

公開用

参考資料 2

令和4年度
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期
最終成果報告書

課題名：革新的深海資源調査技術

2023年3月9日

内容

| | | |
|---|---|----|
| 1 | 課題全体の概要と課題目標の達成度 | 3 |
| | (1) 課題全体の概要・目標 | 3 |
| | (2) 課題目標の達成度 | 5 |
| | ① 国際競争力 | 5 |
| | ② 研究成果で期待される波及効果 | 7 |
| | ③ 達成度(1) SIP第2期5年間の設定目標に対する達成度について | 9 |
| | ④ 達成度(2) 社会実装の実現可能性について (社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等) | 11 |
| | ⑤ 知財戦略、国際標準化戦略、規制改革等の制度面の出口戦略 | 12 |
| | ⑥ 成果の対外的発信 | 12 |
| | ⑦ 国際的な取組・情報発信 | 16 |
| 2 | 各研究テーマの概要と課題目標の達成度 | 20 |
| | (1) 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 | 20 |
| | (2) テーマ2-1：深海資源調査技術の開発 | 23 |
| | (3) テーマ2-2：深海資源生産技術の開発(レアアース泥の採泥・揚泥技術) | 28 |
| | (4) テーマ3：深海資源調査・開発システムの実証 | 31 |
| 3 | 課題マネジメント | 35 |
| | ① Society5.0の実現を目指すもの | 35 |
| | ② 社会実装を実現するためのマネジメント体制が構築されているか。 | 35 |
| | ③ 研究テーマに対する評価、マネジメントが適切に実施されていたか。 | 36 |
| | ④ 民間から適切な負担を求めているか。官民の役割分担が適切になされているか。 | 36 |
| | ⑤ マッチング額が十分に計上されているか。 | 36 |
| | ⑥ 府省連携が不可欠な分野横断的な取り組みとして実施されているか。 | 36 |
| | ⑦ SIP第2期で実施する他の課題との連携が適切に図られているか。 | 38 |

1 課題全体の概要と課題目標の達成度

(1) 課題全体の概要・目標

我が国は、四方を海に囲まれ、排他的経済水域（EEZ）を含めると世界第6位の海域を有する海洋国家であり古くからその恩恵を享受してきた。その広さは、陸域面積に対して約12倍にも達し、その特徴は、急峻で起伏に富み、海溝や海底火山など地学的多様性にも恵まれており、故に海洋鉱物資源においても高い賦存ポテンシャルを有している。故に、我が国が、領海や排他的経済水域に賦存する希少鉱物資源量の調査と採鉱技術の開発を今以上に推し進め、世界に先駆け海洋鉱物資源の産業化を成し遂げれば、我が国の基幹産業の発展振興ばかりでなく、経済安全保障にも大きく貢献することができる。

SIP 第1期海洋課題「次世代海洋資源調査技術」（以下、「SIP 第1期」という）においては、海洋鉱物資源として熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース泥を対象とし、その為の調査・探鉱についての研究開発をスタートさせた。取り分け、3年目からは主たる研究開発対象を水深2,000m以浅の沖縄トラフなどの潜頭性熱水鉱床に絞り込み研究開発を加速させた。

SIP 第2期革新的深海資源調査技術では、深海域に賦存する海洋鉱物資源開発を図るため以下の4つのテーマを設定した。すなわち、①南鳥島海域におけるレアアース泥賦存量把握、②レアアース泥資源を深海底から採取し洋上へ効率良く揚泥する採鉱技術の開発、③自律型無人探査機（以下、「AUV」という）複数機隊列制御及び電源補給及びデータ伝送を可能とする深海ターミナル技術開発、④これらの開発技術の社会実装の取り組みである。

具体的には、テーマ1では未だ十分把握できていない南鳥島周辺海域のレアアース泥の概略資源量を把握する為に、従来のピストンコア採取の手法以外にも、深海曳航体を用いた高性能音響探査技術を用いてレアアース泥層の空間把握を加味して地球統計学的手法に基づく賦存量把握を行った。テーマ2-1では深海域において高効率に稼動するAUV複数機同時運用システムを構築し、様々な探索やモニタリングを行う為のツールの開発を目指した。テーマ2-2では環境に配慮した深海から船上にレアアース濃集部分を揚泥する採鉱技術を行う新たな採鉱技術を開発実証する。他方、テーマ3では将来の深海鉱物資源開発に必要な環境影響評価技術手法を確立すると共に、南鳥島レアアース泥開発の概略経済性の検討を行う。さらに、当初目的にはなかった新たな精錬につなげる挑戦的な研究開発を進めることになった。

本課題を推進することにより、深海資源の調査効率を飛躍的(30倍以上)に向上させ、水深 6,000m 以浅の海域(我が国の EEZ の 94%を占める)の調査を可能とさせる世界最先端調査システムを開発し、民間への技術移転を行うとともに、現行の技術では不可能な深海鉱物資源の採泥・揚泥を可能とする技術を世界に先駆けて確立することを目指している。

12. 革新的深海資源調査技術

| | |
|---|--|
| 目指す姿 | |
| 概要 SIP第1期「次世代海洋資源調査技術」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。 | |
| 目標 深海資源の調査能力を飛躍的(30倍以上)に向上させ、水深6,000m以浅の海域(我が国のEEZの94%を占める)の調査を可能とする世界最先端調査システムを開発し、民間への技術移転を行う。 現行の技術では不可能な深海鉱物資源の採泥・揚泥を可能とする技術を世界に先駆けて確立する。 | |
| 出口戦略 開発した要素技術*のシステム統合を図り、最終年度までに実証を行って民間企業に戦略的に移転することにより、「深海資源の産業化モデルの構築」に道筋をつけ、SIP終了後に国内外から様々な海洋調査等を受託。 | 社会経済インパクト ● 我が国のEEZにおいて、初めての深海資源開発に目処 ● 安全保障の観点からも、海洋資源の権益確保に貢献 ● スピンオフの創出により、幅広い分野への応用が可能となる *(AUV技術：水中通信・測位・誘導・充電技術、揚泥・採泥技術等) |
| 達成に向けて | |
| 研究開発内容 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 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 ⇒ 海洋鉱物資源の賦存量の調査・分析により高濃度分布域における開発ポテンシャルエリアの絞り込み ● 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 ⇒ 2-(1)：深海資源調査技術の開発 (深海AUV複数運用技術、深海底ターミナル技術) 社会実装可能な深海資源調査システム構築のための技術開発 ⇒ 2-(2)：深海資源生産技術の開発 (レアース泥の採泥、揚泥技術) ● テーマ3：深海資源調査・開発システムの実証 ⇒ テーマ1、テーマ2の成果に加えてSIP第1期の成果を活用し、社会実装、資源調査、開発の促進を目指した深海資源調査システムの実証を実施 | |
| 関係府省：内閣府、総務省、外務省(調整中)、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) | |

図表 1. 「革新的深海資源調査技術」全体構想

(2) 課題目標の達成度

① 国際競争力

(南鳥島レアアース泥の優位性)

水深6,000m級の海域にて、産業化を目的とし高密度調査の実施は世界初である。調査の基礎となる地層試料（コアサンプル）採取、分析、保管及び音響探査データを取得およびに解析に際しては JAMSTEC の有する様々なノウハウを十二分に活用することで、水深6,000m海域で、これまでの調査の実績を上回るペースで良質の地層試料の採取、高性能での物理・化学分析を完了すると共に、採取された観測データ及び試料が保管されている。さらに、課題設定後に追加して着手した南鳥島で採取したレアアース泥試料の新たな製錬試験にも成功している。（テーマ1）

南鳥島レアアース泥の特徴として、採取時点で既に細かな粒子状で輸送が容易であり、精製の過程において岩石を砕く必要がない。また、鉱山残渣を利用した副産物ではない単味鉱床である。また、含まれるレアアースは主に粗粒のアパタイト（燐灰石：リン酸カルシウム）粒子に濃縮しており、ウランやトリウムのような有害な放射能を含む物質に極めて乏しく、水銀やヒ素などの有害物質を含まない安全な優良な資源である。また、磁性強化に必須なジスプロシウムやネオジウム等に富み、さらに、我が国の排他的経済水域内に濃縮層は産出する為に、カントリーリスクが少なく安定供給が可能な優良鉱物資源である。

(音響通信・測位統合装置グローバルベンチマーク)

本プログラムでは、国際的な技術動向を踏まえ、AUVの操作に必要となるASVやAUVに装着される音響通信技術や異機種でのAUV複数機運用技術、さらにAUV充電用の深海ターミナル開発等、世界で実現されていない運用システムの開発を研究開発の中心に据えることにより、世界に先駆けて社会実装可能な深海資源調査システムの構築を目指し課題目標を設定した。（テーマ2-1）

取り分け、SIP第2期で開発を進めたマルチユーザー音響通信・測位統合装置は、通信装置と測位装置を統合するという新たな発想により、通信速度向上と併せAUVとの通信性能を飛躍的に向上させた革新的な技術である。本技術はJAMSTECがこれまで開発を進めてきた無人機制御におけるコアコンピタンスであり、国際的にも優位性を確保している。SIP第2期では、2022年9月には開発したマルチユーザー音響通信・測位装置を搭載した異機種AUV4機による隊列制御による高解像度の海底地形データの取得に成功し、目標とするベンチマーク目標を達成したことを示してくれた。

(AUV 等複数機運用技術グローバルベンチマーク)

米国 HII 社による 6,000m 級 AUV「NGR6000」を購入することで最先端の AUV の運用ノウハウを得る一方で、異機種 AUV の複数機・隊列制御技術をもちいた運用事例はこれまでなく、また、深海ターミナル（海底充電ステーション）にドッキングさせ、深海ターミナルから AUV への充電及び光通信を使い AUV の観測データを深海ターミナル側への通信を行った。

さらに、当初計画の隊列制御技術の成果を踏まえ、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所（以下うみそら研という）で培った AUV /ASV 操作運用に関するノウハウと統合させることで AUV-AUV 間の通信・測位制御技術の開発にも着手し、2021 年度から新たにベンチマーク項目として追加した目標を達成した。このような AUV-AUV 間の通信測位技術は、現時点でも世界のトップランナーとして認識されるべき技術であり、将来の AUV 群制御に繋がる技術として世界をリードする技術開発の一つと言って良い。（テーマ 2 - 1）

(深海ターミナル・グローバルベンチマーク)

深海ターミナルは諸外国でも開発が試みられているが、JAMSTEC がこれまで開発してきた水中光双方向通信技術と川崎重工が蓄積してきた水中誘導技術・非接触充電技術を組み合わせることで開発されたメイドインジャパンの技術であり、国際的にも優位な性能を有している。具体的には、2021 年 10 月には沖縄久高島沖にて実海域試験（水深約 30m）を行い、ドッキング、水中非接触充電、データ伝送等の性能を確認し、海中充電ターミナルシステムとして機能することを実証した。2022 年度には水深 2,000m までの海域における深海ターミナルを安全に設置・揚収する技術を確立できたが、試験航海中の荒天待機と一部の機器不具合などにより、水深 2,000m 海域でのドッキング試験が出来ず、設定目標未達となった。しかし、2022 年度末までに高圧水槽においてシステムの作動確認および浅海域でのドッキング試験を実施し、開発された深海ターミナルシステムの健全性の確認を行った。（テーマ 2 - 1）

(深海資源生産技術・グローバルベンチマーク)

過去大水深の海域からの鉱物資源の採取に成功した事例は、1970 年代に水深 5,000m 級の深海から鉱物資源の採取に成功したマンガン団塊採鉱に関する国際プロジェクト（Ocean Management Inc.(OMI)）や、2018 年に独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（以下、JOGMEC）が水深 1,600m で実施した熱水鉱床からの世界初の採鉱・揚鉱試験の成功が挙げられるが、これらについて詳細技術情

報を収集の上で技術開発を進めている。

2022年8月12日~9月2日に茨城沖水深2,470m海域で実施した解泥・揚泥試験では約70トン/日の解泥・揚泥に成功。JOGMECが実施した熱水鉱床の連続揚鉱試験（水深1,600m）やコバルトリッチクラスト回収（水深930m）よりも深い海底からの解泥・揚泥の成功であり、また、これまで固体である海底泥を解泥・揚泥したのはサウジスーダン紅海委員会の水深2,200mのケースのみであり、水深2,470mからの解泥・揚泥は世界最深の海底からの解泥・揚泥成功となった。（テーマ2-2）

レアアース泥の開発は、その賦存する海域の水深や地盤強度、レアアース泥の性状等において他の深海資源と比較して難易度は非常に高いが、生産技術を確立することができれば世界をリードすることができる。

（環境モニタリング技術・グローバルベンチマーク）

SIP第1期で提案した海洋環境影響評価（MEIA）に係るISO国際規格4件（「江戸っ子1号」を用いた海底映像観測手法を含む）の取組を引継ぎ、環境影響モニタリング技術を使った環境影響評価手法についての国際標準化への取組を進めてきた。2021年8月に4件中3件の国際標準規格ISO規格が発行、残りの1件も2022年4月に発行し、SIPで提案してきた国際標準規格ISO4件すべてが発行した。また、「江戸っ子1号」による長期深海映像観測の手法は国際海底機構ISAが定める環境影響評価ガイドラインにも記載されており、国際標準として世界をリードしている。（詳細は「⑨国際的な取組・情報発信」参照）

取り分け、欧米の類似のランダー型観測機器と比較しても、基本性能としてビデオカメラを標準装備できているのは「江戸っ子1号」・「COEDO（こえど）」シリーズのみである。また、太平洋島嶼国研修等で、インフラが整っていない途上国等でも漁船等の小型船舶でハンドリングできる機器が欲しいとの要望を受けて、「江戸っ子1号」を高機能化するだけでなく、小型・軽量の40Kgの「COEDO」、25Kgの小型「COEDO プチ」を新たに開発し、環境評価手法と共に環境観測プラットフォームとして国際的標準機種の一つとして普及促進を図っていく。（テーマ3）

② 研究成果で期待される波及効果

AUV自律運航のための隊列制御アルゴリズムや、音響通信・測位統合装置による高効率の水中通信技術は、AUVそれ自体もそうであるが、深海鉱物資源調査のみならず、将来の洋上風力発電の事前調査や大型ファーム内の海中部での機器の監視やメンテナンスなど、さらに沿岸での海洋土木や水産業等の他領域への利用が期待される。（テーマ2-1及び3）

SIP 第 1 期において環境影響評価技術として下町の町工場の職人技を駆使して開発された「江戸っ子 1 号」を長期観測での機能を向上した「江戸っ子 1 号 365」を受け継ぎ、SIP 第 2 期では、新たに 6 機製作すると共に、国際海底機構のガイドラインを念頭に「江戸っ子 1 号 365」の更なる高機能化を図った。他方、SIP 海洋として実施した島嶼国研修で聴取した途上国の要望を踏まえ、さらに、社会実装に向けた国内の漁業組合における利活用に向けて「江戸っ子 1 号」の小型・軽量型を図り、「COEDO」、「COEDO プチ」のラインナップを完成した。特に「COEDO プチ」は小型船舶でも十分運用できるように設計され、深海鉱物資源に係る海洋環境調査観測のみならず、様々な分野・海域での利用促進が期待される。(テーマ 3)

今回開発され実証された AUV/ASV や江戸っ子一号などの技術は、海洋環境影響評価手法の開発に加えて、環境省との協議のもと、2030 年までに国際公約「G7 2030 年自然協約 (G7 2030 Nature Compact)」である「30by30」に基づく領海及び排他的経済水域の面積比 30%の保護区及び「保護地域以外で生物多様性保存に資する地域 (OECM)」(以下海洋保護区という)の設定海域などにおいて、海洋保護区内の監視・観測(モニタリング)目的でこれらの技術の導入協議が進んでいる。

加えて、海洋鉱物資源の開発や海洋環境保護を目的とする太平洋島嶼国等の技術者・行政官等を対象に、海洋資源開発における環境課題についての技術研修を実施、島嶼国との良好な関係構築にも貢献できている。具体的には、2018 年度は 4 か国の技術者・行政官等が研修に参加、2019 年度は 2 回の研修を開催し合計 7 か国が参加して船上実習を含む環境モニタリング研修を実施した。この様な取組については、第 9 回太平洋・島サミット (PALM9) の首脳宣言の中に活動を評価するとの文言が盛り込まれた。(テーマ 3)

このように、国連サミットで採択された「持続可能な開発目標 (SDGs)」では、持続可能な海洋資源開発に向けた環境保全において、小島嶼開発途上国と後発開発途上国の海洋環境の健全性および海洋生物多様性の維持を念頭に置いた海洋の監視・観測技術普及が掲げられており今後も国際貢献が期待されている。(テーマ 3)



SDGs(持続可能な開発目標)

③ 達成度（１）SIP 第２期５年間の設定目標に対する達成度について



テーマ1では当初計画を上回るペースで調査・分析を進めてきた。

船上音響探査（SBP）では当初計画 4,000km を大きく上回る 17,223km のデータ取得。従来 7km であった測線間隔は 3.5km となり、調査海域全域の堆積層の厚さ（基盤深度等）を把握することができた。地層コアサンプルについては延べ 89本のサンプルを採取し、従来 14km であったサンプリング間隔は、有望海域中心部では約 1.75km となり、レアアース濃集層の連続性をより精密に確認した。また、導入が遅れている 6,000m 級 AUV を用いた高解像度音響探査（SBP）については、その代替として深海曳航体を用いた高解像度音響探査（SBP）497km のデータ取得、しんかい 6500 を用いた有望海域の海底面調査、追加地層コアサンプル採取等により補完した。

これらの調査データを用いて地球統計学的手法による概略資源量評価及びレアアース濃集層の三次元分布図の作成を終え、それに基づき既に将来の鉱区候補となる 2 か所の有望開発候補地点を選定するなど、SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成できている。なお、レアアース資源量及び基盤有用情報については、現在、国の指導のもと非公開として保護・保管されている。

テーマ 2-1 では AUV 複数機運用技術開発、深海ターミナル技術開発及び AUV の大深度化を進めてきた。

AUV 複数機運用技術開発では、SIP 第 2 期で開発したマルチユーザー音響通信・

測位統合装置及び隊列制御アルゴリズムを搭載した洋上中継機 ASV1 機及び異機種 AUV4 機の隊列制御により、駿河湾沖水深 2,000m 海域（海底地形図データ取得エリアの水深は約 1,470m）において高解像度の海底地形データを効率的に取得することに成功した。また、シミュレーションにより AUV10 機運用の技術的な目途を確立し SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成した。

深海ターミナル開発では 2020 年度に、浅海域でドッキング・非接触充電・光データ伝送試験に成功し、要素技術及び深海ターミナルシステムとして機能することを実証した。しかしながら、2022 年度の最終試験航海中の荒天待機、一部の機器トラブル等により、水深 2,000m 海域でのドッキングの実現には至らず。最終年度末までに高圧水槽においてシステムの作動確認および浅海域でのドッキング試験を実施し、開発された深海ターミナルシステムの健全性を確認する。

さらに、AUV の大深度化については、6,000m 級 AUV「NGR6000」の検収航海を 2022 年 5 月、7 月に実施し 18 潜航を実施したが、一部検査未了のため 2023 年 2~3 月に再検収航海を実施する。

テーマ 2-2 では、当初目標を達成できた。

計画当初に南鳥島周辺海域の海底堆積物の採取し、室内での力学分析等を踏まえ、その結果を同化させた数値シミュレーションに基づくレアアース採鉱機（解泥機、揚泥管等）の設計、2019 年度の補正予算で発注した揚泥管 3,000m が 2021 年 9 月に全数納品、解泥機等の海底機器についても 2022 年 5 月に完成し、SIP 第 2 期で開発を進めてきた揚泥管・解泥機等のシステムを完成させた。

その上で、2022 年 8 月 12 日~9 月 2 日に地球深部探査船「ちきゅう」を用い、茨城沖水深約 3,000m 海域（解泥地点の水深は 2,470m）で解泥・揚泥実海域試験を実施し、当初計画 65 トン/日を上回る約 70 トン/日の解泥・揚泥に成功し、さらに、これまで取得された各機器の性能値及び各種パラメータを用いて、水深 6,000m からレアアース泥回収が可能であることを数値シミュレーション等の方法で確認できたことで、SIP 第 2 期 5 年間の当初設定目標を全て達成できている。

テーマ 3 においては当初目標を達成できている。

テーマ 3 の環境モニタリング技術については、SIP で提案してきた ISO 規格の 4 件すべてが発行し、SIP 第 1 期から継続してきた海洋環境影響手法の国際標準化の目標を達成した。また、南鳥島周辺海域における 2 年間に渡る長期環境モニタリングを完了し収集した環境情報を国際データベースシステム（BISMaL/OBIS）にて公開準備の段階にある。さらに、環境省が進める「30by30」への貢献や将来の産業化を見据えレアアース泥の効率的な製錬手法の検討や南鳥島の島の活用について

も関係省庁などと継続し検討を進めている。国際的な取組・人材育成についてはコロナの影響により対面による島嶼国研修等の開催が困難な状況であるが、オンラインセミナーを活用して取り組みを継続している。

④ 達成度（２）社会実装の実現可能性について

（社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等）

SIP 第 2 期で開発を進めてきた個々の技術の開発成果については着実に社会実装が進んでいる。深海ターミナル技術は既に川崎重工が深海ターミナルとしての製品化（川崎重工・商品名 SPICE）が進み、英国北海油田におけるパイプラインメンテナンスのため受注を達成した。AUV 複数機運用のために開発を進めてきたマルチユーザー音響通信・測位統合装置も良好な性能を発揮しており、国内メーカ（商品化ができていないので会社名は出さないが、既に商品化についての契約は終えている）が製品化・事業化する方向で準備が進められている。江戸っ子シリーズについても、様々な用途・海域で利用できるよう、江戸っ子 1 号シリーズとして HSG 型、365 型、COEDO（こえど）、COEDO プチ（こえどぷち）とラインナップ化して、既に岡本硝子（株）より販売されている。また、SIP 第 2 期で開発した環境影響評価技術「生物粒子を含む試料の前処理方法、生物粒子の画像取得方法」については ISO 規格として発行するとともに、当該技術に係る特許については、民間企業 2 社へ許諾し、環境影響評価技術の社会実装・利用促進を図っている。

本課題の出口戦略・社会実装への取り組みとして、テーマ 3 が各テーマと連携しながら、民間企業 4 社で組成される次世代海洋資源調査技術研究組合（以下、「J-MARES」という）が中心となり、下記の 3 つの分野で具体的な事業化検討を継続している。

- (a) 深海環境利用を含む深海鉱物資源開発関連事業
- (b) 海洋ロボット調査技術事業
- (c) 海洋環境調査技術事業

「(a)深海環境利用を含む深海鉱物資源開発関連事業」では、テーマ 3 で実施中の動向調査、試験製錬、概算コスト検討などに基づき、将来の事業化に向けて事業内容及び事業実施体制を検討している。また、異分野展開の一環として深海環境利用の取組を進めており、これらも併せて産業化の可能性を追求する。

「(b)海洋ロボット調査技術事業」では、テーマ 2-1 で技術開発を進めている成果に基づき、将来の事業化に向けて事業内容及び事業実施体制を検討。AUV 複数機

運用技術や深海ターミナル技術等を用いた事業展開を計画している。SIP 第 2 期で開発を進めている無人化・効率化技術は、深海や資源の枠にとどまらず、浅海域における広域調査や海底ケーブル敷設のための地形調査等、応用分野は広く、既に幾つかの引き合いもある状況である。

「(c) 海洋環境評価技術事業」では、テーマ 3 で実施中の環境評価技術の実適用や島嶼国に対する技術研修実施などに基づき、将来の事業化に向けた事業実施体制を検討中。SIP 第 1 期、第 2 期を通して開発してきた ISO 規格を含む環境影響評価の手法を活用して様々な分野への展開を検討している。

但し、成果の社会実装に向けて、現在、具体的に進んでいる関係省庁（経済産業省、国土交通省、環境省、防衛省）との協議内容などは省略する。また、特許申請に抵触する民間企業との共同研究成果についても省略する。

⑤ 知財戦略、国際標準化戦略、規制改革等の制度面の出口戦略

SIP 第 1 期で蓄積された知的財産を継承・発展させるとともに、SIP 第 2 期で開発された技術の特性等に応じたオープン・クローズ戦略を策定して管理している。環境関連技術については、SIP 第 1 期で取得した知財を継承し、積極的に普及促進を図っていく。

前述の通り、SIP 第 1 期から提案している国際標準規格 ISO4 件が正式発行した。下記の国内出願「生物粒子を含む試料の前処理方法、・・・」は、そのうちの 1 件に関連する特許である。本特許は「オープンイノベーション戦略」の一環として、本年度に民間企業へのライセンス契約が締結された。

環境関連データについては、南鳥島周辺海域で取得した深海映像を含む 2 年間の長期環境モニタリングデータ等を含め、公開情報として今後、積極的に公開する予定である。

⑥ 成果の対外的発信

○ ホームページ開設

本課題のホームページを開設、ニュースレターや動画の配信、公募情報や採用情報、広報トピックス等を随時掲載していくことにより、機動的、効果的な情報発信を実施。プロジェクトをご理解いただくため調査航海や陸上試験等の動画コンテンツの

制作に力を入れて対外発信活動を続けている。

○ ニュースレター発行

2018年7月に本課題開始以来、31号のニュースレターを発行。

No.1：海洋地球研究船「みらい」による調査研究航海実施中！

No.2：南鳥島海域で採取したコア試料

No.3：江戸っ子1号365型の製造

No.4：SIP評価委員によるJAMSTEC視察実施

No.5：南鳥島海域海底表層の地層探査

No.6：水深5,000m以深で多量の採泥に成功！

No.7：深海底環境モニタリングのためのベースライン調査を実施

No.8：プログラム報告会

No.9：深海曳航体を使用した高解像度地層探査

No.10：音響測位通信に関する海上試験

No.11：深海資源生産技術の要素試験

No.12：複数AUV実海域隊列制御試験

No.13：深海底環境調査技術の太平洋島嶼国向け研修

No.14：レアアース開発の最先端技術を産業界へ発信

No.15：世界初、1年に及ぶ深海底での映像観察に成功

No.16：深海ターミナルシステム開発、順調に進行中

No.17：COEDOの開発：身軽に実施できる深海観測を目指して

No.18：新たな洋上中継器「KaiKoo（かいくう）」の海上試験を実施

No.19：大型試験機によるレアアース泥の解泥試験を実施

No.20：～海のSociety5.0の実現に向けて～深海ターミナルによる無人ドッキング・給電・データ伝送試験に成功

No.21：～海のSociety5.0の実現に向けて～自律型無人探査機（AUV）3機による隊列制御試験に成功

No.22：揚泥管ハンドリング岸壁試験の実施

No.23：Society5.0科学博の開催について

No.24：国際標準規格ISO発行 海洋環境影響評価手法の開発

No.25：サンゴ礁海域においてCOEDOの海上試験

／SIP環境オンラインセミナー2021年度開催

No.26：揚泥管ハンドリング確認実海域試験の実施

No.27：2021年度革新的深海資源調査技術報告会開催

No.28：「江戸っ子1号」琵琶湖での挑戦

No.29：流向流速の計測に向けた「江戸っ子1号」の改良

No.30：洋上中継管制による異機種 AUV4 機の基本隊列制御同時潜航試験

No.31：揚泥性能確認試験の実施

○ 広報用動画制作

広報用動画をホームページで随時公開中。SIP 第2期開始より28本の動画を配信。それらの動画の再生回数合計は74万回を超えており、SIP 第2期の成果発信に大きく貢献している。

- ① 初年度革新 SIP 南鳥島差し替え前プロモーション（フル動画）
- ② 初年度革新 SIP プロモーション（ダイジェスト版）
- ③ 初年度プロモーションビデオ英語版
- ④ 初年度プロモーションビデオ英語版ダイジェスト
- ⑤ 「みらい」航海 MR18-E01
- ⑥ 「よこすか」航海 YK19-08C
- ⑦ AUV 隊列制御海上試験（海上技術安全研究所）
- ⑧ 2年度革新 SIP プロモーション
- ⑨ 環境ベースライン調査 2020
- ⑩ 太平洋島嶼国研修 2018
- ⑪ 「かきれい」による南鳥島海底下地層調査
- ⑫ 「深海底ターミナル完成検査」
- ⑬ 2020 年度成果報告会フルバージョン
- ⑭ 深海底ターミナルの開発（ダイジェスト）
- ⑮ レアアース泥賦存量の調査・分析（2018-2020 ダイジェスト）
- ⑯ SIP 革新的深海資源調査技術「複数機 AUV 運用技術の開発（ダイジェスト）」
- ⑰ 大型解泥試験.mp4
- ⑱ 数値モデルによる解泥シミュレーション
- ⑲ 江戸っ子1号海をゆく
- ⑳ マルチユーザー音響通信試験「KaiKoo」
- ㉑ 深海底ターミナルによる無人ドッキング・給電・データ伝送試験に成功
- ㉒ 「江戸っ子1号」を利用した生分解プラスチック分解試験
- ㉓ 2021 年度成果報告会-youtube
- ㉔ 2021 年度成果報告会休憩用映像
- ㉕ ちきゅうライザーハンドリング確認試験
- ㉖ COEDO 口之島デモ調査

- ⑳ きれいな南鳥島環境モニタリング
- ㉑ ターミナルオペレーション&隊列制御アニメーション

○ 成果報告会

SIP 第 2 期初年度より、毎年成果報告会を開催している。2021 年度は 2021 年 11 月 19 日に会場とオンラインによるハイブリッド方式にて成果報告会を開催。第 1 部ではプロジェクトの進捗を動画を交えながら報告。第 2 部はモデレーターに笹川平和財団角南理事長を迎え、5 名のパネリスト(経済産業省資源エネルギー庁・小林鉦物資源課長、国際海底機構・岡本法律・技術委員、J-MARES・河合顧問、JAMSTEC・山本特任上席研究員、東サブプログラムディレクター)によるパネルディスカッションを行った。報告会には 633 名の申し込みがあり、会場参加 115 名、オンライン参加 282 名の合計 397 名が参加した。今年度は 2023 年 2 月 10 日に会場とオンラインによるハイブリッド方式にて最終成果報告会を開催予定。

○ イベント出展等

産学への情報発信を念頭に下記イベントへ出展、展示、広報素材提供予定。

- ① 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019 年度大会(2019 年 5 月 26~30 日)
- ② 横浜みなと博物館企画展(2019 年 7 月 15 日~9 月 29 日)
- ③ 海洋研究開発機構一般公開 (2019 年 11 月 2 日)
- ④ カーエレクトロニクス展 (2020 年 1 月 15 日~17 日)
- ⑤ 海と産業コンベンション (2020 年 1 月 29 日)
- ⑥ テクニカルショウヨコハマ 2020 (2020 年 2 月 5~7 日)
- ⑦ 産総研 地質標本館 特別展 (2020 年 10 月 6 日~12 月 27 日)
「深海の新しい資源にせまる-SIP プロジェクトによる革新的な資源調査」
- ⑧ SUB SEATECH JAPAN2021 (2021 年 2 月 17 日~19 日)
- ⑨ テクニカルショウヨコハマ 2021 (2021 年 2 月 15~26 日) (オンライン開催)
- ⑩ 海と産業コンベンション (2021 年 2 月 25 日) (オンライン開催)
- ⑪ テクノオーシャン 2021 (2021 年 12 月 9 日~11 日)
- ⑫ テクニカルショウ横浜 2022 (2022 年 2 月 4 日)
- ⑬ Sea Japan (2022 年 4 月 20 日~22 日)
- ⑭ 第 24 回シーフードショー (2022 年 8 月 24~26 日)
- ⑮ SUBSEA TECH JAPAN 2023 (2022 年 9 月 14~16 日)

⑦ 国際的な取組・情報発信

○ 太平洋島嶼国研修

太平洋島嶼国の技術者や政府機関関係者等を対象とした環境モニタリング研修を2018年度、2019年度に3回開催した。2021年度にはオンラインセミナーを開催した取り組みが評価されPALM9の首脳宣言に記載された。今年度は2022年11月21~25日に更に内容を充実させたオンラインセミナーを開催し、海外からの参加者も含む計118名が参加した。

○ 環境影響評価手法の国際標準化（ISO）

環境影響評価手法については、SIP第1期の2017年にISOのTechnical Committee 8/Subcommittee 13の委員会に日本側委員により Marine EIA を専門とする working group を設置し、4提案を申請して審議を続けてきた。2021年8月に3提案が、また2022年4月に残りの1件が承認され、SIPが提案してきたISO4件すべてが発行した。

(1) ISO23730（海洋環境影響評価に求められる全般的な技術要件）（発行済み）

"General technical requirements on marine environmental impact assessment"
海洋環境影響評価に求められる基礎項目を実施するための方法と手順に関する規格である。この規格では、観測と解析に関連する既存の規格及び日本が提案した以下の規格(ISO23731、ISO23732、ISO23734)を構成要素として取り込んでいる。

(2) ISO23731（カメラによる深海環境での長期現場観測）（発行済み）

"Performance specification for in situ image-based surveys in deep seafloor environments"

海底観測機器によるカメラでの長期現場観測における手順と設定に関する規格である。この規格は、潜水探査機と海底設置型観測機器のいずれにも対応しており、SIP海洋課題で改良してきた「江戸っ子1号」シリーズ（岡本硝子株式会社）は、この規格に準拠したビデオ観測に対応している。観察手法を規格化することで違う場所での観察結果との比較研究を容易にすることができた。

(3) ISO23732（メイオファウナ群集の観察手法）（発行済み）

"General protocol for observation of meiofaunal community"

海底堆積物中に生息する小型底生生物の個体数、形態、群集構成を効率よく調べる手順に関する規格である。従来の調査手法では、顕微鏡で観察しなが

ら人の手により個体を仕分けていた。この規格では、堆積物試料の前処理とイメージング・フローサイトメーター（粒子画像分析装置）及びメタゲノム解析との合わせにより、迅速で効率のよい調査手順を株式会社テクノスルガ・ラボとの協力により確立した。

(4) **ISO23734**（植物プラントンによる洋上バイオアッセイ）（発行済み）

"On-board bioassay to monitor seawater quality using delayed fluorescence of microalgae" 海底資源の開発現場における水質管理を行うための洋上バイオアッセイ法に関する規格である。この規格では、国立研究開発法人国立環境研究所の保有する藻類株から、水質の監視に適した海産藻類試験株 *Cyanobium sp.*(NIES-981)を選定し、この試験株と遅延蛍光強度を組み合わせることにより、従来のバイオアッセイ法（生物を用いた影響評価法）と比べて試験設備の省スペース化並びに試験時間の短縮化を実現できた。なお遅延蛍光の測定には、浜松ホトニクス株式会社が製作した微弱発光計数装置を用いて行う。開発現場の水質モニタリングのために試料を陸上に移送することなく、洋上船舶において迅速に実施可能であり、海洋生物への有害影響の可能性をオンサイトで迅速に判断できる。

○ **国際海底機構（ISA）への貢献**

国際海底機構（ISA）総会でのサイドイベント開催（第1期）およびオブザーバー参加（第2期）により、日本が先導する技術開発を発信するとともに、海底資源開発での国際動向の情報収集を続けている。この国際海底機構（ISA）は、SIPでの成果である「江戸っ子1号」の深海の環境観測機器としての有用性を認め、2019年に改訂した環境影響評価指導書 ISBA/25/LTC/6/Rev.1 の中において、推奨できる海底観測機材として「the Edokko Mark 1 (SIP protocol series)」の文言を記載している。

International Seabed Authority

ISBA/25/LTC/6/Rev.1

**Legal and Technical
Commission**Distr.: General
30 March 2020

Original: English

Twenty-fifth sessionLegal and Technical Commission session, part I
Kingston, 4–15 March 2019

Agenda item 11

Review of the recommendations for the guidance of contractors
for the assessment of possible environmental impacts arising
from the exploration for marine minerals in the Area**Recommendations for the guidance of contractors for the
assessment of the possible environmental impacts arising
from exploration for marine minerals in the Area**

Issued by the Legal and Technical Commission*

51. **Marine mammals, birds, turtles and sharks.** It is important to know if such sensitive and/or protected species occur in the general region of potential mining. If observations recorded in transit to and from areas of exploration and on passage between stations are to be useful, they should be carried out in a systematic way by a single person or by a team of two. For example, the widely used marine mammal observer protocols developed by the Joint Nature Conservation Committee of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland or the protocols developed for the Edokko Mark 1 (SIP protocol series No. 4), might be considered. Wherever possible, records of mammals, sharks, turtles and seabirds should be backed up by photographs. Direct observations will give an idea of the extent to which marine mammals occur in the contract area, but they need to be combined with other information on the likely behaviour of the animals in the general region. Seasonal migration patterns are known for many species, while tracking data are available in some areas. Other information especially relevant to marine-mammal impacts includes studies of the ambient noise throughout the water column and the levels of noise generation expected to result from mining activities. [Recommendation III.B.15.(d).(vi)]

(出典：国際海底機構ホームページより)

○ 「科学誌 Nature」 への記事掲載

民間企業を含む 9 参画機関の連携により「科学誌 Nature」に記事を掲載。(2021年 2 月号)

科学誌「nature」への記事掲載(2021年2月)

Focal Point on Deep-sea Resources

Rare-earth elements are key to number of growing technologies, including hybrid cars and wind turbines. Recent expeditions detailed large deposits of key resources in the deep seas of Japan's exclusive economic zone. A Japanese government initiative is now developing... [show more](#)

(出典：natureホームページより)



Partner content

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p><small>ADVERTISEMENT FEATURE</small> 3 FEB. 2021</p> | <p>Maps of rare minerals in mud</p> <p>A combination of refined sub-bottom acoustic sensing technology and core sampling is revealing the seafloor's history and the likely location of rare-earth elements.</p> |  | <p style="text-align: center;">(掲載機関)</p> <p>nature research custom media SIP GSI AIST KAIYO ENGINEERING CO., LTD.</p> |
| <p><small>ADVERTISEMENT FEATURE</small> 3 FEB. 2021</p> | <p>Orchestrating a deep-ocean fleet of explorers</p> <p>Coordinated teams of self-driving vehicles, both above and below the water, will scan and map vast areas of unexplored seabed.</p> |  | <p>nature research custom media SIP MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES National Maritime Research Institute JAMSTEC Japan Agency for Marine Earth Science and Technology</p> |
| <p><small>ADVERTISEMENT FEATURE</small> 3 FEB. 2021</p> | <p>Japan pioneers extracting rare-earth elements from the deep sea</p> <p>Muds, found at roughly 6,000m are an untapped source of resources vital to renewable batteries and other advanced technologies. To reach them, Japan must figure out how to mix and pump mud from the deep.</p> |  | <p>nature research custom media SIP JAMSTEC TOA CORPORATION TOYO</p> |
| <p><small>ADVERTISEMENT FEATURE</small> 3 FEB. 2021</p> | <p>A watchful eye on the deep-sea environment</p> <p>Japanese researchers are contributing to affordable technology and informing international guidelines on how to monitor the impact of exploration in the ocean's depths.</p> |  | <p>nature research custom media SIP J-MARES OKAMOTO GLASS Co., Ltd.</p> |

(出典：natureホームページより)

テーマ：「Nature Focal Point on Deep Sea Resources」

掲載機関：産総研

うみそら研

JAMSTEC

三菱重工業（株）

東亜建設工業（株）

東洋エンジニアリング（株）

海洋エンジニアリング（株）

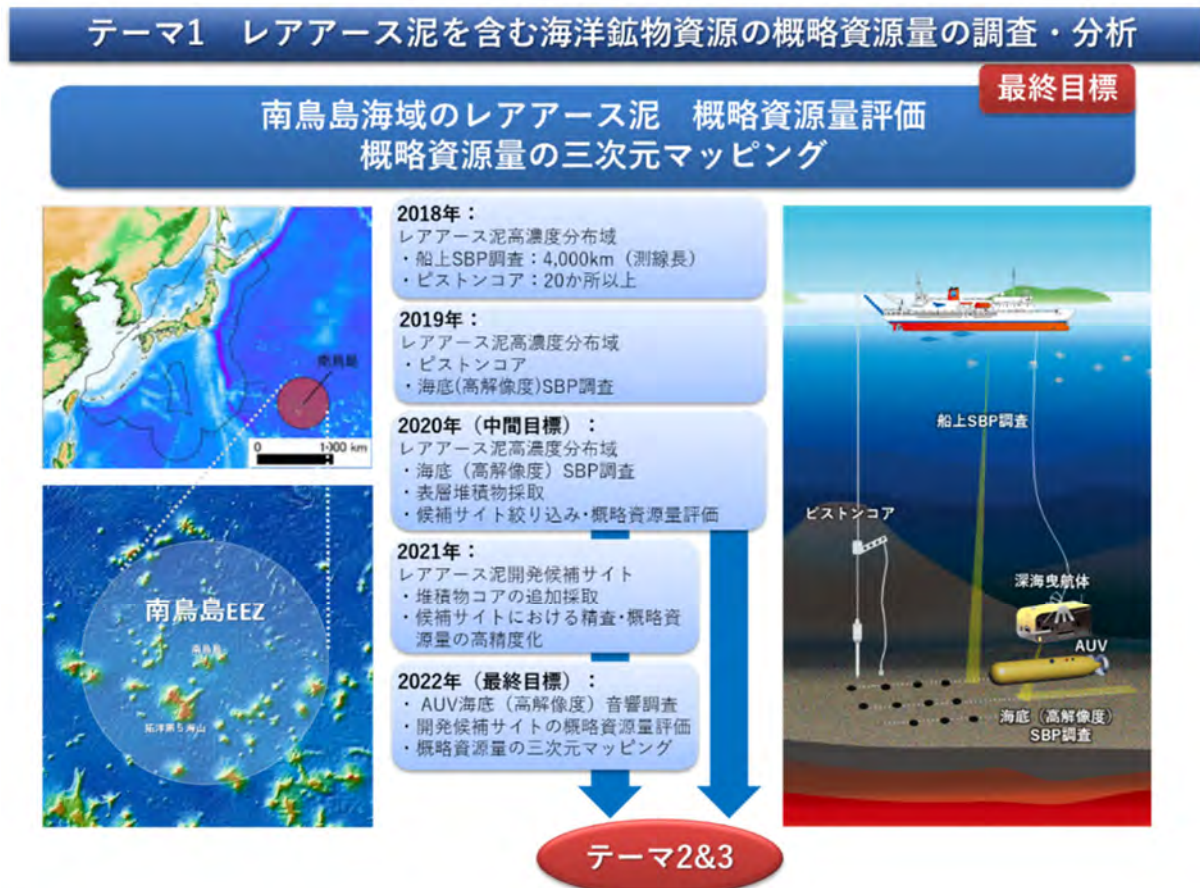
岡本硝子（株）

J-MARES（次世代海洋資源調査技術研究組合）

2 各研究テーマの概要と課題目標の達成度

(1) 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

1) 研究内容



図表2-1. (A) テーマ1研究/技術開発目標

【概要】テーマ1

南鳥島海域のレアアース泥の高濃度分布域で、開発ポテンシャルの高いサイトの絞り込みを行った上で、テーマ2-2「深海資源生産技術の開発（レアアース泥の採泥・揚泥技術）」等の技術開発に当該サイトの高濃集層の位置や泥質等の情報を提供するとともに、当該サイトの概略資源量の評価を実施する。また、サイト選定に当たって、表層に分布するマンガンノジュールの密集度や組成の特徴を検討し、資源としての評価も合わせて行う。

取得データに既存データを加えて、音響層序をもとにした表層堆積物の層相解析と地質学的なマッピング、各種地球科学的指標の特定を実施する。加えて、テーマ2-1「深海資源調査技術の開発（深海AUV複数運用技術、深海ターミナル技術）」

によって導入される、水深 6,000m 域を含む海洋において運用可能な AUV による音響を用いた海底面（高解像度）サブボトムプロファイラー（以下、「SBP」という。）調査を実施し、船上 SBP における調査結果と比較し、海底面 SBP データの有効性を実証する。なお、これまでに他国が海のレアアース泥の概略資源量の評価を行った報告はない。

2) 技術的目標

- 南鳥島海域のレアアース泥の分布域で開発ポテンシャルの高い1つのサイトの絞り込みを行い、当該サイトでマンガンノジュール等を含む概略資源量の評価を行う。
- 6,000m 級 AUV による海底面（高解像度）SBP 調査を実施し、さらに画像データを取得する。これらを地層サンプルデータと比較することによりその手法・データの有効性を実証する。
- レアアース泥高濃度層の位置や泥質、マンガンノジュールの分布等の情報をテーマ 2-2「深海資源生産技術の開発（レアアース泥の採泥・揚泥技術）」に提供し、深海資源生産技術の開発に協力するとともに、研究開発計画の出口戦略であるテーマ 3「深海資源の産業化モデルの構築」に資するアウトカム目標達成のため、より一般に分かりやすい形での情報共有・提供の手法を検討する。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

水深 6000m のピストンコアを使った採泥技術は既存の調査方法の踏襲であるが、集中的に計画的に実施された統合調査は世界的に見ても初めて実施されたと言って良い。ほぼ 100%近い採取成功率も採取に関するノウハウの確かさを示してくれる。これらの試料の観察と分析から、産業化が期待される規模のレアアース資源がこの海域に賦存していることが確認できた。また、調査技術に関して、深海曳航体を用いて高解像度 SBP（サブボトムプロファイラー）を 6,000 m 海域で実施したことによって、世界に先駆け、船上からではなく、海底面上を走る AUV 等による SBP 調査の有効性を示すこともできた。

② 研究成果で期待される波及効果

本サブテーマの成果に関しては、テーマ 2-2（サブテーマ「深海資源生産技術の

開発」) やテーマ 3 (サブテーマ「深海資源調査・開発システムの実証」) を通して、社会実装していくものである。その基礎を担う成果は既に十分に挙げていると言える。

③ 達成度 (1) SIP 第 2 期 5 年間の設定目標に対する達成度について

テーマ 1 では当初計画を上回るペースで調査・分析を進めてきた。船上音響探査 (SBP) では当初計画 4,000km を大きく上回る 17,223km のデータ取得。従来 7km であった測線間隔は 3.5km となり、調査海域全域の堆積層の厚さ (基盤深度等) を把握することができた。地層コアサンプルについては延べ 89 本のサンプルを採取し、従来 14km であったサンプリング間隔は、有望海域中心部では約 1.75km となり、レアアース濃集層の連続性をより精密に確認した。また、導入が遅れている 6,000m 級 AUV を用いた高解像度音響探査 (SBP) については、その代替として深海曳航体を用いた高解像度音響探査 (SBP) 497km のデータ取得、しんかい 6500 を用いた有望海域の海底面調査、追加地層コアサンプル採取等により補完した。

これらの調査データを用いて地球統計学的手法による概略資源量評価及びレアアース濃集層の 3D マッピングを行い、レアアース概略資源量を明らかにするとともに、2 か所の有望開発候補地点を選定し、SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成した。なお、レアアース資源量・詳細情報は非公開としている。

④ 達成度 (2) 社会実装の実現可能性について

(社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等)

南鳥島周辺海域にレアアース濃集帯が存在することは JOGMEC 等の調査により知られていたが、レアアース濃集層の連続性を確認するには更なる調査が必要とされた。本課題では、産業化を念頭に (どの海域が最も経済的に有利か判断するため)、過去に JOGMEC が実施した調査結果を基に、有望エリアにおいて集中的に地層コアサンプリング及び音響探査を実施した。評価に当たっては、開発コストを念頭に、①品位、②濃集層厚及び③濃集帯が存在する海底面下の深度に注目して開発候補地点の絞り込みを進めてきた。これまでの調査で取得・分析したデータに基づき地球統計学的手法によりレアアース概略資源量評価及び濃集層の 3D マッピングを行った結果、産業化が期待される規模のレアアース資源が当該海域に賦存することを確認することができた。

本プログラムで、南鳥島 EEZ に産業化が期待される規模のレアアース資源が賦存することを明らかにすることができたのは大きな成果であり、次期 SIP 等において本課題の成果が引き継いでいかれることを期待する。

(2) テーマ2-1：深海資源調査技術の開発

1) 研究内容

テーマ2-1 深海AUV複数運用技術(水中通信・測位システム等)



図表2-3. テーマ2-1 研究/技術開発目標 (深海 AUV 複数運用)

テーマ2-1 深海AUV複数運用技術 (隊列制御技術)

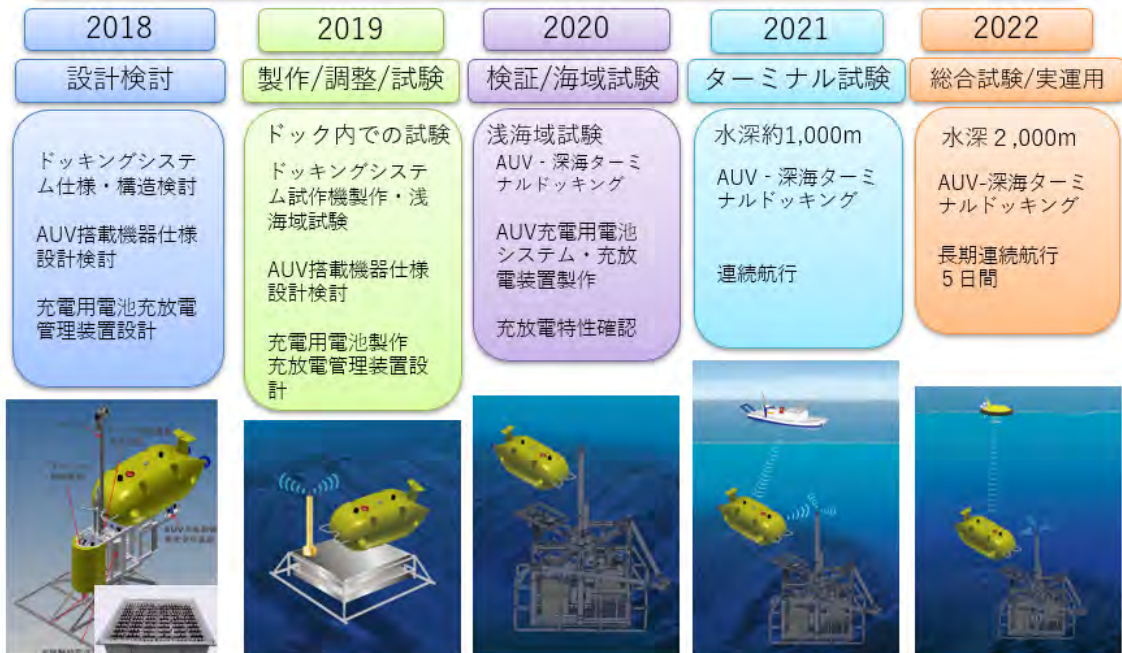


図表2-4. テーマ2-1 研究/技術開発目標(深海 AUV 複数運用・隊列制御)

テーマ2—1 深海ターミナル技術

最終目標

長期AUV運用技術開発 誘導・ドッキング・充電・ストレージ技術



図表2-5. テーマ2-1 研究/技術開発目標(深海ターミナル)

【概要】テーマ2-1

水深2,000m以深の海洋において、精密な海底地形や海底下の地質構造を複数AUVで効率的に調査できる深海AUV複数運用技術や、長期間安定に調査可能な深海ターミナル技術を開発し、社会実装可能な深海資源調査システムを構築する。具体的には、深海AUV複数運用技術に関して5機のAUVの複数機運用を実証し、10機運用のための技術的な目処を立てるとともに、深海ターミナル技術に関しては、目標として5日以上連続運用が可能な深海ターミナル技術を実証し、運用のための技術的な目処を立てる。そのため段階的手法を用い以下の中間・最終目標を設定し、研究の進捗状況により研究計画の内容も各年度で精査し、開発を進める。

第一段階：

複数のAUVに対して、同時に測位と通信を一括して行えるシステム及び深海ターミナル技術を開発し、段階的に水深2,000mまでの海域で実証を行う。

第二段階：

第一段階で実証できた開発技術を発展させ、技術的な有用性の確認のために、

水深 6,000m 仕様の深海ターミナルを用いて水深 2,000m の海域で長期潜航の実証試験を行うとともに、水深 6,000m までの海域において AUV の複数運用技術の実証を行い併せて適切な運用技術を取得する。

創出される成果：

海底資源調査は、SIP 第 1 期において熱水鉱床を主なターゲットとしていたが、それより深海の 2,000m 以深で、また、長期間調査可能な資源調査技術を確立することで更に深い海域に賦存するレアアース泥等への調査も可能となり、新たな海底資源調査・開発の促進につながる。

技術水準の位置付け：現状、欧州における世界最先端の AUV 複数運用技術は AUV 1 機に対し必ず洋上中継機（ASV）が 1 機必要となるシステムとして構築されている。一方、SIP 第 1 期では、ASV1 機で複数の AUV を交互に制御・測位して運用しているが、この手法では機数が増えると制御・測位に遅延が生じ、制御困難な状況が生じる。そこで、本技術開発では、ASV 1 機に対して複数の AUV を同時に制御・測位可能な統合化システムを開発する。また、音響通信速度を飛躍的に高めることにより準リアルタイムデータ転送を可能とする。さらに世界に先駆け、2,000m 以深での海中充電技術やドッキング技術などの深海ターミナル技術の開発により、母船への無着揚収による長時間運用を可能とし、運用の更なる高効率化を図る。

社会への波及効果：

本技術の確立により、AUV 複数運用技術がいまだ確立されていない、我が国の民間海洋調査会社等への実装が可能となり、深海調査活動の経済性が飛躍的に向上する。また、段階的に国内企業における音響通信等の標準化を推進すること、海底ターミナルの産業化を目指した実証をすることにより、水産、土木建設等への技術展開、新たな産業振興に寄与する。

2) 技術的目標

- 水深 6,000m 級 AUV の運用技術の確立と社会実装のための技術移転を行う。
- 水深 2,000m の海域において 1 機の ASV が、音響通信・測位統合装置によって、第 1 期 SIP で使用した AUV を含む最大 5 機の異機種 AUV を隊列制御するための実証試験及び運用試験を行い、AUV10 機運用のための技術的な目処を立てる。
- 水深 2,000m 海域において実際の ASV と AUV を用いたドッキング・充電システムの長期運用のための実証試験を行う。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

グローバルベンチマークについては、本技術開発の情報が安全保障等と密接に関係するため、世界からの現状に関する情報自体が少ない中、民間の技術を中心にコンプライアンス上採取可能な範囲での情報を適切に収集している。また、その結果は音響通信技術をはじめとして AUV 複数機運用技術、深海ターミナル技術とともに、国際的な優位性は十分に確保されていると評価できる。

② 研究成果で期待される波及効果

本技術開発の成果によって、海洋での省人化、無人化技術への進展や水中での音響通信技術の飛躍的性能の向上、それを見据えて製品開発や AUV 等の海中ロボットへの展開等への期待ができる。また、今後の衛星通信等の飛躍により、海中音響通信技術、海中光通信技術との組み合わせで海底、海中、洋上、陸上をシームレスに結ぶ新たな海洋ブロードバンドの構築による市場創出に期待がされている。

一方、社会の経済活動を含めた安全安心への分野について、海中での AUV の複数機運用技術、深海ターミナル技術の効率的活用により、洋上風力発電設置の事前調査と機器の海中部のメンテナンスという視点から精細な海底マッピングや海底下の地質構造調査や風力発電装置の海中部の監視・観察、さらには、海洋情報等のデータ取得を可能とすることで 2030 年までの海洋保護区の監視・観測などの機器として環境省などと協議を始めている。

③ 達成度 (1) SIP 第 2 期 5 年間の設定目標に対する達成度について

テーマ 2-1 では AUV 複数機運用技術開発、深海ターミナル技術開発及び AUV の大深度化を進めてきた。

AUV 複数機運用技術開発では、マルチユーザー音響通信・測位統合装置の開発、長期運用 ASV の開発、隊列制御技術の開発の 3 つの技術開を実施した。SIP 第 2 期で開発したマルチユーザー音響通信・測位統合装置及び隊列制御アルゴリズムを搭載した洋上中継機 ASV1 機及び異機種 AUV4 機の隊列制御により、駿河湾沖水深 2,000m 海域（海底地形図データ取得エリアの水深は約 1,470m）において高解像度の海底地形データを効率的に取得することに成功した。また、シミュレーションにより AUV10 機運用の技術的な目途を確立し SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成した。

また、計画当初には無かった新規の開発項目として、複数機 AUV を用いた AUV-AUV 間の通信・測位による複数 AUV 制御技術の開発を行い、実証実験として、琵琶湖において最終年度に AUV-AUV 間通信・測位の制御による音響探査や海底面の画像撮影に成功した。

(深海ターミナルの開発)

深海ターミナル開発では 2020 年度に、浅海域でドッキング・非接触充電・光データ伝送試験に成功し、要素技術及び深海ターミナルシステムとして機能することを実証した。しかしながら、2022 年度最終試験航海中の荒天待機、一部の機器トラブル等により、水深 2,000m 海域でのドッキングの実現には至らず。最終年度末までに高圧水槽においてシステムの作動確認および浅海域でのドッキング試験を実施し、開発された深海ターミナルシステムの健全性を確認する。

(AUV の大深度化)

AUV の大深度化については、6,000m 級 AUV 「NGR6000」の検収航海を 2022 年 5 月、7 月に実施し 18 潜航を実施したが、一部検査未了のため 2023 年 2~3 月に再検収航海を実施する。

④ 達成度（2）社会実装の実現可能性について

(社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等)

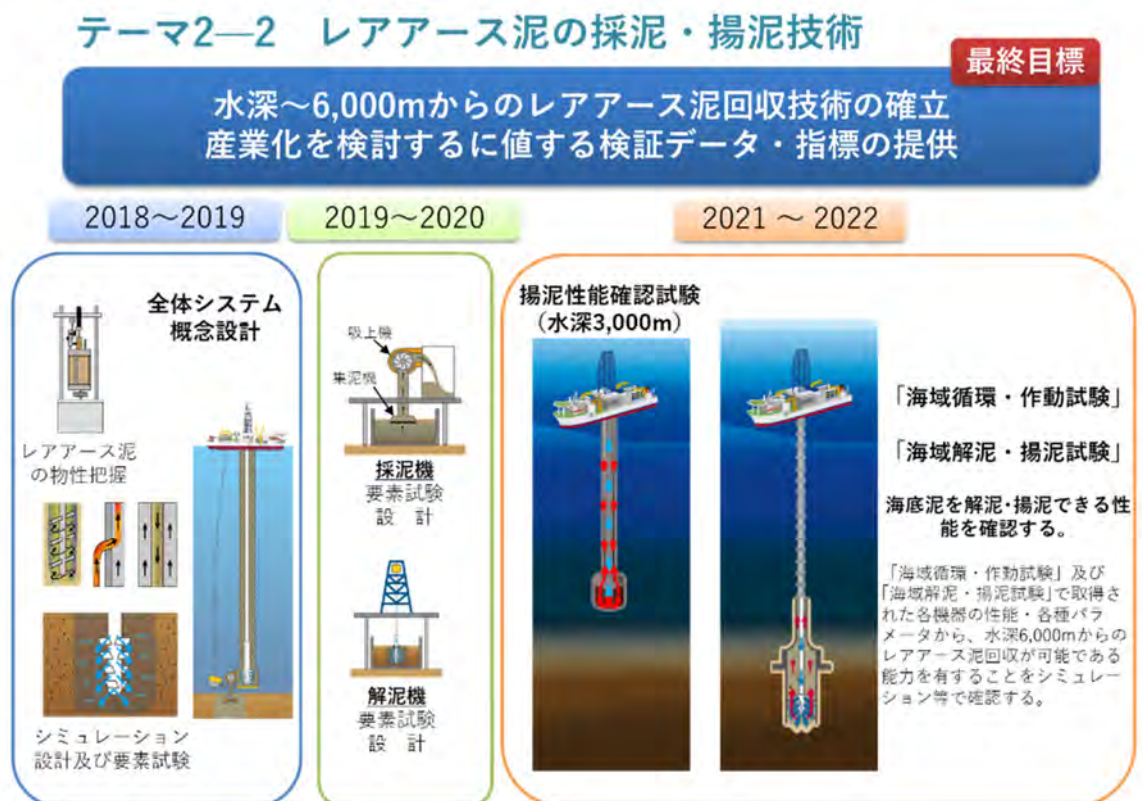
深海資源調査技術の開発では、水深 2,000m 級海域での異機種 AUV4 機による隊列制御実海域試験により、効率的に高解像度の海底地形図を取得することに成功し、AUV10 機複数機運用技術に目途が付けられた。AUV 複数機運用技術を確立するために SIP 第 2 期で開発してきた高性能マルチユーザー音響通信・測位統合装置は今回の海域実証実験において良好な性能を示してくれており、近く国内メーカーからの製品化契約を既に終えている。また、深海ターミナルの開発については水深 2,000m 海域でのドッキング試験の成功には至らなかったものの、浅海域においては 2020 年度にドッキング・非接触充電・光データ伝送試験に成功し、要素技術及び深海ターミナルシステムとして機能することを実証している。川崎重工は同技術を応用した海底ターミナルを北海油田のパイプライン検査用に受注しており、SIP 第 2 期の成果の社会実装が着実に進んでいる。

深海資源調査技術の出口戦略は、ハード面では産学官連携のもとで通信・制御に関する共有化を目標とし、異機種の AUV の通信測位システムを共通化することで、洋上中継機 (ASV) から各 AUV をコントロールすることが可能になり、衛星回線を通じてそのエリアでの江戸っ子 1 号による定点測網や AUV を用いた海

中のドローン群を含めたIoT環境構築の可能性が広がり、「海の見える化」「海のSociety5.0」の実現に資する開発を実施する。

(3) テーマ2-2：深海資源生産技術の開発（レアアース泥の採泥・揚泥技術）

1) 研究内容



図表2-6. テーマ2-2 研究/技術開発目標

【概要】テーマ2-2

地球深部探査船「ちきゅう」を用い、2022年度末までに深海に賦存するレアアース泥を、世界に先駆けて連続的に採泥・揚泥する技術の確立に貢献する。特に海底泥（レアアース泥を含む）を採泥・揚泥しやすい状態にする解泥から、揚泥管内に取り込む採泥、その後揚泥管内の流体の循環に乗せて船上まで運ぶ揚泥までの一連の作業を、実海域で実証することで、現場海域での解泥・採泥・揚泥の各々の作業に要する機器の仕様と効率の関係を確認し、効率良くレアアース泥を回収する手法の構築に資する。

○ 5年間で達成する定量的な目標： レアアース泥の解泥・採泥・揚泥を行う技

術の実現に資する知見を蓄積する。

- 創出される成果： レアアース泥の解泥・採泥・揚泥のノウハウと、産業化に向けた解泥・採泥・揚泥に関する技術及び基礎データの蓄積。
- 技術水準の位置付け： 2017年9月、JOGMECにより沖縄の1,600mの海底にある熱水鉱床から連続揚鉱に成功したが、本研究開発で目指すのは、水深5,000m～6,000mに存在し、粘性度の大きいレアアース泥の解泥・採泥・揚泥技術に資する知見の蓄積である。このような取組は、国内外ともになく世界初であり、この成果を利用すれば世界で初めて深海鉱物資源の生産が可能となる。
- 社会への波及効果： レアアース泥等海底資源開発の産業化に向けた基礎的技術が確立され、産業活性化のみならず、日本の経済発展に不可欠な鉱物資源の安定供給に貢献し、他国の政策に左右されない資源安全保障への寄与も期待される。

2) 技術的目標

- 「海域解泥・揚泥性能試験」を複数回実施し、海底泥を解泥・採泥・揚泥できる能力を確認する。
- 「海域解泥・揚泥試験」で取得された各機器の各種パラメータと海底面堆積物揚泥量に関するデータを用いて、水深6,000mからのレアアース泥回収が可能である能力を有することをシミュレーション等で確認する。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

世界初の試み・技術ということで、比較対象の設定が難しいが、既知の海底資源開発の状況・実施された試験採掘・採鉱との比較は行っている。技術という面で見ると、「水深6,000mからの揚泥」や、「粘性の高い堆積層の海底面での解泥」は、国際的な優位性を十分に保っている。環境影響軽減を強く意識して技術開発を行っており、この点でも優位性を確保している。

② 研究成果で期待される波及効果

特殊な環境下における技術の開発であり、新技術の確立ということでは大いに期待できるが、その特殊性により、異分野への展開や新たな市場創出の面では今後の検討が引き続き必要である。対象が「レアアース」ということであり、本研究成果による温暖化や安全安心（資源安全保障）等の社会貢献（国家貢献）は多大であると考えている。また、社会的な重要性が増していると感じる。

③ 達成度（１）SIP 第２期５年間の設定目標に対する達成度について

テーマ 2-2 では、南鳥島周辺海域の海底堆積物の採取・力学分析等を踏まえてレアアース採鉱機（解泥機、揚泥管等）を設計・製作し、2019 年度の補正予算で発注した揚泥管 3,000m が 2021 年 9 月に全数納品、解泥機等の海底機器についても 2022 年 5 月に完成し、SIP 第 2 期で開発を進めてきた揚泥管・解泥機等の機器がすべて完成した。

2022 年 8 月 12 日～9 月 2 日に「ちきゅう」を使用して、茨城沖水深約 3,000m 海域（解泥地点の水深は 2,470m）で解泥・揚泥試験を実施し、当初計画 65 トン/日を上回る約 70 トン/日の解泥・揚泥を実現した。また、「海域解泥・揚泥試験」で取得された各機器の性能値及び各種パラメータを用いて、水深 6,000m からレアアース泥回収が可能であることをシミュレーション等で確認し、SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成した。

④ 達成度（２）社会実装の実現可能性について**（社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等）**

SIP 第 2 期では茨城沖水深約 3,000m 海域（解泥地点の水深は 2,470m）で解泥・揚泥試験を実施し、当初計画 65 トン/日を上回る約 70 トン/日の解泥・揚泥を実現した。また、「海域解泥・揚泥試験」で取得された各機器の性能値及び各種パラメータを用いて、水深 6,000m からレアアース泥回収が可能であることをシミュレーション等で確認し、SIP 第 2 期 5 年間の設定目標を達成した。SIP 第 2 期で開発した揚泥管・解泥機等の機器はいずれも水深 6,000m 対応で設計されており、下部揚泥管 3,000m を追加製作することにより、南鳥島周辺の水深 6,000m からのレアアース泥の揚泥が可能となる。水深 6,000m からのレアアース泥生産を実現するため、本取り組みが継続されることを期待する。

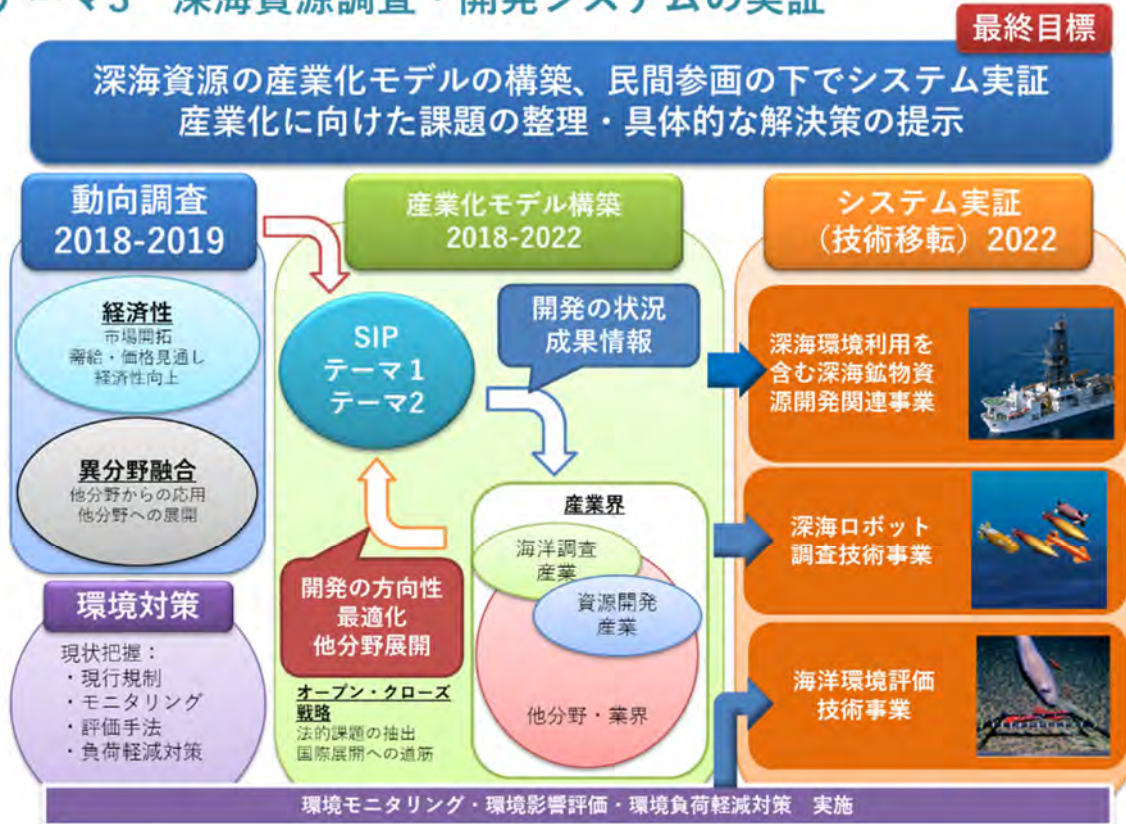
深海資源生産技術のアウトカムは、産業化の検討に資するデータの提供及び、生産手法・工程が、国際的な深海鉱物資源開発の模範となる事であり、海底資源開発産業における地位を確立し、レアメタル・レアアース等の希少資源の国内生産・確保を含め、我が国の目指す Society5.0 実現の土台・支えとなることである。

本プログラム中に、社会実装の体制構築が始まる段階ではないが、本課題の成果・データをもって、資源安全保障の旗印の下、国家主導による鉱物資源開発産業界との連携が開始される事を期待している。

(4) テーマ3：深海資源調査・開発システムの実証

1) 研究内容

テーマ3 深海資源調査・開発システムの実証



図表 2-8. テーマ3 研究/技術開発目標

【概要】テーマ3

本プログラムのアウトカムとしては、産業界の主体的な参画の下に、開発された技術を継承・発展させつつ、様々なニーズに対応した海洋調査の受託や将来に向けた深海資源の探査・開発が行えるような国内体制を構築し、深海資源の産業化モデルの構築である。そのためには、テーマ1、テーマ2-1、テーマ2-2から随時得られる成果を踏まえながら、ユーザーの要望や新たな技術の進展に的確に対応できるよう調査・開発システムの最適化を図り、テーマ1、2の研究開発の進め方にフィードバックしていく機能が求められる。これにより、産業界の持つポテンシャルニーズとSIP第2期が提供するシーズのマッチングを図りながら、開発された技術の競争力強化に向けた好循環を生み出す仕組みを構築させることがテーマ3の目標となる。SIP第2期で開発された成果は、まずは、参画している民間企業に対して適正に研究開発成果の技術移転を行うことであり、これを受けた民間企業が調査サービスの提供や将来の資源開発に向けた事業検討を行うことを可能とする支援

をすることが必要である。この一連の流れをテーマ 3 において集約して出口戦略を明確化していくとともに、実海域における調査・開発システムの統合的な実証を通じて民間への技術移転を行うことにより、産業化に向けて段階的にステップを踏んでいくことを目指す。

2) 技術的目標

- 第 1 年次～第 4 年次までの結果を取りまとめ、出口戦略における成果と課題を抽出し、課題に対するアクション・プランを策定する。
- テーマ 2-1 との協働によるシステム実証、総合評価を実施する。
- テーマ 2-2 との協働によるシステム実証、総合評価を実施する。
- テーマ 2-2 の統合試験に合わせて、モニタリング調査を実施し、採泥、揚泥の環境に与える影響を評価する。
- 産業化モデル構築のとりまとめ及び課題抽出を行う。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

レアアース泥の優位性については、実際のレアアース泥サンプルの試験精製によりレアアース元素の混合濃縮物を作製し、含まれる元素の分析を行うことで各国のレアアースの陸上鉱山との比較を行った。南鳥島 EEZ のレアアース泥に含まれるレアアース元素は中重希土類に富む性質があり、このような鉱山は世界でも中国の一部の鉱山にしかない。故に、中重希土類のレアアース元素は、我が国の Society5.0 を支える様々な機器に必須となる元素であり、将来的にもその重要性が増すことが予測されるなど、鉱物資源としての有望性を示す結果となった。また、環境モニタリング技術については、ISO の国際規格として 4 件が発行した。同時に観測機器の軽量化・低価格化の技術開発を推進結果、今後の海洋環境観測技術・システムにおいて世界をリードする立場を確立しつつある。

② 研究成果で期待される波及効果

レアアース泥の存在する深海の環境は、約 600 気圧の圧力がかかるなど地上の環境とは大きく異なっている。このような環境における鉱物資源の調査技術や生産技術の開発を通して、異分野の展開が期待され、環境モニタリング技術においても、単に環境観測に役立つだけでなく、水産、風力発電、観光、あるいは EEZ 防衛における利用が想定される。本テーマでは異分野からの深海利用の公募を行

った提案を受け、例えば日本バイオプラスチック協会と生分解性プラスチックの長期分解試験などに取り組んでいる。このように、海底鉱物資源の技術開発に限らず異分野展開への取組によって、新規の海洋産業の創造を図り、日本の産業力・国力の向上に貢献することを期待している。

③ 達成度（１）SIP 第２期５年間の設定目標に対する達成度について

南鳥島周辺海域における２年間に渡る長期環境ベースライン調査を完了。将来のレアアース開発に向けた環境ベースラインデータを蓄積できたことから、対象海域の環境ベースライン調査については事業終了時目的を達成した。

環境影響評価手法の国際標準化についても、SIP 第１期から手掛けてきた日本発のISO規格として４件が発行し国際標準化について設定目標を達成。また、発行したISOの１件である「江戸っ子１号」を用いた長期深海映像観測手法は、規格として発行するだけでなく、国際海底機構（ISA）の環境調査の指導書にも記載され、実用面でも環境影響評価手法で世界をリードする存在となっている。

また、将来の産業化を見据え、レアアース泥の効率的な精製手法の検討を進めてきた。効率的なレアアース製錬手法の開発は将来にレアアース開発の実現に向けて重要な技術であり、本研究が継続されることを期待する。

国際的な取組・人材育成についてはコロナの影響により、国境をまたぐ移動に制限があることから、島嶼国研修やISA総会サイドイベントへの参加等が困難な状況であるが、2021年6月には太平洋島嶼国技術者を対象としたオンラインセミナーを開催した。これらの国際的な取り組みが評価され、PALM9の活動の一環として首脳宣言にも記載され、2022年度は更に内容を充実させたオンラインセミナーを開催し、太平洋島嶼国からの参加者を含む国内外計118名が参加した。

④ 達成度（２）社会実装の実現可能性について

（社会実装に向けた具体的な計画および計画進捗状況等）

SIP 第２期で開発した環境影響評価技術「生物粒子を含む試料の前処理方法、生物粒子の画像取得方法」については国際標準規格ISOとして正式に発行し、当該技術に係る特許については、民間企業２社へ許諾し、環境影響評価技術の社会実装・利用促進を図っている。

本課題の出口戦略・社会実装への取り組みとして、テーマ３が各テーマと連携しながら、民間企業４社で組成される次世代海洋資源調査技術研究組合（以下、「J-MARES」という）が中心となり、下記の３つの分野で具体的な事業化検討を継続している。

- (a) 深海環境利用を含む深海鉱物資源開発関連事業
- (b) 海洋ロボット調査技術事業
- (c) 海洋環境調査技術事業

「(a)深海環境利用を含む深海鉱物資源開発関連事業」では、テーマ3で実施中の動向調査、試験製錬、概算コスト検討などに基づき、将来の事業化に向けて事業内容及び事業実施体制を検討している。また、異分野展開の一環として深海環境利用の取組を進めており、これらも併せて産業化の可能性を追求する。

「(b)海洋ロボット調査技術事業」では、テーマ2-1で技術開発を進めている成果に基づき、将来の事業化に向けて事業内容及び事業実施体制を検討。AUV複数機運用技術や深海ターミナル技術等を用いた事業展開を計画している。SIP第2期で開発を進めている無人化・効率化技術は、深海や資源の枠にとどまらず、浅海域における広域調査や海底ケーブル敷設のための地形調査等、応用分野は広く、既に幾つかの引き合いもある状況である。

「(c)海洋環境評価技術事業」では、テーマ3で実施中の環境評価技術の実適用や島嶼国に対する技術研修実施などに基づき、将来の事業化に向けた事業実施体制を検討中。SIP第1期、第2期を通して開発してきたISO規格を含む環境影響評価の手法を活用して様々な分野への展開を検討している。

3 課題マネジメント

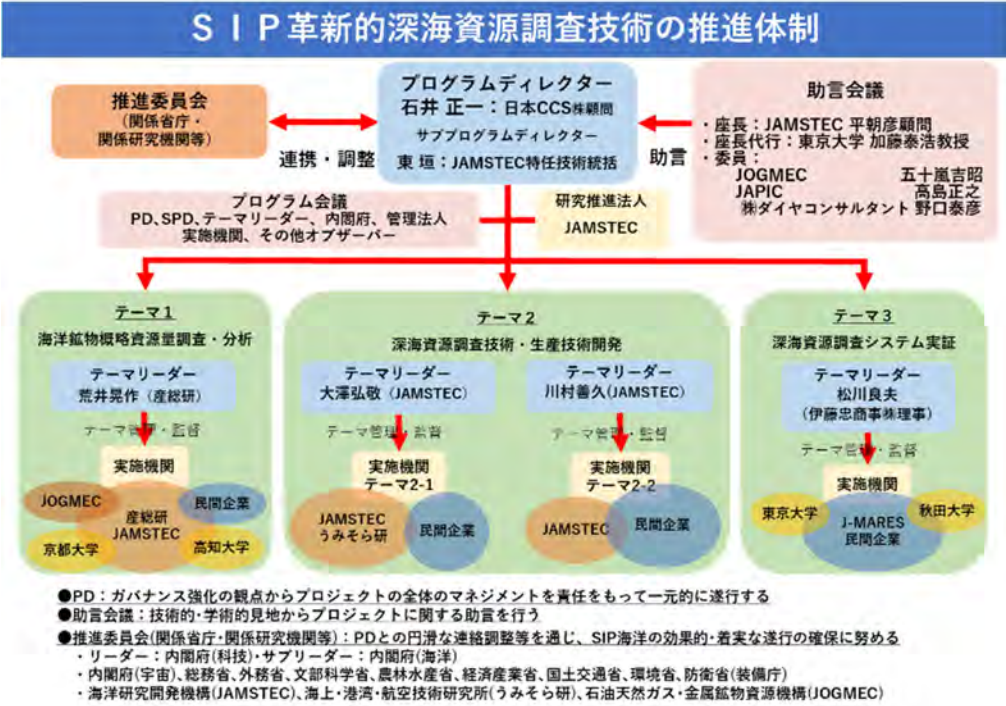
① Society5.0 の実現を目指すもの

広大な海洋の状況を統合的に把握するための海洋ビッグデータを収集・解析することにより、地球温暖化、異常気象、海洋酸性化をはじめとする地球規模の気候変動の解明・予測に貢献することが期待される。また、AUVの自動航行のための通信・測位・制御システムの高度化を図るとともに、海底地形図の統合解析を行うことにより、海洋における自在なモビリティの実現に貢献することが期待される。特に、自動車の自動走行技術や地図情報の解析技術等との連携を強化することにより、Society5.0の実現に向けて相乗効果の発揮が期待される。

Society5.0の実現に必要なIT機器やモータ等の製造にはレアアースが不可欠であるが、レアアース資源は偏在性が高く、その供給や価格は一部の産出国の動向に左右されている。このような状況において、近年、南鳥島周辺海域でレアアース濃集帯の存在が確認された。本研究課題では、国産レアアース泥開発に向け、①正確な資源量把握、②効率的な調査技術開発及び③生産技術開発を進め、国産レアアース資源開発が技術的に可能であることを示すことにより、戦略的な希少資源確保のための国家戦略に貢献し得ることを示すことが期待される。

② 社会実装を実現するためのマネジメント体制が構築されているか。

社会実装に向け明確な戦略があり、産業界・島嶼国等を巻き込み、将来の顧客開拓を目指して事業を進めている。



③ 研究テーマに対する評価、マネジメントが適切に実施されていたか。

プログラム会議運営要領を策定し PD の権限を明確にし、リーダーシップを発揮し本プログラムをリードしている。新型コロナの影響により、実会議の開催を極力抑える一方で、プログラムを着実に推進するため、PD、サブ PD (以下 SPD という)、テーマリーダー他主要関係者は週次でオンライン会議を開催してコミュニケーションを図っている。また、コロナ禍であるが、推進委員会、助言会議等の会議についてもメール開催或いはオンライン会議等を活用して開催している。調査航海についても、SIP 第 2 期で合計 54 航海を実施した。

プログラム会議運営要領を策定し PD の権限を明確にし、リーダーシップを発揮し本プログラムをリードしている。また SPD は PD を技術の面から補佐する意味で、海洋鉱物資源、海洋調査法や海洋調査船・探査機等に精通した人材を配置した。

④ 民間から適切な負担を求めているか。官民の役割分担が適切になされているか。

本プログラムは、国家的課題である資源の安定的確保を目指すものであり、民間企業の負担については、当初から大きなリスクをとることを求めるのではなく、実現可能性を見極めながら、企業として経営判断を下せるような環境整備を図っていくことが必要である。

本プログラムは、国家的課題である資源の安定的確保を目指すものである。レアアース泥が賦存するのは南鳥島 EEZ の水深 5,000~6,000m の海域であるため、他の海洋鉱物資源と比較しても開発の難易度が高く、また濃集帯が発見されたのは最近のことであり、開発に向けた法整備もまだ進んでいない。

本課題では、先ず国費によりレアアース開発技術の実証に目処を付けると同時に、府省連携の枠組みの下で、将来の開発に向けての法整備等の環境整備を行うことにより、産業化への道筋をつけることを目標としており、当初から民間企業に大きなリスクをとることを求めるものではない。

⑤ マッチング額が十分に計上されているか。

現時点では民間企業からの人的貢献や、民間企業が所有する機器の無償提供等を通して民間企業のノウハウ等を本課題に活かし、本年度は総額 526 百万円程度の貢献を見込んでいる。

⑥ 府省連携が不可欠な分野横断的な取り組みとして実施されているか。

○ 鉱業法関連

現行の鉱業法及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、本課題では、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。その結果、2021 年 12 月 21 日に開催された総合エネルギー調査会・鉱業小委員会において、レアアース資源を適切に維持・管理するため法整備（鉱業法改正）を進める方針が示され、2022 年度に鉱業法改正が承認された。

○ 経産省（エネ庁、産総研、JOGMEC）とは、レアアース泥の資源量調査で連携。特に JOGEMC とは海洋資源分野における包括的連携協定に基づき、南鳥島における探査・調査データ及びサンプルの取扱いに関する合意書を新たに締結し、JOGMEC が過去に実施した南鳥島沖における調査データ・サンプルの提供を受け、解析等に活用するとともに、連絡会を開催し連携を取っている。

○ AUV の開発では、SIP 第 1 期で開発した成果を本課題で利用するための国交省（海上・港湾・航空技術研究所）と連携して本課題を実施するとともに、推進委員会の下に産学官連携での AUV 標準化に関する意見を交換する場を設置しており、国内各社の AUV に搭載可能な音響通信・測位装置の標準化に向けた検討を実施している。また、AUV の運用に関しては本課題終了後の社会実装を見据え、テーマ 3 とのテーマ間連携の下、民間企業との実証試験のための共同体制の構築を実施しているところである。

○ 今年度新たに制定された「ASV を含む無人小型船舶の法令整備」に際しては、国土交通省との密な連絡、協議、協力により、国内初の ASV の無人小型船舶登録のための試験・検査、登録を完了し、今後の無人船舶の活用に道を開いた。

○ 太平洋島嶼国研修では、外務省に参画いただき、日本の太平洋島嶼国政策と整合性を取りながら取り組みを進めている。2020 年 2 月に外務省がフィジーにて開催する官民合同経済ミッションにも参画し、太平洋島嶼国との関係構築に努めてきた。

2018 年度、2019 年度には太平洋島嶼国を対象とした環境モニタリング研修を計 3 回開催し、合計 7 か国が参加した。2020 年度については、新型コロナウイルスの影響により研修を開催することができなかったが、2021 年 6 月にオンラインセミナーを開催した。2022 年 11 月にオンラインセミナーを開催し国内外

から 118 名が参加した。

- 2020 年 2 月 3 日に開催された太平洋・島サミット(PALM)高級実務者会議にて SIP 島嶼国研修の活動を紹介。
- 2020 年 2 月 26 日~27 日にフィジーで開催された官民合同経済ミッションにテーマ 3 で環境調査を担う民間企業とともに参加するとともに、フィジーの鉱物資源省、気象局、JICA フィジー事務所等を訪問・面談した。
- 将来の資源開発を視野に、南鳥島の利活用に関する検討として関係省庁・組織との意見交換・検討を開始。生産活動（例えば、選鉱、精錬、残土の処理・備蓄・運搬、人員の交替）における拠点基地としての可能性を探り、南鳥島の利活用モデルの構築を目指す。資源開発を契機とする南鳥島の多面的な利用展開を模索する。

⑦ SIP 第 2 期で実施する他の課題との連携が適切に図られているか。

- 「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」との連携の可能性を探るため、海底地震観測システムの海底ケーブルの敷設やメンテナンスに当たって、AUV・ASV を利用して効率化を図る可能性について、意見交換を実施。
- 「自動走行システム」との連携の可能性を探るため、陸における自動車の自動走行と海における船舶の自動走行の間でシナジーを発揮させることができないか、意見交換を実施。

以 上