

令和 4 年 10 月 10 日

令和 4 年度海洋技術フォーラム提言書

海洋技術フォーラム

1. はじめに

新型コロナウイルスの後遺症として長期化が懸念される景気後退、カーボンニュートラルへ向けた社会や産業構造の大転換、2021 年から国連海洋科学の 10 年の開始、国民の安全・安心への意識の高まりを踏まえ、海洋の各分野において、科学技術・イノベーションの進展により、産業振興、地域活性化、環境保護、国際競争力向上などが課題として顕在化した今、第 4 期海洋基本計画策定において科学技術・イノベーションの強化は必達事項となっている。さらに、2007 年の海洋基本法制定以来、我が国において推進してきた海洋の大規模開発の多くが商業化に至っていない事実を真摯に受け止め、実証実験と商業化の間のギャップの検証を行い、包括的なビジョンを以って課題解決のための施策を促進する必要がある。

そこで、海洋技術フォーラムでは、第 4 期海洋基本計画において重点的に取り上げるべき科学技術・イノベーションの課題を議論するため、令和 3 年度に 3 回、令和 4 年度に 2 回（2 回目は 11 月開催予定）のシンポジウムを開催し、広く産官学からの意見を募り、以下に令和 4 年度海洋技術フォーラム提言をまとめた。

2. 項目別提言内容

2.1 海洋産業振興のための科学技術イノベーション（縦串）

(1) 浮体式洋上風力発電

洋上風力による日本の発電ポテンシャルは年間 907 万 GW 時とアジア最大であり、陸上再エネの用地等の制限の多さを考慮するとその期待は非常に大きい。さらに、このうち浮体式洋上風力発電に適した、離岸距離 60 km 以内かつ水深 60m 以上の海域だけでも日本の電力需要の 2 倍以上の年間 220 万 GW 時を超え、次なるエネルギー供給の最大の旗手として注目されている。

浮体式風車は曳航移動が可能であるため、韓国や中国などの近隣諸国の事業が先行し、先行国のサプライチェーンが完備されて生産量が拡大すると、浮体式風車の輸出競争力が高まるため、アジア最大のポテンシャルを有する我が国の浮体式洋上風力発電事業を支える製造基盤が海外のサプライチェーンに依存する結果に繋がり、新たな国内製造業の発展機会を喪失しかねない。すでに他国の後塵を拝する我が国が、その遅れを取り戻すためには、国内企業が安心して事業参入できる環境が必要である。そしてそのためには、官民のコミュニケーションを緊密に継続しながら、浮体式洋上風力発電導入の数値目標を示したうえで、

明確で実効性のある政策の早期施行が必須となる。

具体的には、2025年までに、個別売電単価（FIP）の設定、連系費用・系統強化費用に対する補助、港湾整備、漁業と洋上風力の共生に関するガイドライン公表、2026年以降は、EEZの利用ルールの策定、沖合海域ゾーニング、系統強化、新たな送電ルールの導入、港湾整備、投資環境の整備、水素などの脱炭素一次エネルギーの洋上生産設備・輸送システム・貯蔵設備の整備等の施策を策定することを強く要望する。

詳細については、別途、海洋技術フォーラムとして「我が国の浮体式洋上風力発電導入の数値目標に関する提言」をまとめているので、そちらを参照されたい。

(2) 海洋鉱物資源

海洋鉱物資源については、第1期、第2期、第3期海洋基本計画を通じて、一貫して商業化を主目標に掲げてきた。しかし、2007年当時、外圧として海洋基本法制定の駆動力の一つになったといっても過言ではないネプチューン・ミネラルズ社の海底熱水鉱床の商業開発は実現しておらず、パプアニューギニア沖で民間会社として世界初の自主探鉱での熱水鉱床の開発を目指したノーチラス・ミネラルズ社は2019年に経営破綻した。また、2018年にとりまとめた海底熱水鉱床開発計画総合評価報告書において、経済性のある開発のためには、厳しい条件をクリアしなければならないことを自ら示すことになった。言うまでもなく、陸産の鉱物資源は我が国の海洋資源より格段に経済性に勝るため、市場は厳しく、商業化への道筋は一向に見えない。

一方で、電気自動車や太陽光パネルでの大量使用が予測される銅の長期的供給不足の懸念、リチウムイオン電池の正極となるコバルトの安定供給の不確実さ、インドネシアによるニッケル鉱石の禁輸事例、あるいは尖閣諸島での漁船衝突事故に端を発する中国によるレアアースの禁輸措置など、経済安全保障上の理由で海底資源の価値は再認識されている。近年、レアアースに関しては、北米、豪州、南アなどの新規鉱山開発による生産国の多様化が進み、かつて9割以上あった中国のシェアは2021年には6割へと低減したように見える。しかし、中間処理は8割強が中国に依存しているため、安定供給については楽観視はできない。コバルトも、生産の7割はコンゴだが、その全てが中国で中間処理されている。

そのような中、第61回総合海洋政策本部参与会議（2021年）の資料「経済安全保障をめぐるいくつかの論点について」において、「各省庁の現在実施している施策がすべて経済安全保障で正当化されないか」という問題提起がなされた。各種鉱物（銅、ニッケル、コバルト、マンガンなど）やレアアース（リチウム、ネオジウム、ジスプロシウム、プラセオジウムなど）の一つ一つに対し、調達先（生産国および中間処理国）のカントリーリスクを考慮し、戦略的自立性と戦略的不可欠性の有無について慎重に考え、これらの海洋資源開発が経済安全保障を盾にペットプロジェクト（継続を目的化したプロジェクト）に落ち込みはしないか適正に判断する必要がある。

そのうえで、経済安全保障として重要な資源については、高品位資源の調査や開発に係る

国際ルールの策定は国が、新探査技術開発や掘削・揚鉍・製錬の技術開発とそれらのコストダウンは国の支援のもとに民間が担うという役割分担を基盤としたオールジャパン体制の構築が重要となる。例えば、南鳥島周辺 EEZ 内のコバルトリッチなマンガン団塊とレアアース泥の高濃度パルプリフトによる複合揚鉍は、商用化に資する経済性を持つという試算が民間にはある。オープンイノベーションを推進する母体としての産官学の協働プラットフォームを早急に構築し、このような民間からのエマージングテクノロジー（将来、実用化が期待される先端技術）を積極的に取り上げるべきである。

(3) メタンハイドレート

海洋エネルギー・鉍物資源開発計画（2009 年）において「今後 10 年程度を目途に商業化の実現を実施する」という野心的な目標が設定されたメタンハイドレート（MH）開発は、第 3 期海洋基本計画で、「2023 年～2027 年に民間主導の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、技術開発を実施する」とトーンダウンされた。海洋鉍物資源と同様に、メタンハイドレート開発も現時点では商業化は遠い。

ところが今年に入って、ロシアのウクライナ侵攻による欧州への天然ガス供給減による世界的な原油やガス価格の高騰や、サハリン 2 からの我が国への天然ガス供給の先行き不透明さ、また、脱炭素の動きから世界的な新規ガス田の開発意欲の鈍化の中、エネルギー安全保障という意味で、国産資源である MH への期待が再び高まっている。

MH 開発のコストについては、MH 濃集帯であれば、ガス価格によって経済的に採算が取れるとされる。濃集帯のガス量が、例えば 2021 年のロシアからの輸入分（我が国のガス輸入総量 7432 万トン／年の 8.8%＝約 657 万トン／年）の代替になり得るかという点、MH21 コンソーシアムによる東部南海トラフ海域（渥美半島・志摩半島沖）に賦存するメタン量は我が国の需要 8500 万トン／年の 11 年分であり、このうち、濃集帯に全体の半分のメタンガスに相当するメタンハイドレートが賦存している。これは、濃集帯からの回収量にもよるが、ロシアに代替すること 71 年分あることとなり、エネルギー安全保障上、十分な量と言える。（ちなみに現在の天然ガスの国内生産量は約 200 万トン／年）。

ただし、これまで 2 回実施した南海トラフでの海洋産出試験では課題を残す結果となったように、残念ながら、技術力と、これまでの基本計画や海洋エネルギー・鉍物資源開発計画などの政策が乖離していると言わざるを得ない。そこで、まず現在注力しているアラスカの陸上産出試験で、南海トラフでの海洋産出試験の課題を着実に克服し、適切な数値目標を持って、第 3 回海洋産出試験を第 4 期海洋基本計画の期間内に確実に実施すべきである。その際は、オープンイノベーションとして民間の力を結集してコストダウンを図るべきである。そこで新たな課題が発生したら、また技術力をつけてチャレンジすればよい。さらに、国は濃集帯の調査をさらに積極的に継続し、民間は、国の支援のもとに、技術成熟度（TRL：Technology Readiness Level）の低い生産システムや輸送システムを含む技術の開発を進めるべきである。

(4) ゼロエミッション船・自動運航船

ゼロエミッション船については、燃料が重油から LNG、アンモニア、水素などのローカーボン、カーボンフリー燃料へと転換し、FC（燃料電池）なども活用されていくと考えられるものの、技術的に未成熟なものもあり、不確定要素が多い。また、燃料転換に伴う燃料の供給量や価格、港湾バンカーインフラ、炭素課金などの制度制定についても予見性が乏しく、荷主、船主、ファイナンスに投資不安がある。国際海運ゼロエミ化は社会、経済、技術が相互に影響しあう問題であり、多分野にわたるステークホルダーの緊密な協力が必須である。一方で、2050 年までに国際海運ゼロエミッションを達成するという目標に対しては、使用する船舶群の設計や投入時期などゼロエミまでの道筋を具体的に提案し、環境、経済、技術の様々なデータをステークホルダーに示す必要がある。そのためには、将来予測をベースにステークホルダー間のコラボレーションを促進する機能が重要で、最終製品をまとめる造船業界が核となって、システム論的手法による分析、シミュレーションとコミュニケーションツールを開発し、それによる合意形成を実行することが重要である。国は目標達成に資する政策を打ち出していく必要がある。

高齢化による船員の減少や運航の安全性の向上への要望から自動運航船への期待は大きい。海事、通信、気象情報、海上保険、IT ベンチャーなどの異業種企業が協働して実施している、世界の先端に行く無人運航船プロジェクトの支援を継続し、関連産業の国際競争力をさらに高めることは重要である。その上で、船舶の phase3（自律性が高く、最終意思決定者が船員ではない領域が存在する船舶）が実用化することで、地域を限定した陸上でのレベル 4 の無人自動運転移動サービスが実用化する 2025 年を目標に、自動運航のフェリーや旅客船の集中管理を促進し、陸上輸送とのデータの統一を図り、MaaS（Mobility as a Service：物流の人・荷物単位での移動ニーズに対応して、複数の公共交通やそれ以外の移動サービスを最適に組み合わせて検索・予約・決済等を一括で行うサービス）への組み込みを実施すべきである。さらに、物人流の超高効率化の実現のために、高速道路でのレベル 4 の自動運転トラックが実用化するであろう 2030 年を目標に、人のみではなく荷物も MaaS の対象とすることで、自動運航内航船と陸上輸送との完全なデータ統一を図るべきである。

世界的に見ても自動運航船、無人運航船の技術開発は実用化に向けた主導権争いの真ただち中にある。技術開発を強力に推進することに加え、IMO（国際海事機関）等での基準策定に重点的に関与、我が国で開発された先導的技術を活用しながら世界をリードしていく対応を行うべきである。

2.2 科学技術イノベーション推進のための環境構築（横串）

(1) 海のデジタルトランスフォーメーション（DX）

AI を始めデータサイエンスの近年の進展には目を見張るものがあり、海のデータは、新たな産業基盤となり得る。ベンチャーやスタートアップ企業にとって、ほぼ手付かずの素材

の宝庫と言える。第 6 期科学技術イノベーション基本計画で推奨されたイノベーションエコシステムの構築を核に「海の DX」を世界に先駆けて促進することで、新たな産業が生まれ、国家を支えるほどの規模に成長する可能性もある。既に国際海運や養殖を含む水産業などで、衛星情報や海象・環境データ、数値シミュレーションをベースとしたデータサイエンスを活用した若い産業が勃興しつつある。

そのために「海の DX」の基軸となる情報インフラ整備は重要である。情報インフラ整備には、「データを取る、送る、まとめる、使う」という各段階がある。「データを取る」では、フロートやブイに加え、自律型無人潜水機（AUV）や衛星 VDES（次期 AIS）、海洋レーダによる沿岸域観測、航空機レーザー測量などは特に成長が見込める技術であり、さらにはシチズンサイエンス（専門家と市民が協力して行う市民参加型の研究活動）が生み出すビッグデータへの期待もある。「データを送る」は、取得された大量かつ高精度な生のデジタル情報の海から陸への伝送であり、「海の DX」に不可欠であるにもかかわらず、ここが最も遅れている。水中では光無線通信、宇宙では超低高度衛星や小型衛星コンステレーション、HAPS 等の空中浮揚型の通信中継装置などは重要な技術である。衛星コンステレーションでは、既に北南米、欧州、豪州の大部分で、数千機の低軌道衛星による高速・低遅延のブロードバンドインターネットが商用化されているにも関わらず、我が国では認証に時間がかかり、すでに周回遅れとなっている。「データをまとめる」では、データの一元化として立ち上がった「海しる」のさらなる拡充が何より重要である。「データを使う」では、データ駆動型技術として、「海しる」を基盤とした海洋データの利活用拡大、生物多様性ビッグデータを基にした海洋生態系デジタルツイン化などが重要であり、垂直統合型のデータ連携による付加価値情報の創出と社会実装にむけた研究開発に大いに期待がかかる。そこで国は、海洋データ産業を振興させるため、各種データ統合・解析プラットフォーム事業など国の投資を果敢に進め、必要な法体制を、時期を逸することなく整備すべきである。

(2) 自律型無人探査機（AUV、自律型洋上中継機（ASV）等）

自律型無人探査機の開発は近年急速に進展している。我が国においても海洋鉱物資源を対象に自律型無人探査機による効率的な海底データ取得への試行を続けている。また、AUV の運用技術については国際コンペティションにおいて特筆すべき成果を上げており、加えて内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）を通じて、AUV 等の運用技術の高度化が図られている等、着実に成果が見られる状況にある。将来的に観測機器の無人運用のニーズは益々拡大することが明白であり、安全保障上の観点からも、より一層、海中自律型無人機の技術開発を行う必要がある。

さらに、自律型無人探査機の利活用は、海底データの取得だけでなく、今後国内沿岸部、またはその周辺で多数の設置が見込まれる洋上風力発電施設、海底ケーブル等関連設備等においても、天候に左右されにくく、人的リスクの回避が期待できる無人で検査・管理できるツールとして大変重要となる。空中ドローンの技術開発と同様に、産官学で幅広く連携し

ながら海中自律型無人機の技術開発、運用機能向上を強力に推し進める必要がある。また、そのための継続的な枠組みを構築すべきである。

(3) 海洋空間計画

洋上風力や海底資源開発、CCS（二酸化炭素回収・貯留）等、第4期海洋基本計画において取り上げられる海洋産業技術のほとんどにおいて課題となる海域利用は、漁業のみならず航路や港湾施設、防衛、レジャー、海洋保護区などとの共生を意味する。その管理手法は海洋空間計画と呼ばれ、海域の環境や諸条件に関する幅広い情報を基盤として多くのステークホルダー間で共有し、その情報を用いた分析等に基づき、より適切な海域利用について合意形成を図るものである。海外の例でよく見られる地図上に海域区画を設定して各区分海域に単一の利用目的を割り振るような排他的なゾーニングではなく、我が国ではこれまでの海域利用の経緯を踏まえ、漁業を含む各産業の発展・共栄を指向することが肝要である。そのため、複合的な利用を視野に、時空にまたがり、オーバーラップ（海域が重なり合う、利用が重なり合う）も許容しうるゾーニング等、より有効かつ持続的な海域利用施策を指向すべきである。こうした我が国にふさわしいフレキシブルな海域利用の在り方について議論し、的確な促進と保護の両立へと昇華させる必要がある。

さらに、科学に基づく情報に加え、伝統知や地域知を含めた海域環境等に関する重層的な理解を進め、国連海洋科学の10年が目指す共同設計（co-design）に基づく海域利用計画策定に向け、そのプラットフォームとしての海洋空間計画に発展させることが期待される。

(4) 水産業との共存共栄

海域利用調整の課題については、ステークホルダー間、特に漁業者との調整は避けられない。洋上風力発電にとって、再エネ促進区域に係る公募にはステークホルダーの協議会の設置が条件となっている。漁業者も一国民として、地元の協議会に積極的に参加し、地球温暖化の問題も真剣に考えている。このような中、漁業従事者との関係を、単なる漁業調整と捉えず、共生、あるいはさらに一歩進めて、地域活性化をめざした共栄として考えることは、これまでの在り方を変える方向性として重要である。

その一つの可能性として考えられるのが海のデータの共有である。地元海域の気象、海象データはもちろん、水温、塩分、溶存酸素量や栄養塩の空間分布、さらにそれらを使った魚類の空間分布のシミュレーション結果まで共有することで、漁業も成長産業化させることが可能になる。そこには、データを使いやすい形でユーザーに届けるアプリケーション開発という、新規ビジネス誕生のチャンスが潜在している。

漁業のDX化、DXに通じた漁労人材の育成、DXを基盤とした海洋空間計画を進めるための各種施策を効果的に策定すべきである。

(5) 人材育成、人材獲得

我が国の少子化を考えると、人材育成もさることながら、その前に人材の奪い合いになることは必至である。今後の IT 産業やデータ産業の発展を考えると、人材確保に関して海事・海洋産業に勝ち目はない。海事産業がデータ産業に就職人気で勝つことが難しければ、海事産業がデータ産業と一体化するしかない。これは例えば、これまでにない超高効率を達成する「デジタルツイン造船所」のような、海の DX の推進に他ならない。そのためにはカリキュラム変更はもちろん、学習指導要領への「海洋・海事」に関する記載のより一層の充実、大学のカリキュラム改革は非常に重要となる。女性就労の促進も必要である。これを他業種に後れを取ることなく進めることが求められる。

また、社会人のリカレント教育も重要である。これから大学で人材輩出するのでは、2030 年には間に合わない。カーボンニュートラルや DX で産業構造が大きく変革すると、火力発電などの他産業から余剰となった技術者を再教育して、海洋産業に迎え入れることが必要となる。オンラインを活用するなど、リカレント教育が重要な意味を持つ。

初等・中等教育に関しては、海洋産業が我が国の GDP に大いに貢献できるほどの規模になればキャリアパスが明白になり、自動的に人材獲得は可能となるが、それまでの間の人材供給の空白期間は我が国の競争力を著しく損なう恐れがある。これを防ぐために、浮体式洋上風力発電や、経済安全保障上重要であると判断された海洋資源の開発、2050 年カーボンニュートラルに欠かせない CCS、海の DX の技術開発、海洋インフラ整備などについて、国は各種海洋産業の商業化の規模に関する数値目標を国民に明示し、経済的投資のみならず、中長期的な人的投資のための指針を示すべきである。

大学院教育に関しては、産官学が集い、課題を共有し、課題解決のための必要な研究を遂行する協創プラットフォームを形成することが必要であり、これを国は支援するべきである。これにより、海洋開発プロジェクト間の連携による研究開発の効率化、優秀な若手人材の育成、異分野の技術・人材の取り込みが可能となる。

3. おわりに

カーボンニュートラル、DX といった国家の浮沈を決定するほどの産業構造の大変革を迎えるこの 10 年は非常に重要な期間となる。このような中、国の役割は国民に方向性を明確に示すことである。まずは大胆な目標を定量的に設定することで、国際競争力の源泉を形成させるべきである。そのうえで、その数値目標を達成するための各種施策を適切な時期に策定する必要がある。現状の細かな軌道修正では、産業構造改革はなし得ず、経済成長はおろか、国際的にも後進国に落ち込んでしまう。強いリーダーシップが求められる。

以上