

研究開発課題の事後評価結果

令和6年3月

科学技術・学術審議会

海洋開発分科会

海洋情報把握技術開発の概要

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成30年度～令和4年度

中間評価：令和2年、事後評価：令和6年

2. 課題の概要・目的

海洋科学データの効率的な取得により、我が国の海洋状況把握（MDA）に貢献するとともに、成果の技術移転により、今後重要性が増す海洋観測を行う民間企業等の産業競争力の強化及び海洋調査の加速化を図る。また、海洋に関する観測・分析の手法等に係る国際規格・標準の確立等、我が国主導で国際的な海洋ガバナンスの構築を図る。

3. 研究開発の必要性等

本課題で取り組む研究開発は、政府方針において重要とされているMDAに資するものであり、適切な海洋政策の推進や我が国の国益の確保、安全保障の確保等にとって不可欠なものであることから必要性は高いと考えられる。

また、海洋情報をより効率的かつ高精度にリアルタイムで把握可能な観測・計測・分析技術を開発することを目指すため、直接的に実用化に貢献するものである。さらに、これにより開発された成果の民間企業等へ技術移転やJAMSTECが開発している海洋プラットフォームへの開発機器の搭載を目指すものであり、有効性は高いと考えられる。

委託機関においても研究開発の手段やアプローチの妥当性等について定期的に議論を行う予定であり、研究開発計画及び実施体制、手段及びアプローチについて常に妥当性が評価されるため、効率性が高いと考えられる。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	H30(初年度)	R1	R2	R3	R4	総額
予算額	99百万	108百万	81百万	81百万	81百万	451百万
執行額	98百万	105百万	81百万	81百万	(未確定)	(未確定)

5. 課題実施機関・体制

プログラムディレクター：山形大学理事・副学長 花輪 公雄

・課題①：BGC-Argo搭載自動連続炭酸系計測システムの開発

研究代表者 東京大学大学院理学系研究科教授 茅根 創

・課題②：海洋生物遺伝子情報の自動取得に向けた基盤技術の開発と実用化

研究代表者 東京大学大気海洋研究所教授 浜崎 恒二

・課題③：ハイパースペクトルカメラによるマイクロプラスチック自動分析手法の開発

研究代表者 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境部門

海洋生物環境影響研究センター長 藤倉 克則

海洋情報把握技術開発 事業概要

事業実施期間：H30～R4年度

背景・課題

○海に囲まれている我が国において、海洋状況把握の基礎となる海洋情報の収集・取得に関する取組を強化し、海洋空間を有効利用するための情報資源として活用することが重要。海洋基本計画（H30.5閣議決定）を踏まえ、**海洋環境等の海洋情報について、効率的に観測・計測するための技術開発が必要。**

○また、国際的には、国連の持続可能な開発目標（SDGs）等において、**海洋酸性化、生物多様性、海洋ゴミが今後解決すべき課題**とされており、課題解決に向けて、**科学的データの収集は喫緊の課題**となっている。

<政策的背景>

- 「**未来投資戦略2017**」（平成29年6月閣議決定）
及び「**科学技術イノベーション総合戦略2017**」（平成29年6月閣議決定）
→MDAに資する研究開発等、その能力強化に向けた取組を推進する旨記載あり。

<国際動向>

- 2015年9月 国連の持続可能な開発目標（SDGs）の採択**
→SDG14「海の豊かさを守ろう」
- 2016年5月 G7 茨城・つくば科学技術大臣会合**
→海洋酸性化や海洋生物多様性、海洋ごみ等の問題が重要視され、科学的根拠に基づく海洋及び海洋資源の管理、保全及び持続可能な利用に向けた海洋観測の強化が必要。

事業概要

- 大学等が有する高度な技術や知見を幅広く活用し、**海洋環境等の海洋情報を効率的かつ高精度に把握する観測・計測技術を研究開発**し、開発された成果を民間企業等へ技術移転することにより、海洋のSociety5.0実現に貢献する。
- 上記目的を達成するため、以下の3分野の課題を実施。

- ①BGC-Argo 搭載自動連続炭酸計測システムの開発
(東京大学大学院理学研究科 茅根 創)
- ②海洋生物遺伝子情報の自動取得に向けた基盤技術の開発と実用化
(東京大学大気海洋研究所 濱崎 恒二)
- ③ハイパースペクトルカメラによるマイクロプラスチック自動分析手法の開発
(国立研究開発法人海洋研究開発機構 藤倉 克則)



「海洋資源利用促進技術開発プログラム 海洋情報把握技術開発」

外部評価委員会 委員名簿

(敬称略、五十音順)

磯辺 篤彦 九州大学応用力学研究所 教授

植松 光夫 埼玉県環境科学国際センター 総長

小山内 智 (一社) 海洋産業研究・振興協会 常務理事

河野 健 (国研) 海洋研究開発機構 理事

○小池 勲夫 東京大学 名誉教授

中田 薫 (国研) 水産研究・教育機構 理事

(○ : 主査)

事後評価票

(令和6年3月現在)

1. 課題名 海洋情報資源把握技術開発

2. 研究開発計画との関係

研究開発計画との関係

施策目標：極域及び海洋の総合的な理解とガバナンスの強化、基盤的技術の開発と未来の産業創造

大目標（概要）：

- ・地球規模での生物多様性の減少や生態系サービスの劣化が生じていることから、自然と共生する世界の実現は、国内だけでなく国際社会でも重要な目標となっており、生物多様性の損失の防止を図る。
- ・「海洋立国」の立場にふさわしい科学技術イノベーションの成果を上げるため、海洋の調査・観測技術や海洋資源等の海洋の持続可能な開発・利用に資する技術、これらを支える科学的知見・基盤的技術に着実に取り組む。
- ・海洋に関する基礎研究や中長期的な視点に立って実施すべき研究開発を推進するとともに、国家存立基盤に関わる技術や広大な海洋空間の総合的な理解に必要な技術など、世界をリードする基盤的な技術の研究開発を推進する。

中目標（概要）：

- ・生物・化学データを含む海洋の総合的な観測や海洋生態系の構造、機能等に関する研究を強化するとともに、全海洋の生物多様性及び生物資源量の解明調査を先導することにより、海洋環境の変化の把握とその生態系への影響の解明を進め、海洋資源の管理・保全及び持続的利用を図る。
- ・海洋に関する科学技術を支える基盤的技術などを開発・整備するため、最先端の調査・観測・開発利用技術の開発・運用や、シミュレーション技術やビッグデータ収集・解析技術等の情報基盤の整備・運用を進める。

重点取組（概要）：

既存プログラムで研究開発されたモニタリング技術やセンサ技術等の成果も積極的に活用しつつ、海洋生態系や海洋環境変動等の状況をより効率的かつ高精度に把握する革新的な観測・計測技術を検討し具体化する。

指標（目標値）：

アウトカム指標：

- ・海洋環境変化が海洋生態系の機能及び構造に与える影響に関する知見の活用、政策的議論への反映

（実績）

- 環境省の「海洋プラスチックごみ研究戦略検討会」に参画し、ハイパースペクトルカメラによるマイクロプラスチック分析のポテンシャルについて情報を提供した。本事業の成果が生物多様性国家戦略等の国

の戦略でも取り上げられた。

- 本事業を通じて改変された環境 DNA 調査及び実験マニュアルが、環境省、国交省、水産庁等で実施されている各種プロジェクトで活用された。

・海洋生物資源の管理・保全及び持続的利用に関する国際的なルール作りへの貢献

(実績)

- 本事業を通じて改変された環境 DNA 調査・実験マニュアルが、CalCOFI や NOAA 等の海外の関連機関のプロジェクトで有効利用された。
- 本事業で開発された技術が、国連の海洋科学委員会 SCOR に設置された動物プランクトン多様性に関するワーキンググループによるプロトコル及びベストプラクティスの作成に活用された。

・海洋科学技術による革新的なイノベーションの創出

(実績)

- 開発された次世代センサ及びそれを組み込んだシステムにより、これまでBGCアルゴにおいて計測に問題の多かったpHと、計測ができなかったアルカリ度の計測が可能となった。また、開発された次世代センサは、対象物を参照電極で汚染しないという特徴を持つことから、これを活かした医療分野への応用が期待される。
- 完全自動の遺伝子解析装置は、海洋環境における生物情報把握にとどまらず、下水等に含まれる病原ウイルスの常時モニタリングへの応用も可能である。また、開発されたマルチスケール流体技術は、遺伝子解析だけでなく、幅広い生化学分析の自動化へも寄与も期待される。
- 「マイクロプラスチック自動分析システム」により、これまで多大な時間と労力を要していたマイクロプラスチックのデータ取得を極めて効率化できるようになった。加えて、マイクロプラスチック分布の時系列変動モニタリングや流出源や流出経路のシミュレーション精度を大幅に上げることが期待される。

・開発された技術基盤の活用（国際的な活用、民間への技術移転等）

(実績)

- 全ての課題において、技術移転先となり得る民間企業やその他外部機関との連携が図られている。加えて、本事業で開発された技術の民間企業への技術移転がなされたほか、ベンチャー起業を目的とした他の事業に採択され事業化が進められた。
- 上記以外にも国内外の複数の外部機関との連携が進められているほか、事業終了後も外部資金等を活用した継続的な研究開発や、企業等との共同研究が進められている。
- 本事業の成果に基づく査読付き論文発表数は69件、研究成果報道発表数は8件であり、事業全体として積極的な成果の発信が行われた。ま

た、開発されたシステムにより取得されたデータを公開データベースなどへ提供した。その結果、前述のとおり海外の事業やワーキング等で活用されたほか、国の戦略などでも取り上げられるなど、大きな波及効果をもたらした。

アウトプット指標：

- ・ 海洋環境変化が海洋生態系の構造及び機能に与える影響やその回復過程の理解
 - 海洋環境や海洋生態系に関する観測データの取得状況
(実績)
 - 新規取得データ数：1,856件
 - 観測・計測技術の高度化、予測モデルの開発、評価手法や管理・利用技術の開発等の研究開発成果
(実績)
 - 研究成果報道発表数：8件
 - 査読付き論文発表数：69件
- ・ 得られたデータや科学的知見の集積状況、国内外の関係機関への提供実績・国際的な枠組みへの日本人研究者等の参画状況
(実績)
 - 国内外の研究機関・企業等への提供、これによる共同研究を推進
 - 国内の様々なイベント、シンポジウム等を通じて成果を発信
- ・ 調査・観測技術の開発状況及び運用実績
(実績)
 - 開発成果報道発表数：8件【再掲】
 - 開発件数（開発されたシステム数）：10件
 - 実海域での活用実績：
 - ・ 本事業において、14件の実海域試験を実施
 - ・ 本事業外でも、本事業で改良された手法を使った実海域試験を80件以上実施

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

(ア) 必要性

本事業は海洋酸性化、生物多様性の減少、マイクロプラスチックによる海洋汚染といった、第3期海洋基本計画等の国の政策やSDGsの推進等において、国際的にも課題とされている地球環境問題の解決に資するものであり、国や社会のニーズに適合したプログラムとなっている。

特に、昨今の国際動向として、アルゴフロートについては、BGC-Argoを組み入れたOneArgo計画が発足し、G7仙台科学技術大臣会合でも取り上げられた。また、環境DNAについても、生物多様性の維持にも有益であるとの考えから、30by30で活用

されるなど大きな注目を集めており、研究も活発化している。マイクロプラスチックは、早急に対処が必要な海洋汚染の課題として国際的にも広く認知されている。

以上から、本事業で設定された課題は重要度・注目度が年々高まっており、国や社会のニーズを先取りした先進的な事業であったと言える。

評価項目

科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての意義
評価基準

国や社会のニーズに適合したプログラムとなっていたか。

(イ) 有効性

本事業の目標である「海洋情報を収集・取得するための自動計測・分析機器の開発、自動観測・分析の実現に必要な技術の開発」に対し、事業全体として10件のシステムが開発され、その開発過程で多くの科学的知見が創出された。

また、本事業では、全ての課題において開発されたシステムの実海域試験が実施されたほか、ベンチャー起業や民間企業への技術移転など、5年間で社会実装に向けた道筋を立てられるところまで到達している。科学的な知見を高めながら、同時に社会実装に向けた技術開発も行うという、極めて顕著な成果が認められることから、本事業の有効性は高い。

評価項目

新しい知の創出への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組
評価基準

科学的知見の創出につながるプログラムであったか。
波及効果の見込まれる成果が得られているか。

(ウ) 効率性

中間評価の結果や各課題の進捗状況を踏まえ、予算配分額を見直すなど、事業全体として適切なマネジメントが図られた。

また、課題毎に研究推進委員会を定期的開催し、外部の専門家からの意見を適時適切に反映しながら、目標の達成が図られた。特に、事業当初に提案したとおりの技術ではなかったとしても目標達成を目指せるような方針転換であれば承認し、結果的に事業期間中に着実な成果が創出されるなど、適切かつ柔軟なマネジメントがなされた。更に、PD による的確かつ丁寧な進捗管理と明確な方向性の提示が各課題に対してなされたことにより、プログラム全体として当初の目的を概ね達成できたことは評価できる。

加えて、前述の通り、本事業では科学的知見の創出のみならず、事業期間中に社会実装に向けた道筋を立てられるところまで到達しており、費用構造の適切性や費用対効果は想定以上であったと認められ、本事業の効率性は高い。

評価項目

計画・実施体制の妥当性、費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

評価基準

プログラムの実施方法、体制は妥当であったか。

事業全体として、費用構造や費用対効果向上の方策は妥当であったか。

(2) 総合評価

①総合評価

今回の三つの課題は、いずれも海洋での情報把握における研究開発として世界的にニーズが高いものであり、その目的に沿って社会実装に繋がる技術開発が進展し、事業全体として波及効果が大きな技術開発がなされたことは評価できる。

また、事業期間中に新型コロナウイルスなどによる社会情勢の変化があり、研究への影響も少なからずあった中で、各課題において適切な対応が行われ、当初の想定以上の成果を挙げている課題もあり、事業全体として、当初の目標は概ね達成しているものと考えられる。

各課題の達成状況は以下の通り。

・課題①：

海水・高圧条件下でもpHやアルカリ度を計測可能な次世代型ISFETセンサを開発した。本事業終了後も複数の外部資金で採択されており、今後もさらなる発展が見込まれる。アルカリ度センサの改良や耐圧性、耐久性、応答性の向上等の技術的課題に加え、産業化に向けた戦略の見直しなども必要と思われ、実用化に向けては改善の余地が残されているが、次世代センサの特徴を生かし、医療分野や半導体など精密機器分野への応用のための共同研究等も推進しており、当初の目的以外への波及効果も期待される。

・課題②：

核酸回収・抽出の独自手法を確立し、環境DNA抽出の基本プロトコルとしてオープンアクセス学術誌に発表した。また、特定遺伝子の検出を行う卓上型の自動分析装置を開発した。更に、MiFish法に基づく環境DNAデータ解析技術を新たに開発、公開データベースにデータを提供した。更に、SBIR制度を活用した事業化によりベンチャー起業も推進するなど、社会実装に向けて極めて顕著な成果が認められる。測定技術開発だけではなく、確立された解析技術を進展させ、高いレベルの科学的知見が多く得られたことに加え、技術移転への道筋も明確となっており、当初の期待を上回る成果と評価できる。

・課題③：

マイクロプラスチックの材質、形状、サイズ、個数を連続的に自動で分析できるシステムを開発した。事業期間中に、民間企業への技術移転がなされており、受注製造可能な状況にまで進展していることに加え、実績のあるコーヒーマシンの紙フィルタ

一とその供給装置を応用したこと、ハイパースペクトルカメラの利用に詳しい民間企業との連携、より廉価な国産のハイパースペクトルカメラの利用の可能性などが提案されており、実用化に対する道筋が明確に示されている点も評価できる。また、小型化、低価格化を目指し、事業終了後も企業や他機関との共同研究を実施しており、今後もさらなる発展が見込まれる。

②評価概要

研究開発課題により発想や推進体制が大きく異なる中、研究開発期間を通じてPDが責任を持って一貫してプログラム運営を統括し、研究推進委員会等を通して計画の点検や、今後の研究計画の見直し等の助言を確実に実施しており、本事業の実施体制は、十分有効に機能したと評価できる。

また、各研究課題とも実施期間を有効に活用し、MDAの基礎となる海洋情報の収集・取得に資する多くの科学的成果が創出されたことに加え、一部の課題では事業期間中に事業化への明確な道筋が示された。更に、全ての課題において本事業終了後も外部資金獲得につながっている。以上より、費用構造の適切性や費用対効果、波及効果は想定以上であったと認められ、高く評価できる。

(3) 今後の展望

海洋の現場での利用を目的とした研究開発には時間を要するが、本事業では、開発した技術の実用化及び民間企業等への技術移転という目的が上手く機能し、本事業の開始前に出ていた一定程度の成果がうまく生かされたと言える。これらは、技術開発の段階に応じた事業目的とのマッチングの重要性を示しているものであり、本事業の運営で得られた知見を今後の事業の設計にも生かしていくことが重要である。

また、本事業では、観測・計測技術の開発が目的であり、最終目標として開発した技術の実用化及び民間企業等への技術移転を明確に打ち出していた。一方、我が国で使用されている海洋の観測・計測機器の大部分が海外製品であり、国内には対応する企業がほとんどないため、大学等による多くの技術開発が社会実装（製品化）まで到達しづらい状況が続いている。研究開発投資の効果を最大化し、社会実装まで進めるためには、本事業での取組に加え、研究チームに民間企業を加えるのみならず、起業の専門家を加えるなど、更なる検討が必要である。加えて、我が国の海洋産業の活性化や社会実装を考えた場合、国内の研究機関のみならず、経済安全保障に留意しつつ海外の企業からの申請や連携を呼びかけることも併せて検討することが有用である。

最後に、観測・計測技術の開発において、「世界標準」や「世界を見据えた開発」というのは重要だと考える。また、価格的にも、円安は世界を見据えればプラスになると考えられる。まだ出口に達していないプログラムもあるが、次の研究費の獲得もなされており、さらなる進捗が期待される