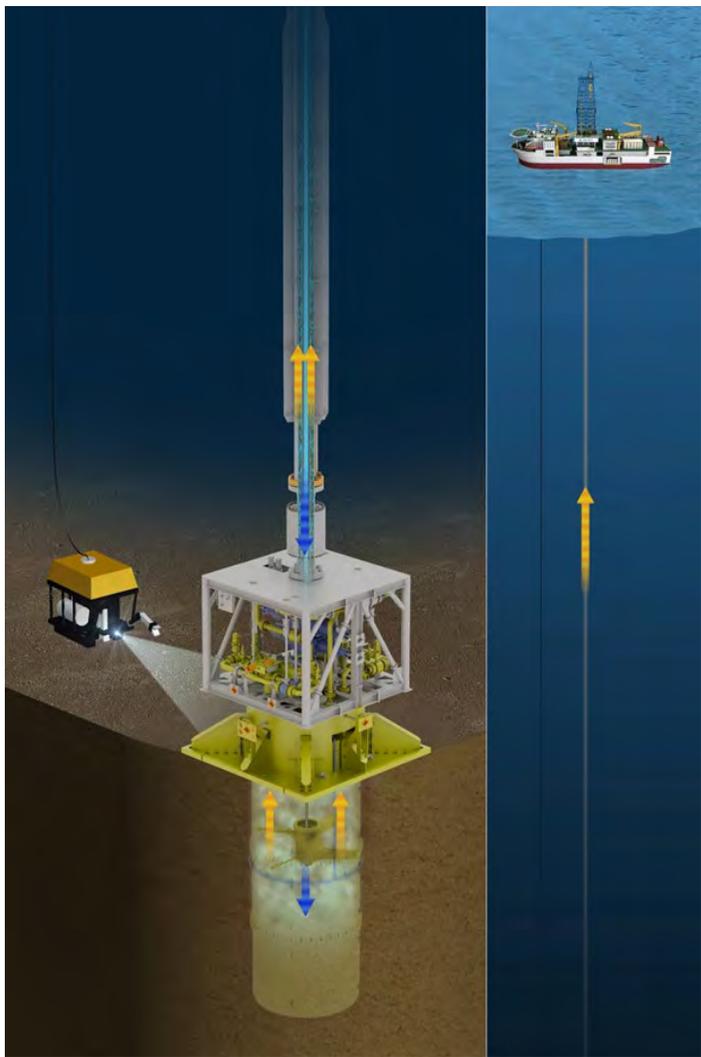
深海ターミナル
充電・データ伝送
多用途の拠点整備

鉱物資源調査

レアース泥生産
システム実証



9.世界初の大水深掘削技術の開発・実証及び水深6,000mからのレアアース泥の効率的・経済的な生産システムの開発・実証



レアアース泥の生産システム

第2期SIPまで

- 水深約6,000mの海域でレアアース泥生産が可能なシステム開発及び設計
- 実機：解泥機(集泥管を含む)、採泥機構の一部、及び揚泥3,000m製作(補正予算製作)
- 水深3,000mでの解泥・揚泥作動性能確認試験実施

次期SIPでは

- 南鳥島沖水深6,000mでのレアアース泥の生産実証試験及び世界初の大水深掘削技術の開発・実証
- レアアース泥の効率的・経済的な生産システムの開発
- 経済性、環境影響、深海オペレーション等を総合的に解決した事業化のモデルを検討

*** 残りの揚泥管3,000mの迅速な製作が必要**

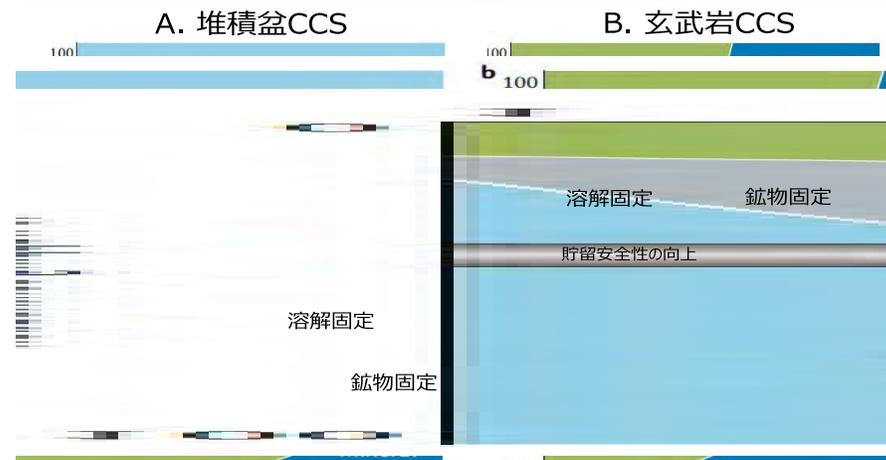
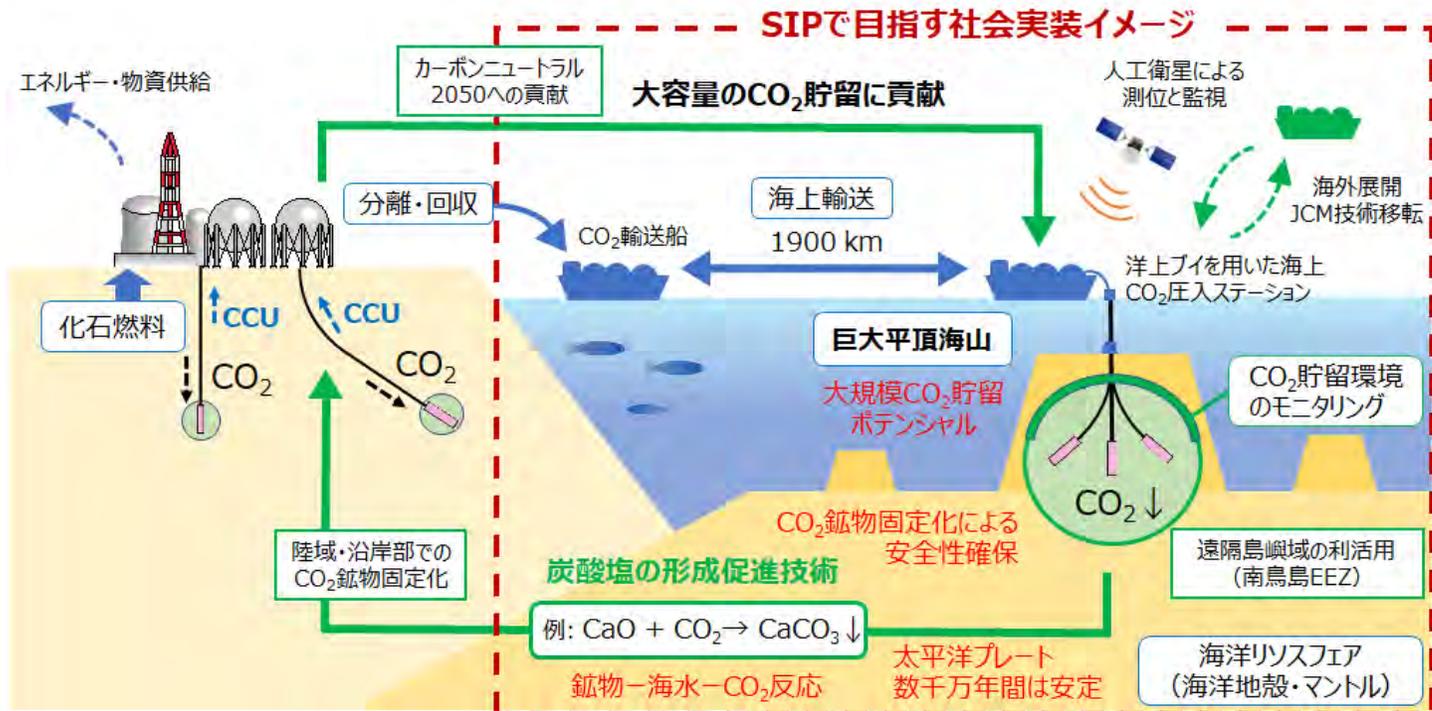
揚泥量 (作動性能確認試験実施時)
65トン/日規模 (※)



揚泥量 (回収実証試験時目標)
350トン/日規模 (暫定)

※浅海ポンプ装着により揚泥量が35tから増加

Society 5.0 with Carbon Neutralを実現するため、我が国のEEZ海域における広大な玄武岩海山を利用した新しいCO₂貯留・固定化のための基礎調査及び社会実装に向けた技術開発を実施する。***この調査には大深度掘削リグが不可欠**



外洋EEZの平頂海山（海洋玄武岩）を活用したCO₂貯留・固定化の社会実装のイメージ

- ① 南鳥島周辺海域の拓洋第5海山の地質調査や水の圧入試験等に基づき、海洋玄武岩の賦存状態を確認し、貯留ポテンシャルの評価を行う。
- ② 当該サイトに適したモデリング及び環境モニタリング技術に加え、玄武岩層へのCO₂圧入技術、CO₂鉱物化促進技術等の調査研究を行う。
- ③ 大規模なCO₂海上輸送、深海圧入オペレーション等の全体工程での経済性のある最適なシステムの概念設計を行う。

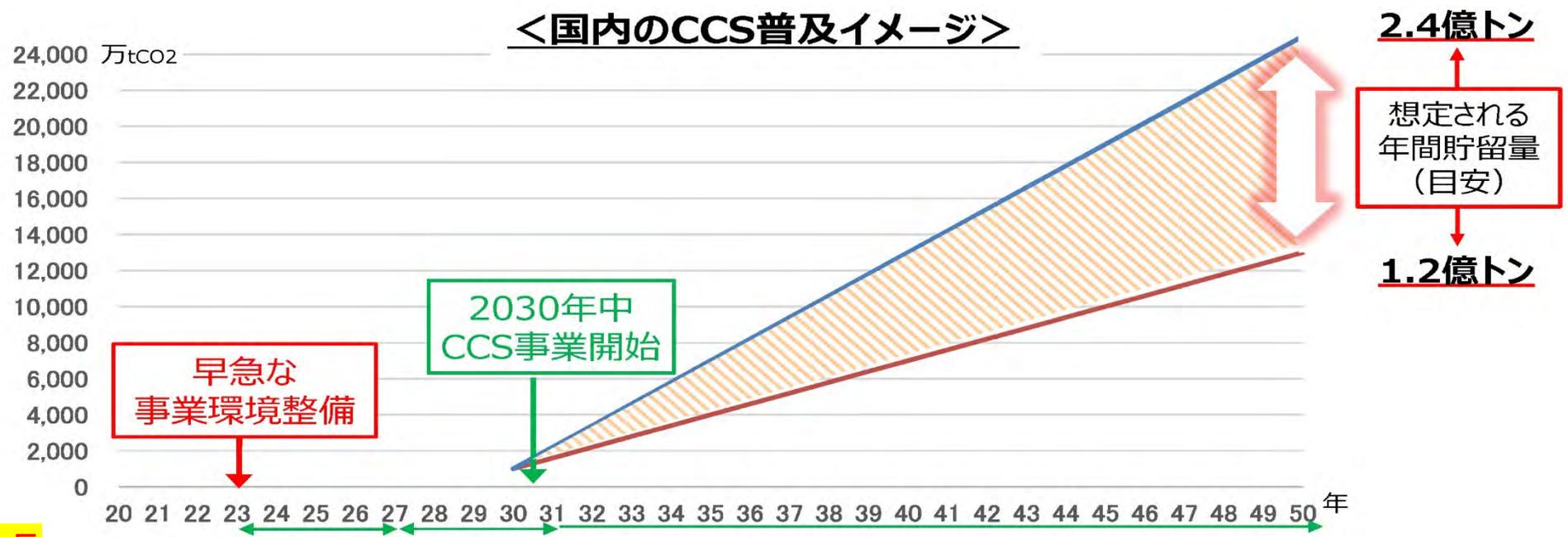
アイスランドの玄武岩層CO₂貯留試験において、**95%以上のCO₂が2年以内に鉱物に固定化**されることが確認された。

Snaebjornsdottir et al., Nature Reviews Earth & Environment, 2020.

2050年のCCSの想定年間貯留量の目安

令和4年1月28日
第1回CCS長期ロードマップ検討会（一部加工）

- IEA試算から推計すると、我が国のCCSの想定年間貯留量は、2050年時点で年間約1.2～2.4億tが目安。2030年にCCSを導入する場合、2050年までの20年間で、毎年12本～24本ずつ圧入井を増やす必要。
- 事業者としては、2030年中にCCS事業を開始するためには、2023年度からFS等を開始し、2026年度までに最終投資判断する必要。



* METI:第4回CCS長期ロードマップ検討会 (2022.04.20) 資料より

2030年中にCCS事業を開始するためには、
①2023年度からFS等を開始し、
②2026年度までに最終投資判断する必要。

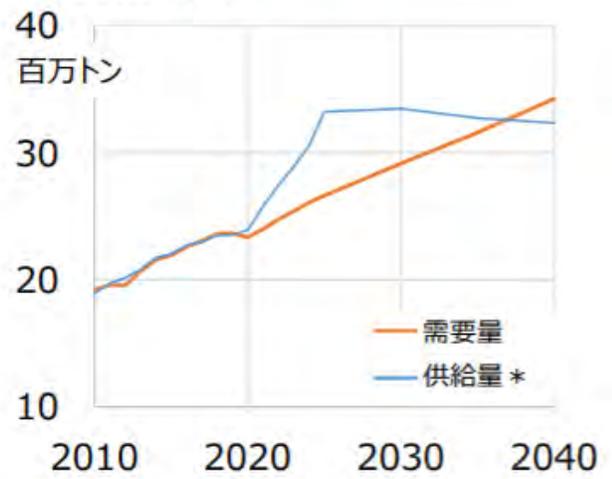
【参考】必要な圧入井の本数

- ・1.2億 t/年の場合：240本
- ・2.4億 t/年の場合：480本 の圧入井が必要。

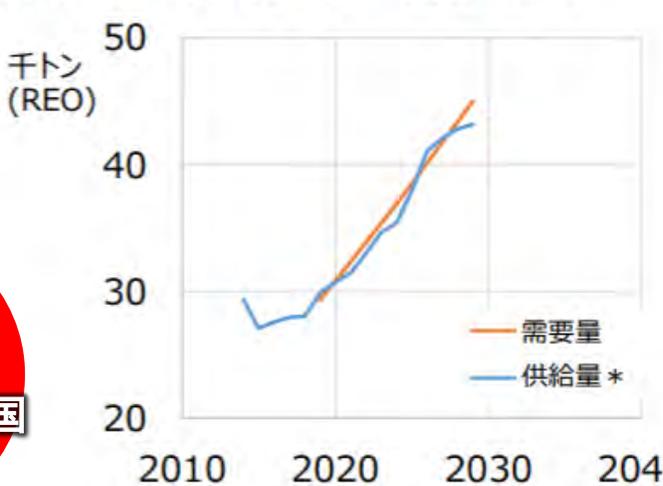
※圧入井1本あたりの貯留可能量：50万t/年
 ※試掘費用：陸域 約50億円/本、海域 約80億円/本

- 銅やレアアース（高性能モーター磁石用ネオジム）についても、確実な需要増加が見込まれる。特にレアアースは需給均衡状態が続くため、常に供給への懸念がある。また銅についても長期的には需給がひっ迫するとの見方もあり。
- これら以外にもカーボンニュートラル社会への移行の鍵となる技術革新を支える鉱物資源の安定供給への対応が課題。

■銅 需給（世界）



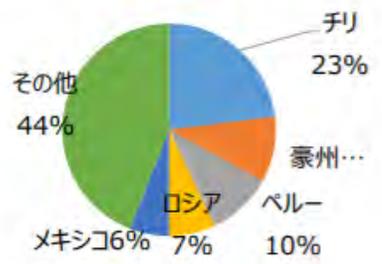
■レアアース（ネオジム） 需給（世界）



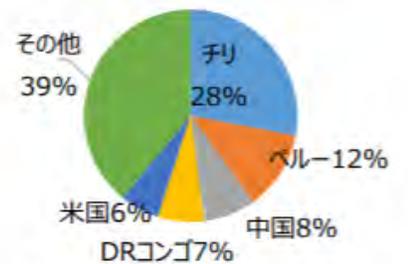
* 2021年以降の供給量は現時点の開発計画に基づく最大供給量



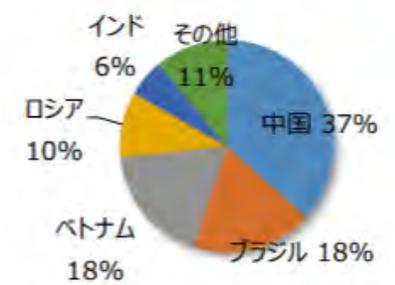
埋蔵量
計：870百万純分トン



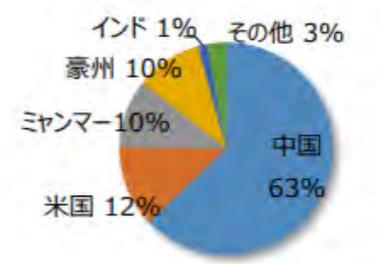
鉱石生産量
計：20百万純分トン



レアアース埋蔵量
計：1億2千万トン



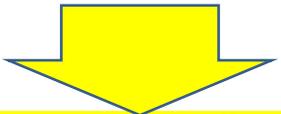
レアアース生産量
計：約21万トン（REOt）



出典：Roskill, Wood Mackenzie, Mineral Commodity Summaries 2019, USGS, World Metals Statistics Year Book 2020

鉱業法関係整備

現行の鉱業法および深海底鉱業暫定措置法において、レアアースは対象の鉱物として定義されていないため、SIP第2期「革新的深海資源調査技術」では、日本のEEZ内に賦存するレアアース泥を海洋鉱物資源として保護するための、**レアアースを鉱業法上の鉱物として定義**するよう、主務官庁である経済産業省へ働きかけてきた。



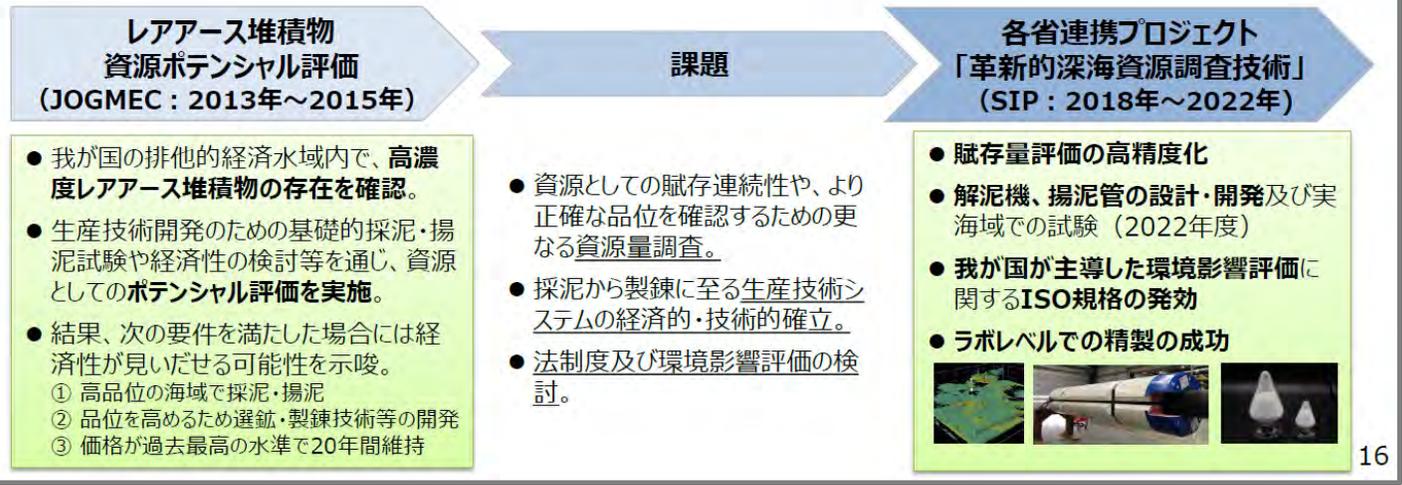
レアアースを鉱業法に明記

海外からの資源供給リスク低減や風力発電機器や電動車等の普及拡大に伴い、レアアースの需要が増加していく見込みと、近年、我が国の排他的経済水域内でレアアースが確認され、今後、商業的に開発される可能性が出てきている。

したがって、資源を適正に管理し、レアアースの国内生産を円滑化するため、鉱業法の適用鉱物にレアアース(希土類金属鉱)を追加する。*(法改正概要資料より)

国産海洋資源開発に向けた今後の方向性 (2)

- **レアアース泥**については、2013年から2015年にかけて、JOGMECが資源量の調査、生産技術の検証等を実施。**2018年以降、内閣府SIPによる各省連携プロジェクトとして調査・研究を継続中**。技術的な課題も多く、産業化に向けて継続的支援が必要。
- 国内における鉱業の基本的制度を定める鉱業法は、合理的な資源の開発を目的として、経済産業大臣の許可を得た者でなければ、探査・採掘等を実施できないことを定めている。
- これまで国内ではレアアースの開発が想定されていなかったことから、**現行鉱業法においてレアアースは鉱業権(試掘権・採掘権)の設定等の対象外**となっており、**法的に措置しなければ、採掘等が許可なく行われるリスク**が存在する。これらの国内資源を適正に維持・管理しつつ、適切な開発主体による開発が行われるよう、**制度整備が必要ではないか**。



(2021年12月21日 総合エネルギー調査会・鉱業小委員会資料より)