

**今後の海洋科学技術分野の在り方について 【見え消し】**  
**～国連海洋科学の 10 年、関連する主な基本計画を踏まえ～**  
 骨子（案）

<目次>

I. はじめに

II. 今後の海洋科学技術分野の在り方について

1. 将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方について
  - (1) 海洋観測・データ取得の在り方について
    - 1) 観測技術の高度化
    - 2) 観測における国内・国外機関との連携
    - 3) 観測の空白域となる北極域観測の強化
  - (2) 海洋に関するデータ共有・収集・整理と他のデータとの連携について
    - 1) データ連携基盤の活用による海洋データの高付加価値化
    - 2) データ共有・収集・整理に向けた通信技術
2. 気候変動問題△解決対応（カーボンニュートラルへの貢献等）に資する海洋科学技術の在り方について
  - 1) 海洋科学技術分野における気候変動問題解決への貢献
  - 2) 気候変動問題解決に係る海洋科学技術分野における課題と方策
3. 安全・安心な社会の構築に資する海洋科学技術の在り方について（~~海洋科学掘削を除く~~）
  - (1) 防災・減災及び復興△の貢献について
    - 1) 海洋科学技術分野における防災・減災及び復興への貢献
    - 2) 防災・減災及び復興に係る海洋科学技術分野における課題と方策
  - (2) 経済安全保障等について 海洋地形調査や海底資源探査の促進等
    - 1) 海洋科学技術分野における経済安全保障等への貢献
    - 2) 経済安全保障等に係る海洋科学技術分野における課題と方策
      - ②①海底資源探査に必要な海洋科学技術の課題と方策
      - ①②海底地形調査に関する海洋科学技術の課題と方策
4. 持続可能な海洋利用に向けた海洋生態系の理解に資する海洋科学技術の及び持続可能な利用△の貢献の在り方について
  - 1) 海洋科学技術分野における多様な海洋生態系の理解の深化や、持続可能な利用への貢献
  - 2) 多様な海洋生態系の理解に向けた海洋科学技術の深化や持続可能な利用のための課題と方策
5. 海洋分野における総合知及び市民参加型の取組
  - 1) 海洋の関係者の多様化の必要性
  - 2) 総合知の創出・活用や市民参加型の取組で期待される効果
  - 3) 総合知の創出・活用や市民参加型の取組を推進するために必要な方策

~~6. その他~~

## I. はじめに

地球表面の約7割を占め、地球最大の多様な生態系を有する海は、古くから水産・エネルギー・鉱物資源などの恵みをもたらす場として我々人類の社会・経済活動を支えてきた。一方、近年は社会・経済活動に伴う海洋環境の変化（地球温暖化、海洋酸性化、海洋貧酸素化、海洋プラスチック等による海洋汚染など）により、海洋生態系の劣化、津波・高潮などの災害の激甚化が危惧されている。

そのような中、昨年（2021年）からは、豊かな海を守るために国連で合意した「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年（2021-2030）」及び我が国が目指す社会（Society 5.0）を実現するための「第6期科学技術・イノベーション基本計画」の実施期間がはじまり、海洋科学技術の発展に向け画期的な年となった。

特に、四方を海で囲まれた我が国における海洋科学技術は、災害への対応を含めた安全・安心の確保、資源開発など我が国が直面する社会課題の解決に直結するものであるとともに、近年では、探査技術、ロボット技術などの様々な先端技術開発の場として人類の知的生産活動を支えはじめてきている。同様に、世界に目を向けると海洋科学技術への投資を増加してきている国も多数あり<sup>1</sup>、今なお人類に残されたフロンティアである海洋に対し、様々な観測技術や必要となる基盤技術の開発など、海洋科学技術の重要性は、ますます高まっているといえる。

折しも、2024年度には第4期海洋基本計画を迎える。このような中、当分科会は、科学技術が海洋政策に貢献すべき課題とそれに関する施策について検討を行った。検討においては、まず目指すべき海の姿と達成年度を持続可能な開発のための国連海洋科学の10年に合わせた。また、第6期科学技術・イノベーション基本計画等を踏まえ、

- 幅広い分野間のデータ連携とデータ駆動型研究等の推進
  - 研究デジタルトランスフォーメーション(研究DX)による研究の高付加価値化
  - カーボンニュートラルに寄与する革新的な技術開発の実施
  - 経済安全保障の視点も含めた我が国の安全・安心な社会の実現
  - 人文・社会科学の「知」と自然科学の「知」の融合による「総合知」の活用
  - Society5.0の実現に向けたサイバー空間とフィジカル空間との融合
- などを勘案した。

本報告書では、今後の海洋科学技術の推進すべき分野を掲げるとともに、その分野ごとに課題と方策を明記している。そして、方策については、第4期海洋基本計画策定に向けた提言にもなるように出来るだけ具体的に記載している。

なお、海洋科学技術分野では、長期継続的な観測や基盤構築のための研究開発も長い時間を重要する。そのため、本分野だけに限らず、長期的視野に立った研究開発や研究開発の特性等を踏まえた適切な評価等を行うことが必要。また、及びこれらの研究開発の取組・成果を国民に理解してもらうための努力も必要である。

<sup>1</sup> the Global Ocean Science Report 2020 (UNESCO/IOC)

## II. 今後の海洋科学技術分野の在り方について

### 1. 将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方について

#### (1) 海洋観測・データ取得の在り方について

- ① 海洋観測・データ取得・研究基盤の現状を踏まえ、海洋分野において産学官を含めた国内機関の連携を促進するために、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ② 海洋観測・データ取得・研究基盤の現状を踏まえ、海洋分野において国内の各機関が、他国の機関と効果的に連携を進めていくために、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ③ 海洋分野における効果的・効率的な観測体制の在り方とはどのようなものか。また、その実現のために強化すべき取組・技術開発は何か。

#### 1) 観測技術の高度化

- 海洋観測は海洋科学技術を支える最も基礎・基盤的な取組であり、沿岸域から深海、海底下及び極域など、広く、かつ深い海洋環境を観測・把握することが重要。効率的・効果的な観測には、海洋の調査・観測技術を絶えず向上させていくことが必須。
- 従前の研究船等での有人観測・サンプリングや、フロート、海底設置型観測機器、係留系観測機器、自律型無人潜水機（AUV）、遠隔操作型無人潜水機（ROV）などを用いた観測を着実に進めていくことが必要。
- 特に、AUV、ROVなどの海中ロボティクス、自律型無人洋上機（ASV）、海底ケーブルの活用による新たな観測システム（分散型音響センシング、海中スマートセンシング等）などの新たな研究開発を加速していくことが重要。
- なお、AUVは広域な海域の次世代観測システムとして、調査・観測に加え、洋上設備（洋上風力発電等）の保守・点検や海洋状況把握（MDA）など様々な分野での利用拡大が見込まれる。民間企業の投資を行う機運を醸成しつつ、各分野において必要となるAUV機数などを基に、量産化も見据えた産学官連携での開発を進めていく必要がある。
- 比較的取得方法が確立されている物理・化学データ<sup>2</sup>から、取得・分析手法が多様で標準化が困難な生物データ<sup>3</sup>まで、海洋データは多岐にわたる。観測目的・対象に応じて、適切な観測技術を活用する必要がある。有人観測と無人観測が組み合わせて行われることに留意しつつ、観測技術の高度化と併せて、観測機器間のインターフェースの標準化等を進めることも重要。
- 近年、海洋以外にもセンシング技術やロボット工学、宇宙・航空技術、給電・充電技術、人工知能（AI）等の活用による無人機の隊列・協調群制御技術などの様々な分野で技術開発が大きく進展。その中には洋上はもとより、水中や海底にも応用可能な技術も多く存在する。それら他分野の関連技術を海洋無人観測に取り入れるための研究開発<sup>4</sup>も進めることが重要。

<sup>2</sup> 水温データ、塩分データ、海流データ、溶存酸素データなど

<sup>3</sup> DNAデータ、生物分布データ、生物行動データなど

<sup>4</sup>  （例：観測機器のモジュール化、共通規格化、試験工程のデジタルツイン）等の研究開発

## 2) 観測における国内・国外機関との連携

- 広域な海洋の観測にあたり、その実施は一国のみでなしうるものではない。また、海洋は全地球でつながっており、観測で得られたデータは共有して組み合わせることで更なる価値を創出する。そのため、国内の関係機関間はもとより、国際協力による観測が必須。
- 海洋観測には既存の国際的枠組み<sup>5</sup>が存在し、我が国はこれまでも一定の貢献を行ってきた。今後はより組織的・戦略的に、国内関係者の海洋観測の目的や優先度等の共通理解を持ち、協働体制を構築しながら、その際、我が国の諸活動が、国内のニーズ（課題）への対応と併せてだけでなく、これら国際的枠組みへの貢献にもつなげることに留意。
- 観測における国際連携にあたっては、適切な技術流出対策とデータ管理・セキュリティ対策を実施することが前提にしつつ、我が国が強みを持つ技術を基に、今後の海洋観測・研究の要となるような海洋科学技術（機器・部品を含む）の研究開発を先導的に進めることが重要。
- 海洋大循環などの地球規模の海洋の変化を捉えるには長期観測が重要。国際連携を図りつつ、また、様々な関係機関間の連携や財政的資源の確保などを通じ、持続的観測を進める必要がある。その際、効率的な観測を持続的に実施するためには、研究コミュニティとオペレーショナル（運用・現業）コミュニティ間の相互連携と適切な役割分担が不可欠。

## 3) 観測の空白域となる北極域観測の強化

- 北極域は観測の空白域の一つであり、そこでの環境変動は全球に影響を及ぼすため、国際連携・協力等を通じた観測・研究を進めていく必要がある。
- 特に、令和3年度から建造開始した「北極域研究船」について、令和8年度の就航に向けて着実に建造工程を進めるとともに、海氷下の観測装置等の最新の観測機器など、未知の領域を探る科学調査船としての機器開発を進めることが必要。さらに、国際共同研究の実施や、研究者等養成の場ともなる国際研究プラットフォームとしての運用をはじめ国際協力による観測の強化を進めることが必要。
- また、地球温暖化をはじめとする気候変動問題に関する議論や、北極における資源の保護と利用及び航路等の国際的なルールメイキングの議論を先導していけるよう、環境変動・生態系変化のメカニズムに関する科学的知見及びエビデンスを蓄積していくことが重要。

<sup>5</sup> 国際アルゴ計画、GO-SHIP、OceanSITES など。

## (2) 海洋に関するデータ共有・収集・整理と他のデータとの連携について

- ① 海洋におけるデータ共有・収集・整理とデータ連携の現状を踏まえ、今後のデータ駆動型研究の推進のために必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ② 海洋分野において、デジタルプラットフォームを構築し、それらを活用して成果を創出していくために必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ③ 海洋におけるデータ通信技術の現状を踏まえ、今後必要な研究基盤や強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ④ 国内外でデータ共有を進める際の課題は何か。

### 1) データ連携基盤の活用による海洋データの高付加価値化

- データの利活用や流通の促進には、データフォーマットの整理・統一に加え、増大するデータに対応するための解析基盤の整備など、多くの関係者がデータを利活用しやすい仕組み作りとデータ活用人材の育成が必要。そのためにも、地球シミュレータをはじめとする我が国の計算機資源を活用しながら事例を積み重ねていくことが必要。
- また、データ統合・解析システム（DIAS）などの多くの分野にまたがるデータ連携基盤（データプラットフォーム）に海洋データの提供等を進めることで、気候・気象予測の更なる高度化や海洋生態系の保全・利用等にも活用可能な価値あるプロダクトの生成につながり、新たなサービスが創出されることも期待される。
- 既に構築が進められているデータ連携基盤への海洋データの積極的な提供を進めることが重要であり、その際、海洋データの観測者とデータ活用人材が連携してプロダクト生成を進めていくこと、及び海洋データの観測ニーズをデータ活用人材からフィードバックさせ、海洋観測網の最適化につなげていくことで、海洋分野における研究DXを加速させていくことが重要。

### 2) データ共有・収集・整理に向けた通信技術

- 海洋調査・観測において、リアルタイムでの大容量のデータ通信技術の開発ニーズが非常に高い。今後の外洋等の海洋調査・観測においては、無人省力化観測技術の向上が不可欠であり、海中や洋上等における廉価な大容量の通信インフラの構築及び利活用が必要。
- 海中光通信や衛星（小型衛星コンステレーション）・高高度プラットフォーム（HAPS）等による高速通信など通信技術の発展は目まぐるしく、今後、海洋開発・利用や海洋調査・観測など様々な活動において、パラダイム・シフトが起こる可能性がある。異分野の先端的な技術の進展動向を常に把握しつつ、海洋調査・観測（特に無人観測）にも取り入れることで、海洋分野の研究DXを加速していくことが重要。さらにこれを発展させ、海洋産業を含む我が国の海洋活動全体のDX化を産学官が一体となって推進していくことが重要。
- なお、観測データの容量そのものを減らすことも重要であり、無人観測における不要データの削除に向けて、人工知能（AI）等も活用による観測機器内でのエッジ処理技術を高度化させることも重要。

## 2. 気候変動問題への解決対応（カーボンニュートラルへの貢献等）に資する海洋科学技術の在り方について

- ① 海洋科学技術分野として気候変動問題へどのような貢献が考えられるか。
- ② 気候変動問題に貢献するため現状不足している研究開発・研究基盤・データは何か。
- ③ それらのデータをどの程度の時空間分解能で取得していくべきか。
- ④ 効果的・効率的なデータ取得に向けて必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。

### 1) 海洋科学技術分野における気候変動問題解決への貢献

- 海洋は、地球の熱や物質の循環に大きく寄与。その変化の把握は、気候変動を理解し予測する上で不可欠。海洋や洋上大気の変化に関する観測・予測の高度化を図ることで、気候変動とその影響に関する予測の精緻化・高度化への貢献に期待。
- ~~地球規模でのカーボンニュートラル実現が不可欠。ゼロエミッション技術だけでなく、ネガティブエミッション技術の開発が重要。~~

### 2) 気候変動問題解決に係るへの貢献のための海洋科学技術分野における課題と方策

#### （観測関係）

- 地球の気候を制御する重要な要因である、海洋と大気との間の熱・物質の交換の把握には、広域かつ観測技術の開発及び持続的な観測が不可欠。
- ~~無人観測技術は、効率的なデータ取得に有効。我が国においても産学官による無人観測技術の開発・運用を進める必要。~~
- 加えて、気候変動問題への対応は、ESG 活動をはじめ産業界でも様々な取組が進んでいるところ。海洋分野においても、産学官共同で必要なデータを効果的・効率的かつ持続的に取得する観測体制の構築が必要。
- さらに、気候変動の把握に向けて、海氷の急激な減少等、地球温暖化の影響がもっとも顕著に現れている北極域や南極域は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）においても注目を集めており、全球的な海洋大循環の把握に非常に重要な役割を果たす。
- 北極域は観測の空白域の一つであり、その環境変化のメカニズムに関する科学的知見は十分とは言えない。そのため、北極域の急激な環境変化の実態把握と我が国を含む人間社会に与える影響の評価、気候変動予測の高精度化のためにデータの充実が不可欠に向けた先進的な研究開発に取り組むことが必要。我が国も主体的に観測を実施するとともに、国際協力による観測の強化を進めることが必要。
- 南極域は近年になって南極氷床の融解が相次いで報告されてきおり、また、今後の拡大が危惧されている。これまで継続的に行われてきた観測を更に発展させ、海洋による南極氷床の融解の過程や氷床の質量損失等の詳細解明に向け、北極研究との連携を図りつつ、全球規模の海洋環境（海面上昇等）や海洋の深層循環への影響解明を進めることが重要。
- 北極域のビックデータの相互利用プラットフォームとなる北極域データアー

カイズシステム（ADS）が南極域にも拡張されており、両極のデータも含め、DIAS等とのメタデータ連携を進めていく必要もある。

#### （モデリング）

- 地球規模の気候変動問題への対応は人類共通の課題。予測技術の高度化に向けが必要であり、国内外のモデルの信頼性評価・活用や、全球の熱・物質循環等を統合的に扱う地球システムモデル及び日本周辺領域の詳細な気候変動影響評価研究に資する領域モデルなどの開発・改良が必要。
- 気候変動に関するモデリング研究は、海洋分野のデジタルトランスフォーメーションの取組を牽引。
- 気候変動は人類の社会・経済活動や生態系にも大きな影響を及ぼすため、気候変動に関するモデリング研究を進めることで、の緩和策・適応策の実効性や海洋生態系への影響を評価するなどにつなげることが重要、本取組を加速する必要。

#### （その他）

- 地球規模でのカーボンニュートラル実現が不可欠。ゼロエミッション技術だけでなく、気候変動の緩和策として注目されているネガティブエミッション技術についても、海洋科学技術分野として取組の強化が必要。

### 3. 安全・安心な社会の構築に資する海洋科学技術の在り方について (海洋科学掘削を除く)

#### (1) 防災・減災及び復興への貢献について

- ① 海洋科学技術分野として防災・減災及び復興分野へどのような貢献が考えられるか。
- ② 防災・減災及び復興分野に貢献するために現状不足している研究開発・研究基盤・データは何か。
- ③ それらのデータをどの程度の時空間分解能で取得していくべきか。
- ④ 効果的・効率的なデータ取得に向けて必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。

#### 1) 海洋科学技術分野における防災・減災及び復興への貢献

- 海洋は、プレートの沈み込みに伴う巨大地震発生の場合。日本周辺での巨大海溝型地震に対する地震防災を考える上で、海底観測は重要。
- 海底地震観測や地殻変動観測などの継続的な海底観測によって、海溝型地震の震源域近傍のプレート地殻の状態等を正確に把握し、その変化を監視することが可能となるため、特に、地震・津波の予測・予防、復興地震発生予測、ハザード評価、即時予測への貢献が期待。地震や台風などの災害発生後における、海洋生態系の回復、水産業の復興及びレジリエンスの向上への貢献が期待。
- また、地下構造探査やコア試料採取などによって、海底下の断層や地質構造、過去の地震履歴等を把握することで、巨大地震発生メカニズムの解明やその発生規模・サイクルの推測が可能となるため、地震発生シミュレーションの高度化につながり地震予測への貢献が期待。
- さらに、海洋は台風が発生・発達する場合であるなど気象災害とも深く関わる。近年では北極域で気象観測を強化することで、台風の進路予測の精度向上につながる研究成果も出ている。気象災害の予測・予防への貢献にも期待。

#### 2) 防災・減災及び復興に係る海洋科学技術分野における課題と方策

- 地震・津波の予測・評価の高精度化につなげるためには、災害の頻度や規模に応じた時間的・空間的な観測間隔の実現が求められる。自動無人航行やオンライン化による高頻度・リアルタイム化、観測点の増加が必要。
- 例えば、ケーブル式海底地震・津波観測網の整備を着実に進めるとともに、本ケーブルシステムを基幹とし、長期孔内観測装置や長期観測型自己浮上測機など様々な観測機器・システムを展開することによって、リアルタイム・高密度な観測網の実現を目指すことが重要。
- 海溝型地震に対する理解を深めるためには、深海域での調査・観測を可能とする技術開発を進め、観測点を増加させることが必要。また、津波の挙動の理解には、沿岸部の海底地形の把握が重要。
- 地震・津波や台風などの被災後も継続的に海洋環境・生態系モニタリングを実施し、被災前後のデータ分析を通じて海洋生態系の回復力を測ることで、や水産業をはじめとする被災地域の復興状況等の把握に寄与するとともに、得られた知見を、今後の防災・減災対策に活かし、被災データの記録や分析を通じてレジリエンスの持続的な向上につなげていくを図ることが重要。



## (2) 海底地形調査や海底資源探査の促進等経済安全保障等について

- ①海底地形調査や海底資源探査等の促進のためどのような取組が必要か。
- ②海底地形調査や海底資源探査等を促進するために現状不足している研究開発・研究基盤・データは何か。
- ③それらのデータをどの程度の時空間分解能で取得していくべきか。
- ④効果的・効率的なデータ取得に向けて必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。
- ⑤経済安全保障の観点から、海洋科学技術分野として貢献し得る取組は何か。
- ⑥観測データや研究開発成果等の適切な管理について留意すべき点は何か。

### 1) 海洋科学技術分野における経済安全保障等への貢献

- 排他的経済水域内に存在するエネルギー資源や、先端産業において重要性を増すレアメタル・レアアースなどの海底鉱物資源の確保は重要。
- 海底地形や海底地質に関する情報（以下「海底地形情報等」という。）は、領海基線の設定・延長大陸棚の決定等の国家の主権に関わる問題や、航海安全の確保、再生可能エネルギーの開発など、多岐にわたる分野において重要。
- 海底資源探査や海底地形調査等を促進することにより、我が国の経済安全保障等への貢献に期待。

### 2) 経済安全保障等に係る海洋科学技術分野における課題と方策

#### 2) 海底資源探査について

##### ① 海底資源探査の必要性

- 経済安全保障の観点から排他的経済水域内に存在するエネルギー資源や、先端産業において重要性を増すレアメタル・レアアースなどの鉱物海底資源は重要。

##### ① 海底資源探査に必要な海洋科学技術の課題と方策

- 効率的な海底資源探査の実施には、自動化された調査技術や遠隔操作が可能なロボット技術など、無人観測技術の活用が有効。
- 海底資源探査では、有望地を絞り込む準広域的な調査手法の開発や、海底資源の成因研究の推進が求められる。また、環境影響評価手法やモニタリング、活動中の海底熱水鉱床より生態系への影響が低いと考えられる潜頭鉱床を発見するための技術など、海洋資源開発による海洋環境・生態系への影響を低減するための考慮する観点からは、潜頭鉱床を発見するための技術開発が重有用。
- 海底資源量を評価するには、海底面だけでなく海底下の状況をより正確に把握することが重要。そのために、海中や氷海域で使用できる音波（ソナー）や電磁気などのセンシング技術の能力向上や高精度化も重要。
- また、大水深掘削によるレアアース泥回収技術の開発など、海洋鉱物資源開発に向けた探査・掘削技術の開発及び社会実装が必要。

##### ② 1) 海底地形調査について

### ① 海底地形情報等の必要性

海底地形や海底地質に関する情報（以下「海底地形情報等」という。）は、領海基線の設定・延長大陸棚の決定等の国家の主権に関わる問題や、航海安全の確保、効率的な海底資源探査、再生可能エネルギーの開発、地震や津波などのハザード評価など、多岐にわたる分野において重要。

### ② 海底地形調査に関する係る海洋科学技術の課題と方策

- 用途により海底地形情報等に求められる解像度が異なることから、必要となる解像度を海域別に整理することが必要。また、海底地形の時間的変化を把握するための調査頻度についても検討が必要。
- 海底地形調査の効率化のためには海底地形情報等の公開・共有が必要。公開・共有の範囲については、データの性質や用途等を踏まえ、国として統一的な整理が必要。
- より精緻な海底地形調査の実施や、海溝などの超深海、活動中の海底火山付近、極域の海氷・棚氷下といったアクセスが困難な地形の把握には、従来の船舶による調査に加え、無人観測機の活用が技術の活用が有効必須。日本における開発や運用に向けた取組を促進する必要。また、海底地形調査にこれまで用いられてなかったプロファイリングフロートや民間船の測深能力の活用も重要。

#### 4. 持続可能な海洋利用に向けた海洋生態系の理解及び持続可能な利用への貢献の在り方に資する海洋科学技術の在り方について

- ① 海洋科学技術分野として多様な海洋生態系の理解の深化や、持続可能な利用にどのような貢献が考えられるか。
- ② 多様な海洋生態系の理解の深化や、持続可能な利用に貢献するために現状不足している研究開発・研究基盤・データは何か。
- ③ それらのデータをどの程度の時空間分解能で取得していくべきか。
- ④ 効果的・効率的なデータ取得に向けて必要な研究基盤、強化すべき取組にはどのようなものがあるか。

##### 1) 海洋科学技術分野における多様な海洋生態系の理解の深化や、持続可能な利用への貢献

- SDGs への関心の高まりや、持続可能な開発のための国連海洋科学の 10 年の開始を契機に海洋生態系の情報に関する社会的ニーズが上昇。
- 海洋生態系の持続可能な利用の促進には、気候変動のみならず、沿岸開発・漁業活動などの人類の社会・経済活動がもたらす影響為的インパクトを含めた、海洋生態系の現状把握や将来予測の高度化が必要。
- 従来 of 生態学的手法により蓄積されたデータに、近年急速に進展した生命科学的な手法で得られたデータを加えて解析することによる、海洋生態系の理解の深化に期待。

##### 2) 多様な海洋生態系の理解の深化に向けた海洋科学技術や持続可能な利用のための課題と方策

###### (海洋生態系の理解の深化)

- 海洋生態系の総合的理解には、生物種・水域ごとの理解に加えて、これらの相互作用の関係を定量化し、海洋環境の異なる海域間をつなぐ新たな複合生態系モデルの開発が必要。
- 環境 DNA 等の生命科学分野の新たな観測・分析手法については、その可能性と適用可能な範囲を検証しつつ、柔軟に取り入れ、活用していくことが必要。また、海洋生物由来の有用機能の活用を進めていくことが必要。

###### (持続可能な利用)

- 水産資源並びに水生生物の機能や遺伝子資源の利用にあたっては、海洋生態系の現状把握や将来予測に基づき持続可能な指針を示すことが必要。
- 海洋生態系のデータ利用のさらなる拡大にあたっては、データの標準化・規格化に大きな期待。用途や分析範囲を明確にした体系的なデータ収集・ビッグデータ化、分析—機械学習などの活用によるデータ補完・分析技術などの研究が必要。
- サイバー空間に海洋生態系を構築し、現実空間の事象にフィードバックするデジタルツイン化は、海洋生態系の状況を可視化する有望なアプローチ。気候変動や災害開発等による海洋生態系への影響評価・予測の研究に加え、人類の社会・経済活動がもたらす影響を因るために、人文・社会科学の知を統

合した研究を行うことでなど、社会的ニーズに応えることが重要。その際  
で、アカデミアだけでなく地方自治体や産業界等も巻き込むことが重要。

- なお、海洋生態系の持続可能な利用に当たっては、対象生物やその生息環境が保護の対象となるかどうかを明確にするための調査研究を実施することが重要。

## 5. 海洋分野における総合知及び市民参加型の取組の在り方

- ① 海洋分野における総合知の創出・活用とはどのようなものか。
- ② 今後、海洋分野における総合知の創出・活用、市民参加型の取組が特に期待される領域は何か。また、これらによりどのような成果が期待できるか。
- ③ 総合知の創出・活用や市民参加型の取組の推進に当たって留意すべき点はどのようなものが考えられるか。
- ④ 総合知の創出・活用や市民参加型の取組の推進のためにはどのような仕組みが必要か。また、市民に、主体的に市民参加型の取組に参画してもらうために考えられる具体的な方策は何か。

### 1) 海洋の関係者の多様化の必要性

- 「総合知」とは、「科学の知」（自然科学＋人文・社会科学）に加え、「地域の知」、「暗黙知」、「臨床の知」などと呼ばれる幅広い現場での体験に基づく「経験知」が統合されたものと考えられる。総合知の創出には、「科学の知」における文理融合だけでなく、より幅広い分野の多様な関係者（ステークホルダー）人々との協働や対話が不可欠。
- 特に、海洋分野はステークホルダーの経験知（専門性）が深く多様であり、各ステークホルダーの知を統合するためには、市民参加型の海洋科学技術の研究（シチズンサイエンス）に取り組む場を正しく構築することが重要。
- 「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年」ではにおいても、人々と海をつなぎ、持続可能な開発のために多様なステークホルダーの参画による「変革的海洋科学」（「私たちの望む海」への移行に必要な革新的海洋科学）を実現するとしている。我が国も本取組を促進する必要がある。

### 2) 総合知の創出・活用や市民参加型の取組で期待される効果

#### （総合知の創出・活用）

- 特に持続可能性に関わる複合的な課題（気候変動の緩和・適応、海洋生態系保全など）に対する合意形成基盤として期待。
- 多様なステークホルダーが海洋科学に研究参加することによるで、適切な問題定義やゴール設定（仮説）と、そこに至るまでの適切な道筋の提示（検証）により持続可能な海洋利用が期待される。

#### （市民参加型の取組）

- 市民参加型の取組は、海洋に関するデータ・情報収集等に関する様々な取組の持続性向上や裾野拡大に期待が大きい。
- 海洋分野の特性に鑑み、市民の協力を得て研究者が進める海洋科学技術の研究から、市民が研究そのものに参画するシチズンサイエンスへの転換が重要となる。

#### （共通事項）

- 海洋の持続可能な利用に関する市民の主体的な関与当事者意識の醸成や、専門家と市民の間のパートナーシップの促進により、海洋の持続可能な利用に向けた基盤構築に期待。

- 現場の人々からの学び（専門家に無い視が見落としている点など）も期待でき、異なる「知」の新しい組み合わせによってイノベーションへとつなげることができる可能性がある。

### 3) 総合知の創出・活用や市民参加型の取組を推進するために必要な方策

- 多様なステークホルダー（行政含む）が参加するミッション志向型（問題解決型）の取組（将来的には地域の拠点形成につながることを期待）が有効。
- 多様なステークホルダー間でのサイエンスコミュニケーションを着実に進めや合意形成のファシリテーション等を担い、取組を適切にマネジメントできる人材を確保（の育成を含む）することが必要。
- 総合知の創出・活用や市民参加型の活動を持続的かつ自律的に広げていくための手法の体系化・継承やステークホルダー間の合意形成に関する研究が必要。
- 市民参加型の取組には観測データの収集による科学知の創出といったものも考えられる。市民への研究成果の還元など、参加によるメリットにより、これらの取組が継続されるような枠組みの構築が必要。

## 6. その他

### 1) 海洋科学技術分野における研究体制の在り方について

- 海洋観測・予測には既に国際的枠組みが存在。我が国の諸活動が、国内のニーズ（課題）への対応だけでなく、これら国際的枠組みへの貢献にもつながることが必要。組織的・戦略的に海洋観測や予測を行うための国内関係者の協働体制の構築が必要。
- データの利活用や流通の促進には、データフォーマットの整理・統一化に加え、増大するデータに対応するための解析基盤の整備など、データを多くの関係者が利活用しやすい仕組み作りと、データ人材の育成が必要。また、観測とモデリング研究は連携して進めることが有効。
- 効果的・効率的な観測を実施するためには、研究コミュニティとオペレーショナル（運用・現業）コミュニティ間の相互作用が不可欠。
- 海洋科学技術分野では、長期的な観測や基盤的な研究も重要。本分野だけに限らず、長期的視野に立った研究開発や研究開発の特性を踏まえた適切な評価等を行うことが必要。また、これらの研究成果を理解してもらうための努力も必要である。