

#### <あるべき姿と技術的解決策>

情報漏洩の発生を前提とする部分については、脅威②(情報漏洩の1)に同じ。一方で、海洋活動では観測機器の亡失や奪取により生じる情報漏洩が考えられ、これらについても、先述同様の高度な暗号化に加え、自律的データ消去や機械的な破壊の仕組みを実装する必要がある。

#### <現在の技術レベル>

現状のAUVや観測機器等は、亡失や奪取による情報漏洩について、一部の漂流観測装置に自沈機能がある以外、考慮した機器はほとんどないのが実態である。

#### <対処に必要な将来技術>

AUVや観測機器等の、陸上で使用される機器に比して性能が劣るH/W（CPU＋メモリ）環境下にも実装可能な、

- 量子暗号化
- 自律判断による不正アクセスの防止

が考えられ、その他以下のような技術が今後必要と考えられる。

- 自律的データ消去
- 自沈等の物理的破壊

### 3) 外国の観測装置による、通信機能を通じた情報の漏洩

今後、AUVの普及に伴い、水中における機器間の通信技術も発展が見込まれる。水中での機器間の通信は、音響または近距離の光通信に限られる。これらは、人間がアクセス出来ない場所で行われるため、高度な秘匿性や傍受等への対策が必要である。

#### <あるべき姿と技術的解決策>

情報漏洩の発生を前提とする部分に関しては、脅威② 情報漏洩の1)および2)に同じ。一方で、市場規模の小さい海洋産業においては、陸上技術の応用が前提となる。また、海洋観測では、国際標準への準拠も重要であり、AUVのような秘匿性の高いデータを取り扱う観測と同列には議論できない。今後は、安全保障の観点から明確な情報公開の基準が重要となり、公開するレベルに応じた情報管理体制の確立が必要である。

また、国内の業界等では、AUVのシステム構成の共通化やモジュール化が進んでおり、これが確立されれば、専用H/Wチップ（ROSベースではあるが）等の実現が期待できる。

#### <現在の技術レベル>

現在、水中通信では音響でも光通信でも、陸上技術と同じ変調方式を用いている。通信機器自体は、陸上用の装置を耐圧容器に収めたものであり、通信プロトコルも水中用の特別なものを使用しているわけではない。

#### <対処に必要な将来技術>

量子暗号化技術は実用レベルに近づきつつあるが、現状では大規模な装置が必要となる。AUV等の水中機器間での通信では、

- 機器の小型化
- 機器の省電力化

が必須の技術要素となる。

陸上機器と異なり、水中機器の市場は極めて小さいため、まずは陸上での技術の確立と普及を踏まえ、小型化と省電力化を図る必要がある。

### 4) 人による漏洩

#### <あるべき姿と技術的解決策>

情報漏洩の発生を前提とする部分に関しては、脅威② 情報漏洩の 1)および2)に同じ。

一方で、「うっかり」といった無意識の過誤に起因する漏洩に関しては、1)により対応可能であるが、意図的な漏洩を防止するためには、帰属意識やプロ意識の醸成が有効かつ重要である。しかし市場規模の小さい海洋の分野では、技術者の母数が少なく、現状では海に対する個人の熱意に依存している部分が多い。こうした状況では、国として重要な技術にかかわる人材の処遇を改善する必要がある。

#### <現在の技術レベル>

海洋技術に関与する研究所や船舶内にCCTVカメラを設置し、AIも活用して監視することは、現在でも技術的に可能である。

一方、大学等ではデュアルユース技術への関与が批判的な評価を受ける風潮が存在することも事実である。産業としての発展性に乏しい海洋技術分野においては、国として重要な技術であっても、担い手の確保が困難という状況に陥りがちである。

#### <対処に必要な将来技術>

人間の意識を技術的課題として扱うことは出来ないが、技術を生み出すのは人間であるから、何らかの対策が望まれる。先駆的な成果を得るためには、官民を問わず、自由な発想を促して支援し、適切な処遇を保証する、海洋技術にかかわる研究設備や組織の創設が望まれる。

#### 5) 海洋鉱物資源の分布及び賦存量のマップ、微生物を含む生物のハビタットマップ、海洋生物の遺伝情報等の漏洩

##### <理想論>

現代の社会生活は、エネルギーや資源の利用なしには成り立たない。日常生活に不可欠の電気、ガス、水道をはじめ、物流や通信においてもエネルギーや鉱物などの資源を必要としている。エネルギー・鉱物資源にはさまざまな種類がある。2018年度のエネルギー需給実績によると、日本では一次エネルギー総供給のうち、化石燃料の割合が約80%であり、そのうち石油が約35%で、そのほとんどを輸入に依存している。また、金属資源もほぼすべてを輸入に頼っている。日本の陸域に存在するエネルギー・鉱物資源はすでにほぼ枯渇しており、需要のほとんどを海外からの輸入に頼っている。そうした資源の供給元には政情不安な国もあることから、安定供給先の確保に課題を抱えている。日本に陸上資源が乏しい理由のひとつとして、陸域面積が世界第61位の約38万km<sup>2</sup>で、鉱山の候補地となる陸地が少ないことが挙げられる。一方、日本は四方を海に囲まれ、領海及び排他的経済水域（EEZ）の合計面積は約447万km<sup>2</sup>と、陸域の12倍にも及ぶ。陸域と海域の面積を総合すると、日本は世界第6位の広さの領域を有しており、大水深の海域を多く含むため、海水の体積では世界第4位となる。

化石燃料や鉱物資源が存在しているのは陸域だけではない。地球表面の7割の面積を占める海域の海底も有望な候補地である。日本の領海およびEEZの面積の約8割を占める水深1,000m以上の深海底には、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明らかになってきた。深海の鉱物資源は、人類の手が容易に届かない、極限の環境に存在しており、それらを活用するには、科学的知見に基づいて資源の分布を把握し、高度な技術的課題を克服することが必要になる。

また、生物資源及び遺伝資源（生物遺伝資源）は、バイオテクノロジーやバイオ産業の発展に不可欠なものである。バイオテクノロジーやバイオ産業は、人間の生活や社会を大きく変える可能性を有する重要な産業であり、その基盤である生物遺伝資源は、生物多様性条約に配慮して有効に活用することが期待される。海洋では生物調査が十分に行われておらず、今後も多くの未知の生物の発見が

期待される。特に、深海底及び海底下の地下生命圏には莫大な量の微生物の存在が推定されており、ここから有益な遺伝資源が得られることも期待もされている。

このため、こうした資源の賦存量や分布に関する情報は、我が国の経済発展を支える上で、極めて重要な情報であり、その管理を怠れば、他者による不法採取を招くことになる。こうした情報は、国だけではなく、大学、研究機関、自治体、企業なども保有しているが、その管理方法や重要度の認識に差異がある。

#### <あるべき姿と技術的解決策>

情報の漏洩リスクに対しては、国の一元管理（海洋情報に関する国のデータプラットフォームの構築）に加え、サイバーセキュリティ対策の強化が必要である。

一方、資源や生物分布のマップ、遺伝子情報等の意図的な漏洩は、基礎科学と応用科学の構築手法が異なることも原因のひとつである。基礎科学はオープンイノベーションを基本としており、論文の査読等では、数値の正確性が求められ、結果として詳細な分布やマップ、遺伝情報等を公開して活用する傾向がある。また、メタデータ化が新たなイノベーションにつながるため、研究技術者はそれらの公開を基本的姿勢とする。半面、応用科学では、知的財産保護の意識からデータの公開には慎重になりがちである。真の脅威は意図しない漏洩であり、これを防ぐためのわかりやすいルール作りが求められる（鉱物資源については、海洋白書より引用）。

#### <現在の技術レベル>

海底鉱物資源の開発は、現在JOGMECと戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）<sup>25</sup>による事業しか行われておらず、情報管理には個別の運用ルールしかない。SIPでは、レアアース泥を含む海洋鉱物資源を対象とした技術開発を行うとされており、具体的には、南鳥島海域の資源量を評価するために必要な調査を実施するとともに、この調査で明らかになった帯域に対してレアアース濃集部分を揚泥する技術開発を行うとされている。加えて、レアアース泥の広域調査を展開するにあたって必要となるAUV複数機同時運用システムの構築、また将来の深海鉱物資源開発に必要となる技術を確立することが目的とされている。

海洋生物のハビタットマップについては、基礎科学的な研究と、海洋開発に係る環境影響評価が行われている。いずれも外部からの可視化が求められており、学術論文をベースに情報公開を行うべき分野であるが、公表前に情報が外部に漏洩することがある。

生物の遺伝情報の漏洩については、日本は生物多様性条約を批准しているため、国際ルールに従い情報提供を行えば問題はない。ただし、この条約に加盟していない国との間での情報のやり取りは、2

---

<sup>25</sup> 首相官邸. 「第2期SIP海洋課題「革新的深海資源調査技術」概要」. Retrieved from: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/sanyo/dai41/shiryuu5.pdf>. このほか、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）ホームページ（[https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/12\\_shinkai.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/12_shinkai.pdf)）、国立研究開発法人海洋研究開発機構ホームページ（<https://www.jamstec.go.jp/sip2/j/>）にも深海資源調査技術・回収技術に関する研究開発の資料あり。

国間協議のみとなるため注意が必要である。

資源の分布情報や遺伝子情報は、記録メディアを扱う技術者を通じてデータが漏洩することがあることから、収集し提供するデータの性質を理解するための教育を行っている。

#### <対処に必要な将来技術>

機微な技術を適切に管理する観点から、研究開発区分に応じた成果の公開の在り方について検討を行い、新たな知的財産管理のあり方について検討を進める。その際、公開すべきものとそうでないものの対象範囲や、特に政府資金による研究開発成果の取扱いについて検討する他、民間資金による研究開発成果についても取扱いを検討する必要がある。

生物多様性条約のように、従事する人材が多い生物研究の場合は国際的な管理ルールが成立しており、従事者の教育も容易であるが、海底資源やハビタットマップのような、従事者の少ない分野においては、取扱いのルールが不明確なものが多い。知的財産は、公表により得られる人流共通の財産と、関係者のイノベーションにつながる個別の財産があり、線引きが難しい。議論が成熟していない分野であり、そのあり方を明確にするよう、管理部門が意識を高める必要がある。

#### 米国において「経済スパイ法」の疑義をかけられた例

2001年に、理化学研究所の研究者が米国の研究所に留学した際、帰国時に遺伝子サンプルを無断で持ち帰ったことについて、米国の財団から「企業秘密を不正に入手し、外国政府の利益をはかった」と告訴される事案が発生した。この事案では研究者の受け入れ態勢について、文書による同意書が無かったことが指摘されているが、研究において重要な遺伝子情報が無かったことで事なきを得た。海洋生物の遺伝子情報についても、その有用性がはっきりとしない段階では、オープンな他機関との協力体制も必要であり、試料の持ち出しについての同意書（MTA：Material Transfer Agreement）をとり交わす必要がある。生物多様性条約では、MTAを交わしてからの研究実施を定義しており、それらをサポートする研究開発体制が必要である。

海海底質の分布や環境生物のハビタットマップは、環境評価の場合は公表が前提であるが、有用資源の分布や、有用生物のハビタットマップは厳重に管理すべき情報である。一方、学術分野では、知的財産としてデータを公表することでイノベーションを推進し、産業利用分野では知的財産を独占することでイノベーションを推進する。情報管理においては、このバランスを取りつつ、適切に情報を取り扱う体制を確立する必要がある。

#### 脅威③ 事故

##### 1) 海中構造物の劣化

海中での構造物の建設や観測機器の設置には、安価で高い強度を長期間維持できる鉄筋コンクリートが多く使用されるが、地上や浅海域と異なり、深海域に設置されたコンクリート構造物は、高圧低温の環境に晒され、海水の化学組成に起因するカルシウム溶脱により、経年劣化が急速に進行する恐れがある。深海域（3,000m以深）におけるコンクリートの曝露試験は十分に行われていない。

こうした構造物には、石油井などの資源採掘施設、空港、産業プラント、洋上備蓄基地、橋梁・沈埋トンネル、観光基地、風力発電などがある。

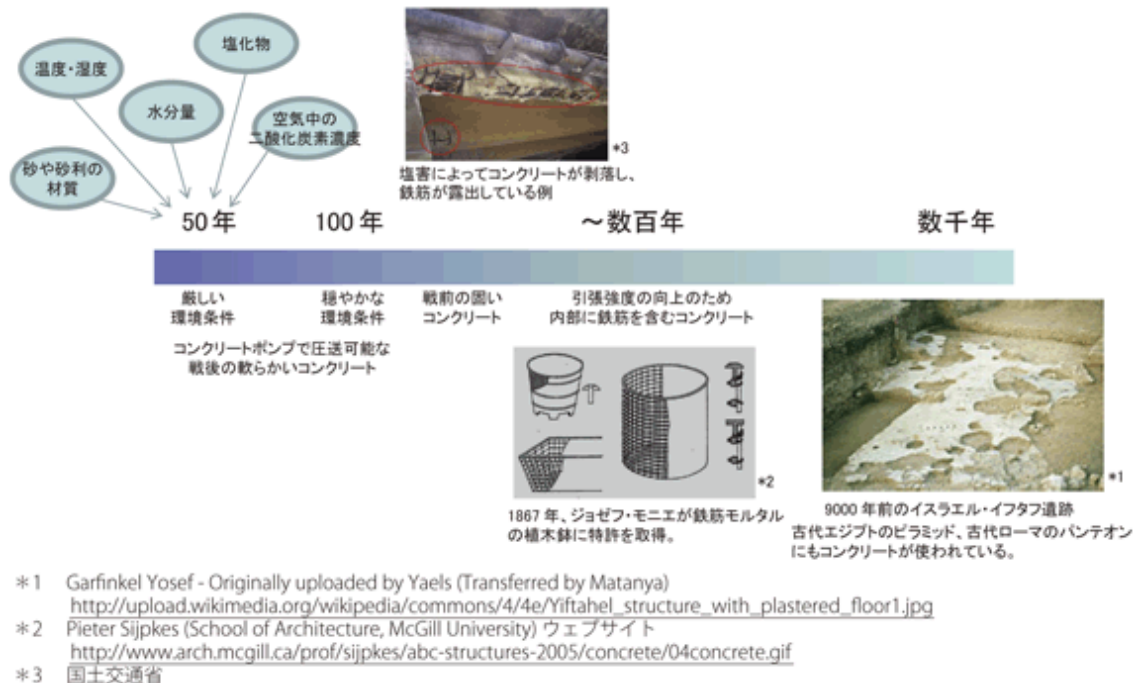


図3-7 海中構造物の変遷

コンクリートの寿命は、比較的好条件のもとで100年程度、海岸部等の悪条件下では50年程度といわれているが、さらなる長寿命化をはかる必要がある。

<あるべき姿と技術的解決策>

- 監視の強化については、第3節財産 脅威① 奪取行為に同じ。
- シミュレーション等による予測と、AUV等を活用した遠隔監視といったデジタルツインの導入により、効率的なメンテナンス技術が確立している。

<現在の技術レベル>

海水練りコンクリート<sup>2627</sup>が、強度が高く耐水性にも優れるとされている。

<対処に必要な将来技術>

深海という特殊な環境下では経験則が役に立たないため、データを取得するしかなく、以下のよう

<sup>26</sup> [https://www.jci-net.or.jp/j/concrete/technology/201607\\_article\\_1.html](https://www.jci-net.or.jp/j/concrete/technology/201607_article_1.html)

<sup>27</sup> GIGAZINE. 「2000年もの耐久性を誇るローマ時代のコンクリートは海水の腐食によって強度を上げていた」 <https://gigazine.net/news/20170705-ancient-concrete/>

な劣化対策が考えられる。

- コンクリートに代わる新素材の開発
- 既存施設の表面強化技術の開発
- AI等による状態無人モニタリング
- 自動メンテナンス技術の確立

## 2) 有毒ガス

### 海水

海水には様々なガスが溶け込んでおり、酸素と二酸化炭素の溶解量が特に多い。二酸化炭素は低温で溶解しやすく、温度が高くなるとガス化しやすいため、温度変化のある利用形態では、低温から常温になった際に、貯留タンク内に充満する可能性があり、注意が必要である。

### 船内

船内の生活空間に有毒ガスが及ぶ場合があり、LNGなどの輸送貨物の区画に入る場合に、中毒事故の危険がある。

また、生活排水の微生物発酵により、硫化水素ガスやメタンガス、二酸化炭素ガスが発生することがある。船舶によっては、汚水の処理タンクのガスが揺動で逆流し、トイレやシンクを通じて個室空間に及ぶ可能性がある。

さらに、潜水作業中に供給すべき気体の配管を間違え、有毒ガスの吸入が起きる可能性がある。特に窒素ガスの吸入事故が数件発生している。

### 海底構造物

熱水域などの硫化鉱物が堆積する場所では硫化水素ガスが発生する。鉄などに腐食を生じやすく、構造物の強度が劣化し事故につながる危険性がある。また、熱水域から離れるにつれて硫化水素ガスが海水中の酸素と反応し、硫酸などの酸化物に変化していくため、影響は減少する。しかし、硫化水素はそれを利用する生物が海底に生息するため、これによる金属腐食が原因で構造物の強度の劣化が進行する。対策としては、海底の有毒ガス成分を把握する技術の開発、安価で硫化水素に強い素材の開発、さらには有毒ガスが発生した場合の対応計画の策定等が考えられる。

### 海底堆積物の回収

海底堆積物の中には、メタンや二酸化炭素がハイドレートとして存在する場所がある。これらを回収して貯留する場合、貯留槽内に有毒ガスが滞留する危険がある。

### <あるべき姿と技術的解決策>

- 監視の強化については、第3節財産 脅威① 奪取行為に同じ。
- デジタルツインの導入促進については、脅威③ 事故(1)海中構造物の劣化に同じ。
- 有毒ガスについては、発生を探知する技術が確立しており、何らかの方法による現場の状況把握が可能である。

### <現在の技術レベル>

- 硫化水素は、石油・ガスの生産現場において最も危険な有害化学物質である。
- 2018年に発生した米ハワイ島キラウエア火山の噴火では、海に流れ込んだ溶岩流が海水と化学反応を起こし、有毒ガスを含む水蒸気が発生した。地元当局は肺の障害や皮膚炎を引き起こす恐れがあるとして住民らに注意が呼びかけた。
- 船内の貯留空間には、滞留するガスを逃がすための排気設備が設置されている。また、トイレやシンクにも、有毒ガスが滞留しないよう換気対策を施している。
- 有毒ガスは目視では確認できないため、ガスセンサーが設置されている。市販の二酸化炭素センサーや硫化水素ガスのセンサーが船内に設置され、定期的なメンテナンスが行われている。
- 潜水作業で供給するガスについては、ガスボンベの色やレギュレーターの手柄の変更などで、人為的ミスによる有毒ガスの混入を防いでいる。

#### <対処に必要な将来技術>

- 掘削リグや海底火山の噴火から有毒ガスが発生した場合の大気の監視（二酸化硫黄や粒子状物質の濃度）や予報技術。
- 逃げる場所のない海上掘削施設等においては、硫化水素災害の予防対策は非常に重要であり、的確な知見、訓練及び優れたガス検知手法により可能である。

船内の生活空間におけるガスセンサーの定期検査の簡便化と長寿命化を進める必要がある。ガスセンサーのウェアラブル化をすすめ、バッジの装備や、ヘルメットへの設置により、個人レベルの安全性を高める技術が必要である。ガス取扱いの資格制度を的確に運用することでリスク管理を行い、制度が複雑化しないよう配慮したうえで、安全なガス取扱い技術の普及と啓蒙をはかる。

#### 3) メタンハイドレート<sup>28</sup>

陸上からの堆積物が厚く堆積している大陸棚には、メタンハイドレートが存在している。海底地すべり等で堆積していた地層がなくなると、地層内の圧力が下がり、メタンハイドレートが急激に溶け出す。メタンは海水には溶けにくいいため、気泡となって浮上し大気中に放出されるが、大量の気泡が発生すると、航行船舶や付近の洋上リグ等の事故につながる危険性がある。対策としては、洋上に構造物を設置する際には、メタンハイドレートの量を事前に把握し、危機管理計画を策定しておくことが重要である。また、メタンハイドレートを海底から抽出する際に、圧力をコントロールしながら安定抽出できる技術の開発を進めることが必要である（レアメタル採掘に関して有毒物質の発生が伴うSIPの推進）。

また、海底からのメタンガスの放出による海底生物と地球温暖化への影響や、生産水の放出による周囲の生物への影響も把握する必要がある。

<sup>28</sup> MH21-S研究開発コンソーシアム、「砂層型メタンハイドレート研究開発」。Retrieved from <https://www.mh21japan.gr.jp/envi ron.html>



### <あるべき姿と技術的解決策>

メタンハイドレートが存在する場所と量を把握し、

- 海底からのメタンガスの漏出による、海底生物と地球温暖化への影響
- 生産水の海洋放出による周囲の生物への影響

等を把握したうえで、海底からのメタンガスが発生せず、生産水による生物への影響もない、安全な開発と生産を行う。

### <現在の技術レベル>

メタンハイドレートは、海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）において、「平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、民間企業が事業化する際に必要となる技術、知見、制度等を確立するための技術開発を行う」こととされている。同計画では、砂層型、表層型というメタンハイドレートのタイプ別に開発目標が定められている。

砂層型については、以下についての研究成果の評価が待たれる。

- 長期間の安定生産を実現する生産技術の確立
- 経済性を担保する資源量の把握
- 商業化を見据えた複数坑井での生産システムの開発等

表層型については、以下のとおり。

- 回収・生産技術の調査研究
- 商業化に向けた技術の確立
- 海底下の地層における表層型メタンハイドレート分布や形態の特徴等の解明

### <対処に必要な将来技術>

「メタンハイドレート開発の今後の在り方について」（平成29年6月資源エネルギー庁資源・燃料部）によると、今後開発を必要とする技術は以下の通り。

- 安定生産技術の確立
  - 生産技術に関しては現在、生産手法の有効性を検証している段階である。安定生産の可能性の検証が今後行われることとなるが、検証に当たり、過去に実施した海洋産出試験を十分検証し、明らかとなった課題について、必要な対策を検討していく必要がある。
  - ガスの商業生産を行うには、1つの坑井で5～10年程度の連続生産を行う必要があるため、一定の生産性を維持しつつ、少なくとも数ヶ月ないしは1年程度の長期の安定生産を確立していく必要がある。これらを通じ、長期安定生産の見通しが立った段階で、複数坑井での中長期的な安定生産試験に移行する。
- 生産システム開発
  - 砂層型メタンハイドレートの商業化においては、複数の坑井から生産されるガスを効率的に収集し、パイプラインで陸上に移送するシステムの構築も併せて必要である。

このため、商業化に向けたパイロット実証試験に先立つ形で、上述した海域における複数坑井での中長期的な安定生産の試験と並行し、生産システムに関する要素技術の開発に着手する必要がある。

## 脅威④ 調査・開発の遅れ

### 1) 外国の調査・開発技術への過度な依存

調査により判明した課題を解決するために開発を進めるといように、「調査」と「開発」は一体的に行うべきものであるが、これを外国のノウハウに依存した場合、必要な技術力、技術者及びノウハウの蓄積が困難になるが、そうならざるを得ない背景も存在する。

例えば、海洋の調査・研究を行う船舶を建造する場合、船体や推進システムは日本のメーカーにより十分な性能を有するものが建造可能であるが、搭載する研究・調査機器は、大部分が海外からの調達品である。

こうした状況の背景として、船体や推進システムについては、日本のメーカーが内外の大きな海運市場に早くから参入し、高い技術を蓄積してきたため、市場における日本の優位が保たれてきた。しかしながら、海洋調査や開発の分野では、成長が期待できる大きな世界市場が常にあるとは言えず、国内においても、豊富で利用可能な海洋資源が確認されない限り、市場が期待できない。こうしたことから、国内企業に技術力があっても、そうした企業が積極的に海洋分野に参入して市場を形成することは期待できない。これは、水中調査用の自律型無人潜水機などの技術についても同様である。

### <あるべき姿>

- 国内産業により高性能の機器が製造され、海外にも輸出されている。
- 国内産業に技術の高度化をはかる環境や機運が醸成されており、高い水準の製品が速いペースで市場投入され続ける。
- 産業界の雇用が安定しており、技術の革新と継承が行われている。

### <現在の技術レベル>

日本周辺で海洋調査をおこなう研究船や無人潜水船に搭載する観測機器は、多くが海外製である。特に、海底地形や地質を調査する機器には、国産製品を選択する余地はない。また、自律型無人探査機の市場についても、国産メーカーは、外国メーカーの後塵を拝しているのが実情である。

観測機器名称	製造メーカー
マルチビーム音響測深機	Kongsberg Maritime (ノルウェー) Wärtsilä ELAC Nautik (独) Reson (デンマーク)
サブボトムプロファイラー (地層探査装置)	SYQWEST(米) KONGSBERG GEOACOUSTICS LTD(英) EdgeTech (米)

音響測位装置	オキシテック（日）
多層式流向流速計	Teledyne RD Instruments 社(米)
CTD(水温 電気伝導度 深度)	Seabird Electronics(米)
XBT/XCTD 装置	鶴見精機（日）
船上重力計	Micro-g LaCoste（米） ZLS corporation（米） SCINTREX（カナダ）
船上磁力計	テラテクニカ（日） Geometrics（米）

図3-8 JAMSTECの研究船が搭載する共通の主要な観測機器と製造メーカー

製造メーカー	量産機
Atlas elektronik（独）	SeaFox, Cobra, SeaCat
BAE Systems（米）	Archerfish
L3 HARRIS（米）	Iver3, Iver4
Teledyne Marine(米)	Gavia, SeaRaptor
Lockeed Martin（米）	Marlin, A-size AUV
General Dynamics（米）	Bluefin 21, Bluefin 9, Bluefin HAUV
Hydroid(Kongsberg Group)（米）	REMUS 100, REMUS 600, REMUS 6000
ECA（仏）	A-9, A-18, A-27, Alistar 3000
Kongsberg Defence & Aerospace(ノルウェー)	MINESNI PER Mk III
Kongsberg Maritime（ノルウェー）	HUGIN, MUNIN, Seaglider, Eelume, REMUS M3V
ISE（カナダ）	Explorer, Theseus
Saab Seaeye（スウェーデン）	Sabertooth
（株）IHI	—
川崎重工	—
三井E&S	AQUA EXPLORER 2、AQUA EXPLORER 2000、 たんたん
三菱重工	—

図3-9 自律型無人潜水機 (AUV: Autonomous Underwater Vehicle)製造メーカー

#### <対処に必要な将来技術>

広大なEEZを有する日本にとって、自国の技術による水中調査能力の確保は重要な課題である。航空機等と異なり、水上・水中での移動は大きく制限を受けることから、効率の高い調査技術を開発・実装していく必要がある。このため、今後必要な技術要素として、以下が考えられる。

- コンパクトで大容量のエネルギー源
- 調査観測船の省人化と無人化
- 無人運用を支える、各種技術の信頼性向上
- 自律型無人潜水機の現場海域への無人での迅速な展開
- 特に、海底地形や海底資源の調査に関わる調査機器の国産化
- 同上の機器により、従来よりも広域を1度で調査できる合成開口技術等の活用
- 水中調査機器を支援する高精度測位技術
- 水中調査機器を支援する、長距離大容量の通信技術

#### 2) 外国製品への過度の依存

1) に同じ。

#### 3) 技術者不足

日本の海洋には、陸上と同等規模の市場が無く、海運や食料関連、一部のレジャー等を除き、成熟した国内市場が存在しない。また日本のEEZ内から適正な価格で潤沢に市場供給できる資源も存在しない。このため、海洋では民間の競争原理が働かず、積極的な市場形成や技術向上のための開発資本が投入されることもない。このため、海洋では市場の成長が見込めず、通信インフラ等の整備も進まないことから、海洋への投資が遠のく傾向に拍車がかかることになる。

他方で、周辺を海に囲まれる我が国は、海洋状況把握 (MDA) の能力強化が重要課題であり、今後産業界を含め、広く優秀な人材を確保して重点を置くべき分野であるが、有効な市場がない現状では、大学等の教育機関も海洋を看板に人材を集めることが容易でないのが実情である。

#### <あるべき姿>

##### 1) との共通点が多いが

- 雇用が安定し、技術の継承・革新が継続している。
- 海洋に関する大学・研究機関が充実し、学生や研究者に広く門戸が開かれている
- 海洋技術開発や研究開発への競争的資金等の支援策が豊富で充実している

#### <現在の技術レベル>

海洋関係の技術者を維持するためにも、安定した業務量が確保されていることが望ましい。特に、気象庁、水産庁、海上保安庁、海洋研究開発機構等に所属する調査・研究船の維持や定期的な代船建

造は、技術の伝承の意味でも大きな役目を果たしてきた。しかし、船舶の保有は民間も含めて縮小傾向にあり、技術の伝承されず、技術者の離散が続いているのが実情である<sup>29</sup>。

#### <必要となる技術要素>

初等教育から社会人教育まで、切れ目ない人材育成を展開することが必要である。「日本工学アカデミー（EAJ）「海洋テロワール」提言（令和3年3月EAJ「海洋研究の戦略的推進」プロジェクト（リーダー：藤井輝夫））によれば、以下の通り。

##### ①初等中等教育へのアプローチ

- 教育・研究機関、水族館・博物館、各種団体などの連携の下、海洋教育の定義や意義を统一的に定め、教育段階ごとにブレイクダウンし、各学習内容に入れ込む。
- 海洋教育に熱心な教員、各種団体の指導者等のネットワークを構築し、人材・情報、教材の可視化と共有化を進める。
- 体系化した教育パッケージや副教材の提供
- SDGsと連携した海洋教育プログラムの開発の推進
- 海洋の総合的理解に向けてはSTEAM教育の手法を考慮にいれた教育コンテンツ作成、提供等

##### ②高等教育・社会人教育へのアプローチ

- 海洋に関わる教育・研究を行っている高等教育機関、各種研究所などの連携を図り、海洋に関する分野別の教育パッケージを複数作成する。それらを用いて夏季休暇中などに短期集中型教育プログラムを提供する。
- 大学院レベルの統合型海洋教育プログラムを、内外の教育研究機関が共同で構築する等

技術力の向上には海洋関連産業の活性化が必要であるが、短期間に実現することは困難である。しかし、資源に乏しい日本では、世界レベルの技術力の保有と維持が不可欠で、それには近道はない。例えばBoston Dynamicsの今日の突出した技術の背景にDARPAの支援があったことは事実であるが、40年ひたすらに取り組むことで達成した技術レベルであることに留意すべきである。

また、開発支援側の技術に対する見方の狭さに起因する、技術者不足に陥る負のスパイラルも存在する。新たな技術への投資は、近視眼的な研究開発に対してのみ行われるのが常であるが、技術が実装された将来像を見据えた投資が行われていない。これは、市場が乏しい海洋分野の機器開発では深刻な問題である。新技術の実験が既存のプラットフォームを利用して行われるのは当然であるが、そのプラットフォームの維持・運用がすでに市場として成立していないため、外注等の支援を得られず、開発者自身が、実験プラットフォームの維持で消耗し、肝心の技術開発に注力できず、開発の停滞に陥ってしまう。高いレベルの技術開発を目指すのであれば、先端技術の技術者も必要であるが、開発プラットフォーム等を維持管理する現場の技術者や、開発を支援する実験技術者なども必要であ

<sup>29</sup> <https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001359742.pdf> 資料1-1(別紙)など

る。こうした開発の土台が整っていない環境では、レベルの高い開発を継続的に行うことは困難と言わざるを得ない。

#### 4) 資源調査開発能力の内製化<sup>30 31</sup>

わが国が資源の調査・開発能力を有することは、他国の開発にも貢献できることであり、外交上の有効な武器になる。一方、外交上の脅威となる他国がその役割を担うこととなった場合、友好国が当該国への依存度を高める恐れもあり、外交上の損失につながることから、SIP事業の推進が重要となる。

##### <あるべき姿>

我が国のEEZ内では、メタンハイドレートから回収されるメタンガス、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥から回収される鉱物の存在が確認されている。従来型の石油天然ガス開発や陸上の鉱山開発は、海外では大手企業が行っており、国内生産の少ない日本では採算が難しいが、日本の海洋と地質に適した調査・生産手法、その手法に適した機器の開発及び、それらを熟知した人材の育成を行い、オールジャパンの体制を確立する。これにより、海洋石油・天然ガス開発の工程である、探鉱、試掘、開発、生産、輸送の全ての工程において、

- 資源開発会社がオペレーターとして、
- 海洋探査会社とフィールドサービス会社とエンジニアリング会社、海運会社がコントラクターとして、
- 造船会社と機器メーカーが機器製造事業者として、

事業に参加することができる。鉱山開発においても、同様の工程で行われている。

##### <現在の状況>

日本の周辺の深海底には、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。

---

<sup>30</sup> 資源エネルギー庁「海洋資源の活用をめざして、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を改定」。Retrieved from <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyokai/hatukeikaku.html>

<sup>31</sup> 日本財団 オーシャンイノベーションコンソーシアム。「海洋石油・天然ガス開発の産業構造」。Retrieved from [https://project-kaiyoukai.hatsu.jp/dev/test\\_web\\_ol\\_dsite/industry/flow\\_01.shtml](https://project-kaiyoukai.hatsu.jp/dev/test_web_ol_dsite/industry/flow_01.shtml)

資源	メタンハイドレート		石油・天然ガス		
特徴	低温高圧の条件下で、メタン分子が水分子に取り込まれた氷状の物質		生物起源の有機物が厚く積もった海底の堆積岩中に賦存		
存在水域等	 砂層型（主に太平洋側） 水深 500m 以深の海底下 数 10m の砂質層内  表層型（主に日本海側） 水深 500m 以深の海底面及び 比較的浅い深度の泥層内		水深数百m～2,000m 程度の 海底下数 km  	三次元物理探査船「資源」	
資源	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	マンガン団塊	レアアース泥	
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してできたもの	海山斜面から山頂部の岩盤を皮殻状に覆う、厚さ数cm～10 数cmの鉄・マンガン酸化物	直径2～15cmの楕円体の鉄・マンガン酸化物で、海底面上に分布	海底下に粘土状の堆積物として広く分布	
含有金属	銅、鉛、亜鉛 等 (金、銀も含む)	コバルト、ニッケル、銅、白金、マンガン 等	銅、ニッケル、コバルト、マンガン 等	レアアース (重希土も含む)	
存在水域等	沖縄、伊豆・小笠原 (EEZ) 700m～2,000m	南鳥島等 (EEZ、公海) 800m～2,400m	太平洋 (公海) 4,000m～6,000m	南鳥島海域 (EEZ) 5,000m～6,000m	
					

図3-10 海底資源の種類

### <対処必要な将来技術>

日本の海洋、地質に適した調査・生産手法、その手法に適した機器の開発及び、それらを熟知した人材の育成（従来型の石油天然ガス開発や陸上鉱山開発は、海外では大手企業が行っており、国内生産の少ない日本では採算が難しい）が急務である。

また、開発にともなうモニタリング技術として以下が求められる。

- メタンハイドレートからのメタンガスの漏出のモニタリング
- 環境影響モニタリングの確立