



図6-2 早期救助救命システム：海面の撮影画像をAIが分析し、離岸流の発生や人の動きを検知

2022年G7 科学技術担当大臣会合では、デジタルツインオーシャン (Digital Twin of the Ocean, DITTO) の技術開発が最重要課題として取り上げられた<sup>81</sup>。デジタルツインとは、実在するものと同じ環境を仮想空間に再現し、あらゆる想定をシミュレーションできる技術である。デジタルツインは水難事故の際の認知能力、判断能力、動作の適切性などを実験・評価することに役立つと期待されている。

### シュノーケリング中の死亡事故

#### <あるべき姿と技術的解決策>

低電力による水中と陸上間的高速通信網が構築されれば、初動対応が大幅に改善される可能性がある。

#### <現在の技術レベル>

海上通信に関しては、沿岸では携帯電話網がほぼ活用できるが、携帯電話の圏外となる外洋では、船舶衛星電話等の衛星通信システムを利用する必要がある。衛星通信に対応した安価な携帯電話装置は一般に普及していない。

水中音響通信は、数m程度の距離であれば、数Mbpsの帯域を実現するところまで来ているが、これには大がかりなシステムが必要である。

#### <対処に必要な将来技術>

- 携帯電話網に外洋からアクセスできる、衛星コンステレーションによる通信網の構築。

<sup>81</sup> G7 FS01. *International Digital Twins of the Ocean Summit*. Retrieved from: <https://www.g7fsoi.org/digital-twin-ocean-summit/>

- Ⅲ財産 脅威② 情報漏洩 (1) 通信機能を観測装置の専用チップ化が進み、音響通信にも適用されるようになれば、水中から洋上への通信も装置の小型化が可能。
- 一方で、水中音響通信と衛星通信の接続方法については課題が残る。

## 脅威② 荒天

海洋に関わる視点から、海溝型地震と海底火山について述べる。

### <あるべき姿と技術的解決策>

第3節 財産 脅威⑥地殻変動の項目と同様、地震計や、地殻移動に伴う変動ひずみ計測センサーを、日本周辺の太平洋の側の海底や海底火山周辺にくまなく設置し、リアルタイムあるいは準リアルタイムで状態を監視する必要がある。このためには、海底のセンサーや洋上のプラットフォームからの大容量データ通信回線の確保と、気象・海況に左右されず長期運用可能な専用の洋上プラットフォームが必要となる。

### <現在の技術レベル>

地震については、DONET等の観測ケーブルとセンサーを組み合わせた、海底設置型のケーブルネットワークシステムがあるが、これは沿岸が観測対象であり、太平洋側に点在する海底火山に対しては、現実的な手法ではない。海底火山観測については、現状では航空機による観測を定期的に行っている。また西之島や福德岡ノ場のような活発な活動についても、航空機観測や、WaveGliderによる観測で対応している。

### <対処に必要な将来技術>

海溝型地震を海底でリアルタイムに観測するため、海底ケーブルネットのワークを普及させるには、敷設あるいはメンテナンスのための、ROVや母船と行った専用ツールが必要となる。高い自律航行や作業を行うことができ、海底作業もこなせるAUVも有力な候補である。

海底火山の常時リアルタイム観測や、活動の活発化に伴う迅速なリアルタイム観測システムを構築するには、水中や洋上で長時間の監視活動を行える専用の観測プラットフォームと、それらを本土から離れた場所に点在する海底火山現場に迅速に展開する輸送システムが必要である。こうした長時間の監視活動を支える大容量電源と、現場の詳細映像（4k以上）等の大容量データを伝送可能な衛星通信回線も必要である。洋上プラットフォームからのアップリンクは、揺れる洋上から、小型アンテナにより省電力で送信する必要があるため、衛星の受信能力を飛躍的に高める、あるいは低高度の周回衛星や成層圏プラットフォームの利用を検討する必要がある。

## 脅威③ 汚染

### 1) 廃棄物の投棄

不法に投棄されるゴミが多くの場所で景観を損なっている。この対策として、人が多く集まる観光地

等での食品等の販売には生分解性プラスチック包装を使う等が考えられ、安価な生分解性プラスチックの開発が重要となる。また、ゴミのフローを明らかにし、効率的な回収システムを構築することも重要である。越境汚染の問題に対しては、海洋ゴミの扱いに関する国際的な取り決めが必要となる。

## 2) 大気中の汚染

ブラック（及びブラウン）カーボン・タイヤ粉塵等、着色大気エアロゾル粒子の拡散による北極海氷の汚染が発生しているが、現状ではモニタリングが不十分で、問題顕在化の認識に遅れがある。沿岸の大規模排出源毎及び船舶毎の排出を可視化する、ドローンや衛星による監視・計測技術や、硝酸センサー、微量元素センサー、粒子センサーなどの開発及び標準化、沿岸や発生域での多点モニタリングの展開、赤潮・海色モニタリングシステムの開発が必要である。

## 3) 海難事故に伴う船舶からの汚染物質（積み荷、燃料）の流出

### <現状>

タンカーの海難事故や油井の事故に伴う油の流出は世界各地で発生しており、日本の周辺海域においても、大規模油流出事故の危険が常に存在している。

### <対応>

実海域のリアルタイム監視と、予測のためのリアルタイムデータの融合によるシミュレーションの高精度化が必要である。

### <あるべき姿と技術的解決策>

第5節 環境 脅威①に同じ。

## 脅威④ 自然破壊

### <現状>

陸上のリゾート開発によって森林等の生態系が崩れ、自然破壊につながる。大規模である程影響が大きく、対策として、リゾートをまず海に求め、エネルギーも自給可能な洋上でのリゾート開発を推進する。

### <あるべき姿と技術的解決策>

第5節 環境 脅威①に同じ。

## 脅威⑤ 伝染病

### <グローバル化や移動の容易性>

人の交流や物の移動のグローバル化が進み、航空機や大型コンテナ船による短時間での移動や大量輸送が可能になったことで、伝染病の感染拡大を地域に抑え込むことができなくなった。新型コロナウイルス感染症の世界的なパンデミックは、社会の安全性を根底から揺るがし、社会・経済活動の大きな停滞と不安を引き起こすことが示された。

伝染病は人から人への1次元的な広がりとして捉えられがちであったが、季節性伝染病や、数十年から数百年単位の長周期の流行伝染病の存在が認識されつつある。季節性や長周期性の伝染病は、動物に由来するものが多く、自然環境に長期間潜伏し、時として人に害をもたらす。例えば、ペスト菌（ダニなどに潜伏）やインフルエンザウイルス（渡り鳥などに潜伏）などが代表例である。

海洋に潜伏する伝染病も知られるようになってきている。コレラ菌は海産物の摂食を通じて感染する病気であり、船舶による人の移動が盛んになったことで世界に広がった伝染病である。コレラ菌はビブリオ属細菌の仲間であるが、米国東海岸のチェサピーク湾や深海の微生物生態の研究により、冬に減少し夏に増加することが明らかになった<sup>82</sup>。

さらに、コレラ菌は、海洋性プランクトンの表面に着生し潜伏する。このような潜伏状態は、生存可能一培養不可能（viable but non-culturable; VBNC）状態として、発見の遅れが指摘されている。近年、細菌相互の類似性を数値化しコンピュータにより細菌を同定する、分類学上のバイオインフォマティクス解析により、早期に発見できる技術が確立しつつある。

また潜伏期間を提供する着生をする生物を同定し、それらの摂取を控えることで感染を防ぐことができる。実際、バングラデシュなどでは、サリーなどの布で簡便にろ過した水を用いることでプランクトンの混入を防ぎ、伝染病の発生率を下げる事ができたことが確認されている。

#### <あるべき姿と技術的解決策>

対策には予防措置と、対症措置がある。予防措置としては、感染に関与する生物を確定し、それらとの接触を控えることである。さらに衛生管理措置によって発生を抑え、人が本来持っている免疫力により対処することである。

対症措置としては、ワクチン及び処方手順を迅速に開発できる体制を整備することである。また、人口密度の高い陸域での感染を防ぐため、船舶の活用や、洋上に医療・衛生環境を整備すること等が考えられる。

#### <現在の技術レベルおよび状況>

- 世界規模のパンデミックは、自国の対策のみでは収束させることが困難であり、世界規模での対応が求められる
- 感染拡大を抑制するためには対面での活動を制限せざるを得ず、その結果、世界経済は大きなマイナスの影響を受ける
- 季節性伝染病や長周期性伝染病は、潜伏期間が長く、流行が環境の変化に影響されることが

---

<sup>82</sup> Colwell, R.R. 1970. Polyphasic taxonomy of the genus *Vibrio*: numerical taxonomy of *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, and related *Vibrio* species. *J. Bacteriol.* 104: 410-433.

ら、大規模地震災害のように、予測が難しいが頻繁には起きない災害と認識し、基本的情報の収集と対策の周知が必要と認識すべきである。

- とくに地球温暖化による海水の温度上昇は、ビブリオ属細菌の増加を促進するため、これに由来する伝染病の新たな流行に注意する必要がある。

#### <対処必要な将来技術>

経済産業省「通商白書2020」より

- 世界規模の課題の解決には世界的な協調行動（グローバル・ガバナンス）が重要。
- 新型コロナウイルスの感染拡大を契機として、国際協調の重要性を再認識し、危機にも耐性が高い、柔軟でバランスのとれた経済社会システムの構築を目指し、国際協調の深化を通じたグローバル・ガバナンスを更に強化していくことが求められている。
- デジタル標準を通じた技術等に関する整合性の確保を目指す国際標準化機構（ISO）、電気電子関連の技術的協議を行う国際電気標準会議（IEC）などの国際標準化団体は、個別分野毎の産業団体や学術団体による様々な取組に併せ、世界規模での貿易促進、科学技術・経済面での国際協力推進に寄与している。
- ビブリオ属細菌に代表される伝染病を引き起こす微生物を早期に発見し、宿主も明らかにする。このためには、バイオインフォマティクス解析などの環境ゲノム情報を用いたデータの集積が求められる。また、それらとの接触や摂取を防止する衛生環境の普及が必要である。
- 海洋の温暖化が潜伏生物の活性化を促すことで伝染病のリスクが高まる可能性を認識し、食や物流の衛生対策を広めていく必要がある。
- 伝染病は早期の封じ込めが重要で、地震における72時間以内の救助のように、早期の発見と、発生時における周辺国の協力体制の構築と経験の蓄積が必要である。
- また、パンデミックや地域性の流行が発生した場合、その収束プロセスを解析し、予防措置と対症措置を柔軟にバランスさせ、正常化に至るノウハウを蓄積し、知識の普及を図ることが必要である。

## 第3章 政策的観点での一考察

### 海洋状況把握（MDA：Maritime Domain Awareness）の役割

#### 1. 変貌する安全保障

平成30年5月15日に第3期海洋基本計画が閣議決定された。特記すべきは、法の支配の下、自由で開かれ安定した海洋の実現に向け、伝統的な安全保障の柱である外交、防衛のみならず、領海警備、密輸・密航、海上交通、資源開発、環境保護などを含めた総合的な海洋の安全保障に取り組むべきと強調されている点である。

この第3期海洋基本計画には、非日常的な状況を想定している「海洋安全保障」ではなく、日常的な世界に内在する危機に対処しようとすることを含めた総合的な「海洋の安全保障」と明記されている点、すなわち「の」の意味が大きいものと考えている。

グローバル化の進展により、密輸・密航、エネルギー、食糧、難民、海賊、海洋環境、気候変動、大規模災害、更には世界を震撼させた新型コロナウイルス（本来、一地方の局所的感染症であるが・・・）の大規模感染拡大等、日常的な生活に内在する危機が拡大し、非日常である軍事力では対処することができない危機が多くを占めるに至っている。

これらの危機に対処する海上の担い手は、海上保安庁をはじめ、水産庁、警察庁、財務省（税関）、出入国在留管理庁、経済産業省等の法執行機関であり、伝統的な安全保障の柱である「外交」、「防衛」に加え、「法執行」を「海洋の安全保障」の更なる柱と位置づけたといえる。これは、海上における法執行機関の新たな幕開けであり、更に経済安全保障等の観点からも極めて重要である。

#### 2. 海の可視化

これらの危機も視野に、海洋の常態を把握する必要があるとの認識のもと、海洋状況把握(Maritime Domain Awareness：MDA)体制を強化する取組（海の可視化）が進められている。第3期海洋基本計画は、海洋状況把握（MDA）を「海洋の安全保障、海洋環境保全、海洋産業振興・科学技術の発展等に資する海洋に関連する多様な情報を、取り扱い等に留意しつつ効果的に収集・集約・共有し、効率的に把握すること」と定義しており、MDAの取り組みにおいて注目すべきは、政府機関が一体となって、効率的に情報集約・共有のメカニズムを確立しようとする点にある。

2019年（平成31年）、MDA能力強化の一環として、海洋情報の集約・共有するための情報システム「海洋状況表示システム」（愛称：海しる）の運用が開始された。「海しる」は、政府・関係機関等が保有する様々な海洋情報を地図上に重ね合わせて表示できるインターネット上のサービスで、誰でも利用可能である。

常態の把握なくして、異常の認知は困難である。今後は、「海しる」を含め、海の更なる可視化に向け、MDA体制の充実強化を推進すべきである。第3期海洋基本計画は、MDA体制の確立を海洋の安全保障の基盤となる施策として重点的に取り組むものと位置づけている。

### 3. 科学・技術、イノベーションの貢献

一方、我が国の科学力・技術力は、経済や防衛力等の環境を整備する上での基盤となる。科学技術の促進を図ることは、海洋の産業振興に直結するだけでなく、海洋の安全保障に関連する様々な分野に於ける基盤として大きな意義がある。安全保障及び民生分野の両方で活用可能なデュアルユースを意識した海洋に関連する研究開発、技術力の向上を図ることは、長期的な観点から重要である。

2016年（平成28年）に策定された第5期科学技術基本計画で「Society5.0」が提起された。同基本計画には、「分野の異なる個別システム同士が連携協調することにより、自立化・自動化の範囲が広がり、社会の至るところで新たな価値が生みだされていく。これにより、生産・物流・販売、交通、健康・医療、金融、公共サービス等の幅広い産業構造の変革、人々の働き方やライフスタイルの変化、国民にとって豊かで質の高い生活の実現の原動力になることが想定される。」と記されており、この取組は、MDAの体制確立においても重要な意味を持つ。

そのため、この基本計画における「Society5.0」の概念を海洋分野でも適用すべく、無人機（AUV、ROV等を含む）やドローン等のハード面での技術開発及びそれらのネットワーク化を今後一層推進していくとともに、これらの技術に加え、衛星関連・海洋監視技術、データ・情報の取得・解析技術等を、安全保障に直結する重要な技術として発展させ、総合的な理解と活用を図るべきである。これらの実現により、総合的な国力の向上が図られ、我が国に有利な海洋における安全保障環境を創出し、国家安全保障戦略に大きく貢献することとなる。

### 4. 新たな推進力

我が国周辺海域を取り巻く情勢は、過去に例を見ないほど厳しさを増している。水産資源の奪取、漁業行為に対する威嚇、IUU漁業、海底資源を巡る問題、領海への不法侵入、航行ルートの制限、海洋環境破壊、海洋環境変化、生態系変化、大規模災害等、いずれも法の支配に基づく自由で開かれた海を護る上での大きな課題である。力に屈せず、法に則り、事を平和裡に解決することが、国家の安寧と秩序を維持し、国民の安全・安心に寄与することとなる。そのため、海を可視化し、関係者が常に最新の状況を共有するMDAは経済安全保障の新たな推進力となる。

海上における各法執行機関は、これまで、我が国を取り巻く情勢の変化を踏まえ、その都度、各省庁が自らの所掌の範囲で、MDAの体制を整備してきたものと認識している。これからは外務、防衛といった伝統的な安全保障の担い手と共に政府機関が一丸となり、官民が協力し、業務需要変化の予兆を捉え、科学・技術、イノベーション分野の力を最大限活用し、海洋立国日本を更に強化していくことが肝要である。MDAはそのための重要な起爆剤ともいえる。

新たな国家安全保障戦略において、海上保安庁と自衛隊の連携強化が盛り込まれた。また、新たな海上保安能力の強化に関する方針においても、海上保安庁と防衛省・自衛隊は、それぞれの役割分担の下、情報共有・連携の深化や、武力攻撃事態における防衛大臣による海上保安庁の統制要領の策定や共同訓練を含めた、各種の対応要領や訓練の充実を図るものとしている。「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションを推進するにあたり、海洋の安全保障はその基盤である。海上保安庁と自衛隊の連携・協力を不断に強化していくことは、MDAを進化させる上でも重要であることを付記しておく。

## 参考文献

- 1) <https://oceanofthings.darpa.mil/> (2022年11月21日アクセス)
- 2) 「高精度測位技術の現状とその利用分野に関する調査」 国土地理院時報 (2004, 103集) <https://www.gsi.go.jp/common/000024805.pdf>
- 3) 「ソフトバンクが成層圏に挑戦する理由 - 無人飛行機で成層圏に基地局を。『HAPS』」 ソフトバンクニュース 2019-08-26. [https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20190826\\_01](https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20190826_01)
- 4) Jagannathan, S., Bertsatos, I., Symonds, D., Chen, T., Nia, H. T., Jain, A. D., ... & Makris, N. (2009). Ocean acoustic waveguide remote sensing (OAWRS) of marine ecosystems. Marine Ecology Progress Series, 395, 137-160.
- 5) " DARPA Explores UnderSea "GPS-Like" Network", Warrior Maven MAR 22, 2018. <https://warriormaven.com/future-weapons/darpa-explores-undersea-gps-like-network>
- 6) 国立研究開発法人情報通信研究機構 未来ICT研究センタージャーナル, KARC FRONT. Vol.16 2009. 「原子の波の性質を利用した高精度子型慣性センサーの研究」 Retrieved from: [https://www.nict.go.jp/advanced\\_ict/plan/4otfsk000001h78m-att/16.pdf](https://www.nict.go.jp/advanced_ict/plan/4otfsk000001h78m-att/16.pdf)
- 7) 「水中光無線通信による100m超の20Mbps双方向通信に成功～水中光Wi-Fiの構築及び水中観測機器のIoT化へ大きく前進～」 国立研究開発法人海洋研究開発機構プレスリリース2017年 10月 2日. Retrieved from: [http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20171002/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20171002/).
- 8) 「“盗聴不可”の量子暗号通信を人工衛星で実用化目指す 先行する中国に追いつけるか」 ITmedia, Inc. 2020年11月10日. Retrieved from: <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2011/10/news040.html>
- 9) 「26年にも量子暗号衛星打ち上げへ、NICTが狙う中国追撃シナリオ」 日経クロステック、2021年5月26日。Retrieved from: <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01639/00011/>
- 10) 「量子暗号・物理レイヤ暗号の研究開発 情報理論的安全な通信の実用化に向けて」 NICT NEWS 2021 No. 2 (通巻486) 掲載記事. Retrieved from: <https://www.nict.go.jp/quantum/about/crypt.html>.