

海洋の可視化の推進に向けた調査

業務報告書

2021 年 2 月



目 次

1. 調査の目的.....	1
1.1 目的.....	1
2. 調査の実施方法.....	1
2.1 海洋可視化対象の抽出.....	2
2.1.1 海洋において解決すべき問題点の整理方法.....	2
2.1.2 議論の根拠となる観測対象の整理.....	2
2.2 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査及び整理.....	2
2.2.1 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査方法.....	2
2.2.2 観測パラメタの調査方法.....	2
2.3 海洋の課題と海洋観測センサーとの対比表の作成.....	3
2.4 専門家へのインタビュー.....	3
2.5 海洋可視化対象と海洋観測センサーの整理結果及び今後取得が望まれるデータ.....	5
3. 調査結果.....	6
3.1 海洋可視化対象の抽出.....	6
3.1.1 海洋において解決すべき問題点の整理方法.....	6
3.1.2 重点的な調査が求められる観測対象の整理.....	8
3.2 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査及び整理.....	10
3.2.1 海洋可視化のためのプラットフォームの調査.....	11
(1) 定点観測プラットフォーム (Point)	11
(2) 採水のプラットフォーム (Point (採水))	11
(3) 線状配置型プラットフォーム (Line)	11
(4) 漂流型プラットフォーム (Float)	11
(5) 移動型プラットフォーム (Ship)	12
(6) 衛星プラットフォーム (Satellite)	12
3.2.2 海洋可視化のためのセンサーの調査.....	12
(1) 水温.....	13
(2) 塩分.....	13
(3) 濁度.....	13
(4) 植物プランクトン (Chl-a)	13
(5) 溶存酸素量 (DO)	13
(6) pH.....	14
(7) 流向・流速.....	14
(8) 潮位.....	14
(9) 波浪.....	14

(10) 採水により測定される項目.....	15
3.3 海洋の課題と海洋観測センサーとの対比表の作成.....	18
3.3.1 海洋の課題の分類.....	18
3.3.2 海洋観測センサーとの対比.....	21
(1) 物理分野.....	21
(2) 化学分野.....	22
(3) 生物分野.....	22
(4) 政策分野.....	22
3.4 専門家へのインタビュー.....	25
3.5 海洋可視化対象と海洋観測センサーの整理結果及び今後取得が望まれるデータ...	29
3.5.1 気候変動.....	30
(1) 海水温・海水面の上昇.....	30
(2) 自然災害（台風・高潮等）.....	33
(3) 海洋酸性化・サンゴの白化.....	35
3.5.2 沿岸域の変化.....	40
3.5.3 海洋ごみ.....	44
(1) 海洋ごみ（一般）・ゴーストフィッシング.....	44
(2) プラスチックごみ・マイクロプラスチック.....	46
3.5.4 水中騒音.....	48
3.5.5 ハビタット・生態系.....	50
(1) 干潟・藻場の減少、浄化能力・基礎生産力の低下.....	50
(2) 水産資源の減少.....	54
(3) 生態系への影響、生息域の変化、食害の増加.....	56
(4) 海洋保護区の設定.....	57
3.5.6 新たな開発行為（再生可能エネルギー・深海開発）.....	63
3.5.7 政策（海洋権益、安全保障、海洋状況把握、違法操業、密漁、不審船）.....	65
3.5.8 その他の共通事項.....	67
3.6 まとめと今後の展開.....	68

資料編

1. 海外情報の整理.....	(1)
2. 専門家インタビュー.....	(16)
2.1 外洋分野.....	(16)
2.2 水産分野.....	(22)
2.3 モデル分野.....	(26)
2.4 沿岸・生態系分野.....	(28)

電子データ

白書に記載された課題の整理結果

国内に設置されたプラットフォームの整理結果

各国で行われている海洋可視化プロジェクトの概要及観測対象

プラットフォーム分布状況の可視化試行結果（東京湾）

対象項目抽出用マクロ

図目次

図 1	調査全体のフロー	1
図 2	白書の取りまとめの一例（環境白書）	6
図 3	プラットフォーム取りまとめの一例	10
図 4	ウェブグライダーの構造	12
図 5	衛星による Chl-a 分布画像	12
図 6	験潮所の構造	14
図 7	GPS 波浪計の概要	14
図 8	センサー情報の取りまとめの一例	15
図 9(1)	プラットフォームの GIS 化のイメージ	16
図 10	海洋の課題の関連図	20
図 11	海洋ごみの分類	21
図 12	日本近海の全海域平均海面水温の平年差の推移(左図)	30
図 13	日本沿岸の海面水位変化(1906～2019年)	31
図 14	波浪観測地点(左図:気象庁、右図:NOWPHAS)	34
図 15	気象庁が津波監視に用いている津波観測点	35
図 16	石西礁湖常時モニタリングシステムのホームページ	36
図 17	自然環境保全基礎調査でのサンゴ分布の表示例	37
図 18	海洋酸性化に係る気象庁ホームページ	38
図 19	水環境総合情報サイト	41
図 20	低次生態系モデルのイメージ	42
図 21	自立航行型四胴ロボット船(ロボセン)	43
図 22	自然環境保全基礎調査での藻場、干潟分布の表示例	51
図 23	衛星による藻場、干潟分布調査の例	52
図 24	調査手法の違いによる精度と調査範囲	53
図 25	調査手法の違いによる調査費の比較	53
図 26	水中 3D スキャナーによるイワシの魚群	55
図 27	重要海域の抽出方法	58
図 28	環境省「生物多様性の観点から重要度の高い海域」ウェブページ	60
図 29	Marine Traffic のウェブページ	66

表目次

表 1	インタビュー内容.....	4
表 2	各白書における海洋の課題一覧.....	7
表 3(1)	重点的な調査が求められる課題の整理.....	8
表 4(1)	海洋の課題とセンサーとの対比.....	23
表 5	海洋の課題のグルーピング結果.....	29
表 6	重要海域の抽出基準.....	59
表 7	領海外で観測が行われているプラットフォーム（船舶除く）.....	61
表 8	観測センサーとの対比状況（新たな開発行為）.....	64

略語一覧

ADCP 超音波ドップラー流速計 (Acoustic Doppler Current Profiler)

AI 人工知能 (Artificial Intelligence)

AIS 船舶自動識別装置 (Automatic Identification System)

ALOS 陸域観測技術衛星 (Advanced Land Observing Satellite)

Argo アルゴ計画

※「アルゴ」はギリシャ神話の「アルゴ船物語」に由来しており、略称ではない

AUV 自律型無人潜水機 (Autonomous Underwater Vehicle)

BODC 英国海洋データセンター (British Oceanographic Data Centre)

Chl-a クロロフィル a (Chlorophyll a)

COD 化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand)

CPUE (漁獲)努力量当たり漁獲量 (Catch Per Unit Effort)

CTD 塩分、水温、圧力(深度)センサー (Conductivity-Temperature-Depth profiler)

d4PDF 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース

(database for Policy Decision making for Future climate change)

Defra 英国環境・食料・農村地域省 (Department for Environment Food and Rural Affairs),

DO 溶存酸素 (Dissolved Oxygen)

DONET 地震・津波観測監視システム

(Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis)

DREAMS 東アジア縁辺海のデータ同化研究

(Data assimilation Research of the East Asian Marine System)

EEZ 排他的経済水域 (Exclusive Economic Zone)

FRA-ROMS 水産研究・教育機構 新海況予測システム

(Fisheries Research Agency Regional Ocean Modeling System)

GEBCO 大洋水深総図 (The General Bathymetric Chart of the Oceans)

GIS 地理情報システム (Geographic Information System)

GOMO (Global Ocean Monitoring and Observing)

GPS 全地球測位システム (Global Positioning System)

GPV 数値予報格子点値 (Grid Point Value)

HOV 有人探査機 (Human Occupied Vehicle)

ICT 情報通信技術 (Information and Communication Technology)

IFREMER フランス海洋開発研究所

(Institut Français de Recherche por l'Exploitation de la MER)

IODE 国際海洋データ・情報交換システム

(International Oceanographic Data and information Exchange)

IoT モノのインターネット (Internet of Things)

JAMSTEC 国立研究開発法人海洋研究開発機構

(Japan Agency for Marine-earth Science and TEchnology)

JAXA 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace eXploration Agency)

J-COPE 日本沿岸予測可能性実験 (Japan Coastal Ocean Predictability Experiment)

KML 拡張子名 (Keyhole Markup Language)

MDA 海洋状況把握 (Maritime Domain Awareness)

Met Office イギリス気象庁 (Meteorological Office)

NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(New Energy and industrial technology Development Organization) , 38, 53

NOAA アメリカ海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration)

NOWPHAS 全国港湾海洋波浪情報網

(Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS)

OBIS 海洋生物多様性情報連携センター (Ocean Biodiversity Information System)

ROV 遠隔操作型無人探査機 (Remotely Operated Vehicle) , 36, 44, 54

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム

(cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)

1. 調査の目的

1.1 目的

人類共通の財産である海洋を健全な形で未来に引き継ぐ使命が我々には課せられているが、海洋においては海洋の温暖化等の多くの問題が生じている。これらの問題を食い止めるためには、海洋における問題解決のために観測すべき対象の直接的な可視化を行い、宇宙、海上、海中及び海底を結び付ける海洋における Society5.0 を実現するための政策提言を通して様々な知識や情報を共有し、海洋利用の最適化と社会課題の解決に向けた検討に資することが必要である。

本調査では、海洋で生じている問題解決に必要な調査項目と現状において海洋観測に用いられているプラットフォーム及びそれに搭載されている観測機材及びセンサーの現状を調査し、比較することにより、海洋の可視化の実態を把握することを目的とした。

2. 調査の実施方法

調査全体のフローは図 1 のとおりとし、海洋における問題点の解決に寄与するために調査が必要な項目の抽出（トップダウン）と、すでに行われている調査項目の抽出（ボトムアップ）により、今後拡充が必要な調査項目の抽出を行った。

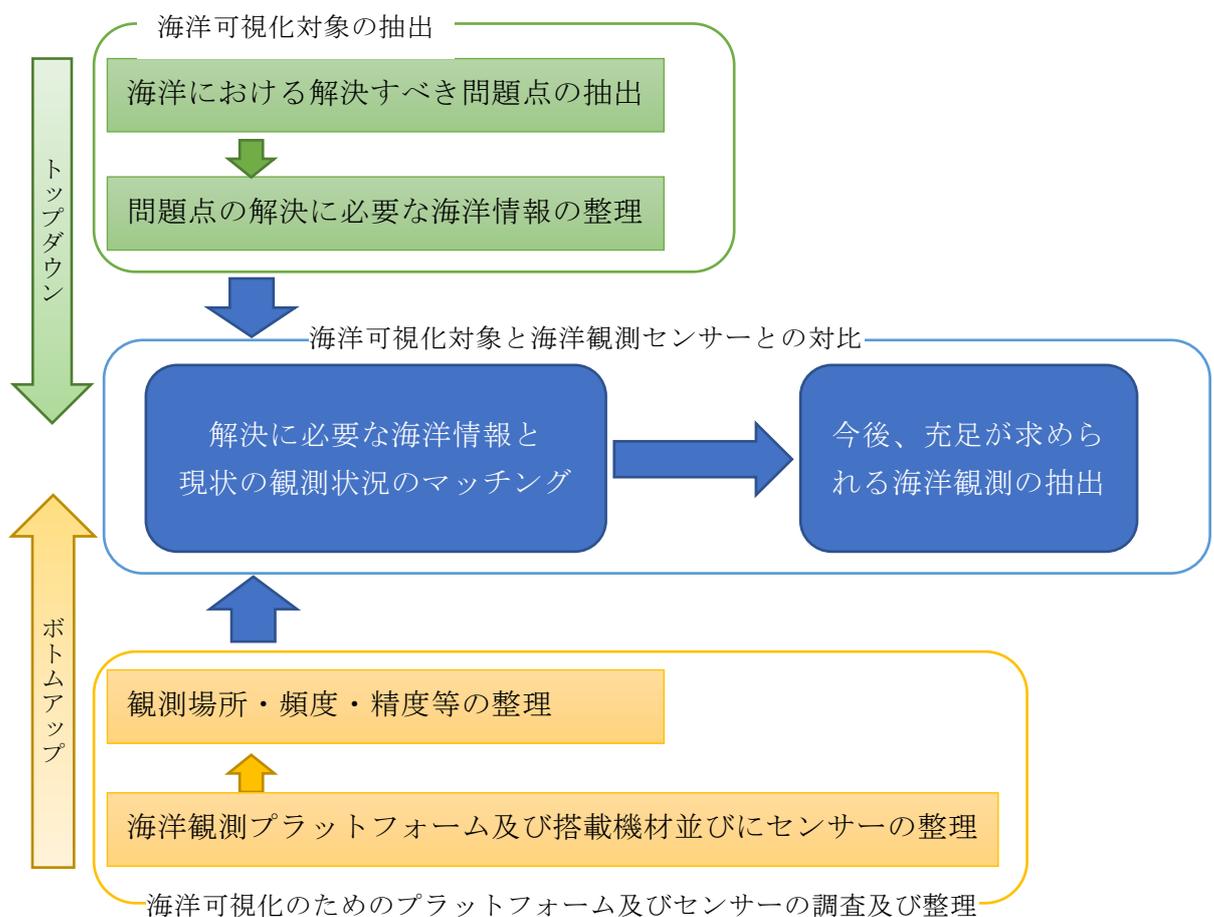


図 1 調査全体のフロー

2.1 海洋可視化対象の抽出

2.1.1 海洋において解決すべき問題点の整理方法

今後の海洋の問題解決に資する海洋可視化の推進を提言するためには、国等が認識している問題点を抽出することが重要であると考えた。

そのため、海洋において解決すべき問題点（課題）は、国等が発行している「環境・循環型社会・生物多様性白書」（環境省）、「水産白書」（水産庁）、「国土交通白書」（国土交通省）、「海洋基本計画」（内閣府）、「海洋白書」（笹川平和財団海洋政策研究所）及び「海上保安レポート」（海上保安庁）から抽出した。

2.1.2 議論の根拠となる観測対象の整理

2.1.1での課題の抽出結果に基づき、重点的な調査が求められる課題を整理した。

2.2 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査及び整理

2.2.1 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査方法

調査対象とするプラットフォームやセンサーについては、現在あるいは近い将来に長期的かつ安定的に使用され、データが集積され続けるものを対象とした。なお、センサー等を投入していない場合（オンラインでつながっていない場合）でも、採水等により継続的に調査が行われているプラットフォームについても対象とした。

【国内情報】

調査方法としては、一次情報源として内閣府が取りまとめている「海洋調査等の実施計画に関する調査表」、「海洋調査船の保有状況調査表」をもとに、さらに検索を行った。

人工衛星については、JAXAのホームページより、現在運用中の衛星情報を収集した。

【海外情報】

海外については、米国、英国及び仏国を対象にインターネットでの検索により情報を収集した。

収集先としては、米国はアメリカ海洋大気庁（NOAA）、英国は英国海洋データセンター（BODC）及び英国気象庁（Met Office）、仏国はフランス海洋開発研究所（IFREMER）のホームページを中心とし、プラットフォーム及びデータ公開ポリシーの情報を収集した。調査結果については、資料編に掲載した。

2.2.2 観測パラメタの調査方法

プラットフォームや搭載されているセンサーの観測パラメタについては、2.2.1で収集した個別のプラットフォーム名等からインターネットで検索を行い、公開されている情報から、各計測値の精度・測定時間間隔・測定層・測定位置（水平的、鉛直的な空間分布）を調査した。

調査結果については、エクセルファイル形式で整理し、プラットフォームの番号をクリックすると、それに紐づいたパラメタ情報が表示されるような方式とした。

また、上記調査結果に基づいて、どの海域でどのような調査が行われているかを可視化できると、データが取得されていない海域が浮き上がってくる。本年度は Google Earth でプラットフォームの位置と観測項目等が表示される KML 形式のファイル作成を試みた。

2.3 海洋の課題と海洋観測センサーとの対比表の作成

2.1 及び 2.2 の調査結果から、海洋の各課題と海洋観測センサーの関係を対比表として整理した。また、海洋の課題について、関連する事項を連関図としてとして整理した。

2.4 専門家へのインタビュー

2.1～2.3 で抽出・整理した内容について、専門家へのインタビューによりご意見をいただいた。

インタビューは、以下の機関に行った。

外洋分野：国立研究開発法人 海洋研究開発機構

水産分野：水産関係の研究機関

沿岸・生態系分野：国立研究開発法人 国立環境研究所

モデル分野：九州大学応用力学研究所

インタビューでは、各機関の共通の項目として、データベース化・公開についての課題についてお聞きした。その他の質問については、各機関が得意とする分野に応じて内容は異なるが、必要なデータ、今後取得が期待されるデータ、及びその調査方法を基本として質問を行った。なお、詳細な質問事項は、表 1 に示すとおりである。

表 1 インタビュー内容

質問事項及びインタビュー先	インタビュー内容	
共通質問	<p>Q 現在、各種観測データはバラバラに管理されている状況である。このような状況に対し、データを統合的に取得できる仕組みが必要と考えられるが、各種機関が測得したデータについて、データに係る管理方法・提供方法について、ご意見を頂きたい。例えば、現状では海しる、環境アセスメントデータベース (EADAS)、水環境総合サイト、生物多様性情報システム (J-IBIS)、日本海洋データセンター (JODC) 等に分散されて情報が蓄積されている。</p>	
分野別質問	<p>外洋分野： 国立研究開発法人 海洋研究開発機構</p>	<p>Q1. 外洋域に関する問題の現状を把握する上で、海域で常時監視されていることが望ましいと考えられるデータについてご意見を頂きたい。 Q2. 本業務では、海洋に関する問題点の抽出と並行して、各種プラットフォームによるデータ取得状況の整理も行っている。貴機構における研究成果も含め、近年開発されたセンサー等を既存プラットフォームに展開することで常時監視が可能になりうる項目があれば、ご教示いただきたい。 Q3. 共通質問 Q4. また、各種観測データがバラバラに管理されていることにより生じている問題等があれば、ご教示いただきたい。 Q5. 各種白書では外洋域に関する問題として様々な問題が挙げられているが、近年問題視され始めている白書では取り上げられていない事象等あれば、ご教示いただきたい。</p>
	<p>水産分野： 水産関係の研究機関</p>	<p>Q1. 気候変動による海水温の上昇が、我が国周辺に分布する漁獲対象種や藻場等に及ぼす影響の程度と、その影響を評価するのに必要な情報についてご教示いただきたい。 Q2. 漁業従事者の高齢化・減少に対する対策として、水産業の成長産業化を目指した「スマート水産業」の推進が図られており、近年著しい技術革新が図られている ICT や IoT、AI などが漁業・養殖業に活用されている。これらを利用した技術について、今後新たに展開される技術分野とそれにより得られる情報（データ）についてご教示いただきたい。 Q3. 共通質問</p>
	<p>モデル分野： 九州大学 応用力学研究所</p>	<p>Q1. 計算機の発展により、外洋モデルの高解像度化がますます進んできている。今後数年の開発の見通し（計算範囲、解像度、予報日数等）をご教示いただきたい（他機関の情報もわかれば）。 Q2. 九州大学の DREAMS は様々な海域で高解像度の予報結果を公開されているが、JAMSTEC の J-COPE や水研機構の FRA-ROMS などでも同様のサービスが提供されている。各機関で利用・閲覧に制限があり、今後の予報結果の提供のあり方（利用用途別の料金設定など）について、お考えがあればご教示いただきたい。 Q3. これまで海況予報モデルは大学・研究機関（学）が主導で開発・発展してきた。今後は、モデル結果を応用したサービス（用途に応じた結果表示、漂流・拡散予測）を提供する必要があると考えているが、サービスを開発・提供するにあたっての産・官・学の役割について、お考えがあればご教示いただきたい。 Q4. 海況予報の精度向上には同化データの取得が必須と考えている。今後同化用のデータとして、どこで、誰が、どのような観測データを取得することが効果的か、お考えがあればご教示いただきたい。 Q5. 共通質問</p>
	<p>沿岸・生態系分野： 国立研究開発法人 国立環境研究所</p>	<p>Q1. 海域の生態系の現状把握・予測をする上で必要と考えられる、海域で常時監視すべきデータについてご意見を頂きたい。 Q2. 環境白書では海洋に関する問題として様々な問題が挙げられているが、近年問題視され始めている白書では取り上げられていない事象等あれば、ご教示いただきたい。 Q.3 共通質問</p>

2.5 海洋可視化対象と海洋観測センサーの整理結果及び今後取得が望まれるデータ

2.1 において整理した海洋可視化対象について、2.2 及び 2.3 における整理結果を踏まえ、課題となった根拠として挙げられたデータについて、調査及び予測の現状を整理した。また、専門家へのインタビューの結果も踏まえ、課題毎に観測すべき対象、予測技術等について整理した。

3. 調査結果

3.1 海洋可視化対象の抽出

3.1.1 海洋において解決すべき問題点の整理方法

各白書より海洋分野において課題とされている単語やキーワードを抽出し、「物理」、「化学」、「生物」、「政策」の各分野に分類し（図 2）、各白書で同一の課題の記載の有無について整理した（表 2）。

その結果、物理分野では、海洋ごみや自然災害の発生について、全ての白書等で課題として挙げられていた。その他としては温暖化やそれに伴う水温・水位の上昇、海岸浸食や、プラスチックゴミ（マイクロプラスチック含む）等が課題として挙げられていた。

化学分野では、海洋酸性化、富栄養化といった課題が挙げられていた。

生物分野では、水産資源の減少、干潟藻場の減少（それに伴う浄化能力、基礎生産力の低下）、生息域の変化、赤潮の発生等が挙げられていた。

政策分野では、海洋権益や安全保障に係る課題や違法操業、密漁、不審船といった課題が挙げられていた。

白書の整理結果についてはエクセル形式とし、ファイルは電子データとして納めた。

なお、白書に掲載された課題は多岐に渡るため、課題の整理にあたっては類似する項目を一つにまとめている。そのため、エクセル表に記載された「海洋の課題」の名称は表 2 と異なっていることに留意する必要がある。

1	A	B	C	D	E	F
1	出典名	掲載ページ		海洋の問題点	概要	
2	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	4	物理	海洋プラスチックごみ汚染	今日における世界的な環境問題としては、気候変動、海洋プラスチックごみ汚染をはじめとした資源の不適正な管理、生物多様性の損失が挙げられます。	
3	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	5	生物	海洋生態系への影響	陸の胃から大量のビニール袋が発見されるなどのケースが報告されており、海洋プラスチックごみによる海洋生態系への影響が懸念されています。	
4	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	11	物理	海水温・海面水位の上昇	温暖化は、海水温の上昇や海面水位の上昇等もたらすとされています。気候システムに蓄積されたエネルギーの増加量のうち、海洋に蓄積されたエネルギーが占める割合は極めて大きく、約90%以上が海洋への蓄積です。地球温暖化により、海水が温められ、熱膨張により海面の水位が上昇します。 また、グリーンランドや南極の氷床の減少等によっても海面が上昇します。島嶼しょ国では海面水位の上昇により国土の喪失が懸念されています。	
5	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	12	化学	海洋酸性化	海水温の変化や海洋がより多くのCO2を吸収することによる海洋酸性化の進行に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されています。我が国でも一部の魚種について、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心に報告され、漁獲量が減少している地域もあります。	
6	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	12	生物	漁獲量減少	海水温の変化や海洋がより多くのCO2を吸収することによる海洋酸性化の進行に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されています。我が国でも一部の魚種について、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心に報告され、漁獲量が減少している地域もあります。	
7	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	12	物理	高水温	海水温の変化や海洋がより多くのCO2を吸収することによる海洋酸性化の進行に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されています。我が国でも一部の魚種について、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心に報告され、漁獲量が減少している地域もあります。	
8	令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書	17	生物	沿岸湿地の減少	20世紀以降の海洋の温暖化は、海洋生態系にも影響を与え、潜在的な最大漁獲量の全体的な低下に寄与するとともに、人間活動、海面上昇、温暖化、極端な気候イベントの複合影響により、沿岸湿地のほぼ50%が過去100年間で失われたとしています。今後、今世紀末までにRCP8.5シナリオの場合には食物網全体にわたる海洋生態系のバイオマスは約15%減少し、潜在的な最大漁獲量は約20～25%減少するとされています（RCP2.6の3～4倍）。また、2100年までに世界の沿岸湿地の20～90%が消失するとしています。	

図 2 白書の取りまとめの一例（環境白書）

表 2 各白書における海洋の課題一覧

分類	課題	水産白書	海洋基本計画	海洋白書	環境白書	国土交通白書	海上保安レポート	○の数
物理	海洋ごみ	○	○	○	○	○	○	6
物理	自然災害（津波・高潮等）の発生	○	○	○	○	○	○	6
物理	気候変動・温暖化	○	○	○	○	○		5
物理	海水温の上昇（温暖化）	○		○	○			3
物理	海面水位の上昇		○	○	○			3
物理	海岸浸食			○	○	○		3
物理	プラスチックごみ、マイクロプラスチック	○		○	○			3
物理	油濁事故				○	○	○	3
物理	ゴミによる船舶航行障害	○			○			2
物理	流況等の変化	○						1
物理	水中騒音			○				1
物理	海洋投入処分（廃棄物、CO2）				○			1
化学	海洋酸性化		○	○	○			3
化学	富栄養化	○			○	○		3
化学	硝酸素水塊・青潮の発生	○			○			2
化学	有機物の堆積・底質の悪化	○			○			2
化学	栄養塩の減少・偏在	○						1
化学	有害化学物質汚染	○						1
生物	水産資源の減少	○	○	○	○			4
生物	干潟・藻場の浄化能力、基礎生産力の低下	○			○	○		3
生物	生息域の変化	○		○	○			3
生物	赤潮の発生	○			○	○		3
生物	生態系への影響	○			○	○		3
生物	サンゴの白化			○	○			2
生物	干潟・藻場の減少（ブルーカーボン）	○			○			2
生物	ゴーストフィッシング	○			○			2
政策	海洋権益、安全保障	○	○	○		○	○	5
政策	違法操業、密漁、不審船	○		○		○	○	4
政策	海洋調査（MDA）、研究の推進		○	○		○	○	4
政策	海洋環境の保全対策		○	○	○			3
政策	人材育成・海洋教育	○	○	○				3
政策	海洋保護区の設定（島しょ含む）	○		○	○			3
政策	観光・景観への影響			○	○			2
政策	再生可能エネルギー			○		○		2
政策	海洋開発・海産産業		○		○			2
政策	資源管理・漁業対策	○		○				2
政策	深海開発			○				1
政策	海上犯罪（密輸、不法投棄等）						○	1

3.1.2 重点的な調査が求められる観測対象の整理

3.1.1 での問題点の抽出結果及び専門家へのインタビューにおいて指摘された事項に基づき、重点的な調査が求められる問題点を整理した（表 3）。

物理分野としては、海洋ごみ等の 6 項目、化学分野としては、海洋酸性化等 5 項目、生物分野としては、水産資源の減少等 8 項目、政策分野として、海洋権益、安全保障等の 6 項目が挙げられた。

表 3(1) 重点的な調査が求められる課題の整理

	項目	対象とした理由
物理	海洋ごみ	参考とした資料（白書、基本計画など）の全てで取り上げられており、海洋において極めて重要な課題として位置づけられている。
	自然災害（津波・高潮等）の発生	参考とした資料の全てで取り上げられており、海洋において極めて重要な課題として位置づけられている。
	気候変動・温暖化	参考とした資料の多くで取り上げられているが、気候変動や温暖化それ自体は大気に関する事項であり、海洋の可視化との関係性が低い。
	海水温の上昇（温暖化）	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	海面水位の上昇	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	海岸浸食	参考とした資料の半数で取り上げられているが、陸域に係る事項であり、海洋の可視化との関係性が低い
	プラスチックごみ、マイクロプラスチック	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	油濁事故	参考とした資料の半数で取り上げられているが、突発的な事象であり、長期的なモニタリングに適さない。
	ゴミによる船舶航行障害	取り上げている資料の数が少なく、可視化内容としても「海洋ごみ」と重複する。
	流況等の変化	取り上げている資料の数が少ない
	水中騒音	取り上げている資料の数は少ないが、生態系への影響の観点から近年着目されている。
海洋投入処分（廃棄物、CO ₂ ）	取り上げている資料の数が少ない	
化学	海洋酸性化	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	富栄養化	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	貧酸素水塊・青潮の発生	取り上げている資料の数は少ないが、底層 D0 基準の類型指定等、近年政策面での検討が進められている。
	有機物の堆積・底質の悪化	取り上げている資料の数は少ないが、「富栄養化」や「貧酸素水塊」の発生との関連性が強い。
	栄養塩の減少・偏在	取り上げている資料の数は少ないが、環境省が瀬戸内法改正の方針を示しており、今後課題としての重要性を増していくと考えられる。
	有害化学物質汚染	取り上げている資料の数が少なく、また近年その影響は低下傾向にある。

表 3(2) 議論の対象とした項目とその理由

項目		対象とした理由
生物	水産資源の減少	参考とした資料の半数以上で取り上げられており、海洋における課題として重要視されている。
	干潟・藻場の浄化能力、基礎生産力の低下	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	生息域の変化	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	赤潮の発生	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	生態系への影響	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	サンゴの白化	取り上げている資料の数は少ないが、重要な課題として全ての資料で取り上げられている「気候変動・地球温暖化」との関連性が強い。
	干潟・藻場の減少（ブルーカーボン）	取り上げている資料の数は少ないが、特に藻場は「ブルーカーボン」の観点から近年注目を集めており、重要な可視化対象であると考えられる。
	ゴーストフィッシング	取り上げている資料の数は少ないが、重要な課題として全ての資料で取り上げられている「海洋ごみ」との関連性が強い。
政策	海洋権益、安全保障	参考とした資料の半数以上で取り上げられており、海洋における課題として重要視されている。
	違法操業、密漁、不審船	参考とした資料の半数以上で取り上げられており、海洋における課題として重要視されている。
	海洋調査（MDA）、研究の推進	参考とした資料の半数以上で取り上げられており、海洋における課題として重要視されている。
	海洋環境の保全対策	参考とした資料の半数で取り上げられているが、関係する環境項目が多岐に渡るため、可視化が困難である。
	人材育成・海洋教育	参考とした資料の半数で取り上げられているが、社会状況に関する事項であるため、海洋の可視化には適さない。
	海洋保護区の設定（島しょ含む）	参考とした資料の半数で取り上げられており、海洋における課題として比較的重要視されている。
	観光・景観への影響	取り上げている資料の数が少ないことに加え、社会状況に関する事項であるため、海洋の可視化には適さない。
	再生可能エネルギー	取り上げている資料の数は少ないが、洋上風力を中心とした再生可能エネルギー導入拡大の動きがあり、今後課題としての重要性を増していくと考えられる。
	海洋開発・海事産業	取り上げている資料の数が少ない
	資源管理・漁業対策	取り上げている資料の数が少ないことに加え、可視化対象として「水産資源の減少」と重複する。
	深海開発	取り上げている資料の数は少ないが、近年は掘削試験の成功など商業化に向けた検討が進んでおり、今後課題としての重要性を増していくと考えられる。
	海上犯罪（密輸、不法投棄等）	取り上げている資料の数が少なく、可視化対象としても現実的ではない。

注) 灰色の網掛けは、本資料で議論の対象としなかった項目とその理由を示す。

3.2 海洋可視化のためのプラットフォーム及びセンサーの調査及び整理

【国内情報】

国内に設置されているプラットフォームについては、エクセル形式で取りまとめた。

取りまとめのイメージは図 3 に示すとおり、6 種類の観測方法の違いによりどこで何を調査しているのか取りまとめた。

エクセルのシートは観測位置の違いによるプラットフォームと、各プラットフォームに設置されているセンサー等の諸元のシートからなる。

【海外情報】

米国 NOAA のホームページでは現在稼働中の観測プログラムが 12 件、全球観測（国際観測ネットワーク）が多く、NOAA の GOMO (Global Ocean Monitoring and Observing) が支援している。GOMO は、米国及び国際的なパートナーと連携し、調査船と係留ブイ、グライダーのような自由に浮かぶ器具、アルゴフロートのようなロボットツールを使った海洋観測の国際的なリーダー役を担う。

英国の BODC はデータベースの管理を行っており、実際の活動は環境庁や気象庁 (MetOffice)、各王国の海洋セクター機関、環境・食料・農村地域省 (Defra) などが実施している (BODC と MetOffice の情報を資料編に示す)。

仏国の IFREMER のホームページでは現在稼働中の観測プログラムが見つかったものの、具体的な装置・パラメータ・データが公開されていない。沿岸研究ユニットがモニタリングネットワークの管理を行っている。

なお、各国で行われているプロジェクトの概要、観測対象等の詳細はエクセル形式で取りまとめ、ファイルは電子データとして納めた。

ID	プラットフォーム名	管理者	場所	緯度	経度	観測	水深	水温	電気伝導	塩分	濁度	クロロ	DO	pH	Of
P1	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	浦安沖	35°	139°	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○
P2	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	株見川沖	35°	140°	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○
P3	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	川崎人工島	35°	139°	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○
P3	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	千葉港口第一号	35°	139°	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○
P4	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	中ノ瀬航路	35°	139°	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	金田湾	35°	139°	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	東京湾水質連続観測	国土交通省関東地方整備局	富浦湾	35°	139°	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	東京湾水質連続観測	海上保安庁海洋情報部	千葉灯標	35°	140°	-	○	-	-	-	○	○	○	-	-
P8	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	明石海峡航路東ア	34°	135°	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-
P11	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	洲本沖灯浮標	34°	135°	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-
P12	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	關空MT局	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P13	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	神戸港波浪観測所	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P14	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	淀川河口	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P15	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	阪南沖登地	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P16	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	堺浜(水質)	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P17	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	堺浜(流況)	34°	135°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P18	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	浜寺航路第十号	34°	135°	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
P19	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	淡路交流の岡港	34°	135°	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-
P20	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	瀬田海づり公園	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P21	大阪湾水質定点自動観測_定点水質観測装置	国土交通省近畿地方整備局	大阪湾波浪観測所	34°	135°	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-
P22	大阪湾・紀伊水道 海洋短波レーダ表層流況	国土交通省近畿地方整備局	盖水局	34°	135°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P23	大阪湾・紀伊水道 海洋短波レーダ表層流況	国土交通省近畿地方整備局	堺局	34°	135°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P24	大阪湾・紀伊水道 海洋短波レーダ表層流況	国土交通省近畿地方整備局	泉 局	34°	135°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

図 3 プラットフォーム取りまとめの一例

3.2.1 海洋可視化のためのプラットフォームの調査

プラットフォームは「Point」「Point（採水）」「Line」「Float」「Ship」「Satellite」の6種類に区分し、整理を行った。各プラットフォームの概要は以下に示すとおりである。

(1) 定点観測プラットフォーム（Point）

センサーが定点に設置され、定期的に情報が登録されるプラットフォーム。水温や塩分、Chl-a等の基本的な水質項目の測定が行われることが多い。主に沿岸域で設置されており、代表的なものとして、東京湾内や大阪湾内の水質・気象・流況等の観測を行う「東京湾水質連続観測」(<https://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/Top>)、「大阪湾水質定点自動観測」(http://teiten.pa.kkr.mlit.go.jp/obweb/data/c0/c0_1.html)等が挙げられる。

(2) 採水のプラットフォーム（Point（採水））

センサーではなく、採水方式により分析されるものであるが、定期的に同一地点で情報が登録されるプラットフォーム。現在の技術ではセンサーによる測定ができないCODや全窒素・全りん、有機化合物等の物質が主な観測対象とされている。代表的なものとして、公共用水域を対象として環境基準項目の測定を行う「公共用水域水質調査」(<https://www.env.go.jp/water/suiiki/index.html>)や、表面海水や海底堆積物中に含まれる石油や重金属等の測定を行う「海洋汚染調査」(<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/osen/osen.html>)が挙げられる。

(3) 線状配置型プラットフォーム（Line）

センサーが線上に設置され、定期的に情報が登録されるプラットフォーム。沿岸域から沖合に向かって伸びる海底ケーブル上の観測点にセンサーを設置する形で展開される。地震や津波を観測対象としたものが多く、代表的なものとして、南海トラフの地震や津波を常時観測監視することを目的として熊野灘沖東南海震源域に設置されている「DONET」(<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/>)や、巨大地震が多発する高知県室戸岬及びその周辺海域の海底変動現象などを観測する「室戸岬沖海底地震総合観測システム」(http://www.jamstec.go.jp/scdc/html_sysindex_j/muro_top.html)などが挙げられる。

(4) 漂流型プラットフォーム（Float）

センサーがブイのような浮標に設置され、定期的に情報が登録されるプラットフォーム。「Point」とは異なり、プラットフォームが定点に留まらず、海流等によって移動するという特徴を有しており、基本的な水質項目（水温・塩分）や物理項目（波高や流向流速）が観測対象とされている。代表的なものとして、海面～水深2,000 mを浮き沈みして水温・

塩分等の測定を行う「Argo Float」(http://www.jamstec.go.jp/J-ARGO/index_j.html) や、波の上下動を推進力として移動を行い、気温や水温、流向流速等の測定を行う「ウェーブライダー」(https://www1.kaiho.mlit.go.jp/AOV/aov_index.html) 等が挙げられる。

(5) 移動型プラットフォーム (Ship)

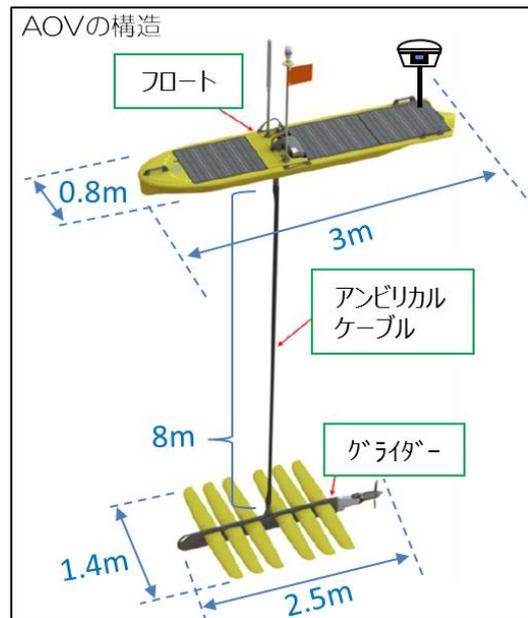
海洋観測船や ROV・AUV、潜水艇、その他の曳航体であり、物理・化学・生物分野を対象として多岐に渡るセンサーが搭載されている。代表的なものとして、船舶では JAMSTEC が有する「みらい」(<https://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/mirai.html>) や「かいらい」(<https://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/kairei.html>)、AUV では同じく JAMSTEC が有する「うらしま」(<https://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/urashima.html>) 等が挙げられる。

(6) 衛星プラットフォーム (Satellite)

わが国で打ち上げた衛星であり、気象だけでなく、広範囲の海面水温や Chl-a を観測可能なものも存在する。代表的なものとして、気候変動の長期的な観測を行う「しきさい (GCOM-C)」(https://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_c/) や「いぶき 2 号 (GOSAT-2)」(<https://www.satnavi.jaxa.jp/project/gosat2/>) が挙げられる。

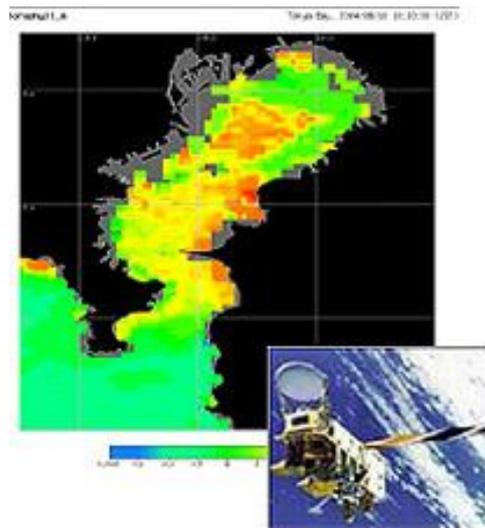
3.2.2 海洋可視化のためのセンサーの調査

前述の各プラットフォームに搭載されているセンサーについて整理を行った。詳細な整理結果はエクセル形式で取りまとめ、ファイルは電子データとして納めた。プラットフォーム上のセンサーで測定される項目については物理項目が最も多く、その具体的な測定項目もプラットフォーム・センサーによってそれぞれ異なっている。以下に、センサーによって測定されているもののうち、代表的な項目の概要や測定方法を示す。



出典：東京湾再生推進会議ホームページ
https://www1.kaiho.mlit.go.jp/AOV/aov_index.html

図 4 ウェーブグライダーの構造



出典：東京湾再生推進会議ホームページ
https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB_Renaissance/index.html

図 5 衛星による Chl-a 分布画像

(1) 水温

一般的に水温観測に用いられるセンサーは、電気抵抗により温度測定を行っている。これは金属やサーミスター（温度変換素子）の温度による電気抵抗の変化を利用するものである。電気抵抗温度計の特徴としては、非常に精度が高いものが作成可能であることや、応答が速いため急激な温度変化に追従可能であることなどが挙げられる¹。他方、衛星による水温観測では赤外の波長帯を持つ放射計（放射温度計）やマイクロ波放射計により、海表面の水温観測が行われている²。

(2) 塩分

海水は塩類を含む電解質の水溶液であることから、塩分は電気伝導度（溶液の電気の伝わりやすさを示す値）から算出される。現在は温度、電気伝導度、圧力をそれぞれ測定し、関係式から塩分を求める手法が主流となっている¹。

(3) 濁度

濁度計測には複数の方法があるが、連続測定用としては散乱光・透過光法や表面散乱光法が用いられることが多い。散乱光・透過光法では、測定液に光を投入し、その透過光とそれによって生ずる散乱光の両者を測定し、その両者の比が液中の懸濁物質の濃度に比例することを利用して濁度を測定する。また、表面散乱光法では、測定液面に光を当て、その液面から散乱光を測定し、その散乱の強さが液中の懸濁物質の濃度に比例することを利用して濁度を測定する¹。

(4) 植物プランクトン (Chl-a)

植物プランクトンが有する光合成色素であるクロロフィル a (Chl-a) の測定方法として吸光法と蛍光法があるが、センサー計測には蛍光法を用いた蛍光光度計が用いられる。Chl-a は赤色の蛍光を発するため、青色光で Chl-a を励起し、この赤色の蛍光を測定することにより Chl-a 濃度を測定する手法である。なお、生体中のクロロフィルには a 以外に b、c1~c3 も存在するが、これらの色素は分類群ごとに保有する分子種がことなるため、生物量の指標としては Chl-a が用いられている¹。また、植物プランクトンは衛星に搭載された海色海温走査放射計の可視近赤外バンドでも測定可能である³。

(5) 溶存酸素量 (DO)

溶存酸素量 (DO) の測定方法は様々なものがあるが、自動計測においては隔膜電極法が用いられている。これは DO 濃度または酸素分圧によって発生する拡散電流・還元電流を測定することで DO 濃度を求めるものである。隔膜電極法では印加電圧の有無によって「隔膜ポーラログラフ法」と「隔膜ガリバニックセル法」に分かれるが、性能や特徴、使用法は基本的に同一である⁴。

¹ 竹内 均 (編) (2003) :地球環境調査計測事典 第3巻 沿岸海域編. フジ・テクノシステム.

² JAXA 「地球が見える 2020年」 <https://www.eorc.jaxa.jp/earthview/2020/tp200923.html>

³ JAXA 「海面温度及び植物性プランクトン濃度」
https://www.eorc.jaxa.jp/rs_knowledge/chlorophyll1.html

⁴ 一般社団法人日本電気計測器工業会 「技術解説 5-2-2 溶存酸素計測器.」
<https://www.jemima.or.jp/tech/5-02-02.html>

(6) pH

水溶液中の水素イオン濃度を示す pH は、一般的にガラス電極法が用いられることが多い。ガラス電極法は、ガラス薄膜の両側に二種類（溶液と内部液）の異なった溶液が接した時に、両液の pH の差に比例した電位がガラス薄膜の両面に発生することを利用して測定される¹。

(7) 流向・流速

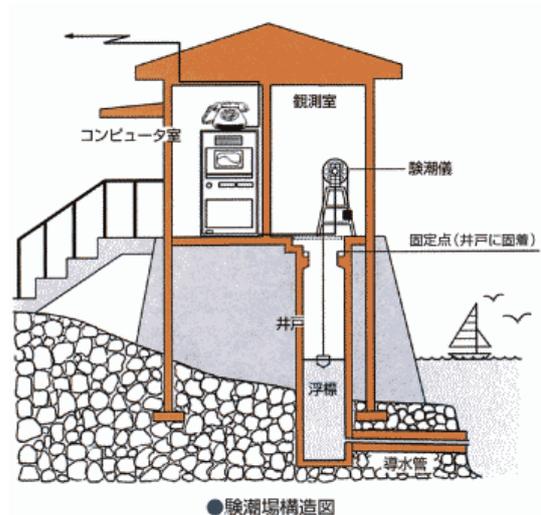
流向・流速は、近年では音響式や電波式による測定が主流となっている。音響式は流速及び流向の測定に音波のドップラー効果を利用する手法であり、超音波ドップラー流速計 (ADCP) と呼ばれる。ADCP は音波の発信部と受信部を有しており、複数のビームを発射して水中に浮かぶ微細な懸濁物質から反射した音の周波数変化を計測することで、多層の流速の測定を行うことができる。他方、電波式は海の表面の流れを広域的にモニターするものであり、複数地点の陸上に配置したアンテナから電波を発射し、海面の波に当たって後方拡散する電波を解析することで、海表面の流れを計測する¹。

(8) 潮位

潮位の測定方法としてはフロート式、圧力式、超音波式が挙げられる。フロート式は日本の常設験潮所で用いられている (図 6)。験潮所では験潮井戸の中に験潮器が据え付けられているが、この験潮器に繋がれたフロートの昇降運動を記録することで、潮位の計測が行われる。他方、圧力式では、外部の圧力変動に基づき潮位の計測が行われる¹。超音波式については (9) 波浪の項にて概説する。

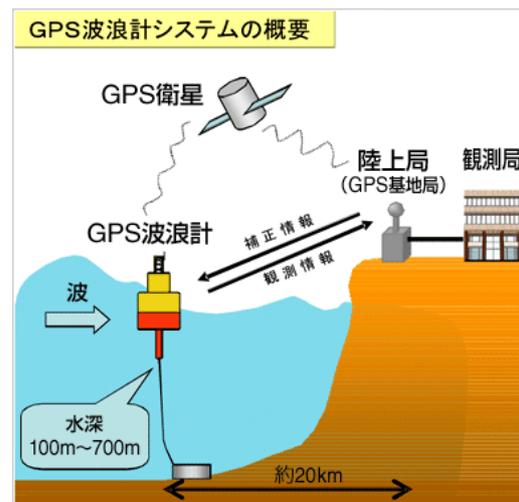
(9) 波浪

波高の測定方法には複数あり、レーダーを用いるもの (レーダー式波浪計) や超音波を用いるもの (超音波波浪計)、GPS を用いるもの (GPS 波浪計) などがある。レーダー式・超音波式波浪計はいずれも沿岸域を中心として用いられている。レーダー式波浪計は海岸から電波 (マイクロ波) を海面に向け発射し、反射波を測定することで、有義波高、有義波周期及び波向を求めることが出来る。また、超音波式沿岸波浪計は空中ないしは水中に



●験潮場構造図
出典：国土地理院ホームページ
https://www.gsi.go.jp/kanshi/tide_presen.html

図 6 験潮所の構造



出典：東北地方整備局釜石港湾事務所
ホームページ
<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/kamaishi/>

図 7 GPS 波浪計の概要

超音波送受信器を設置し、発射した超音波が海面で反射して戻るまでの時間を測ることで海面の水位変動を測っている⁵。GPS 波浪計では、設置ブイの上下変動を、GPS 衛星を用いて測定している（図 7）⁶。

（10）採水により測定される項目

COD や全窒素・全りん、有機化合物等の化学項目や、植物・動物プランクトンの生物項目は、センサーによる計測技術が存在しないか発展途上であるため、専ら採水により測定される。小型船舶による採水では、表層は表面採水バケツ、表層以深は北原式あるいはバンドン採水器で直接採水を行う。採水後、測定項目に応じてろ過等の処理を行い、実験室にて分析を行う。

各センサーの精度や観測頻度について情報が得られた場合は、図 3 のプラットフォームごとに、図 8 のように取りまとめた。

これらは、各プラットフォームの先頭にある列をクリックすることにより、そのプラットフォームに搭載されているセンサー情報のシートにリンクすることにより、容易にプラットフォームのセンサー情報が分かるように工夫した。

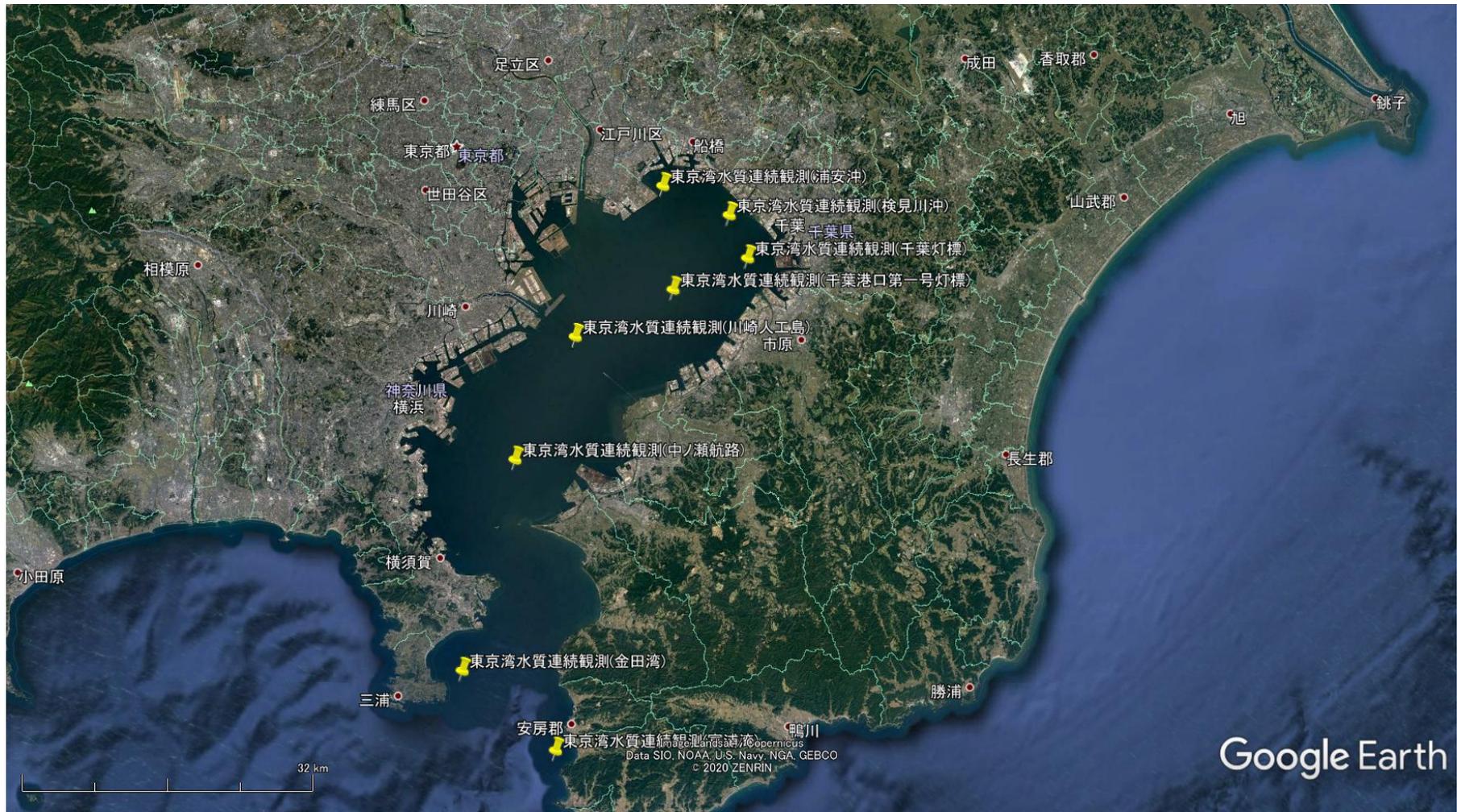
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Point1							
2	観測項目	観測機器	観測頻度	観測層	測定範囲	分解能	精度	
3	水深				0~60m	0.001m	±0.12m	
4	水温	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0.001m	0.01°C	±0.15°C	
5	塩分	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~70		0.01 ±1% (読値) 又は 0.1	
6	電気伝導度	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~100mS/cm	0.001~0.1mS/cm	±0.5% (読値) +0.001mS/cm	
7	濁度	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~1000NTU	0.1NTU	±2% (読値) 又は 0.3NTU	
8	クロロフィルa	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~400 µg/L	0.1 µg/L	-	
9	DO飽和度	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ				
10	DO量	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~50mg/L	0.01mg/L	±0.1mg/L 又は 読値の1%	
11	pH	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	0~14		0.01 ±0.2	
12	ORP	YSIナノテック社製 6600V2-4M	1回/時間	1mピッチ	-999~+999mV	0.01mV	酸化還元電位標準液で ±20 mV	
13	風向	クリマテック社製CYG-5106			0~360度		±3度	
14	風速	クリマテック社製CYG-5106			0~60m/s		±0.3m/s	
15	気温	クリマテック社製 C-HPT			-40~60°C		±0.35°C	
16	流向	YSIナノテック社製ARGONAUT-XR		1.0m毎	0~360度		±2度	
17	流速	YSIナノテック社製ARGONAUT-XR		1.0m毎	±6m/s		±1% 又は ±0.5cm/s	
18								
19								
20								

図 8 センサー情報の取りまとめの一例

また、図 3 及び図 8 の情報から、どの海域でどのような調査が行われているかを可視化できると、データが取得されていない海域が浮き上がってくるため。本報告では Google Earth でプラットフォームの位置と観測項目等が表示される KML 形式のファイル作成を試みた（図 9）。なお、プラットフォームのエクセルファイルや KML 形式のファイルは電子データとして納めた。

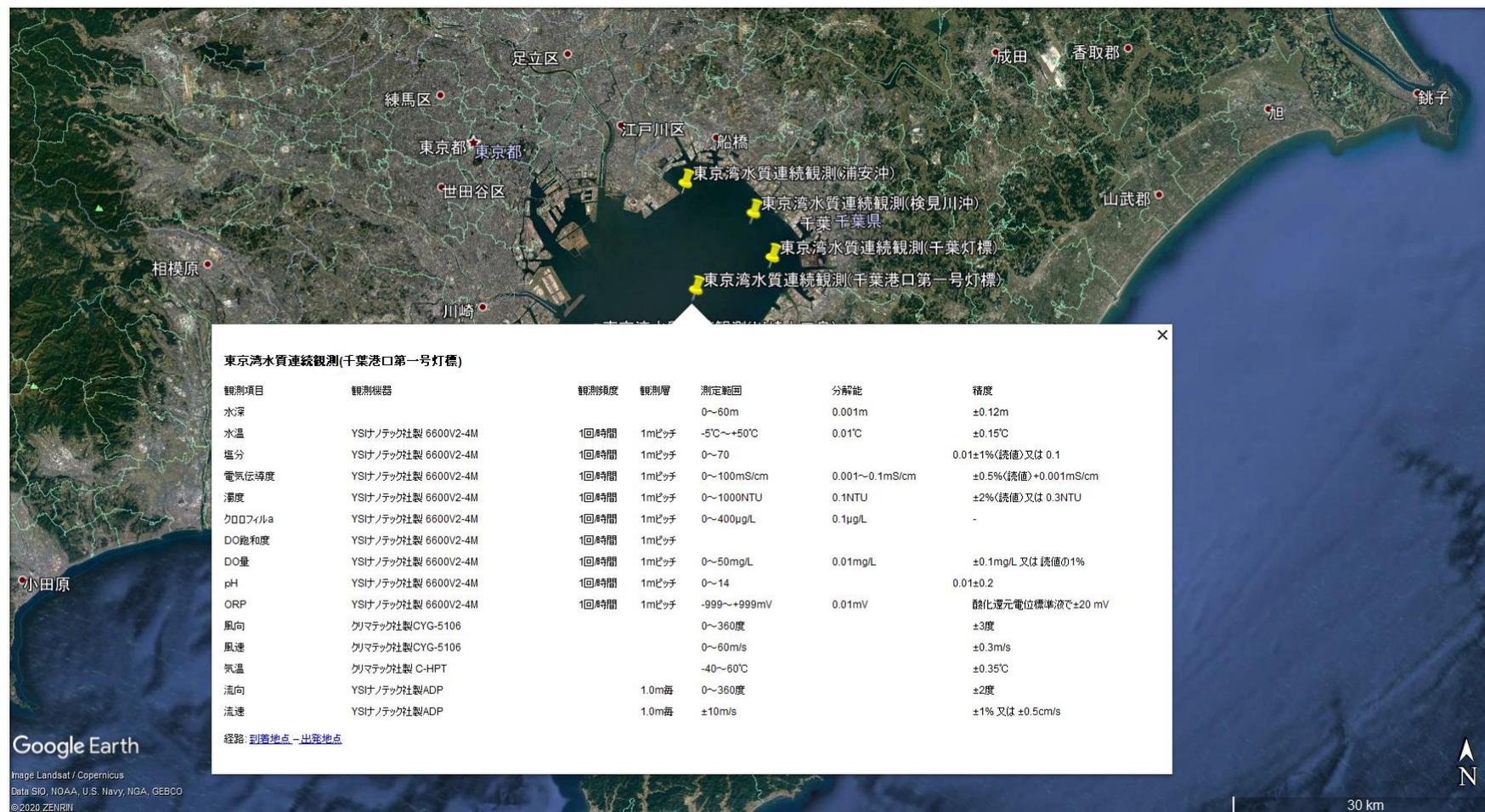
⁵ 気象庁「沿岸波浪計の観測方法」<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/wave/obsdata/uswsys.html>

⁶ 国土交通省東北地方整備局釜石港湾事務所「GPS 波浪計」
<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/kamaishi/port/bousai/gps/index.html>



※プラットフォームの位置が地図上に表示される。

図 9(1) プラットフォームの GIS 化のイメージ



※プラットフォームをクリックすると、センサーの諸元が表示される。

図 9(2) プラットフォームの GIS 化のイメージ

3.3 海洋の課題と海洋観測センサーとの対比表の作成

3.3.1 海洋の課題の分類

3.1 及び 3.2 の調査結果から、海洋の各課題と海洋観測センサーの関係を整理した。

表 3 で整理した議論の対象とした項目について、関連する事項を図 10 の様に連関図として整理した。

海洋の各課題は互いに連関しているため、ある程度の関係性があるカテゴリに分けて整理を行い、大きく以下の 7 つに分類した。なお、下線の色は図 10 のカテゴリの色分けと同色である。

1. 気候変動 (海水温・海水面の上昇、自然災害 (台風・高潮等)、海洋酸性化・サンゴの白化)
2. 沿岸域の変化
3. 海洋ごみ (ゴーストフィッシング、プラスチックごみ・マイクロプラスチック)
4. 水中騒音
5. ハビタット・生態系 (干潟・藻場の減少、浄化能力・基礎生産力の低下、水産資源の減少、生態系への影響、生息域の変化、食害の増加、海洋保護区の設定)
6. 新たな開発行為 (再生可能エネルギー・深海開発)
7. 政策 (海洋権益、安全保障、MDA、違法操業、密漁、不審船)

気候変動の要因には自然要因と人為的要因があり、自然要因は火山活動や太陽活動の変化、人為的要因には森林破壊や温室効果ガスの排出などが挙げられる。中でも二酸化炭素の排出量の増加は地球温暖化の大きな原因の一つとされている。地球温暖化が進むと、海水が温められて海水温が上昇し、熱膨張により海面の水位が上昇する。海水温の上昇は、海洋の熱エネルギーを源とする台風が甚大化して、高潮・高波等の自然災害リスクが高まる。さらに、海水温の上昇は、サンゴの白化に代表されるように生態系、生物の生息域の変化を引き起こすことが懸念される。また、大気中の二酸化炭素濃度の上昇により、海洋の酸性化を引き起こすことも懸念される。

沿岸域では、水質に係る課題、生物に係る課題等が複雑に絡み合っており、総じて沿岸域の変化と分類した。陸域からの過大な栄養塩負荷により海域が富栄養化し、栄養塩を餌とする植物プランクトンが異常増殖して赤潮が発生する。増殖したプランクトンは、枯死して有機物となり海底に沈降し底質が悪化する。海底付近で多量の酸素が消費されるため、貧酸素水塊となる。酸素が少ない嫌気的条件下では硫化水素が発生して、風などによって海面まで到達すると青潮と呼ばれる現象が生じる。また、沿岸域の干潟や藻場は、二枚貝類を含む底生生物の生息場であり、有機物の分解等に寄与しているため、干潟・藻場の減少は、浄化能力等の低下を引き起こしている。

環日本海環境協力センターによると、海岸に打ち上げられたごみは、「漂着ごみ」、海面や海中を流れにのって漂っているものを「漂流ごみ」、海底に沈下して堆積したものを「海底ごみ」といい、これらを合わせて「海洋ごみ（海ごみ）」と区分されている⁷。近年問題となっているプラスチックごみがあるサイズ（5mm）を下回るとマイクロプラスチックごみとなり、海洋に流出することで海洋プラスチックごみとなる。また、漁網などの漁業廃棄物が意図せず海生生物を捕獲してしまうゴーストフィッシングは、こういった海洋ごみの課題の一つである。本報告書では、海洋ごみの区分を図 11 のように定義して分類した。

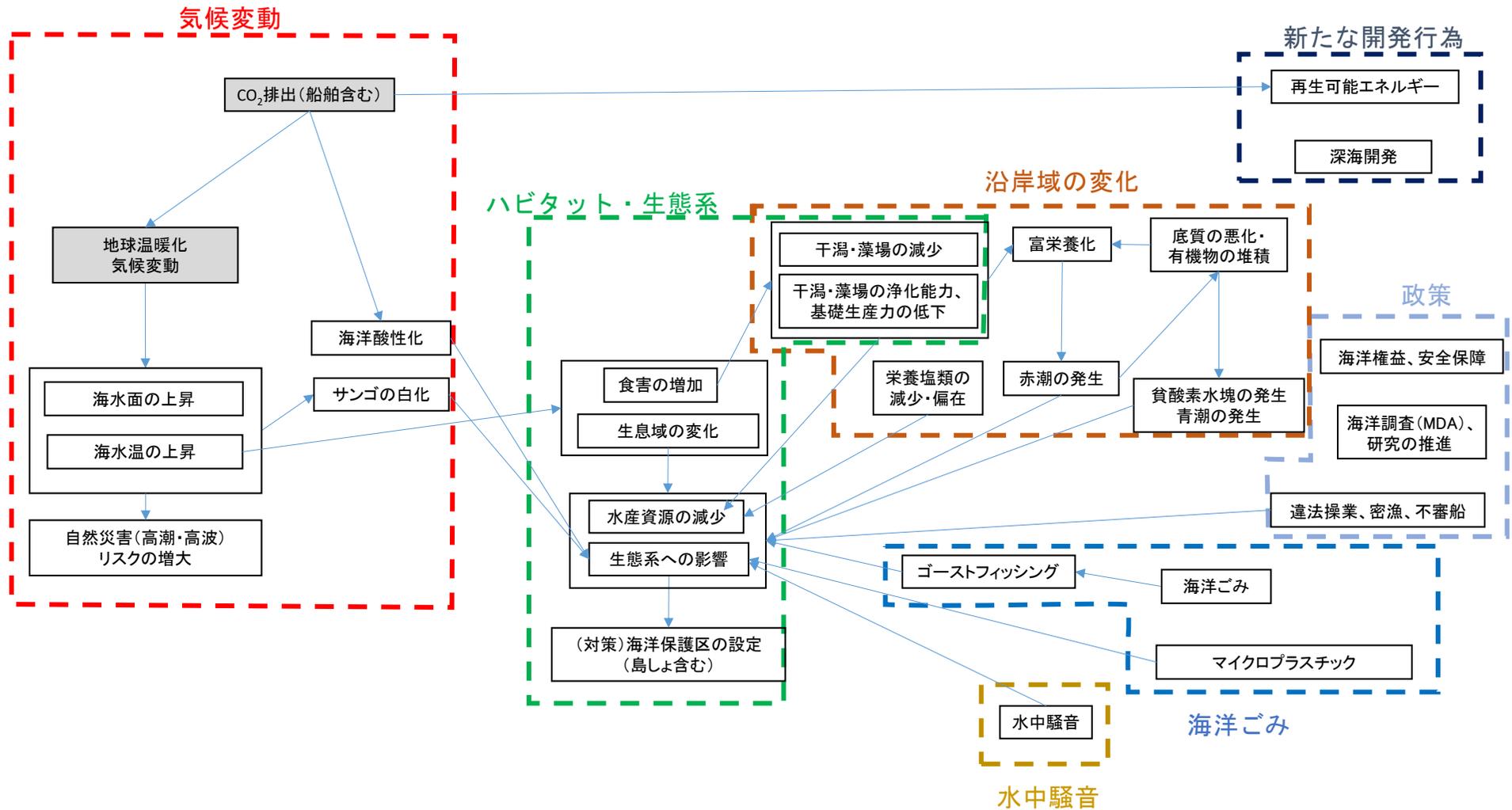
船舶運航や洋上風力開発、海底資源探査に伴って発せられる水中音（水中騒音）の、海洋生物に与える影響が懸念されており、一つの課題として分類した。

沿岸域の開発や植食性魚類の活発化（食害）や海水温の上昇に伴う生息域の変化等により藻場・干潟面積が減少し、藻場・干潟の生産力の低下が指摘されている。また近年、瀬戸内海を中心として、窒素、リン等の栄養塩類の減少、偏在等が海域の基礎生産力を低下させ、養殖ノリの色落ちや、魚介類の減少の要因となっている可能性が指摘されている。こういった生物生態系、ハビタットに関連する課題を一括りとして、ハビタット・生態系と分類した。海洋白書や環境白書においては、海洋保護区の設定は生物多様性の劣化という問題への対策として位置づけられている。

近年、新たな可能性を有する海洋資源開発や海洋エネルギー開発への期待が高まり、欧州等では海洋を活用した再生可能エネルギーの導入拡大の動きが見られ、再生可能エネルギーの導入により、温室効果ガスを排出する化石燃料依存からの脱却が期待されている。こういったこれまでになかった海洋における新たな開発行為が海洋に影響を与える可能性が考えられることから分類の一つとして設定した。

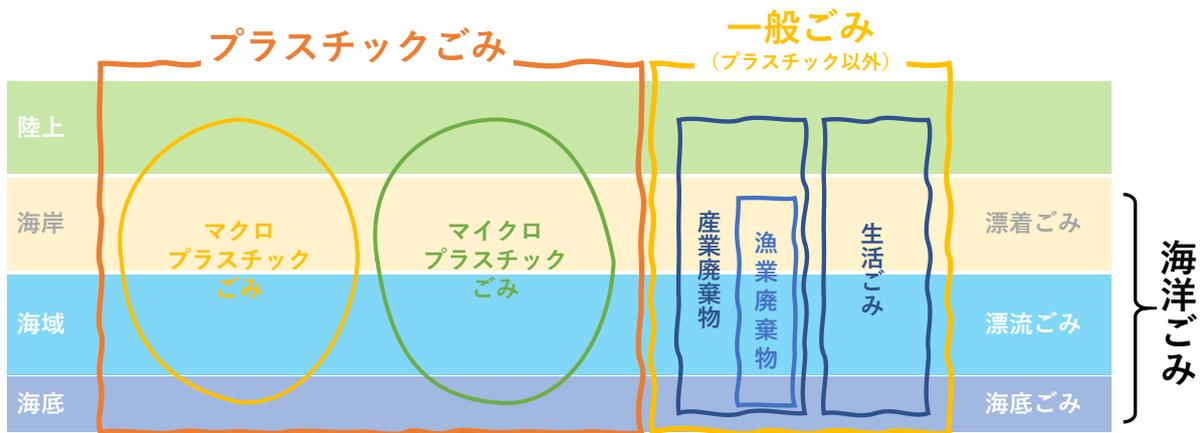
我が国は島国であるから国境は必ず海洋に存在する。そのため、安全保障問題や産業権益（違法操業、不審船、密漁、資源開発）の問題も海洋で起こっていることに他ならない。領海や排他的経済水域を含め我が国周辺海域を取り巻く情勢は一層厳しさを増し、我が国の海洋権益はこれまでになく深刻な脅威・リスクにさらされている状況にあるため、このような海洋問題に対して海洋情報把握（MDA）能力を強化する政策が進められている。

⁷ 公益財団法人環日本海環境協力センター「海洋ごみて何？」
<http://www.npec.or.jp/umigomiportal/study/what/index.html>



注) グレーのボックスは表 3 において選定しなかった項目を示す。

図 10 海洋の課題の関連図



資料：公益財団法人環日本海環境協力センターホームページを参考にイメージを図示
<http://www.npec.or.jp/umigomiportal/study/what/index.html>

図 11 海洋ごみの分類

3.3.2 海洋観測センサーとの対比

3.1 節で分類した各々の課題に対して、課題の状況を把握するため、あるいは課題を解決するためのデータが海洋観測センサーとして取得されているかを確認するために、課題と観測センサーの対比を行った。対比表は、表 4 に示すとおりである。海洋観測センサーの種類は、地形、流速、波浪など現地観測あるいは予測に必要なセンサーを列挙した。

(1) 物理分野

「海洋ごみ」、「プラスチックごみ」、「油濁事故」、「ごみによる船舶航行障害」について、これらの予測を行うためには流動モデルと粒子追跡モデルが必要であり、地形、流速、潮位、気象、水温および塩分といった予測に必要な項目は何らかのプラットフォームはあるものの、対象物の観測データ（面的分布や海底ごみの状況把握）が十分ではない。

「気候変動・温暖化」、「海水温の上昇」、「海面水位の上昇」について、温暖化による海水温の上昇に起因する課題であり、長期的な水温データや潮位データが必要とされる。水温・潮位センサーについては観測、予測ともにプラットフォームが存在する。これらは長期的なデータが蓄積されており、水温センサーについては安価なセンサー類による観測も加えると日本沿岸で観測網が構築されつつある。また、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF)」など、予測のデータセットも充実しつつある。また、関連した項目として、波浪は沿岸域を中心として観測体制とデータの公開システムが充実している。

「水中騒音」について、水中音を測定する要素技術は確立しているものの、常時水中音をモニタリングするシステムの事例は多くない。

(2) 化学分野

「海洋酸性化」については長期的な pH データが必要とされる。一部の湾において pH のセンサー観測（リアルタイム）が実施されている状況であり、定期的な水質調査などで採水分析による観測が実施され、観測値が確定された後、データが公開されている。

「富栄養化」、「貧酸素水塊・青潮の発生」、「有機物の堆積・底質の悪化」、「栄養塩の減少・偏在」については、いずれも低次生態系モデルによる予測が可能である。同モデルに必要なデータセットとして、前述の流動モデルと同様のデータのほか、水質（クロロフィル、DO、栄養塩、有機物）と底質（粒度分布、栄養塩、有機物）のデータセットが必要とされる。これらの項目はセンサー観測はなされていないものの、定期的な観測が実施されている。モデル予測には境界条件として、外海境界での水質濃度や陸域からの負荷量の連続的なデータを入力することが望ましいが、前述のとおりセンサー観測を行える性質の項目ではないため、境界条件の設定（データセットの作成）が課題の一つとして挙げられる。

(3) 生物分野

「干潟・藻場の浄化能力、基礎生産力の低下」と「赤潮の発生」について、前述の低次生態系モデルによる予測が可能であり、観測センサーとの対比は前述と同様である。干潟・藻場の分布については、これまで目視による観測が行われてきたが、近年では衛星や航空機、ドローンによるセンサー観測の技術の発展が望まれる。藻場の生育環境という意味では、観測センサーとして光量子や濁度の常時モニタリングがあっても良いかもしれない。

生物分野の課題のうち、「水産資源の減少」、「生息域の変化」、「バラスト水問題」、「種組成の変化」、「磯焼け」および「食害の増加」についてはセンサーによる観測が困難である。近年ではデジタルの操業日誌や資源管理など、水産業の ICT 化による技術革新により、これらのデータベース化が期待される。

(4) 政策分野

政策分野については、各課題自体に観測センサーが必要なものは求められていない。一方で、海洋状況把握（MDA）能力の強化する政策が進められており、それに付随する観測、センサーの開発が必要であろう。

表 4(1) 海洋の課題とセンサーとの対比

分類	課題	調査方法	地形	流速	波浪	潮位	津波	泥温	地震	音	気象	光量	水温	塩分	水質	底質	その他
物理	海洋ごみ	ゴミ回収船、目視	□	□		□					□		□	□			●■ごみ分布
物理	自然災害（津波・高潮等）の発生	津波計、潮位計、波浪計	□		○□	○□	○□		□								
物理	気候変動・温暖化	水温計、衛星	□	□		□					□		○□	□			□d4PDF
物理	海水温の上昇	水温計、衛星	□	□		□					□		○□	□			□d4PDF
物理	海面水位の上昇	潮位計	□			○□							□	□			□d4PDF
物理	海岸浸食	波浪計、測量	□		○□	□	□		□		□						○□汀線分布（写真）
物理	プラスチックごみ、マイクロプラスチック	ゴミ回収船、採水分析	□	□		□					□		□	□			●■MP分布、モニタリング手法
物理	油濁事故	衛星画像、目視	□	□		□					□		□	□	○n-ヘキサン抽出物質		●■漂流・漂着分布
物理	ゴミによる船舶航行障害	目視	□	□		□					□		□	□			●■ごみ分布
物理	流況等の変化	流向・流速計（電磁流速計、ADCP、HFレーダー）	□	□		□					□		□	□			
物理	水中騒音	水中マイクロフォン								●							
物理	海洋投入処分(廃棄物、CO2)	(海洋汚染防止法等に基づく監視)	□	□		□					□		□	□			
化学	海洋酸性化	採水（pHメーター）	□	□		□					□		□	□	○□pH		
化学	富栄養化	採水（N,P分析）	□	□		□					□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
化学	貧酸素水塊・青潮の発生	採水（DO分析、DOメーター）、目視	□	□		□					□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
化学	有機物の堆積・底質の悪化	採泥（分析）	□	□		□		□			□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
化学	栄養塩の減少・偏在	採水（N,P分析）	□	□		□					□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
化学	有害化学物質汚染	採水（分析）	□	□		□					□		□	□	○□n-ヘキサン、重金属など	○□n-ヘキサン、重金属など	

注)

- ：現地調査として何らかのプラットフォームがあるもの
- ：現地調査としてプラットフォームがないが、現地調査が必要なもの
- ：予測に必要で、何らかのプラットフォームがあるもの
- ：予測に必要なだが、プラットフォームがないもの

表 4(2) 海洋の課題とセンサーとの対比

分類	課題	調査方法	地形	流速	波浪	潮位	津波	泥温	地震	音	気象	光量	水温	塩分	水質	底質	その他
生物	水産資源の減少	標本船、調査船、漁獲量															●水産資源量の分布
生物	干潟・藻場の浄化能力、基礎生産力の低下	干潟・藻場面積の調査	□	□		□		□			□	■	□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）、生育条件
生物	生息域の変化	漁獲種															●漁獲種データ
生物	赤潮の発生	目視	□	□		□					□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
生物	サンゴの白化	目視	○										○				●白化状況分布
生物	干潟・藻場の減少	干潟・藻場面積の調査	○														○干潟・藻場分布
生物	プラスチック水問題	-															●外来種生息状況
生物	ゴーストフィッシング	目視	□	□		□					□		□	□			●■漁具分布、被害実態
生物	種組成の変化	漁獲種											□				●種組成の変遷データ
生物	磯焼け	目視										■	□				●磯焼けの実態
生物	食害の増加	目視															●食害の実態
生物	生態系への影響		□	□		□					□		□	□	○□クロロフィル、DO、栄養塩、有機物など	○□粒度分布、栄養塩、有機物など	■境界条件（陸域、外海）
政策	海洋権益、安全保障																
政策	違法操業、密漁、不審船																
政策	海洋調査（MDA）、研究の推進																
政策	海洋環境の保全対策																
政策	人材育成・海洋教育																
政策	観光・景観への影響																
政策	再生可能エネルギー																
政策	海洋開発・海事産業																
政策	海洋保護区の設定																
政策	資源管理・漁業対策																
政策	深海開発																
政策	海上犯罪（密輸、不法投棄等）																

注)

- ：現地調査として何らかのプラットフォームがあるもの
- ：現地調査としてプラットフォームがないが、現地調査が必要なもの
- ：予測に必要で、何らかのプラットフォームがあるもの
- ：予測に必要だが、プラットフォームがないもの

3.4 専門家へのインタビュー

白書等から整理した海洋の課題や、現状のプラットフォームの状況を整理したうえで、各分野の専門家に必要となるデータや、今後取得が期待されるデータ及び調査方法、データベース化・公開についての課題等について、インタビューを行った。

その主な意見は以下のとおりである。なお、詳細は資料編に示す。

【必要なデータ】

外洋分野

- ・外洋域では、精度のある海底地形図が必要である。
- ・表層から下の物理データ(水温、塩分、流況、Chl-a 等)
- ・海洋表面の海洋ごみの分布は少なくとも必要
- ・漁船が廃棄する漁具の量が把握できないか
- ・投棄している魚種も含め、詳細な漁獲生物とその量のデータが必要
- ・レジャーフィッシングによる漁獲圧は大きいのではないかと考えている。データもレジャーフィッシングの方が集めやすいのではないか。

水産分野

- ・資源量のベースは漁獲量であり、それを得るために調査船を仕立てたり標本船調査などにより漁獲を実施する。それで得られたサンプルを引き延ばして資源量とするが、それが正しいのかは誰にもわからない。
- ・水産資源の状態は、再生産には親魚のサイズが最も影響が大きく、親魚のサイズが小さいと資源量自体が小さくなり翌年への再生産効率が小さくなる。その理由付けとして、水温(低水温、冷水塊)が状況的証拠として検討に使われている。

モデル分野

- ・水深情報が足りない。最近マルチビームによる高解像度の測深が行われているが、再現性の面からみて、沿岸域で詳細な水深データを入れることの意義は大きい。

沿岸・生態系分野

- ・窒素・りん(栄養塩)の連続データは存在しない。全窒素・全りんも欲しいところである。
- ・栄養塩濃度というよりは、フラックスが河口等できちんと測られるといい。
- ・吹送流は風の大きさに決まってくる。風と物質輸送の関係は未解明な部分も多いため、そういったデータが集まることで、物質輸送等の現象の解明が進むと思う。これは海洋の生態系モデルにも直結する。
- ・閉鎖性海域で苦労するのは、海底地形と海岸線である。特に鳴門海峡のように、細くて深くで流れが速い場所はモデルの方で設定するのが難しい。グリッドデータだと 30 秒メッシュ程度でしか公表されていないが、海峡はそれより狭い。沿岸であればもう少し高解像度の海底地形データがあるとよい。
- ・湾のスケールによるが、湾の縦横を 10 分割した程度の空間密度があれば精緻なものが作れる。今はそのデータすらないような印象がある。

【今後取得が期待されるデータ・調査方法】

外洋分野

- ・海洋ごみについて、ハイパースペクトルカメラ等を飛行機(欲を言えば人工衛星)などに搭載できるとよい。
- ・船舶に用いられるペンキもプラスチックである。ドックに入った際に、出港前と帰港後のペンキ量を算出できるのではないか。
- ・環境 DNA の手法を用いた生物出現情報の取得が必要になる
- ・研究機関の船舶は数が限られるので、民間の船舶を協力してデータ取得やサンプリングが出来るようになるとうい。
- ・今の時代であれば、画像認識技術も活用して、生物やプラスチックの情報を取得するやり方もある。

水産分野

- ・資源評価では「いないところ」のデータも重要であるため、本来漁業を行っていない海域で調査船や標本船による調査を行い、その調査結果で(CPUE 側面からの)空白部分を埋めていく必要もある。
- ・定量的な情報ではないが、音響装置による魚の鳴き声から魚の種類別に推測する方法などが考案されている。

モデル分野

- ・水産庁委託事業のスマート沿岸漁業推進事業において衛星センサーの弱点である沿岸域の水温、塩分、流速を漁業者に取得してもらい実証実験を行っており、これにより沿岸域の再現性が大きく向上している。
- ・深海については、空間分布よりも長期的な時間変化の方が重要。定点で海底から海面まで上下するようなフロート型の観測を、日本周辺で数点～10 点程度を維持してほしい。
- ・定点型アルゴの技術はほぼ確立しているはず。観測項目は基本的な物理量に加えて放射性核種など化学トレーサーが望まれる。

沿岸・生態系分野

- ・ロガー等によって栄養塩をリアルタイムで観測するシステムがあると、ノリ養殖の漁業者等の水産関係の方にとって非常に有益な情報になる。栄養塩ロガーを開発している企業とテレメトリーブイを開発している企業が組むとった形で、リアルタイムな栄養塩データの取得が可能になるのではないか。
- ・衛星画像から塩分マップを描く技術は開発段階にある。これの検証用データとして、塩分のリアルタイムデータがより多く取られるとうい。
- ・国立環境研究所では「ロボセン」という無人航行船を用いて、沿岸域調査を進めている。これは養殖場等の複雑な海域でも航行できるロボット船である。高解像度かつ高頻度でデータを取るためにはロボットを使わざるを得ないかと考えている。こういった技術を用いているような沿岸域で調査することで、生態系に限らず沿岸環境の基礎的なデータを蓄積でき

る。

- ・漁船や定期航路を走る船が測定している風のデータを収集して、統合していくという方向性も良いのではないか。

【データベース化・公開についての課題】

外洋分野

- ・サンプル取得～データ化までのハードルが高い。プラスチックであれば迅速な分析手法の開発が必須である。また、環境 DNA でも、沖合や深海ではサンプルを取ってもデータベース上にレファレンスデータがないことがボトルネックになっている。
- ・海洋に関する国際データベースで最大のものは IODE (<https://www.iode.org/>) になるが、その IODE の中でさえバラバラのデータベースになっている。本当に統合されることが望ましいかも不明である。
- ・世の中にはデータベースが多くあるが、必要なデータにたどり着くまでの案内図のようなものが今一つしっかりしていない。海洋クリアリングハウス (<https://www.mich.go.jp/>) のようなリンクの羅列から必要なデータを引き出すのは手間がかかる。見やすいデータベースのメニュー表のようなものがあるべきか。
- ・データベースのコアマネジメントを行える体制が十分構築されていて、その下に様々な機関がぶら下がっているという形がよいのではないか。一つのデータベースで全てを網羅することは非現実的だろう。データベースへの登録は人工がかかる割には、感謝もされなければ研究者の業績にもならない。継続性の担保が重要である。
- ・クオリティコントロールや国際対応等、面倒なことは多々ある。
- ・こういう政策を行うためにはこういう情報が必要、といったマッチングが上手くいっていない印象を受ける。どういう可視化した情報にすれば政策に使えるか、というマッチングが上手くいっていない。
- ・データベースに重要なこととして、スキーマの統一がある。OBIS (<https://obis.org/>) もデータ項目だけなら 100 以上あるが、これをすべて入れるとなると誰も登録しないだろう。そのため、最低でも 6 つのデータ項目について記入をお願いする形にしている。
- ・データベース全体の面倒を見る機関が決まっていればとてもよい。

水産分野

- ・すべてのデータがあると、そこから必要なデータを取捨選択して利用することができるので良いが、だからと言ってすべてのデータが絶対必要かということそれは別問題となる。
- ・スマート漁業の一環として簡易な CTD を漁業者に網につけてもらって水温・水質監視を全国展開していくのはなかなか厳しそう。課題はその精度とこの先誰が維持管理するのか。漁業者には自分たちにとっての利益になるためのボランティア作業として、こういった取り組みを理解してもらうことが必要。収益が見込めないことには後ろ向きである。
- ・スマート漁業に関するものとして、船団を組んで出漁した際の魚探情報を挙げるができる。船団内では情報を共有できるが、船団外へは漁場情報など個人情報として扱われることになると思う。

- ・リアルタイムで海の中を可視化するニーズとしては、赤潮の分布情報、水温情報、定置網の漁獲(入網)情報が挙げられる。定置網の入網状況の確認は、網入り口に水中カメラを設置してそれを常時モニターしているものもあるし、袋網部分に音響装置・魚探などを設置して、漁獲状況を予測するものがある。
- ・日常使うようなデータであれば、そういったサイトは必要であるかもしれないが、自分たちの研究上では別段不便を感じていない。
- ・研究者等の専門でデータを必要とする人は、自分の研究に必要なデータは、誰がどこに何のデータを持っているかを知っているし、それぞれ伝手も持っている。一般の人であれば興味を持ってみるかもしれないが。
- ・データが保証されないと、あるデータを使うところまで行かない。
- ・近年、沿岸では、マガキの採苗不良、三重・愛媛のアコヤガイの突発死など養殖場環境での異常が発生しているので、突発的な気象現象で河川の出水などへの適用については、そういった情報は有効に利用できるのではないか。環境省や国交省の河川の水温・水質、流量データは詳細で、養殖場に流入する河川情報として役に立つと思うし、これからニーズは発生すると思う。

モデル分野

- ・統合化(中央集権のクラウド)するよりも、グリッド的な、各地域で分散するデータ管理を進めた方が実情に即しており、実効的だと思う。むしろ、現在の「バラバラ」な状況を生かして、横にデータを連携する仕組みを考えてはどうか。

沿岸・生態系分野

- ・漁業者等のステークホルダーに、様々なデータをコンパイルして提供できるようなシステムが今後出てくると非常に良いと思う。JAXA の G-portal(<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>)といった取り組みに乗っかるような形で、ほかのデータも使えるようになるとういと思う。
- ・定期的に取りられているデータをアセンブリでされる仕組みやルールができれば、使いやすいデータになっていると思う。それを誰かがやらなくてはいけないという部分もある。
- ・モニタリングはどこか一つの省庁が旗振りをする様な体制整備が必要と思っている。
- ・研究者同士であればポータルサイトは不要だと思うが、できるだけ多くの方にデータを見ていただき、市民が扱えるような仕組みを作っていくことが必要と考えている。

3.5 海洋可視化対象と海洋観測センサーの整理結果及び今後取得が望まれるデータ

図 10 において示した海洋の課題の連関図に基づき、特徴が類似している海洋課題について表 5 のとおりグループ化を行い、3.4 における専門家インタビューの結果等を踏まえ、各項目に含まれる課題について、課題の概要、可視化に向けた現状の取り組み、観測センサーとの対比及び今後取得が望まれるデータについて検討を行った。

表 5 海洋の課題のグルーピング結果

項目	項目に関連する課題
気候変動	<ul style="list-style-type: none"> 海水温・海水面の上昇 自然災害（台風・高潮等） 海洋酸性化 サンゴの白化
沿岸域の変化	<ul style="list-style-type: none"> 富栄養化 底質の悪化・有機物の堆積 貧酸素水塊の発生・青潮の発生 赤潮の発生 栄養塩類の減少・偏在 干潟・藻場の減少 干潟・藻場の浄化能力・基礎生産力の低下
海洋ごみ	<ul style="list-style-type: none"> 海洋ごみ（一般ごみ） プラスチックごみ・マイクロプラスチック ゴーストフィッシング
水中騒音	<ul style="list-style-type: none"> 水中騒音
ハビタット・生態系	<ul style="list-style-type: none"> 生息域の変化 食害の増加 水産資源の減少 生態系への影響 海洋保護区の設定
新たな開発行為	<ul style="list-style-type: none"> 再生可能エネルギー 深海開発
法執行	<ul style="list-style-type: none"> 海洋権益、安全保障 海洋調査（MDA）・研究の推進 違法操業、密漁、不審船

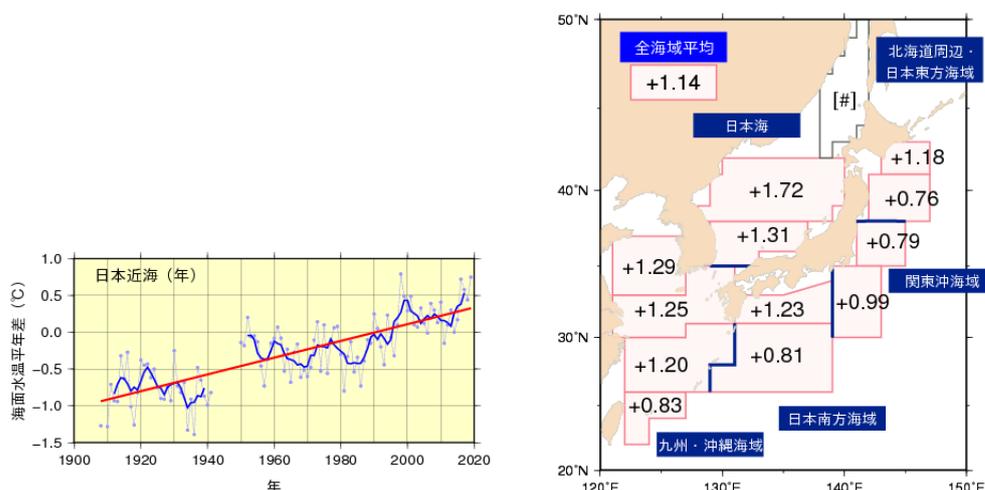
3.5.1 気候変動

(1) 海水温・海水面の上昇

1) 課題の概要

温暖化は、海水温の上昇や海面水位の上昇等ももたらすと言われている。気候システムに蓄積されたエネルギーの増加量のうち、海洋に蓄積されたエネルギーが占める割合は極めて大きく、約90%以上が海洋への蓄積である。地球温暖化により、海水が温められ、熱膨張により海面の水位が上昇する⁸。

気象庁によると、日本近海における、2019年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は、 $+1.14^{\circ}\text{C}/100$ 年で、この上昇率は世界全体で平均した海面水温の上昇率（ $+0.55^{\circ}\text{C}/100$ 年）よりも大きく、日本の気温の上昇率（ $+1.24^{\circ}\text{C}/100$ 年）と同程度の値とされている⁹（図12）。



出典：気象庁ホームページ。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html

図12 日本近海の全海域平均海面水温の平年差の推移（左図）
と海域平均海面水温の上昇率（右図）

一方、海面水位については、世界平均海面水位の上昇が20世紀の約2.5倍の速度で進んでおり、これに氷床と氷河の融解が大きく寄与していると指摘している。また、今後、極端な水位上昇の頻度が増加し、沿岸の都市や小島嶼では、100年に1回レベルの水位上昇が今世紀半ばまでに毎年のように起こる可能性も指摘されている。

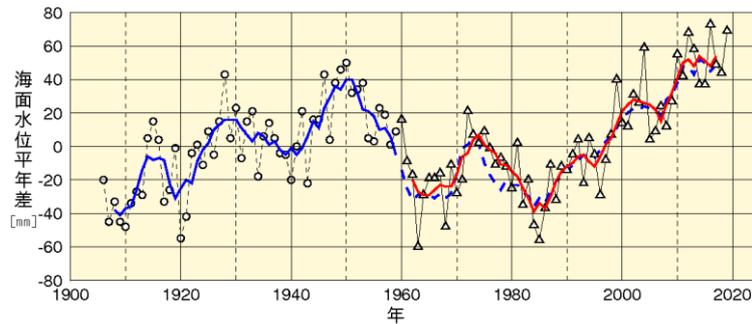
気象庁によると、日本沿岸の海面水位は、1980年代以降、上昇傾向が見られ、1906～2019年の期間では上昇傾向は見られず、全期間を通して10年から20年周期の変動（十年規模の変動）があるとされている⁹（図13）。

⁸ 環境省（2020）：令和2年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書。

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/index.html>

⁹ 気象庁「海面水温の長期変化傾向（日本近海）」

http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html



出典：気象庁ホームページ。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html

図 13 日本沿岸の海面水位変化（1906～2019 年）

2) 可視化に向けた現状の取り組み

ア) 海水温・海面水位に関する現地調査

i) 海水温

海水温はこれまでに多くの観測が実施されている。その歴史は古く、今につながる精度の高い水温測定や採水観測が行われるようになったのは、1893-1896 年のノルウェーのナンセンによるフラム号の北極海漂流航海からである¹⁰。現在では、日本沿岸各地で海水温の観測が実施されており、近年では東京湾に設置されたモニタリングポスト等、リアルタイムに観測結果を知ることができるものも多くある。また、外洋では船舶による観測のほか、Argo 等の漂流ブイによる観測が行われている。さらに、海面水温については人工衛星や航空機による広域観測が可能となっている。

ii) 海面水位

海面水位（潮位）の観測の歴史もまた古く、我が国では明治初期から潮位データを取得しており、100 年を超える潮位データを蓄積している験潮所もある¹¹。

現在、日本の験潮所の数は、海岸昇降検知センターに登録されているものだけでも約 150 箇所に達し、それ以外にも多く存在する（本業務の調べによると、188 箇所でリアルタイム験潮データがある）。それらのほとんどは、験潮井戸内の水位を計測することで行われている¹²。

¹⁰ 北海道大学 低温科学研究所「海洋の観測」．http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/wwwod/~ohshima/material/2020/ao_intro/%E8%A3%9C%EF%BC%9A%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E3%81%AE%E8%A6%B3%E6%B8%AC.pdf

¹¹ 国土地理院（1994）：験潮 100 年のあゆみ，国土地理院技術資料 B. 1-No. 21.

¹² 岩崎峯夫，永井紀彦，清水勝義，& 安立重昭．（2006）：験潮井戸の周波数応答特性計測システムの開発．海岸工学論文集，53，1416-1420.

1) 海水温・海面水位に関する予測技術¹³

将来の気候の変化の予測には、気候システムを再現することができる「気候モデル」を使用されている。気候モデルとは、気候システムを構成する大気、海洋、陸面、氷床等を物理法則（流体力学や放射による加熱・冷却等）に従い定式化し、スーパーコンピューター等の計算機によって擬似的な地球を再現しようとする計算プログラムである。気候モデルでは、世界全体をグリッドに区切り、そのグリッドごとに気温、風量、水蒸気等の時間変化を物理法則に従って計算することにより、将来の気候変化を予測する。日々の天気も基本的には同じ方法で予測されるが、気候の将来予測は、100年を超える長期間を対象とするため、熱を長期間蓄積する海洋の流れや、海洋と大気の熱や水等のやりとりが重要になる。このため、これらをうまくコンピューターにより再現することが重要となるが、現在の気候モデルは現実の大気や海洋の運動を完全に再現できるものではなく、計算技術上の様々な仮定や近似を含む模型であるので、計算結果には気候モデル特有のバイアスが含まれるほか、予測の不確実性（計算結果のばらつき）が現れる。このため、気候モデルの計算結果を観測データと比較して、再現性を把握した上で予測結果を用いる必要がある。

近年では、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）が公開されており、全世界および日本周辺領域について、それぞれ60km、20kmメッシュの高解像度大気モデルを使用した高精度モデル実験出力です。過去6000年分（日本周辺域は3000年分）、将来については、全球平均気温が産業革命以降2℃および4℃上昇した未来の気候状態について、それぞれ3240年分と5400年分のモデル実験が行われている。

3) 観測センサーとの対比

海水温については、一定の観測体制が整備されている。とくに、東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海などでは自動観測ブイで鉛直多層に海水温が測定されており、それぞれリアルタイムで連続データあるいは推移グラフが配信されている。水温センサーは安価で計測が容易であるため、主要な湾だけでなく、各都道府県や小さな漁協単位でも計測されている。IoT機器の発展により、全国の沿岸域でリアルタイムにデータを閲覧することができるようになってきた。一方、外洋域や深海域については、観測コストが多くかかるため沿岸域のような観測体制は取られていない。

海面水位については、リアルタイム験潮データが全国に188箇所整備されている。

4) 今後取得が望まれるデータ

水温データについては、地球温暖化に伴う長期的な影響を把握するだけでなく、水産分野や環境分野で活用されることが想定されることから、長期かつ高頻度でデータが取

¹³ 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁（2018）：気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～。 http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf

得されることが望まれる。

専門家インタビューによると、海面水温は衛星で把握できることから、表層より下のデータの充実が必要であり、深海については、空間分布よりも長期的な時間変化の方が重要であるので、定点で海底から海面まで上下するようなフロート型の観測網の充実が望まれる。衛星センサーの弱点である沿岸域の水温についても、様々な分野で活用されることが想定される海況予報モデルの精度向上につながる。

さらに、利用方法として即時性を求められるものも多くあることから、リアルタイムで配信される観測網、あるいはそれらを網羅的に自動取得するシステムを構築することが効率的である。

海面水位については日本沿岸の観測網が充実しているものの、老朽化が進んでいる験潮所も見られることから、観測体制の維持・管理体制を強化する必要がある。

(2) 自然災害（台風・高潮等）

1) 課題の概要

海洋に由来する自然災害については、将来さらに甚大化が懸念される台風に伴う高潮、高波等による災害や、南海トラフ地震等の広域な地震や津波による災害も海洋における大きなリスクであり、これらに対する備えも必要である。また、地震・火山活動等が活発な地理的位置、自然災害による人命・財産の喪失、大規模海難等への対応も重視すべきである¹⁴。

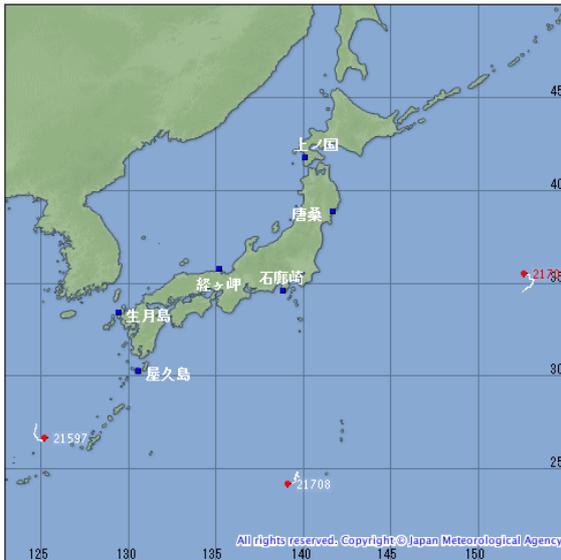
2) 可視化に向けた現状の取り組み

ア) 波浪に関する現地調査

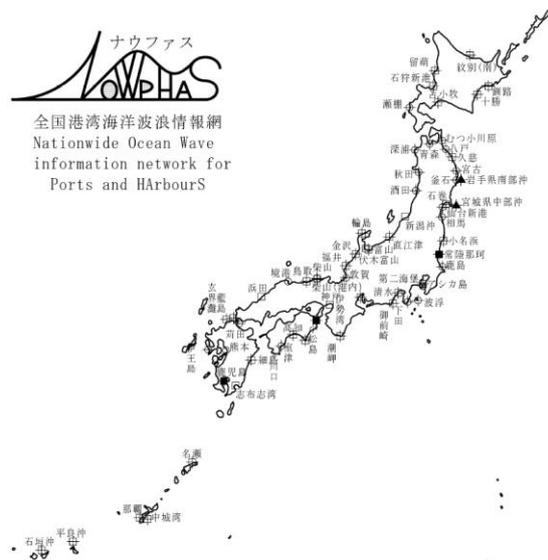
気象庁では沿岸波浪計と漂流型海洋気象ブイロボットにより波浪観測が行われており、国土交通省では全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）^{ナウファス}で波浪観測網を充実させている。

近年では、GPS 波浪計による大水深海域での波浪・風観測も始まっている。

¹⁴ 内閣府（2018）：第3次海洋基本計画。
<https://www8.cao.go.jp/ocean/policies/plan/plan03/pdf/plan03.pdf>



出典：気象庁ホームページ
<https://www.jma.go.jp/jp/wave/>



出典) NOWPHAS ホームページ
<https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>

図 14 波浪観測地点 (左図：気象庁、右図：NOWPHAS)

1) 波浪に関する予測技術

高潮・高波の挙動は、それらの発生、伝播を含む物理過程を反映した数値シミュレーションモデルを用いて推定することができる。一方で、最近の日本列島付近での台風の挙動はこれまでの経験とは異なるものとなっている。これらは日本近海での海水面温度の上昇により、台風がより強く発達することがおもな原因であるが、このほかに偏西風が蛇行したり、北に移動するなどの影響で台風が日本列島により長い時間にわたって影響を及ぼすという効果もある。すなわち世界各地で顕在化している気候変動後の台風の挙動変化を数値シミュレーションに取り込み、将来の変化を踏まえて台風の挙動と沿岸災害の予測をする必要がある⁴¹。

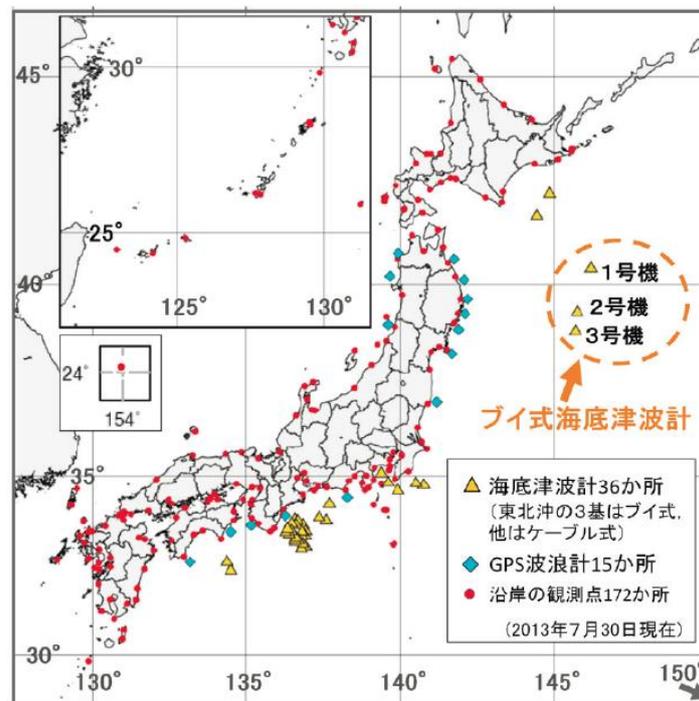
3) 観測センサーとの対比

気象庁と国土交通省 (NOWPHAS) による波浪観測データは、ほぼリアルタイムで配信されている。気象庁の沿岸波浪計と漂流型海洋気象ロボットは 1 時間毎の頻度で観測されており、NOWPHAS は観測開始当初は 2 時間毎の頻度であったが、現在では連続観測 (20 分毎の統計値を出力) となっている。

4) 今後取得が望まれるデータ

沿岸域については、気象庁と国土交通省の観測網が充実している一方で、図 14 に示したとおり、外洋域の観測網は十分でない。また、波浪・高潮とは異なるが、東海・東南海・南海地震等の発生の可能性も指摘されており、地震発生時に心配される津波の観測体制については、DONET 等の観測点は整備されているものの、特に沖合の観測点数は

多くないことから（図 15）、GPS 波浪計や水圧式津波計等の沖合津波観測設備の充実も図る必要がある。



出典：中田健嗣・西新三郎（2014）：ブイ式海底津波計の紹介。
測候時報，第81巻，特別号，pp.S101-S115。
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou-kaiyou/81/vol181s101.pdf>

図 15 気象庁が津波監視に用いている津波観測点

（3）海洋酸性化・サンゴの白化

1) 課題の概要

気候変動に伴う海水温上昇や海洋酸性化は、異常気象やサンゴの白化といった地球規模の環境問題を引き起こしている¹⁵。

2016年夏、奄美群島から八重山諸島にかけての広い海域において、夏季の高水温がおもな原因と考えられる大規模なサンゴの白化現象が発生した。特に、日本最大のサンゴ礁海域である石西礁湖においては、90%以上のサンゴが白化し、その多くが死亡するなど、1998年に発生した大規模白化現象以降、最も深刻な状態となった⁸。

海水温の変化や海洋がより多くのCO₂を吸収することによる海洋酸性化の進行に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されている。我が国でも一部の魚種について、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心に報告され、漁獲量が減少している地域もある⁸。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

「サンゴ大規模白化現象に関する緊急宣言」に基づき、サンゴ礁生態系の回復のための適応策やモニタリングを推進するとともに、2017年3月に公表した海洋生物レッドリストについて、レッドリストの統合等を検討しつつ、改訂に向けた作業を行うとされている¹⁵。

我が国最大のサンゴ礁域である沖縄県の石垣島と西表島の間広がる石西礁湖においては、環境省が「石西礁湖ポータルウェブサイト」(<http://sekiseisyouko.com/szn/>)において、白化の原因となる水温をはじめとした各種情報の常時モニタリングの結果を公表している（図 16）。



出典：環境省 石西礁湖常時モニタリングシステム
<http://www.e-monitoring.jp/>

図 16 石西礁湖常時モニタリングシステムのホームページ

サンゴ自体の調査については、環境省の「自然環境保全基礎調査」や「モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査」により調査が行われており、モニタリングサイト 1000 の調査では、全国 25 のモニタリングサイトで毎年目視観察による調査が行われている。

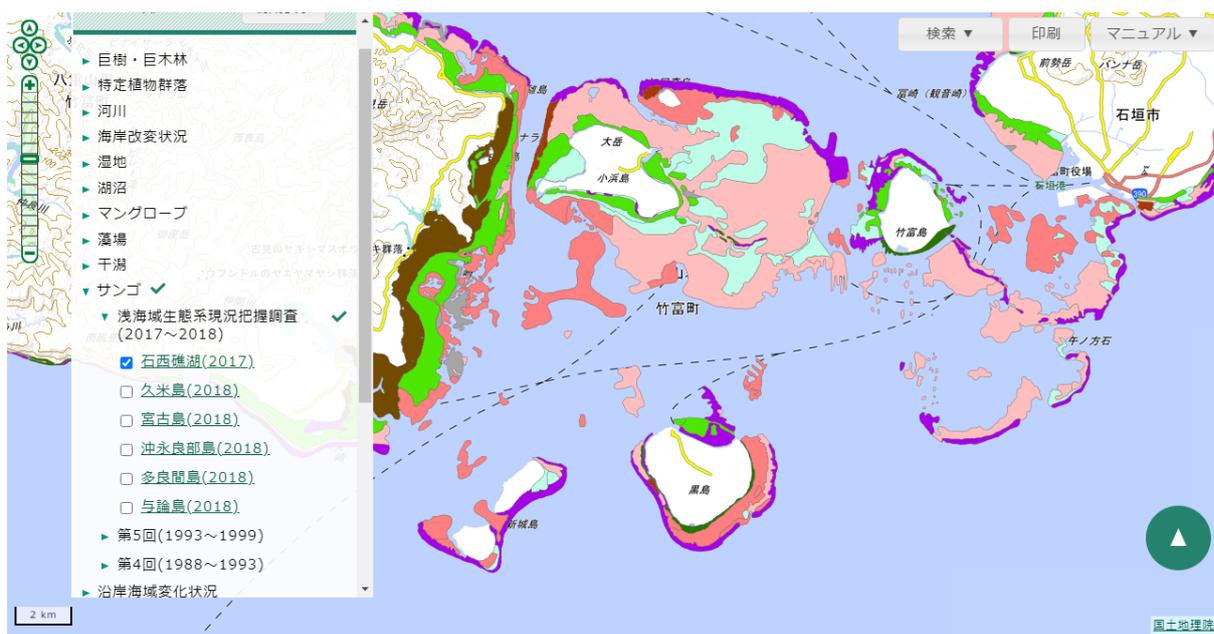
石西礁湖においては、「西表石垣国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査」（2003 年度からはモニタリングサイト 1000 の一環として進められている）として、目視観察が行われている。同報告書によれば、1970～80 年代はオニヒトデの大発生によりサンゴ群集が死滅し、その後回復したが、1998 年の海水温の上昇により、白化現象が起き大きな被害を受け、2016 年、2017 年にも夏季高水温により白化現象が発生し大きな被害をもたらしたとされている¹⁶。

「自然環境保全基礎調査」の調査結果は、WebGIS の形式で公開されており、白化の発

¹⁵ 環境省（2019）：令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書。
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r01/index.html>

¹⁶ 環境省自然環境局生物多様性センター（2020）：2019 年度西表石垣国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書。
https://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/reports/pdf/2019_Iriomote-Ishigaki.pdf

生状況は把握できないが、サンゴの被度の情報が可視化されている（図 17）。



出典：環境省自然環境局生物多様性センターホームページ
<http://gis.biodic.go.jp/webgis/>

図 17 自然環境保全基礎調査でのサンゴ分布の表示例

海洋酸性化については、気象庁では東経 137 度線、東経 165 度線において水素イオン濃度 (pH) の観測を行っており、観測を行っている全ての緯度帯において pH が低下しており、海洋酸性化が進行しているとされている¹⁷ (図 18)。

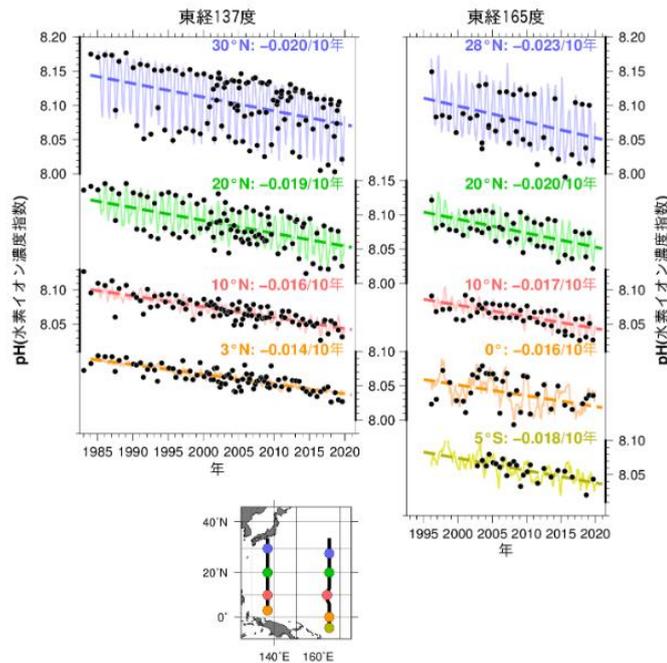
¹⁷ 気象庁「表面海水中の pH の長期変化傾向(北西太平洋)」
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_3/pHtrend/pH-trend.html

表面海水中のpHの長期変化傾向(北西太平洋)

令和2年1月31日発表 (次出発表予定 令和3年2月1日)
気象庁地球環境・海洋部

診断 (2019年)

- 北西太平洋(東経137度線、東経165度線)における表面海水中の水素イオン濃度指数(pH)は、10年あたり約0.02低下しています。
- 東経137度線、東経165度線では、観測を行っている全ての緯度帯において、海洋酸性化が進行しています。



東経137度線、東経165度線の各緯度における表面海水中の水素イオン濃度指数(pH)の長期変化

出典：気象庁ホームページ

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_3/pHtrend/pH-trend.html

図 18 海洋酸性化に係る気象庁ホームページ

3) 観測センサーとの対比

サンゴの白化自体を観測するセンサーでの観測は行われていないが、石西礁湖の常時モニタリング地点は石西礁湖の中央部の1点にセンサーを設置し、有義波高、有義波周期、最大波高、流速、流向、水位、水温、塩分、濁度、クロロフィルについて毎正時のデータが閲覧できる。

また、海洋酸性化に係るセンサーでの観測としては、東京湾のモニタリングポストでは pH のリアルタイムな観測が行われているが、それ以外に連続的に観測が行われている例は少ない。採水観測では環境省の公共用水域水質測定等により分析が行われているが、pH については、0.1 単位の測定精度であり、海洋酸性化については、0.01 単位の精度が要求されるため精度としては十分とはいえない。

他方、公共用水域水質測定結果は過去から大量のデータがあり、このビッグデータを

統計的に解析することにより、海洋酸性化の傾向を見出す研究も行われている¹⁸。

4) 今後取得が望まれるデータ

海洋酸性化の指標となる pH については、沿岸域での観測は行われているものの、外洋域については、船舶によるライン上での調査が行われている程度である。

一方、外洋域については、Argo などの漂流ブイが導入されているが、pH は観測されていない。pH については、連続測定も行えるセンサーもあることから、このような漂流ブイ等に pH センサーを設置することにより、全球規模での海洋酸性化の状況を把握することが期待される。

サンゴの白化については、目視観察による調査が主であるが、衛星による観測手法も研究されている¹⁹。

近年では人工知能（AI）による画像解析技術が飛躍的に向上しており、衛星観測データと AI の組合せによるサンゴの白化や分布状況の詳細な把握が期待される。

¹⁸ Ishizu, M., Miyazawa, Y., Tsunoda, T., & Ono, T. (2019): Long-term trends in pH in Japanese coastal seawater. *Biogeosciences*, 16(24), 4747-4763.

¹⁹ 環境省・日本サンゴ礁学会（編）（2004）：日本のサンゴ礁。
<https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/reference/mokuji.html>

3.5.2 沿岸域の変化

1) 課題の概要

沿岸域の問題は、参考とした資料（白書、基本計画など）では水質に係る課題（富栄養化、貧酸素化・青潮の発生、有機物の堆積、栄養塩の減少・偏在）や生物に係る課題（干潟・藻場の減少、浄化能力低下）等の様々な課題が絡み合っている。

陸域からの栄養塩類の負荷による富栄養化により、植物プランクトンが異常増殖し、枯死したプランクトン（有機物）が海底に沈降し、有機物をバクテリアが分解する際に、海底付近の酸素を消費し、貧酸素化するとされている。また、海底に溜まった貧酸素水塊が巻き上がると、青潮となり、生物の斃死をもたらすことになる。

また、干潟や藻場は植物プランクトン等を餌としている二枚貝類を含む底生生物の生息場であり、有機物の分解等に寄与しており、藻場については、水中の栄養塩類を吸収するとともに、生物の生息場や二酸化炭素の吸収の場ともなっているが、埋立て等により場の減少とともに、浄化の能力等が低下している。

なお、水質汚濁防止法に基づき、人口、産業の集中等により汚濁が著しい広域的な閉鎖性海域の水質汚濁を防止するための制度として、水質総量削減制度がある。これは、東京湾、伊勢・三河湾、瀬戸内海を対象とした制度であり、「水質総量削減の在り方」が取りまとめられている。

「第8次水質総量削減の在り方について」（答申）においては、水質汚濁に影響を与える要因として、以下のような記載がある。

「閉鎖性海域においては、外海と海水が交換しにくいとため、汚濁物質が海域内部に蓄積しやすい。また、夏期には、海面の水温上昇と河川からの淡水の流入により成層構造が発達し、海水が鉛直方向に混合しにくくなるため、底層のDOが低下しやすくなる特徴を有している。このため、閉鎖性海域においては、COD、窒素及びりん濃度が外海と比較して高く、赤潮や貧酸素水塊といった海域環境保全上の問題が発生している。閉鎖性海域における水質汚濁に影響する主な要因には、陸域（河川、工場・事業場・下水処理場等）からの有機汚濁物質及び栄養塩類の流入、河川からの淡水の流入、有機物の内部生産、沈降、堆積及び分解、底質からの栄養塩類の溶出、外海との海水交換、潮流による海水の移動・攪拌等がある。その他、水温、日射量等の気象条件、生物による食物連鎖、漁業による海域からの取り上げ、嫌気的条件下での脱窒等が複雑に影響している。」

2) 可視化に向けた現状の取り組み

可視化に向けた取り組みとしては、現地調査によるデータ取得とシミュレーションモデルによる時空間補完及び将来予測によるアプローチがある。

特に沿岸域の環境で重要となる栄養塩類については、リアルタイムで測定できるセンサーは開発途上であり、採水分析が主となっている。

センサーとしてはモニタリングポストが東京湾等に設置され観測者のホームページにおいてリアルタイムで観測結果を閲覧することができる。

7) 沿岸域に関する現地調査

沿岸域の環境については、採水による現地調査やモニタリングポスト等による水質・流況の調査が行われており、干潟や藻場の分布状況については、目視での観察や衛星を使った観測が行われている。

観測の頻度は採水では月1回程度であるが、湾内で複数点の調査が行われている。モニタリングポストについては観測点は少ないが、鉛直方向に多層で1時間に1回程度の時間的頻度の高い観測が行われている。

採水による観測では、環境省により公共用水域水質測定や広域総合水質測定が行われており、毎年、その結果が報告されている。また、データは「水環境総合情報サイト」(<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/index.asp>)に登録されており、WebGISの形式での閲覧やCSV形式でのダウンロードも可能となっている(図19)。



出典：水環境総合情報サイト

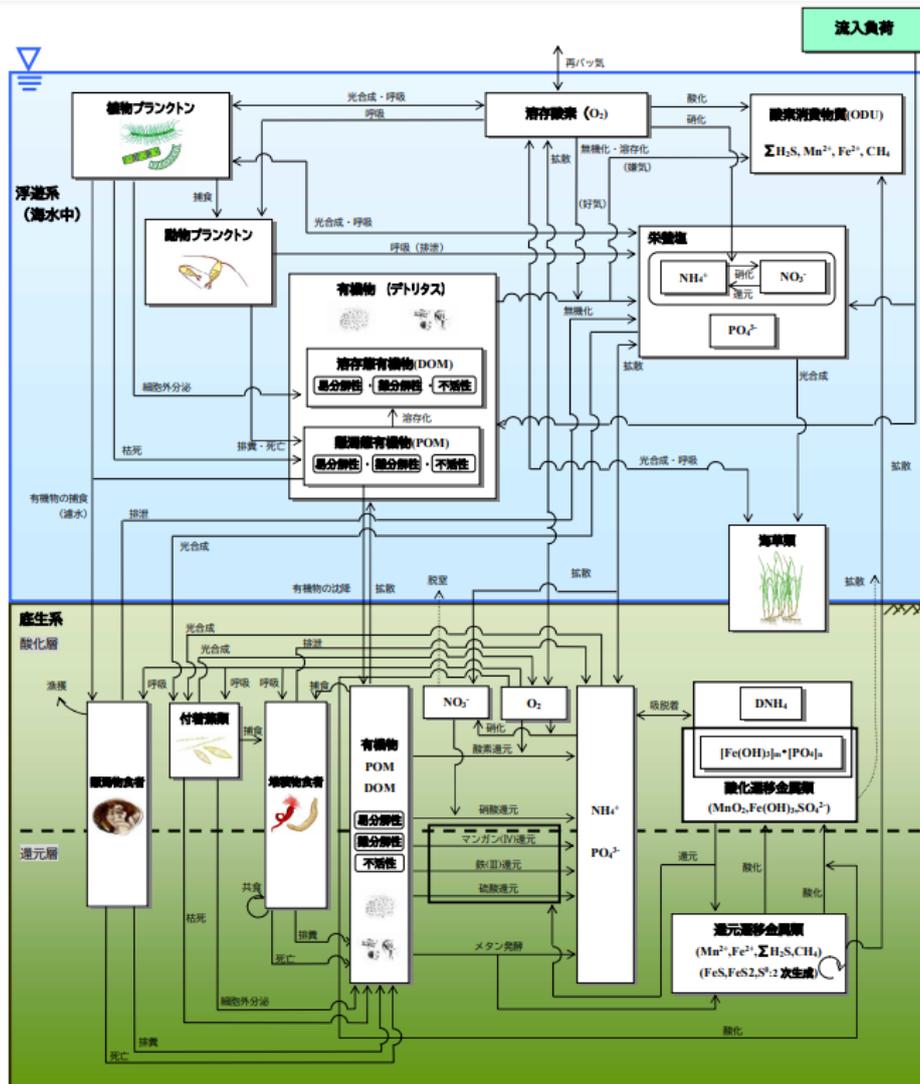
<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/index.asp>

図19 水環境総合情報サイト

1) 沿岸域に関する予測技術

沿岸域の諸問題の現象の解明や課題の解決には、数値シミュレーションによる方法がある。シミュレーションを行うためには、物理的、化学的、生物的な要素を組み込む必要があるが、生物まで含めたシミュレーションとしては、バクテリア、底生生物、海藻草類、プランクトンといった低次生態系まで組み込まれたモデルはある(図20)。

例えば、国立環境研究所では、閉鎖性海域における気候変動による影響把握等の検討が行われており、瀬戸内海を対象に地球温暖化(海水温の上昇)に伴う、水質(栄養塩、溶存酸素)や、プランクトン等への影響についてシミュレーションにより予測を行っている。しかし、魚類まで含んだ高次生態系のモデルは研究途中である。



出典：中央環境審議会（2015）：第8次水質総量削減の在り方について（答申）
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/28864.pdf>

図 20 低次生態系モデルのイメージ

3) 観測センサーとの対比

有識者へのヒアリングでは、沿岸域の現象の解明のためには、さらに時空間的に高密度なデータ取得が必要であり、具体的には空間的に湾内を東西南北方向に10分割し、各メッシュに1地点程度連続的にデータが取得できると望ましいとのことであった。

現状では、採水は多数の地点で行われているが、時間密度的にはひと月に1回程度であり、一方、海域に設置されているモニタリングでは、連続的な観測はできるものの、一つの湾に数地点の設置であり、空間密度的に粗となっている。

時空間的に密なデータを得るために衛星によるリモートセンシングによる手法もあるが、海域の表層のデータしか得ることができず、水中のデータが得られないことが難点である。また、得られるデータとしては、水温、クロロフィルがあるが、栄養塩類のデータは得ることができない。最近では、色彩の情報と現地調査の結果を解析することにより、塩分の推定をできる技術が開発され、研究が進められている。

4) 今後取得が望まれるデータ

水中のデータを得るためには、センサーや採水器を水中に下す必要があり、船舶から調査する必要がある。しかし、これを高頻度で行うためには、人手や費用面からも制約がある。そのため、人手を要しない自動観測船の研究開発も進んでいる。例えば、国立環境研究所が中心となり、自立航行型四胴ロボット船（ロボセン）の開発が進められており、実証試験も行われている（図 21）。これは、指示したルートを自動的に航行し、ロボセンに取り付けられてウインチからセンサーを水中に垂下することより、自動的に水質の状況を取得するものである。

自律航行型四胴ロボット船(ロボセン)



出典：国立環境研究所ホームページ

https://www.nies.go.jp/chiiki/showcase2020_nakada.html

図 21 自立航行型四胴ロボット船（ロボセン）

沿岸域は河川、潮汐、風等の影響により、同じ場所でも時々刻々と水質の状況が変化する。そのため、これまでの調査に加え、上記のような自動的に鉛直方向も含めた広域で頻度の高い水質のデータ取得が望まれる。また、現在採水分析により行われている栄養塩類を現場で測定できるセンサーの開発も望まれる。

3.5.3 海洋ごみ

(1) 海洋ごみ（一般）・ゴーストフィッシング

1) 課題の概要

海洋ごみは、生態系を含めた海洋環境の悪化や海岸機能の低下、景観への悪影響、船舶航行の障害、漁業や観光への影響など、様々な問題を引き起こす恐れがある。また、海中などに放棄され又は流出した網やカゴなどの漁具が、長期間にわたって水生生物に危害を加えることもあるとされている。これは、持ち主のいなくなった漁具が人の管理を離れて長期間水生生物を捕獲することからゴーストフィッシングとも呼ばれており、生態系だけでなく、漁業にも悪影響を与えている⁸。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

海洋ごみの問題は、「漂流しているごみ（漂流ごみ）」と「漂着したごみ（漂着ごみ）」に大別することができ、それぞれについて現地調査やシミュレーションモデルによる実態把握等が行われている。

ア) 海洋ごみに関する現地調査

海洋ごみに関する現地調査については、環境省が主体となって行われており、海岸等にある漂着ごみ、海面に浮遊する漂流ごみ及び海底に堆積するごみ（海底ごみ）に関して、量や種類等の調査（サンプル調査）が行われている。また、漂流ごみについては、水害後や漂流情報の通報を受けた際に、海上保安庁や国土交通省（例えば、九州地方整備局の環境整備船：海輝・海煌）が調査を行うとともに、回収作業が行われている。

引き続き、実態把握のための現地調査を継続することは必要であるが、広大な海岸線海域におけるごみの分布状況を現地調査によって把握することは困難であり、数値シミュレーションモデルによる推定が効率的と考えられる。

イ) 海洋ごみに関する予測技術

海面に浮遊する漂流ごみの分布予測は古くから研究事例がある。海表面を漂うごみは、海表面の流れと風の影響（風圧流）を受けて移動していく。海表面の流れについては、流動モデルで予測することができる。予測の空間スケールや時間スケールによるが、モデル構築に必要なデータは、水温、塩分、流速、潮位、各種境界条件（気象・河川・外海など）が必要である。風条件については、近年では時空間分布が豊富にあるモデル結果（気象庁 GPV データ等）が用いられている。

ごみの種類によっては、沈降して海底に到達するものもあるが、それらを個別に条件設定するデータはそろっていない。また、漂着についても予測は可能であるが、高波浪による再漂流を考慮する研究事例は多くない。

3) 観測センサーとの対比

漂流・漂着ごみ自体をモニタリングする観測センサー技術は現状では確立されていない。研究事例として、高解像度の光学地球観測衛星による漂流ごみの分布を把握する試みがいくつかみられる。

4) 今後取得が望まれるデータ

漂流・漂着ごみの現地調査については、衛星、航空写真、ドローンなどで撮影された画像（可能であればハイパースペクトルカメラ画像）をAIで解析する技術の開発が進められており、今後の事例の蓄積が望まれる。また、海底ごみについては、漂流・漂着ごみに比べて圧倒的に情報が少ないため、ROVやAUVなど無人で海底の状況を把握できる観測手法を活用しながら、実態把握を進める必要がある。

また、専門家インタビューによると、ゴーストフィッシングの予測インプットデータとして、漁船が廃棄する漁具の量が把握できればよいという意見もあった。さらに、海洋ごみの多くは陸域が発生源であり、河川を通じて海洋に放出されることから、主要な河川においてライブカメラによる映像の取得・保存し、画像解析による流出量の推定ができるようになれば、現状が把握できるだけでなく、予測精度の向上を図ることができると考えられる。

予測技術については、個別の時空間スケールで流動モデルを構築することは労力がかかることから、常に流れの場の予測がされている海況予報モデル（例えば、九州大学のDREAMSやJAMSTECのJ-COPE）の結果を利用することが効率的である。海況予報モデルの精度は入力データ（海底地形や河川流量など）の精度や同化データの多寡によるものが多いことから、これらのデータの充実が必要である。同化データには様々なものが想定されるが、基本的な情報として水温、塩分、流速、潮位の実測値の時空間分布を拡充させることが望まれる。とくに、深海域については情報が少ないため、定期的な観測（水温・塩分）が望まれる。

(2) プラスチックごみ・マイクロプラスチック

1) 課題の概要

海洋プラスチック問題は、海洋環境への影響をはじめ船舶航行への障害、沿岸域居住環境への影響、観光や漁業へのダメージなど多岐にわたる。また、マイクロプラスチックは海洋中のポリ塩化ビフェニル (PCB) 等の有害化学物質を吸着する性質があり、食物連鎖を通じて海洋生物や海洋生態系、さらに人の健康にも重大な影響を及ぼすことが懸念されている。

プラスチックは、化学的に安定しており、加工しやすいことから世界中で大量に生産されている。自然環境に放出されると、紫外線や温度変化、破砕などにより細片化しながら、分解されず長期にわたり残留する。マイクロプラスチックとは、粒径 5mm 以下のプラスチック粒子であり、一部の洗顔料や化粧品に含まれるマイクロビーズのような元から微細な一次マイクロプラスチックと、大きなプラスチックが環境中で細片化した二次マイクロプラスチックがある。マイクロプラスチックは、残留性有機汚染物質 (POPs) を吸着する性質を持つことから輸送媒体となり得るリスク、生物が誤食することで体内組織を傷つける物理的リスクなどが懸念されている²⁰。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

マイクロプラスチックの実態を調査する手法として、サンプルの収集と実験室での定量化分析という二つの段階が挙げられる。

世界各地で海洋に存在するマイクロプラスチックのモニタリングが実施されているが、その調査・分析手法は国や調査研究者によって異なっている。全球的に分布する海洋マイクロプラスチックの実態を把握するためにはモニタリング手法を調和・標準化する必要があり、モニタリング手法のガイドライン草案が作成され、2019年に5月に環境省から「Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods」が公開されている²¹。

ア) サンプルの収集

サンプルの収集は、海洋マイクロプラスチックを採取する主な対象としては河川、下水処理場や各種処理施設、海水、海底（堆積物）、海浜そして海洋生物であり、対象ごとに用いるセンサー（手法）が異なっている。

海表面の採取では数種の網目サイズのネットが用いられ、海中の採取では採水器、海底の採取ではHOVやROVによるコア採泥器を用い、海浜においてはサンプル調査（区画を決めて表面の砂をすくい取り、ふるいをかけて砂試料を採取）が行われている。また、

²⁰ いであ株式会社「技術広報誌 i-NET Vol. 55 マイクロプラスチックに関するいであの取り組み」
https://ideacon.jp/technology/inet/vol55/vol55_wr02s.pdf

²¹ Ministry of the Environment (2020) : Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods. https://www.env.go.jp/en/water/marine_litter/guidelines/guidelines.pdf

海洋生物を採取対象として、生物に誤食されたマイクロプラスチックの量も調べられている。

海洋へのインプット情報として重要な河川においては、海域と同様の方法では採取が非効率であるため、採取方法（小型の網口サイズや低速ろ水計の使用）の工夫がなされている²²。

1) 実験室での定量化分析

実験室において、前処理（プラスチックと非プラスチックの分離）をしたのち、サイズや形の識別、材質判別といった定量的分析を行う。数百 μm 以上のマイクロプラスチックは肉眼で直接的に選別できるが、より小さなものは実体顕微鏡または高い解像度を持つ電子顕微鏡で拡大してからマイクロプラスチックを選別し、デジタル画像処理によってマイクロプラスチックの形状や大きさ及び数を測定する。

試料の前処理・選別に手間がかかることや、100 μm 未満のより微小なマイクロプラスチックの分析への対応などに課題があり、分析法の開発（赤外顕微鏡ユニットが付属した赤外分光光度計など）が行われている。

3) 観測センサーとの対比

浮遊するプラスチックごみ自体をモニタリングする観測センサー技術は現状では確立されていない。研究事例としては、前述同様、高解像度の光学地球観測衛星（ハイパースペクトルセンサー）による漂流ごみの分布を把握する試みがいくつかみられる。

4) 今後取得が望まれるデータ（今後の展望）

直接目に見えず回収が難しいマイクロプラスチックは、常に海流や波などにより流動し、海洋生物に食べられ、深海まで沈んでいくため、広範囲での包括的調査は困難である。これからはより広く深い海域におけるマイクロプラスチックの観測調査を進めるとともに、プラスチックの海洋中の分布状況・動態などを解明し、モデル化する必要があると考えられる。例えば、九州大学の磯辺教授らによる地球規模でのプラスチック循環モデルを構築する研究はその好例である。野外調査と理論的な手法を組み合わせることでマイクロプラスチックの問題の解決に近づけると考える。

²² いであ株式会社「技術広報誌 i-NET Vol. 57 河川におけるマイクロプラスチック調査の紹介」
https://ideacon.jp/technology/inet/vol57/vol57_wr03s.pdf

3.5.4 水中騒音

1) 課題の概要²³

船舶運航や洋上風力開発、海底資源探査に伴って発せられる水中音の、海洋生物に与える影響が懸念されている。国際機関の動きも活発で、水中騒音は海洋プラスチックの次に注目される問題になるかもしれない²³。

東太平洋では1970年代から20年間で、背景雑音レベルが2倍になった。日本を含む西太平洋のデータはないが、経済発展を考えるとそれ以上のレベル上昇となっているかもしれない。音源は主に船舶と推定されている。地球上を運航する多数の船舶をAISデータでみれば、日本のみならず世界の経済が海運に依存している様子がよくわかる。実際、太平洋の完全な沖合で音のレベルの上昇が検出できるほど、海中の音環境は急速に変化している。

海中の人工音源は多様になった。再生可能エネルギーの旗手として期待されている洋上風力発電は、建設時のくい打ちや稼働中にさまざまな音を発する。鉱物資源開発や潮流発電など、海洋利用技術が進歩するにつれて海中騒音源もそのレベルも増えている。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

環境アセスメントでは、海上工事に伴う水中騒音の影響評価が行われている事例がいくつかある（例えば、鹿島港洋上風力発電事業²⁴）。鹿島港洋上風力発電事業では、基礎杭の打設等により水中騒音が発生し、海産哺乳類や魚類への影響が考えられるため、評価項目として選定されている。現地調査は、水中マイクロホン（ハイドロホン）を用いて、周波数別水中騒音圧レベルの測定方法が用いられている。また、予測では伝搬予測モデルを用いて水中騒音を推定し、生物の聴覚閾値や威嚇レベルの音圧と比較して影響を評価する。

最近では、洋上風力発電の設置の事業も増加してきており、環境省では、「洋上風力発電所等に係る環境影響評価の基本的な考え方に関する検討会報告書」を取りまとめている。この中で、水中音については工事に伴う音だけでなく、風車の稼働に伴う音についても調査項目として選定することが適切と考えられるとされている²⁵。

また、海生哺乳類等の鳴き声の調査に特化した水中マイクロホンも開発されている。

3) 観測センサーとの対比

水中騒音を測定する要素技術は確立しているものの、常時水中音をモニタリングする

²³ 赤松友成 (2020) : 海の騒音問題. 笹川平和財団 Ocean Newsletter 第472号.
https://www.spf.org/opri/newsletter/472_1.html

²⁴ NEDO (2018) : 着床式洋上風力発電の環境影響評価手法に関する基礎資料 (最終版) .
<https://www.nedo.go.jp/content/100890013.pdf>

²⁵ 洋上風力発電所等に係る環境影響評価の基本的な考え方に関する検討会 (2017) : 洋上風力発電所等に係る環境影響評価の基本的な考え方に関する検討会報告書. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/105434.pdf>

システムの事例は多くない。水産研究・教育機構では、定点計測を行って、近傍を通過する船舶ノイズなどの人工音レベルを計測し、生物音と人工音を識別・解析することで水中構造物建築におけるアセスメント指標を作成する研究がなされている²⁶。

4) 今後取得が望まれるデータ

水中騒音の測定については、公益財団法人笹川平和財団のホームページ²³において、以下の提言がなされている。

- ・海中の音を測るためのガイドラインの作成
- ・生物への影響を具体的に知ること
- ・海中騒音の可視化

海中騒音を可視化することによって、生態系の適切な管理を行わなければならない。人工騒音を排除し海を完全に静かにするのは現実的ではない。しかし、知見が乏しいからといって放置しても問題ないという保証もない。音のように見えないものに対しては、過度な心配や思い込みによる楽観は禁物である。データに基づいた議論を深め、海洋を利用しつつ生態系に重大な影響がないようにするための許容基準はどこにあるのか、社会の合意形成が必要である。

²⁶ 今泉 智人・高橋 竜三 (2015) : 水中音モニタリングを利用した水中生物の分布域及び密度推定手法の開発. 水研機構 研究の葉. 2015-25. <http://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/H27/siori27pdf/25%202015.pdf>

3.5.5 ハビタット・生態系

(1) 干潟・藻場の減少、浄化能力・基礎生産力の低下

1) 課題の概要

水産白書によれば、「藻場は、繁茂した海藻や海草が水中の二酸化炭素を吸収して酸素を供給し、水産生物に産卵場所、幼稚仔魚等の生息場所、餌場等を提供するなど、水産資源の増殖に大きな役割を果たしている。」とされており、また、「河口部に多い干潟は、潮汐の作用により、陸上からの栄養塩や有機物と海からの様々なプランクトンが供給されることにより、高い生物生産性を有している。」とされている。

このような、藻場・干潟は、沿岸域の開発等により面積が減少し、また、現存する藻場・干潟においても、海水温の上昇に伴う海藻の立ち枯れや種組成の変化、海藻を食い荒らすアイゴ等の植食性魚類の活発化や分布の拡大による藻場への影響や、貧酸素水塊の発生、陸上からの土砂の供給量の減少等による藻場・干潟の生産力の低下が指摘されている²⁷。

また、環境白書においては、「瀬戸内海では、「水質汚濁防止法」に基づく対策に加え、「瀬戸内海環境保全特別措置法」等に基づき水質改善に取り組んだ結果、水質は総体として改善されたが、依然として、赤潮や貧酸素水塊等の発生、漁業生産量の低迷、藻場や干潟の減少等の課題が残っている。」とされており、近年、瀬戸内海を中心として、窒素、リン等の栄養塩類の減少、偏在等が海域の基礎生産力を低下させ、養殖ノリの色落ちや、魚介類の減少の要因となっている可能性が、漁業者や地方公共団体の研究機関から指摘されている。

現行の海洋基本計画の下でも、生物多様性の確保、沿岸域の総合的管理などについて国内対策のみならず、他国とも連携・協力しながら諸課題の解決に取り組んでき、生物の生息に重要な役割を果たしている藻場、アマモ場、干潟、砂浜・砂州・砂堆、サンゴ礁、マングローブなどの喪失、漂着・漂流・堆積する海洋ごみなどさまざまな解決すべき課題が顕在化していることが指摘されている。

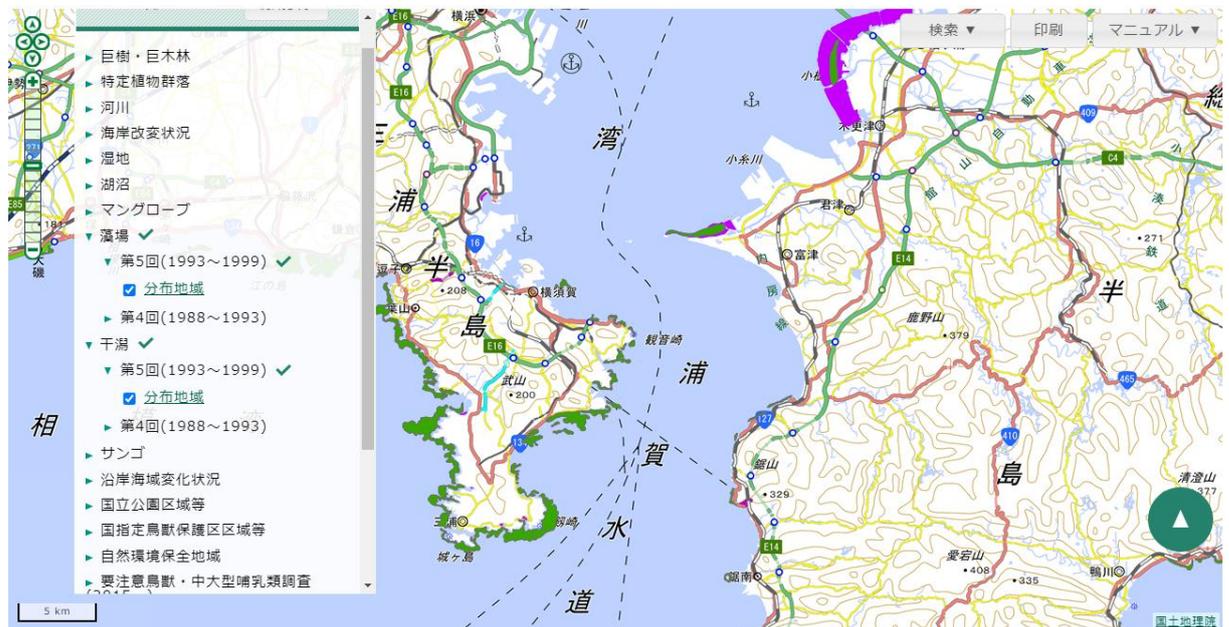
このような状況に対し、国土交通省等では、干潟・海浜、藻場等の再生、覆砂等による底質環境の改善、貧酸素水塊が発生する原因の一つである深堀跡について埋戻し等の対策、失われた生態系の機能を補完する環境配慮型構造物等の導入など健全な生態系の保全・再生・創出に向けた取組が進められている。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

藻場や干潟の分布については、連続的なセンサーでの観測は行われていない。環境省では、「自然環境保全基礎調査」(https://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_list_h.html)や「モニタリングサイト1000」(<http://www.biodic.go.jp/moni1000/moni1000/>)として、藻場や干潟の分布調査や生物調査を行っている。これらの調査は調査員が目視観察や試料採取等を行って報告書としてまとめられ、環境省のホームページにて公開されている。

²⁷ 水産庁 (2019) : 令和元年度 水産白書. <https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/R1/index.html>

「自然環境保全基礎調査」の結果は WebGIS の形式で公開されており、全国の干潟や藻場の分布状況を確認できる（図 22）。また、分布状況のデータは表示するだけでなく、GIS のデータ（KML 形式や Shape 形式）としてダウンロードも可能となっている。



出典：環境省自然環境局生物多様性センターホームページ
<http://gis.biodic.go.jp/webgis/>

図 22 自然環境保全基礎調査での藻場、干潟分布の表示例

浄化能力・基礎生産力の低下については、それ自体の調査は行われていないが、浄化の対象となる水質（栄養塩類）や基礎生産力となる植物プランクトン（クロロフィル a）等については、「3.5.2 沿岸域の変化」に示したとおり、リアルタイムで測定できるセンサーは開発途上であり、採水分析が主となっており、採水による観測では、環境省による公共用水域水質測定や広域総合資質測定の結果が報告されている。データは「水環境総合情報サイト」（<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/index.asp>）に登録されており、WebGIS の形式での閲覧や CSV 形式でのダウンロードも可能となっている。

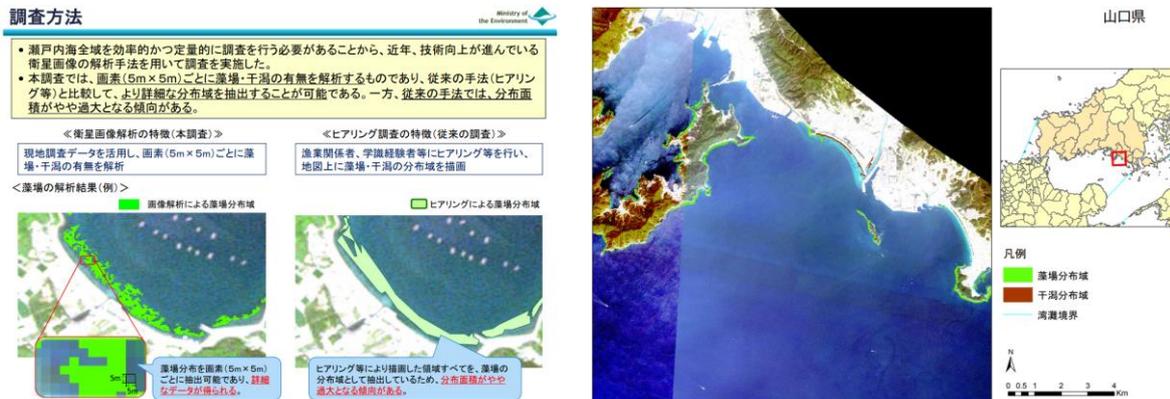
3) 観測センサーとの対比

藻場や干潟については、連続的なセンサーでの観測は行われていないが、人工衛星を用いた観測が行われている。

環境省では、瀬戸内海において、衛星画像より分布状況の調査を行った事例がある（図 23）。水産庁事業においても「3.5.5（3）生態系への影響、生息域の変化、食害の増加」に示すとおり、JAXA の地球観測衛星 ALOS が撮影した画像の解析より藻場の分布状況の調査が行われている。

浄化能力・基礎生産力の低下については、現状では、採水は多数の地点で行われているが、時間密度的にはひと月に 1 回程度であり、一方、海域に設置されているモニタリ

ングでは、連続的な観測はできるものの、一つの湾に数地点の設置であり、空間密度的に粗となっている。専門家インタビューでは、沿岸域の現象の解明のためには、さらに時空間的に高密度なデータ取得が必要であり、空間的には湾内を東西南北方向に 10 分割し、各メッシュに 1 地点程度連続的にデータが取得できると望ましいとのことであった。



出典：環境省ホームページ「瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査について」
http://www.env.go.jp/water/heisa/survey/result_setonaikai.html

図 23 衛星による藻場、干潟分布調査の例

4) 今後取得が望まれるデータ

藻場や干潟の分布状況は季節単位の時間レベルで変化することが想定され、この時間密度で潜水調査を全国規模で行うことは現実的ではない。

全国規模の広域調査を同時期に行うためには、人工衛星による調査が考えられるが、精度の面では、潜水調査に劣るとされている(図 24)。一方、費用面においては潜水調査が最も高く、人工衛星は安価となっている(図 25)。

広域的な藻場や干潟の分布状況は、生物の生息場の情報のみならず、水質のシミュレーションを行う際の、栄養塩類の除去、溶存酸素の生産・消費等を計算する上でも重要である。

また、人工衛星の精度は潜水調査には劣るものの、昨今の AI による画像解析技術の向上と合わせて、今後精度は増していくものと推測される。

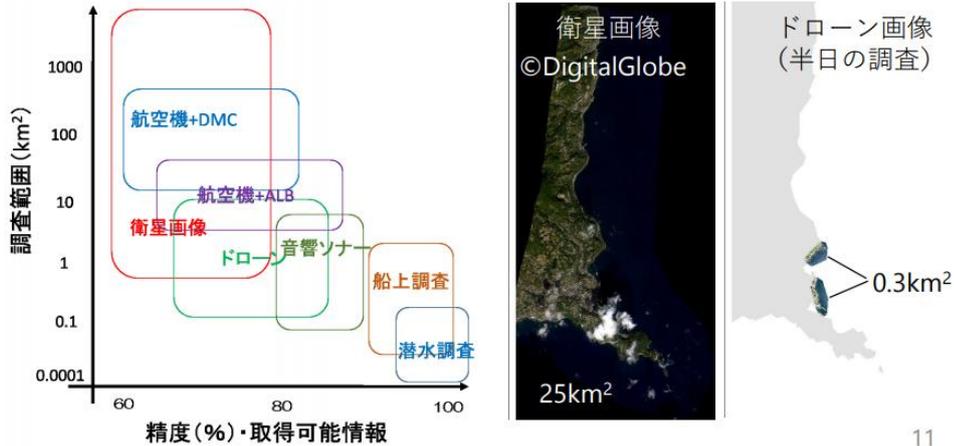
そのため、人工衛星による藻場干潟の分布状況の季節的な変化の把握や、併せて、「3.5.2 沿岸域の変化」に示した水質の自動観測を行うことが期待される。

藻場の変化や磯焼け対策のモニタリング

水産物が藻場に依存している都道府県や地先では、藻場分布の変化や磯焼け対策の効果を見るためにモニタリングが重要



人工衛星画像を用いれば、広域の藻場がモニタリングできる



出典：佐藤允昭，井下恭次，桑原久実（2020）：高解像度衛星画像を用いた沿岸域の海藻藻場分布の推定」第3回 先進光学衛星利用ワークショップ。

https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/conf/workshop/alos3ws_2020feb/2-3_5_sato.pdf

図 24 調査手法の違いによる精度と調査範囲

各調査手法の比較

	取得情報	調査範囲	コスト
潜水調査	◎	地先	自前：無料～ 委託：1,650万円/km ² ～
船上調査	○（使用機器による）	地先～湾	自前：無料～ 委託：330万円/km ² ～
音響ソナー	△（他調査と併用：○）	地先～小湾	自前：40万円～ 委託：20万円/km ² ～
ドローン +RGB	△	地先、小湾	自前：12万円～ 委託：40万円/km ² ～
ドローン +マルチ	?	地先、小湾	自前：90～140万円 委託：??
航空機 +DMC	△	湾、灘、単県	7万円/km ² ～（撮影のみ） 550万円/133km ² （撮影+オルソ画像作成）
航空機 +ALB	△	湾、灘、単県	30万円/km ² ～（撮影のみ） 700万円/22km ² 〔ALB測深および撮影・ 測深データ・オルソ画像作成〕
人工衛星	△	湾、灘～広域沿岸	無料、17万円/25km ² ～

出典：前川千尋，有馬史織，桑原久実，佐藤允昭，井下恭次，米澤泰雄（2019）「広域藻場のモニタリング技術と課題について」。

平成30年度磯焼け対策全国協議会。

https://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/attach/pdf/H30_isoyaketaisakukyougikai-4.pdf

図 25 調査手法の違いによる調査費の比較

(2) 水産資源の減少

1) 課題の概要

我が国周辺水域が含まれる太平洋北西部海域は、世界で最も生産量が多い海域であり、2018年には、世界の漁業生産量の21%に相当する約2,000万トンの生産量があるといわれている（国際連合食糧農業機関「Fishstat(Capture Production)」）。この海域に位置する我が国は、海面養殖業、沿岸漁業、沖合漁業、遠洋漁業と多様な漁業で1984年に1,282万トンの漁業生産量を挙げピークを記録した。その後、200海里時代の到来による遠洋漁業の撤退及び沖合漁業におけるマイワシの漁獲量の減少などにより、我が国の漁業生産量は2018年には442万トンまで大幅に減少している²⁷。

我が国の漁業生産量の大幅な減少は、漁業生産量の最も大きな割合を占めている沖合漁業（2018年には漁業生産量の約6割）における主要漁獲対象種（アジ・サバ類、マイワシなど多獲性浮魚類）の資源の減少が主な原因となっている。多獲性浮魚類は資源変動が激しい種で、なかでもマイワシについては、海水温等の変化が漁獲量の大きな変動に影響していると考えられているなど、海水温の上昇や海流の変化など海洋環境の変化が資源量の減少に起因していると考えられている²⁷。

従来、水産資源評価は、市場での漁獲物の調査、調査船による海洋観測及び漁獲調査などにより必要なデータを収集するとともに、漁業によるデータも活用して実施されている²⁷。このように資源量のベースは漁獲量であり、調査船や標本船で得られたサンプルを引き延ばして資源量とするが、それが正しいのかは誰にもわからないと有識者は考えている。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

水産資源評価は、水産分野において最重要課題となっているが、直接的に可視化することは現状では困難である。そのような状況の中、水産資源研究センターでは、調査船によって得られた水温・塩分、海流、仔稚魚等の調査結果を利用した水産資源の分布状況を推定するモデルを構築し、実用化されている。

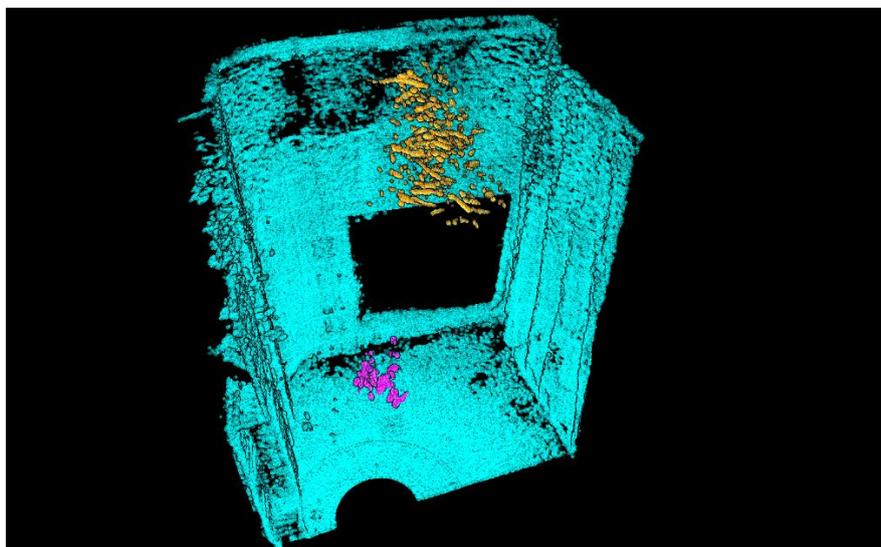
また、資源評価以外にも、(一社)漁業情報サービスセンターは水温・塩分、クロロフィル等のFRA-ROMS (<http://fm.dc.affrc.go.jp/fra-roms/>)等の結果を利用して漁海況情報を発表している。

一方、直接的な水中の可視化には、主に音響技術が使用されている。現在のほとんどの漁船に搭載されている魚探がその代表であるが、近年では、小型で高性能な音響機器である水中3Dスキャナーにより魚群や魚礁、藻場等の実態を三次元で効率的に把握する技術が進んでいる。

例えば、水中3Dスキャナーを用いた水産資源の可視化技術が、(一社)全国水産技術協会ニュースに以下のように紹介されている。

水中3Dスキャナーでは、従来の魚探で捉えることができなかった魚群の定量化が可

能であり、水中 3D スキャナーで捉えられた点群データは映像や肉眼で確認された魚群の実際の形状と概ね一致していることが実験で確かめられている（図 26）。さらに、水中 3D スキャナーによる音響データと ROV による映像や釣獲調査データを用いて、水中 3D スキャナーで捉えた点群データ（点群の体積と点群個体数）から魚群を定量化（単位体積尾数及び単位体積重量）する手法が確立され、さらにより精度の高い体積算出が検討されている²⁸。



出典：高島創太郎、古殿太郎、西林健一郎、大野敦生、西翔太郎、峯岸宣遠（2020）：水中 3D スキャナーによる水産資源の可視化技術のご紹介．JESTA NEWS, No. 67, pp. 2-7.

図 26 水中 3D スキャナーによるイワシの魚群

3) 観測センサーとの対比

人工魚礁などの構造物に蟄集する魚群などをモニタリングする観測センサー技術は前述のような技術が開発されているが、局所的であるとともに魚群が分布することが分かっている箇所での技術である。湾や沿岸域などある程度の広範囲における観測センサー技術は現状では確立されていない。

4) 今後取得が望まれるデータ

海洋環境で最も多く得られている情報である水温は、資源評価においては、資源変動を海洋環境から間接的に推定する場合、「過去の海洋環境はこうであったので、現在のこの状況は今後このように移っていくのではないか」という推定の、現状証拠を補完する項目として扱われている。

水産資源分野では「生物の情報」が必要であり、すべての水温・塩分といった物理データで解決できるものではない。これが他の海洋関係の分野と異なる独特な点となって

²⁸ 高島創太郎、古殿太郎、西林健一郎、大野敦生、西翔太郎、峯岸宣遠（2020）：水中 3D スキャナーによる水産資源の可視化技術のご紹介．JESTA NEWS, No. 67, pp. 2-7.

いる。

資源評価には、現在は漁獲対象魚種の漁獲データを利用しているが、「魚のいないところ」のデータも重要であるため、本来漁業を行っていない海域で調査船や標本船による調査を行い、その調査結果で（CPUE 側面からの）空白部分を埋めていく必要がある。

この「魚のいないところのデータ」を取得するには多くの漁業者の協力が必要と考えられるが、漁獲を伴わない（水揚げが無い）作業に漁業者の協力を得ることは難しいと考えられるため、まずは、データ取得のための協力体制を構築することが必要である。

（3）生態系への影響、生息域の変化、食害の増加

1) 課題の概要

地球温暖化による海水温の上昇が報告されているが、この海水温の上昇が主要因と考えられる現象、例えば、北海道でのブリの豊漁やサワラの分布域の北上、海藻の立ち枯れや種組成の変化、磯焼け、サンゴの白化等が顕在化するなど、海洋生物の生息・分布域に変化が生じている²⁷。

また、海水温の上昇は、南方性エイ類の分布域の拡大による二枚貝などの食害を増加させたり、海藻を餌とするアイゴ等の植食性魚類の活発化や分布の拡大による藻場への影響も確認されている。このように、海水温の上昇による海洋生物の生息・分布域の変化、食害の増加は生態系に与える影響は大きい²⁷。

さらに、海洋酸性化によるサンゴの白化、沿岸域の開発等による藻場・干潟の減少や赤潮や青潮の発生、海洋ごみやマイクロプラスチックの増加による海洋汚染、海中への構造物の設置による水中騒音なども生態系に影響を及ぼしている^{15, 27, 29}。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

生物に小型の発信機を取り付け、その行動を追跡するバイオテレメトリー調査は水産生物でも実施されていたが、近年、動物に記録計を取り付けてその行動を調べるバイオリロギングという手法が普及しており、海洋動物の生態研究にもよく使われている³⁰。

さらに、海洋生物そのものの生息域の生態や、定量的な情報ではないが、音響装置による魚の鳴き声から魚の種類別に存在を推測する方法などが考案されている。

藻場の分布状況調査については、現在、ドローンや航空機による撮影が多く実施されている。また、平成 21～25 年度の水産庁事業で人工衛星による撮影画像を解析して藻場面積の評価が実施された³²。

また、気候変動観測衛星「しきさい」の海洋観測データ（クロロフィル濃度）を用いて赤潮の発生状況を Web 上で確認するサービスも提供されている³¹。

²⁹ 高田秀重「海洋マイクロプラスチックの分布と生物への影響」、笹川平和財団海洋政策研究所 第 129 回海洋フォーラム。 https://www.spf.org/_opri_media/projects/docs/129KaiyoForum.pdf

³⁰ 笹川平和財団海洋政策研究所「海のジグソーピース No. 202 どうやって動物に装置を取り付ける？」、 <https://blog.canpan.info/oprf/archive/1941>

³¹ ウミトロンホームページ： <https://www.pulse.umitron.com/>

3) 観測センサーとの対比

バイオリギング手法は、電子装置や電池の小型化の恩恵をうけて、親指より小さい行動記録計も開発されてきた³⁰。

人工衛星による藻場面積の評価については、前述の水産庁事業では JAXA の地球観測衛星 ALOS が撮影した画像の解析と、藻場の過去の分布状況等の情報からそれぞれのタイプの藻場面積が算出されている³²。

4) 今後取得が望まれるデータ

海洋の各問題が生態系に与える影響を検討するためには、生態系に影響を与える各問題への対応に必要なデータを揃えなければならない。換言すれば、生態系への影響を検討するために今後取得が望まれるデータは、前出の各問題において今後取得が望まれるデータとなる。

(4) 海洋保護区の設定

1) 課題の概要

海洋保護区を含む保護地域システムは、生物多様性条約において生息域内保全 (*in-situ* conservation) の手段の一つとされている。2010 年に開催された生物多様性条約 10 回締結国会議 (COP10) では、生物多様性の損失を止めるための効果的かつ緊急な行動を実施するための戦略計画として「生物多様性戦略計画 2011-2020」が採択され、20 の個別目標 (愛知目標) が設定された。その中で、2020 年までに海域の少なくとも 10% が保護地域システム等による保全されることが目標 11 として位置づけられている³³。

2020 年 12 月 3 日に沖合海底自然環境保全地域が指定されるまで、わが国において海洋保護区に該当する海域は 8.3% に留まっていたことから、わが国では後述する「生物多様性の観点から重要度の高い海域 (重要海域)」の抽出や検討会による検討、答申を経て、2020 年 12 月 3 日に伊豆・小笠原海溝、中マリアナ海嶺・西マリアナ海嶺北部、西七島海嶺、マリアナ海溝北部の 4 地域が沖合海底自然環境保全地域として新たに設定された。これによりわが国の海洋保護区面積は管轄圏内の 13.3% となり、愛知目標 11 において定められた面積目標を達成した。これら沖合海底自然環境保全地域は総面積が 22.7 万 km²、水深は最大で 1 万 m 程度に及んでいる³⁴。

海洋白書や環境白書においては、海洋保護区の設定は生物多様性の劣化という問題への対策として位置づけられており、海洋保護区それ自体に関する課題は記載されていない。

³² 堀正和・桑江朝比呂 (編) (2017) : ブルーカーボン, 地人書館.

³³ 環境省「戦略計画 2011-2020 のビジョンとミッション及び個別目標 『愛知目標』」https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/aichi_targets/index_02.html

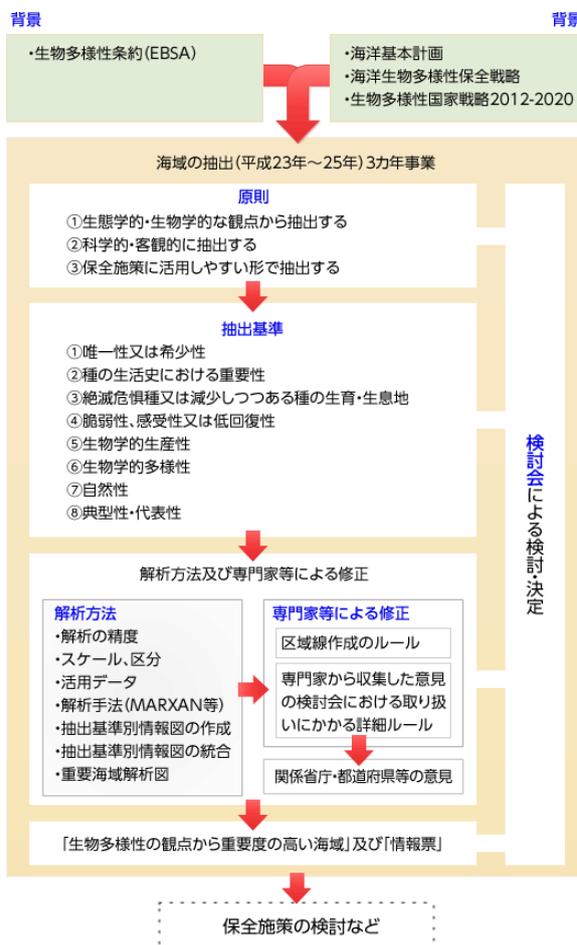
³⁴ 環境省「沖合域における海洋保護区の設定に向けた検討について」<https://www.env.go.jp/nature/naturebiodic/kaiyo-hogoku.html>

2) 可視化に向けた現状の取り組み

ア) 重要海域の抽出

海洋保護区の設定に向けて、環境省は2011～2013年度に前述した「重要海域」の抽出・地図化を図27のプロセスに基づき行っている。重要海域の抽出は表6に示す8つの基準に基づいており、「沿岸域」「沖合表層域」「沖合海底域」のそれぞれについて、海底地形や海流などの物理環境データ及び生物の分布データ等に基づき抽出が行われている³⁵。しかしながら、重要海域の抽出に用いられているデータは保護区設定のための調査ではなく、既存の海底熱水鉱床の調査結果を利用するなど、既存の資料から設定しているのが現状である。

調査結果はWebGISとして、環境省ウェブページに掲載されているほか(図28)、それぞれの重要海域における基礎的な環境情報(干潟・藻場・サンゴ面積等)や解析に用いた種のリスト等が掲載されている。重要海域のGISデータは海しる(<https://www.msil.go.jp/msil/Htm/TopWindow.html>)にも掲載されており、その他の海洋情報との重ね合わせが可能となっている。



出典：生物多様性の観点から重要度の高い海城ウェブサイト

<http://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/kaiiki/kaiiki/index.html>

図27 重要海域の抽出方法

³⁵ 環境省 (2013) 平成23年度、平成24年度の重要海域抽出にかかる結果 (平成25年度 第1回重要海域抽出検討会 参考資料1) . <https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/ima/conf/06/ref01-1.pdf>

表 6 重要海域の抽出基準

基準	定義	適用例
1. 唯一性、又は希少性	次のいずれか、又は複数を含む地域、 (i) 唯一性（ある種の唯一の分布域）、希少性（特定の地域にのみ分布）又は固有性を持つ種、個体群、又は生物群集 (ii) 唯一性、希少性を持つ、又は特異な生息地・生態系 (iii) 唯一又は独特な地形学的又は海洋学的特徴を持つ場所	1a 固有種の分布域 1b 種の唯一の生息地等 1c 特異・希少な生態系
2. 種の生活史における重要性	個体群の存続・生息/生育のために必要な場所	2a 種の生活史に重要な場所 2b 遺伝的多様性を維持するための連続性
3. 絶滅危惧種又は減少しつつある種の生育・生息地	絶滅危惧種及び減少しつつある種の生育・生息地やそれらの種が回復するのに必要な生息地。又は、それらの種が集中する場所	3a 絶滅危惧種の生育・生息地
4. 脆弱性、感受性又は低回復性	（人間活動又は自然事象による劣化・消失に非常に影響を受けやすいなどの）機能的脆弱性をもつセンシティブな生育・生息地や種が、高い割合で見られる場所。また回復に時間がかかる場所	4a 低回復性の種・生態系 4b 脆弱性・感受性の高い種・生態系
5. 生物学的生産性	高い生物学的生産性を持つ種、個体群、又は生物群集を含む場所	5a 栄養塩を起源とした生産性の高い場所 5b 化学合成生態系
6. 生物学的多様性	高い生態系の多様性（生息・生息地、生物群集、個体群）、又は高い種の多様性、又は高い遺伝的多様性を含む場所	6a 種の多様性 6b 生態系の多様性 6c 遺伝的多様性
7. 自然性	人間活動による攪乱又は劣化がない、又は低レベルである結果として、高い自然性が保たれている場所	7a 人の影響が及びにくい場所 7b 人為改変・影響の少ない場所
8. 典型性・代表性	我が国の代表的な生態系や生物群集などの特徴を典型的に示している場所	8a 典型的・代表的な生態系や生物群集などの特徴を示している場所 8b 典型的・代表的な物理環境の特徴を示している場所

資料：環境省（2013）平成 23 年度、平成 24 年度の重要海域抽出にかかる結果（平成 25 年度 第 1 回重要海域抽出検討会 参考資料 1）より作成

<https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/ima/conf/06/ref01-1.pdf>



出典：環境省 生物多様性の観点から重要度の高い海域ホームページ
<http://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/kaiiki/kaiiki/index.html>

図 28 環境省「生物多様性の観点から重要度の高い海域」ウェブページ

1) 海洋保護区のモニタリング

設定された保護地域による保全効果の把握には継続的なモニタリングが必要となる。沖合海底自然環境保全地域は2020年12月3日に新たに設定された保護区であるため、現段階では保全効果の把握を目的とした継続的なモニタリングは行われていない。この点について、答申では「海洋保護区の指定後も生物多様性の保全に資する情報の収集を継続し、データの蓄積や調査研究を行う」ことが管理の向上のために必要である旨が述べられている³⁶。

他方、外洋における環境・生物データを取りまとめたデータベースは複数存在しており、例としてJAMSTECでは沖合海底自然環境保全地域に指定されている地域を含む外洋で得られたデータを、J-OBIS (<http://www.godac.jamstec.go.jp/j-obis/>) やデータ・サンプル探索システム (<http://www.godac.jamstec.go.jp/darwin/>) 等のデータベースにおいて公

³⁶ 中央環境審議会（2019）生物多様性保全のための沖合域における海洋保護区の設定について（答申）。
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/110591.pdf>

開している。しかし、外洋における長期的なモニタリングは沿岸域と比べて実施例が少なく、日本長期生態学研究ネットワーク (<http://www.jalter.org/>) においても、海洋のモニタリングサイトは沿岸域に限られている。

3) 観測センサーとの対比

外洋におけるセンサーを用いたリアルタイムモニタリングとしては、各種海底ケーブルによる観測が行われているが、これらは地震観測を主目的とした設備であり、観測項目が限られている。また、フロートタイプの機器についても、外洋に展開されているものの測定項目は水深・水温・塩分・波高に限られる（表 7）。そのほか、調査船による観測も行われているが、海洋保護区に特化したリアルタイム観測は行われていないのが現状であり、特に生物に関してはスポット、研究的な調査のみが行われている。

表 7 領海外で観測が行われているプラットフォーム（船舶除く）

区分	プラットフォーム名	観測項目								
		水深	水温	地震	水圧	津波	地中温度	流向流速	塩分	波高・波向
Line	DONET	/	○	○	○					/
	室戸岬沖海底地震総合観測システム	/	○		○		○	○	○	/
	S-Net	/		○	○					/
	北海道釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」	/	○	○	○	○	○	○	○	/
	高知県室戸岬沖「海底地震総合観測システム」	/	○	○	○	○	○	○	○	/
	ケーブル式常時海底地震観測システム	/	○	○		○				/
	相模湾地震観測施設	/		○	○					/
海底ケーブル・インライン式地震計（釜石沖）	/	詳細不明							/	
Float	Argo Float	○	○	/		/	/		○	
	深海アルゴ	○	○	/		/	/		○	
	漂流型海洋気象ブイロボット		○	/		/	/			○

注：斜線は各プラットフォームの特徴に照らして測定不可能と考えられる項目を示す。

4) 今後取得が望まれるデータ

上記のとおり、現状では設定された海洋保護区による保全効果の把握を目的とした継続的なモニタリングは行われていない。対象範囲が深海に及ぶ沖合海底自然環境保全地域においては、沿岸域と比べてアクセスが困難であり、大型調査船や無人探査機等が必要となるなど、継続的なモニタリングの実施に対する制約が大きいことが指摘されている³⁷ことから、深海域において効率的な生態系のモニタリング手法の確立が望まれる。

³⁷ 独立行政法人環境再生保全機構（2020）：令和2年度戦略的研究開発課題（SII-7）の公募方針。
https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/pdf/r02_s2-7_houshin.pdf

これに関連して、環境研究総合推進費では「新たな海洋保護区（沖合海底自然環境保全地域）管理のための深海を対象とした生物多様性モニタリング技術開発」（SII-7）が2020年に採択されている。SII-7では、生物情報等をモニタリングするための手法として、①画像解析を通じた映像によるモニタリング法の構築、②環境DNAを用いたメタバーコーディング法の構築、③メタゲノム解析技術を用いた微生物群集変動把握手法の構築が個別目標とされている。また、近年は生態系のモニタリングに音響探査を活用することも提案されている³⁸。

沖合海底自然環境保全地域は物理・生物両面での基礎的なデータが少ない中検討が進められてきたため、答申においてはデータの蓄積や調査研究を行うことで順応的な海洋保護区の見直しを進められるようにする必要がある旨が述べられている³⁶。加えて、今後新規保護区の拡張等を行うことも想定されている³⁹。効果的な海洋保護区の設定のためには、生態学的・地理学的に意味のある境界線を設定することが重要であるが⁴⁰、専門家へのインタビューにおいても、外洋域では表層から下の物理データ（水温、塩分、流況、Chl-a等）や一定の精度を有する海底地形データ等が不足していることが指摘されている。生物多様性の生息域内保全にとって効果的な海洋保護区の設定を行っていくためにも、効率的な技術開発の促進・展開を行うと同時に、これら基礎的なデータ取得の時空間密度を向上させていくことが重要である。

³⁸ Lin, T. H., Chen, C., Watanabe, H. K., Kawagucci, S., Yamamoto, H., & Akamatsu, T. (2019). Using Soundscapes to Assess Deep-Sea Benthic Ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(12), 1066-1069.

³⁹ 環境省 (2020) : 令和3年度環境省重点施策集. <https://www.env.go.jp/guide/budget/r03/r03juten-sesakushu.html>

⁴⁰ WRI/IUCN/UNEP (1992) : Global Biodiversity Strategy. http://pdf.wri.org/globalbiodiversitystrategy_bw.pdf

3.5.6 新たな開発行為（再生可能エネルギー・深海開発）

1) 課題の概要

近年、新たな可能性を有する海洋資源開発や海洋エネルギー開発への期待が高まり、欧州等では海洋を活用した再生可能エネルギーの導入拡大の動きが見られる⁴¹。

我が国においても、脱炭素社会の実現に向けて、2050年カーボンニュートラルが宣言され、再生可能エネルギーとしての海洋エネルギーへの期待もある。

ア) 再生可能エネルギー分野における課題

海に囲まれたわが国では、海域において利用可能な再生可能エネルギー（以下、海洋再生可能エネルギー）の賦存量は大きく、陸域以上のポテンシャルが見込まれている。その推進はわが国のエネルギー政策、そして温室効果ガスの排出削減による持続可能な低炭素社会構築の観点からも重要な課題である。このため洋上風力、波力、潮流、海流、海洋温度差等の海洋再生可能エネルギーを利用した発電技術を早期に実用化し、わが国におけるエネルギー供給元のひとつとして活用していける環境の整備に、政府一丸となって取り組んでいく必要がある。一方で、わが国の海洋再生可能エネルギーの利用は先行する欧米と比較すると極めて限定的であり、また技術開発についてもその件数や実験レベルにおいて大きく水を開けられている⁴¹。

イ) 深海開発分野における課題

日本の領海及びEEZの面積の約8割を占める水深1,000mを超える深海底には、メタンハイドレート、銅・亜鉛・鉛・金・銀などを高濃度で含む海底熱水鉱床、ニッケル・コバルト・白金などを含むコバルトリッチクラスト、銅・ニッケル・コバルトを含むマンガン団塊、レアアースを含むレアアース泥など、潜在的な海底鉱物資源が存在していることがわかってきた。それらの資源を活用するには、科学的知見に基づく資源の分布を把握することと、陸域での資源開発以上に高度な技術面の課題を克服することが必要となる⁴¹。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

海洋再生可能エネルギーの可視化に向けた取組として、洋上風力発電では、環境省のウェブサイト「再生可能エネルギー情報提供システム」(<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/>)で導入ポテンシャルマップが閲覧可能となっている。また、「海洋状況表示システム（海しる）」でも導入ポテンシャルのマップは閲覧可能である。洋上風力発電以外では、NEDOが2011年にエネルギーの種類別にポテン

⁴¹ 笹川平和財団海洋政策研究所（2020）：海洋白書2020。
<https://www.spf.org/opri/projects/information~white-paper.html>

シャルマップを作成している⁴²。

深海開発分野では、対象海域が非常に深いことから、高度な観測技術を要する。SIP「革新的深海資源調査技術」において、広く海洋鉱物資源に活用可能な水深 2,000m 以深の海洋資源調査技術、生産技術等の開発・実証に向けた取組が進められている¹⁴。

3) 観測センサーとの対比

観測センサーとの対比状況は、表 8 に示すとおりである。

表 8 観測センサーとの対比状況（新たな開発行為）

分野		必要な観測項目	観測センサーの状況
海洋再生可能 エネルギー分野	洋上風力	海上風速	観測とモデル予測の併用によって適地選定が行われる。陸上ではアメダス等の観測網が充実しているが、海上風速の測定は沖合ブイによる観測や多大なコストを要するドップラーライダーによる観測が必要である。
	波力	波浪	観測とモデル予測の併用によって適地選定が行われる。3.5.1 で示したように、気象庁やNOWPHASによる観測網が充実している。
	潮流	流速（沿岸域）	観測とモデル予測の併用によって適地選定が行われるが、長期の流速観測の事例は多くない。
	海流	流速（外洋域）	
	海洋温度差	水温	観測とモデル予測の併用によって適地選定が行われる。海面と海底の水温データが必要であるが、海底の水温観測の事例は多くない。
深海開発分野		水温、塩分、流速、水質、底質等	深海観測については、基本的に定常的なセンサーはなく、AUV や ROV などスポット的な観測が行われる。

4) 今後取得が望まれるデータ

洋上風力発電の開発が先行しており、その他のエネルギー種（波力、潮流、海流など）の導入検討を進めるためには、発電適地の検討や発電量を算出するために必要なデータや、環境影響評価等に必要なデータ（海域利用状況、海底地形、海底底質、潮流、水温、生物生息分布）の充実が望まれる。

深海資源開発に関連して、経済産業省は環境影響評価のあり方について検討するとされており⁴¹、深海における調査手法の確立とデータの公開・共有が望まれる。

⁴² NEDO（2010）風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務 平成 22 年度成果報告書

3.5.7 政策（海洋権益、安全保障、海洋状況把握、違法操業、密漁、不審船）

1) 課題の概要

我が国の領海や排他的経済水域を含め我が国周辺海域を取り巻く情勢は一層厳しさを増し、我が国の海洋権益はこれまでになく深刻な脅威・リスクにさらされている状況にある。例えば、外国公船による領海侵入、外国軍艦による領海内の航行等の活動の活発化及び活動範囲の拡大、外国漁船等の違法操業及び漂着・漂流、外国調査船による我が国の同意を得ていない排他的経済水域内の海洋調査活動、我が国を飛び越える弾道ミサイル発射や我が国の排他的経済水域への弾道ミサイル発射を始めとする北朝鮮の挑発行動、大量破壊兵器・弾道ミサイル関連物資の輸送活動等が挙げられる⁴⁴。

2) 可視化に向けた現状の取り組み

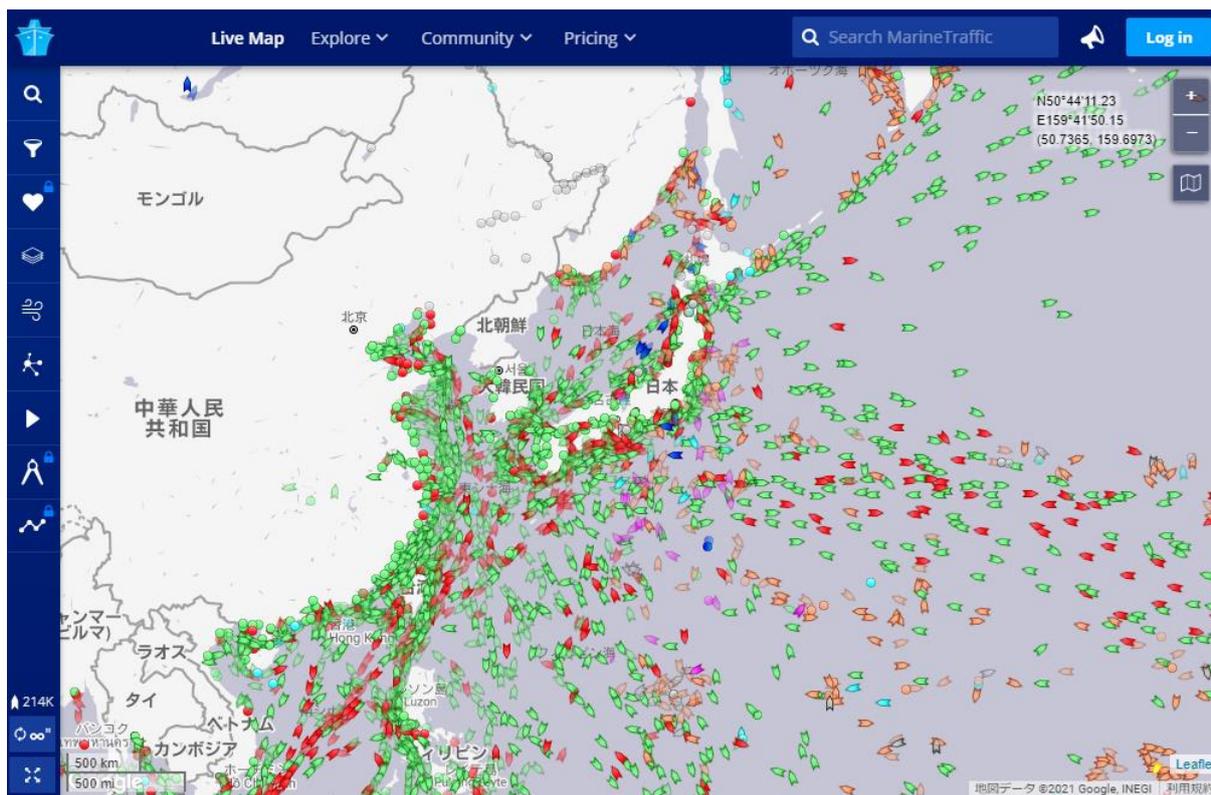
海上保安庁では、海底地形、地殻構造、底質及び低潮線等の海洋調査を重点的に実施し、基礎情報の整備を実施。海洋情報の所在を一元的に収集・管理・提供する「海洋情報クリアリングハウス」を運用し、様々な海洋情報を地図上に重ね合わせて表示できるウェブサービス「海洋状況表示システム（海しる）」を構築している⁴⁵。

3) 観測センサーとの対比

船舶自体をリアルタイムで監視するセンサーは無いが、主要な湾や海峡部では海上保安庁の海上交通センターが設置され、レーザーシステムによる監視を行っている。また、自動船舶識別装置（AIS）が搭載されている船舶の位置情報については、リアルタイムで船の位置等の情報が集約されたウェブサイトがある（例えば、Marine Traffic (<https://www.marinetraffic.com>)、図 29)。

ただし、AIS を搭載していない小型の船舶も多くあり、違法操業、密漁などの不審船の対策としては、海ごみの節で述べた高解像度の光学地球観測衛星による監視と正常な船舶の AIS 情報とを組み合わせることによって取締り行う方法が英国でも研究されている。

⁴⁴ 国土交通省（2019）令和 2 年版 国土交通白書。
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r01/hakusho/r02/pdfindex.html>



出典：Marine Traffic ウェブページ
<https://www.marinetraffic.com/>

図 29 Marine Traffic のウェブページ

4) 今後取得が望まれるデータ

引き続き現状の対応を継続するとともに、いくつか機関で整備されているプラットフォームの位置づけの明確化、必要に応じて統合・一元化が必要である。専門家インタビューによれば、データは統合化（中央集権のクラウド）するよりも、各地域で分散するデータ管理をグリッド的に進めた方が実効的であり、現在の「バラバラ」な状況を生かして、横にデータを連携する仕組みを考えるべきとの意見もあった。また、データの取得に関しては、政府機関や研究機関の船舶の数は限られるので、民間の船舶、漁船、定期旅客船などによるデータ収集も海洋状況把握に有効との意見があった。

3.5.8 その他の共通事項

海域に係る環境データに共通している課題として、専門家へのインタビューの結果、詳細な海底地形図が必要との意見が多く出た。近年ではマルチビーム測量により、これまで線的に調査が行われていた地形測量が、面的に行うことも可能となることから、詳細な海底地形図の作成が望まれる。海底地形については、GEBCO (The General Bathymetric Chart of the Oceans) が全世界の海底地形図の提供を行っており、我が国では、日本財団が、「日本財団-GEBCO Seabed 2030」として、2030年までに全地球の海底地形図を100%完成させることを目指す国際的なプロジェクトを推進している⁴⁴。

各種環境データについては、水面は人工衛星で水温や Chl-a 等についてはある程度カバーできるものの、水柱のデータは船舶等により調査せざるを得ないが、鉛直方向も含めた、時空間的に密な調査が必要との意見もあった。

また、船舶による調査に関しては、国や大学にある研究船に限られるため、民間の船にセンサーを搭載することにより、データの収集を行えるとよいとの意見もあった。

なお、これらのデータを収集できたとしても、それを整理し、データベースとして構築するための仕組みも必要となる。そのため、データを取りまとめ、公開する専門組織の設置も必要ではないかとの意見もあった。データの公開に際しては、利用者のニーズに沿うことが重要であり、研究に用いるためにはデータ精度の担保も必要となる。

⁴⁴日本財団プレスリリース「「日本財団-GEBCO Seabed 2030」始動から2年10カ月 地図化された世界の海底地形は6%から19%へ」。 <https://www.nippon-foundation.or.jp/who/news/pr/2020/20200621-45287.html>

3.6 まとめと今後の展開

本調査によって、海洋には海洋ごみ、温暖化、マイクロプラスチックゴミ、海洋酸性化、富栄養化、水産資源の減少、干潟藻場の減少、海洋権益、安全保障、密漁といった課題があることが確認された。

海洋観測を行うプラットフォームとしては、定点に設置して観測しているものや、ブイのように移動しながら観測できるものなどがあり、これらのプラットフォームには、水温、塩分などの各種センサーが設置されていることが確認できた。一方、物理的な項目については、水温や塩分センサー等が存在するものの、化学的な項目（例えば、栄養塩等）については採水分析が主となり、生物的な項目については、衛星等による画像解析は一部あるものの、目視や漁獲量といった人の手による観測が行われている状況であった。

また、専門家へのインタビューでは、海洋観測のプラットフォームについては、さらに多点での配置を望む声も多く、海底の地形でさえ充実していない状況であるといった更なる観測内容等の充実を望む指摘もあった。調査結果についても、複数の Web サイトに分散されている状況であり、これらに横断的に情報を収集し一元化するシステム構築や一元的に管理する組織の設置などの要望もあった。

今後の課題としては、本年度収集したプラットフォームの位置情報に基づき、どの場所でどんな調査を行っているか視覚的に把握できるようにするため、WebGIS でのプラットフォーム情報を表示するシステム構築や、海外ではどのようなプラットフォームを構築しているか、さらに詳細な調査を行うことが望まれる。

資料編

1. 海外情報の整理

海外における海洋観測プラットフォーム及び海洋情報データベースの整備状況について、米国、英国及び仏国を対象にインターネットでの検索により情報を収集した。調査結果は付表 1～3 に示すとおりである。

付表 1 米国の情報

No.	プロジェクト／ネットワーク名	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
1	ARP Arctic Research Program	https://www.arctic.noaa.gov/Research	北極圏に一連の気候観測ネットワーク（海、海水、大気）を設置。北極圏の天気予報をサポートし、海水の浮遊の方向と速度を予測し、鳥、哺乳類、魚種に影響を与える可能性のある生態系構造の変化を検出。	海、海水、大気	北極圏	稼働中	1. フリーアクセス（ただし、データの信用性が担保されるまで、ケースに応じて、情報共有を限定） 2. 試験データ期間中は、調査、QA/QC 目的によって、データ取得リクエスト Link を通じて、ケースバイケースで情報共有に応じる場合がある 3. 海洋地理データは、NOAA-NCEI National Oceanographic Data Center (NODC) を通じて公開。NCEI の Geoportal を通じて、一般情報公開、情報アクセス方法を調整	当該機関及びプロジェクト別の関係者間の精度検証が求められる
2	Argo Program	https://globalocean.noaa.gov/Research/Argo-Program	アルゴプロジェクト、データは JCOMMOPS に提供	水深、水温、塩分	全球	稼働中	フリーアクセス（ただし、出版物等で引用の場合、事前通知必要。注釈には、規定文を掲載の必要性あり）	精度検証については、方針等、確認できず。世界の海洋域 4, 000 箇所を設置されているプロフィール・フロートから受信されたデータは、取得から数時間のうちに一般情報公開される。精度を上げるため、フロートのセンサー技術は、恒常的に改良されている模様。30 か国以上の加盟国の技術者で構成される Argo Steering Team 及び Argo Data Management Team の国際チームが運営

No.	プロジェクト／ネットワーク名	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
3	Glider Network	https://gliders.ioos.us/map/	カルフォルニア大学スクリップス海洋研究所が開発した水中グライダーを用いた、水質の係留観測を行う。米国統合海洋観測システム(IOOS)がデータ管理をしている。	CTD センサー(導電率、温度、深度)、蛍光光度計、ADP(音響ドップラープロファイラー)、後方散乱センサー、ISUS(硝酸塩)ユニット、水深計	米国西海岸、ソロモン海、米国東海岸、ガラパゴス、西インド洋、メキシコ湾、太平洋西部	稼働中	Rehabilitation Act (同改正法) Section 508 を遵守し、健常者であれ、身体障害者であれ、アクセス、利用の自由を容認	1. U.S. IOOS National Glider Assembly Center (NGDAC) の場合、個人グライダー管理者による NetCDF なる専用ファイルを受理し、(精度検証、コンプライアンス遵守などが確認された後) NGDAC のデータベースにアップロードされる。さらに当該データは、世界の気象データが集積される The Global Telecommunication System (GTS) に反映される。
4	Global Drifter Program	https://globaldrifter.noaa.gov/Research/Global-Drifter-Program	データブイ協力パネル(DBCP)の科学プロジェクトで1300を超える海面漂流ブイ観測	混合層流、海面温度、大気圧、風、塩分	全球	稼働中	同上	1. Global Drifter Program (GDP) の観測ブイから得られるデータは、以下のように、いくつかの形態から成る。 (1) Real Time Drifter Data (2) Six-Hourly Interpolated Drifter Data (3) Hourly Interpolated Drifter Data 2. 本プログラムは、基本的に次世代の海洋観測者を育てるための教育プログラムであり、世界的にどの教育機関の教官でも申請すれば、特定の Drifter の観測データをクラスの子に共有出来る。

No.	プロジェクト／ネットワーク名	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
5	GTMBA Global Tropical Moored Buoy Array Program	https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/	エルニーニョ、南方振動 (ENSO) など気候調査・予測のための係留観測。 日本のトライトンブイ観測が該当。	水深、水温、塩分	全球 (太平洋の TAO / TRITON アレイ、大西洋の PIRATA、インド洋の RAMA)	稼働中	1. フリーアクセス 2. データ利用に当たっては、出典元 (the GTMBA Project Office of NOAA/PMEL) を明らかにし、引用した出版物の写しを当該オフィス及び同 TAO Project Office への提供が義務付けられている	1. GTMBA データは、(1) Real Time ATLAS Data, (2) Delayed Mode ATLAS Data, (3) Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) データから成る。 2. 当該データは、厳格な品質管理分析に基づき、精度確認が行われている。取扱いデータに応じて、品質管理の頻度は異なる。
6	Global Ocean Carbon Network	https://globalocean.noaa.gov/Research/Ocean-Carbon-Network	海面から海洋内部までの炭素を、空間的および時間的スケールの範囲で長期的に観測	水温、塩分		稼働中	1. Ocean Carbon Data System (OCADS): エネルギー庁からの予算拠出が途絶えたことにより、2006年9月30日付で所管の Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC-Oceans) は閉鎖された。CDIAC-Oceans データの一般情報公開は、2017年9月30日まで。 2. CLIVAR and Carbon Hydrographic Data Office (CCHDO): 規格化されたコミュニティ・フォーマット (WHP-Exchange, WOCE, and netCDF) の形態で、情報公開。ただし、データ取得希望者には、ID、パスワードが付与され、初めてアクセス可能となる (Access on Demand)。	1. OCADS: 規定のメタデータ提供フォームにおけるスプレッドシート C 様式にメタデータを入力、他所定のデータファイルを作成し、NCEI 担当官宛にメール送信して提供 2. CCHDO: 提供データは、機密情報であってはならず、公開情報でなければならない。CCHDO のオンライン申請 URL より、オープン形式のフォーマットでのみ提供可。

No.	プロジェクト ／ネットワーク 名	URL	概要	観測対象	地域・地点 数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
7	OceanSITES Ocean Reference Stations	https://globalocean.noaa.gov/Research/Ocean-Reference-Stations-OceanSITES	海上気象観測点	気象、海水温		稼働 中	1. アメリカ海洋大気庁傘下の GOMO (Global Ocean Monitoring and Observing) は、以下の OCEANSITES 係留観 測ブイの運用をサポート： WHOTS, NTAS, Stratus, CCE, KEO, SAM 2. それぞれの URL を通じて、 データを情報公開： Rehabilitation Act (同改正 法) Section 508 を遵守し、健 常者であれ、身体障害者であ れ、アクセス、利用の自由を 容認	外部からのデータ受け有 無、精度検証の有無などに関 わる方針は、確認できず。

(6)

No.	プロジェクト／ネットワーク名	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
8	Ship Based Investigations: U.S. GO-SHIP	https://usgoship.ucsd.edu/	2003年から実施されている海洋船観測	塩分、無機栄養素、溶存無機炭素、全アルカリ度、およびCFC	全球	稼働中	<p>1. CLIVAR and Carbon Hydrographic Data Center - CCHDC (その他、ボトル・データについては、CTD) を通じて、データが集積、情報公開されている。データ利用条件の詳細については、確認できず。</p> <p>2. 収集データは、データの実用化が確認された時点で公開される Early Release データ、データ改良 (Calibration) が完了した段階で公開される Calibrated データの2段階で、情報公開される。International GO-SHIPS は、主要調査主体に早期 Calibration を要求していないが、WOCE (世界海洋循環実験計画) の規定のように、2年以内の Calibration を遵守する協力国が多い。</p>	1. 主要調査主体が、データの収集、分析、改良、文書化、データ・アッセンブル・センターへのデータ提供の責任を持つ。データ・アッセンブル・センターが、データの統合、検証、データ・フォーマットの調整、オンライン・サイトを通じたデータ広報、文章化、更なる品質管理 (QC)、NODC へのアーカイブ保存の責任を持つ
9	GLOSS Global Sea Level Observing System	https://globalocean.noaa.gov/Research/Sea-Level-Monitoring	全球海面観測データのネットワークシステム			稼働中		

No.	プロジェクト ／ネットワーク 名	URL	概要	観測対象	地域・地点 数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
10	TPOS Tropical Pacific Observations Systems	https://globalocean.noaa.gov/Research/Tropical-Pacific-Observing-System	エルニーニョ、南方振動（ENSO）など気候調査・予測のための観測。	衛星観測、流向流速、気象、クロロフィル濃度、微粒子後方散乱、酸素および栄養素		稼働中		
11	XBT High Density eXpendable BathyThermographs	https://globalocean.noaa.gov/Research/XBT-Network	XBT を用いた海水温の鉛直分布観測	海水温、水深		稼働中		
12	National Water Level Observation Network.	https://www.tidesandcurrents.noaa.gov/nwlon.html	NOAA が運営する米国全国水位観測ネットワーク 維持管理は NOS	海洋、気象	米国全土 210 ステーション	稼働中		

付表 2(1) 英国の情報 (BODC)

No	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
1	MERMAN Marine Environment Monitoring and Assessment National	https://www.bodc.ac.uk/projects/data_management/uk/merman/	英国の沿岸域と河口域における環境モニタリングプログラム (CSEMP) のデータベース。 BODC は MERMAN のデータマネージャーとして機能。イングランドとウェールズでは環境・水産・養殖科学センター (CEFAS)、スコットランドでは海洋スコットランドセンター (MSI) が管理している。	水質・底質・生物相の汚染物質、栄養塩 (硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩、およびアンモニア) を分析している。	英国海岸線周辺約 1000 地点	2006 年～現在	1. 無料入手可能：2006 年 9 月～最新 2010 年 4 月までの Assessment Data が入手可能 (ただし、Public Data Supply Agreement の事前締結が必要)、The Clean Seas Environment Monitoring Programme (CSEMP) Assessment Viewer Tool を介して、入手可能	当該機関による精度確認プロセスがある模様。データの提供手法、形式の詳細については、確認できず。
2	UK Tide Watch Network	https://www.bodc.ac.uk/data/hosted_data_systems/sea_level/uk_tide_gauge_network/	環境庁 (EA) が主幹となって実施。National Tidal & Sea Level Facility (NTSLF) の一部。	潮位	英国本土沿岸域 43 地点	1995 年から現在	1. 1915 年から最新 2020 年 8 月までのプロセス・データが無料で入手可能 (うち最新データは、リクエスト申請ベース) 2. 年間、月間の平均潮位データについては、次の URL から (https://www.psmsl.org/) 取得可能	1. BODC の Data Officer 宛、または、特定プロジェクトの BODC コンタクト先への Email (WinZip などの圧縮データ・ファイルの形式)、同郵送 (DVD, CDROM, ディスク等) など 2. 当該機関による精度確認がある模様

付表 2(2) 英国の情報 (Met Office)

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
1	Climate monitoring of the oceans and sea-ice	https://www.metoffice.gov.uk/research/monitoring/oceans-and-sea-ice	海面と海面下の両方での海水温の観測。塩分、および海氷状態は、地球規模の気候変動と変化に関するアドバイスを提供するために使用される。	海面温度；海氷；海面下の温度と塩分。			1. 北極海の海氷データに関しては、Met Office Hadley Centre Observations datasets (HadISST) (URL: https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/en4/)を通じて、無償公開されているが、科学調査、個人調査に利用用途が限定され、Terms and Conditions の事前承諾が必要。また、引用に際しては、Version の明記が求められ、注意書きの規定文がある。 2. 北極海の海氷の状況に関しては、その他、毎年特定月（不定期）の Brief Report がフリーアクセスで入手可能 (URL: https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/monitoring/sea-ice/index#briefings)	データ提供に係る形態、方法等の規定、捕捉できず。
2	Met Office Hadley Center 観測データセット EN4：品質管理された海面下の海水温および塩分プロフィールと客観的分析	https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/en4/	海面下の海水温および塩分プロフィール生データは入手できていないが、各観測データを基に全球に適用した加工データのようなものである。	海面下の海水温および塩分プロフィール		1990年から現在	1. Terms and Conditions の事前承諾により、収集データは、British Atmospheric Data Centre を通じて、無償提供されているが、科学調査と個人利用に用途を限定している。なお、公開データの一部について、情報蓄積の連続性に不備があるため、要注意。引用に当たっては、Version の明記、及び要注意事項にも関わる注意書きの規定文あり。	データ提供に係る形態、方法等の規定、捕捉できず。

付表 3 仏国の情報

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
1	SISMER	http://en.data.ifremer.fr/SISMER	Ifremer が実装を担当する多数の海洋データベース				<p>1. 45 種前後の海洋地理関連データ、データベース取扱い</p> <p>2. Intergovernmental Oceanographic Commission の IODE (International Oceanographic Data Exchange) プログラム、Argo, Gosud などの観測プログラム、その他、SeaDataNet、EMODNET などの欧州プラットフォームとの情報共有促進</p> <p>3. 引用する場合の出典明記義務、DOI (デジタル・オブジェクト識別子) の表記を奨励</p>	<p>1. 信用性の担保のため、データは規格化、または、品質管理システムに基づき、本組織のデータ・マネジャー、科学者チームによるデータ管理が行われている。</p> <p>2. 取得データは、科学者チームの同意の下、所管の国内法、(オーフス条約、INSPIRE 指令などの) 国際法の遵守を前提として、情報公開されている。</p> <p>3. なお、観測ミッション責任者 (Chief Scientist, Cruise など) には、取得データにつき、向こう2年間の科学的検証の猶予期間が付与され、同期間中に当該データを2回まで限定して、更新出来る。</p> <p>4. 提供データには、形態の詳細 (データ種、フォーマット、アクセス先、コンタクト・ポイントなど) 説明が付与されなければならない。また、当該データは、科学者コミュニティに情報公開可能なものでなければならず、可能な限り、アクセス先の提供が求められる。</p>
2	RESCO	https://wwz.ifremer.fr/observatoire_conchylicole	貝類観測ネットワーク	環境パラメータ (温度、塩分、植物プランクトン)	フランス本国 13 サイト			

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
3	VELYGER	https://wwz.ifremer.fr/velyger	カキ繁殖変動観測ネットワーク	平均海水温、牡蠣個体群数、成熟度	フランス本国6地域			
4	Recopesca	https://wwz.ifremer.fr/pêche/Les-grands-defis/Les-partenariats/Avec-les-professionnels	漁場の環境特性を評価するためのネットワークシステム	水温、塩分				収集データは、明確で関連性のあるプロトコールの決定、正確で尊重されるサンプリング計画、データの品質管理など、何層かの体系的なレベルで、検証される。サンプリング計画は、対象種が最も豊富な水域のみならず、調査対象の生態系全体をカバーする水域を対象に計画されなければならない。

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
5	Halieutic Information System (SIH)	https://sih.ifremer.fr/	水産情報システム	生態系、資源量、漁業実態、社会経済		稼働中	<p>PCP 及び EU-MAP 規則に則り、エンドユーザーからのリクエストに応じて、提供されるデータは、以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 詳細データ：個人、法人の直接識別の許可を必要としないサンプリング・データを指し、データ申請者は、その機密性（ICES データポリシー遵守など）保持を前提として、データ利用が認められる。 2. 集約データ：統計処理プロセスから得られた集約データであり、データの機密性遵守の保証が求められる。 	<p>収集されたデータは、機密情報であり、DPMA の所有物であり、科学的用途のために使用される。同データは、水産情報システム（SIH）中央データベースに記録の上、検証され、保存される。</p>

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
6	REMI	https://wwz.ifremer.fr/en/Public-policy-support/Monitoring-networks	生きている貝類の大腸菌の細菌数に基づいて、微生物汚染のレベルを格付けし、経時的な傾向に従って汚染の発生を検出				同上	1. 同上 2. Ifremer 傘下の貝類のモニタリング・ネットワークである REMI も、その他の傘下モニタリング・ネットワーク同様、環境資源ラボ (LER) または水産ラボ (LH) で従事する Ifremer スタッフによって、運営されている。特定要件を満たした科学調査船から恒常的にデータが提供され、REMI の場合、Quadrige データベースに集約され、他のモニタリング・ネットワークを含む Ifremer が取得したデータは、中央水産データベース Harmonie に集約される。
7	REPHYTOX	仏文 URL : https://wwz.ifremer.fr/Recherche/Departements-scientifiques/Focus/REPHY-REPHYTOX 英文 URL : https://www.seanoe.org/data/00361/47251/	有毒な植物プランクトンをスクリーニングし、生産地域および漁場における貝類の毒性を測定				1. 1987～2018 年仮限定プログラム：データ内容の種別不明なるも、1987 年～2016 年のアクセス・オン・デマンド・データと 1987 年～2018 年のフリーアクセス・データの 2 種あり。 2. データ利用は自由だが、データに誤りがあった場合は、自己責任。	データ提供形態、提出方法については、確認できず。

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
8	REPHY	仏文 URL : https://wwz.ifremer.fr/1erpc/Activites-et-Missions/Surveillance/REPHY 英文 URL : https://www.seanoe.org/data/00361/47248/	植物プランクトンの個体群動態および関連する水文学的条件の観測。EU の水枠組み指令 (WFD) や、MSFD に対応。				同上	同上
9	ROCCH	仏文 URL : https://wwz.ifremer.fr/lerpc/Activites-et-Missions/Surveillance/ROCCH 英文 URL : https://www.seanoe.org/data/00452/56395/	堆積物と生物のサンプリングと分析に基づいた沿岸化学物質汚染評価ツール				1. 1996～2017 年仮限定プログラム : 1996～2017 年のメタリック・データ、及び 2017 年のオーガニック・データ、共にフリーアクセス・データ	データ提供形態、提出方法については、確認できず。
10	REPAMO	英文 URL : https://wwz.ifremer.fr/sante_mollusques_eng/Presentation	水生生物種に関するヨーロッパの規制を満たすために設定された海洋軟体動物の病気監視ネットワーク。食品生産のために商業的に関心のある貝類に感染する病原体を監視。				在 La Tremblade の遺伝・病理学研究所 (LGP) 協力による Ifremer の海洋軟体動物病理観測ネットワーク。情報公開方法、データ利用条件等の詳細は、確認できず。URL からは、年次報告や病理種別の Summary Sheet の閲覧が可能と見受けられる。	Ifremer の 8 つの LER 研究所が、フランス国内 13 か所の観測サイトから貝類サンプルを収集・分析。専属のデータベース管理チームが、同分析結果をアーカイブとして、データベースに記録を保存している。

No.	Project	URL	概要	観測対象	地域・地点数	期間	データ入手ポリシー	データ公開ポリシー
11	Obsmer		プロの漁船に乗って捕獲するサンプリングプログラムで現在の漁業慣行と操業を詳細に観察することを目的とする。					
12	Obsbed		漁獲量の把握。		地中海、フランス領アンティル諸島、フランス領ギアナ、レユニオン島			

2. 専門家インタビュー

白書等から整理した海洋の課題や、現状のプラットフォームの状況を整理したうえで、各分野の専門家に必要となるデータや、今後取得が期待されるデータ及び調査方法、データベース化・公開についての課題等について、インタビューを行った。その結果は以下に示すとおりである。

2.1 外洋分野

海洋の可視化の推進に向けた調査	
専門家インタビュー議事録	
相手	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球環境部門 海洋生物環境影響研究センター センター長 藤倉 克則氏
オブザーバー	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所
インタビュア	いであ (株)
日時	2020 (令和 2) 年 11 月 9 日 (月) 15:00 ~ 16:15
場所	WEB 開催
内 容	
<p>1. 目的</p> <p>各種白書から抽出された海洋に関する問題点を整理した結果、マイクロプラスチックや深海底の開発等、外洋に関連するトピックが多く抽出されたが、これに対し現況の把握状況が十分でない可能性が示唆された。今後、各種海洋問題に係る対策を講じるにあたり、必要となる調査や予測と行う上で必要となるデータについて、外洋域や深海底に詳しい専門家にインタビューを行い、取得が必要なデータについてヒアリングを行うものである。</p> <p>2. 結果</p> <p>Q.1 外洋域に関する問題の現状を把握する上で、海域で常時監視されていることが望ましいと考えられるデータについてご意見を頂きたい。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> 外洋域に関しては、まずある程度の精度を持った海底地形図が必要になる。海底地形図自体は世の中に存在するが、海面高度から算出しているなど、しっかりしたデータではない。正確な測深の下で作成された精密な地形図が存在することが、基本中の基本であると考えている。陸上では、政策決定や土地利用を考える際に、地形や地質に関する情報を踏まえて計画を策定するが、海にはそういったものがない。 外洋域の表層については Argo 等でデータが取られているが、表層から下の物理データ（水温、塩分、流況、Chl-a 等）についても同様にモニタリングされていることが望ましい。 海洋ごみについては、海洋表面の海洋ごみの分布データは少なくとも必要と考えている。モニタリング手法も検討する必要があるが、ハイパースペクトルカメラ等を飛行機（欲を言えば人工衛星）などに搭載できるとよい。 また、難しいことは承知の上で言うと、漁船が廃棄する漁具の量が把握できないものかと考えている。法で廃棄が禁じられてはいるものの、偶発的に逸失してしまうものもある。そういったもののデータが押さえられるとよい。 船舶に用いられるペンキもプラスチックである。相当量の船舶が海洋を行き交う中で、ペンキの脱落量が測れないものかと考えている。アバウトであれば、ドックに入った際に、出港前と帰港後のペンキ量を算出できるのではないかと。 生物の関連では、沖合域での海洋保護区の設定の前段階として EBSAs の設定を行った 	

が、その 8 つの Criteria のうち 5~6 はデータ不十分で評価不可能となったと記憶している。これは、いつ、どこに、どんな生物がいるかという基本的な情報がないことに起因する。しかし、日本の EEZ だけを考えても、広大な領域を At a glance で把握することは不可能なので、データを集めつつ、分布予測のようなものをやるべきではないかと考えている。ただし、予測を行う上では、どこにどんな生物がいるかという情報が出るだけあればいい。地形や水温・塩分等の基本的な物理・化学パラメータも重要である。しかし、JAMSTEC で行っているように、潜水艇や AUV 等を用いてデータ量を増やすのはあまりに労力がかかる。精度は落ちるかもしれないが、データを増やすという点では、環境 DNA の手法を用いた生物出現情報の取得が必要になるだろう。

- プラスチックにしる環境 DNA にしろ、サンプル取得～データ化までのハードルが高い。プラスチックであれば迅速な分析手法の開発が必須である。また、環境 DNA でも、沖合や深海ではサンプルを取ってもデータベース上にレファレンスデータがないことがボトルネックになっている。
- また、ハードルは高いものと承知しているが、投棄している魚種も含め、詳細な漁獲生物とその量のデータが必要である。外国船の漁獲データもあると望ましい。漁業者はデータをオープンにすることに抵抗感があるため、データを完全にオープンにはせず、研究者レベルが使えるようになっていけば十分と考えている。
- 船舶の航行状況については、AIS を搭載していない小型船舶の航行に関する状況もモニタリングされているとよい。

【意見交換】

- 漁獲については水産分野でのヒアリングも行っている。魚探のデータを集めるだけでも資源分布に関する情報が一定程度分かると考えられるが、漁業者は漁場に関する情報を出したがるらないという話は同様に出ていた。未利用魚についても、本来捨ててはならないものも捨てていることもあるため、データを集めるのは難しいのではないかという意見が内部でも出ている。(いであ)
 - 漁業者にとって何らかのメリットが必要だろう。例えば、漁業者から集めたデータを解析することで、数か月後の漁場の予測ができるといったフィードバックがないと、Win-win の関係にはならない。(藤倉センター長)
 - 当社でもスマート漁業に携わっている。現在は水産庁から補助が付くため漁業者もセンサー設置に協力してくれているが、これをボランティアでやることは難しいだろうという意見も頂いている。センサーのメンテナンスの必要性についても言及されていた。(いであ)
 - JAMSTEC の経験では、東北の定置網に大量にサケが入った際に、その理由を説明すると喜ばれた。しかし、それが次いつ起こるのかを問われると、回答に困ってしまう。(藤倉センター長)

Q.2 本業務では、海洋に関する問題点の抽出と並行して、各種プラットフォームによるデータ取得状況の整理も行っている。貴機構における研究成果も含め、近年開発されたセンサー等を既存プラットフォームに展開することで常時監視が可能になりうる項目があれば、ご教示いただきたい。

【専門家回答】

- 研究機関の船舶は数が限られるので、民間の船舶を協力してデータ取得やサンプリングが出来るようになるるとよい。環境 DNA であれば、海水のフィルタリングさえ行えればサンプリング自体は可能である。
- JAMSTEC では、マイクロプラスチックのサンプリングをヨットレースのコミュニティと協力して行っている。ヨットはエンジンの冷却等に海水のくみ上げが必要になるため、日本一パラオ親善ヨットレース参加者と協力して、ほぼメンテナンスフリーな機器を搭

載して頂いている。日本だけでもヨットは2万艇あることに加え、ヨット所有者は環境意識が高い人が多い。ヴァンデ・グローブという世界一過酷なヨットレースに日本から白石康次郎氏が参加しているが、このヨットにも簡便なマイクロプラスチックのサンプリング機器を搭載頂いている。

- いずれにしても、簡単なサンプリング/モニタリング機器を開発して民間船舶に搭載していくことが重要と考えている。いくつかの海運会社はモチベーションも高く、共同での取り組みを行う機運は高まっている。

【意見交換】

- 民間船舶の活用は大変重要な視点と考えている。海洋政策研究所は海運業との繋がりがあるので、JAMSTECの取組を後押しできればよい。
- ヨットに設置するようなサンプリング機器は、濃度と場所の対応関係が分かるようになっているのか。(財団)
 - 例えば、ドイツで開発されたものは、ステンレスのフィルター+GPSを搭載している。しかし、ヴァンデ・グローブは期間も長いことに加えて、ドイツ製機器は値段が張るので、前述の白石氏には非常にシンプルな機器を搭載頂いている。握りこぶし程度のサイズで、飲み水用の採水管にバイパスを通して、ワンタッチで交換できるものを積んでいる。本当はメッシュが細かければ細かいほど望ましいが、飲料水用の海水をくみ上げるものであり、目詰まりを起こすことを避けるため、300 μmとしている。また、フィルター自体がナイロン製なので、ナイロン由来のマイクロプラスチックはOver Estimateになってしまう可能性がある。(藤倉センター長)
 - これを日本のEEZで展開するだけでも、大量のサンプルが届くことになるが、これを分析するのに相当な手間がかかるのではないか。(財団)
 - データベースへの掲載を考えるのであれば、測定センターのようなものが必要だろう。資金の問題もあるが、どこでも計れるというというノウハウと機械があった上で、データベースを構築することが望ましい。ただし、プラスチックの場合は材質を分けることが非常に手間なので、プラスチックとそれ以外のゴミといったレベルだけでもデータベース化していくというのは可能だろう。もしくは、プラスチックごみの材質の比率を概算で出した上で、それを他の測定結果にも適用していくということも考えられる。(藤倉センター長)

Q.3 現在、各種観測データはバラバラに管理されている状況である。このような状況に対し、データを統合的に取得できる仕組みが必要と考えられるが、各種機関が測得したデータについて、データに係る管理方法・提供方法について、ご意見を頂きたい。例えば、現状では海しる、環境アセスメントデータベース(EADAS)、水環境総合サイト、生物多様性情報システム(J-IBIS)、日本海洋データセンター(JODC)等に分散されて情報が蓄積されている。

【専門家回答】

- 確かにデータを統合的に取得できることが望ましいが、どうすればそれが可能になるか、というイメージがわきづらい。海洋に関する国際データベースで最大のものはIODEになるが、そのIODEの中でさえバラバラのデータベースになっている。本当に統合されることが望ましいかも不明である。
- 現状では、それぞれの機関が各々得意とする分野のデータを取っている形であり、ユーザーはそれぞれのデータベースから必要なデータを取得して解析しているが、もう少しユーザーフレンドリーなデータベースにして頂けるとありがたいとは思っている。世の中にはデータベースが多くあるが、必要なデータにたどり着くまでの案内図のようなものが今一つしっかりしていない。海洋クリアリングハウスのようなリンクの羅列から必要なデータを引き出すのは手間がかかる。見やすいデータベースのメニュー表のような

ものがあるべきかと思っている。

- データベースのコアマネジメントを行える体制が十分構築されていて、その下に様々な機関がぶら下がっているという形がよいのではないか。一つのデータベースで全てを網羅することは非現実的だろう。
- JAMSTEC では、BISMAL というデータベースに集約して、そこから OBIS というシステムにデータ登録を行うが、データベースへの登録は人工がかかる割には、感謝もされなければ研究者の業績にもならない。継続性の担保が重要である。
- 海洋プラスチックについてもデータベース化を進めようという声は世界中で上がっているが、予算が付かないのでやろうという機関は今の所ない。
- 大きなプロジェクトで集めたデータは収集しやすいが、個人が研究で収集したデータについては、数は膨大にも関わらず収集が難しい。
- データベースにデータ登録すること自体もデータ加工等の手間がかかるが、クオリティコントロールや国際対応等、面倒なことは多々ある。
- データベースから生まれる情報を政策に反映させていくことも重要だが、こういう政策を行うためにはこういう情報が必要、といったマッチングが上手くいっていない印象を受ける。陸上であれば土地利用図などはすぐ手に入るが、海はそうはいかない。データベースを作って終わりとはいかず、データを情報に変えなくてはならないため、どういう可視化した情報にすれば政策に使えるか、というマッチングが上手くいっていない。

【意見交換】

- 本業務では、課題として上がっていることに対して、このデータが不足しているといったことをまとめていく必要があるかと考えている。例えば、漁業資源の問題であれば、漁獲量と研究船・標本船からのデータくらいしかない。その中で、本当はこういった調査が必要ではないかといった提言に繋がればよい。(いであ)
 - 課題に対するモニタリングと同様に、課題に対する取り組みによるアウトカムを把握するためのモニタリングも重要と考えられる。(いであ)
 - それは正に同意見で、政策に繋げるものもアウトカムであるが、こういったアウトカムを想定するかも重要である。例えば海洋保護区であれば、EBSAs の設定にはこういった情報が必要ということが分かっているのであれば、それに向けたデータを集めるといったことが必要である。(藤倉センター長)

【専門家回答】

- データベースは複雑化しすぎると使えなくなってしまう。BISMAL はシンプルであるが故に使える部分もある。
- データベースに重要なこととして、スキーマの統一がある。OBIS もデータ項目だけなら 100 以上あるが、これをすべて入れるとなると誰も登録しないだろう。そのため、最低でも 6 つのデータ項目について記入をお願いする形にしている。
- 今の時代であれば、画像認識技術も活用して、生物やプラスチックの情報を取得するやり方もある。

Q.4 また、各種観測データがバラバラに管理されていることにより生じている問題等があれば、ご教示いただきたい。

【専門家回答】

- データを探すときの手間や統合するときの手間、ということは間違いなくある。
- クオリティコントロールについて言及したが、データベースにあるデータの質が悪いという問題もある。8割使えて2割使えないデータベースもあれば、更新がされていないデータベースもある。しかし、そういったデータベースであっても非常に重要なデータが登録されている場合もある。データベース全体の面倒を見る機関が決まっていればと

てもよい。

- ・年代によって測地系が統一されていないこともある。

Q.5 各種白書では外洋域に関する問題として様々な問題が挙げられているが、近年問題視され始めている白書では取り上げられていない事象等あれば、ご教示いただきたい。

【専門家回答】

- ・白書から抜けている事項として、まず挙げられるのは地形・底質の情報の不足である。
- ・沿岸域も含めると、レジャーフィッシングによる漁獲圧は大きいのではないかと考えている。データもレジャーフィッシングの方が集めやすいのではないかと。

【意見交換】

- ・東京湾関連の検討業務でも、漁業による漁獲圧に加えて遊漁船による漁獲圧も大きいのではないかという意見が時折上がる。遊漁船で獲られた魚種の定量的な情報はないに等しいが、持っているデータは相当量になると思われる。(いであ)

【追加質問】

Q追加1 マイクロプラスチックについて、現在サンプリングは表層が対象となっているという理解でよいか。(財団)

→そう考えてよい。より沿岸近く、表層近くであればデータは豊富になる。研究者が注目しているのは gyre の中である。有名なものは北太平洋にあるが、千葉沖にも gyre があることが指摘されている。それと同時に、海底についても少しずつデータが集められ始めている。他方で、水柱についてはその容積に比して絶対的に情報が少ない。(藤倉センター長)

→国際海底機構 (ISA) の環境ガイドラインでも、水柱についても調査すべきということが勧告されているが、仰る通り水柱の調査は難しい。(財団)

→密度も低く、対象も小さいものなので、非常にやりづらい。サンプリングギア自身もプラスチックになるので、コンタミネーションの問題も生じる。(藤倉センター長)

Q追加2 マイクロプラスチックの調査については、海の表面を把握することで事足りる、ということか。(財団)

→Missing Plastics と言って、海洋に存在するはずのプラスチック量と実際に存在する量が合わないという問題がある。これらのプラスチックについては未調査の場所と深海底に存在すると仮定して、その2つを中心に調査を進めている。水柱はモデルで計算せざるを得ないだろう。(藤倉センター長)

Q追加3 民間と協力について、深海底のプラスチック調査は専門的な研究機関でないと難しいか。(財団)

→そう考えている。しかし、深海底のモニタリングが可能な研究機関の数は限られているので、シミュレーション等とも組み合わせて、ホットスポットのような場所を推定した上で調査を進め、その結果をシミュレーションにフィードバックさせるということも重要と考える。(藤倉センター長)

→今の時点では、マイクロプラスチックのホットスポットは明らかになっていないということか。(財団)

→表層であれば gyre の中にあるということは分かっているが、gyre 自体も動くものである。JAMSTEC の調査でも、既知の gyre を対象に調査航海を行ったところ、gyre が移動していたというケースがある。また、浮遊しているプラスチックが沈むプロセスについては、実はよく分かっていない。例えばレジ袋は基本的に浮くはずだが、実際には大量のレジ袋が海底から見つかっている。バイオフィルムのようなものが付くことで沈降して

いる可能性もあるが、実態は不明である。(藤倉センター長)

Q 追加 4 地形図の情報については、どれくらいの精度が最低限必要なのか。(財団)

→マルチビーム測定のレベルでよい。実際にはマルチビームで計られていない場所が多くある。(藤倉センター長)

Q 追加 5 日本のマイクロプラスチック分析センターを設立したいと考えているということか。(財団)

→したいと思うが、JAMSTEC で分析センターを担うのは難しいので、どうすればよいかは一緒に考えていきたい。ある程度公的な機関が行うべきとは考えている。(藤倉センター長)

→秘匿情報も多いので、公的なオーソライズは重要と考える。経済的に回る仕組みも重要なのだが、こちらは中々良い考えが浮かばない。(財団)

→日本のプラスチック業界も徐々に意識が変わってきている。寧ろマイクロプラスチック問題で困っているのは彼らだと思うので、何かしらの貢献をしたいと思っているだろう。そういった機運もうまく活用できればよい。(藤倉センター長)

→単純な CSR を超えた価値を見出す必要があるだろう。(財団)

→これだけ ESG 投資が注目を浴びている状況であれば、可能性はゼロではないと考える。(藤倉センター長)

【財団から】

- ・特にデータベースの使い勝手と普及については、本当に使えるものにするにはどうすればいいのか、非常に具体的なお指摘を頂いた。今後データベース構築を進めていく中で留意していきたい。プラスチックについても、JAMSTEC と協力できる所は多々あると思われるので、前広に情報交換をしながら、横に手を繋げて進めていきたい。

2.2 水産分野

海洋の可視化の推進に向けた調査	
専門家インタビュー議事録	
相手	水産資源分野の専門家
オブザーバー	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所
インタビュー	いであ (株)
日時	2020 (令和2) 年 10 月 20 日 (火) 15:00 ~ 16:00
場所	横浜市内
内 容	
<p>1. 目的</p> <p>水産白書から抽出された海洋に関する問題点を抽出した結果、我が国の漁業生産量を減少させている主な要因として、</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 気候変動による海水温の上昇が漁獲対象種の分布域の北上や、磯根資源の減少等を招いた結果によるもの、 ② 人為的なインパクトによる漁場環境の悪化によるもの、 ③ 漁業従事者の高齢化・減少が生産性や所得の向上に反映されないことによるものが挙げられている。 <p>これらの要因のうち、①、③について、水産資源分野を専門とする有識者にインタビューを行い、今後の展開やそのために必要となるデータについてヒアリングを行うものである。</p> <p>2. 結果</p> <p>Q1. 気候変動による海水温の上昇が、我が国周辺に分布する漁獲対象種や藻場等に及ぼす影響の程度と、その影響を評価するのに必要な情報についてご教示いただきたい。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資源評価をするためには、定量的な情報を取得することが必要である。資源量のベースは漁獲量であり、それを得るために調査船を仕立てたり標本船調査などにより漁獲を実施する。それで得られたサンプルを引き延ばして資源量とするが、それが正しいのかは誰にもわからない。 ・資源評価では「いないところ」のデータも重要であるため、本来漁業を行っていない海域で調査船や標本船による調査を行い、その調査結果で (CPUE 側面からの) 空白部分を埋めていく必要もある。 ・定量的な情報ではないが、音響装置による魚の鳴き声から魚の種類別に推測する方法などが考案されている。 ・農水系の省庁は予算規模が小さく、研究への予算の投入量も少ない。水産では調査船データと、世界的に流通しているデータを利用するにとどまっている。 ・例えば、気象庁では、海上において無人でデータを集めることができるようになってるし、衛星を打ち上げてデータを収集している。保安庁や自衛隊では船舶を多数保有している。 ・すべての水温・塩分のデータがあれば水産資源の評価に事足りるかということそうではない。水産資源分野では「生物の情報」が必要であり、すべて物理データで解決できるものではない。これが他省庁・他分野と異なる独特な点となっている。 ・すべてのデータがあると、そこから必要なデータを取捨選択して利用することができるので良いが、だからと言ってすべてのデータが絶対必要かということそれは別問題となる。 	

- ・資源評価において、資源変動を海洋環境から間接的に推定する場合、過去の海洋環境はこうであったので、現在のこの状況は今後このように移っていくのではないかという推定の、現状証拠を補完する項目として水温のデータは扱われる。
- ・水産資源の状態は、「数十年周期で増減を繰り返す」が、その中で再生産が繰り返されている。再生産には親魚のサイズが最も影響が大きく、親魚のサイズが小さいと資源量自体が小さくなり翌年への再生産効率が小さくなる。その理由付けとして、水温（低水温、冷水塊）が状況的証拠として検討に使われている。
- ・理想的には、資源評価の計算を行うときに海洋環境をパラメータとして組み込めればよいが、物理データはそこまでの情報として扱われていない。資源評価を行う側もどのようなデータをどう使えるのかが検証できていないし、試行錯誤を行っている状況である。
- ・物理データで現在使用されているのは、その均質性、広域、長期的な情報が得られている水温データであり、逆にこのような情報が得られているのは水温データしかない。
- ・今、資源評価の対象魚種の拡大を手掛けており、今までみたいなやり方ではなかなかいかないし、いろんな関係パラメータを組み込んで、試みており、特に内湾・沿岸域の栄養塩類を組み込んで評価の式を検討し始めている。パラメータは、魚種によっても違うだろうし、エリアによっても異なる。
- ・過去の状況にはいろいろ合うようにシミュレーションにより再現することはできるが、その内容は該当年だけのものであり、毎年内容は変わってくるため未来予測には対応しきれない。

Q2. 漁業従事者の高齢化・減少に対する対策として、水産業の成長産業化を目指した「スマート水産業」の推進が図られており、近年著しい技術革新が図られている ICT や IoT、AI などが漁業・養殖業に活用されている。これらを利用した技術について、今後新たに展開される技術分野とそれにより得られる情報（データ）についてご教示いただきたい。

【専門家回答】

- ・スマート漁業の一環として簡易な CTD を漁業者に網につけてもらって水温・水質監視を全国展開していくのはなかなか厳しいだろう。課題はその精度とこの先誰がシステムを維持管理するのかである。漁業者には自分たちにとっての利益になるためのボランティア作業として、こういった取り組みを理解してもらうことが必要。収益が見込めないことには後ろ向きである。儲かる産業なら、漁業者は協力してくれる。標本船調査も同様。
- ・日本の漁業構造もまた問題である。一人か二人の船で漁をしている中で、毎日の繰り返し作業をきちんとこなしてくれるかが問題になる。魚価が高くなり儲かる仕組みができていれば、「自分の漁場」意識も強い。
- ・スマート漁業に関するものとして、船団を組んで出漁した際の魚探情報を挙げるができる。船団内では情報を共有できるが、船団外へは漁場情報など個人情報として扱われることになると思う。
- ・魚探の情報も位置情報は出したくない人がほとんどである。漁組で出すのか。個人だけに出して、組合の中ではシェアするのか。いろいろ手間が必要となる。静岡はシラスで情報を共有している。
- ・魚探のデータが集まると、資源評価に役に立つかという試みもスマート漁業の中で取り組んでいるが、どこまで資源量の評価に結びつくかはわからない。その場で強いシグナルがあったという分布量を資源評価に結びつけることはできない。

- また、漁業の無いところも資源は分布しているので、魚探データを集めるだけでは無理がある。そういったいろいろ否定的な状況の中から情報を集めないと評価はできない。
- リアルタイムで海の中を可視化するニーズとしては、赤潮の分布情報、水温情報、定置網の漁獲（入網）情報が挙げられる。定置網の入網状況の確認は、網入り口に水中カメラを設置してそれを常時モニターしているのもあるし、袋網部分に音響装置・魚探などを設置して、漁獲状況を予測するものがある。
- 魚がたくさん網に入った時に、網を揚げに行くか行かないかの判断のためなどに使っている。海流の状況などは複雑で、隣の網で獲れたからと言って、次はうち、というわけにはいかない。気にはしているだろう。

Q3. 現在、各種観測データはバラバラに管理されている状況である。このような状況に対し、データを統合的に取得できる仕組みが必要と考えられるが、各種機関が測得したデータについて、データに係る管理方法・提供方法について、ご意見をいただきたい。例えば、現状では、海しる、環境アセスメントデータベース（EADAS）、水環境総合サイト、生物多様性情報システム（J-IBIS）、日本海洋データセンター（JODC）等に分散されて情報が蓄積されている。

【専門家回答】

- 日常使うようなデータであれば、そういったサイトは必要であるかもしれないが、自分たちの研究上では別段不便を感じていない。
- 今回の事業の目的のような「海洋のビッグデータ」については、誰が使うのか（誰が使うことを目的として整備するのか）が不明確である。研究者等の専門でデータを必要とする人は、自分の研究に必要なデータは、誰がどこに何のデータを持っているかを知っているし、それぞれ伝手も持っている。一般の人であれば興味を持ってみるかもしれないが。
- データの扱いは水産分野、環境分野など立場によって異なる（取りまとめ方も異なる）ため、誰でもが扱いやすい状態にはなっていない。
- 問題点として、データの精度（水温以外のセンサーについては、キャリブレーションを頻繁にする必要があるにも拘わらずこまめに実施しているかも含めて）を誰が保証するのか。データが保証されないと、あるデータを使うところまで行かない。
- 近年、沿岸では、マガキの採苗不良、三重・愛媛のアコヤガイの突発死など養殖場環境での異常が発生しているため、突発的な気象現象で河川の出水などへの適用については、そういった情報は有効に利用できるのではないかと。環境省や国交省の河川の水温・水質、流量データは詳細で、養殖場に流入する河川情報として役に立つと思うし、これからニーズは発生すると思う。
- 現在出回っているデータについては、ちゃんと公表されたデータでないと自分たちは扱わない。
- 総合海洋政策本部で出している情報については、自分たちが情報提供している状況で、その情報を利用していない。
- 水産が必要とする生物データ（魚の即時データ）は、現時点では存在しない。資源評価では、再生産率のデータが絶対必要となる。海洋環境だけでは、漁場分布は説明できない。海洋の物理データ（水温）は、水産の立場としては、特に沖合域では足りている。

【意見交換】

- 社会がコロナの影響で変動しているが、その変動の状況がスマホで実測できている。スマホにはロバストなクオリティコントロールできないデータがいっぱい入ってくるし、誰もコントロールしていない。そのデータが個人や場所に紐づけされることでデータに価値が出てくる。機械学習で処理することで、紐づけデータから説明する方の変数（環境・画像・音声など）から人間の消費行動や移動を予測することができるようになっていく。（財団）
- 海洋も、専門家から見ると、クオリティコントロールが非常に大事であって、特に地球温暖化の研究をやっている人にとっては厳しくクオリティコントロールをされているが、コントロールされていない精度の悪いデータでも大量に多くの点で密度濃くみられれば、活用できる場面が結構あるのではないか。例えば沿岸の水温データは実測が難しい。日本の漁業は沿岸の生物生産量が多いところで行われており、その沿岸の環境予測とそのモデル化を検討していることは重要なことだと思う。（財団）

【専門家回答（財団コメントを受けて）】

- 海洋環境だけでは漁場分布は説明できない。卵の数のデータを取ったうえで初めて再生産率が予測できるというのが今の状況。
- アウトプットとしての漁場の場所、資源の量と、インプットとしての環境情報（卵の数を含めた）の紐づけデータの量が圧倒的に少ないということが、今の機械学習、ビッグデータの状況で非常に使いにくい要因になっていると思う。
- そういった紐づけデータが10~100万個集まると機械学習は非常に強力な威力を発揮することが他分野で証明されている。そういったことが水の中でもできないか。
- 新たなセンサーか、音響装置でしか海の中（水中）の状況を見ることはできない。特に生物情報では、何らかの形でサンプリングなり新しいセンサーができないと、現状ではすぐにデータをとれない。
- N・Pセンサーは開発途中、DNAチップの開発はこれからである。10万個という桁でデータを集めようと思うと、相当な覚悟で臨まないと難しいと思う。また、センサーの維持管理が大変である。
- 定点で観測するのも限度がある。現在は、人工衛星画像（ひまわり、しきさい）を入手することで海表面のデータは把握することができるが、水中・深層部については対応できないのが実情。
- 漁船やプレジャーボートに各種センサーを取りつけることも考えられるが、所有者の理解を得て、センサーの維持管理をきちんとやらしてもらえる条件があつてこそ、きちんとしたデータが得られる。ただし後のことを考えると、お金があつたとしても実行できない。1年後には使えないデータを集めることになってしまう。
- データの処理の問題もある。アーカイブのデータをどこまで出して、どこまで出さないか、セキュリティの問題にもこの先なる。

【財団から】

- 水産の現状がたいへんよくわかった。水産、特に海洋と水産という視点から、とても貴重な意見をいただいた。今回のようにネガティブな意見の方が問題を抽出するのに分かりやすく、ネガティブをポジティブに変えていくことを目指している。

2.3 モデル分野

海洋の可視化の推進に向けた調査 専門家インタビュー議事録	
相手	広瀬 直毅 教授 (九州大学応用力学研究所)
インタビュー	いであ (株)
日時	2020 (令和 2) 年 10 月 2 日 (金) 16:30-17:30
場所	くまもと森都心プラザ会議室 〒860-0047 熊本県熊本市西区春日 1 丁目 14 番 1 号
内 容	
<p>1. 目的</p> <p>各種白書から抽出された海洋に関する問題点を抽出した結果、海難事故や流出油汚染、海洋ごみ汚染の問題で、現状の対策が十分でない可能性が示唆された。海難事故を防ぐための海の安全情報提供や速やかな汚染物質の回収を行うためには、詳細な海況予報結果の常時提供が効果的ではないかと考え、海況予報の第一人者である専門家にインタビューを行い、将来的な海況予報の発展の方向性についてヒアリングを行うものである。</p> <p>2. 結果</p> <p>Q1. 計算機の発展により、外洋モデルの高解像度化がますます進んできている。今後数年の開発の見通し（計算範囲、解像度、予報日数等）をご教示いただきたい（他機関の情報もわかれば）。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> 九州大学の DREAMS は、計算負荷を減らすために沿岸域を個別に計算している。 1.5km のメッシュで日本沿岸をカバーできるようにしたいと考えている。 予報日数は 5 日程度 気象庁は現業で日本沿岸を 2km メッシュで運用 (MOVE-JPN) しているが、沿岸域で重要な潮汐が含まれていない模様。 <p>Q2. 九州大学の DREAMS は様々な海域で高解像度の予報結果を公開されているが、JAMSTEC の J-COPE や水研機構の FRA-ROMS などでも同様のサービスが提供されている。各機関で利用・閲覧に制限があり、今後の予報結果の提供のあり方（利用用途別の料金設定など）について、お考えがあればご教示いただきたい。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> DREAMS の同化データはパブリックのものを使用しているので、結果はアカデミックフリーにすべきと考えてここまで来た。デメリットとしてライバルに見られること、軍事利用されることが挙げられる。 他の機関については、結果をクローズにしたい人はすればよい。 <p>Q3. これまで海況予報モデルは大学・研究機関（学）が主導で開発・発展してきた。今後は、モデル結果を応用したサービス（用途に応じた結果表示、漂流・拡散予測）を提供する必要があると考えているが、サービスを開発・提供するにあたっての産・官・学の役割について、お考えがあればご教示いただきたい。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> 大学、研究機関はモデリング技術の開発を主体に行っているとすると、付加価値を付け 	

た結果の二次利用は「産」の役割ではないか。「官」はこれらを促進する予算の支援をもっと行うべき。

Q4. 海況予報の精度向上には同化データの取得が必須と考えている。今後同化用のデータとして、どこで、誰が、どのような観測データを取得することが効果的か、お考えがあればご教示いただきたい。

【専門家回答】

(対象海域を沿岸域と想定した場合)

- ・水深情報が足りない。最近マルチビームによる高解像度の測深が行われているが、再現性の面からみて、沿岸域で詳細な水深データを入れることの意義は大きい。なお、DREAMS はレベルモデルであるため、複雑な地形条件下での計算を得意としている（シグマモデルではそうは行かない）。
- ・水産庁委託事業：スマート沿岸漁業推進事業において衛星センサーの弱点である沿岸域の水温、塩分、流速を漁業者に取得してもらおう実証実験を行っており、これにより沿岸域の再現性が大きく向上している。

(対象海域を外洋域（深海域）と想定した場合)

- ・深海については、やはり空間分布よりも長期的な時間変化の方が重要なので、定点で海底から海面まで上下するようなフロート型の観測を、日本周辺で数点～10点程度、気象庁ががんばって維持してほしいです。すでに、定点型アルゴの技術はほぼ確立しているはず。観測項目は基本的な物理量に加えて放射性核種など化学トレーサーが望まれる。

Q5. 現在、各種観測データはバラバラに管理されている状況である。このような状況に対し、データを統合的に取得できる仕組みが必要と考えられるが、各種機関が測得したデータについて、データに係る管理方法・提供方法について、ご意見を頂きたい。例えば、現状では海しる、環境アセスメントデータベース（EADAS）、水環境総合サイト、生物多様性情報システム（J-IBIS）、日本海洋データセンター（JODC）等に分散されて情報が蓄積されている。

【専門家回答】

- ・統合化（中央集権のクラウド）するよりも、グリッド的な、各地域で分散するデータ管理を進めた方が実情に即しており、実効的だと思う。むしろ、現在の「バラバラ」な状況を生かして、横にデータを連携する仕組みを考えてはどうか。

2.4 沿岸・生態系分野

海洋の可視化の推進に向けた調査	
専門家インタビュー議事録	
相手	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 海洋環境研究室 主任研究員 東 博紀氏 主任研究員 中田 聡史氏
オブザーバー	公益財団法人 笹川平和財団 海洋政策研究所
インタビュー	いであ (株)
日時	2020 (令和2) 年 11 月 17 日 (火) 15:00~16:20
場所	WEB 開催
内 容	
<p>1. 目的</p> <p>環境白書から抽出された海洋に関する問題点を抽出した結果、生物やその生息場の生息環境（水質、底質、流況等）の把握や、現状の対策が十分でない可能性が示唆された。今後、各種海洋に係る対策を講じるにあたり、必要となる調査や予測と行う上で必要となるデータについて海域の生態系モデルに詳しい専門家にインタビューを行い、取得が必要なデータについてヒアリングを行うものである。</p>	
<p>2. 結果</p> <p>Q.1 海域の生態系の現状把握・予測をする上で必要と考えられる、海域で常時監視すべきデータについてご意見を頂きたい。</p> <p>【専門家回答】</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次生産のシミュレーションの観点では水質が重要になるが、NP（栄養塩）の連続データは存在しない。TN・TPも欲しいところである。既存のデータについて言うと、広域総合水質調査は3か月に1回しか実施されていない。一方で浅海定線調査は月一で行われているがTN・TPが測定対象とされておらず、採水の分野でも良質なデータが足りていない印象がある。（東研究員） ロガー等によって栄養塩をリアルタイムで観測するシステムがあると、ノリ養殖の漁業者等の水産関係の方にとって非常に有益な情報になる。例えば、栄養塩ロガーを開発している企業とテレメトリーブイを開発している企業が組むとった形で、リアルタイムな栄養塩データの取得が可能になるのではないかと。これにより、手薄であった生態系モデルの検証データを飛躍的に増やすこともできる。（中田研究員） 水温と同様に塩分のデータも重要だが、衛星画像から塩分マップを描く技術は開発段階にある。この検証用データとして、塩分のリアルタイムデータがより多く取られるとよい。塩分データは水温に比べるとデータ量が不足しているので、塩分についてもリアルタイムで観測できるシステムが充足してくるとよい。課題点として、塩分は付着生物がセンサーにつくとデータの質が落ちるため、メンテナンスが重要になる。JFEアドバンテックはワイパー付きのセンサーを作っているが、内湾域や閉鎖性海域では付着生物はセンサーにとって大敵になる。塩分を長期的にモニタリング可能なセンサーを開発することが重要になる。塩分は物理モデルにとって基礎的なデータにもなる。（中田研究員） 閉鎖性海域では、河川からのフラックスが重要になる。上流～河口のフラックスは直接観測できないため、ブラックボックス化している。栄養塩濃度というよりは、フラックスが河口等できちんと測られるといいと思う。（東研究員） 	

- フラックスの観点では、水柱と海底の溶出フラックスや沈降フラックス等の鉛直方向のフラックスが重要なファクターになる。東京湾や伊勢湾等の富栄養海域では、河川に匹敵する負荷になっている。これまではコア採取等により測定されてきたが、これを面的に取れるシステムがあると大変便利。JFE のセンサーも設置場所を選んだり、H-ADCP 等のほかの機器と組み合わせると、フラックスが見えるかもしれない。(東研究員)
- JFE アドバンテックの機器は深度ごとに採水すれば鉛直方向の栄養塩も分かるのではないか。河川でも活用できると思われる。Innova Sea のセンサー (リンを測定可能) も、海底に設置することで貧酸素水塊が発生した際にリンの溶出が分かる。(東研究員)
- 海色衛星は現在多数存在しており、これらの衛星データを統合してビッグデータとして扱うという方向もある。しかし、それを行う技術がない。漁業者等のステークホルダーに、様々なデータをコンパイルして提供できるようなシステムが今後出てくると非常に良いと思う。JAXA の G-portal といった取り組みに乗っかるような形で、ほかのデータも使えるようになるとよいと思う。(中田研究員)
- 海洋データではないが、海上風もモデル構築には重要である。しかし、海側で海上風を測るのは中々難しい。関空では風をモニタリングしているが、そういった特殊なサイトでしか計測されていない。海でどういう風が吹いているかはなかなか分からない。漁船や定期航路を走る船が測定している風のデータを収集して、アセンブリしていくという方向性も良いのではないかと考えていたが、神戸大学の深江丸のデータを見てみると、割とよいデータが取れている。そういったシステムがあるとよい。(中田研究員)
- 閉鎖性海域で苦労するのは、海底地形と海岸線である。特に鳴門海峡のように、細くて深くて流れが速い場所はモデルの方で設定するのが難しい。グリッドデータだと 30 秒メッシュ程度でしか公表されていないが、海峡はそれより狭い。沿岸であればもう少し高解像度の海底地形データがあるとよい。(東研究員)
- 港湾域は 10m グリッドの細かい地形メッシュデータがあるが、これは内閣府にしかなく、申請しないと使えないということはあった。データはあるが、バラバラに管理されているため、欲しい時にオンタイムに得られるという状況ではないので、何とかならないものかと思っている。(中田研究員)
- 気候変動対応等で自治体でも海洋データを使うようになってきたが、陸域と海域のずれが生じると、補正の必要性が生じてくる。陸域で 4 次・5 次メッシュがあるのであれば、海のデータもそれに合わせて使うという考え方もあるのではないか。(東研究員)
- 陸上だと GIS データがしっかり整備されているが、海の方ではあまりそういう情報はない。GIS サイトはあるが、必要なタイミングでの情報を得られる状態ではない。海の GIS に色々な情報が統合され、そこを見ればよい、というサイトが一つあればよい。(中田研究員)
- 海域での示し方として GIS が妥当かどうかとも検討が必要になるだろう。2 次元データなら良いが、3 次元データはどのように示すかについても考える必要がある。(東研究員)

【意見交換】

- NP を物理的に測定するセンサーは存在するのか。(財団)
 - DIN・DIP を測定するセンサーは開発されている。海洋に使えるものが存在するかは分からないが、河川ではよく使われている。(東研究員)
 - 海洋学会の要旨集に、JFE が海上設置型の栄養塩分析装置の広告を出していた。TN・TP までは測定できないかもしれないが、海洋でもリアルタイムセンサーは開発されつつある様である。(いであ)

→栄養塩をオンサイトで測るセンサーは、近年海外でも開発されている（カナダの Innova sea 等）。数点での測定はリアルタイムではないにしても今までも測定されてきたので、これを大量生産して、広域展開していくことが重要である。諫早湾や播磨灘といったノリの漁場がある場所で、多点で計測してリアルタイム配信していく重要と感じている。（中田研究員）

- Innova Sea のセンサーはスタンドアロンで使用可能なのか。（財団）

→使用可能である。中にオートアナライザーを小型化したものが入っている。伊勢湾でデータが取れたということも聞いている。（東研究員）

- 粗いレベルであれば衛星から塩分分布を把握できるということは聞いたことがあった。中田研究員の研究は衛星の海色と In-situ データを組み合わせ、大阪湾の面的な塩分分布が把握可能ということを示されていたが、工夫次第でいろいろなデータが取れていくということを確認した。（いであ）

→モニタリングサイトの点データと衛星データを組み合わせることで、新たなデータセットを作る。こういった取り組みを進めるためにも、沿岸域の水温・塩分という基礎データを充実させるシステムを導入できれば、日本の研究者や漁業者にとって有益なデータができていくと考えている。（中田研究員）

→生物生産の多い沿岸域を衛星でどのように把握していくかは大きな課題だと思うが、何かコメントはあるか。（財団）

→沿岸調査を行った印象として、朝と夕で水質が全く違うことがある。沿岸域は時空間変動が激しく、取得したデータも一日の中での代表性が担保されていない可能性も考える必要が出てくる。これは乱流のデータに似ていると思う。（東研究員）

→NIES ではロボセンを用いて、沿岸域調査を進めている。これは養殖場等の複雑な海域でも航行できるロボット船であり、日本海工と大阪府立大学が開発したものである。今回の七尾湾調査でも用いており、データは取れてきている。高解像度かつ高頻度でデータを取るためにはロボットを使わざるを得ないかと考えている。こういった技術を用いていろいろな沿岸域で調査することで、生態系に限らず沿岸環境の基礎的なデータを蓄積できる。現場観測でデータを蓄積し、高解像度の衛星データと組み合わせることで、アルゴリズム開発に進んでいければと考えている。名古屋大学の石坂先生は、沖合のアルゴリズムはほぼ完成されている段階だが、今後は沿岸域の研究を進めていかなければ、誰も使わない様な衛星ばかりが増えてしまうのではないかと危惧されていた。これからは、沿岸域のビッグデータを構築するとともに、衛星データの精度を上げることが、今後の海洋生態系を把握するうえで重要と考えている。（中田研究員）

→ロボセンは完全無人で稼働できるというのが強みである。中央のウィンチから多項目水質計を下すが、プログラムで座標を指定すれば自動で移動し、障害物があれば停止・回避が可能である。また、ドローンでいうところのホバリングが、ロボセンでも可能になっている。潮流があっても定点保持ができる。これを展開できる広域がカバーできると思う。（東研究員）

→ウェーブライダーも同様の特徴があるが、それと比べると保持の精度が高いということか。（いであ）

→半径 10m の精度と伺っている。現状は実証試験の段階にあるためトラブルも多いが、0.1m ピッチで鉛直方向の測定が可能である。ただし、潮流が強いと使えないという弱みもある。そこがクリアできれば広範囲で使える様になると考えている。（東研究員）

→ロボセンはスクリーでホバリングするとのことだが、これにより表層水が攪拌されてしまうといったことはないか。（財団）

→スクリーは小型なので、影響は非常に小さいと考えている。非破壊ではないにして

も、通常の船舶よりは攪乱のレベルが小さいのではないか。(中田研究員)
→海洋でも今後多様な無人船舶が出てくるだろう。非常に期待できる技術である。(財団)

- 面的な把握を行う場合はドローン等に頼らざるを得ないか。水中はやはり点になってしまうのか。(いであ)
 - 気象分野だと雨量レーダーのおかげで精度が上がった様に思う。海洋でも 3 次元的に見える様になればよいが。海底鉱物資源の探査技術は海底上 10 m から電磁波を用いて調査を行っているが、同じような形で電磁波+信号増幅等が出来れば使える様になるのではないかと思っている。(東研究員)
 - 断面で調査するものとなると、音響トモグラフィー等の音を使った技術がある。(いであ)
 - 数キロ単位での温度分布は測れるが、3次元になるとシステム的な複雑さが伴ってくる。その場合、シミュレーションが強力な武器になるが、どれくらいの時空間密度でのデータが望ましいのか。(財団)
 - 湾のスケールによるが、湾の縦横を 10 分割した程度の空間密度があれば精緻なものが作れる。今はそのデータすらないような印象がある。(東研究員)
 - 組み合わせの問題と考えられる。データ同化に必要な分解能は、現場の状況、再現したい現象、利用者に依存する。利用者は特に重要であり、いかに優れたデータでも利用者がいなくては意味がない。まずはどういった利用者がいるかをヒアリングによってしっかり把握したうえで、再現が求められる現象に要するデータ分解能が必要となる。あとは投入する資源と効果のトレードオフだろう。(中田研究員)
 - 防災と災害も似たような話だと思う。人口が多いところはデータが多く欲しいが、逆に氾濫原は必要ないだろう。公共用水域のデータは環境のデータとしては使いづらいが、養殖の観点では有用なデータになる。他方で、環境全体で議論しようとする、沖合のデータも必要になる。沿岸域の解析に黒潮のデータが必要になる場合もある。環境の視点では必ずしも観測を集中すべきではないとは思っている。(東研究員)
 - 公共用水域は自治体が調査をしているが、自治体によっては栄養塩やその他のパラメータについて、細かくデータを取っているものもあればそうでないものもある。さらに、環境省のサイトには自治体が取ったデータが全部乗っているわけではない。自治体のデータがすべて格納されれば、非常に細かいデータが得られるが、実際には自治体のホームページに PDF や csv で置いてあるのが関の山である。(いであ)
 - JODC にはかなりデータが集まっているが、ユーザーがうまく使ってくれないという話もある。愛媛大学の郭先生曰く、これはユーザーが頑張るしかなく、各分野で専任が必要ではないかとおっしゃっていた(東研究員)
 - 15 年前に水産試験場のデータをかき集めた MILK-2006 が出た。5 年おきに出ると思っていたが、以降更新される気配がない。定期的に取りられているデータをアセンブリでされる仕組みやルールができれば、使いやすいデータになると思っている。それを誰かがやらなくてはいけないという部分もある(中田研究員)
 - 個人の努力では対応できない様な量のデータが今でも集まっているが、日本は米国のデータハンドリングチームと比べると大幅な遅れをとっている。(財団)
 - 大気は気象庁が率先してデータ構築を行っているが、海洋環境の分野は、観測サイトもバラバラな上に、水産データ等の提供を求めても中々出さない自治体もある。個人的にはモニタリングはどこか一つの省庁が旗振りをする様な体制整備が必要と思っている。(東研究員)
 - 各個バラバラに示されているデータを集約するよう体制があればよい。将来的にはデータフリーな社会になるとよい。(財団)
- 海上風のデータは物質の輸送の把握等に用いるのか。(財団)

→吹送流は風の大きさに決まってくる。海の表面を漂っているものがどこに運ばれるかの研究は、東日本大震災の際には研究が進んだが、段々下火になってきている。風と物質輸送の関係は未解明な部分も多いため、そういったデータが集まることで、物質輸送等の現象の解明が進むと思う。これは海洋の生態系モデルにも直結する物だろう。(中田研究員)

- ・ 統合データベースについては、養殖場にもテレメーターが設置されていることがあるが、そういったサイトから水温だけでも集めることができれば使いやすくなると考えている。NPO ヴォースニッポンのような機関と連携できれば、様々な機関からデータを提供して頂けるかもしれない。(いであ)

Q.2 環境白書では海洋に関する問題として様々な問題が挙げられているが、近年問題視され始めている白書では取り上げられていない事象等あれば、ご教示いただきたい。

【専門家回答】

- ・ 白書ベースでも課題は網羅されているように見受けられるが、それぞれのリンクを明確化させることが重要か。例えば磯焼け・食害の増加と気候変動がどのようにリンクしているか、等。(東研究員)
- ・ それぞれの問題の循環速度は把握されていない。例えば、植物プランクトン濃度やCOD・TN・TPは測られているが、赤潮の発生→貧酸素水塊の発生→栄養塩の変化…といったプロセスの速度は測られていない。気候変動により水温が上昇すれば、分解プロセスの速度は増加していると考えられるが、実際の所速くなっているのか遅くなっているかは捉えられていない。モデルでは、チューニングで濃度を合わせることは容易だが、フラックスが分からないと組み合わせは如何様にも出来てしまう。(東研究員)
- ・ 地震が海洋の循環にどの程度エネルギーを与えているか、熱水の噴出が深海の乱流にどのような影響を与えているかは誰も計っていない。(東研究員)
- ・ 新しい課題ではないが、越境汚染についてはリストに入っているか。例えば日本海に流れ込む長江の河川水の影響が挙げられる。対馬に流木が流れ着いたといったことが問題になったこともある。(中田研究員)
- ・ 気候変動によって一次生産の種類が変わるのでは、という話はある。生態系が変わるとしたらピラミッドの底辺である基礎生産から変わるのではないかと考えている。エチゼンクラゲが発生した際に話題になったと記憶している。(東研究員)

【意見交換】

- ・ 越境汚染については、「海ごみ」や「バラスト水」といったものはあるが、「越境汚染」というカテゴリとしては入っていない。(いであ)
→大気からの窒素沈着も同じことが言えるだろう。(東研究員)

Q.3 現在、各種観測データはバラバラに管理されている状況である。このような状況に対し、データを統合的に取得できる仕組みが必要と考えられるが、各種機関が測得したデータについて、データに係る管理方法・提供方法について、ご意見を頂きたい。例えば、現状では海しる、環境アセスメントデータベース (EADAS)、水環境総合サイト、生物多様性情報システム (J-IBIS)、日本海洋データセンター (JODC) 等に分散されて情報が蓄積されている。

【いであによる補足説明】

- ・ 他のヒアリングでは、データベースへの登録は評価されていないため、モチベーション維持のための仕組みが必要という意見もあった。また、研究者は必要なデータがどこにあるのかが分かっているのでポータルサイトが果たして必要なのかという意見もあつ

た。一方で、利用者によって集め方・配り方の検討も必要になるのではないかと感じた。
(いであ)

【専門家回答】

- ・ 研究者同士であればポータルサイトは不要だと思うが、できるだけ多くの方にデータを見ていただき、市民が扱えるような仕組みを作っていくことが必要と考えている。研究者同士で終わってしまうデータは少々古い考え方かと思う。(中田研究員)
- ・ 気候変動適応の話では、地域が作る気候変動適応計画の作成には、研究者以外の自治体関係者がデータを使う。そういったデータが誰でもわかるような場所にあるのが理想的である。(東研究員)
- ・ その面では、JAXA の G-portal が特に優れている。データを使うシーンや使い方のサンプルも示しているのもよい。そういったチュートリアルがついてくると使ってもらえるのではないか。(中田研究員)

【意見交換】

- ・ 海洋宇宙連携委員会でも、衛星データについて海洋分野でこういったニーズがあるかを検討していた。また、船のデータについて、AIS を搭載している船舶は大量にあるので、これにセンサーを搭載できると相当な密度のデータが得られると考えている。(いであ)
 - AIS のデータ・フォーマットに、風力・気温・湿度等を付け足していくことはできるだろう。あとはやるかどうかだろう。(中田研究員)
 - 全てではないが、気象庁は同化データとして使っている。ただ、水中は難しい。鉛直方向のデータが何かしら取ればよい。(東研究員)
 - 定期航路船に ADCP を搭載して頂くこともあるが、協力いただけるところは中々ない。そういったことを推進している NPO と連携できるとボランティアでも協力頂ける機関が増えるかもしれない。(いであ)
 - 移動物体のデータ解析は手間がかかるという実態もある。船舶がこれだけあると、それもまた大変になる。(東研究員)
 - インセンティブをいかに作るかも重要だろう。他国の EEZ に入ると法的な検討事項も発生する。いずれにしても、船舶は重要なプラットフォームになるので、笹川平和財団としても推進していきたいと思っている。(財団)
- ・ 気象業務法の中で、大型船に気象観測機器を搭載することが義務化されており、観測結果をインマルサットで定期的に報告している。沖合は衛星データ等で情報が得られるが、沿岸域の詳細な情報を得ようとする、大型船舶だけだとモニタリングが厳しいことに加え、船舶の詳細な位置情報を出したくない場合も多く、そこを匿名にできないかと考えている。(財団)

以上