

海洋科学技術に係る研究開発計画（案）

I. 基本的な考え方（海洋科学技術を取り巻く状況）

（1）はじめに

およそ 40 億年前に原始海洋の中で生命体が誕生して以来、海洋は生命を育み、その活動を支えてきた。地球表面の約 7 割を占める海洋は、地球最大の多様な生態系を形成するとともに、気候変動調整機能や環境浄化機能を果たすことにより、地球上の多様な生物にとって生存に適した環境を提供するなど、生命の生存と進化に大きく貢献してきた。

また、海洋は、人類の活動領域を広げ、人類の発展を支えてきた。人類は、人や物の輸送の場として、あるいは食料やエネルギー資源確保の場として海を利用し、造船・海運業、水産業、エネルギー産業などの様々な産業を発展させるとともに、豊かな社会生活を享受してきた。今もなお、海には膨大な空間と生物、鉱物、エネルギー源等の資源が眠っており、これらの資源を適切に開発・利用することで、社会・経済生活は著しく発展する。

さらに、海洋は、科学技術の発展にも大きな役割を果たしてきた。古くは、航海技術の向上の必要性が、数学や物理学、精密工学などの発展を促し、近代では造船業は産業技術の発展を牽引してきた。また、海洋の石油資源の開発は、音波探査技術、ロボット技術、掘削技術などの様々な先端技術の開発に貢献してきた。

このように、生命を育み、人類の社会・経済活動を支え、科学技術を先導してきた海は、一方で、海溝型地震や津波・高潮などにより我々の生活に時として大きな脅威を与えてきた。平成 23 年に発生した東日本大震災では、これまでの科学的知見からの想定を超えたプレートの動きとそれにより引き起こされた巨大津波により、豊かな水産資源をもたらしていた沿岸生態系の著しい攪乱と我々の生命や生活に直結する深刻な事態が引き起こされ、改めて、海洋に起因する自然災害の脅威と災害対応の重要性を認識させた。

また近年、海洋自体が大きく変化している。人間活動によって生じた大気中の二酸化炭素濃度の上昇により、世界的な海水温上昇や海洋酸性化の進行、海面の継続的な上昇等、これまで生命や人間活動を支えてきた海洋環境が急激に変化しつつあるとともに、人為的な海洋汚染の進行や水産資源の乱獲などによる海洋生態系の劣化も懸念されている。このため、海洋を持続的に開発・利用するために海洋のガバナンスを確立することが国際的に大きな課題となっている。

しかしながら、面積 3 億 6,000 万km²に及び、約 77%が水深 3,000m以上の深海である海洋は、その広大さとアクセスの困難さ複雑さゆえ、今なお人類に残されたフロンティアであり、海洋のガバナンスの確保や海洋由来の自然災害への対応のために不可欠な科学的知見が未だ不足している。

こうしたことから、海洋の状況や海洋環境変動の実態を理解・解明し、持続可能な海洋の開発・利用と安全・安心の確保に貢献していくため、海洋に関する様々な観測や研究開発、必要となる基盤技術の開発など、海洋科学技術の推進がますます重要となっている。また、こうした取組を通じ、海洋が科学技術イノベーションの創出の場として、社会・経済の発展に貢献していくことも求められている。その際、海洋科学技術分野が学際性や国際性、社会との関連性を有していることから、同分野の研究開発を進めるにあたっては、人文社会科学分野を含めて多数な分野との連携協力や国際協力を図っていく必要がある。

(2) 我が国における海洋科学技術を取り巻く政策状況

四方を海で囲まれた我が国においては、国土面積の約12倍に及ぶ世界第6位の領海・排他的経済水域を有しており、経済社会の発展、国及び国民の安全・安心の確保など、海洋の果たす役割は極めて重要である。こうしたことから、平成19年に海洋基本法が制定され、同法によって「海洋の開発・利用は我が国の経済社会の基盤であると共に、海洋の生物の多様性が確保されること等の海洋環境の保全は、人類の存続の基盤である」と示され、海洋の開発・利用、海洋環境保全等が適切に行われるためには「海洋に関する科学的知見の充実が図られなければならない」と明記されている。

同法では海洋基本計画を策定することとされており、平成25年4月に閣議決定された同計画には、国際協調を図りつつ、海洋の開発・利用による富の創出へ貢献すること、科学技術を最大限に活用して人類の知的資産の創造や全地球的課題の解決に取り組むことなど海洋立国日本の目指すべき方向性が示されるとともに、海洋科学技術に関する研究開発については、「特に、①地球温暖化と気候変動予測・適応、②海洋エネルギー・鉱物資源の開発、③海洋生態系の保全・生物資源の持続的利用、④海洋再生可能エネルギーの開発及び⑤自然災害対応の5つの政策ニーズに対応した研究開発を重点的に推進する」と明記されている。

また、平成28年1月に策定された第5期科学技術基本計画（以下、「第5期基本計画」という。）では、全般的にはネットワーク技術やIoTを活用した「超スマート社会（Society 5.0）の実現や科学技術イノベーション創出が強く打ち出されている一方、海洋に関する科学技術については、産業競争力の強化や経済・社会的課題への対応に加えて、我が国の存立基盤を確固たるものとするものであり、国家戦略上重要な科学技術として位置付けられるため、長期的視野に立って継続して強化していく必要があると明記された。特に、海洋に関しては、世界第6位の排他的経済水域を有する我が国が、そ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、着実に取り組んでいくことが求められるとされている。

文部科学省としても、海洋基本計画及び第5期基本計画を基に、経済・社会的課題への対応やイノベーションの創出、人類の知的資産の増大等を目指して、海洋科学技術を着実に推進していくこととする。

(3) 海洋科学技術を取り巻く国際的な状況

国際的な状況についてみると、2015年9月開催の国連総会で採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」では、17の目標の一つとして、持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用することが盛り込まれた。また、同年6月には、「国家管轄権外区域の海洋生物多様性（BBNJ）の保全と持続可能な利用に関して国連海洋法条約の下に法的拘束力のある国際文書を作成すべき」とする国連総会決議が採択され、2016年には準備委員会を設置し、2018年9月までに国際文書案を作成する政府間会合の開催を決定すべく作業を進めている。この他、地球統合海洋アセスメントの作成を行う国連レギュラープロセスなどの分野でも大きな動きや取組の進展が見られる。

また、2015年6月のG7エルマウサミット首脳宣言や同年10月のG7科学技術大臣会合（ベルリン会合）では、海洋プラスチックごみ問題への対処など、海洋環境の保護が重要テーマとして議論された。さらに、2016年5月のG7科学技術大臣会合（つくばコミュニケ）では、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て、地球規模の海洋観測の強化、海洋アセスメントのシステムの強化、オープンサイエンスの推進やグローバルなデータ共有インフラの向上など国際協力を強化することを合意するとともに、G7伊勢志摩サミット首脳宣言（2016年5月）でも、科学的知見に基づく海洋資源の管理、保全及び持続可能な利用のため、国際的な海洋の観測及び評価を強化するための科学的取組を支持することが盛り込まれたところである。

一方、北極に関する状況としては、2016年9月に北極科学技術大臣会合が開催され、北極の急速な変化への対応のため、北極の科学観測、観測データ共有及び研究に関する国際協力の構築・強化が重要であることを参加国で合意するなどの進展がみられる。

(4) 主要国等における海洋科学技術政策の動向

主要国における海洋科学技術政策の動向をみると、米国では、国家海洋政策の大枠を示した、「海洋、沿岸及び五大湖の管理に関する大統領令（Executive Order 13547 – Stewardship of the Ocean, Our Coast, and the Great Lakes）」が2010年に制定され、この中で、「省庁横断海洋政策タスク・フォース（Interagency Ocean Policy Task Force）」の勧告¹が採用されている。また、2013年4月には「国家海洋政策実施計画（National Ocean Policy Implementation Plan）」を策定し、これらの海洋政策を実施するに当たっての具体的な方策を示している。さらに、同大統領令を受け、2013年2月には、海洋資源の管理に当たり科学的根拠に基づく政策決定を行うために、最近重要性が増している海洋酸性化や北極域の急激な変化も踏まえて、海洋研究の戦略を改定する「海洋国家のための科学（Science for Ocean Nation）」を策定した。同戦略では、①海洋資源の管理、②自然災害と環境破壊へのレジリエンス、③船舶の運用と海洋環境、④気候に関する

¹ 同勧告では、戦略的に実施すべき優先的目標として、①生態系に基づく管理、②沿岸・海洋空間計画、③意思決定のための情報提供と理解向上、④調整と支援、⑤気候変動及び海洋酸性化に対する対応と適応、⑥地域生態系の保護と回復、⑦水質管理と土地の持続可能な利用、⑧北極の状態の変化と対応、⑨海洋、沿岸及び五大湖の観測、マッピング及びインフラ整備の9つの項目が挙げられている。

る海洋の役割、⑤生態系の改善、⑥健康への影響の6つの領域を優先課題として設定している。また、2015年7月に発表された、2017会計年度の予算案作成における科学技術優先事項には、新たに「海洋・北極問題」が追記されるとともに、「国家海洋政策実施計画」に示された科学技術への優先投資等が提言されている²。

欧州（EU）では、欧州委員会が2005年10月に、「海洋環境の保護・保全のための主題別戦略（Thematic Strategy on the Protection and Conservation of the Marine Environment）」を策定している。同戦略には、2021年までに、EUの海水域の「良好な環境状況（Good Environmental Status: GES）」の創出と、海洋に関する経済活動および社会活動の基盤となる資源の保護を目指すこと等が盛り込まれており、EUにおける海洋政策の環境面での政策設計の柱とされている。また、2007年10月に発表された「統合海洋政策（Integrated Maritime Policy）」は、海洋に関する施策は産業発展や環境保護等が相互に関連し合っており、海洋政策は統合的に展開すべきとの認識の下に採択された政策であり、横断的な5つの政策（Blue Growth、Marine Knowledge 2020、Maritime Spatial Planning、Integrated Maritime Surveillance、Sea Basin Strategies）を取り扱っている。2008年には本政策を踏まえ、海洋生態系を保全しながら持続可能な成長を図るために、「欧州海洋海事研究戦略（European Strategy for Marine and Maritime Research）」を策定し、海洋調査に関するインフラ構築、観測データと知見の統合等の実施を提案している。さらに、2016年11月には、SDG14へ対応を図るため、「国際海洋ガバナンス：海洋の未来へのアジェンダ（International ocean governance : an agenda for the future of our oceans）」を公表しており、国際的なガバナンスのフレームワークの構築、持続可能な海洋環境の管理、国際的な海洋調査及びデータ利用の促進の重要性に言及されている。

経済協力開発機構（OECD : Organisation for Economic Co-operation and Development）では、2016年4月に「2030年の海洋経済（The Ocean Economy in 2030）」を発表した。本報告書では、責任ある持続的な方法で海洋を管理しつつ、海洋産業を長期的持続的に発展させるために、①イノベーション創出と海洋産業の持続的な発展強化のための、海洋科学技術分野における大規模な国際協力の促進、②統合的な海洋管理の強化、③海洋産業の規模・業績、経済全体への波及効果を測るための国家的、国際的なレベルでの統計的・方法論的基盤の改善、④海洋産業を予測する手法の更なる開発について提言している。

英国では、2010年から2025年にかけての長期戦略、「UK Marine Science Strategy（英国海洋科学戦略）」を発表した。同戦略では、海洋科学の優先順位の高い分野として、海洋生態系機能の理解、気候変動への対応、持続可能な生態系サービスの拡充の3領域が挙げられている。海洋研究に関しては、国立環境研究評議会（The Natural

² 2016年2月に公表された2017会計年度の大統領予算案をみると、「海洋及び北極のより良い管理に向けた知見提供（Informing Better Stewardship of the Oceans and the Arctic）」が連邦政府研究開発の優先事項の一つとして掲げられ、NOAAの海洋・大気研究プログラムへ5.2億ドル、NSFの北極研究プログラムへ6,300万ドルの予算配分がなされている。

Environment Research Council : NERC) 傘下の国立海洋科学センターが企画・実行しており、無人探査機やセンサの開発に力を入れている。ドイツでは海洋政策全体に関する戦略や計画の策定はなされていないが、2008年にEUが策定した「欧州海洋海事研究戦略」を踏まえ、教育研究省において「FONA3:持続可能な発展のための研究」(2015～2018年)、「MARI-N:沿岸・海洋・極域研究」、「GEO-N:地球科学と持続可能性」等の施策が実施されている³。フランスでは、2013年に教育科学省がSTI戦略として「フランス・ヨーロッパ2020」を策定し、水産資源やエネルギー資源の開発等に関して、「合理的な資源管理と気候変動への適応」を重要課題の一つとして明記している。

また、中国では、2008年に「2050年までの中国科学技術計画」を策定し、重点研究課題の一つとして宇宙・海洋の探査能力の向上を掲げており、既に2012年には7,000m級の有人潜水調査船(HOV)を開発した。同計画においては、HOVの開発では2030年を目途に水深11,000mに到達することを、遠隔操作型無人探査機(ROV)の開発では2020年を目途に11,000mまで到達することを目指すなど、極めて挑戦的な目標を掲げている。

一方、気候変動が顕著に表れる北極域については、地球規模の気候変動や環境問題への対応のみならず、北極海航路の利活用や天然資源の開発・利用の可能性、国際的な安全保障環境変化の可能性など様々な面から国際的な関心が高まっている。このような中、北極の脆弱かつ復元力の低い環境下において、環境を保全しつつ持続可能な発展が可能となる適切な社会・経済活動のあり方や、国際的なルール作りに関する議論が北極評議会(AC:Arctic Council)⁴や国際海事機関(IMO:International Maritime Organization)など様々な場で行われている。また、北極評議会(AC)参加国では、近時、国家的な戦略やプログラムを策定し、天然資源等の持続可能な開発、北極海航路の利活用や気候変動・環境問題への対応、安全保障能力の強化等へ優先的に取り組むことを明示している⁵。非北極圏諸国でも、2013年には我が国のほか、中国、インド、イ

³ 教育研究省において実施されている海洋についての主な施策は以下のとおり。

- ・ FONA3 (Research for Sustainable Development) : 持続可能な発展のための研究
- ・ MARE-N (RDI Programme on Coastal, Marine & Polar Research) : 沿岸・海洋・極域研究
- ・ GEO-N (RDI Programme Geoscience for Sustainability) : 地球科学と持続可能性
- ・ JPI-Oceans (The Joint Programming Initiative Healthy and Productive Seas and Oceans) :
 - ①深海鉱物資源掘削の環境影響評価
 - ②マイクロプラスチックゴミへの対応

⁴ 北極圏に係る共通の課題(持続可能な開発、環境保護等)に関し、先住民社会等の関与を得つつ、北極圏諸国間の協力・調和・交流を促進することを目的として、「オタワ宣言」(Declaration on the Establishment of the Arctic Council ("The Ottawa Declaration"))(1996年9月19日)に基づき、ハイレベルの政府間協議体として設立。加盟国は、カナダ、デンマーク(グリーンランド及びフェロー諸島を含む)、フィンランド、アイスランド、ノルウェー、ロシア、スウェーデン、米国の8北極圏諸国。

⁵ 例えば、米国では2013年に北極域戦略を策定し、北極域における資源への各国の関心が高まるなか、各国のプラットフォームを整備し、安全保障能力の強化、観測、法整備も交えた国際協力の推進、環境保全、資源の節約を目標に設定。ロシアでは、2013年に「2020年までのロシア連邦北極圏発展・国家安全保障戦略」を、2014年に「2020年までのロシア連邦北極圏社会経済発展」国家プログラムを設定。フィンランドでは、2013年に「フィンランドの北極戦略」(2010年策定)を改定し、北極圏における社会的持続可能性と労働環境、先住民サーミ人の権利確保、北極関連ビジネス機会の活用、北極における環境リスク・アセスメントの実施、北極地域の安定性の確保等を主要目標として提示。また、アイスランドでは、2013年4月に北極商工会議所を発足、同年6月にグリーンランドに北極圏における協力を

タリア、韓国、シンガポールが新たに北極評議会のオブザーバー資格を取得している。さらに、中国、イギリス、ドイツ、フランス、韓国では、我が国と同様に「北極政策」を策定・公表するなど、取組を活発化している。

(5) 海洋科学技術に係る研究開発計画の策定に向けて

地球環境保全や資源供給などの観点で人類の社会・経済活動を支えている海洋の果たす役割は今なお大きい。地球温暖化や人間活動により海洋環境や海洋生態系が変化している今日、まさに海洋の持続可能な開発・利用・管理（ガバナンス）の実現が強く求められている。特に、海洋国家である我が国にとって、海洋のガバナンスの確立は、喫緊の課題である。

このような統合的な海洋ガバナンスの実現には科学的根拠に基づく政策の立案・推進が不可欠であるが、これまで海洋科学技術の寄与が十分になされてきたとは言えない。このため、科学的根拠に基づく海洋の持続可能な開発・利用・管理を図るべく、各国の協力・協働の下に、国際的な海洋観測及び環境評価を強化するための科学的取組を一層推進することが必要とされている。

また、経済・社会的な課題への対応や未来の産業創造に向け、海洋科学技術分野においても科学技術イノベーションの創出が強く求められており、このため、分野・組織の枠を越え産学官の英知を結集して戦略的に研究開発を実施し、得られた成果の社会への還元を一層推進することが必要とされている。そして、生み出されたイノベーションの成果は、海洋ガバナンスの手法の高度化にも貢献する。

こういった新しいイノベーションに基づいた新たな海洋ガバナンス像を確立し、海洋の持続的な開発・利用・管理を確保していくことは、科学技術イノベーションにより未来を切り拓いていくという科学技術イノベーション政策の実現に貢献するとともに、海洋国家たる我が国の国益の確保にも資することとなる。

かかる近時の状況を踏まえ、海洋開発分科会においては、

- ①統合的な海洋ガバナンスの強化に資する海洋科学技術のあり方と、その国際発信に向けての対策、
 - ②「Society5.0」の実現や将来のイノベーションの創出に向けた、未来の新産業創造への寄与、
 - ③継続的に海洋に関する新たな知見を蓄積していくための新たな仕組み、データベースのあり方、それらの基盤となる基礎的研究の振興、
 - ④分野、組織、国境を越えた協働のあり方の模索
- 等が重要であるとの認識のもと、今後 10 年程度を見通し、概ね 5 年以内を対象期間として、「海洋科学技術に係る研究開発計画」（以下「研究開発計画」という。）を策定し、第 5 期基本計画及び海洋基本計画の具体化、実行及びフォローアップを図ることとする。

II. 重点的に推進すべき海洋科学技術分野

本章では、海洋科学技術を取り巻く諸情勢の変化を踏まえ、今後10年程度を見通し、概ね5年以内を対象期間として、第5期基本計画等に掲げられた目標を基に、重点的に推進すべき海洋科学技術の各分野における大目標を定めるとともに、大目標を達成するために文部科学省として取り組むべき具体的な方策についてまとめる。

まず、第5期基本計画等における海洋科学技術の位置付けから、海洋科学技術分野全体としての目標は、以下の通りとする。

- 海洋の適切な開発、利用及び管理を支える一連の科学技術は、産業競争力の強化や上記(1)から(3)⁶の経済・社会的課題への対応に加えて、我が国の存立基盤を確固たるものとするものであり、更なる大きな価値を生み出す国家戦略上重要な科学技術として位置付けられるため、長期的視野に立って継続して強化していく必要がある。(第5期基本計画)
- 海洋に関しては、我が国は世界第6位の排他的経済水域を有しており、「海洋立国」として、そ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、着実に取り組んでいくことが求められる。海洋に関する科学技術としては、氷海域、深海部、海底下を含む海洋の調査・観測技術、海洋資源(生物資源を含む。)、輸送、観光、環境保全等の海洋の持続可能な開発・利用等に資する技術、海洋の安全の確保に資する技術、これらを支える科学的知見・基盤的技術などが挙げられる。(第5期基本計画)
- 総合科学技術・イノベーション会議は、総合海洋政策本部や宇宙開発戦略本部と連携し、海洋基本計画や宇宙基本計画と整合を図りつつ、海洋に関する技術開発課題等の解決に向けた取組を推進する。(第5期基本計画)
- 海洋科学技術に関する研究開発については、科学技術基本計画や科学技術・学術審議会海洋開発分科会の検討等も踏まえ、特に、①地球温暖化と気候変動予測・適応、②海洋エネルギー・鉱物資源の開発、③海洋生態系の保全・生物資源の持続的利用、④海洋再生可能エネルギーの開発及び⑤自然災害対応の5つの政策ニーズに対応した研究開発を重点的に推進する。(海洋基本計画)

ただし、海洋科学技術分野では、関係する経済・社会的課題が多岐にわたることや基盤的・基礎的研究も重要であることから、幾つかの項目に区分して大目標を定め、具体的方策をまとめることが実効的である。

そこで、近年、海洋科学技術によるイノベーション創出や統合的な海洋のガバナンスの実現に向けた取組が求められていることを踏まえ、重点的に推進すべき海洋科学技術分野(重点推進分野)として、

1. 極域及び海洋の総合的な理解とガバナンスの強化
2. 海洋資源の開発・利用

⁶ (1) 持続的な成長と地域社会の自律的な発展、(2) 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現、(3) 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献

3. 海洋由来の自然災害への防災・減災
4. 基盤的技術の開発と未来の産業創造
5. 海洋科学技術を支える基礎的研究の推進

の5つに区分することとし、これらの重点推進分野毎に、(1)第5期基本計画及び海洋基本計画に定められた大目標をもとに、(2)本大目標を達成するため、海洋分野の科学技術推進に向けて文部科学省として果たすべき役割を中目標として設定し、(3)中目標を達成するために重点的に推進すべき研究開発の取組を具体的に示すこととする。また、(4)各研究開発の取組が効果的に実施されて本計画に定める中目標が達成されているかを測るための指標を設定し、中目標の達成状況の評価を行うこととする。

ここで中目標達成状況を測定するために用いる指標には、アウトカム指標とアウトプット指標がある。一般的には、アウトプットとは「研究開発に係る活動の成果物」をいい、アウトカムとは「研究開発に係る活動自体やそのアウトプットによって、その受け手に、研究開発を実施又は推進する主体が意図する範囲でもたらされる効果・効用」をいう⁷。これを踏まえて、本研究開発計画では、アウトカム指標は、大目標達成に向けてどの程度の貢献があったかを把握する観点から、中目標の達成度を具体的に測るために用いる指標をいう。アウトプット指標は、重点的に推進すべき研究開発の取組に掲げられている各施策の進捗状況を直接測るために用いる指標のことをいう。これには研究活動等により直接的に得られたデータ数、論文数、特許出願件数等の定量的なもののほか、そこで得られた科学的知見や技術等の内容や質といった定性的なものも含まれている。

このように、海洋科学技術分野においても、「目標・計画の策定 (Plan)」、「研究開発の実施 (Do)」、「評価 (Check)」、「見直し・反映 (Action)」を主要な要素とする政策のマネジメントサイクルが効果的に回り、第5期基本計画が掲げる科学技術イノベーションが効果的に進むよう、本研究開発計画のフォローアップを行い、必要に応じて適宜見直しを図ることとする。

⁷ 国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成28年12月21日内閣総理大臣決定）より引用

1. 極域及び海洋の総合的な理解とガバナンスの強化

1. 1 海洋及び海洋資源の管理・保全と持続的利用

(1) 大目標

- 近年、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ことが求められている。また、自然に対する働きかけの縮小による影響が生じており、里山里海等の二次的自然の保全活用も課題となっている。(第5期基本計画)
- 海洋生物多様性の保全については、海洋生物多様性保全戦略及び生物多様性国家戦略に従い、着実にこれを推進する。(海洋基本計画)

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

近年、北極域の海水の減少、世界的な海水温の上昇や海洋酸性化の進行等、海洋環境が急速に変化している。海洋ごみの増加や海洋汚染の進行、水産資源の乱獲など、人間活動による海洋環境及び海洋生態系への影響は様々な面で顕著になっており、これによる海洋の生態系サービスの低下が懸念されている。海洋は生物多様性の確保に大きな役割を担っており、修復不能な海洋環境の変化や生物多様性の損失を防止して、レジリエントな海洋生態系の維持を図る観点から、科学的根拠に基づく海洋及び海洋資源の管理・保全と持続的利用を行うことが重要である。また、これにより、海洋国家たる我が国の国益の確保に貢献することができる。

このため、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。

また、得られた知見を国内外に発信し、政策的な議論に反映させることにより、国際的なルール作りに貢献するとともに、環境修復・回復技術等へも活用していくことが重要である。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

海洋環境の変化を把握するため、沿岸域から深海底や極域等を含め、現在不足している海洋生態系の機能、構造や生息する海洋生物に関する情報についての調査・観測を強化し、海洋生態系の保全及びその利用に資するデータを継続的に取得するとともに、海洋生態系のモニタリングの基盤となる物理・化学・生物データのモニタリング技術の研究開発を進める。また、海洋環境の変化が海洋生態系の機能と構造に与える影響を解明すべく、海洋生態系の機能、地球環境との相互作用、物理・化学プロセスと生物との関連等を把握するための研究開発を推進する。さらに、海洋生物資源の管理・保全及び持続的利用に資するため、遺伝資源を含む生態系サービスの評価技術や持続可能な管理・利用技術に関する研究開発を推進するとともに、生態系の維持・回復技術等の研究開発

を推進する。

なお、近時、**海洋プラスチックごみ問題への対処**や生態系に基づく管理（EBM：Ecosystem-based management）が求められているなか、これらの研究開発で得られた海洋生態系や生物多様性に関する科学的知見について、**海洋生物地理情報システム（OBIS：Ocean Biogeographic Information System）**などデータベース等を通じて、**生物多様性の保全上重要な海域（EBSA: Ecologically or Biologically Significant marine Area）**の抽出や**海洋保護区の設定等**に係る政策的議論の場へ、また、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）や、BBNJに関する国際的な議論の場へ提供することにより、海洋生物資源の管理・保全と持続的利用に関する国際的なルール作りへも貢献する。

①海洋生態系の保全・再生に資する先進的な観測・計測技術等の開発

海洋生態系の保全及び持続的利用に資する知見を得るためには、これまでの物理分野に加え時空間的に疎らである化学分野・生物分野のデータや、沿岸域だけでなく、より深海域のデータを、高密度に確保することが必要である。このため、①漂流フロート、係留ブイ、船舶等による観測を組み合わせた統合的観測網を構築し、ゲノミクス、バイオインフォマティクスといった先進的な計測技術、**分析技術**等を活用して、深海等の極限環境生命圏を含む海洋を調査・観測するとともに、②海洋生物やその周辺環境の広域・連続的なセンシング及びモニタリング、生物種の定量把握や同定の効率化、及び生態系ネットワークの解明等による基盤的な生物・環境データの集積に資する先進的な計測技術の研究開発を実施する。

②海洋生態系機能の解明に資する研究開発

先進的な観測技術を活用した海洋調査を実施することにより、海洋生態系の機能、地球環境との相互作用、物理・化学プロセスと生物の関連を明らかにするとともに、海洋生物多様性を生み出すメカニズムの解明に資する研究開発を行う。

③生態系サービスの評価技術及び持続可能な管理・利用技術【2. 2にも一部掲載】

生態系や生物多様性の変動を把握し、生態系の将来予測に貢献する新規モデルの研究開発を行うとともに、我が国周辺海域における生態系全体の生産力を持続的に利用するための手法を開発する。また、海洋生物資源の持続可能な利活用と海洋生態系サービスの持続的な管理・享受のために不可欠な生態系サービスの評価手法の研究開発に取り組む。

④海洋生態系の被害と回復過程の解明に関する研究開発【3. にも掲載】

東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、多量のがれきの流出や藻場・干潟の喪失等が発生し、沿岸域の漁場を含め海洋生態系が大きく変化したことから、海洋生態系の回復と漁業の復興が緊急かつ重要な課題である。このため、大学や研究機関等による復興支援のためのネットワークとして東北マリンサイエンス拠点を構築し、

関係省庁や地元自治体、地元漁協等と連携しつつ、海洋生態系の調査研究を実施する。具体的には、対象海域の物理・化学的環境と生物動態について総合的に調査研究し、東北地方太平洋沖地震・津波後の海洋生態系の変動メカニズムを把握することで、地震・津波が東北沿岸域の海洋生態系に与えた影響と回復過程、並びに、生物多様性や生態系を保全した持続的漁業のあり方について科学的知見やデータを集積し、研究者及び産学官の関係機関の利用に供する。

⑤海洋空間のガバナンス強化と有効利用に資する革新的な観測・計測技術

【4. にも掲載】

海に囲まれている我が国において、海洋ガバナンスを図りつつ海洋空間を有効に活用するため、海洋空間における海洋生態系や海洋環境等の状況を適確に把握するための技術を確立していく必要がある。このため、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。

(4) 中目標の達成状況の評価のための指標（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
- 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

◇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（新規取得データ数とデータの質の向上）
 - ・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（研究成果報道発表数、査読付き論文発表数）
- 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

1. 2 地球規模の気候変動への対応

(1) 大目標

- 地球規模課題の一つである地球温暖化の主な要因は、人為的な温室効果ガスの排出増加とされ、地球温暖化に伴う気候変動が今後更に経済・社会等に重大な影響を与えるおそれがある。このため、地球規模での温室効果ガスの大幅な削減を目指すとともに、我が国のみならず世界における気候変動の影響への適応に貢献する。(第5期基本計画)

- 気候変動、海洋酸性化対策といった地球規模の環境問題への対応として、我が国が世界の主導的立場を取るべく調査・研究を推進するとともに、引き続き長期モニタリングに取り組む。(海洋基本計画)
- 海洋資源の利用、海洋環境の保全や気候変動等の全地球的課題への対応など、海洋政策の基盤となる海洋調査やモニタリングについて、調査船、衛星観測、観測ブイ、一般船舶による観測、陸上観測等を組み合わせて、これを戦略的に推進する。(海洋基本計画)
- 北極域及び南極域等の観測並びに調査研究は、地球規模の気候変動や将来予測、地球温暖化や日本周辺の気象等への影響評価に重要であり、特に北極域においては将来の北極海航路の利用可能性評価にもつながるため、これを継続・推進する。(海洋基本計画)

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

深刻化している地球温暖化や異常気象等の地球規模の環境問題への適応は人類にとっての喫緊の課題である。海洋は、地球表面の7割を占め、気候変動に大きな影響を与えていることから、その調査・研究の推進が不可欠である。

このため、海洋の継続的な観測、シミュレーション等を推進し、海洋の現状、将来の状況、気候変動への影響等を理解するとともに、得られた知見を国内外に発信し、政策的な議論に反映させる。

また、気候変動が顕著に表れる北極域は、北極海航路の利活用等もあいまって国際的な関心が高まっており、その取組の強化を図るとともに、南極域の継続的な観測を実施し、地球環境変動の解明に貢献する。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

i. 海洋の総合的観測と気候変動への影響評価

海洋の現状、将来の状況、気候変動への影響等を解明するために、人工衛星や研究船、観測ブイ、係留フロート等を用いた高度な観測技術を最大限に活用して、地球環境変動に大きな役割を果たす海洋を総合的に観測する。また、これらの観測データの解析等を通じて、気候変動メカニズムの把握・解明に資する研究開発を実施するとともに、最先端の予測モデルやシミュレーション技術を駆使し、スーパーコンピュータ等を最大限に活用することにより、地球規模の環境変動の予測及び我が国に及ぼす影響を把握するための研究開発を推進する。さらに、得られたデータや情報をビッグデータとして捉え、気候変動に起因する経済・社会的課題の解決のために地球環境情報プラットフォームの構築へ貢献する。

なお、これらの研究開発で得られたデータ及び科学的知見については、**気候変動に関する政府間パネル (IPCC)、全球地球観測システム(GEOSS)、国際海洋データ・情報交換システム(IOC/GOOS)**等の国際的な枠組も活用して国内外に積極的に発信し、科学的根拠に基づいた政策決定や国際的な合意形成に貢献する。

①気候変動の監視のための海洋環境の継続的観測

地球規模変動を統合的に理解、精密に予測するためには、地球システムの熱循環、物質循環やその海洋生態系への影響を把握する必要がある。このため、研究船や観測ブイ、係留フロート等を用いた高度な観測技術を最大限に活用して、海洋が大きな役割を果たす地球環境変動を総合的・継続的に観測するとともに、特に、観測データが不足している両極域を含むグローバルかつ高解像度の恒常的な観測体制を構築する。

②気候変動メカニズムの解明に資する研究開発

気象・気候の変動や地球温暖化等の地球環境変動に決定的な影響を与える海洋－大気間、海洋－陸域間、熱帯域－極域間のエネルギー・物質の交換について、観測に基づきそのプロセスや実態の統合的な理解を進めるとともに、地球環境変動を精密に予測することに資する技術を開発する。また、**熱・物質分布等の地球規模の変わりゆく実態を正確に把握した上で、進行中の地球温暖化や海洋酸性化が生態系に及ぼす影響を具体的事例に基づいて科学的に実証**するとともに、気候変化・変動への適応策・緩和策の策定に資する新たな科学的知見を提示する。

③スーパーコンピュータ等を活用した地球環境変動予測技術の高度化

気候変動の緩和策・適応策に資する気候予測・影響評価研究の基盤として、信頼性の高い気候モデルの開発が不可欠である。このため、気候感度の不確実性低減、予測や影響評価のための精度向上等の基礎となる研究開発を強化する。また、これらの取組を通じて、IPCC に対する我が国の貢献や、緩和・適応に向けた世界的な議論や取組におけるプレゼンスを維持する。

ii. 極域における観測・調査研究の充実

海洋の現状、将来の状況、気候変動への影響等を解明するために、地球温暖化の影響が最も顕著に出現している北極を巡る諸課題に対して、国際共同研究等の推進、最先端の北極域観測技術の開発等を進めることにより、我が国の強みである科学技術を活かして貢献する。さらに、人間活動から最も離れた場所にあり、地球大気の変化を高精度でとらえることができる南極域において、継続的な観測を実施することにより、地球環境変動の解明に貢献する。

①国際共同研究等の推進

北極域における環境変動と地球全体へ及ぼす影響の包括的な把握や精緻な予測を行うことにより、経済・社会的影響を明らかにし、適切な判断や課題解決のための情報を内外のステークホルダーに伝えることを目的として、国際連携拠点の整備、国際共同研究の推進、若手研究者の育成等に取り組む。また、EISCAT（欧州非干渉散乱）レーダーを用いた高緯度域の大気圏・電離圏・磁気圏の国際共同観測及び研究を一層推進する。

②先進的な北極域観測技術システムの構築及び調査研究の推進

最新鋭の海洋観測設備を有し氷海航行が可能な北極域研究船の検討や海氷下での自律航行や観測が可能な自律型無人探査機（AUV）等の開発などにより、北極海における総合的観測システムを構築した上で、最新システムを活用して急速に変化しつつある極域における観測を展開し、気候変動研究を加速させる。

③南極地域における観測の推進

南極地域観測第IX期6か年計画(平成27年11月9日 南極地域観測統合推進本部)に基づき、地球温暖化など地球環境変動の解明に向け、極域特有の大気、海洋、雪氷等の各分野における地球の諸現象に関する研究・観測を推進する。

(4) 中目標の達成状況の評価のための指標（目標値）

◇アウトカム指標

- 海洋環境の現状と将来の変化、気候変動への影響等に関する知見の国内外の研究機関等による活用
- 気候変動への適応策・緩和策の策定等の政策的議論への貢献
- IPCC 第6次評価報告書（AR6）への貢献

◇アウトプット指標

- 海洋環境の現状や温暖化をはじめとする地球環境変動に関する実態の把握
 - ・海洋環境に関する観測データの取得状況（新規取得データ数とデータの質の向上）
- 海洋環境の将来変化についての信頼性の高い予測の創出
 - ・予測技術の高度化、高精度な予測モデルの開発等の研究開発成果（研究成果報道発表数、査読付き論文発表数）
- 海洋が気候変動へ及ぼす影響の評価(研究成果発表報道数、査読付き論文発表数)
- 北極研究における国際共同研究の実施状況（課題数、研究参画者数、拠点数）
- 自律型無人探査機（AUV）の開発等の北極域観測技術の開発状況（開発成果報道発表数、査読付き論文発表数、特許出願件数）
- 南極地域観測における定常観測の実施状況（100%）、南極地域観測態勢の維持に必要な物資の輸送状況（100%）
- 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

2. 海洋資源の開発・利用

2. 1 海洋エネルギー資源・海洋鉱物資源の安定的な確保

(1) 大目標（第5期基本計画等に掲げられた目標）

- 我が国は、化石燃料やレアメタルの大半を輸入に頼っており、輸出入の制限や遅延、資源の需要増大による価格高騰等は、経済や産業の活動に直接的な影響がある。このため、資源の安定的な確保を図りつつ、ライフサイクルを踏まえ、資源生産性と循環利用率を向上させ最終処分量を抑制した持続的な循環型社会の実現を目指す。（第5期基本計画）
- 海洋エネルギー・鉱物資源の開発については、調査・研究を継続しつつ、事業化のための開発・研究を強化する段階に至ったと位置付け、我が国周辺海域の資源ポテンシャルを把握するための技術開発と広域科学調査・資源探査を継続的に実施する。また、開発に際しての環境影響評価手法も併せて検討を継続・推進する。（海洋基本計画）

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

海洋鉱物資源を安定的に確保するために、今後、我が国の周辺海域に存在すると期待されている海洋鉱物資源（海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース泥等）の開発・利用に向けた取組を進めることが重要である。

このため、将来的に資源開発に携わる関係者が利用することを見据え、実海域での検証を通じながら、広大な海域を効率的に調査する技術開発や、鉱物資源の科学的成因論等の研究開発を推進し、科学的に有望海域を絞り込む手法や賦存量を科学的に把握する手法の確立を図る。また、海洋エネルギー資源については、持続的な循環型社会の実現を目指し、海底炭化水素資源の成因や実態を理解・解明するための科学的調査を実施し、その利活用手法を提案する。さらに、深海における生態系の調査・研究を行うことにより、海洋資源の開発・利用に伴う海洋環境影響を把握・評価するため手法を開発する。

なお、二酸化炭素回収・貯蔵（CCS）技術の高度化や海洋エネルギー開発など既に実証・実用段階にある技術については、その開発状況を踏まえつつ、必要に応じ、関係機関との連携のもと、基礎的・基盤的な研究開発を行うものとする。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

海洋鉱物資源の賦存量を科学的に把握する手法を確立するために、海洋鉱物資源を効率的に調査するための要素技術であるセンサの高度化や複数センサを組み合わせたシステム化を進める。また、海洋鉱物資源は、深海や未調査海域等の新たな海域からも発見されていることから、こうした海域を含め、総合的な資源の科学的調査・研究を実施し、その成因解明を進める。

さらに、海底下炭化水素資源の利活用手法を提案するため、海底深部の掘削調査を行い、その成因や実態の解明に向けて、資源形成過程に影響を及ぼす微生物代謝活動

の理解を進める。

これらと並行して、将来、開発・利用する際の環境への影響等を評価するため、海洋資源の周辺の環境調査や生息する生物の生態把握するための技術を開発する。

なお、これらの研究開発を進める際には、将来、海洋資源開発に参入する民間企業等に利活用されることを目指し、高性能（高解像、小型、省電力等）かつ安価な技術を開発する。

①海洋鉱物資源の調査手法開発

海底熱水鉱床等の海洋鉱物資源が存在する海域において、探査技術を実際に用いた調査を行い、データを取得、処理、解析しながら、実用化に向けた問題点を抽出し、これらの問題点を解決するために必要なセンサ等の調査技術の高度化を行う。また、それら複数技術を用いた実海域における調査等を実施し、取得したデータを統合的に解釈することで、海洋鉱物資源の正確な分布及び量が把握可能となる効率的な探査システムの開発を行う。

②海洋鉱物資源の成因解明

海洋鉱物資源の成因解明と時空分布の把握・予測に資するため、最新の調査・分析手法を用いた海洋調査及び室内実験等を実施し、海底資源の形成過程に係る多様な要素を定量的に把握、形成モデルを構築する。

③海底炭化水素資源の成因解明

海底深部における炭素・水・エネルギー循環システムの実態と動的メカニズムを把握するため、総合的な海洋調査を実施する。また、海底炭化水素資源の成因解明に向けて、資源形成過程に影響を及ぼす微生物代謝活動の理解を進めるため、資源生成の温度や圧力条件の特定等を行う。

④海洋環境の保全との調和のための環境影響評価手法等に係る研究開発

海洋資源の環境影響評価に資するための科学研究として、生物群集の変動を固体から個体群まで、遺伝子レベルから海洋生態系レベルまで調べ、高解像度の調査と長期の環境モニタリングから得られる大規模データとの統合解析により、生態系の変動における復元力の限界点を求め、環境影響評価の手法の構築を目指す。

（４）中目標の達成状況の評価のための指標（目標値）

◇アウトカム指標

○海洋鉱物資源の成因解明や賦存量を科学的に把握する手法の確立、民間企業等による実海域での活用

○海底炭化水素資源の利活用手法の提案、民間企業等による活用

○海洋資源開発に伴う環境影響評価手法の確立、民間企業等による実海域での活用

◇アウトプット指標

- 海洋鉱物資源の**成因解明**や賦存量把握技術等の開発状況（査読付き論文発表数、**共同研究課題数**、効率化・高精度化した技術開発件数）
- 海底炭化水素資源の成因や実態の把握状況（査読付き論文発表数）
- 環境影響評価手法の開発状況（査読付き論文発表数、**国際的な会合での成果発表数**）
- 商業化に向けた取組状況（特許出願件数、成果報告セミナー等の参加者数）

2. 2 海洋生物資源の安定的な確保及び利用

(1) 大目標（第5期基本計画等に掲げられた目標）

- 世界規模での人口増加と地球温暖化等の変化による将来的な食料不足や栽培適地の変化が顕在化しつつある中で、国民に食料の安定供給を確保することは喫緊の課題であり、かつ国の重要な責務でもある。一方で、農林水産業は、我が国の地域経済を支える重要な産業であることから、環太平洋パートナーシップ（TPP）交渉等の結果も踏まえた農林水産業の生産性の向上や関連産業の活性化が課題である。このため、農林水産物・食品の輸出の促進及び食料自給率向上の実現を目指す。（第5期基本計画）

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

水産物・食品の輸出の促進及び食料自給率向上を実現するために、水産資源を含む海洋生物資源の安定的確保及び持続可能な利用に向けた取組を進める。このため、海洋生物資源の増殖や養殖に繋がる研究開発を推進し、生産性の革新的な向上を目指すとともに、関係機関と連携のもと高精度の海洋観測を継続的に実施し、海洋環境や水産資源の変動を再現・予測する手法を開発し、**その活用を進めていく**。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

生産性を革新的に向上させる技術の開発に向けて、**我が国における生物関係**の研究倫理を踏まえた上で、遺伝子や細胞操作といった新たな手法による低コストで安定した増養殖技術を実現するための研究開発を推進する。また、海洋環境や水産資源の変動を再現・予測する手法を開発するために、漁場や養殖場を含め海域全体の海洋生態系を高精度かつ長期的に観測し、海洋生物生産を支える生態系及びその変動を総合的に観測・解明するための研究開発を行う。

○海洋生物資源確保技術の高度化のための研究開発【1. 1にも一部掲載】

海洋生物資源の持続可能な利活用のために、「海洋生物の生理機能を解明し、革新的な生産につなげる研究開発」と「海洋生物の正確な資源利用予測を行うための生態系を総合的に解明する研究開発」を実施する。

具体的には、生殖幹細胞操作によるクロマグロ等の新たな受精卵供給法の開発を行

い、低コストで安定した水産資源の供給や育種の加速、種の保全につながる革新的な増養殖技術を開発するとともに、我が国周辺海域における生態系全体の生産力を持続的に利用するための手法を開発する。

(4) 中目標の達成状況の評価のための指標（目標値）

◇アウトカム指標

- 海洋生物資源の生産力の向上と水産資源の安定的確保に向けた取組への貢献
- 海洋環境及び水産資源の変動予測手法の活用

◇アウトプット指標

- 海洋生物資源の生産性向上技術の開発状況(査読付き論文発表数、特許出願数等)
- 生態系の生産力を継続的に利用するための手法の開発状況(査読付き論文発表数、特許出願数等)

3. 海洋由来の自然災害への防災・減災

(1) 大目標（第5期基本計画等に掲げられた目標）

- 我が国は、地震・津波、水害・土砂災害、火山噴火などの大規模な自然災害により数多くの被害を受けてきた。南海トラフ地震や首都直下地震などの巨大災害の切迫性が指摘され、一度発生すれば国家存亡の危機を招くおそれもある。また、これまでの災害から得られた教訓を今後の大規模自然災害等への備えに生かすことが強く求められている。このため、このような自然災害に対して、国民の安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築する。（第5期基本計画）
- 南海トラフにおける海溝型地震、首都直下地震を始めとして、我が国どこでも地震が発生し得るものとして、地震・津波への対策を推進する。（海洋基本計画）

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

自然災害に対してレジリエントな社会の構築に向けて、人類に甚大な被害をもたらす海溝型巨大地震・津波について、防災・減災対策の強化が不可欠である。

このため、地震発生帯の地殻構造**探査**と、**海域地震・津波・海底地殻変動**についてのリアルタイム観測等を行い、海溝型地震発生帯における動的挙動を総合的に把握する。また、地震・津波のシミュレーション研究や被害像の評価に資する研究を行うことで、海溝型地震の発生メカニズムを理解・解明し、その社会・環境へ与える影響を把握するとともに、得られた知見を国内外に発信し、政策的な議論に反映させる。

さらに、地震発生帯の海洋環境や海洋生態系についての調査研究を行うことにより、地震・津波等による海洋生態系被害の状況とその回復過程を把握するとともに、災害に対しても、生物多様性や生態系の回復が可能なレジリエントな沿岸域の構築に貢献する。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

海域地震発生帯における動的挙動の把握のため、**海域地震・津波・海底地殻変動**のリアルタイム観測や、地殻構造、地震発生履歴、**海域震源断層**、**海底地形**等についての高精度広域調査を実施する。また、海溝型地震の発生メカニズムの解明や社会・環境への影響把握のために、地震・津波シミュレーション研究を実施し、地震・津波ハザード（災害誘因）の評価を進めるとともに、得られたデータや科学的知見を活用して、**海域地殻変動**や**海底変動**に起因する災害ポテンシャルの評価とそれに基づく地域への影響評価を行う。さらに、東北地方太平洋沖地震・津波により大きく変化した海洋生態系の被害状況及びその回復過程を把握するため、関係府省や地元とも連携しつつ、海洋の物理的・化学的環境の変化や生物動態等についての調査研究を実施する。

なお、これらの研究開発で得られたデータや科学的知見を国内外の関係機関へ発信することにより、政府や地方自治体等が講じる防災・減災対策へ貢献する。

①海域地震発生帯の実態解明研究：海底地殻変動観測技術の開発及び海底震源断層の高精度広域調査

南海トラフ、日本海溝等の日本列島周辺の海域地震発生帯において、地殻活動等を連続かつリアルタイムに観測するシステムを開発・整備する。また、南海トラフのセグメント境界、津波地震を引き起こす可能性がある日本海溝アウターライズ域の潜在断層、沿岸域の海底活断層等の緊急性・重要性が高い海域の海底震源断層の構造等について精緻な調査観測研究を実施し、海溝型地震発生帯の実態解明に向けた研究開発を進める。

②海域地震・津波等のメカニズムの理解・解明に関する研究開発

地震・津波観測監視システム(DONET)及び日本海溝海底地震津波観測網(S-net)といった海域地震・津波観測システムから得られるデータや関係する研究機関とのデータ相互交換の枠組みを活用し、地震発生、地震動及び津波の予測精度の向上に資する解析研究を行う。また、東日本大震災の教訓を踏まえ、現実的な地震・津波像に基づく地震・津波シミュレーション研究を行い、南海トラフ、南西諸島域及び日本海溝等の日本列島周辺海域における地震・津波ハザード(災害誘因)の評価を進めるとともに、各種予測計算等の準備を実施し、日本海溝や南海トラフ周辺海域等の地震・津波による被害の軽減に向けた情報基盤プラットフォームを構築する。さらに、これらの科学的知見を活用し、海域地殻変動や海底変動に起因する災害ポテンシャルの評価とそれに基づく地域への影響評価を行うことにより、国及び地方自治体の防災・減災対策へ貢献する。

③(地震・津波等による)海洋生態系の被害と回復過程の解明に関する研究開発

【1. 1にも掲載】

東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、多量のがれきの流出や藻場・干潟の喪失等が発生し、沿岸域の漁場を含め海洋生態系が大きく変化したことから、海洋生態系の回復と漁業の復興が緊急かつ重要な課題である。このため、大学や研究機関等による復興支援のためのネットワークとして東北マリンサイエンス拠点を構築し、関係省庁や地元自治体、地元漁協等と連携しつつ、海洋生態系の調査研究を実施する。具体的には、対象海域の物理・化学的環境と生物動態について総合的に調査研究し、東北地方太平洋沖地震・津波後の海洋生態系の変動メカニズムを把握することで、地震・津波が東北沿岸域の海洋生態系に与えた影響と回復過程、並びに、生物多様性や生態系を保全した持続的漁業のあり方についての科学的知見やデータを集積し、研究者及び産学官の関係機関の利用に供する。

(4) 中目標の達成状況の評価のための指標(目標値)

◇アウトカム指標

○海域地震の発生メカニズムの解明とこれが社会・環境へ与える影響に関する知見

の政策的議論への反映

- 生物多様性や生態系の回復が可能なレジリエントな沿岸域構築への貢献
- 国、地方公共団体等における防災・減災対策への貢献

◇アウトプット指標

○海域地震発生帯における動的挙動の把握

- ・地殻構造、地震発生履歴、海域震源断層、海底地形等に関する観測データの取得状況（新規取得データ数とデータの公開状況）

○海域地震の発生メカニズムと社会・環境への影響の理解の進展

- ・地震動や津波の予測精度の向上に資するデータ解析研究、ハザード評価の取組状況、災害ポテンシャル評価の取組状況等の研究開発成果（研究成果報道発表数、査読付き論文発表数）

○地震・津波が海洋生態系に与えた影響と回復過程の理解（研究成果報道発表数、査読付き論文発表数）

○得られたデータや科学的知見の集積、国や地方自治体等の関係機関への提供実績（地方自治体等からの委託又は共同研究課題数）

4. 基盤的技術の開発と未来の産業創造

(1) 大目標（第5期基本計画等に掲げられた目標）

①海洋の調査・観測、開発・利用を支える基盤的技術の開発

- 海洋に関しては、我が国は世界第6位の排他的経済水域を有しており、「海洋立国」として、そ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、着実に取り組んでいくことが求められる。海洋に関する科学技術としては、氷海域、深海部、海底を含む海洋の調査・観測技術、海洋資源（生物資源を含む。）、輸送、観光、環境保全等の海洋の持続可能な開発・利用等に資する技術、海洋の安全の確保に資する技術、これらを支える科学的知見・基盤的技術などが挙げられる。（第5期基本計画）【再掲】
- 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。（海洋基本計画）
- 船舶等の計画的な整備、研究機関や大学等の船舶の共同利用、小型で高性能な無人探査機など調査効率化のための技術開発等を推進する。（海洋基本計画）

②超スマート社会の実現（Society 5.0）

- ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。このため、超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要となる基盤技術について速やかな強化を図る。（第5期基本計画）

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

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、深海探査技術や掘削技術等の最先端の調査・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。特に、超スマート社会の実現に向けては、海洋研究や観測において取得されるビッグデータ等を積極的に活用することが不可欠である。このため、ビッグデータ解析技術、AI技術、センサ技術、ロボット技術、バイオテクノロジー等のICT関係技術を強化し、これらを活用した研究開発を進める。

また、これらの研究開発を通じて、前記1～3の研究開発を支えるだけでなく、深海生物特有の機能等を活用した革新的なイノベーションの創出など、未来の産業創造に貢献する。

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

i. 最先端の海洋空間の調査・観測・開発利用技術の開発・運用

深海探査技術や掘削技術等の調査・観測技術の高度化を図るとともに、センサ、ロボット等の超スマート社会を支える基盤技術の強化し、海洋空間の積極的な利活用につなげるために、先進的基盤技術や高精度・高機能観測システム及び海洋空間利用技術の開発を進める。

その際、開発された技術が研究開発のみならず、我が国の産業競争力の強化にも資するよう、オープンイノベーションにより大学や中小企業を含め様々な機関との協働を進めるとともに、オープン・アンド・クローズド戦略や知的財産戦略、標準化戦略を意識して研究開発を推進する。

① 先進的基盤技術の研究開発

高精度で効率的な観測・探査システムの構築を推進するため、音響通信・複合通信システム、計測・センシング、測位、検知・探知、モニタリング、試料採取、分析等に係る先進的要素技術、探査・観測システム等の長期運用に必要となるエネルギーシステム、深海底での調査や観測のためのセンサや観測プラットフォーム設置に係る技術等について、先進的な研究開発を行う。

② 高精度・高機能観測システムの開発

深海等の未知の領域を効率的に探査するための海中・海底探査システム及びそれらに関連するサブシステム並びに長期にわたり広範囲な海洋空間を高精度で観測するための3次元観測システム開発を行う。

特に、深海探査システムの高度化については、「今後の深海探査システムの在り方」を踏まえ、各研究分野・水深別のニーズや技術的なフィージビリティを踏まえながら有人探査機及び無人探査機のそれぞれの特性を活かした機動的かつ統合的な深海探査システムを構築することとする。また、掘削技術については、科学的に重要な試料を取得するため、大水深に対応した掘削機器や、高温・高圧環境下において長期間観測が可能なセンサ等を開発し、掘削システムの高度化を図る。

③ 海洋空間のガバナンス強化と有効利用に資する革新的な観測・計測技術

【1. 1にも掲載】

海に囲まれている我が国において、海洋ガバナンスを図りつつ海洋空間を有効に活用するため、海洋空間における海洋生態系や海洋環境等の状況を適確に把握するための技術を確立していく必要がある。このため、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。

ii. 海洋ビッグデータの整備・活用

海洋の調査・観測で得られる多様で膨大なデータ（海洋ビッグデータ）の収集、解

析等を通じ、ビッグデータ、AI等の超スマート社会を支える基盤技術の強化を図るため、「地球シミュレータ」等を最大限に活用し、海洋地球科学の推進のために必要な先端的な融合情報科学を推進する。また、海洋ビッグデータを用いて多様な経済・社会的課題の解決や新しい価値の創出に貢献するため、他分野との連携・融合を図りつつ、情報の活用を推進する。

①先進的プロセスモデルの開発

様々なスケールの諸現象を高精度に予測するため、「地球シミュレータ」等を最大限活用して、数理科学を基盤とした領域横断的アプローチにより個別問題を統合問題としてとらえて基盤となる手法を開発し、先端的な数理・物理モデルやシミュレーション手法を開発する。それらを用いて数値実験を行い、諸プロセスの再現性を実証的に評価してモデルの信頼性を向上させる。

②海洋ビッグデータの活用による経済・社会的課題の解決

海洋ビッグデータを気候変動への適応・緩和や海洋生態系の保全及び持続的利用、海洋鉱物資源の安定的な確保、地震・津波などの大規模な自然災害への防災・減災などの経済・社会的課題の解決に活用するため、データの収集・解析・集約を加速し、多種多様なデータをリアルタイムで統合・解析するためのデータ統合・解析システム（DIAS）や海洋状況把握（MDA : Maritime Domain Awareness）等の連携を図る。

③地球環境情報基盤を活用した新たな価値の創出

世界に先駆けた超スマート社会の実現（Society 5.0）に向けて、海洋ビッグデータを、社会の様々な課題解決に利用可能な情報とするために適切に収集・管理・保管・提供するとともに、新たな価値を創造するための基盤（地球環境情報基盤）となる統合データセットを構築する。また、他分野との連携・融合を図り、これらビッグデータから抽出した情報を活用してイノベーションの創出を目指す。

iii. 海洋特有の機能を活かした科学技術イノベーションの創出

深海・深海底等の海洋における極限環境下といった科学的調査が進んでいない海域には、数多くの未発見の生物や微生物が生息し、表層域とは異なる生態系や環境-生物・微生物間の共生システム、生命の進化プロセスが構築されていると考えられている。この中には、人類社会に有用な機能を持つ深海生物等も存在するため、これら未知の有用な機能や遺伝資源の発見とそれに続く創薬などの革新的なイノベーションの創出に向けて、海洋生物特有の機能等に関する研究開発を積極的に推進する。

○極限環境下等での海洋生物特有の機能等に関する研究開発

最先端の探査システム等を活用し、人類未到領域や深海域等の極限環境生命圏の探査を行い、微生物生態系の構造や環境-微生物-生物間における共生システムの相互作用及び生命の進化プロセスに関して科学的知見を蓄積する。これにより得られた試

料や知見を用いて、**特殊**環境下での物理・化学プロセスの理解を進めるとともに、特有の機能に関する応用研究を展開し、更なる生命機能の利用可能性を示す。また、異分野融合や産学官連携を強化して、深海・海洋生物が生産する有用な酵素、生理活性物質等の機能及び生産技術に関する研究を実施することにより、新規の深海・海洋生物由来の機能等を最大限に活用したイノベーションを創出する。

iv. 「Society 5.0」の実現に向けた経済社会・科学技術イノベーション

経済社会・科学技術イノベーションの活性化に向けて、海洋分野においても官民連携による「未来への投資」を拡大していくことが重要である。このため、産業界・関係省庁との連携を図りながら、海洋観測のビッグデータも有効に活用しつつ、海洋環境、水産、海運、調査・計測等の海洋産業の高度化に資する研究開発について、検討し具体化を図る。

(4) 中目標達成状況の評価のための指標（目標値）

◇アウトカム指標

- 最先端技術の開発による1～3の研究開発への貢献
- 超スマート社会への貢献に向けての海洋研究成果の活用
- 海洋科学技術による革新的なイノベーションの創出
- 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）

◇アウトプット指標

- 調査・観測技術の開発状況及び運用実績（開発件数、実海域での活用実績）
- 先端的**融合情報科学の推進状況及び運用実績（開発件数、スパコン等の利用率）
- 新規に**DIAS**に格納されたデータ・情報の数（データセット数）
- 商業化やイノベーション創出に向けた取組状況（特許出願件数、成果報告セミナー等への参加企業数）

5. 海洋科学技術を支える基礎的研究の推進

(1) 大目標（第5期基本計画等に掲げられた目標）

- 海洋に関する科学技術としては、氷海域、深海部、海底下を含む海洋の調査・観測技術、海洋資源（生物資源を含む。）、輸送、観光、環境保全等の海洋の持続可能な開発・利用等に資する技術、海洋の安全の確保に資する技術、これらを支える科学的知見・基盤的技術などが挙げられる。（第5期基本計画）【再掲】
- 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。（海洋基本計画）【再掲】

(2) 大目標達成のために必要な中目標（文部科学省の役割）

海洋には、アクセス困難な深海底・氷海域や、多種多様な未知の生物種の存在など、その実態が未だ十分に解明されていない領域が残されているため、科学的調査や観測によってその実態を解明する。また、海底下の掘削により地球深部の試料を採取し、掘削孔を利用した地球内部観測を行うことで、地球内部での水・炭素循環と海底資源の生成、地下生命圏の生成や進化、地殻の形成・変動と地震活動など、地球の内部構造と変化の過程、生命の進化の過程等に関する新たな知見を蓄積していくとともに、[国内外の研究機関での知見の活用や国際的取組への貢献を図る。](#)

(3) 中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組

i. 基礎研究の推進

広大な海洋空間を継続的・長期的に観測するとともに、海洋に関する科学的知見の充実を図るため、前記1～3に示す海洋科学技術の各分野の研究開発を進めるとともに、海洋に関する学術的・基礎的研究に長期的かつ継続的に取り組むこととする。なお、こうした基礎研究で得られた科学的知見は、人類共通の知的資産の飛躍的増大に貢献するものであるのみならず、海洋の開発・利用や海洋環境の保全、気候変動等の地球規模課題や海洋由来の自然災害への対応等、経済・社会上の諸課題解決のための重要な基盤となることに留意すべきである。

ii. 掘削科学等による科学的知見の拡大

平成25年10月から開始された多国間科学研究協力プロジェクトである海洋掘削の技術開発は、海底下という未踏のフロンティアへのアプローチを可能なものとし、その結果、多数の研究課題が生まれている。また、地球内部には地球の変動の歴史が記録されており、地上では観測が難しい地球のダイナミックな変動を直接観測することができる場所があるため、掘削により地球深部の試料を採取し、掘削孔を利用した地球内部観測を行うことで、地球内部での水・炭素循環と海底資源の生成、地下生命圏の生成や進化、地殻の形成・変動と地震活動等に関する新たな知見を蓄積していくこ

とが期待できる。

このため、「国際深海科学掘削計画 (IODP)」(平成 25 年 10 月～)を推進し、海洋研究開発機構が運用する地球深部探査船「ちきゅう」等による海洋掘削を行うとともに、地球を構成する物質の直接採取、分析及び現場観測を実施し、数値解析手法やモデリング手法等を用いることで、海洋・地球・生命を関連させた全地球内部ダイナミクスモデルの構築とその理解の推進を図り、多様な探査と地球深部への掘削により掘削科学の新たな可能性を切り拓く。また、海洋掘削に関する総合的な知見に基づき、今後需要が増すと見込まれる超深度掘削技術の発展に寄与する。

(4) 中目標達成状況の評価のための指標 (目標値)

◇アウトカム指標

- 未解明領域における新たな知見の獲得及び活用 (論文被引用数、被引用回数トップ 10%論文数割合の向上)

◇アウトプット指標

- 掘削科学等の基礎的研究に関する実績 (査読付き論文数、国際共同研究への研究参画者数)

Ⅲ. 研究開発の企画・推進・評価を行う上で留意すべき推進方策

本章では、第5期基本計画のうち第4章（科学技術イノベーションの基盤的な力の強化）、第5章（イノベーション創出に向けた人材、知、資金の好循環システムの構築）、第6章（科学技術イノベーションと社会との関係深化）に関し、海洋科学技術分野の研究開発を進めるにあたって留意すべき事項について記載する。

（1）人材育成

海洋科学技術分野では、国際協力関係を基にした全海洋の解明を急速に進める一方で、国際競争の激しさも増しつつあり、その担い手となる人材の育成が急務とされている。同分野で求められる人材像は、海洋研究分野が、①自然科学のあらゆる分野の横断的かつ専門的な基礎研究と、海洋の特殊環境を攻略するための高度な先端技術の開発研究との双方が、密接かつ強固に連携と融合をしていること、②水産業や海洋資源の利用で国内外の市民生活に直接かかわること、③ひとつに繋がる海を対象とするために常に国際的であること、**の特徴**を有することを踏まえて考える必要がある。特に、イノベーション創出や国際的に海洋のガバナンスの実現が求められている現状では、①専門分野に関する深い知識や学際的に幅広い視野及び見識を持つだけでなく（専門性、学際性）、②社会との関係や研究成果の社会実装を意識しつつ研究開発を遂行することができる能力（社会性）、③更には国際的に議論をリードできる能力（論理性、国際性）をも兼ね備えた人材の育成が強く求められている。

そこで、研究プロジェクトの実施に当たっては、幅広い分野から積極的に大学院生や博士研究員を含む若手人材の参画を求めるとともに、クロスアポイントメント、連携大学院制度等を活用して、産学官が連携して若手の海洋科学技術人材の育成を図る。また、国際学術集会やワークショップ、国際的な研究者ネットワークへの若手人材の参画等を促進し、国際的に活躍できる人材の育成を目指すとともに、**優れた外国人研究者・技術者を受け入れ、活躍を促進していくことで、国際的な研究者ネットワークの機能強化を図る**。さらに、海洋分野で活躍する女性研究者や技術者等ロールモデルとの高校生や学生・大学院生との交流の機会を設けるなど、**様々な**海洋分野への女性の進出を促進する。また、初等中等教育の現場において、海洋分野の研究者を講師とする出前授業や海洋観測の乗船体験等の体験学習などを実施し、児童・生徒が**海**に対する理解を深められる機会を提供する。なお、海への理解を深める一助として副読本の活用も有効と考えられる。

（2）オープンサイエンスの推進

海洋地球観測データ・気候変動予測データ等の研究活動を通じて得られたデータやサンプル等については、国家安全保障等に関するデータや商業目的で収集されたデータなど機微なものを除き、原則として、研究者をはじめ一般国民が利用しやすい形で整理・保管し、提供する。ただし、国益等を意識したオープン・アンド・クローズド

戦略や、個人のプライバシー保護や財産的価値ある成果物保護の観点から制限事項を設けるなどの知的財産の実施等にも留意する。

(3) オープンイノベーション（産学官連携）の推進

産業競争力の強化や経済・社会的課題の解決に対して新しいソリューションを提供するためには、分野・組織・地域の垣根を越えた、人材・知識・資金結集の「場」の形成とその活用を図る必要がある。

このため、国内外の大学、企業、公的研究機関等が連携・協力を戦略的に進め、組織内外の知識や技術を活用して新たな価値を創出するとともに、海洋科学技術分野の研究開発で得られた知見・技術・成果の社会還元を一層推進する。

また、現在オープンイノベーションが本格化し、組織対組織の本格的な産学官連携が増加しているなか、人材・知識・資金の好循環によって、産業界には投資以上の成果がもたらされ、大学・研究開発法人には将来の成長の土台となる財政力・経営力強化を可能とする関係を構築していく。

さらに、大学や国立研究開発法人におけるベンチャー創出機能の強化、科学技術イノベーション志向の公共調達の拡大や産学官の人材流動の促進等の組織マネジメントの強化、戦略的な知財化まで含めた研究開発ファンディングの改革などに関する方策の検討を進め、本格的な産学官連携の促進を図っていく。

その際には、異分野の研究者を積極的に受け入れ、境界をなくすことによって、それまで想定できなかったような新たな価値の創出が起り得ることに留意するとともに、研究開発の初期段階から、オープン・アンド・クローズド戦略や知的財産戦略、標準化戦略の検討を行うことが必要である。

(4) 国家安全保障分野での活用

我が国の安全保障を巡る環境が一層厳しさを増している中で、国及び国民の安全・安心を確保するためには、我が国の様々な高い技術力の活用が重要である。特に、科学技術には多義性があり、ある目的のために研究開発した成果が他の目的に活用できる場合も多い。このため、国家安全保障戦略を踏まえ、関係府省・関係機関連携の下、海洋科学技術分野の成果を国家安全保障上の諸課題に対しても適切に活用していく。

(5) 社会（ステークホルダー）との関係深化

海洋科学技術を推進する上では、幅広いステークホルダーとの双方向での対話・共同による関係深化を図ることが重要である。海洋の保全と利用の在り方等について国際的にも様々な議論が活発化している中、水産業者、海運業者、港湾事業者をはじめ海を利用する多くの国民が、海洋生態系の保存や持続可能な生産の重要性など海洋環境に関する科学的な理解を深めることは、科学的根拠に基づく海洋生物資源の管理、保全及び持続可能な利用を促す上で必要不可欠である。

このため、海洋研究開発機構をはじめとする海洋分野の研究機関及び研究者・技術

者は、水産業者等の利害関係者への説明会、公開シンポジウム、施設公開イベント等を通じて、分かりやすく研究開発成果を伝えるアウトリーチ活動を積極的に推進する。

(6) 関係府省庁連携

海洋科学技術分野の研究開発は、文部科学省をはじめ、内閣府、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省等、多くの関係府省で様々な取組が行われており、政府全体で効果的・効率的な研究開発が行われるよう、関係府省間での役割分担や連携を進めていくことが重要である。研究開発成果の民間移転等によるイノベーション創出を図るためには、産学官・関係府省が連携し、社会の多様なステークホルダーとも協働しながら、また、府省及び分野の枠を超えて横断的に取り組む府省横断型のプロジェクト等を最大限に活用しながら、研究開発から社会実装までの取組を一体的に進めていく必要がある。

(7) 国際協働

気候変動や海洋酸性化、海洋生物多様性の減少等の地球規模課題への対応に当たっては、我が国のポテンシャルを生かして国際連携・協力を積極的に関与し、世界の発展へ貢献していくことが重要である。それとともに、海洋立国日本としては、海洋の持続的な利用と環境の保全との調和のため、科学的根拠に基づいた海洋のガバナンスの在り方の実現に向けて、**国際的な情報発信を積極的に行い**、国際的な議論や取組をリードしていく必要がある。

このため、極域も含めた海洋観測の分野などでは、国際的な枠組みの中で総合的な調査研究を推進し、我が国のプレゼンス向上を図るとともに、科学的根拠に基づく国際的なルール作りを主導していくことが求められている。