

平成27年度内閣官房総合海洋政策本部事務局調査

# 人類の持続的な発展等に対する海洋に関する科学的 知見の貢献に関する調査

---

報告書

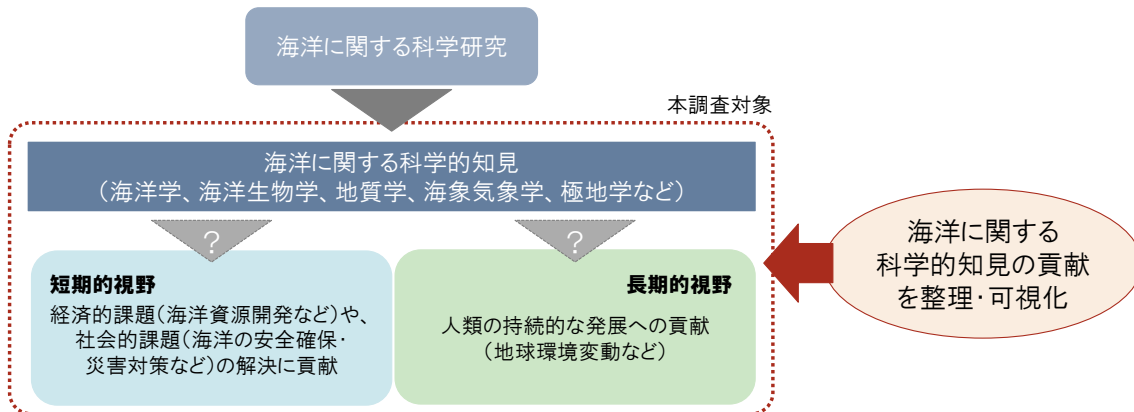
2016年3月

**MRI** 株式会社三菱総合研究所



## 調査の概要

海洋に関する科学的知見は、短期的・長期的の両面で社会・経済の課題解決や人類の持続的発展などに貢献し得る重要な事柄であるが、その具体的な貢献や重要性について、十分明確にされてきたとは言えない。そこで本調査では、海洋に関する科学的知見による短期的・長期的な様々な貢献の実績・可能性について、広く一般にもわかりやすい形で発信できるよう、情報の整理・可視化を行った。



具体的には、調査対象とする貢献事例として以下に示す 5 つを選定し、各事例に関して有識者・研究者に対するヒアリング調査や文献調査を通じて情報を収集・整理した。

| 貢献事例                    | 概要   |
|-------------------------|--|
| 【新たな知】海洋基礎科学による知の開拓     | <p>日本などが進めた海洋の探査・研究により、地球に最初に生まれた生命と思われる微生物の発見、海底掘削による地殻の解明など、地球と生命の起源と進化の研究は海を中心に発展し、人類の知の開拓に貢献してきた。海洋生物の研究が病気の解明や医薬品開発に貢献する等、実利も多い。</p> <p>また、ダイオウイカの深海中での撮影成功が日本中を沸かしたように、海洋科学の新たな発見は、知的好奇心の喚起、理科・科学への興味増進、博物館や水族館の来訪者増等、社会へ知的資産をもたらしている。</p> |
| 【食】水産資源の持続的確保（動態管理、養殖等） | <p>日本は天然魚（マイワシやスケトウダラ等）の資源量の増減要因について研究を進めており、乱獲による資源崩壊が生じないよう科学に基づく水産資源管理を主導している。</p> <p>また、日本は基礎研究を基に様々な魚の養殖に成功してきた。特に、困難とされていたクロマグロの養殖を 32 年間の研究を経て成功させ、安定的かつ安価に生産できている。日本の養殖技術はタイなど途上国へ移転し、食料生産にも貢献している。</p>                                  |

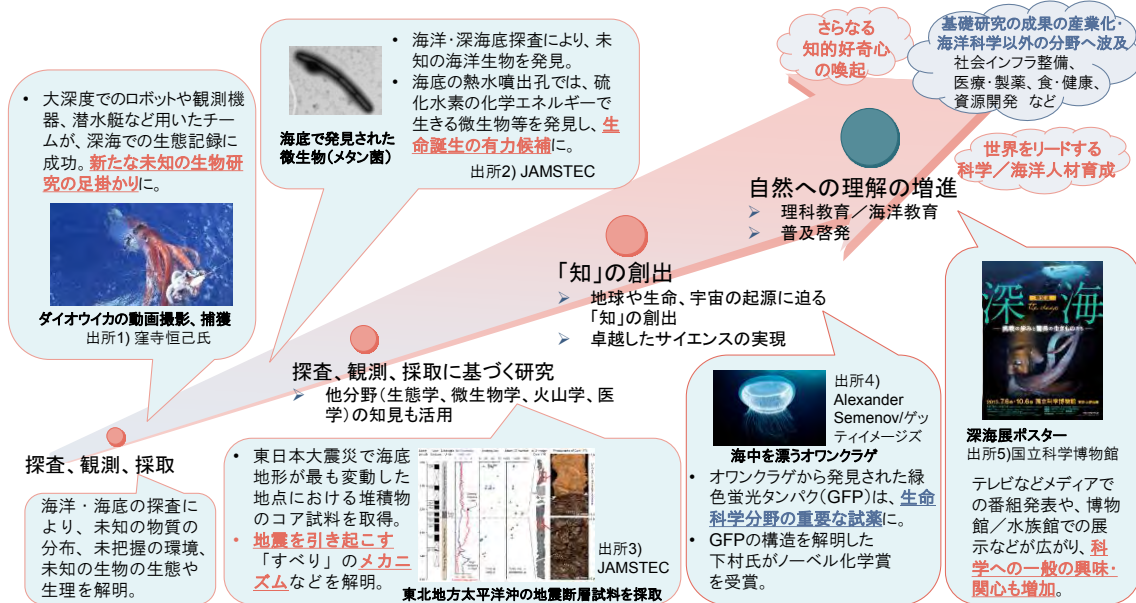
| 貢献事例                   | 概要  |
|------------------------|---|
| 【環境】気候変化、異常気象の予測と対応    | <p>海面水温上昇による水蒸気量の増加・豪雨の発生など、海と大気が互いに影響しあい、気象や気候の変化に影響していることが、長年の海の観測と研究によって明らかとなってきた。台風等の気象現象の解明や、猛暑・冷夏の季節予報等では海のデータが利用されている。</p> <p>今後、二酸化炭素増加など人為的要因による気候変動・温暖化の進行に伴い、こうした気象・気候現象の変化・激化も予想され、その対策のため、より正確な将来予測を可能とすべく、日本が海のデータを含めた予測手法の研究等で世界をリードしている。</p>  |
| 【安心・安全】地震・津波への防災・減災    | <p>日本は世界有数の地震・津波の被災国であり、これまで地震メカニズムの解明と、それに起因した津波の解明・予測技術の開発に取り組んできた。海底掘削による地震発生源（プレート境界）の調査、津波計などの観測技術、津波浸水域のシミュレーションの高精度化など、津波防災計画や地震発生直後の津波高・浸水予測、避難警報の発出などに貢献してきた。</p>  |
| 【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用 | <p>海には膨大な資源とエネルギー源が眠っており、科学的調査研究と、探査・開発技術の発展で、これら資源・エネルギーが利用可能となってきている。その代表例として、資源では、既に新潟県の岩船沖で大規模な油ガス田を発見・生産し、貴重な国産資源となっている。</p> <p>再生可能エネルギーでは、福島沖で洋上風力発電の建設が進み、震災復興に貢献しつつある。また、日本近海でも「燃える氷」と呼ばれるメタンハイドレートや、海底金属資源等の新しい資源が発見されており、実利用・生産に向けた研究開発が進んでいる。</p> |

また、貢献事例の選定や情報の収集・取りまとめ、海洋科学の将来的な貢献などについて検討するため、本調査に関する検討委員会を設置・運営した。検討委員会の委員は大学・公的研究機関の研究者、企業関係者、報道関係者などから10名で組織した。検討委員会での議事内容は以下の通りである。

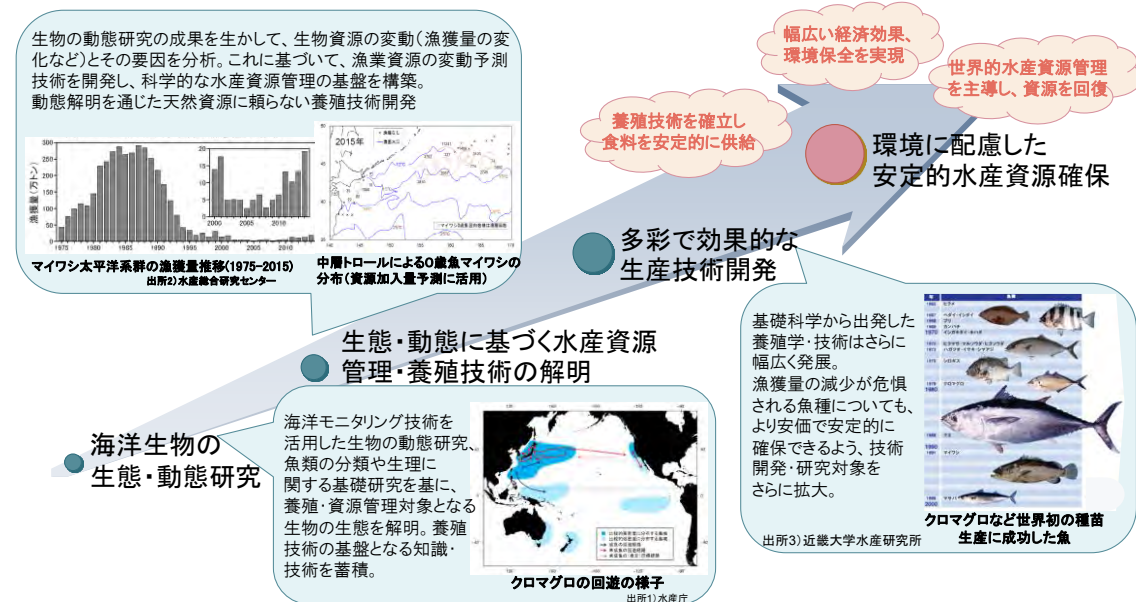
| 開催回・日                | 議事内容  |
|----------------------|---|
| 第1回<br>(2015年11月20日) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本調査および検討委員会の趣旨・概要</li> <li>・ 調査対象事例（候補）の検討</li> <li>・ 調査結果取りまとめイメージの検討</li> </ul>              |
| 第2回<br>(2016年1月6日)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査対象事例（候補）の選定</li> <li>・ 調査結果取りまとめ案に関する検討・助言</li> <li>・ ヒアリング対象など追加調査・情報収集に関する検討・助言</li> </ul> |
| 第3回<br>(2016年1月26日)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査結果取りまとめ案に関する修正・改善点の検討</li> </ul>   |

これらの調査・検討を通じて、5つの各貢献事例における基礎研究・観測から具体的な社会・経済への貢献までの全体像を時系列的に取りまとめた。また、取りまとめの結果は、総合海洋政策本部参与会議の下に設置されていた「海洋科学技術プロジェクトチーム」に報告した。以下に取りまとめ結果を示す。

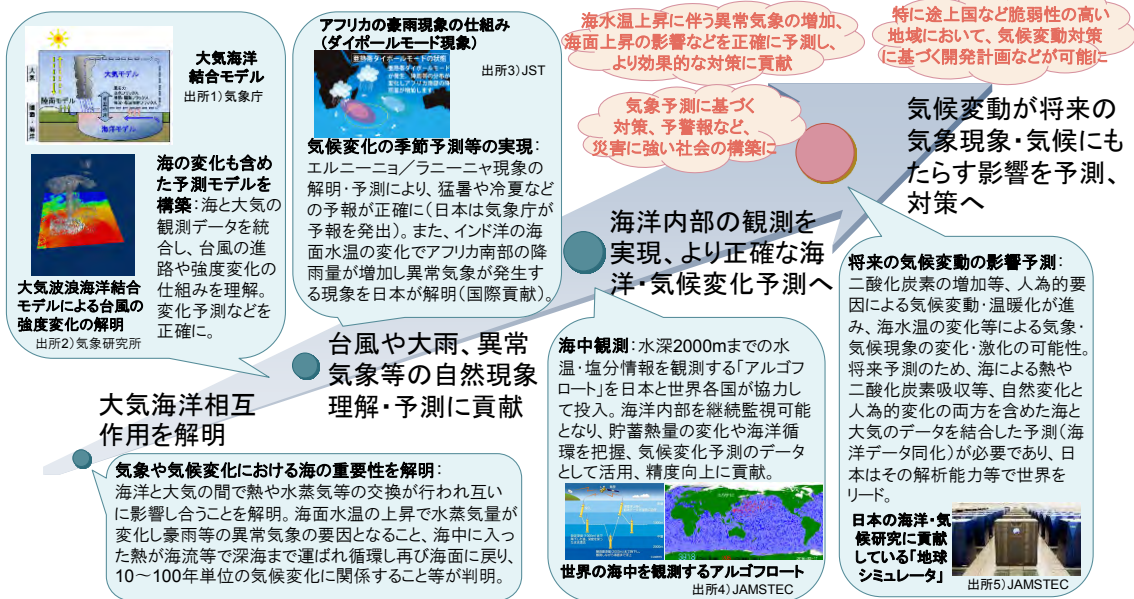
## 【新たな知】海洋基礎科学による知の開拓



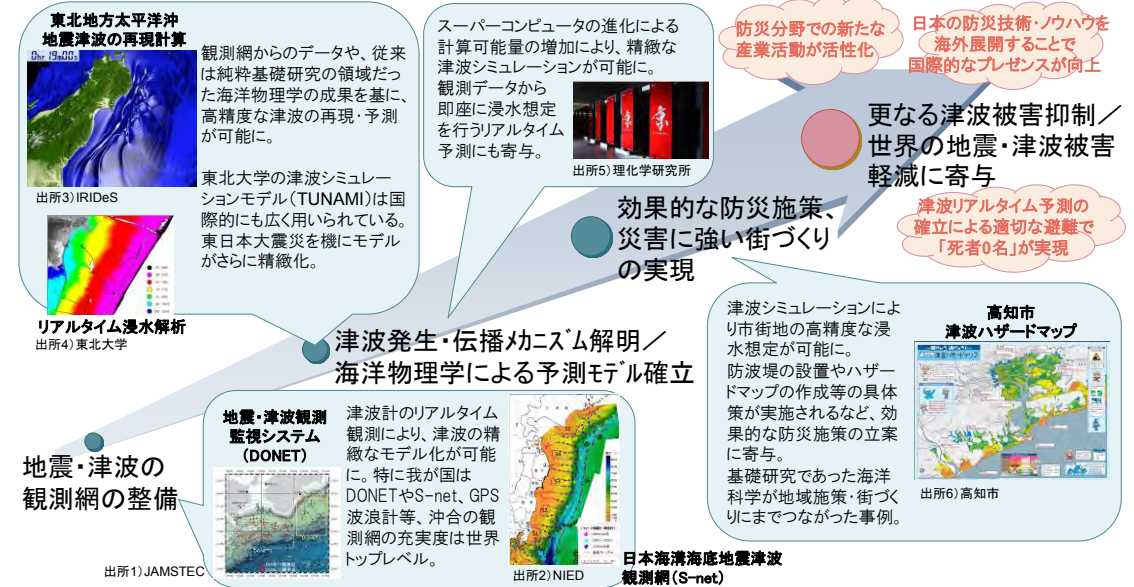
## 【食】水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等)



## 【環境】気候変化、異常気象の予測と対応



## 【安心・安全】地震・津波への防災・減災





# 【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用

## 海洋再生可能エネルギー (洋上風力等)の事例

**日本の洋上風力ポテンシャルマップ**

海上観測データを基に、高精度な数値シミュレーションを用いて、洋上風の風況状況を再現・予測。海洋調査・観測と数値モデリングにより、海洋エネルギーの莫大なポテンシャルと有望な海域の把握が可能。



出所1) 経済産業省

大規模な発電設備の導入には住民からの合意が必須。景観に美しさを持たせることで、観光資源として発電設備を活用できる可能性も。

潮流、波力、温度差等あらゆる海洋再生可能エネルギーの実用化

充分なポテンシャルを生かした大規模展開により安定したエネルギー源に

将来的には国内のエネルギー問題の解決に寄与

日本の安全性の高い技術が世界のエネルギープラントの設計・運用を牽引

## 海洋でのエネルギープラントの実装

### 海洋環境に対応した発電装置の設計

### 海洋の観測・モデル化による、エネルギーポテンシャルの把握

海はエネルギーポテンシャルがあるが、同時に、陸上より厳しい環境条件を考慮する必要がある。浮体や支持構造物など発電装置に対する影響を正確に理解するため、海の流れや波の挙動性質の理解が必要。

**低動揺型洋上風車 (スパー型)**



出所2) 東京大学

国内初の商用規模浮体式洋上風力発電施設が長崎県五島沖で実用化。福島沖では世界最大規模の浮体式洋上ウインドファームを実現。日本は、大型の台風にも耐えうる風車の安全基準策定を進め、IEC(国際電気標準会議)の特別基準にも認定されるなど、安全面で世界をリード。

**浮体式洋上風力発電設備「ふくしま新風」**



出所3) 福島洋上風力コンソーシアム

**浮体式洋上風力発電設備(長崎県五島市)**




出所4) 環境省

## 海洋資源(石油・ガス、その他金属資源等)の事例

**探査と資源の発見:**

日本の探査船などによる日本近海等の調査により、海底地形や地質構造が明らかになり、海底の石油・ガスや金属資源の発見につながっている。公海上の日本の鉱区獲得にも貢献。特に日本近海はプレートの沈み込み帯であるなど、鉱物資源が多く存在し、探査・研究が進んでいる。

**深海底資源探査船「第2白嶺丸」**

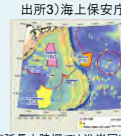


出所2) JOGMEC

**海洋地質学・海洋調査技術が大陸棚延長に貢献:**

約31万km<sup>2</sup>の日本の「大陸棚延長」が国連に認められた。海底地形の連続性を証明する科学的データとして日本の調査船「第2白嶺丸」が採取した岩石の分析結果等を利用。

**日本の大陸棚延長範囲\***



出所3) 海上保安庁

\*延長大陸棚では沿岸国による海底資源開発も認められる。

海洋科学に基づく我が国EEZ・大陸棚の確保・管理にも寄与

国内外の資源・エネルギー不足・偏在性の解消

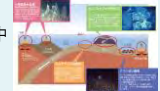
## 国産資源を開発、資源問題の解決へ

深海で発見されている様々な鉱物等資源(マンガン団塊、コバルトリッチクラスト、海底熱水鉱床、メタンハイドレート等)の“持続可能な”開発へ

## 海洋の資源・エネルギーの存在を基礎科学で解明

**海洋資源形成メカニズムの解明:**

海底の構造、海中の元素・物質循環、金属濃縮による鉱床形成など、海で資源が形成される仕組みを解明。



海底鉱物資源の分布イメージ

出所1) JOGMEC

## 海洋調査・探査による、資源ポテンシャル把握

**海洋石油・ガスの商業化:**

探査船による海底の物理探査やボーリング調査により、1983年に新潟沖に油田発見。1990年に生産開始。2012年までに累計油500万kl、ガス20億m<sup>3</sup>以上を生産。現在も生産中(油10万kl、ガス2億m<sup>3</sup>/年)で国産資源として経済・生活を支える。

**岩船沖油ガス田**



出所4) JAPEX

**海底鉱物資源等の開発:**

日本は海底熱水鉱床の探査技術の開発を目指し、伊豆名海穴において世界で最初の専用試験機(探鉱機)の走行実験や探掘実験に成功。また、海洋生物の遺伝子レベルの科学的根拠に基づく環境に配慮した探鉱技術の開発を進めており、持続可能な開発手法として世界標準化も目指している。

**海底熱水鉱床とサンプリングした鉱石**



出所5) JOGMEC





# 目次

|  |    |
|--|----|
| 1. 調査の目的と方法                            | 1  |
| 1.1 目的                                 | 1  |
| 1.2 調査内容・方法                            | 1  |
| 1.2.1 海洋に関する科学的知見に関する調査                | 1  |
| 1.2.2 科学的知見による将来的な貢献に関する調査             | 4  |
| 1.2.3 「海洋科学技術プロジェクトチーム」における中間・最終報告     | 5  |
| 1.2.4 報告書のとりまとめ                        | 6  |
| 2. 海洋科学の全体像および貢献事例のとりまとめ結果             | 7  |
| 2.1 海洋科学の全体像                           | 7  |
| 2.1.1 海洋の特徴・特性（海洋科学技術の重要性及び必要性）        | 7  |
| 2.1.2 海洋科学がもたらす価値                      | 8  |
| 2.2 貢献事例1：【新たな知】海洋基礎科学による知の開拓          | 9  |
| 2.2.1 当該貢献事例の全体像                       | 9  |
| 2.2.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性            | 13 |
| 2.2.3 当該貢献事例に関する参考情報                   | 16 |
| 2.3 貢献事例2：【食】水産資源の持続的確保（動態管理、養殖等）      | 17 |
| 2.3.1 当該貢献事例の全体像                       | 17 |
| 2.3.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性            | 20 |
| 2.3.3 当該貢献事例の詳細                        | 22 |
| 2.4 貢献事例3：【環境】気候変化、異常気象の予測と対応          | 23 |
| 2.4.1 当該貢献事例の全体像                       | 23 |
| 2.4.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性            | 29 |
| 2.4.3 当該貢献事例の詳細                        | 31 |
| 2.5 貢献事例4：【安全・安心】地震・津波への防災・減災          | 32 |
| 2.5.1 当該貢献事例の全体像                       | 32 |
| 2.5.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性            | 38 |
| 2.5.3 当該貢献事例に関する参考情報                   | 39 |
| 2.6 貢献事例5：【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用       | 40 |
| 2.6.1 当該貢献事例の全体像（海洋再生可能エネルギー）          | 40 |
| 2.6.2 当該貢献事例の全体像（海洋資源（石油・ガス、その他金属資源等）） | 47 |
| 2.6.3 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性            | 55 |
| 2.6.4 当該貢献事例に関する参考情報                   | 56 |

付録 報告書概要版（海洋科学技術プロジェクトチーム報告資料）

## 目次

|   |    |
|---|----|
| 図 1-1 海洋に関する科学的知見における長期的・短期的な社会への貢献と本調査対象   | 1  |
| 図 2-1 海洋に関する科学研究が社会にもたらす価値                  | 8  |
| 図 2-2 【新たな知】貢献事例の全体像                        | 9  |
| 図 2-3 【新たな知】貢献事例における海洋科学の現状・可能性             | 16 |
| 図 2-4 【食】貢献事例の全体像                           | 17 |
| 図 2-5 マイワシ太平洋系群の漁獲量の推移                      | 19 |
| 図 2-6 近畿大学が世界で初めて人工ふ化から種苗生産に成功した魚種          | 20 |
| 図 2-7 【食】貢献事例における海洋科学の現状・可能性                | 21 |
| 図 2-8 【環境】貢献事例の全体像                          | 23 |
| 図 2-9 大気海洋結合モデルの概念図                         | 24 |
| 図 2-10 大気波浪海洋結合モデルによる台風の強度変化の解明             | 25 |
| 図 2-11 ダイポールモード現象の概要                        | 26 |
| 図 2-12 アルゴフロートの概要                           | 27 |
| 図 2-13 アルゴフロートの投入・分布状況                      | 28 |
| 図 2-14 4次元変分法のイメージ                          | 29 |
| 図 2-15 【環境】貢献事例における海洋科学の現状・可能性              | 31 |
| 図 2-16 【安全・安心】貢献事例の全体像                      | 32 |
| 図 2-17 地震・津波観測監視システム (DONET1, DONET2)       | 33 |
| 図 2-18 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)                | 34 |
| 図 2-19 岩手県釜石沖の GPS 波浪計 (写真提供: 国土交通省東北地方整備局) | 35 |
| 図 2-20 TUNAMI-N2 を基にしたリアルタイム浸水解析の結果         | 36 |
| 図 2-21 高知市津波ハザードマップ                         | 37 |
| 図 2-22 津波時避難場所検討におけるハザードマップの活用イメージ          | 37 |
| 図 2-23 【安全・安心】貢献事例における海洋科学の現状・可能性           | 39 |
| 図 2-24 【資源・エネルギー】貢献事例の全体像 (海洋再生可能エネルギー)     | 40 |
| 図 2-25 賦存量の分布図 (洋上風力)                       | 41 |
| 図 2-26 低動揺型洋上風車 (スパー型)                      | 44 |
| 図 2-27 浮体式洋上風力発電設備「ふくしま新風」                  | 45 |
| 図 2-28 浮体式洋上風力発電設備 (長崎県五島市枕島沖)              | 45 |
| 図 2-29 【資源・エネルギー】貢献事例の全体像 (海洋資源)            | 47 |
| 図 2-30 海底鉱物資源の分布イメージ                        | 48 |
| 図 2-31 深海底資源探査船「第2白嶺丸」                      | 49 |
| 図 2-32 日本の大陸棚延長範囲                           | 50 |
| 図 2-33 岩船沖油ガス田                              | 51 |
| 図 2-34 海底熱水鉱床とサンプリングした鉱石                    | 52 |
| 図 2-35 人工メタンハイドレートの燃焼実験                     | 52 |
| 図 2-36 メタンハイドレートの安定条件                       | 53 |
| 図 2-37 メタンハイドレート海洋産出試験実施地点                  | 53 |

|        |                                |    |
|--------|--------------------------------|----|
| 図 2-38 | メタンハイドレート海洋産出試験の様子.....        | 54 |
| 図 2-39 | 【新たな知】貢献事例における海洋科学の現状・可能性..... | 56 |

## 表目次

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 表 1-1 | 本調査で対象とした、海洋に関する科学的研究の貢献事例 ..... | 2  |
| 表 1-2 | ヒアリング調査対象者 .....                 | 4  |
| 表 1-3 | 検討委員会の委員構成 .....                 | 5  |
| 表 1-4 | 検討委員会の開催時期および議事内容 .....          | 5  |
| 表 2-1 | 公表データの概要 .....                   | 42 |

# 1. 調査の目的と方法

## 1.1 目的

海洋に関する科学的知見（海洋地質、海洋物理、海洋生物、海洋化学など）は、短期的に、海洋資源開発などの経済的課題や海洋の安全確保・災害対策等の社会的課題の解決に貢献し、長期的に、地球環境変動への適応をはじめとした人類の持続的な発展などに貢献し得るものである。しかしながら、国内外の海洋に関する科学的知見について体系的な整理がなされておらず、これらの知見が、経済的・社会的課題の解決や人類の持続的な発展などに、具体的にどのような貢献ができるのか明確にされていない。

以上のような背景から本調査では、海洋に関する科学的知見による短期的・長期的な様々な貢献の実績・可能性について取りまとめ、広く一般にもわかりやすい形で整理・発信することを目的とする。

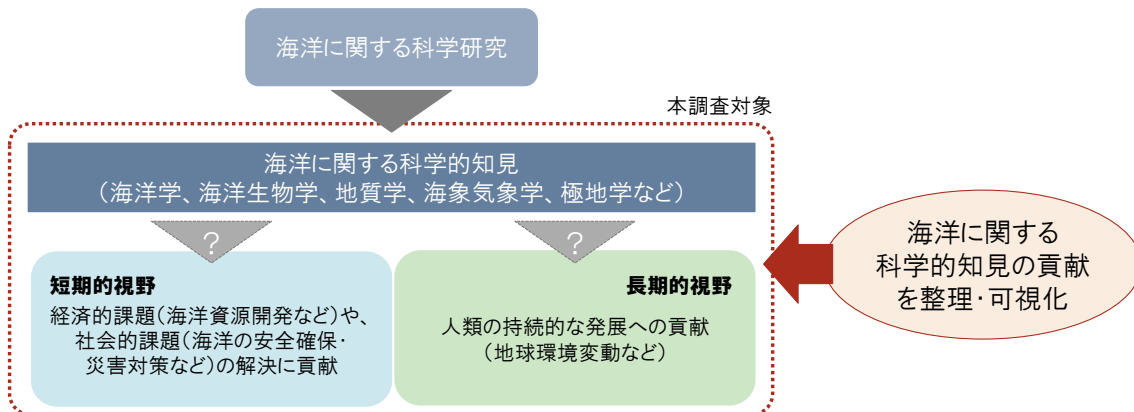


図 1-1 海洋に関する科学的知見における長期的・短期的な社会への貢献と本調査対象

## 1.2 調査内容・方法

### 1.2.1 海洋に関する科学的知見に関する調査

国内外の海洋に関する科学的知見について、各種文献調査や専門家・研究者へのヒアリング調査を実施し、海洋に関する科学的知見による貢献実績や将来的な貢献の可能性を取りまとめた。

#### (1) 海洋に関する科学的知見の重要性・必要性の整理

具体的な貢献事例を調査するのに先立って、海洋に関する科学研究やそこから得られる成果・価値の重要性・必要性について、文献調査や専門家・研究者へのヒアリング調査による情報収集、検討委員会による議論を通じて全体像を整理した。

## (2) 調査対象とする貢献事例の選定

海洋に関する科学研究が社会にもたらす様々な価値の内、特に代表的な貢献事例を調査対象として選定した。選定にあたっては専門家・研究者へのヒアリング調査からの意見を踏まえつつ、検討委員会での議論で決定した。具体的に選定した貢献事例とその概要は以下の通りである。

表 1-1 本調査で対象とした、海洋に関する科学的研究の貢献事例

| 貢献事例                    | 概要   |
|-------------------------|--|
| 【新たな知】海洋基礎科学による知の開拓     | <p>日本などが進めた海洋の探査・研究により、地球に最初に生まれた生命と思われる微生物の発見、海底掘削による地殻の解明など、地球と生命の起源と進化の研究は海を中心に発展し、人類の知の開拓に貢献してきた。海洋生物の研究が病気の解明や医薬品開発に貢献する等、実利も多い。</p> <p>また、ダイオウイカの深海中での撮影成功が日本中を沸かしたように、海洋科学の新たな発見は、知的好奇心の喚起、理科・科学への興味増進、博物館や水族館の来訪者増等、社会へ知的資産をもたらしている。</p>             |
| 【食】水産資源の持続的確保（動態管理、養殖等） | <p>日本は天然魚（マイワシやスケトウダラ等）の資源量の増減要因について研究を進めており、乱獲による資源崩壊が生じないように科学に基づく水産資源管理を主導している。</p> <p>また、日本は基礎研究を基に様々な魚の養殖に成功してきた。特に、困難とされていたクロマグロの養殖を32年間の研究を経て成功させ、安定的かつ安価に生産できている。日本の養殖技術はタイなど途上国へ移転し、食料生産にも貢献している。</p>   |
| 【環境】気候変化、異常気象の予測と対応     | <p>海面水温上昇による水蒸気量の増加・豪雨の発生など、海と大気が互いに影響しあい、気象や気候の変化に影響していることが、長年の海の観測と研究によって明らかとなってきた。台風等の気象現象の解明や、猛暑・冷夏の季節予報等では海のデータが利用されている。</p> <p>今後、二酸化炭素増加など人為的要因による気候変動・温暖化の進行に伴い、こうした気象・気候現象の変化・激化も予想され、その対策のため、より正確な将来予測を可能とすべく、日本が海のデータを含めた予測手法の研究等で世界をリードしている。</p> |
| 【安心・安全】地震・津波への防災・減災     | <p>日本は世界有数の地震・津波の被災国であり、これまで地震メカニズム解明と、それに起因した津波の解明・予測技術開発に取り組んできた。</p> <p>海底掘削による地震発生源（プレート境界）の調査、津波計などの観測技術、津波浸水域のシミュレーションの高精度化など、津波防災計画や地震発生直後の津波高・浸水予測、避難警報の発出などに貢献してきた。</p>   |
| 【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用  | <p>海には膨大な資源とエネルギー源が眠っており、科学的調査研究と、探査・開発技術の発展で、これら資源・エネルギーが利用可能となってきた。その代表例として、資源では、既に新潟県の岩船沖で大規模な油ガス田を発見・生産し、貴重な国産資源となっている。</p> <p>再生可能エネルギーでは、福島沖で洋上風力発電の建設が進み、震災復興に貢献しつつある。また、日本近海でも「燃える氷」と呼ばれるメタンハイドレートや、海底金属資源等の新しい資源が発見されており、実利用・生産に向けた研究開発が進んでいる。</p>  |

### (3) 各事例に関する情報収集

選定した貢献事例に対して、文献調査および専門家・研究者へのヒアリング調査により、以下の3つの観点から情報を収集・整理した。

#### 1) 当該貢献事例の全体像

各事例が、海洋に関連した基礎研究や基盤的な観測活動から、社会・経済への貢献に至る過程の全体像を整理した。具体的には、基礎研究や観測活動、中間的な研究成果、これまでに実現した社会・経済への貢献内容などについて、代表的なものを選定・調査し、時系列に整理した<sup>1</sup>。

#### 2) 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

各事例に関連する海洋科学における、これまでの貢献実績や今後の主な課題について整理した。また今後、更なる研究や観測基盤の整備が進み、課題が解決された際に期待される、更なる海洋科学の社会・経済への貢献可能性についても合わせて整理した。

#### 3) 当該貢献事例に関する参考情報

上記で取りまとめた内容について、さらに詳しい調査・分析する際の情報源となり得る文献やウェブサイトなどを整理した。

### (4) ヒアリング調査

ヒアリング調査については、各調査対象事例に関する専門家・研究者11名を選定して実施した。具体的な対象者は以下の通りである。ヒアリング対象者からは、調査対象事例に関連した研究動向や、具体的な調査結果の取りまとめ資料などに関する意見・助言を収集した。ここでいただいた意見・助言については、本報告書および取りまとめ資料（報告書概要版のこと。付録参照。）の内容・構成に反映している。

---

<sup>1</sup> 本調査では、貢献内容やそこに至るプロセスについて、広く一般にもわかりやすい形で整理・発信することを主な目的としているため、必ずしも網羅的・体系的な情報収集・整理にはなっていない。



表 1-2 ヒアリング調査対象者

| 事例との関係                  | 氏名<br>(敬称略) | 所属                                  |
|-------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 【新たな知】海洋基礎科学による知の<br>開拓 | 窪寺 恒己       | 国立科学博物館 標本資料センター コレクションディレクター       |
|                         | 赤坂 甲治       | 東京大学 大学院理学系研究科 附属臨海実験所 所長 教授        |
| 【食】水産資源の持続的確保（動態管理、養殖等） | 和田 時夫       | 水産総合研究センター 理事                       |
| 【環境】気候変化、異常気象の予測と対応     | 山形 俊男       | 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ 所長<br>東京大学 名誉教授 |
|                         | 藤井 陽介       | 気象研究所 海洋・地球化学研究部 主任研究官              |
| 【安心・安全】地震・津波への防災・減災     | 今村 文彦       | 東北大学 災害科学国際研究所所長 教授                 |
| 【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用  | 早稲田 卓爾      | 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授               |
|                         | 荒川 忠一       | 東京大学 大学院工学系研究科 教授                   |
|                         | 塩川 智*       | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源技術部長            |
|                         | 岡本 信行*      | 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 海洋資源技術課長            |
| 全般                      | 東 垣         | 海洋研究開発機構 研究審議役                      |

(注 1) 塩川氏、岡本氏は 2 名同時にヒアリングを実施した。

(注 2) 各対象者の所属はヒアリング実施当時のもの。

## 1.2.2 科学的知見による将来的な貢献に関する調査

1.2.1 における貢献事例の選定や情報収集、1.2.3 や 1.2.4 における情報の取りまとめ、各貢献事例について将来的にどのような貢献が起り得るのかなどに関して検討するため、有識者・研究者による検討委員会を設置・運営した。

### (1) 検討委員会の委員構成

本調査は、学術的な基礎研究から具体的な応用、社会・経済への貢献まで幅広く対象としており、それらを広く一般にもわかりやすく取りまとめることを目的としていることから、大学・公的研究機関の研究者だけでなく、企業関係者、報道関係者などから委員を 10 名選定した。具体的な構成は以下の通りである。

表 1-3 検討委員会の委員構成

| 区分  | 氏名（敬称略） | 所属                                |
|-----|---------|-----------------------------------|
| 委員長 | 小池 勲夫   | 東京大学 名誉教授                         |
| 委員  | 道田 豊    | 東京大学 大気海洋研究所 教授                   |
|     | 早稲田 卓爾  | 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授             |
|     | 城山 英明   | 東京大学 公共政策大学院 院長 教授                |
|     | 高井 研    | 海洋研究開発機構 基幹研究領域 深海・地殻内生物圏研究分野 分野長 |
|     | 須賀 利雄   | 東北大学 大学院理学研究科 教授                  |
|     | 山野 澄雄   | 株式会社フグロジャパン 代表取締役社長               |
|     | 中原 裕幸   | 一般社団法人海洋産業研究会 常務理事                |
|     | 寺門 和夫   | 財団法人日本宇宙フォーラム 主任研究員               |
|     | 原 英次郎   | 『週刊ダイヤモンド』 論説委員                   |

## (2) 検討委員会での議事内容

検討委員会は3回開催した。その開催時期や議事内容は以下の通りである。

表 1-4 検討委員会の開催時期および議事内容

| 開催回・日                | 議事内容  |
|----------------------|---|
| 第1回<br>(2015年11月20日) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本調査および検討委員会の趣旨・概要</li> <li>・ 調査対象事例（候補）の検討</li> <li>・ 調査結果取りまとめイメージの検討</li> </ul>              |
| 第2回<br>(2016年1月6日)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査対象事例（候補）の選定</li> <li>・ 調査結果取りまとめ案に関する検討・助言</li> <li>・ ヒアリング対象など追加調査・情報収集に関する検討・助言</li> </ul> |
| 第3回<br>(2016年1月26日)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 調査結果取りまとめ案に関する修正・改善点の検討</li> </ul>   |

### 1.2.3 「海洋科学技術プロジェクトチーム」における中間・最終報告

総合海洋政策本部参与会議の下に設置された「海洋科学技術プロジェクトチーム」へ3回にわたって出席し、本調査における調査方針・方法、報告書（概要版）の取りまとめに関して説明・報告を行い、それに対する助言をいただいた。同プロジェクトチームでいただいた助言については、本報告書および報告書概要版（付録参照）の内容に反映している。

#### 1.2.4 報告書のとりまとめ

1.2.1～1.2.3 で実施した調査・検討を踏まえ、表 1-1 に示した貢献事例について、全体像、具体的な社会・経済への貢献、海洋科学としての現状・可能性などについて、報告書として取りまとめを行った。特に報告書概要版（付録参照）については、ポイントとなる内容を絞り込み、分かりやすく・簡潔に取りまとめた。

## 2. 海洋科学の全体像および貢献事例のとりまとめ結果

本章では、前章に示した調査による、海洋科学の全体像と各貢献事例のとりまとめ結果を示す。

### 2.1 海洋科学の全体像

#### 2.1.1 海洋の特徴・特性（海洋科学技術の重要性及び必要性）

##### (1) 「知」の存在

生命は海に起源し、数多の未発見の生物が存在している。また、海底ではプレート変動など地球の活動が発生しており、地球の起源・歴史やメカニズムを理解するうえで海洋の研究は欠かせない。また、海洋と大気は相互に影響を及ぼしあっており、海洋の変化は気象・気候にも影響する。従って、海を理解することは、地球や人類の理解に直結すると言える。

##### (2) 「恵み」の存在

海には、水産資源（食）、海洋資源・エネルギー、医学・創薬に利用可能な海洋生物の存在等、陸域だけでは得られない多大な恩恵が存在する。特に、日本は世界第 6 位の面積の領海・排他的経済水域（Exclusive Economic Zone: EEZ）を有しており、大きな潜在的恵みを有していると言える。

##### (3) 海洋科学技術研究の重要性

上述の通り、海は多大な「知」及び「恵み」を有しており、人類の活動のみならず地球環境全体を根源的に支えているものである。一方で、海は人間が棲息できない困難な環境であり、具体的には「深い」、「遠い」、「見えない」、「アクセスしにくい」といった性格を持つ。かつ、海は陸や大気と複雑に影響しあっていることから、人間が制御することが非常に難しい。

海は人類全体に遍く大きな価値や恵みをもたらす世界全体の公共財でもある。無秩序な開発や利用は回避されるべきであり、科学的根拠に基づいた持続可能な利用も求められる。

このように、海の「知」及び「恵み」を得るにあたっては、海洋科学に基づく海の理解と分析、そして正しい理解と高度な技術に基づく制御と利用の実現が重要と言える。

海洋科学は、非常に多分野にわたる。海洋地質（プレートテクトニクス、海底鉱物の形成メカニズム等）、海洋物理（大気海洋相互作用、海流、海洋循環、波浪等）、海洋生物（海洋生物生態系、生理、遺伝子の解明・利用等）、海洋化学（海洋環境の理解、無機有機、元素動態等）、そしてこれらを支える海洋工学など、様々な海洋科学の研究活動がこれまでの多くの「知」（社会や人類にとっての知的資産）を創出してきた。

## 2.1.2 海洋科学がもたらす価値

海洋科学がもたらす「新たな知」は、人類や地球の理解を促し、人々の科学的興味・関心や知的好奇心を刺激している。また、基礎的研究が生み出す新たな「知」は、「食」、「環境」、「資源・エネルギー」といった実用的価値を生み出すことにもつながっており、将来もこのような貢献・発展が期待されている。海洋科学がもたらすこのような価値の具体例を以下に示す。

- 新たな知：未知の生命発見、生命起源・進化の解明、地球の起源・歴史の解明、知的興味・関心の喚起、科学への関心醸成等
- 食：持続的水産資源管理、養殖技術による食料問題解決等
- 環境：気象予報、気候変動の予測・対策、海洋の汚染防止、環境保全等
- 安心・安全：海洋に関連した災害の予測・対策、海況予報による海上交通安全確保等
- 資源・エネルギー：海洋の資源・エネルギーの利用（洋上風力、石油・ガス、メタンハイドレート、金属資源等）等

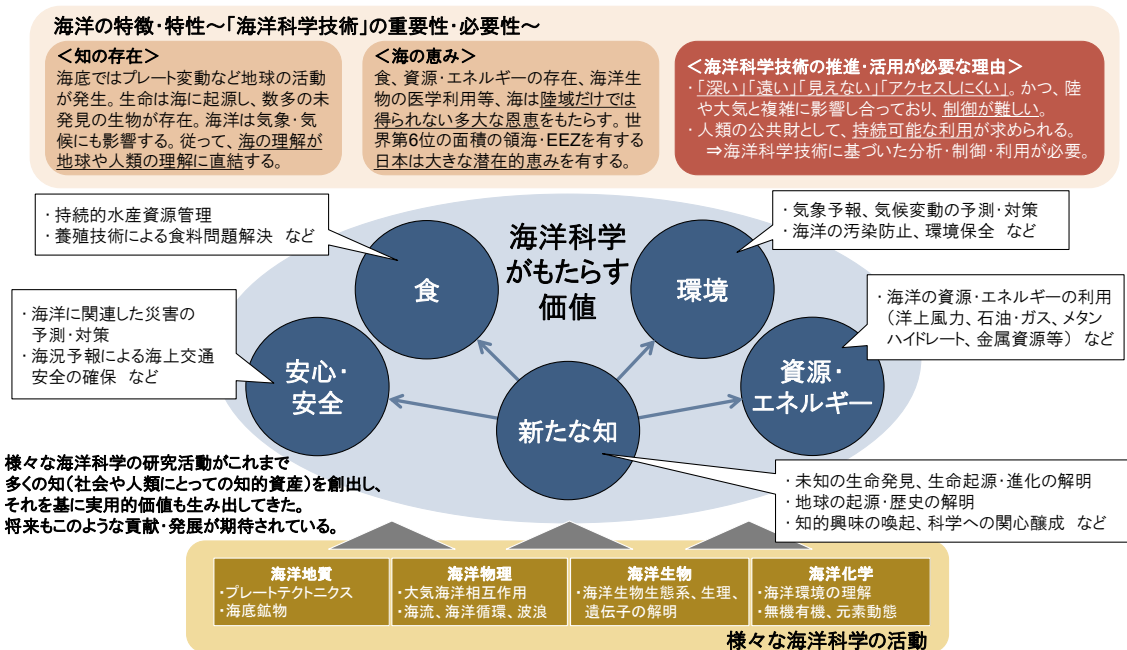


図 2-1 海洋に関する科学研究が社会にもたらす価値

以降では、これら海洋科学がもたらす価値やそれを支える基礎的研究等の重要性を整理することを目的として、これまでの取り組みと成果、そして今後の発展・貢献可能性について、その詳細を順に示す。

## 2.2 貢献事例1:【新たな知】海洋基礎科学による知の開拓

### 2.2.1 当該貢献事例の全体像

海洋の探査、環境観測、生物を含む海洋サンプルの採取は海洋科学の基本である。近年は、そのための技術の発展が目覚ましく、研究船や無人探査機による大深度での画像・映像撮影やバイオリギング、コアサンプリングなどが可能となってきている。

探査、環境観測、採取により地上に持ち帰ったサンプルやデータを材料として、研究者たちは海洋科学、特に海洋基礎科学の研究に取り組むこととなる。その際、研究対象を海洋に限らない他研究分野（生態学、微生物学、火山学、医学等）の知見を活用することにより、さらなる研究の広がりが期待される。

海洋基礎科学における研究成果は、卓越したサイエンスの実現に寄与するばかりでなく、地球や生命の起源研究に迫る「知」の創出につながることもある。

創出された「知」は、主に教育の場や各種媒体を通して、広く一般に拡散される。未知のフロンティア領域である海洋における新発見は、人々の科学への関心を惹きつける。近年日本においては、ダイオウイカ発見等の海洋科学の大きな発見が続いたこともあり、関連する映像コンテンツや、展示会などのイベント等が増え、大きな動員数を確保している。

さらに、発見した「知」は、産業化や海洋科学以外の分野へ応用も期待される。海洋生物由来の物質は、医薬品や健康食品などに応用された例が多数ある。食や社会インフラ整備、資源開発への展開については、2.3以降で具体例と共に紹介する。

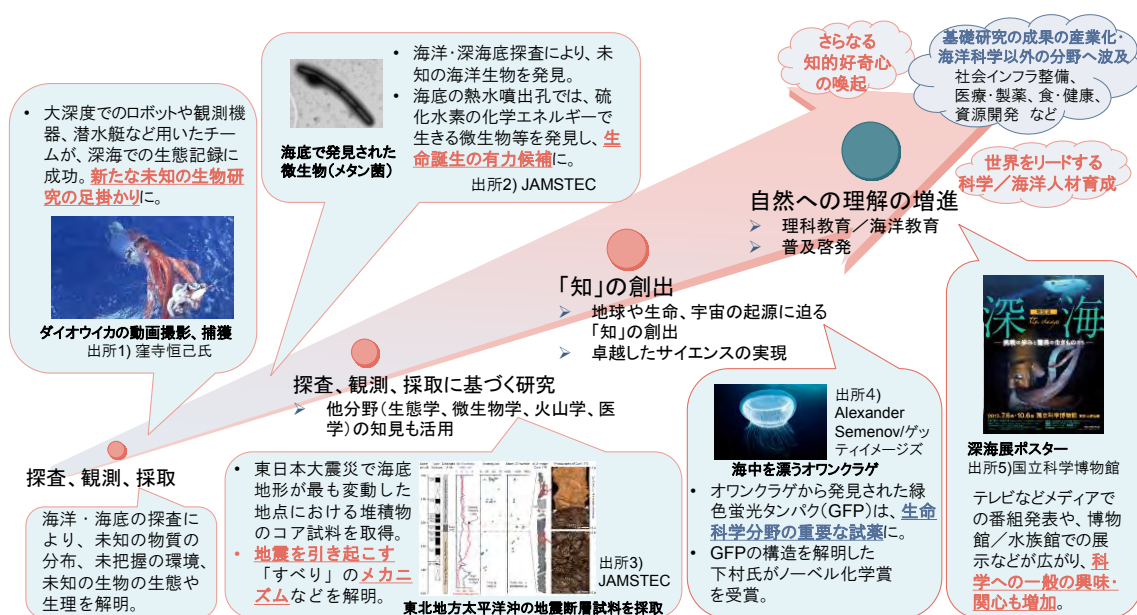


図 2-2 【新たな知】貢献事例の全体像

## (1) 探査、観測、採取

### 1) ダイオウイカの発見<sup>2 3 4</sup>

#### ① 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

ダイオウイカ (*Architeuthis dux*) は、ほぼ世界中の温帯海域から亜寒帯海域の深海に生息する世界最大級の無脊椎動物であり、世界各国の沿岸でかつてから死骸が漂着していたことにより、その存在が確認されてきた。海洋生物学者である窪寺恒己博士の研究グループは、不明点が多いダイオウイカの生態解明に取り組んでいる。

#### ② 具体的な成果・貢献

窪寺博士のグループは、ダイオウイカがマッコウクジラの餌にされていることを発見し、マッコウクジラの潜水する水深 600～900m にダイオウイカが生息していることを特定した。また、ダイオウイカが好むと考えられる水温 (5～10℃) から、出現域の予測も実現した。

2002 年には小笠原沖で調査を開始し、2004 年には生きているダイオウイカのデジタル画像を撮影に成功した。さらに 2006 年には、ダイオウイカを生きたまま海面まで釣り上げ、その行動の観察、動画撮影に成功した。2012 年 7 月には、NHK とディスカバリーチャンネルとの協働の下、630m の深海中で泳ぎ捕食行動をとるダイオウイカの撮影に世界で初めて成功した。この際は、1,000m 潜水可能な潜水艇やダイオウイカに気付かれない波長の照明を備えた深海用のカメラの開発も、撮影成功に寄与した。

### 2) 深海底探査と生命の起源の探索<sup>5 6 7</sup>

#### ① 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

生命の起源については諸説ある中で、深海の熱水噴出孔で生命が誕生したという説も有力な説の 1 つとなっている。

---

2 国立科学博物館「みんなが聞きたい ダイオウイカの話」

([https://www.kahaku.go.jp/research/researcher/my\\_research/specimen/kubodera/index\\_vol2.html](https://www.kahaku.go.jp/research/researcher/my_research/specimen/kubodera/index_vol2.html))

3 国立科学博物館「窪寺 恒己」

(<https://www.kahaku.go.jp/research/researcher/researcher.php?d=kubodera>)

4 公開文献に加え、窪寺博士へのインタビュー結果も参照。

5 JAMSTEC ニュース「～海底からつき出す煙突～ 熱水噴出孔 チムニー」

([https://www.jamstec.go.jp/j/jamstec\\_news/20070601/](https://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/20070601/))

6 JAXA インタビュー「高井研まだ見ぬ生命を深海・宇宙に求めて」

([http://www.jaxa.jp/article/interview/2013/vol78/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/interview/2013/vol78/index_j.html))

7 JAMSTEC プレスリリース「生命の進化を支える『窒素固定』はいつ始まったのか? ～35 億年前の深海熱水環境に窒素固定微生物が存在していた可能性を発見～」

([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20140516/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20140516/))



日本では、深海における地形や地質、深海生物などの調査を行うことができる国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の有人潜水調査船「しんかい 6500」や無人探査船「かいこう 7000 II」などを活用して、熱水噴出孔周辺の観測、撮影、生物等のサンプルの採取に取り組んできた。深海の熱水噴出孔の周辺、チムニーと呼ばれる 350℃以上の熱水が噴き出す構造帯の周りには、独自の生態系が形成されている。噴き出す熱水には一般に硫黄化合物などが大量に含まれており、周辺からは化学合成細菌（硫黄細菌、硝化細菌、水素細菌、超高熱メタン菌など）や、それらを共生させた甲殻類などが発見されている。

その1つであるメタン生成古細菌は、生物に不可欠なタンパク質や DNA の材料となる重要な元素である分子態窒素を体内に取り込み、アンモニアに変換する窒素固定代謝を地球で行う生物であり、地球初期の光合成生態系の拡大と密接に関わってきたと考えられてきた。一方で、窒素固定を開始した時期などは未解明であった中で、JAMSTEC と東京農工大学ならびに東京工業大学の研究グループは、中央インド洋海嶺「かいらい熱水フィールド」の潜航調査によって 2006 年に深海底から採取したメタン生成古細菌の培養実験により、生命誕生の 35 億年前の熱水環境下でのメタン生成古細菌の窒素固定の状況を明らかにした。

## ② 具体的な成果・貢献

メタン生成古細菌の培養実験の結果、生命誕生の 35 億年前の鉄やモリブデンに富む熱水環境下でメタン生成古細菌は高い窒素固定能を示すことが明らかになり、窒素固定代謝は地球初期の深海熱水環境で始まったという仮説を検証することができた。

また、現在海洋表層部で窒素固定を担っている光合成細菌がどのように窒素固定代謝のシステムを獲得したかは未解明であった。今回の研究で光合成生態系が誕生した時期（34 億年前）より前の 35 億年前に深海熱水域で化学合成による窒素固定が行われていたことにより、メタン生成古細菌から光合成細菌の祖先に窒素固定遺伝子が伝播した可能性も示唆された。

### (2) 探査、観測、採取に基づく研究<sup>8 9</sup>

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、観測データより、北米プレートに太平洋プレートが沈み込むプレート境界に位置する日本海溝最深部（海溝軸）付近での約 50m の水平地殻変動（滑り）と、約 7~10m の垂直地殻変動が巨大津波発生の原因になったものと推定されている。それまで、プレート境界の断層浅部は、地震を起こすような滑りを引き起こさない領域とされてきたため、そのメカニズムについての原因究明が求められていた。

2012 年、JAMSTEC の地球深部探査船「ちきゅう」では、地震を起こすような断層運動

---

<sup>8</sup> JAMSTEC 「プレート境界浅部巨大地震性滑りのメカニズムが明らかに」

(<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/j/exp343/findings.html>)

<sup>9</sup> JAMSTEC プレスリリース「東北地方太平洋沖地震における巨大地震・津波発生メカニズムの解明～地球深部探査船『ちきゅう』の科学成果が『SCIENCE』誌に 3 編同時掲載～」

([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20131206/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20131206/))

としての滑りが震源から伝播した要因を探るために、日本海溝の海溝軸付近において地質資料の採取を行った。また、断層運動で生じた摩擦熱（残留摩擦熱）を長期で計測し、地震発生時にどのような滑りが発生したのか、解明を目指した。

## 2) 具体的な成果・貢献

「ちきゅう」が採集した地質試料を分析したところ、東北地方太平洋沖地震の発生時、日本海溝軸付近まで破壊が伝播したプレート境界断層は、強度が低く、かつ透水性が低い遠洋性粘土（スメクタイト）を約 78%と多量に含んでいることが明らかとなった。この結果から、地震時に断層の摩擦発熱により膨張した間隙水（プレート境界断層物質の隙間にある水）が透水性の低い地層に挟まれて逃げ場を失うことにより間隙水圧を上昇させ、断層を滑りやすくさせた（剪断応力を低下させた）と考えられている。残留摩擦熱の計測データの解析結果からも、滑りが生じた時の摩擦係数は 0.08 程度と非常に小さい値が見積もられており、断層が極めて滑りやすい状態であったと推定されている。また、プレート境界断層は 5m 未満の厚さしかなく、スメクタイトを多量に含み強度が低いため、断層が動きやすくなっていることも巨大地震及び津波を発生させた要因と考えられている。

### (3) 「知」の創出<sup>10 11 12</sup>

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

オワンクラゲ (*Aequorea coerulescens*) は、直径 10~20 センチほどのクラゲであり、日本各地の沿岸に広く生息している。刺激を受けると青白く発光することが知られていた。

生物学者の下村脩博士は、オワンクラゲを対象として、その発光のメカニズムを研究していた。1962 年、オワンクラゲの発光に必要な発光タンパク質（イクオリン）と緑色蛍光タンパク質（GFP:green fluorescent protein）を取り出すことに成功した。その後 1970 年代に、イクオリンがカルシウムと結合することで青く発光するエネルギーにより、GFP が緑色に発光するメカニズムを解明した。さらに、GFP が単独で、紫外線を照射することにより緑色に発光することを証明した。

また、Martin Chalfie 博士は遺伝子工学的手法を用いて、GFP を生体細胞内で発現させることに成功し、GFP の生命科学研究ツールとしての可能性を示した。さらに、Roger Y. Tsien 博士は、GFP の三次元構造、および発色団形成の分子機構を解明したことにより、緑色以外の色に光る人工蛍光タンパクを精製し、発光時間の延長や光度の強化を実現した。

---

10 国立科学博物館「オワンクラゲの発光メカニズム：イクオリンと緑色蛍光タンパク質（GFP）」

(<http://www.kahaku.go.jp/userguide/hotnews/theme.php?id=0001286268353983&p=3>)

11 国立科学博物館「蛍光タンパク質が教えてくれるもの」

(<http://www.kahaku.go.jp/userguide/hotnews/theme.php?id=0001286268353983&p=4>)

12 朝日新聞「ノーベル化学賞に下村脩さん 蛍光たんぱく質を発見

(<http://www.asahi.com/special/08015/TKY200810080238.html>)

## 2) 具体的な成果・貢献

特定のタンパク分子に GFP をつけ、紫外線を照射することにより、細胞や生体内でのそのタンパク分子の挙動を明らかにすることができる。この性質を活用し、GFP は現在では生命科学の実験で欠かせない道具となっている。例えば、がん細胞に特異的なタンパク質に GFP をつけることにより、がん細胞が体の中でどのように転移していくかを把握することができ、病気の解明への貢献が期待される。さらに手術時に転移のあるリンパ節だけを見分けることができるため、治療への効果も期待される。京都大学の山中伸弥教授らによって開発された iPS 細胞の研究の際も、様々な組織に分化する可能性のある万能性を持った細胞で働くタンパク質を見分けるために、GFP を使用した。

また、GFP を分離し、その生命科学の研究ツールへの応用の道筋を作った 3 名の博士には、2008 年、ノーベル化学賞が送られた。

### (4) 自然への理解の増進

海洋科学が国民の海の科学への興味や理解向上につながった例の 1 つとして、ダイオウイカの発見がある。2012 年 7 月に撮影された、630m の深海中で泳ぎ捕食行動をとるダイオウイカの 23 分間の映像は、NHK が「世界初撮影！深海の超巨大イカ」として放送し、視聴率 16.8% と大きな反響を呼んだ。またダイオウイカを代表とする深海生態系や深海世界に対する国民の興味を大きく喚起し、国立科学博物館が開催した「深海展」は 3 か月で約 60 万人を動員した。その後も深海関連の展覧会や水族館の催しが続き、アート、「しんかい 6500」の TV ドラマ等への波及もあった。

### 2.2.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

海洋は、人間にとってのフロンティア領域であり、未開拓の「知」の宝庫と言える。ここでは、今後さらに「知」の開拓が期待される「生命の起源」「未知の生命・生命の本質の解明及び産業化」「地球の起源」の 3 領域について、現時点までの実績や将来性について整理した<sup>13</sup>。

#### (1) 生命の起源

2.2.1(1)2) で示したように、深海の熱水噴出孔で生命が誕生したという説が有力な説の 1 つとなっている中、深海熱水噴出孔周辺に生息する生物の生態解明や、生物の進化プロセスの解析が進められている。

- しんかい 6500 : JAMSTEC が管理、保有する有人潜水調査船。6,500m の深さまで潜ることができる。1989 年に三菱重工業株式会社の神戸造船所で製造され、世

---

<sup>13</sup> 新たな知の創出により産業化や社会への貢献が特に期待されるものの中で、「食」「環境」「安全・安心」「資源・エネルギー」への応用については次節以降でさらに詳しく取りまとめることとし、ここでは生命科学に関わる領域での医薬品などへの応用・産業化についての事例を示した。

界中の海域で1,400回以上の潜航を行っている（2014年11月）。<sup>14</sup>

## (2) 未知の生命・生命の本質の解明及び産業化<sup>15 16 17</sup>

既知の海洋生物の総種数は約26万種と試算されている中で、浅い海でもいまだに多くの新種が見つかっており、深海を含めると全体数の正確な見積もりは難しい状況にある。日本近海にどの程度の種類の生物が生息しているかを調べたJAMSTECの調査では、33,629種の生物が存在していることが明らかになった。さらに新種/新分布記録は121,913種と評価され、日本近海においてはおよそ70%の種類の生物が未知であることが示された。これまで、海洋生物由来の医薬品や健康食品、研究用試薬が多数生み出されてきたことを考えると、今後もこの未知の生物から人間にとって有用な物質や機構などが発見される可能性は高い。

これまで生まれた海洋生物由来の医薬品の例として、海綿動物のクロイソカイメン (*Halichondria okadai*) から得られた物質より生まれたエイブリン (商品名: ハラヴェン<sup>18</sup> 静注) がある。エイブリンは抗がん剤であり、2010年11月に米国で、2011年に欧州と日本で乳がんを対象として承認を得た。現在は乳がん以外のがん種への対応を目指し、開発が進められている<sup>19</sup>。また、「2.2.1(3)「知」の創出」で示したように、オワンクラゲ由来のGFPは現在では生命科学の実験で欠かせない研究用試薬として位置づけられるようになっている。

さらに、海洋生物は陸上生物と比較して、単純な生体機構を持つことが多く、人工的に大量の個体などを得ることが可能である。その点を活用し、生命科学などの分野の実験に使用する材料として効率的に活用することも可能である。

今後も上記に挙げたような海洋科学や海洋生物の特性により、人間を含む動物の病変の解明や医薬品の開発などに、海洋科学の研究成果や海洋生物が活用されるポテンシャルは大きいと考えられる。

- インド洋で発見された白スケーリーフット：スケーリーフットは、熱水活動域に生息していることが知られているウロコフネタマガイ (*Chrysomallon squamiferum*) の通称。2001年に硫化鉄により成る殻を持つ黒色のものに続き、2009年に世界で

<sup>14</sup> JAMSTEC「有人潜水調査船 しんかい6500」(<http://www.jamstec.go.jp/shinkai6500/>)

<sup>15</sup> 環境省海洋生物多様性保全戦略第3章

(<https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/guideline/05-2.html>)

<sup>16</sup> JAMSTEC「日本は海洋生物のホットスポット」

(<https://www.jamstec.go.jp/jcoml/reference/c67B4.pdf>)

<sup>17</sup> 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター編「海洋教育のカリキュラム開発—研究と実践—」

<sup>18</sup> エーザイ株式会社の登録商標。

<sup>19</sup> 日経メディカル「テクニカルインパクト2013 エーザイがイソ海綿由来の化合物から開発した新規抗がん剤」

(<http://medical.nikkeibp.co.jp/leaf/all/report/t210/201310/533124.html>)

初めて体色が白い種類が発見された。<sup>20</sup>

- ウニから見つかったタンパク質が、がんの病態解明に貢献：Richard Timothy Hunt 博士は、ウニの発生において細胞周期を調整する役割を担うサイクリンというタンパク質を発見し、その成果はのちのがん細胞増殖のメカニズムに関する研究にも活用された。<sup>21</sup>

### (3) 地球の起源<sup>22 23</sup>

46 億年の歴史を持つ地球は、その質量の約 7 割がマントルから構成されている。マントルへの到達は人類の夢であり、米国ではマントルまで掘削を進める「モホール計画」が 1950 年代後半に開始されたが、目的は成し遂げられなかった。その後、「21 世紀モホール計画」として、日本が主導する掘削計画が進められている。「21 世紀モホール計画」では、モホ面を貫通し、マントル物質採取に至る海洋地質完全掘削を実施することが目標とされている。2010 年に、掘削地点の候補海域を 3 箇所（ハワイ沖、メキシコ沖、コスタリカ沖）に絞り込み、以降 10 年で取り組むべき技術開発のロードマップの基盤が構築された。今後は 3 地点について、音波により地下構造を調査する予定である。

今後マントルを入手することで、これまで推測されてきた地球深部の物質や構造の真相が解明される他、新たな生命の発見や、海溝型地震のメカニズム解明など、社会への大きなインパクトを生む可能性がある。

---

<sup>20</sup> JAMSTEC 「硫化鉄を纏わない白スケリーフットを世界で初めて発見～インド洋における新規熱水探査の成果～」 ([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20091130/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20091130/))

<sup>21</sup> 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター編「海洋教育のカリキュラム開発—研究と実践—」

<sup>22</sup> JAMSTEC マントル・島孤掘削研究グループウェブサイト (<http://www.jamstec.go.jp/ods/j/mantle/mantle.html>)

<sup>23</sup> 金沢大学「国際ワークショップ『21 世紀モホール計画』報告」 (<http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/~Mohole/moholeFig.pdf>)

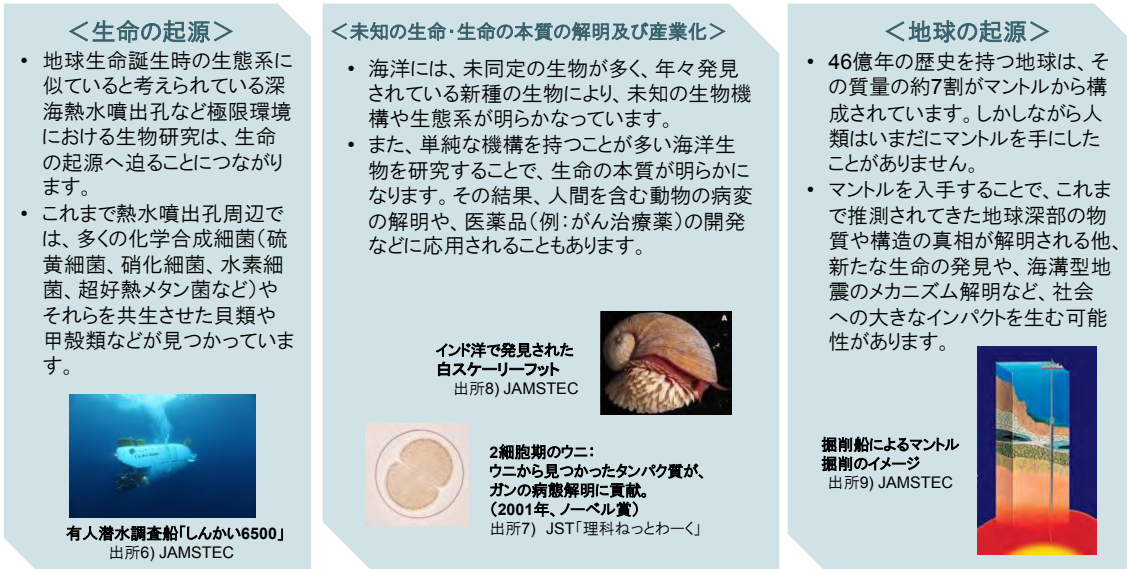


図 2-3 【新たな知】 貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### 2.2.3 当該貢献事例に関する参考情報

- JAMSTEC 「有人潜水調査船『しんかい6500』」 ウェブサイト  
(<https://www.jamstec.go.jp/shinkai6500/>)  
しんかい6500のミッションや、しんかい6500による深海探査の研究成果を確認できる。
- 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター編「海洋教育のカリキュラム開発—研究と実践—」(日本教育新聞社)  
海洋研究や海洋教育の意義、海洋教育の具体的な手法などが整理されている。
- 伏谷伸宏監修「マリンバイオテクノロジー—海洋生物成分の有効活用」(シーエムシー出版)  
海洋生物由来の有用物質の研究結果について、ある程度網羅的に掲載されている。
- 海洋研究開発機構 高井研 著「命はなぜ生まれたのか—地球生物の起源の謎に迫る」(幻冬舎新書)

## 2.3 貢献事例2:【食】水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等)

### 2.3.1 当該貢献事例の全体像

日本は天然魚(マイワシやスケトウダラ等)の資源量の増減要因について研究を進めており、乱獲による資源崩壊が生じないように科学に基づく水産資源管理を主導している。

海洋生物の生態・動態研究では、海洋モニタリング技術を活用した生物の動態研究、魚類の分類や生理に関する基礎研究を基に、養殖・資源管理対象となる生物の生態を解明。養殖技術の基盤となる知識・技術を蓄積している。

生態・動態研究に基づく水産資源管理・養殖技術の解明では、生物の動態研究の成果を生かして、漁獲量の変化などの生物資源の変動とその要因を分析している。分析結果に基づいて、漁業資源の変動予測技術を開発し、科学的な水産資源管理の基盤を構築している。さらに、動態解明を通じた天然資源に頼らない養殖技術開発を進め水産資源の持続的確保に貢献している。

基礎研究を基に様々な魚の養殖に日本は成功してきた。特に、困難とされていたクロマグロの養殖を32年間の研究を経て成功させ、安定的かつ安価に生産できている。養殖技術はタイなど途上国にも移転し、食料生産にも貢献している。このように海洋生物の基礎科学を基にした養殖学・技術は幅広く発展し、多彩で効果的な生産技術開発に貢献している。クロマグロ等の漁獲量の減少が危惧される魚種についても、より安価で安定的に確保できるよう、技術開発・研究対象を拡大してきたことから、今後も幅広い経済効果や環境保全を実現することが望めるとともに、世界的な水産資源管理を主導し、資源を回復することで環境に配慮した安定的水産資源確保を目指すことができる。水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等)の貢献事例の全体像を図2-4に示す。

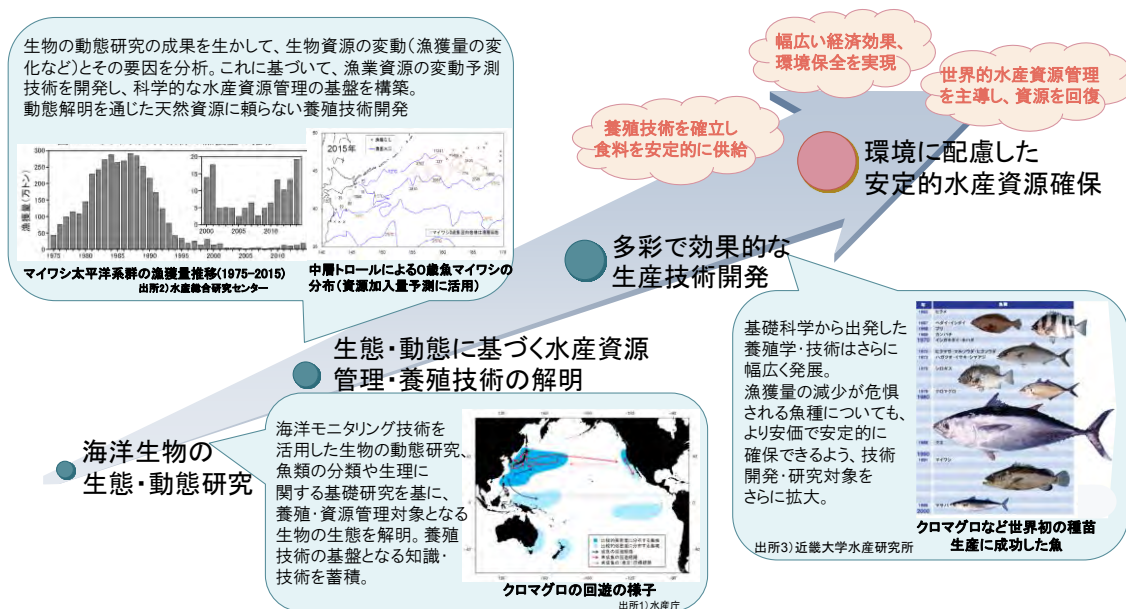


図 2-4 【食】貢献事例の全体像



## (1) 海洋生物の生態・動態研究

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

海洋モニタリング技術を活用した生物の動態研究、魚類の分類や生理に関する基礎研究を基に、養殖・資源管理対象となる生物の生態解明が進められている。これらの知識は、養殖技術の基盤として蓄積されている。

### 2) 具体的な成果・貢献

海洋生物の生態・動態研究における成果の一例として、クロマグロに関するものが挙げられる。太平洋に分布するクロマグロについての魚類の分類・動態に関する基礎研究が近年進展しており、例えば、クロマグロは大西洋に分布する大西洋クロマグロの地理的亜種とされていたが、現在では分子遺伝学的研究等により両種を別種とする研究成果が示されている。この両者は漁業資源として地理的な交流が認められないことから、ISC (International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean、北太平洋まぐろ類国際科学委員会)、IATTC (Inter-American Tropical Tuna Commission、全米熱帯まぐろ類委員会) 及び FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations、国際連合食糧農業機関) においては、前者を Pacific Bluefin Tuna (太平洋クロマグロ)、後者を Atlantic Bluefin Tuna (大西洋クロマグロ) と呼称し、別種として扱っている。

また日本海周辺のクロマグロは季節だけではなく、魚の年齢によっても分布が異なること等の生態の解明が進んでいる。具体的には、クロマグロは主に北緯 20~40 度の温帯域に分布し、0~1 歳魚は、夏季に日本海または太平洋側の日本沿岸を北上し、冬季に南下する一方で、2~3 歳魚は北西太平洋を主な分布域とし、春季に黒潮続流域を西進、夏季に三陸沖を黒潮分派に沿って北上した後、秋季は親潮前線に沿って東進、冬季に日付変更線付近で黒潮続流域に向かって南下、という海洋構造に応じた時計回りの回遊パターンが示されている。その他、クロマグロについては成長・成熟過程、食性の研究が進められること等、多くの側面から生態解明が進んでいる。

- 水産庁, 独立行政法人 水産総合研究センター 国際漁業資源の持続的利用と適切な保存・管理のために

[http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25\\_04.html](http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25_04.html)

## (2) 生態・動態に基づく水産資源管理・養殖技術の解明

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

水産総合研究センターは、マイワシ資源評価のため、毎年秋に太平洋北西沖合域の調査を続けている。マイワシは多獲性魚類であることから、その資源動向は漁業のみならず、流通・加工など多くの産業に影響を与える。水産総合研究センターによる調査では、2011~2014 年生まれのマイワシの数が多く、最近の資源量および漁獲量は増加傾向にあることが報告さ

れた。

生物の動態研究の成果を生かして、生物資源の変動（漁獲量の変化など）とその要因を分析し、これに基づいて、漁業資源の変動予測技術を開発し、科学的な水産資源管理の基盤を構築している。

## 2) 具体的な成果・貢献

マイワシ太平洋系群は、100万トン以上の漁獲があった1990年代前半以降、資源量が激減し、2008年には漁獲量がわずか2.7万トンとなったが、近年では2010年生まれの数が多いことがわかった。これらのマイワシが1歳魚となった2011年の夏には三陸北部漁場、さらには道東漁場まで来遊し、道東では18年ぶりとなるマイワシ漁場が形成された。

2015年秋の調査では、2015年生まれの0歳魚が多数生き残っており、2010～2014年の各年の生まれを大きく上回る数であることが報告された。このため、今後マイワシ資源量の増加傾向がさらに強まる可能性が高いとの予想が出された<sup>24</sup>。このように、エビデンスに基づいた予測を活用することで、より精度の高い資源管理を実現することが期待される。

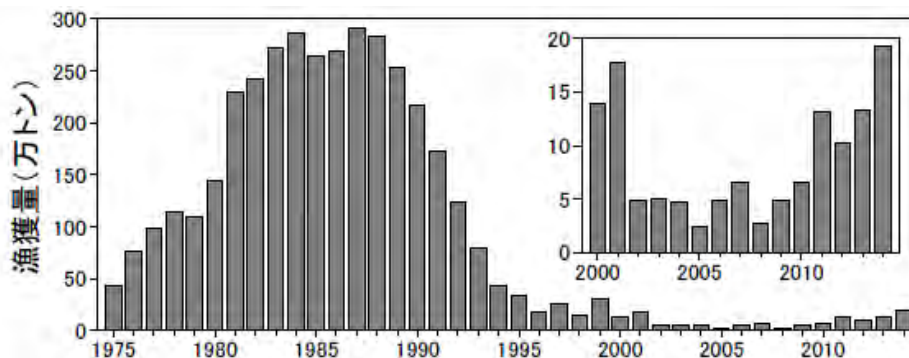


図 2-5 マイワシ太平洋系群の漁獲量の推移

(出所：水産総合研究センター (<https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr27/20151214/index.html>))

## (3) 多彩で効果的な生産技術開発

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

近畿大学水産研究所では、野生の海水魚を養殖種に改良し産卵親魚の養成に成功している。これらの研究は魚類栄養学、育種学、形態学、生理・生化学、魚病学などの基礎学問から養殖学への幅広い応用により新たな養殖技術の開発を行っている。

### 2) 具体的な成果・貢献

近畿大学水産研究所では1965年に世界で初めてのヒラメの人工ふ化による種苗生産を実現し、これまでに18魚種の種苗生産を成功させている。これらの種苗生産により漁獲量の

<sup>24</sup> 水産総合研究センター「マイワシの資源量の増加傾向がさらに強まる可能性が高い状況です」<https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr27/20151214/index.html>

減少が危惧される魚種についてもより安価で安定的に確保できるよう技術開発するとともに、研究対象を拡大している。

特にクロマグロについては、完全養殖に世界で唯一成功している。完全養殖を実現することで成魚を出荷するだけでなく、稚魚を養殖業者に供給することも可能となり、産卵からふ化を経て、施設内で生育管理を行う完全養殖稚魚を供給することができれば天然資源の減少を防ぐとともに、品質や安全性が確かなクロマグロを市場に提供することが可能となる。

このような養殖技術の拡大は、海洋科学による貢献が大きい。例えば、メタゲノムと呼ばれる、培養が困難な細菌に関する遺伝子研究を行うことで、赤潮などの解明が取り組まれている。また、同じマグロでも遺伝子の型が異なるため、標識放流においてその遺伝子型の違いを標識として用い、資源量評価の精度を格段に上げることができ、管理の妥当性評価にも用いることが可能である。



図 2-6 近畿大学が世界で初めて人工ふ化から種苗生産に成功した魚種  
(出所：近畿大学水産研究所 ([http://www.flku.jp/index\\_image/flku.pdf](http://www.flku.jp/index_image/flku.pdf)))

### 2.3.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

日本の海洋資源管理・養殖技術は世界トップレベルであり、高い経済効果のみならず水産資源の持続的利用に貢献している。

日本の養殖技術は世界最先端をリードしている。これらの技術を活用することで水産資源の安定的な供給に加え、高い経済効果や環境保全を実現している。また、水産資源の管理技術と養殖技術を組み合わせて、食料問題の解決や、水産資源の持続的利用に貢献しつつある。

また、高レベルな資源管理・養殖技術は、海洋科学や観測技術の発展に支えられている。例えば遺伝子を使った魚群の系統解析は資源量評価の精度を向上させ、資源管理の妥当性評価を高めることができる。さらに、バイオロギング等のトレース技術はマグロやウナギの動態解析に寄与し、高レベルな資源管理・養殖技術に貢献している。このような基礎データの蓄積が、マイワシやスケトウダラ等の水産資源の変動要因を解明し、生態系に配慮した漁業管理手法を高度化に貢献している。

日本は、世界的な海洋資源管理の主導的立場にある。現在では漁獲可能量制度や資源回復計画といった手法を組み合わせた資源管理の取り組みが進められている。こうした日本型の漁業資源の保全・管理に関するルールは、途上国を中心に広く世界的に評価されている。

今後のさらなる可能性として、日本の食に関する海洋技術は食料問題と動物性食料生産業の課題解決に貢献しつつあり、水産資源の世界的な需要拡大にも対応できる可能性がある。

世界的な需要の増大を背景として水産資源の減少が懸念される中、日本が蓄積した社会・生態系と調和した海洋資源管理・養殖技術の役割は益々大きくなる可能性がある。今後日本発の技術を他の技術と組み合わせることで、世界的な需要拡大にも対応できる可能性がある。

さらに、日本が蓄積した海洋資源管理・養殖に関する知見・技術により、国際的な水産資源管理を主導し、一方では持続的な養殖生産技術を開発・普及することで、危機的状況乗り越えることが期待される。貢献事例における海洋科学の現状・可能性を図 2-7 に示す。



図 2-7 【食】 貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### 2.3.3 当該貢献事例の詳細

- 水産庁、独立行政法人 水産総合研究センター 国際漁業資源の持続的利用と適切な保存・管理のために  
[http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25\\_04.html](http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25_04.html)
- 完全養殖「近大マグロ」 “産業化” への挑戦 - 近畿大学  
<http://www.kindai.ac.jp/about-kindai/pr/download-data/kindai-news/07.pdf>
- 国立研究開発法人水産総合研究センター H27.12.14 プレスリリース 「マイワシの資源量の増加傾向がさらに強まる可能性が高い状況です」  
<https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr27/20151214/index.html>
- 近畿大学 水産養殖種苗センター  
[http://www.flku.jp/index\\_image/flku.pdf](http://www.flku.jp/index_image/flku.pdf)
- 水産庁 水産白書 平成 26 年度水産の動向 p17 これからの水産環境整備のすがた  
[http://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2014/pdf/26suisan1-1-1.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2014/pdf/26suisan1-1-1.pdf)



## 2.4 貢献事例3：【環境】気候変化、異常気象の予測と対応

### 2.4.1 当該貢献事例の全体像

海面水温上昇による水蒸気量の増加・豪雨の発生など、海と大気が互いに影響しあい、気象や気候の変化に影響していること（大気海洋相互作用）が、長年の海の観測と研究によって明らかとなってきた。大気と海洋の相互作用をモデルに取り入れることで、気象や気候の予測精度を向上させることが可能となる。既に、エルニーニョ／ラニーニャ現象による猛暑・冷夏の季節予報では大気海洋結合モデルが利用されている。また、台風等の気象現象の解明等でも海洋のデータを統合した研究が進められており、今後台風の変化予測等に活用されることが期待される。

また、今後、二酸化炭素増加など人為的要因による気候変動・温暖化の進行に伴い、こうした気象・気候現象の変化・激化も予想されている。その対策のため、より正確な将来予測を可能とすべく、日本が海のデータを含めた予測手法の研究等で世界をリードしている。



図 2-8 【環境】貢献事例の全体像

#### (1) 大気海洋相互作用の解明

##### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

大気と海洋は相互作用しながら気候に影響を与えているが、大気モデルと海洋モデルは長年の間別々に開発されてきた。近年、大気・海洋それぞれの観測データの統計的な解析等により、それらの相互作用の解明が進められている。この成果として大気海洋結合モデルが構築されることで、より高精度の気候予測を行うことができるようになった。具体的には、大気モデルは海洋モデルから得た境界条件の下で太陽放射、雲、風の影響などを計算し、海洋モデルに熱量、運動量、降水量を渡す。更に海洋モデルでは、これらの各物理量を境界条件

として、海流や海氷を含めた相互作用を計算し、海面温度を大気側へフィードバックする。同モデルを用いれば、例えば数年から数千年スケールの気候変動について予測できる可能性があり、各国の気象機関や研究機関等において、季節予報や気候変動予測の研究や実用化が進んでいる。

## 2) 具体的な成果・貢献

大気海洋結合モデルは既に日本の気象庁によって、1 か月を超える季節予報などで利用されている（図 2-9 参照）。また、JAMSTEC の地球情報基盤センターでは、大気モデル及び海洋モデルに海氷モデルを加えた大気・海洋・海氷の結合モデル（CFES: Coupled Atmosphere-Ocean-Sea Ice model for the Earth Simulator）を開発しており、数年から数千年先のスケールでの気候変動予測の実現を目指している<sup>25</sup>。

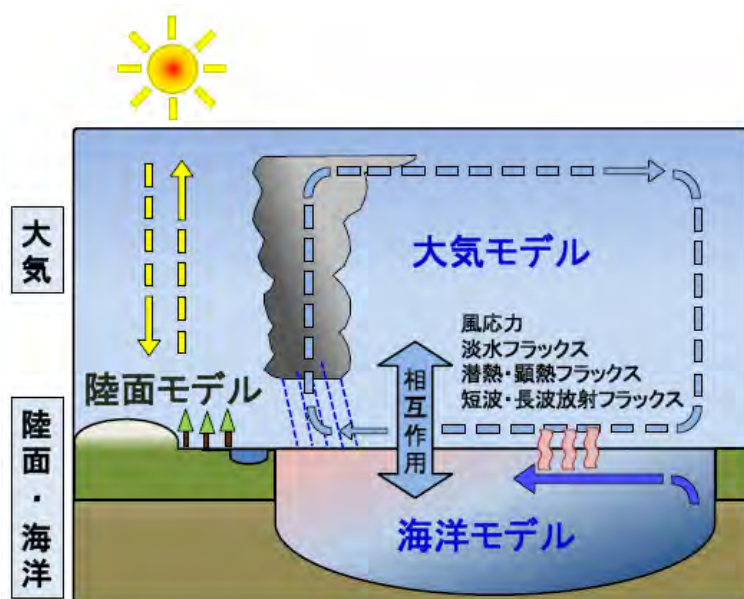


図 2-9 大気海洋結合モデルの概念図

(出所：気象庁 (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-7.html>))

## (2) 大気海洋波浪結合モデルの構築（台風の強度変化の解明）

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

大気海洋波浪結合モデルとは、これまでそれぞれ単体で研究されてきた大気、海洋、さらに波浪モデルを結合させるもので、近年モデルの構築・利用が進められている。このモデルにより、従来の単純なスラブモデルや海洋モデル単体による予測ではなし得なかった、台風や爆弾低気圧のような5日から10日程度の時間スケールを持つ現象のより高精度な予報が可能になりつつある。

<sup>25</sup> JAMSTEC 「大気海洋結合シミュレーション研究の概要」

(<http://www.jamstec.go.jp/esc/research/AtmOcn/cfes/overview.ja.html>)



## 2) 具体的な成果・貢献

気象研究所の台風研究部による「中緯度における台風や大気攪乱の予測可能性と海洋の相互作用に関する研究」では、黒潮続流域集中観測期間および台風の事例について、統計学的な解析手法を用いて非静力学大気波浪海洋結合モデルによる数値シミュレーションを行い、台風や大気攪乱が豪雨、強風をもたらすプロセスを解明した<sup>26</sup>。今後は、本成果の実際の気象業務への活用可能性等について検討を行うことが期待される。

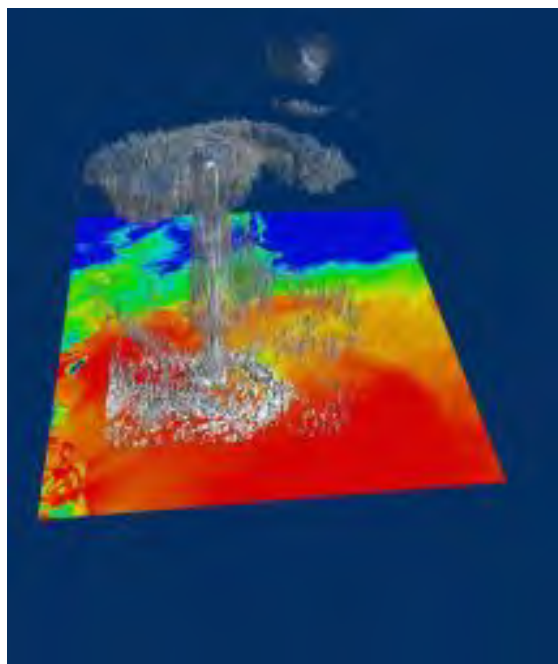


図 2-10 大気波浪海洋結合モデルによる台風の強度変化の解明

(出所：気象研究所 ([http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND\\_wada/Akiyoshi\\_Wada-sjis.html](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND_wada/Akiyoshi_Wada-sjis.html)))

### (3) エルニーニョ・ラニーニャ現象の解明

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

エルニーニョ現象とは、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年よりも高くなり、その状態が1年程度継続する現象である。逆に、同じ海域で海面水温が平年より低い状態が続く現象がラニーニャ現象であり、それぞれ数年おきに発生している。エルニーニョ現象が発生すると、太平洋西部において、積乱雲が盛んに発生する海域が平常時よりも東に移動し、またラニーニャ現象が発生するとインドネシア近海で積乱雲の発生が盛んになることが分かっている<sup>27</sup>。この現象のメカニズムを解明し予測するため、各国の気象機関等で、数値モデルや海洋、大気観測データを用いて精力的な研究が行われている。

<sup>26</sup> 東京大学先端科学技術研究センター

([http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/hotspot/jpn/selected2/a01\\_k3.html](http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/hotspot/jpn/selected2/a01_k3.html))

<sup>27</sup> 気象庁ウェブサイト ([http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/el\\_nino/learning/faq/whatiselnino.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/el_nino/learning/faq/whatiselnino.html))

## 2) 具体的な成果・貢献

日本の気象庁を含むいくつかの公的機関からはエルニーニョ予報が公開されており、実際に、日本の猛暑予測、オーストラリアの干ばつ予測、アフリカ南部の豪雨予測等が的中している実例がある。また、アパレル業界等で服の生産や販売計画等でも活用されている。

### (4) 亜熱帯ダイポールモード現象の解明

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

亜熱帯ダイポールモード現象とは、南インド洋亜熱帯域の南半球側において、数年に一度夏季の海面水温が変化することによって発生する、アフリカ南部の気候に重大な影響を及ぼす現象である。東京大学の山形俊男名誉教授が研究代表者として取り組んだ「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」(SATREPS)の「気候変動予測とアフリカ南部における応用」プロジェクトでは、亜熱帯ダイポールモード現象のメカニズムの解明と予測、ダウンスケーリング、季節予測、大気と海洋の結合モデル、早期予報システムを構築することで、ダイポールモード現象が南アフリカの気象に与える影響を予測することを可能とした。

#### 2) 具体的な成果・貢献

平常時、南インド洋の同海域には反時計回りの高気圧性の風があり、熱帯域の降雨帯に吹き込んでいる。しかし、亜熱帯ダイポールモード現象が発生し、高気圧が移動し海面水温が変化すると降雨帯の分布が変化し、結果としてアフリカ南部の降雨量が増加することが確認されている(図 2-11 参照)。先述の「気候変動予測とアフリカ南部における応用」プロジェクトでは、亜熱帯ダイポールモード現象が南アフリカの気象に与えるこのような影響を予測することで、現地の農作物生産を支援することを可能とした。現在はスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を用いて、同現象の発生および南アフリカの気候を予測している。

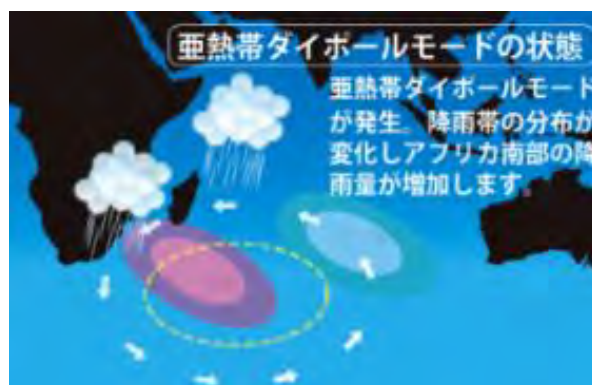


図 2-11 ダイポールモード現象の概要

(出所：JST SATREPS ウェブサイト ([http://www.jst.go.jp/global/case/environment\\_energy\\_2.html](http://www.jst.go.jp/global/case/environment_energy_2.html)))

## (5) アルゴフロートプロジェクト

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

アルゴフロートプロジェクト（アルゴ計画）とは、気候変動に影響を及ぼす海洋内部の変動を監視するために、300km 四方に 1 台、全世界で約 3,000 台のフロートを展開して全球的な水温・塩分・圧力データを収集する国際プロジェクトである。個々のアルゴフロートは全長約 2m、重量約 20kg 程度で、各研究機関・省庁の観測船などから投下され、最大水深 2,000m まで沈んだ後に観測しながら海面まで浮上して衛星経由でデータを送信し、その後再び沈むというサイクルを 4 年程度繰り返す（図 2-12 参照）。取得されたデータは、日本では例えば JAMSTEC のウェブサイトで開催されている<sup>28</sup>。



図 2-12 アルゴフロートの概要

(出所：JAMSTEC 提供)

### 2) 具体的な成果・貢献

これまで 30 か国を超える国と機関がアルゴ計画に参加し、現在は 3,900 台以上の様々な国籍を持つアルゴフロートが常時稼働するようになった。日本では JAMSTEC と気象庁が中心となり、高校や大学の練習船による協力も得つつ、アルゴフロートの投入を行ってきている。なお、日本は約 200 台のアルゴフロートを常時運用している（図 2-13 参照）。

このように、日本と世界各国が協力してアルゴフロートを投入することで、海洋内部の継続監視が可能になった。貯蓄熱量の変化や海洋循環を把握し、気候変化予測のデータとして活用することで、予測・予報の精度向上に貢献している。

<sup>28</sup> JAMSTEC 「Argo PROJECT」 (<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/index.html>)

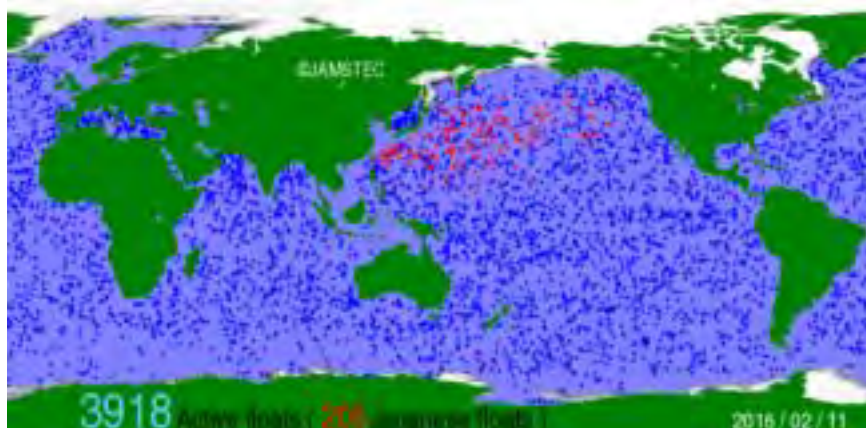


図 2-13 アルゴフロートの投入・分布状況

(出所：JAMSTEC アルゴ計画ウェブサイト (<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/data/index.html>))

## (6) 海洋データ同化を取り入れた高精度な気候予測の実現

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

海洋データ同化とは、観測データと数値シミュレーション結果を融合させる手法のことである。予測シミュレーションを行う際に、データ同化技術を用いて実際の観測データをシミュレーション結果に取り入れることで、より精度の高い大気・海洋環境の再現場（初期値）が得られる。こうした手法を用いて、より正確な予測を実現する研究が進められている。

### 2) 具体的な成果・貢献

大気・海洋で実際観測されたデータを最適化理論に従って取り込み、数値モデル（大気・海洋結合モデル）によるシミュレーション結果を修正し改善することで新たな統合データセットを作成する、4次元変分法大気海洋結合データ同化システム（4D-VAR）の研究が進んでいる。時空間的に断片的にしか得られない観測情報を、数値モデルを用いて力学的に補間する手法である。4次元変分法とは、変分原理を用いて情報を最適に融合する手法の1つであり、力学的に整合性のある大気・海洋3次元空間の時系列（4次元）を再現するものである（図 2-14 参照）。日本はこのような海洋データ同化の研究が進んでおり、エルニーニョ予報の大幅な精度向上に貢献する等、これまで世界をリードする顕著な成果を残してきた<sup>29</sup>。

<sup>29</sup> JAMSTEC 「エルニーニョ現象の予測に新たな展開」  
([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/quest/20151125/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/quest/20151125/))



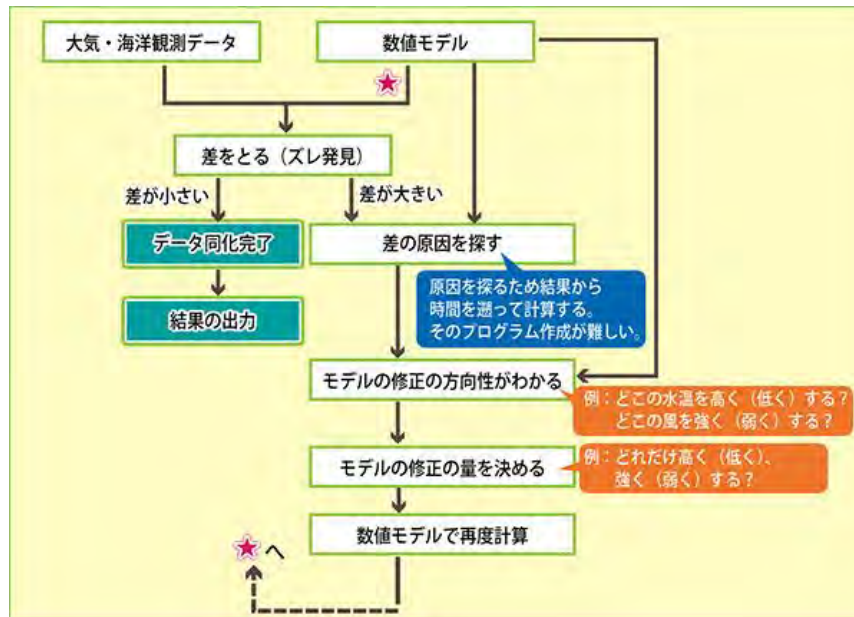


図 2-14 4次元変分法のイメージ

(出所：JAMSTEC ([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/quest/20151125/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/quest/20151125/)))

## 2.4.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### (1) 海洋科学による貢献実績

気象・気候における海の複雑な役割の理解が進み、予測精度が格段に向上している。大気海洋相互作用（海洋と大気の間で熱や水蒸気等の交換が行われ互いに影響しあうこと）や海洋大循環（海中に入った熱が海流等で深海まで運ばれ循環し再び海面に戻り、10～100年単位の気候変化に関係すること）等、気象・気候における海洋の役割の理解が進んだことで、気象・気候の予測精度は格段に向上している。

こうした仕組みの理解と予測は、異常気象による災害への対策にあたり非常に重要であり、日本を含む各国が観測・予測に取り組んでいる。実際に、日本の猛暑予測、オーストラリアの干ばつ予測、アフリカ南部の豪雨予測等が的中している実例がある。

気象・気候の予測結果は、社会・経済活動の中で既に利用されている。上記のような予測結果に基づいた災害対策が、各国で既に始められている。また、日本の気象庁によるエルニーニョ予報（気象庁のスーパーコンピュータにより計算）は既にアパレル業界等で服の生産や販売計画等でも活用されており、産業利用としての価値も認められる。

### (2) 海洋科学による更なる貢献の可能性

海洋を含めた気象・気候の自然現象の予測を行うことで、予報精度をさらに向上し、人的・経済的被害の削減等に貢献することが可能である。海の変化を更に正確にとらえ、それを原因とする大雨等の異常気象発生を事前に予測することで予防策を講じ、被害削減を可能にする。今後、予測精度を向上させ、警報、堤防等のインフラ整備計画などで利用すれば、より

効果的な災害対策や農業の被害対策などに貢献できると期待される。


米国国立気候データセンター（National Climatic Data Center : NCDC）の調査では、1980年～2013年の間に10億ドル以上の損害をもたらした気象・気候災害は、米国内だけで170件、被害総額は1兆ドルに及ぶことが報告されている<sup>30</sup>。これを削減できれば、大きな経済的利益となる。

また、人為的要因による気候変動をもたらす気象・気候の将来変化・激化を予測し、長期的な対策に役立てることが可能である。今後、気候変動・地球温暖化が進むことで、気象・気候現象の変化・激化や海面水温の上昇による国土の喪失なども危惧されており、適切な予測と対策は喫緊の課題である。その対策を行うためには、自然変化と人為的变化の両方を含めた海と大気データを結合した予測が重要となる。特に、日本は観測データと数値シミュレーション結果を融合させ、時空間的にまばらな観測データを補うことで予測精度を向上させる「海洋データ同化」の解析能力で世界トップクラスにあり、人類の持続的発展において日本が主導的役割を果たすことも可能である。このような日本の海洋・気候研究においては、「地球シミュレータ」が多大な貢献をしてきたことも重要である。

その他、気候変動による北極の氷の減少を正確に予測することで、これまでよりも最大約4割短い距離で航行可能な北極海航路が利用可能となり、燃料削減や物流への経済効果も期待されているなど、気候変動予測の様々な応用も見込まれる。

---

<sup>30</sup> JAMSTEC 山形俊男「異常気象をもたらす気候変動現象の発見とその予測」  
([http://www.jamstec.go.jp/res/ress/yamagata/Gakujutsu\\_no\\_Doko\\_2015.pdf](http://www.jamstec.go.jp/res/ress/yamagata/Gakujutsu_no_Doko_2015.pdf))


 **海洋科学による貢献実績・現状**

**気象・気候における海の複雑な役割の理解が進み、予測精度は格段に向上しています。**

- 大気海洋相互作用(海洋と大気の間で熱や水蒸気等の交換が行われ互いに影響し合うこと)や海洋大循環(海中に入った熱が海流等で深海まで運ばれ循環し再び海面に戻り、10～100年単位の気候変化に関係すること)等、気象・気候における海洋の役割の理解が進んだことで、気象・気候の予測精度は格段に向上しています。
- こうした仕組みの理解と予測は、異常気象による災害への対策に当たり非常に重要であり、日本を含む各国が観測・予測に取り組んでいます。実際に、日本の猛暑予測、オーストラリアの干ばつ予測、アフリカ南部の豪雨予測等が的中している実例があります。

**気象・気候の予測結果は、社会・経済活動の中で既に利用されています。**

- 上記のような予測結果に基づいた災害対策が、各国で既に始められています。
- また、日本の気象庁によるエルニーニョ予報(気象庁のスパコンにより計算)は既にアパレル業界等で服の生産や販売計画等でも活用されており、産業利用としての価値も認められます。

 **更なる貢献の可能性**

**気象・気候の自然現象の予測精度をさらに向上し、人的・経済的被害の削減等に貢献します。**

- 海の変化を更に正確にとらえ、それが原因となる大雨等の異常気象発生を事前に予測できるようになることで予防策を講じ、被害削減を可能にします。今後、予測精度を向上させ、警報、堤防等のインフラ整備計画などで利用すれば、より効果的な災害対策や農業の被害対策などに貢献できると期待できます。
- 米国国立気候データセンター(NCDC)の調査では、1980年～2013年の間に10億ドル以上の損害をもたらした気象・気候災害は米国内だけで170件、被害総額は1兆ドルに及ぶことが報告されています。これを削減出来れば、大きな経済的利益となります。

**人為的要因による気候変動がもたらす気象・気候の将来変化・激化を予測し、長期的な対策に役立てます。**

- 今後、気候変動・地球温暖化が進むことで、気象・気候現象の変化・激化や海面水温の上昇による国土の喪失なども危惧されており、適切な予測と対策は喫緊の課題です。
- 対策を行うためには、自然変化と人為的変化の両方を含めた海と大気とのデータを結合した予測が重要です。日本はその解析能力で世界トップクラスにあり(地球シミュレータが日本の海洋・気候研究に貢献)、人類の持続的発展において日本が主導的役割を果たすことも可能です。
- その他、気候変動による北極の氷の減少を正確に予測することで、これまでよりも最大約4割短い距離で航行可能な北極海航路が利用可能となり、燃料削減や物流への経済効果も期待されているなど、気候変動予測の様々な応用も見込まれます。

図 2-15 【環境】 貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### 2.4.3 当該貢献事例の詳細

- 気象庁ウェブサイト (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-7.html>)  
大気海洋結合モデルの概要、活用状況を確認できる。
- 気象研究所 台風研究部 ウェブサイト  
([http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND\\_wada/Akiyoshi\\_Wada-sjis.html](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND_wada/Akiyoshi_Wada-sjis.html))  
台風海洋相互作用に関する研究の詳細を確認できる。
- JST SATREPS ウェブサイト「気候変動予測とアフリカ南部における応用」  
([http://www.jst.go.jp/global/case/environment\\_energy\\_2.html](http://www.jst.go.jp/global/case/environment_energy_2.html))  
ダイポールモード現象の解明・予報に関する詳細を確認できる。
- JAMSTEC Argo 計画ウェブサイト (<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/index.html>)  
アルゴ計画の詳細、現在のアルゴフロートの投下状況等が確認できる。
- JAMSTEC ウェブサイト  
([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/quest/20151125/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/quest/20151125/))  
4次元変分法大気海洋結合データ同化システム(4D-VAR)の詳細、エルニーニョ予報精度改善への貢献等の詳細が確認できる。

## 2.5 貢献事例4：【安全・安心】地震・津波への防災・減災

### 2.5.1 当該貢献事例の全体像

日本は世界有数の地震・津波の被災国であり、これまで地震メカニズムの解明と、それに起因した津波の解明・予測技術の開発に取り組んできた。具体的には、海底掘削による地震発生源（プレート境界）の調査、津波計などの観測技術、津波伝播計算、浸水域シミュレーションの高精度化など、津波防災計画や地震発生直後の津波高・浸水予測、避難警報の発出などに積極的に貢献してきた。

今後も、津波はリアルタイム（襲来前）予測により被害を大きく低減することができる災害であり、海洋科学の発展に伴って死者を限りなく少なくすることが可能であるため、貢献の余地が大きく残されている分野と言える。また、防災分野での新たな産業活動の活性化するとともに、日本の防災技術やノウハウを海外展開することで、国際的なプレゼンスの向上を見込むことができる。

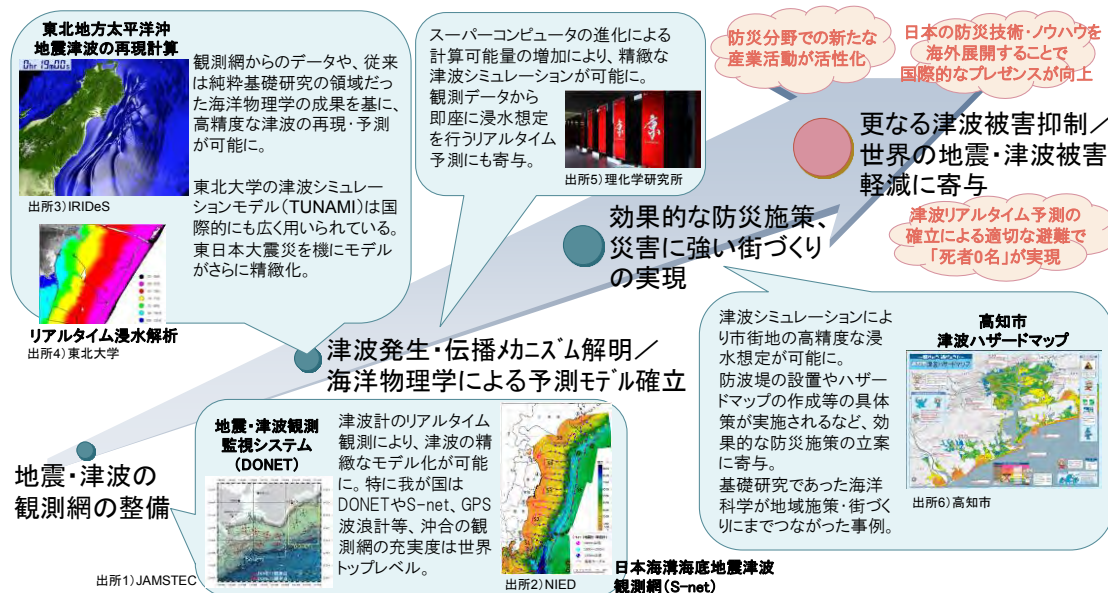


図 2-16 【安全・安心】貢献事例の全体像

#### (1) 地震・津波の観測網の整備

##### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

日本の周辺海域で様々な形の地震・津波観測機器が設置され、ネットワークシステムとして整備されている。こうした各種のネットワークによって、地震や津波の精緻なモデル化ができるようになった。あわせて、地震発生直後の津波高・浸水予測、リアルタイム予測を行ううえでの重要なデータを瞬時に得ることができる。また、巨大地震や津波が発生するメカニズムの解明にも資することが期待されている。特に我が国は DONET や S-net、GPS 波浪計等、沖合の観測網の充実度は世界トップレベルにある（詳細は 2）で紹介する）。



## 2) 具体的な成果・貢献

### ① 地震・津波観測監視システム (DONET)

地震・津波観測監視システム (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis : DONET) は、JAMSTEC により開発された、通信用海底ケーブル技術を用いた両端陸揚げの基幹ケーブルシステムである。熊野灘沖東南海震源域における地震・津波観測監視システム「DONET1」では、三重県尾鷲市古江町～紀伊半島沖合の総延長約 250 km (給電岐路ケーブルを除く) の基幹ケーブルがループ状に敷設され、途中 5 箇所の拡張用分岐装置にそれぞれ 4 つの観測点が接続されている。さらに、2010 年度より、潮岬沖から室戸岬沖の南海地震震源域における地震・津波観測監視システム「DONET2」も設置された。海溝型巨大地震発生が海底に設置された観測装置により検知されることで、南海トラフで発生する巨大地震の主要動や津波の到達前に情報発信、避難誘導を行うことができると見込まれている。

また、各観測点には海底における科学観測を実施するために必要な機能が集約されている。具体的には、強震計、広帯域地震計、水晶水圧計、微差圧計、ハイドロフォン、精密温度計が設置され、地殻変動から大きな地振動まで、様々なタイプの海底の動きを捉えることができるようになっている。

津波のリアルタイム予測への貢献以外にも、地震予測モデルの高度化により、震源要素の即時推定や震源モデルの構築が可能となるうえ、地殻活動を長時間スケールでモニタリングすることで、地震発生メカニズムの解明・研究にも貢献することができる<sup>31</sup>。

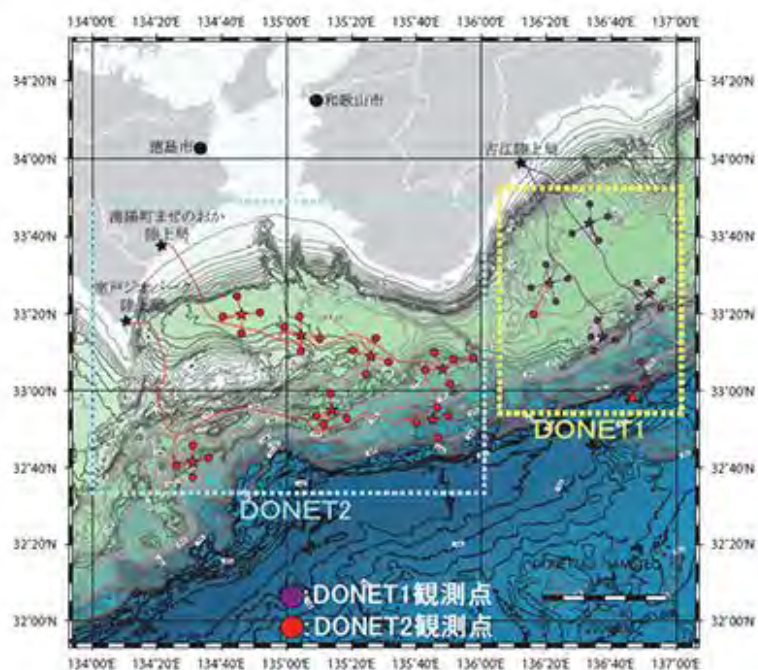


図 2-17 地震・津波観測監視システム (DONET1, DONET2)

(出所 : JAMSTEC (<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/>))

<sup>31</sup> JAMSTEC (<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/>)

## ② 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)

地震計と津波計が一体となった観測装置を光海底ケーブルで接続し、これを東北地方太平洋沖の海底に設置し、リアルタイムに24時間連続で観測データを取得するシステムであり、観測点は150箇所、ケーブルの全長は約5,700kmである。海溝型地震や直後の津波を直接的に検知し、迅速・高精度な情報伝達により被害の軽減や避難行動などの防災対策に貢献することが期待されている。

東日本太平洋沖合で発生する津波について、津波計（水圧計）で直接検知し、高精度かつリアルタイムの観測を行う。日本海溝付近で津波が発生した場合、従来と比較し20分程早く津波を実測・検知することができ、沿岸へ到達前に津波高を高精度に即時予測することが可能となると同時に、30秒程早く地震動を早期検知し、緊急地震速報の高度化、早期の避難行動等被害の軽減等に貢献することができる。

また、海底観測網の各点に到達する地震動と津波の伝播の様子を直接捉えることが可能となり、津波予測技術の高度化の研究に貢献することができる。あわせて、観測網からのリアルタイムの連続データより、従来の陸域の観測網では困難な海底下の詳しい地震活動や地殻上下変動の調査解析が可能となる<sup>32</sup>。

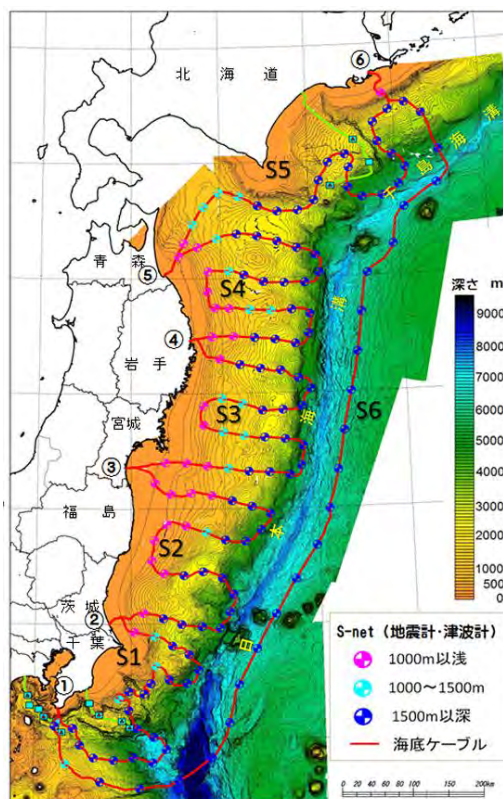


図 2-18 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)

(出所：防災科学技術研究所 (<http://www.bosai.go.jp/inline/>))

<sup>32</sup> 防災科学技術研究所 (<http://www.bosai.go.jp/inline/>)

### ③ GPS 波浪計

GPS 波浪計とは、沖合に浮かべられているブイの上下変動を GPS 衛星を用いて計測し、波浪や潮汐等を観測する機器である。沿岸部に設置されているため単体でリアルタイム（津波来襲前）予測に利用するのは難しいが、津波の挙動を確認する意味でも重要である。実際に東日本大震災では、東北地方太平洋側の GPS 波浪計において、津波が沿岸に到達する約 10 分前に 6m を超える津波高を観測した。このデータは、気象庁により津波警報の切替えが行われる際に活用された<sup>33</sup>。



図 2-19 岩手県釜石沖の GPS 波浪計（写真提供：国土交通省東北地方整備局）  
（出所：気象庁（<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/newmethod.html>））

## (2) 津波発生・伝播メカニズム解明／海洋物理学による予測モデル確立

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

観測網からのデータや、従来は基礎研究の領域だった海洋物理学の成果を基に、高精度な津波の再現・予測が可能になった。東北大学の津波シミュレーションモデル（TUNAMI: Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation）は国際的にも広く用いられている。東日本大震災を機に、津波モデルのさらなる精緻化が行われた。

また、スーパーコンピュータの進化による計算可能量の増加により、精緻な津波シミュレーションが可能になるとともに、観測データから即座に浸水想定を行う高度なリアルタイム（来襲前）予測の可能性も考えられるようになりつつある。

### 2) 具体的な成果・貢献

東北大学が中心となって構築された津波シミュレーションモデル（TUNAMI）など日本発の津波モデルは世界的にも広く活用されている。

東北大学と富士通研究所との共同研究により、TUNAMI の一種である「TUNAMI-N2」を基に、「京」等のスーパーコンピュータで実行可能な高解像度の津波モデルが開発された。

<sup>33</sup> 気象庁（<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/newmethod.html>）

このモデルにより、仙台市の臨海域の南北約 10km を 5m 単位でモデル化した場合でも、東日本大震災当時の浸水概要を把握するのに必要なシミュレーションが「2 分以内」で完了する計算となる。このモデルを活用すれば、津波の波源を推定するのに要する時間を含めても「最短約 10 分」でおおよその浸水域を推定することができることが判明した<sup>34</sup>。

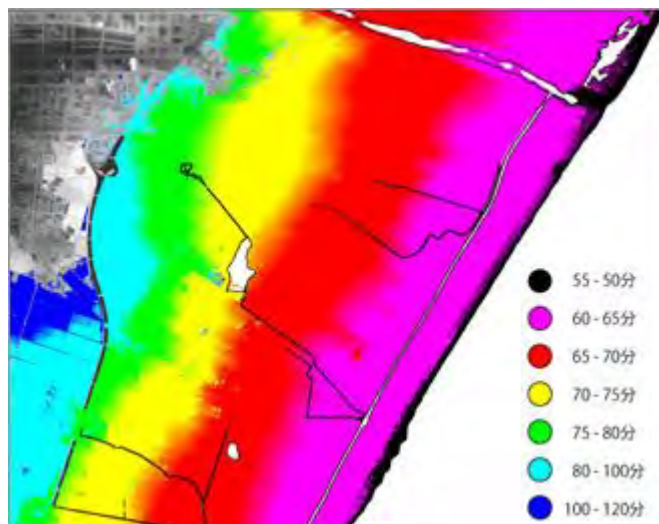


図 2-20 TUNAMI-N2 を基にしたリアルタイム浸水解析の結果  
(津波の到達時間の推定値)

(出所：東北大学 (<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2015/02/press20150227-01.html>))

### (3) 効果的な防災施策、災害に強い街づくりの実現

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

津波シミュレーションにより市街地の高精度な浸水想定が可能になった。こうした高精度な浸水想定に基づき、防波堤の設置やハザードマップの作成等といった効果的な防災施策の検討・立案、およびそれらを基にした災害に強い街づくりが進められている。

#### 2) 具体的な成果・貢献

津波の予測計算に基づき、ハザードマップの作成が行われ、住民への啓発等に活用されている。例えば、高知市では、2012 年 12 月に高知県より公表された、「【高知県版第 2 弾】南海トラフの巨大地震による震度分布・津波浸水予測」を基に、市において発生するおそれがある揺れの大きさや津波による浸水深・範囲を示した「高知市地震・津波ハザードマップ」を作成している。最大クラスの南海トラフ地震が発生したときに予想される浸水深・範囲について示している。

<sup>34</sup> 富士通株式会社 (<http://journal.jp.fujitsu.com/2015/04/08/01/>)



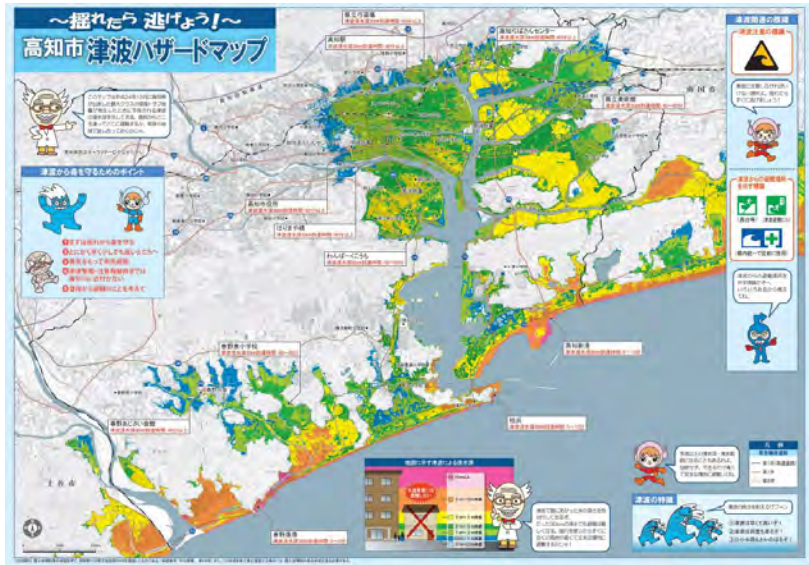
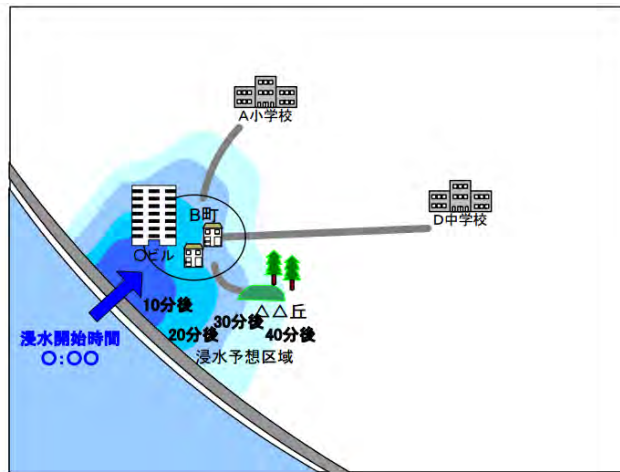


図 2-21 高知市津波ハザードマップ

(出所：高知市 (<https://www.city.kochi.kochi.jp/uploaded/attachment/26957.pdf>))

このようなハザードマップの浸水範囲、浸水深等の情報を活用することで、住民の避難ルート、避難場所等を検討することができ、被害を最小化することが可能となる。あわせて、ハザードマップ上の危険箇所、避難経路等の情報を活用して各避難場所の規模およびそれらに応じた緊急自動車配車や物資輸送量・経路等を検討することができる等、防災に直接的に役立っている。



| 時間的余裕 | 避難場所候補 | 予想浸水区域 | 距離   |
|-------|--------|--------|------|
| 避難不可能 | ○ビル    | 区域内    | 直近   |
| 避難困難  | △△丘    | 区域内    | 近い   |
| 避難可能  | A小学校   | 区域外    | やや遠い |
| 避難可能  | D中学校   | 区域外    | 遠い   |

⇒ 避難が時間的に難しい場合は「○ビル」あるいは「△△丘」を避難場所として設定

津波の場合は、地震発生から津波来襲までの時間が短いため、避難場所としてはできるだけ近い方が望ましい。(高齢化にも対応)

図 2-22 津波時避難場所検討におけるハザードマップの活用イメージ

(出所：国土交通省 ([http://www.mlit.go.jp/kowan/hazard\\_map/4/shiryu1.pdf](http://www.mlit.go.jp/kowan/hazard_map/4/shiryu1.pdf)))

## 2.5.2 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### (1) 海洋科学による貢献実績

現在までに津波シミュレーション技術は大きく進展し、既に津波浸水域や到達時間の高精度な予測が可能な段階に達している。こうした予測を基に、防波堤の設置やハザードマップの作成、危険域への人の居住の制限等の具体策が取られるようになった。海洋科学の知見が、土木設計や街づくりにまでつながっていることを示す分かりやすい事例である。

また、我が国の高精度の津波被害予測データが、他国の効果的な防災施策の立案、災害に強い街づくりに寄与している。TUNAMI など日本発の津波モデルは世界的にも広く活用されているほか、東北大学では、国際測地学地球物理学連合 (International Union of Geodesy and Geophysics : IUGG) とユネスコ政府間海洋学委員会 (Intergovernmental Oceanographic Commission : IOC) の共同事業の援助による TIME プロジェクト (Tsunami Inundation Modeling Exchange) を実施し、津波被害を受けたまたは予想される地域に対し、TUNAMI を含めた数値モデルの技術移転を行っている。

あわせて、日本には、世界有数の津波観測網が整備されており、代表的な例として JAMSTEC の地震・津波観測監視システム (DONET) や、防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) が挙げられる。また、観測の種類が多様である点も強みであり、国土交通省の GPS 波浪計は、津波の挙動を確認・検証する意味でも有効である。沖合から来襲する津波を、この観測網でリアルタイムに捉えることで、迅速に浸水予測を行い、早期避難の判断材料として活用されている。一方、東日本大震災の際には、想定された地震規模を遥かに上回ったために、地震直後に出された津波高さの予報が過小となるなど、リアルタイムでの推定法には改善の余地が残っている。

### (2) 海洋科学による更なる貢献の可能性

津波は我が国で避けられない低頻度の重大災害であり、今後、南海トラフ地震や首都直下型地震に伴う津波の発生が確実視されている。一方、津波は発生してから来襲までにある程度時間的な余裕があることを利用し、観測網や予測モデルの充実・改善を進めることで「リアルタイム津波予測」による「リアルタイム避難」を実現すれば、「津波死者 0 名」を目指すことも可能である。

また、2次元だけではなく3次元での津波計算が可能になり、漂流物の解析等もできるようになれば、より正確な被害予測、効果的な復旧施策の立案にも資することができる。

あわせて、津波によって 250,000 人もの犠牲者を出した 2004 年スマトラ沖地震をはじめとして、特に途上国は被害が大きくなる傾向がある。日本は津波観測・予測に高い技術を有するだけでなく、ハザードマップ等の被害の可視化技術、街づくりへの応用、防災教育などにも大きな実績・ノウハウを蓄積している。こうした実績・ノウハウの海外展開を加速することで、世界での津波被害の低減に貢献することが可能である。例えば、12月の国連総会で共通記念日として採択された「世界津波の日 (11月5日:安政南海地震津波)」等を通じ、日本のプレゼンスを上げていくことが重要である。途上国にとどまらず、世界各地で状況が異なる中で、日本の厳しい防災レベルを世界に浸透させ、災害への安全性を高めることが必要である。

**海洋科学による貢献実績・現状**

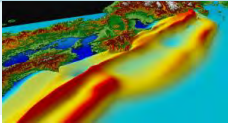
**高精度の津波被害予測データが、効果的な防災施策の立案、災害に強い街づくりに寄与しています。**

- 津波シミュレーション技術は大きく進展し、既に津波浸水域や到達時間の高精度な予測が可能な段階に達しています。
- こうした予測を基に、防波堤の設置や危険域への人の居住の制限等の具体策が取られるようになりました。海洋科学の知見が、土木設計や街づくりにまでつながった貢献事例と言えます。
- 東北大学が中心となって構築された津波シミュレーションモデル(TUNAMI)など、日本発の津波モデルは世界的にも広く活用されています。

**世界有数の観測網が、早期避難の実現に寄与しています。**

- 日本には、世界有数の津波観測網が整備されています。沖合から来襲する津波を、この観測網でリアルタイムに捉えることで、迅速に浸水予測を行い、早期避難の判断材料として活用されています。
- 一方、東日本大震災の際には、想定された地震規模を遥かに上回ったために、地震直後に出力された津波高さの予報が過小となるなど、リアルタイムでの推定法には改善の余地が残っています。


津波シミュレーション動画のスクリーンショット(出所7) JAMSTEC



**更なる貢献の可能性**

**観測網や予測モデルの充実・改善により、「津波死者0名」を目指すことも可能です。**

- 今後、南海トラフ地震や首都直下型地震に伴う津波の発生が確実視されています。
- しかし、津波は発生から到達までに時間がかかります。そのため、観測網や予測モデルの充実・改善を進めることで「リアルタイム津波予測」による「リアルタイム避難」を実現すれば、「津波死者0名」を目指すことも可能です。
- 3次元での津波計算が可能になれば、より正確な被害予測、効果的な復旧施策の立案にも資することができます。



**日本の防災技術・ノウハウを海外展開することで国際的なプレゼンス向上に寄与します。**

- 津波によって250,000人も犠牲者を出した2004年スマトラ沖地震をはじめとして、特に途上国は被害が大きくなる傾向があります。
- 日本は津波観測・予測に高い技術を有するだけでなく、ハザードマップ等の被害の可視化技術、街づくりへの応用、防災教育などにも大きな実績・ノウハウを蓄積しています。
- こうした実績・ノウハウの海外展開を加速することで、世界での津波被害の低減に貢献することが可能です。

図 2-23 【安全・安心】 貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### 2.5.3 当該貢献事例に関する参考情報

- 気象庁ウェブサイト  
(<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/ryoteki.html>)  
気象庁の津波警報・注意報の仕組みや、数値シミュレーションの概要を確認できる。
- JAMSTEC ウェブサイト (<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/donet2.html>)  
DONET の概要情報および DONET を用いた研究成果を確認できる。
- 防災科学技術研究所ウェブサイト (<http://www.bosai.go.jp/inline/seibi/seibi01.html>)  
S-net 整備事業の概要情報および津波防災への貢献例を確認できる。
- 東北大学災害科学国際研究所 (IRIDeS) 災害リスク研究部門津波工学研究室ウェブサイト (<http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai3/J/index.html>)  
東北大学の津波数値モデル関連の情報を確認できる。
- 高知市ウェブサイト  
(<https://www.city.kochi.kochi.jp/uploaded/attachment/26957.pdf>)  
高知市の地震・津波ハザードマップを確認できる。
- 国土交通省「ハザードマップを活用した総合的な津波・高潮防災対策」  
([http://www.mlit.go.jp/kowan/hazard\\_map/4/shiryou1.pdf](http://www.mlit.go.jp/kowan/hazard_map/4/shiryou1.pdf))  
国土交通省が想定するハザードマップの活用方法を確認できる。

## 2.6 貢献事例5：【資源・エネルギー】海洋資源・エネルギー利用

### 2.6.1 当該貢献事例の全体像（海洋再生可能エネルギー）

海には膨大なエネルギー資源が眠っており、科学的調査研究と、探査・開発技術の発展で、これらのエネルギー資源が利用可能となってきている。再生可能エネルギー源として、洋上風、波浪、潮流、海流、温度差等を用いた発電技術が注目されている。我が国においても、洋上風力発電の実証事業は既に始まっており、福島沖で洋上風力発電の建設が進み、震災復興に貢献しつつある。

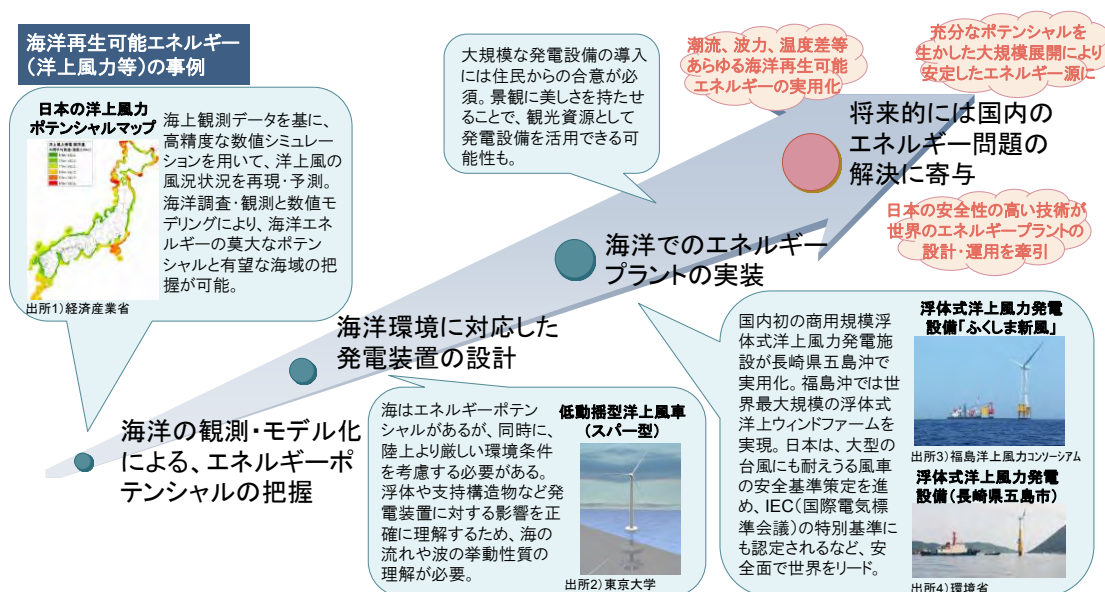


図 2-24 【資源・エネルギー】貢献事例の全体像（海洋再生可能エネルギー）

#### (1) 海洋の観測・モデル化による、エネルギーポテンシャルの把握

##### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

海洋観測により得られたデータ（海上風、水温、波高、海流など）を基に、高精度な数値シミュレーションを用いることで、海洋環境（洋上風の風況状況等）の再現・予測が進められている。これにより、海洋エネルギーの莫大なポテンシャルと有望な海域の把握が示され、発電設備の開発・導入を促進する材料となっている。

##### 2) 具体的な成果・貢献

###### ① 経済産業省による風力発電ポテンシャル評価

経済産業省（2011年）の調査では、国内合計の洋上風力発電の賦存量は、設備容量において以下の通りであった。これにより、特に浮体式洋上風力発電の高いポテンシャルが定量的に示され、有望な海域を判断するための情報が示された。



●洋上(着床式)

6.5m/s 以上：約 36,835 万 kW

7.0m/s 以上：約 24,996 万 kW

7.5m/s 以上：約 13,632 万 kW

●洋上(浮体式)

6.5m/s 以上：約 137,662 万 kW、

7.0m/s 以上：約 121,183 万 kW

7.5m/s 以上：約 87,289 万 kW

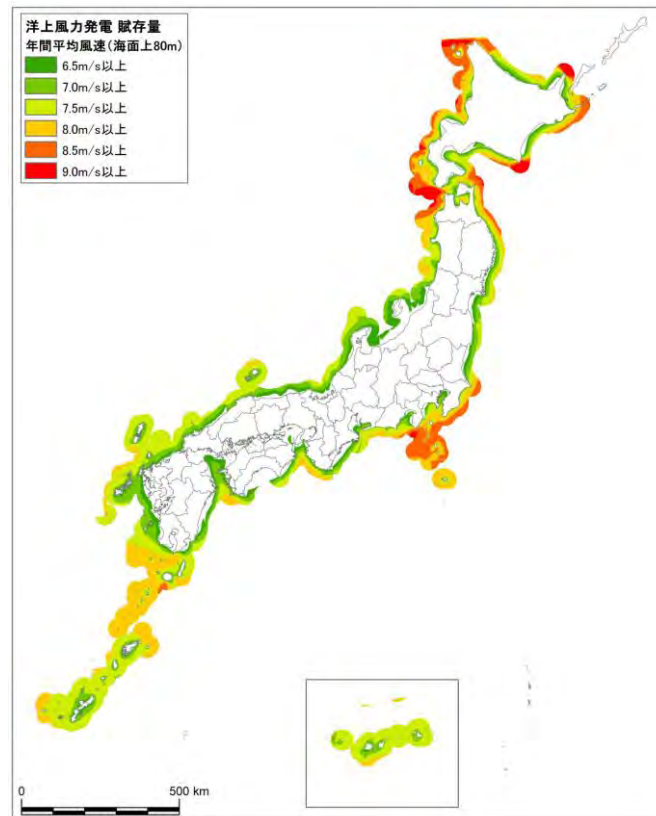


図 2-25 賦存量の分布図 (洋上風力)

(出所：経済産業省 ([http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2011fy/E001771.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001771.pdf)))

## ② 洋上風力発電の観測データの充実

国内で初めての沖合における洋上風力発電の実現に向け、千葉県銚子沖と福岡県北九州市沖の2箇所で、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) による実海域に洋上風況観測タワーと洋上風車を設置するプロジェクトが実施されている。銚子沖では2013年3月より、北九州市沖では2013年6月より運転が開始された。その実証研究の成果の一部として、銚子沖と北九州市沖における風向・風速等の風況観測データ、有義波高・流速等の海象観測データ、および発電電力量・設備利用率の風車観測データが公表された。

洋上風をはじめ、変動の大きな自然現象にはリスクや不確実性が付きまとうが、海洋の科

学的知見を通じたモデリングにより、自然変動の定量化を行うことができた。今後、このような観測データがさらに充実することで、より精度の高いポテンシャル評価が可能になると考えられる。

表 2-1 公表データの概要

| カテゴリ (期間)                      | 公表データ          | データの詳細              |
|--------------------------------|----------------|---------------------|
| 風況 (2013 年 1 月<br>～12 月)       | 風速別階級別の頻度分布    | 年間平均値               |
|                                | 風向出現率          | 年間平均値               |
|                                | 平均風速の鉛直分布      | 年間平均値               |
|                                | 風速階級別の乱流強度分布   | 年間平均値               |
|                                | 平均風速とデータ取得率    | 月別平均値               |
|                                | 平均乱流強度         | 月別平均値               |
| 海象 (2013 年 1 月<br>～12 月)       | 有義波高の階級別頻度分布   | 年間平均値               |
|                                | 有義波周期の階級別頻度分布  | 年間平均値               |
|                                | 波高と周期の頻度表      | 年間平均値               |
|                                | 平均有義波高・データ取得率  | 年間平均値               |
|                                | 平均有義波周期・データ取得率 | 月別平均値               |
|                                | 流速の頻度分布        | 年間平均値               |
|                                | 流向の頻度分布        | 年間平均値               |
|                                | 平均流速の鉛直分布      | 年間平均値               |
|                                | 平均流速・データ取得率    | 月別平均値               |
| 風車 (2013 年 6 月<br>～2014 年 5 月) | 発電電力量、設備利用率    | 風速データに基づく<br>推計値を含む |

(出所：NEDO ([http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100539.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100539.html)))

## (2) 海洋環境に対応した発電装置の設計

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

前述の通り、海には莫大なエネルギーポテンシャルがある一方、陸上より厳しい環境条件を考慮する必要があるため、洋上での発電を実現させるためには海洋環境に関する科学的知見が重要になる。構造物に働く海の流れ、波の挙動性質の解明・モデル化を通じ、厳しい環境条件の中でも安定した洋上風車の設計が推進されている。

また、海洋では錆の問題等もあるため、材料力学的な視点や、ナセルを密封空間にするための技術など、総合的な科学、工学を通じて、発電装置の安全性が担保されている。

### 2) 具体的な成果・貢献

#### ① 連成振動の抑制に関する研究

浮体式洋上風車の場合、風車と波との連成振動を踏まえた制御は非常に難しい。連成振動を抑制するためには、陸上とは異なる技術を開発する必要がある（陸上風力で採用されるピ

ッチコントロールを海上で行うと風車が前のめり、さらに受ける風が強くなるという悪循環が発生する)。

東京大学 (大学院工学系研究科 荒川忠一教授) は風車回転翼のピッチ制御による浮体式洋上風車の連成振動を抑制するための制御方法を提案し、実験と数値解析によって評価を行った。従来の回転数一定化を目指すピッチ制御と、浮体の姿勢安定化制御を組み合わせる制御方法によって、出力を保ちながら連成振動を抑制することが可能であることを示した。<sup>35</sup>

## ② 低動揺型洋上風車 (スパー型) の開発

日本周辺の海域の特徴は沖合に出ると急激に深くなるため、浮体式洋上風力発電の導入が検討されている。浮体式洋上風車の場合には、波の影響による振動が大きいため、海や波の流れに耐えうるようにするための構造力学が重要になる。

東京大学 (大学院新領域創成科学研究科 鈴木英之教授) と (株) アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド (IHIMU) (2011 年当時) <sup>36</sup>との共同研究により、スパー型の低動揺洋上風力発電浮体同浮体が開発された。IHIMU の「2 点波なし形状 (COB)」などの動揺低減技術を応用するとともに、東京大学が保有する「動揺低減フィン」の技術と最先端のシミュレーション技術を適用することで、海洋上に設置した場合の浮体動揺を低減することができる。これにより、風荷重による傾斜を最小限に抑えることができ、大型な風力発電装置であっても安定性を保持することができる。また、1 年中波がある日本周辺海域での設置やメンテナンス作業が実施しやすくなるというメリットもある<sup>37</sup>。

---

<sup>35</sup> 科学研究費助成事業データベース

([https://kaken.nii.ac.jp/pdf/2013/seika/CFZ19\\_3/12601/23360433seika.pdf](https://kaken.nii.ac.jp/pdf/2013/seika/CFZ19_3/12601/23360433seika.pdf))

<sup>36</sup> 2013 年 1 月にユニバーサル造船 (株) と合併し、現在は「ジャパン マリンユナイテッド株式会社」になっている。( <https://www.jmuc.co.jp/company/history/> )

<sup>37</sup> 株式会社 IHI ( [http://www.ihico.jp/ihico/all\\_news/2011/press/2011-4-19/index.html](http://www.ihico.jp/ihico/all_news/2011/press/2011-4-19/index.html) )



図 2-26 低動揺型洋上風車（スパー型）

（出所：東京大学鈴木英之研究室（<http://www.orca.k.u-tokyo.ac.jp/SuzukiLab/Themes/Themes.html>））

### (3) 海洋でのエネルギープラントの実装

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

発電装置を実海域に展開し、実際に発電を行う海洋エネルギープラントの実装が進んでいる。例えば、国内初の商用規模浮体式洋上風力発電施設が長崎県五島市で実用化され、福島沖では世界最大規模の浮体式洋上ウィンドファームが設置されている。日本は、大型の台風にも耐える風車の安全基準策定を進め、IEC（International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議）の特別基準にも認定されるなど、発電設備の安全性の面で世界をリードしている。

また、大規模なプラント設備が地域住民に愛されるよう、景観や美しさを持たせることも重要である。例えば、キンデルダイク・エルスハウトの風車群（オランダ）の風車は世界遺産にも登録され、地域活性化に役立っている。

#### 2) 具体的な成果・貢献

##### ① 福島復興・浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業の実施

経済産業省委託事業として、福島沖で浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業が行われている。実証研究事業は、2011年度から開始している第1期実証研究事業として、2MWのダウンウィンド型浮体式洋上風力発電設備と、25MVA浮体式洋上サブステーション、海底ケーブルが設置された。第2期実証研究事業として、2015年度に7MWの浮体式洋上風力発電設備が設置され、2016年度にはさらに5MWの発電設備が新設される予定である。

このノウハウを蓄積し、海外に展開することで、浮体式洋上風力発電を主要な輸出産業の1つとして育成することも考えられる。



図 2-27 浮体式洋上風力発電設備「ふくしま新風」

(出所：福島洋上風力コンソーシアム (<http://www.fukushima-forward.jp/photo/index.html>))

## ② 浮体式洋上風力発電実証事業（長崎県五島市杵島沖）の実施

環境省では、我が国初となる 2MW 級の浮体式洋上風力発電実証機を実海域に設置することを目指して 2010 年度から実証事業を開始し、2013 年 10 月に、我が国初となる 2MW 風車を搭載した実証機の設置が完了し、発電が開始されている。

2012 年 9 月には戦後最大級となる台風 16 号が五島市付近を通過し、世界で初めて台風の直撃に耐えた浮体式洋上風力発電施設となった<sup>38</sup>。このように、安全性に対する科学技術も重要であり、日本の強みでもある。海の風を科学的に理解していることが必要であり、統計的な解析やシミュレーションを用いた解析を引き続き行うことが重要と考えられる。



図 2-28 浮体式洋上風力発電設備（長崎県五島市杵島沖）

(出所：環境省 浮体式洋上風力発電実証事業（GOTO FOWT）(<http://goto-fowt.go.jp/home/>))

<sup>38</sup> 環境省 浮体式洋上風力発電実証事業（GOTO FOWT）(<http://goto-fowt.go.jp/home/>)

### ③ 経済性を担保するための科学的知見の充実

浮体式洋上風車の代表的な構造として、スパー型とセミサブ型があり、長崎県五島市ではスパー型、福島県ではセミサブ型が用いられている（2016年度に設置予定の風車はアドバンストスパー型）。セミサブ型はドライドックで組み立てが可能だが、浮体そのものを大きくする必要がある。一方、スパー型は形状がシンプルで作りやすいが、海上で組み立てる必要がある、台船で運ぶ際に特殊な支援船を調達できない可能性もある。

両者の経済性は導入する海域の特徴により異なるため、海洋科学により海域の特徴を判別することで、経済的な選択が可能になる。双方の実海域での実証事業によって、今後国内、海外での導入の際に発電量およびコストの試算を行ううえで有効なデータを得ることができると考えられる。

### ④ 安全性を担保するための科学的知見の充実

洋上風力発電設備の導入のためには、日本の台風をはじめ、サイクロンやハリケーンなど、強い風に対する合理的な評価が必要である。IECでは、陸上風力発電の場合、瞬間最大風速70m/sを最大基準としていたが、2002年宮古島の台風により、80m/sへの対応を考える必要があるとの意見があった。現在は、特別基準としてIECにも認められており、その基準は洋上風力にも準用されている。

## 2.6.2 当該貢献事例の全体像（海洋資源（石油・ガス、その他金属資源等））

海には膨大な石油・ガス、その他金属資源等（マンガン団塊、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース堆積物）など、豊富な資源が眠っている。科学的調査研究と、探査・開発技術の発展により、これら海底資源形成の仕組みや分布が明らかとなっており、これら資源の開発・利用が進んでいる。

代表例として、既に新潟県の岩船沖では、大規模な油ガス田を発見・生産し、貴重な国産資源となっている。また、日本近海でも「燃える氷」と呼ばれるメタンハイドレートや、海底金属資源等の新しい資源が海洋で発見されており、実利用・生産に向けた研究開発が進んでいる。これら海洋資源が十分に利用可能となれば、資源不足等の問題解決に寄与することが期待される。

また、海洋環境、海底地形・地質の状況を科学的に明らかにすることは、我が国の海の資産を適切に把握し、海洋権益も守ることに繋がる。例えば、国連による「大陸棚延長」（沿岸国 200 海里を超えた海底等を設定）の申請においては、海底地形の連続性を証明するために必要な科学的データとして日本の調査船が採取した海底の岩石の分析結果が活用され、約 31 万 km<sup>2</sup> の延長認定に貢献した実績がある。

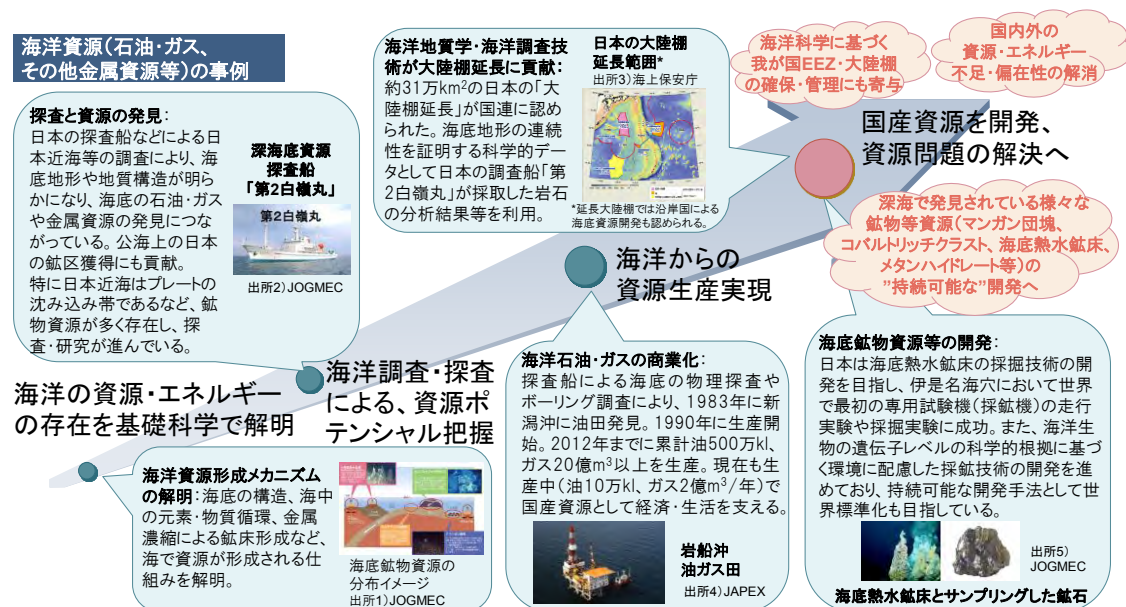


図 2-29 【資源・エネルギー】貢献事例の全体像（海洋資源）

### (1) 基礎科学による海洋資源・エネルギーの存在の解明

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

科学掘削、物理探査等による観測結果と海洋地質学的観点からのモデル解析結果を踏まえ、海底の構造、海中の元素・物質循環、金属濃縮による鉱床形成など、海で資源が形成される仕組みが明らかになりつつある。また、電気・電磁探査法をベースとした探査技術開発が進められることで、鉱体の発見が進み、鉱床が形成されやすい地質条件の検討も進んでいる。

海洋鉱物資源は、分布する場所、形成の仕方・形状・含まれる金属元素の違いなどから、



マンガン団塊、海底熱水鉱床及びコバルトリッチクラストの 3 種類に分けられるが、最近では、第 4 の資源としてレアアースを含む堆積物にも注目が集まり、学術調査の他、資源としてのポテンシャルを評価する試みも行われている。

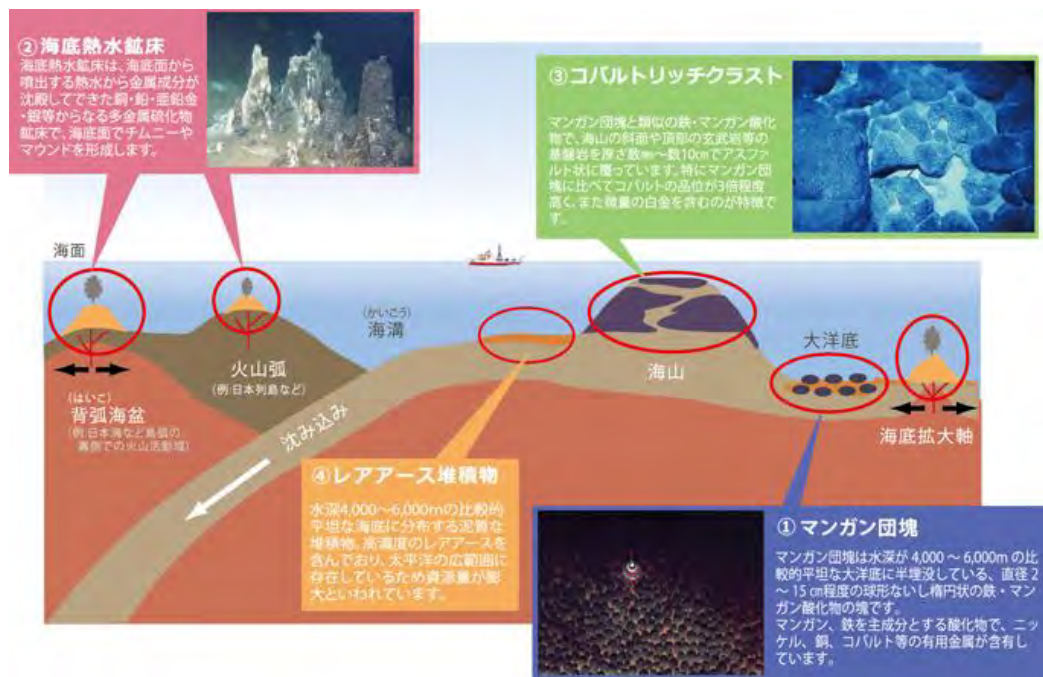


図 2-30 海底鉱物資源の分布イメージ

(出所：JOGMEC ([http://www.jogmec.go.jp/metal/metal\\_10\\_000002.html](http://www.jogmec.go.jp/metal/metal_10_000002.html)))

## 2) 具体的な成果・貢献

1975年に就航した日本の初代地質・資源調査船「白嶺丸」、そしてその後に海洋鉱物資源探査を目的として建造された「第2白嶺丸」などによる日本近海等の調査により、海底地形や地質構造が明らかになり、海底の石油・ガスや、マンガン団塊や熱水鉱床等の金属資源の発見・賦存状況の確認につながった。これらの調査成果は、公海上の日本のマンガン団塊鉱区の獲得にも貢献している。特に、日本近海はプレートの沈み込み帯であるなど、鉱物資源が多く存在するエリアであり、世界的に見ても探査・研究が進んでいる。

第2白嶺丸は日本近海に限らず、南太平洋諸国の地域組織である SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission) <sup>39</sup>からの要請に基づき、1985年度から2005年度まで SOPAC 加盟国の排他的経済水域において深海底鉱物資源の賦存状況調査を行うなど、世界的な資源探査の利用・開発の推進に貢献している。

<sup>39</sup> 注：SOPAC は 2011 年 1 月より、太平洋共同体 (Secretariat of the Pacific Community: SPC) の一部門となっている。





図 2-31 深海底資源探査船「第 2 白嶺丸」

(出所：JOGMEC (<https://www.jogmec.go.jp/content/300052693.pdf>))

## (2) 大陸棚延長のための調査

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

1996年に批准された国連海洋法条約では、沿岸国が海底と海底下を探索し、天然資源を開発する主権的な権利を有する大陸棚という区域が定められている。大陸棚の範囲は、原則として領海の基線から200海里(約370km)とされているが、海底の地形や地質がある条件を満たす場合はさらに延長することができる。日本では、2003年12月に内閣官房に大陸棚調査対策室が設置され、2004年8月には内閣官房副長官を議長とする「大陸棚調査・海洋資源等に関する関係省庁連絡会議」が設置され、大陸棚調査が実施された。具体的には、海上保安庁、文部科学省(実施者はJAMSTEC)、経済産業省(実施者は独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)及び産業技術総合研究所)の各省庁が連携し、広大な大陸棚調査を実施した。調査結果に基づき、2008年11月に日本の国土面積の約2倍にあたる約74万km<sup>2</sup>にわたる大陸棚延長が大陸棚限界委員会に申請された。

### 2) 具体的な成果・貢献

2012年4月、日本が延長を申請していた海域のうち、日本の国土面積の約8割にあたる約31万km<sup>2</sup>大陸棚の延長が認められた。申請においては、海底地形の連続性を証明する科学的データとして日本の調査船「第2白嶺丸」が採取した岩石の分析結果等が利用された。

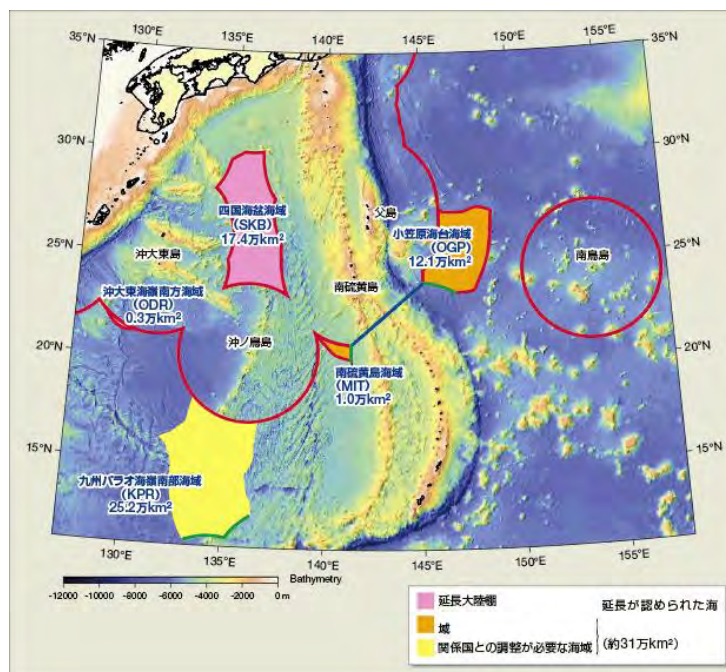


図 2-32 日本の大陸棚延長範囲

(出所：海上保安庁

([http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15\\_05-1.html](http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15_05-1.html)))

### (3) 海洋石油・ガスの商業化

#### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

海洋の石油・ガスの開発はポテンシャルとしては海外が圧倒的に多いものの、国内でも探査が行われており、一部は既に商業化されている。例えば、岩船沖油ガス田は、新潟県胎内市の胎内川河口沖合の周辺海域に広がっており、1983年の試掘井「岩船沖 SIM-1」で大成功を収めた。また、その翌年の油・ガス層の広がりを確認するための3坑の試掘においても良好な結果が得られた。

#### 2) 具体的な成果・貢献

岩船沖油ガス田は1989年に開発移行が決定され、1990年に岩船沖プラットフォーム(水深36m)、海底パイプライン(21km)が建設され、併行して開発井が掘削された。1990年の生産開始後、2012年までに累計油500万kl、ガス20億m<sup>3</sup>以上を生産した。現在も生産中(油10万kl、ガス2億m<sup>3</sup>/年)であり、国産資源として経済・生活を支えている。



図 2-33 岩船沖油ガス田

(出所：JAPEX (<http://www.japex.co.jp/business/japan/field.html#field07>))

#### (4) 海底鉱物資源等の開発

##### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

世界第 6 位の面積をもつ日本の広大な領海と排他的経済水域には、海底熱水鉱床等の有望な鉱物資源の存在が知られているが、その成因はわかっておらず、広大な海域を効率よく調査する技術も開発途上にある。そこで戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の「次世代海洋資源調査技術」では、府省連携のもと、日本の海洋に関する科学技術を担う研究機関が一丸となり、海洋鉱物資源の科学的成因論等に基づいた、低コスト・高効率で調査する技術および将来の海洋資源開発に不可欠な環境影響評価手法の開発が行われている。ここで得られた知見・技術は民間に技術移転し、日本の海洋資源調査の発展に貢献することが期待される。

##### 2) 具体的な成果・貢献

日本は海底熱水鉱床の採掘技術の開発を目指し、伊是名海穴において世界で最初の専用試験機（採鉱機）の走行実験や採掘実験に成功している。

また、環境影響評価分野では、海底熱水鉱床周辺海域の環境特性を把握するための環境ベースライン調査や、影響予測、保全策の検討を進め、試験場所に固有の生物が存在しないことを確認した上で各種の採掘実験を行っている。SIP では海洋生物の遺伝子レベルの科学的根拠に基づく環境に配慮した採掘技術の開発を進めており、持続可能な開発手法として国際海底機構 (International Seabed Authority: ISA) における鉱業規範 (マイニングコード) として標準化を目指すなど、持続可能な海洋資源開発を可能とするような成果も期待されている。

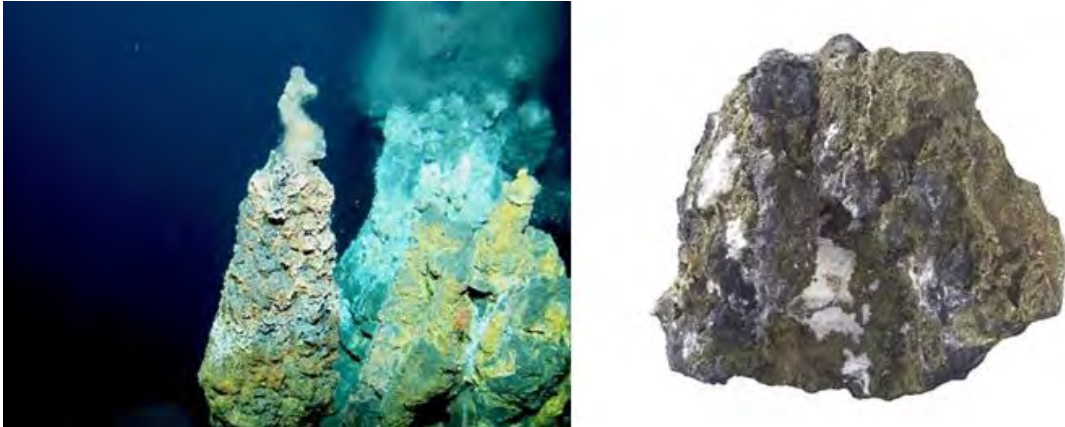


図 2-34 海底熱水鉱床とサンプリングした鉱石

(出所：JOGMEC ([http://www.jogmec.go.jp/about/about\\_jogmec\\_10\\_000009.html](http://www.jogmec.go.jp/about/about_jogmec_10_000009.html)))

## (5) メタンハイドレートの開発

### 1) 研究開発、プロジェクトの内容・特徴

ある温度・圧力環境においてかご状の構造となった水分子の中にメタン分子が含まれているものをメタンハイドレートと呼ぶ。メタンハイドレートは低温高圧の環境下でしか存在できず、地球上では永久凍土層や深海底のみ存在している。メタンハイドレートは自身の体積の中に約 160～170 倍のメタンを取り込むことができ、少ないメタンハイドレートから大量のメタンガスを得られるため、エネルギー資源として注目されている。一方でメタンハイドレートの回収のためには、地層中でガスに分解するための減圧（もしくは加熱）が必要であり、高度なエンジニアリング技術が必要とされ、日本を中心として研究・実証が進んでいる。

また、メタンを主成分とする天然ガスをハイドレート化させて体積を小さくすることで効率よく天然ガスを輸送する試みも研究されている。



図 2-35 人工メタンハイドレートの燃焼実験

(出所：MH21 提供)

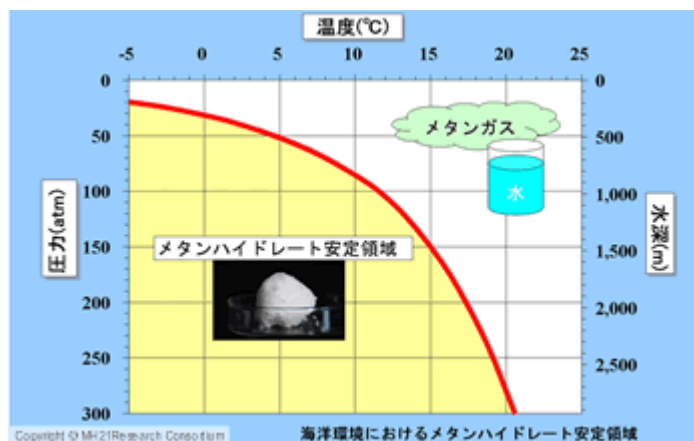


図 2-36 メタンハイドレートの安定条件

(出所：MH21 (<http://www.mh21japan.gr.jp/mh/02-2/>))

## 2) 具体的な成果・貢献

カナダのマッケンジーデルタ地域は、永久凍土層が広く分布し、なおかつ、メタンを主成分とする天然ガスが周辺に存在するため、メタンハイドレートが存在する条件を満たしており、天然メタンハイドレートを含む地層が発見されている。メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21) は、メタンハイドレートの生産試験である陸上産出試験を 2002 年、2007 年、2008 年の 3 度実施した。

日本では、東部南海トラフ海域 (静岡県から和歌山県の沖合にかけた海域) において 2011 年度より 3 年度にわたりメタンハイドレート海洋産出試験を実施し、世界で初めての海洋産出の成功を収めている。



図 2-37 メタンハイドレート海洋産出試験実施地点

(出所：MH21 (<http://www.mh21japan.gr.jp/mh21/kss/>))





図 2-38 メタンハイドレート海洋産出試験の様子

(出所：MH21 提供)

## 2.6.3 当該貢献事例における海洋科学の現状・可能性

### (1) 海洋科学による貢献実績

前述の通り、日本近海は洋上風力、波力、潮流、海流等の海洋エネルギーに恵まれている。海上風や流速、波高などの海洋観測、およびその結果に基づくシミュレーションにより、風力や波力、潮流等のエネルギーポテンシャルが高い海域の予測が可能となっている。加えて、海洋環境にも耐えられるような発電設備の設計には、総合的な海洋科学、および工学・エンジニアリングの技術が不可欠である。洋上風力発電は、既に福島沖で世界最大規模の浮体式洋上風力の実証が進んでいる等、今後我が国のエネルギー問題の解決に寄与する可能性がある。

また、日本の持つ探査船による地質・資源探査と、それをを用いた地質学的な研究により、日本近海に存在する海底資源のポテンシャルが解明されつつある。新潟県の岩船沖油ガス田等、海洋の石油・天然ガスは既に商業化に至っているものもあり、日本の経済と生活を支えている。また、日本近海は海底の熱水噴出などの活動が活発であり、現在も資源が形成されている鉱床を有していることが分かっている等、国産の金属資源開発の実現が期待されている。その他、新しいエネルギー資源として期待されるメタンハイドレート埋蔵量も多く、世界初の産出試験を実施するなど日本は世界をリードしている。

海洋環境、海底地形・地質の状況を科学的に明らかにすることで、我が国の海の資産を適切に把握し、海洋権益も守ることに繋がっている。国連による「大陸棚延長」(沿岸国 200 海里を超えた海底等を設定)を認められるために科学的データが必要であり、日本の延長申請でも海底調査の成果が活用された。

### (2) 海洋科学による更なる貢献の可能性

資源・エネルギー問題の解決に向けて、海洋科学に期待される部分は多い。日本は資源・エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っており、国際的な資源価格の変動が国内経済や生活へ影響を与えやすい状況にあるが、未利用の豊富な海洋資源・エネルギーを利用可能となれば、国産の資源・エネルギーを増やすことが可能となる。

日本は世界第 6 位の広さの領海と排他的経済水域を有し、豊富な海洋資源・エネルギーの利用可能性を秘めている。未解明の部分が多い海洋分野では、科学的知見をベースにした高度な技術が求められることから、産業利用に向けてまだ研究開発が必要である。日本以外の海洋国にも技術と経験を展開することにより、世界中の資源・エネルギー問題解決に寄与することも可能である。例えば、海流発電のための海洋循環メカニズムの解明は日本の得意な分野であり、特に黒潮の変動は海外でも例を見ない。

そのような海外展開により資源・エネルギー分野で世界をリードし、日本のプレゼンス向上にも貢献することが期待されている。資源・エネルギー問題は世界的な課題であるため、科学的知見をベースに実証に成功した日本が、海洋資源・エネルギー分野で世界を先導することが可能となる。また、日本は自前で資源・エネルギーが確保できることで、外交における国際交渉力の強化にもつながることも期待されている。特に、日本は高い安全基準に基づく洋上風力発電や、環境に影響を及ぼさない資源開発技術などで強みを持っている。今後も研究を続け、国際基準として”Japan Standard”の普及を進めることが重要である。

**海洋科学による貢献実績・現状**

**海洋環境を解明、予測することで、持続可能な再生可能エネルギーの開発・利用が進んでいます。**

- 日本近海は洋上風力、波力、潮流、海流等の海洋エネルギーに恵まれています。海洋観測の結果に基づくシミュレーションでポテンシャルが高い海域の予測が可能となってきました。
- 特に、洋上風力では既に福島沖で世界最大規模の浮体式洋上風力の実証が進み復興への貢献が期待されるなど、我が国のエネルギー問題の解決への寄与が可能です。

**海中の資源形成の仕組みが解明され、海底探査によって発見・開発が進んでいます。**

- 日本の持つ探査船による地質・資源探査と研究により、資源ポテンシャルが解明されつつあり、既に海洋の石油・天然ガスは商業化に至り、日本の経済と生活を支えています。
- また、日本近海は海底の熱水噴出などの活動が活発で、今現在も資源が形成されている“生きた”鉱床を有していることが分かっており、国産の金属資源開発の実現が期待されます。その他、新しいエネルギー資源として期待されるメタンハイドレート埋蔵量も多く、世界初の産出試験を実施するなど日本は世界をリードしています。

**海の姿を明らかにし、海を適切に管理し、海洋権益も守ることに繋がっています。**

- 海洋環境、海底地形・地質の状況を科学的に明らかにすることで、我が国の海の資産を適切に把握し、守ることが可能になります。
- 国連による「大陸棚延長」(沿岸国200海里を超えた海底等を設定)を認められるために科学的データが必要であり、日本の延長申請でも海底調査の成果が活用されました。

**更なる貢献の可能性**

**資源・エネルギー問題の解決へ寄与します。**

- 日本は資源・エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っており、国際的な資源価格の変動が国内経済や生活へ影響を与えやすい状況にあります。未利用の豊富な海洋資源・エネルギーを利用可能となれば、国産の資源・エネルギーを増やすことが可能となります。
- 日本は世界第6位の広さの排他的経済水域を有し、豊富な海洋資源・エネルギーの利用可能性を秘めています。海洋はまだ未解明の部分が多い世界で、高度な技術が求められることから、産業利用に向けてまだ研究開発が必要です。
- 日本以外の海洋国にも技術と経験を展開することにより、世界中の資源・エネルギー問題解決に寄与することも可能です。

**資源・エネルギー分野で世界をリードし、日本のプレゼンス向上も期待できます。**

- 資源・エネルギー問題は世界的な課題であり、日本が海洋資源・エネルギー分野で世界を先導することが可能です。また、日本は自前で資源・エネルギーが確保できることで、外交における国際交渉力の強化にもつながることも期待されます。
- 特に、日本は高い安全基準に基づく洋上風力発電や、環境に影響を及ぼさない資源開発技術などで強みを持っており、今後も研究を続け、国際基準として“Japan Standard”が普及が進めば、世界全体の持続可能な海洋資源・エネルギー開発を主導することも可能です。

新たな資源として期待されるメタンハイドレート  
(人工メタンハイドレートの燃焼実験の様子)  
出所)6)MH21

図 2-39 【新たな知】 貢献事例における海洋科学の現状・可能性

## 2.6.4 当該貢献事例に関する参考情報

### <海洋再生可能エネルギー>

- 経済産業省 平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(風力エネルギーの導入可能性に関する調査)  
([http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2011fy/E001771.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001771.pdf))  
洋上風力発電のポテンシャル評価に関する情報を確認できる。
- NEDO ウェブサイト ([http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100539.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100539.html))  
銚子沖と北九州市沖の洋上風力発電の観測データに関する情報を確認できる。
- 東京大学大学院海洋技術環境学専攻海洋資源エネルギー工学分野海洋空間計画研究室ウェブサイト (<http://www.orca.k.u-tokyo.ac.jp/SuzukiLab/Themes/Themes.html>)  
スパー型洋上風車の運動特性改善に関する研究の概要を確認できる。
- 科学研究費助成事業データベース  
([https://kaken.nii.ac.jp/pdf/2013/seika/CFZ19\\_3/12601/23360433seika.pdf](https://kaken.nii.ac.jp/pdf/2013/seika/CFZ19_3/12601/23360433seika.pdf))  
浮体式洋上風車の連成振動を抑制するための研究の概要を確認できる。
- 福島洋上風力コンソーシアム (<http://www.fukushima-forward.jp/photo/index.html>)  
福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業の概要を確認できる。
- 環境省 浮体式洋上風力発電実証事業(GOTO FOWT) (<http://goto-fowt.go.jp/home/>)  
浮体式洋上風力発電実証事業(長崎県五島市柁島周辺)の概要を確認できる。



<海洋資源>

- 臼井朗「海底鉱物資源—未利用レアメタルの探査と開発—」（オーム社）
- JOGMEC ウェブサイト ([http://www.jogmec.go.jp/metal/metal\\_10\\_000002.html](http://www.jogmec.go.jp/metal/metal_10_000002.html))  
海洋鉱物資源（マンガン団塊、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、レアアース堆積物）の概要及び分布イメージを確認できる。
- JOGMEC ウェブサイト  
(<http://mric.jogmec.go.jp/public/kogyojoho/2011-04/MRv40n6-01.pdf>)  
「第2白嶺丸」や新造船「白嶺」の詳細を確認できる。
- 海上保安庁 海上保安レポート 2015  
([http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15\\_05-1.html](http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15_05-1.html))  
大陸棚延長の取り組みの詳細を確認できる。
- 石油資源開発株式会社（JAPEX）ウェブサイト  
(<http://www.japex.co.jp/business/japan/field.html#field07>)  
岩船沖油ガス田の詳細を確認できる。
- 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代海洋資源調査技術（海のジパング計画）」ウェブサイト (<https://www.jamstec.go.jp/sip/>)  
SIP 海洋資源事業の詳細を確認できる。
- JOGMEC ウェブサイト  
([http://www.jogmec.go.jp/about/about\\_jogmec\\_10\\_000009.html](http://www.jogmec.go.jp/about/about_jogmec_10_000009.html))  
海底熱水鉱床探査の状況、「ごんどうサイト」における採掘試験状況等を確認できる。
- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）ウェブサイト  
(<http://www.mh21japan.gr.jp/mh/02-2/>)  
メタンハイドレートの概要について確認できる。
- メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）ウェブサイト  
(<http://www.mh21japan.gr.jp/mh21/kss/>)  
メタンハイドレート海洋産出試験の詳細について確認できる。



付録 報告書概要版（海洋科学技術プロジェクトチーム報告資料）



平成27年度内閣官房総合海洋政策本部事務局調査

「人類の持続的な発展等に対する海洋に関する科学的知見の貢献に関する調査」

# 海洋に関わる科学的知見の貢献事例(概要版)

---

 株式会社三菱総合研究所

---

## 目次

---

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 海洋に関する科学研究が社会にもたらす価値       | 3  |
| 海洋に関する科学研究の人類・社会への貢献事例(概要) | 4  |
| 【新たな知】①海洋基礎科学による知の開拓       | 7  |
| 【食】②水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等)   | 10 |
| 【環境】③気候変化、異常気象の予測と対応       | 13 |
| 【安全・安心】④地震・津波への防災・減災       | 16 |
| 【資源・エネルギー】⑤海洋資源・エネルギー利用    | 19 |

# 海洋に関する科学研究が社会にもたらす価値

## 海洋の特徴・特性～「海洋科学技術」の重要性・必要性～

### <知の存在>

海底ではプレート変動など地球の活動が発生。生命は海に起源し、数多の未発見の生物が存在。海洋は気象・気候にも影響する。従って、海の理解が地球や人類の理解に直結する。

### <海の恵み>

食、資源・エネルギーの存在、海洋生物の医学利用等、海は陸域だけでは得られない多大な恩恵をもたらす。世界第6位の面積の領海・EEZを有する日本は大きな潜在的恵みを有する。

### <海洋科学技術の推進・活用が必要な理由>

- ・「深い」「遠い」「見えない」「アクセスしにくい」。かつ、陸や大気と複雑に影響し合っており、制御が難しい。
  - ・人類の公共財として、持続可能な利用が求められる。
- ⇒海洋科学技術に基づいた分析・制御・利用が必要。

- ・持続的水産資源管理
- ・養殖技術による食料問題解決 など

- ・海洋に関連した災害の予測・対策
- ・海況予報による海上交通安全の確保 など

安心・安全

食

海洋科学  
がもたらす  
価値

環境

- ・気象予報、気候変動の予測・対策
- ・海洋の汚染防止、環境保全 など

資源・エネルギー

- ・海洋の資源・エネルギーの利用（洋上風力、石油・ガス、メタンハイドレート、金属資源等）など

新たな知

- ・未知の生命発見、生命起源・進化の解明
- ・地球の起源・歴史の解明
- ・知的興味の喚起、科学への関心醸成 など

様々な海洋科学の研究活動がこれまで多くの知(社会や人類にとっての知的資産)を創出し、それを基に実用的価値も生み出してきた。将来もこのような貢献・発展が期待されている。

#### 海洋地質

- ・プレートテクトニクス
- ・海底鉱物

#### 海洋物理

- ・大気海洋相互作用
- ・海流、海洋循環、波浪

#### 海洋生物

- ・海洋生物生態系、生理、遺伝子の解明

#### 海洋化学

- ・海洋環境の理解
- ・無機有機、元素動態

様々な海洋科学の活動



# 海洋に関する科学研究の人類・社会への貢献事例(概要)

新たな  
知

## ① 海洋基礎科学による 知の開拓

日本などが進めた海洋の探査・研究により、地球に最初に生まれた生命と思われる微生物の発見、海底掘削による地殻の解明など、地球と生命の起源と進化の研究は海を中心に発展し、人類の知の開拓に貢献してきた。海洋生物の研究が病気の解明や医薬品開発に貢献する等、実利も多い。

また、ダイオウイカの深海中での撮影成功が日本中を沸かしたように、海洋科学の新たな発見は、知的好奇心の喚起、理科・科学への興味増進、博物館や水族館の来訪者増等、社会へ知的資産をもたらしている。



海底で発見されたメタン菌は生命起源の有力候補

(出所: JAMSTEC)



ウニから見つかったタンパク質がガンの病態解明に貢献(2001年ノーベル賞)  
(出所: JST)



クロマグロの養殖過程  
(出所: 近畿大学)

日本は天然魚(マイワシやスケトウダラ等)の資源量の増減要因について研究を進めており、乱獲による資源崩壊が生じないように科学に基づく水産資源管理を主導している。

また、日本は基礎研究を基に様々な魚の養殖に成功してきた。特に、困難とされていたクロマグロの養殖を32年間の研究を経て成功させ、安定的かつ安価に生産できている。日本の養殖技術はタイなど途上国へ移転し、食料生産にも貢献している。

食

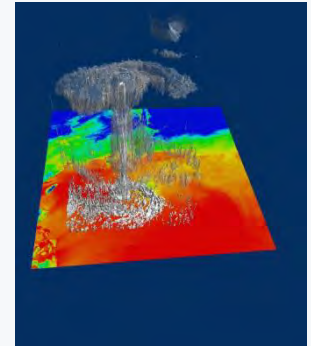
## ② 水産資源の 持続的確保 (動態管理、養殖等)

# 海洋に関する科学研究の人類・社会への貢献事例(概要)

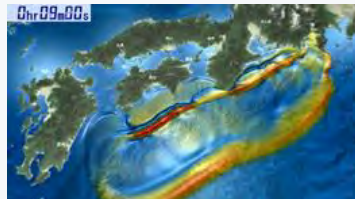
環境

## ③気候変化、異常気象の予測と対応

海面水温上昇による水蒸気量の増加・豪雨の発生など、海と大気が互いに影響しあい、気象や気候の変化に影響していることが、長年の海の観測と研究によって明らかとなってきた。台風等の気象現象の解明や、猛暑・冷夏の季節予報等では海のデータが利用されている。今後、二酸化炭素増加など人為的要因による気候変動・温暖化の進行に伴い、こうした気象・気候現象の変化・激化も予想され、その対策のため、より正確な将来予測を可能とすべく、日本が海のデータを含めた予測手法の研究等で世界をリードしている。



大気波浪海洋結合モデルによる  
台風の強度変化の解明  
(出所: 気象研究所)



南海トラフ地震の津波  
シミュレーション  
(出所: JAMSTEC)

日本は世界有数の地震・津波の被災国であり、これまで地震メカニズムの解明と、それに起因した津波の解明・予測技術の開発に取り組んできた。海底掘削による地震発生源(プレート境界)の調査、津波計などの観測技術、津波浸水域のシミュレーションの高精度化など、津波防災計画や地震発生直後の津波高・浸水予測、避難警報の発出などに貢献してきた。

安心・安全

## ④地震・津波への防災・減災

## 海洋に関する科学研究の人類・社会への貢献事例(概要)

資源・  
エネルギー

### ⑤ 海洋資源・ エネルギー利用

海には膨大な資源とエネルギー源が眠っており、科学的調査研究と、探査・開発技術の発展で、これら資源・エネルギーが利用可能となってきている。その代表例として、資源では、既に新潟県の岩船沖で大規模な油ガス田を発見・生産し、貴重な国産資源となっている。再生可能エネルギーでは、福島沖で洋上風力発電の建設が進み、震災復興に貢献しつつある。また、日本近海でも「燃える氷」と呼ばれるメタンハイドレートや、海底金属資源等の新しい資源が発見されており、実利用・生産に向けた研究開発が進んでいる。



福島沖の実証用洋上風車  
(出所:福島洋上風力コンソーシアム)



2013年3月、掘削船「ちきゅう」を用い、メタンハイドレートの世界初の海上産出試験に成功  
(出所:MH21提供)

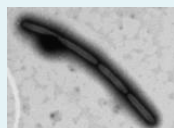
# 【新たな知】①海洋基礎科学による知の開拓 (a)具体的な貢献事例

海洋に関する基礎科学は、「新たな知」という価値だけでなく、そこから様々な実用的な価値をもたらします。

- 大深度でのロボットや観測機器、潜水艇など用いたチームが、深海での生態記録に成功。**新たな未知の生物研究の足掛かり**に。



ダイオウイカの動画撮影、捕獲  
出所1) 窪寺恒己氏



海底で発見された微生物(メタン菌)

- 海洋・深海底探査により、未知の海洋生物を発見。
- 海底の熱水噴出孔では、硫化水素の化学エネルギーで生きる微生物等を発見し、**生命誕生の有力候補**に。

出所2) JAMSTEC

さらなる  
知的好奇心  
の喚起

基礎研究の成果の産業化・  
海洋科学以外の分野へ波及  
社会インフラ整備、  
医療・製薬、食・健康、  
資源開発 など

世界をリードする  
科学/海洋人材育成

自然への理解の増進

- 理科教育/海洋教育
- 普及啓発

「知」の創出

- 地球や生命、宇宙の起源に迫る「知」の創出
- 卓越したサイエンスの実現

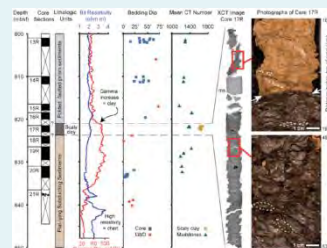
探査、観測、採取に基づく研究

- 他分野(生態学、微生物学、火山学、医学)の知見も活用

探査、観測、採取

海洋・海底の探査により、未知の物質の分布、未把握の環境、未知の生物の生態や生理を解明。

- 東日本大震災で海底地形が最も変動した地点における堆積物のコア試料を取得。
- 地震を引き起こす「すべり」のメカニズム**などを解明。



東北地方太平洋沖の地震断層試料を採取

出所3)  
JAMSTEC



海中を漂うオワンクラゲ

出所4)  
Alexander  
Semenov/ゲッ  
ティイメージズ

- オワンクラゲから発見された緑色蛍光タンパク(GFP)は、**生命科学分野の重要な試薬**に。
- GFPの構造を解明した下村氏がノーベル化学賞を受賞。



深海展ポスター

出所5) 国立科学博物館

テレビなどメディアでの番組発表や、博物館/水族館での展示などが広がり、**科学への一般の興味・関心も増加**。



## 【新たな知】①海洋基礎科学による知の開拓 (b)海洋科学の現状・可能性

海洋は、人間のフロンティア領域であり、まだまだ開拓されていない「知」の宝庫です。

### ＜生命の起源＞

- 地球生命誕生時の生態系に似ていると考えられている深海熱水噴出孔など極限環境における生物研究は、生命の起源へ迫ることにつながります。
- これまで熱水噴出孔周辺では、多くの化学合成細菌(硫黄細菌、硝化細菌、水素細菌、超好熱メタン菌など)やそれらを共生させた貝類や甲殻類などが見つかっています。

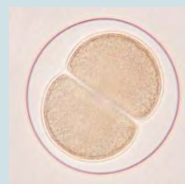


有人潜水調査船「しんかい6500」  
出所6) JAMSTEC

### ＜未知の生命・生命の本質の解明及び産業化＞

- 海洋には、未同定の生物が多く、年々発見されている新種の生物により、未知の生物機構や生態系が明らかになっています。
- また、単純な機構を持つことが多い海洋生物を研究することで、生命の本質が明らかになります。その結果、人間を含む動物の病変の解明や、医薬品(例:がん治療薬)の開発などに応用されることもあります。

インド洋で発見された  
白スケリーフト  
出所8) JAMSTEC

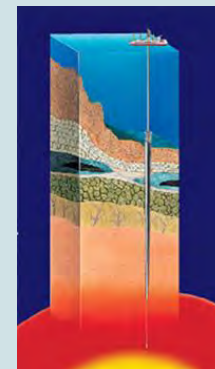


2細胞期のウニ:  
ウニから見つかったタンパク質が、  
ガンの病態解明に貢献。  
(2001年、ノーベル賞)  
出所7) JST「理科ねっとわーく」

### ＜地球の起源＞

- 46億年の歴史を持つ地球は、その質量の約7割がマントルから構成されています。しかしながら人類はいまだにマントルを手にしたことがありません。
- マントルを入手することで、これまで推測されてきた地球深部の物質や構造の真相が解明される他、新たな生命の発見や、海溝型地震のメカニズム解明など、社会への大きなインパクトを生む可能性があります。

掘削船によるマントル  
掘削のイメージ  
出所9) JAMSTEC



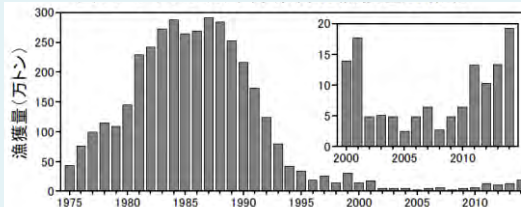
## 【新たな知】①海洋基礎科学による知の開拓 図出所

- 出所1) 窪寺恒己氏
  - 窪寺恒己氏提供
- 出所2) JAMSTEC
  - [http://www.jaxa.jp/article/interview/2013/vol78/index\\_j.html](http://www.jaxa.jp/article/interview/2013/vol78/index_j.html)
- 出所3) JAMSTEC
  - [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20131008/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20131008/)
- 出所4) ゲッティイメージズ
  - Alexander Semenov / Moment Open
- 出所5) 国立科学博物館
  - 国立科学博物館提供
- 出所6) JAMSTEC
  - JAMSTEC提供
- 出所7) JST「理科ねっとわーく」
  - <http://rikanet2.jst.go.jp/>
- 出所8) JAMSTEC
  - <http://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/shinkai6500.html>
- 出所9) JAMSTEC
  - <http://www.jamstec.go.jp/ods/j/mantle/mantle.html>

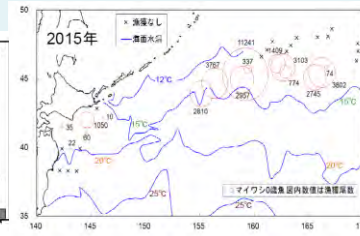
# 【食】②水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等) (a)具体的な貢献事例

海洋からの食料生産研究は裾野が広く、養殖技術と水産資源管理を活かして日本が世界を主導します。

生物の動態研究の成果を生かして、生物資源の変動(漁獲量の変化など)とその要因を分析。これに基づいて、漁業資源の変動予測技術を開発し、科学的な水産資源管理の基盤を構築。動態解明を通じた天然資源に頼らない養殖技術開発



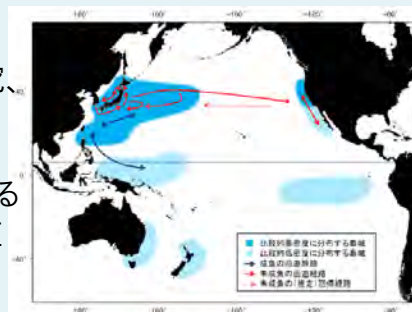
マイワシ太平洋系群の漁獲量推移(1975-2015)  
出所2)水産総合研究センター



中層トロールによる0歳魚マイワシの分布(資源加入量予測に活用)

## 生態・動態に基づく水産資源管理・養殖技術の解明

海洋モニタリング技術を活用した生物の動態研究、魚類の分類や生理に関する基礎研究を基に、養殖・資源管理対象となる生物の生態を解明。養殖技術の基盤となる知識・技術を蓄積。



クロマグロの回遊の様子

出所1)水産庁

## 海洋生物の生態・動態研究

幅広い経済効果、  
環境保全を実現

世界的な水産資源管理を  
主導し、資源を回復

養殖技術を確立し  
食料を安定的に供給

環境に配慮した  
安定的な水産資源確保

多彩で効果的な  
生産技術開発

基礎科学から出発した養殖学・技術はさらに幅広く発展。漁獲量の減少が危惧される魚種についても、より安価で安定的に確保できるよう、技術開発・研究対象をさらに拡大。



クロマグロなど世界初の種苗  
生産に成功した魚

出所3)近畿大学水産研究所



## 【食】②水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等) (b)海洋科学の現状・可能性



### 海洋科学による貢献実績・現状

日本の海洋資源管理・養殖技術は世界トップレベルです。

- 日本が最先端をリードする資源管理・養殖技術は、水産資源の安定的な供給に加え、高い経済効果や環境保全を実現しています。
- 水産資源の管理技術と養殖技術を組み合わせ、食料問題の解決や、水産資源の持続的利用に貢献しつつあります。

高レベルな資源管理・養殖技術は、海洋科学や観測技術の発展に支えられています。

- 遺伝子を使った魚群の系統解析は資源量評価の精度を向上させ、資源管理の妥当性評価を高める事ができます。
- バイオロギング等のトレース技術はマグロやウナギの動態解析に寄与し、高レベルな資源管理・養殖技術に貢献しています。
- 基礎データの蓄積が、マイワシやスケトウダラ等の水産資源の変動要因を解明し、生態系に配慮した漁業管理手法を高度化に貢献しています。
- 日本は車海老養殖を初めて実現するなど、養殖に重要となる人工種苗生産技術で圧倒的な強みがあります。

日本は、世界的な海洋資源管理の主導的立場にあります。

- 日本では、漁獲可能量制度や資源回復計画といった手法を組み合わせた資源管理の取り組みが進められています。
- こうした日本型の漁業資源の保全・管理に関するルールは、途上国を中心に世界的に広く評価されています。
- 食料問題と動物性食料生産業の課題解決に貢献しつつあります。



### 更なる貢献の可能性

水産資源の持続的確保が懸念される中、日本の存在感は益々大きくなるものと考えられます。

- 世界的な需要の増大を背景として水産資源の減少が懸念される中、日本が蓄積した社会・生態系と調和した海洋資源管理・養殖技術の役割は益々大きくなると考えられます。



日本発の技術を組み合わせることで、世界的な需要拡大にも対応できる可能性があります。

- 日本が蓄積した海洋資源管理・養殖に関する知見・技術により、国際的な水産資源管理を主導し、一方では持続的な養殖生産技術を開発・普及することで、危機的状況を乗り越えることが期待されます。



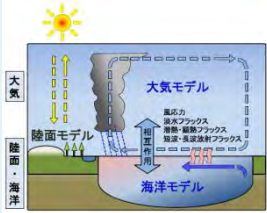
出所4)水産庁

## 【食】②水産資源の持続的確保(動態管理、養殖等) 図出所

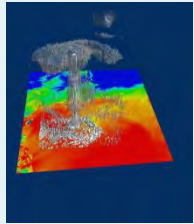
- 出所1)水産庁, 独立行政法人 水産総合研究センター 国際漁業資源の持続的利用と適切な保存・管理のために
  - [http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25\\_04.html](http://kokushi.fra.go.jp/H25/H25_04.html)
- 出所2)国立研究開発法人水産総合研究センター H27.12.14プレスリリース 「マイワシの資源量の増加傾向がさらに強まる可能性が高い状況です」
  - <https://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr27/20151214/index.html>
- 出所3)近畿大学 水産養殖種苗センター
  - [http://www.flku.jp/index\\_image/flku.pdf](http://www.flku.jp/index_image/flku.pdf)
- 出所4)水産庁 水産白書 平成26年度水産の動向 p17 これからの水産環境整備のすがた
  - [http://www.jfa.maff.go.jp/e/annual\\_report/2014/pdf/26suisan1-1-1.pdf](http://www.jfa.maff.go.jp/e/annual_report/2014/pdf/26suisan1-1-1.pdf)

## 【環境】③気候変化、異常気象の予測と対応 (a)具体的な貢献事例

気象・気候の変化への海の作用を明らかにし、異常気象等を予測し、対策に役立てます。



大気海洋  
結合モデル  
出所1) 気象庁



大気波浪海洋結合  
モデルによる台風の  
強度変化の解明  
出所2) 気象研究所

海の変化も含めた予測モデルを構築：海と大気の観測データを統合し、台風の進路や強度変化の仕組みを理解。変化予測などを正確に。

### 大気海洋相互作用を解明

気象や気候変化における海の重要性を解明：

海洋と大気の間で熱や水蒸気等の交換が行われ互いに影響し合うことを解明。海面水温の上昇で水蒸気量が増え豪雨等の異常気象の要因となること、海中に入った熱が海流等で深海まで運ばれ循環し再び海面に戻り、10～100年単位の気候変化に関係すること等が判明。

### アフリカの豪雨現象の仕組み (ダイポールモード現象)



出所3) JST

気候変化の季節予測等の実現：エルニーニョ/ラニーニャ現象の解明・予測により、猛暑や冷夏などの予報が正確に(日本は気象庁が予報を発出)。また、インド洋の海面水温の変化でアフリカ南部の降雨量が増加し異常気象が発生する現象を日本が解明(国際貢献)。

### 台風や大雨、異常気象等の自然現象理解・予測に貢献

海水温上昇に伴う異常気象の増加、海面上昇の影響などを正確に予測し、より効果的な対策に貢献

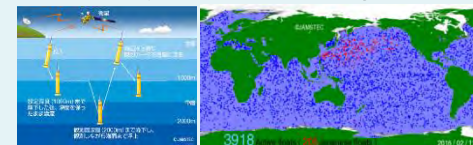
特に途上国など脆弱性の高い地域において、気候変動対策に基づく開発計画などが可能に

気象予測に基づく対策、予警報など、災害に強い社会の構築に

気候変動が将来の気象現象・気候にもたらす影響を予測、対策へ

### 海洋内部の観測を実現、より正確な海洋・気候変化予測へ

海中観測：水深2000mまでの水温・塩分情報を観測する「アルゴフロート」を日本と世界各国が協力して投入。海洋内部を継続監視可能となり、貯蓄熱量の変化や海洋循環を把握、気候変化予測のデータとして活用、精度向上に貢献。



世界の海中を観測するアルゴフロート  
出所4) JAMSTEC

将来の気候変動の影響予測：二酸化炭素の増加等、人為的要因による気候変動・温暖化が進み、海水温の変化等による気象・気候現象の変化・激化の可能性。将来予測のため、海による熱や二酸化炭素吸収等、自然変化と人為的変化の両方を含めた海と大気データの結合した予測(海洋データ同化)が必要であり、日本はその解析能力等で世界をリード。

日本の海洋・気候研究に貢献している「地球シミュレータ」



出所5) JAMSTEC



## 【環境】③気候変化、異常気象の予測と対応 (b)海洋科学の現状・可能性



### 海洋科学による貢献実績・現状

気象・気候における海の複雑な役割の理解が進み、予測精度は格段に向上しています。

- 大気海洋相互作用(海洋と大気の間で熱や水蒸気等の交換が行われ互いに影響し合うこと)や海洋大循環(海中に入った熱が海流等で深海まで運ばれ循環し再び海面に戻り、10～100年単位の気候変化に関係すること)等、気象・気候における海洋の役割の理解が進んだことで、気象・気候の予測精度は格段に向上しています。
- こうした仕組みの理解と予測は、異常気象による災害への対策に当たり非常に重要であり、日本を含む各国が観測・予測に取り組んでいます。実際に、日本の猛暑予測、オーストラリアの干ばつ予測、アフリカ南部の豪雨予測等が的中している実例があります。

気象・気候の予測結果は、社会・経済活動の中で既に利用されています。

- 上記のような予測結果に基づいた災害対策が、各国で既に始められています。
- また、日本の気象庁によるエルニーニョ予報(気象庁のスパコンにより計算)は既にアパレル業界等で服の生産や販売計画等でも活用されており、産業利用としての価値も認められます。



### 更なる貢献の可能性

気象・気候の自然現象の予測精度をさらに向上し、人的・経済的被害の削減等に貢献します。

- 海の変化を更に正確にとらえ、それが原因となる大雨等の異常気象発生を事前に予測できるようになることで予防策を講じ、被害削減を可能にします。今後、予測精度を向上させ、警報、堤防等のインフラ整備計画などで利用すれば、より効果的な災害対策や農業の被害対策などに貢献できると期待できます。
- 米国国立気候データセンター(NCDC)の調査では、1980年～2013年の間に10億ドル以上の損害をもたらした気象・気候災害は米国内だけで170件、被害総額は1兆ドルに及ぶことが報告されています。これを削減出来れば、大きな経済的利益となります。

人為的要因による気候変動がもたらす気象・気候の将来変化・激化を予測し、長期的な対策に役立てます。

- 今後、気候変動・地球温暖化が進むことで、気象・気候現象の変化・激化や海面水温の上昇による国土の喪失なども危惧されており、適切な予測と対策は喫緊の課題です。
- 対策を行うためには、自然変化と人為的变化の両方を含めた海と大気データを結合した予測が重要です。日本はその解析能力で世界トップクラスにあり(地球シミュレータが日本の海洋・気候研究に貢献)、人類の持続的発展において日本が主導的役割を果たすことも可能です。
- その他、気候変動による北極の氷の減少を正確に予測することで、これまでよりも最大約4割短い距離で航行可能な北極海航路が利用可能となり、燃料削減や物流への経済効果も期待されているなど、気候変動予測の様々な応用も見込まれます。

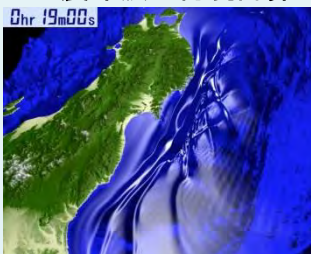
## 【環境】③気候変化、異常気象の予測と対応 図出所

- 出所1) 気象庁
  - <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-7.html>
- 出所2) 気象研究所
  - [http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND\\_wada/Akiyoshi\\_Wada-sjis.html](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ty/IND/IND_wada/Akiyoshi_Wada-sjis.html)
- 出所3) JST SATREPSウェブサイト
  - [http://www.jst.go.jp/global/case/environment\\_energy\\_2.html](http://www.jst.go.jp/global/case/environment_energy_2.html)
- 出所4) JAMSTEC
  - 左図: JAMSTEC提供
  - 右図: <http://www.jamstec.go.jp/ARGO/data/index.html>
- 出所5) JAMSTEC
  - <http://www.jamstec.go.jp/es/jp/system/hardware.html>

# 【安全・安心】④地震・津波への防災・減災 (a)具体的な貢献事例

地震・津波のメカニズムを解明する研究が、日本・世界の沿岸部の人々のいのちを守ります。

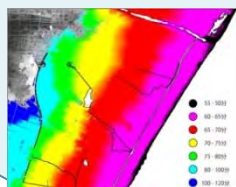
## 東北地方太平洋沖地震津波の再現計算



観測網からのデータや、従来は純粋基礎研究の領域だった海洋物理学の成果を基に、高精度な津波の再現・予測が可能に。

東北大学の津波シミュレーションモデル(TUNAMI)は国際的にも広く用いられている。東日本大震災を機にモデルがさらに精緻化。

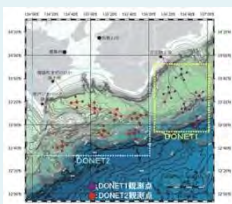
出所3)IRIDeS



## リアルタイム浸水解析

出所4)東北大学

## 地震・津波観測監視システム(DONET)



津波計のリアルタイム観測により、津波の精緻なモデル化が可能に。特に我が国はDONETやS-net、GPS波浪計等、沖合の観測網の充実度は世界トップレベル。

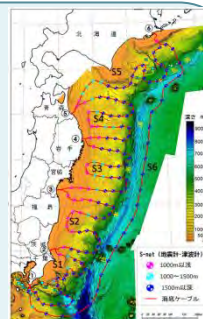
出所1)JAMSTEC

スーパーコンピュータの進化による計算可能量の増加により、精緻な津波シミュレーションが可能に。観測データから即座に浸水想定を行うリアルタイム予測にも寄与。



出所5)理化学研究所

## 津波発生・伝播メカニズム解明／海洋物理学による予測モデル確立



出所2)NIED

日本海溝海底地震津波観測網(S-net)

防災分野での新たな産業活動が活性化

日本の防災技術・ノウハウを海外展開することで国際的なプレゼンスが向上

更なる津波被害抑制／世界の地震・津波被害軽減に寄与

津波リアルタイム予測の確立による適切な避難で「死者0名」が実現

効果的な防災施策、災害に強い街づくりの実現

津波シミュレーションにより市街地の高精度な浸水想定が可能に。防波堤の設置やハザードマップの作成等の具体策が実施されるなど、効果的な防災施策の立案に寄与。基礎研究であった海洋科学が地域施策・街づくりにまでつながった事例。

## 高知市津波ハザードマップ



出所6)高知市

## 地震・津波の観測網の整備



## 【安全・安心】④地震・津波への防災・減災 (b)海洋科学の現状・可能性



### 海洋科学による貢献実績・現状

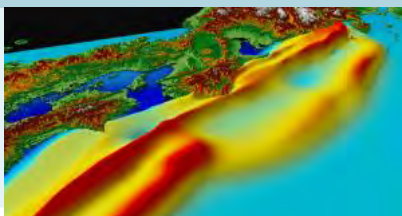
高精度の津波被害予測データが、効果的な防災施策の立案、災害に強い街づくりに寄与しています。

- 津波シミュレーション技術は大きく進展し、既に津波浸水域や到達時間の高精度な予測が可能な段階に達しています。
- こうした予測を基に、防波堤の設置や危険域への人の居住の制限等の具体策が取られるようになりました。海洋科学の知見が、土木設計や街づくりにまでつながった貢献事例と言えます。
- 東北大学が中心となって構築された津波シミュレーションモデル(TUNAMI)など、日本発の津波モデルは世界的にも広く活用されています。

世界有数の観測網が、早期避難の実現に寄与しています。

- 日本には、世界有数の津波観測網が整備されています。沖合から来襲する津波を、この観測網でリアルタイムに捉えることで、迅速に浸水予測を行い、早期避難の判断材料として活用されています。
- 一方、東日本大震災の際には、想定された地震規模を遥かに上回ったために、地震直後に出された津波高さの予報が過小となるなど、リアルタイムでの推定法には改善の余地が残っています。

津波シミュレーション動画  
のスクリーンショット  
出所)JAMSTEC



### 更なる貢献の可能性

観測網や予測モデルの充実・改善により、「津波死者0名」を目指すことも可能です。

- 今後、南海トラフ地震や首都直下型地震に伴う津波の発生が確実視されています。
- しかし、津波は発生から到達までに時間がかかります。そのため、観測網や予測モデルの充実・改善を進めることで「リアルタイム津波予測」による「リアルタイム避難」を実現すれば、「津波死者0名」を目指すことも可能です。
- 3次元での津波計算が可能になれば、より正確な被害予測、効果的な復旧施策の立案にも資することができます。



日本の防災技術・ノウハウを海外展開することで国際的なプレゼンス向上に寄与します。

- 津波によって250,000人も犠牲者を出した2004年スマトラ沖地震をはじめとして、特に途上国は被害が大きくなる傾向があります。
- 日本は津波観測・予測に高い技術を有するだけでなく、ハザードマップ等の被害の可視化技術、街づくりへの応用、防災教育などにも大きな実績・ノウハウを蓄積しています。
- こうした実績・ノウハウの海外展開を加速することで、世界での津波被害の低減に貢献することが可能です。

## 【安全・安心】④地震・津波への防災・減災 図出所

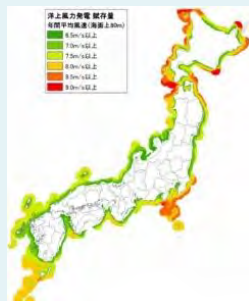
- 出所1) JAMSTEC
  - <https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/donet2.html>
- 出所2) 防災科学技術研究所
  - <http://www.bosai.go.jp/inline/seibi/seibi01.html>
- 出所3) 東北大学災害科学国際研究所(IRIDeS)
  - <http://irides.tohoku.ac.jp/organization/risk/02.html>
- 出所4) 東北大学
  - <http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2015/02/press20150227-01.html>
- 出所5) 理化学研究所
  - <http://www.aics.riken.jp/jp/k/about.html>
- 出所6) 高知市
  - <https://www.city.kochi.kochi.jp/uploaded/attachment/26957.pdf>
- 出所7) JAMSTEC
  - JAMSTEC提供

# 【資源・エネルギー】⑤海洋資源・エネルギー利用 (a)具体的な貢献事例(洋上風力)

海洋観測(海象・気象)技術の発展により、海の持つ莫大な再生可能エネルギーの発見・利用が可能となり、日本や世界の資源・エネルギー問題解決に貢献します。

## 海洋再生可能エネルギー(洋上風力等)の事例

### 日本の洋上風力ポテンシャルマップ



海上観測データを基に、高精度な数値シミュレーションを用いて、洋上風の風況状況を再現・予測。海洋調査・観測と数値モデリングにより、海洋エネルギーの莫大なポテンシャルと有望な海域の把握が可能。

出所1) 経済産業省

## 海洋の観測・モデル化による、エネルギーポテンシャルの把握

## 海洋環境に対応した発電装置の設計

海はエネルギーポテンシャルがあるが、同時に、陸上より厳しい環境条件を考慮する必要がある。浮体や支持構造物など発電装置に対する影響を正確に理解するため、海の流れや波の挙動性質の理解が必要。

### 低動揺型洋上風車(スパー型)



出所2) 東京大学

大規模な発電設備の導入には住民からの合意が必須。景観に美しさを持たせることで、観光資源として発電設備を活用できる可能性も。

潮流、波力、温度差等あらゆる海洋再生可能エネルギーの実用化

十分なポテンシャルを生かした大規模展開により安定したエネルギー源に

## 将来的には国内のエネルギー問題の解決に寄与

日本の安全性の高い技術が世界のエネルギープラントの設計・運用を牽引

## 海洋でのエネルギープラントの実装

国内初の商用規模浮体式洋上風力発電施設が長崎県五島沖で実用化。福島沖では世界最大規模の浮体式洋上ウインドファームを実現。日本は、大型の台風にも耐えうる風車の安全基準策定を進め、IEC(国際電気標準会議)の特別基準にも認定されるなど、安全面で世界をリード。

### 浮体式洋上風力発電設備「ふくしま新風」



出所3) 福島洋上風力コンソーシアム

### 浮体式洋上風力発電設備(長崎県五島市)



出所4) 環境省

# 【資源・エネルギー】⑤海洋資源・エネルギー利用 (a)具体的な貢献事例(海洋資源)

海底の調査・探査や海底資源の形成メカニズムなど科学的研究により、海に潜む豊富な資源の発見・利用が進み、日本や世界の資源問題解決に貢献します。

## 海洋資源(石油・ガス、その他金属資源等)の事例

### 探査と資源の発見:

日本の探査船などによる日本近海等の調査により、海底地形や地質構造が明らかになり、海底の石油・ガスや金属資源の発見につながっている。公海上の日本の鉱区獲得にも貢献。特に日本近海はプレートの沈み込み帯であるなど、鉱物資源が多く存在し、探査・研究が進んでいる。

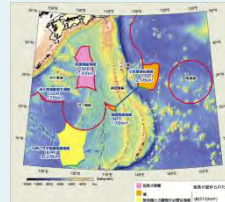
### 深海底資源 探査船 「第2白嶺丸」



出所2)JOGMEC

海洋地質学・海洋調査技術が大陸棚延長に貢献: 約31万km<sup>2</sup>の日本の「大陸棚延長」が国連に認められた。海底地形の連続性を証明する科学的データとして日本の調査船「第2白嶺丸」が採取した岩石の分析結果等を利用。

日本の大陸棚  
延長範囲\*  
出所3)海上保安庁



\*延長大陸棚では沿岸国による海底資源開発も認められる。

海洋科学に基づく  
我が国EEZ・大陸棚  
の確保・管理にも寄与

国内外の  
資源・エネルギー  
不足・偏在性の解消

## 国産資源を開発、 資源問題の解決へ

深海で発見されている様々な  
鉱物等資源(マンガン団塊、  
コバルトリッチクラスト、海底熱水鉱床、  
メタンハイドレート等)の  
"持続可能な"開発へ

## 海洋からの 資源生産実現

### 海洋石油・ガスの商業化:

探査船による海底の物理探査やボーリング調査により、1983年に新潟沖に油田発見。1990年に生産開始。2012年までに累計油500万kl、ガス20億m<sup>3</sup>以上を生産。現在も生産中(油10万kl、ガス2億m<sup>3</sup>/年)で国産資源として経済・生活を支える。



岩船沖  
油ガス田  
出所4)JAPEX

## 海洋の資源・エネルギー の存在を基礎科学で解明

海洋資源形成メカニズムの解明: 海底の構造、海中の元素・物質循環、金属濃縮による鉱床形成など、海で資源が形成される仕組みを解明。



海底鉱物資源の  
分布イメージ  
出所1)JOGMEC

## 海洋調査・探査 による、資源ポ テンシャル把握

### 海底鉱物資源等の開発:

日本は海底熱水鉱床の採掘技術の開発を目指し、伊是名海穴において世界で最初の専用試験機(採鉱機)の走行実験や採掘実験に成功。また、海洋生物の遺伝子レベルの科学的根拠に基づく環境に配慮した採鉱技術の開発を進めており、持続可能な開発手法として世界標準化も目指している。



出所5)  
JOGMEC

海底熱水鉱床とサンプリングした鉱石



## 【資源・エネルギー】⑤海洋資源・エネルギー利用 (b)海洋科学の現状・可能性



### 海洋科学による貢献実績・現状

海洋環境を解明、予測することで、持続可能な再生可能エネルギーの開発・利用が進んでいます。

- 日本近海は洋上風力、波力、潮流、海流等の海洋エネルギーに恵まれています。海洋観測の結果に基づくシミュレーションでポテンシャルが高い海域の予測が可能となってきています。
- 特に、洋上風力では既に福島沖で世界最大規模の浮体式洋上風力の実証が進み復興への貢献が期待されるなど、我が国のエネルギー問題の解決への寄与が可能です。

海中の資源形成の仕組みが解明され、海底探査によって発見・開発が進んでいます。

- 日本の持つ探査船による地質・資源探査と研究により、資源ポテンシャルが解明されつつあり、既に海洋の石油・天然ガスは商業化に至り、日本の経済と生活を支えています。
- また、日本近海は海底の熱水噴出などの活動が活発で、今現在も資源が形成されている“生きた”鉱床を有していることが分かっており、国産の金属資源開発の実現が期待されます。その他、新しいエネルギー資源として期待されるメタンハイドレート埋蔵量も多く、世界初の産出試験を実施するなど日本は世界をリードしています。

海の姿を明らかにし、海を適切に管理し、海洋権益も守ることに繋がっています。

- 海洋環境、海底地形・地質の状況を科学的に明らかにすることで、我が国の海の資産を適切に把握し、守ることが可能になります。
- 国連による「大陸棚延長」(沿岸国200海里を超えた海底等を設定)を認められるために科学的データが必要であり、日本の延長申請でも海底調査の成果が活用されました。



### 更なる貢献の可能性

資源・エネルギー問題の解決へ寄与します。

- 日本は資源・エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っており、国際的な資源価格の変動が国内経済や生活へ影響を与えやすい状況にあります。未利用の豊富な海洋資源・エネルギーを利用可能となれば、国産の資源・エネルギーを増やすことが可能となります。
- 日本は世界第6位の広さの排他的経済水域を有し、豊富な海洋資源・エネルギーの利用可能性を秘めています。海洋はまだ未解明の部分が多い世界で、高度な技術が求められることから、産業利用に向けてまだ研究開発が必要です。
- 日本以外の海洋国にも技術と経験を展開することにより、世界中の資源・エネルギー問題解決に寄与することも可能です。

資源・エネルギー分野で世界をリードし、日本のプレゼンス向上も期待できます。

- 資源・エネルギー問題は世界的な課題であり、日本が海洋資源・エネルギー分野で世界を先導することが可能です。また、日本は自前で資源・エネルギーが確保できることで、外交における国際交渉力の強化にもつながることも期待されます。
- 特に、日本は高い安全基準に基づく洋上風力発電や、環境に影響を及ぼさない資源開発技術などで強みを持っており、今後も研究を続け、国際基準として“Japan Standard”が普及が進めば、世界全体の持続可能な海洋資源・エネルギー開発を主導することも可能です。



新たな資源として期待されるメタンハイドレート  
(人工メタンハイドレートの燃焼実験の様子)  
出所)MH21

## 【資源・エネルギー】⑤海洋資源・エネルギー利用 図出所

### <洋上風力>

- 出所1) 経済産業省 平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(風力エネルギーの導入可能性に関する調査)
  - [http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2011fy/E001771.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001771.pdf)
- 出所2) 東京大学大学院新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻 鈴木・平林研究室
  - <http://www.orca.k.u-tokyo.ac.jp/SuzukiLab/Themes/Themes.html>
- 出所3) 福島洋上風力コンソーシアム
  - <http://www.fukushima-forward.jp/photo/index.html>
- 出所4) 環境省 浮体式洋上風力発電実証事業(GOTO FOWT)
  - <http://goto-fowt.go.jp/home/>

### <海洋資源>

- 出所1) JOGMEC
  - [http://www.jogmec.go.jp/metal/metal\\_10\\_000002.html](http://www.jogmec.go.jp/metal/metal_10_000002.html)
- 出所2) JOGMEC
  - <https://www.jogmec.go.jp/content/300052693.pdf>
- 出所3) 海上保安庁
  - [http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15\\_05-1.html](http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/books/report2015/html/tokushu/toku15_05-1.html)
- 出所4) 石油資源開発株式会社(JAPEX)
  - <http://www.japex.co.jp/business/japan/field.html#field07>
- 出所5) JOGMEC
  - [http://www.jogmec.go.jp/about/about\\_jogmec\\_10\\_000009.html](http://www.jogmec.go.jp/about/about_jogmec_10_000009.html)
- 出所6) メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)
  - MH21提供