

自律型無人探査機（AUV）官民プラットフォーム

提言書

令和 5 年 10 月

提言のポイント

(1) 共通認識

これからの我が国の海洋産業を支える AUV の利活用を推進することを目的に本提言を作成した。特に、これからの海洋の開発・利用を進めるためには、無人化による海洋産業の生産性向上が必要不可欠であり、そのために AUV の国産化・産業化・商業化を加速する必要がある。

AUV 産業化に向けて策定した将来ビジョンでは、今後の AUV 開発スタイルを「技術チャレンジ型」「目的特化型」「小型安価型」の 3 類型に分類した。「技術チャレンジ型」や「小型安価型」は、国家プロジェクト等を通して、官民が連携した技術開発を推進する。また、それらの技術を活用して、主に極浅海域～中深度海域（～3000m 以浅）での活用が想定される「小型安価型」「目的特化型」AUV の開発を行う。そして、海外展開が可能となるような AUV 産業の確立を目指す。

(2) 目標

- 2030 年までに、我が国の AUV 産業が育成され、海外展開まで可能となるよう、国主導の下で、官民が連携して産業化に取り組む。
- そのため、海外の先進技術を活用しながら、我が国での海洋産業育成を目指して、AUV の 3 類型に沿った技術開発と利活用促進のための共通化・標準化を見据えたインフラ整備（含む音響灯台、水中ステーション等の活用）を進めるとともに、必須技術（例えば慣性航法装置、音響通信・測位装置等）の国産化を実現する。
- 産業化とその後の商業化に向けて、速やかに AUV が産業として自立できるような海洋での利用促進を実現する。

(3) 役割分担

1) 国への期待

- AUV の産業利用を本格化させる 2030 年までに、AUV の利活用を促進するための産学と連携したガイドラインやルール作り等の環境整備を進める。
- 重要な技術開発に対する投資促進と、民間が使いやすい AUV を実現するための実証試験環境の整備等を国主導で進めるとともに、AUV に関わるニーズとシーズをマッチさせ積極的な AUV 等の利活用につなげるプラットフォーム構築強化を図る。
- 我が国の AUV 産業の海外展開を見据えて、サービスプロバイダを含めた機器本体及びアプリケーションとしてのセンサ類等の統合を図り、国主導での海外へのトップセールスを実施する。

2) 民の役割

- 2030 年以降の商業化を見据えて、国内外の先端技術を取り込み、国内で確保すべき技術を育成する。
- このため官民が各役割を果たしつつ連携し、AUV の積極的な利活用を進める。
- 技術マップを視野に入れた海洋産業に関係する業界同士の技術の共有化を図り、標準化に向けた業界横断的な活動を積極的に行う。

目次

1.	はじめに	1
1.1	背景・目的	1
1.2	官民プラットフォームの概要	1
1.2.1	趣旨・目的	1
1.2.2	実施内容・体制	2
2.	将来ビジョン	4
2.1	AUV の活用状況・研究開発動向	4
2.2	ユースケースの検討	4
2.3	将来ビジョンと AUV 開発利用の方向性	7
3.	技術マップ	10
3.1	技術マップ作成	10
3.2	技術マップを踏まえた AUV 研究開発の方向性（3 類型の分類を受けて）	12
3.3	技術開発の方向性	14
4.	社会実装に向けた方策	15
4.1	ロードマップ	15
4.2	研究開発の推進	20
4.3	共通基盤の構築	21
4.3.1	共通基盤の構築に関する現状と課題	21
4.3.2	共通基盤の構築に関する提言	22
4.4	制度環境の整備	24
4.4.1	制度環境の整備に関する現状と課題	24
4.4.2	制度環境の整備に関する提言	25
4.5	企業活動の促進	27
4.5.1	企業活動の促進に関する現状と課題	27
4.5.2	企業活動の促進に関する提言	27
4.6	人材育成	29
4.6.1	人材育成に関する現状と課題	29
4.6.2	人材育成に関する提言	29
5.	今後の課題	31

1. はじめに

1.1 背景・目的

自律型無人探査機（AUV:Autonomous Underwater Vehicle）は、機器本体が自律的に状況を判断して全自動で水中を航行する自律型海中ロボットである。日本では、1990年代後半に研究開発が開始された深海巡航探査機「うらしま」をはじめとして、数多くの世界をリードする研究開発が行われてきた。近年でも、海底探査技術の国際競技大会において、日本のチームが活躍したほか、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム「革新的深海資源調査技術」において、AUVの複数機運用技術が開発される等、日本の強みを活かした技術開発の事例が見られる。

一方で、海外では、欧米を中心に早期から産業化の観点を重視してAUVの利用開拓を進め、安全保障や海洋調査、石油・ガス開発等の分野で幅広く利用される状況となっている。その結果、AUVの産業化において、日本は海外に後れをとることとなり、現在日本で販売されているAUVの多くが海外製となっている。これに対し、海洋資源開発や、洋上風力発電、海洋インフラ管理、海洋観測・調査、海洋安全保障等、今後の海洋開発・利用において重要視されている分野では、これまで以上に広域・大深度での活動が必要となっている。また、現下の人口減少も相まって、省人化・無人化の必要性が高まっており、AUVの国内でのさらなる利活用については、国産化・産業化が期待されている。

以上のような状況を踏まえ、政府の総合海洋政策本部では、AUVの社会実装に向けた戦略「AUV戦略」を令和5年度内に策定する。AUV戦略は、国産化・産業化を見据えた将来ビジョンやロードマップ、関連技術を見える化した技術マップ等から構成される。同戦略の策定に向けては、総合海洋政策本部参与会議の「AUV戦略プロジェクトチーム（PT）」において検討が行われているが、社会実装の推進のためには民間企業はじめ、多数のステークホルダとのコミュニケーションが重要となる。そのため、産業界と戦略策定に向けた意見交換を行うことを目的として、AUVの社会実装に向けた官民連携の拠点となる「AUV官民プラットフォーム」（事務局：内閣府総合海洋政策推進事務局）を設置し「AUV戦略」について議論を行った。

本提言書は、参与会議AUV戦略PT「中間とりまとめ」（令和5年4月）で示された方向性に基づき官民プラットフォームで議論した内容を、民が中心となって取りまとめたものである。

1.2 官民プラットフォームの概要

1.2.1 趣旨・目的

AUVは、洋上風力発電をはじめとする海域利活用における省人化や海の可視化等を可能とする高いポテンシャルがある技術として、その国産化・産業化が期待されている。「総合的な海洋の安全保障」と「持続可能な海洋の構築」を2つの支柱として位置づけた第4期海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）においても、「AUV、自律型無人艇（ASV）、遠隔操作型無人潜水機（ROV）

等の海の次世代モビリティを含む海洋ロボティクスは、海洋科学技術における重要な基盤技術の一つである。海洋ロボティクスは、沿岸・離島地域の海域での課題解決や、海洋観測・監視、海洋資源探査、洋上風力発電の設置・保守管理等への活用が期待されるため、関係国内産業を育成する必要性が高い。そのため、研究開発や実証に取り組むとともに、早期の社会実装に向けた戦略を策定、実行していく」（第1部3-3「着実に推進すべき主要施策の基本的な方針」についての基本的な方針）との記載がなされている。AUVに取り組む我が国の企業、大学、公的機関、関係府省等が連携し、現状の正確な把握と俯瞰的な視点から戦略策定を進めていく必要があることから、AUVの社会実装に向けた交流や様々な情報共有を促進するとともに、戦略策定に向けた将来ビジョンやロードマップ等について検討するための官民プラットフォームが設置された。設立趣旨書は別紙1の通りである。

1.2.2 実施内容・体制

官民プラットフォームでは、AUVの製造、要素技術開発、運用、利用に関連する企業、団体、地方公共団体、教育機関、公的機関、専門家、関係府省等が広く参加し、情報交換・共有を促進するとともに、AUV戦略の主要要素である将来ビジョンやロードマップ等の素案について検討した。また、AUVの社会実装に向けた促進方策（共通基盤の構築、制度環境整備、研究開発の推進、人材育成等）について検討した。官民プラットフォームの検討体制と検討の流れを図1-1に、AUV戦略策定に向けたスケジュールを図1-2に示す。官民プラットフォームの構成員及び検討経緯は別紙2、別紙3の通りである。

なお、参与会議 AUV 戦略 PT「中間とりまとめ」で示された AUV 戦略の方向性（図1-3）には、官民プラットフォームの形成に加えて6項目が示されているが、本提言では、官民プラットフォームでの議論を踏まえて新たに人材育成に関する項目を追加した。

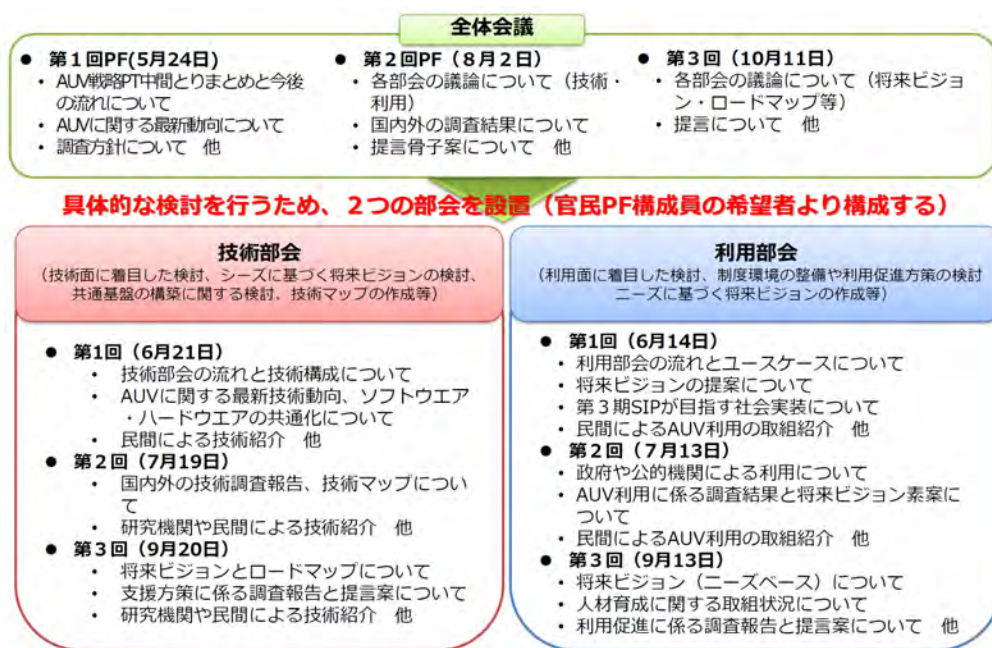


図 1-1 官民プラットフォームにおける検討の流れ

令和4年度

令和5年度

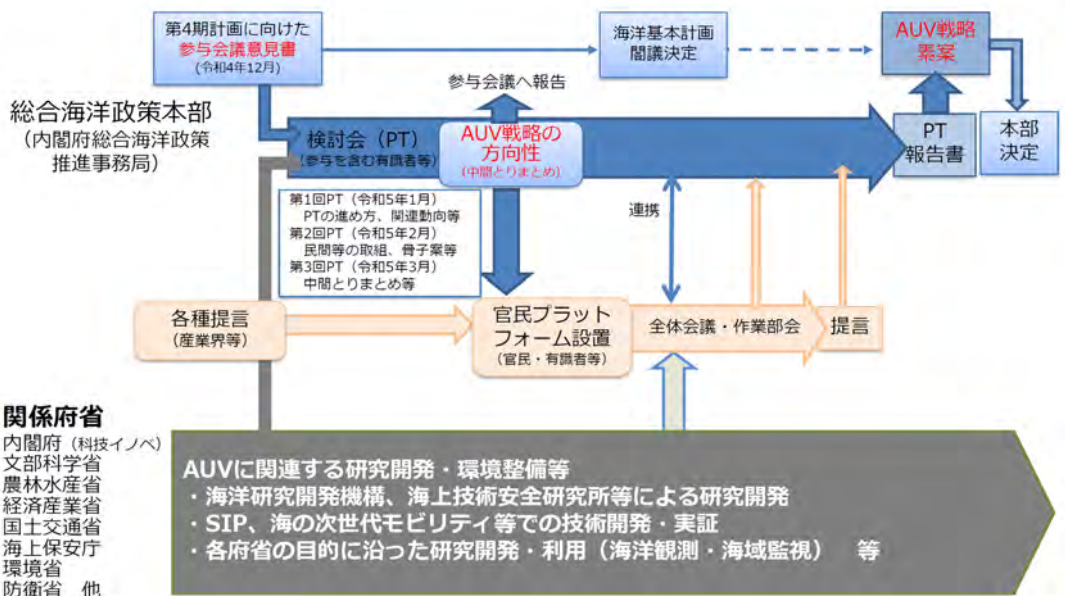


図 1-2 AUV 戦略策定に向けたスケジュール

AUV戦略PT 中間とりまとめ（AUV戦略の方向性）

- ・自律型無人探査機（AUV）は、自ら状況を判断して水中航行するロボット
- ・海洋資源開発、洋上風力発電、海洋安全保障等において**省人化**や**海の可視化**等を実現
- ・AUVの**国産化・産業化に向けた戦略**を策定



AUV戦略の方向性

- 1. 官民プラットフォームの形成**
産学官連携による**枠組み**を構築し、AUV戦略の詳細を検討。戦略策定後も民間や研究機関主体での技術動向共有、共通基盤の構築等の継続的な取組を実施
- 2. 将来ビジョンの作成**
AUV **開発側と利用側が将来ビジョンを共有**した上で、市場開拓を行う分野を戦略的に検討
- 3. AUV技術マップの作成**
我が国が**強みとする主要技術**を分析し、国産化に向けた戦略を検討
- 4. 共通基盤の構築**
将来の規格化を見据え、官民連携の枠組みで、**部品やソフトウェアの共通化・互換性**を確保
- 5. 制度環境の整備**
試験場、運用規範・ルール、知財、データの共有や管理
- 6. 企業活動の促進方策**
サービスプロバイダの活用・育成、海外展開支援
- 7. 研究開発の推進**

図 1-3 AUV 戦略 PT「中間とりまとめ」で示された AUV 戦略の方向性

2. 将来ビジョン

2.1 AUV の活用状況・研究開発動向

我が国の AUV 開発は、大学、研究機関、民間企業の連携により進められている。現時点で AUV を所有する組織は限定的ではあるが、継続的に AUV やセンサ、周辺技術の高度化に関する検討が行われている。また、ハードウェア・ソフトウェアの共通化・標準化（規格化）やモジュール化、インターフェースの規格化等、AUV 建造の効率化、コスト低減を目指した取組みも始まっている。ソフトウェアの共通化・標準化（規格化）については、海洋研究開発機構（JAMSTEC）が令和 7 年度の完成を目指して AUV オープンソフトウェアを開発中である。防衛装備庁では近くインターフェース規格の公開を予定しており、多用途運用、管理効率化等に向けたモジュール化の検討も進めている。

第 3 期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「海洋安全保障プラットフォームの構築」では、レアアース生産技術開発、海洋環境影響評価システムの開発、海洋玄武岩 CCS 基礎調査研究等のテーマと共に、海洋ロボティクス調査技術開発のテーマが設定されている。このテーマにおいて、海洋鉱物資源開発や海底下 CO₂ 貯留へのモニタリングシステムに、AUV、定点観測機器（「江戸っ子」等）、深海ターミナルを含む広域モニタリングシステムを適用するための技術開発が進められており、調査の効率化を目指した音響通信・測位技術、AUV 群制御技術、長期広域海洋モニタリング等の高度化に係る研究開発が行われている。また、第 3 期 SIP では、海洋構造物保守点検等に対応可能な小型で安価で使い易い AUV の開発も目標に掲げている。

水深 30m 程度までの極浅海域を中心に行われるインフラ設備の保守点検や海底調査等については現在、ダイバーのほか ROV、水中バックホウ等の海中ロボットによって行われているが、AUV や ASV 等の無人機との連携や作業の代替可能性について検討が進められている。特に、洋上風力発電の分野では現在、着床式洋上風力発電設備の建設が進められており、将来的に浮体式洋上風力発電設備の建設についても検討されているところである。これら洋上風力発電設備の水面下構造物や海底ケーブル等の保守・点検に AUV が活用できる可能性があり、AUV やセンサ技術開発に関連する機関で AUV の活用可能性に関する検討が始まっている。

2.2 ユースケースの検討

海洋産業の社会実装に向けた事業において、2030 年を重要なマイルストーンとして設定している事業があり、これらの計画や進捗を踏まえ AUV の普及、利用拡大を推進する必要がある。

洋上風力発電については、令和 3 年に閣議決定されたエネルギー基本計画において「魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び水とする」こととされており、具体的には、政府として年間 1GW 程度の区域指定を 10 年継続し、2030 年までに 10GW、2040 年までに浮体式の洋上風力発電も含めて 30GW~45GW の案件を形成することを目指すことが、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」による「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」（令

和 2 年) の導入目標を引用して示されている。着床式・浮体式洋上風力発電における設備(海面下構造物、海底ケーブル等)の保守・点検における AUV 活用技術の早期確立が必要である。

CCS 長期ロードマップ(経済産業省, 令和 5 年 3 月)¹では、2030 年までをビジネスモデル構築期、2030 年以降を本格展開期としている。CO₂貯留地域としては陸域の地下、海底下(沿岸、沖合)が想定されており、ビジネスモデル構築期に実施する適地選定や試掘、貯留量評価等における地質構造調査での AUV の活用が期待される。また、本格展開期においては実操業が始まるため、運用中の CO₂漏洩監視や設備の保守・点検に定点観測装置と組み合わせた AUV の活用が想定される。

海洋環境保全に関しては、生物多様性の観点から 2030 年までに陸と海の 30%以上を保全するという目標(30by30)²の実現に向け、海洋保護区に加え保護地域以外で生物多様性保全に資する地域(OECM)の設定・管理を進める方針としている。環境保全分野に係る海洋環境監視への AUV 活用方法の確立に向けた取組みに早急に着手する必要がある分野である。

このほか、海洋資源開発、科学調査・研究、海洋安全保障、水産業、海洋インフラ管理、防災・減災の各分野においても今後 AUV の更なる利活用が期待される。本提言の作成にあたり、今後 AUV を利活用する可能性のあるこれら 9 つの産業等の分野について、それぞれの分野の長期的なビジョン及び実現までに想定されている段階・プロセスを調査した。同時に AUV の活用が想定される作業プロセスを抽出し、その役割を果たすために必要な AUV の機能・性能を整理した。その上で、AUV の長期継続的な利用が見込まれるユースケースを特定し将来ビジョンとしてとりまとめた。こうして作成した将来ビジョンを踏まえた AUV 開発利用の方向性を 3 つの類型に分類し、個別に戦略を検討し、官民プラットフォームで共有した。

AUV の活用が期待される分野間の関係から(図 2-1)、分野毎に AUV の利活用シーンは様々あるが、共通する活用方法が存在することが分かる。このことから、ある分野で AUV の活用が進展すると、接点のある分野でも同様に AUV を活用できることが示唆される。

一方で、各分野で要求される AUV の機能・性能は異なることから、具体の AUV 活用方策(ユースケース:どのような AUV を活用してどのような作業を行うか)毎に、表 2-1 に示す項目に対する要求を示すことが必要となる。一例として、表 2-2 に海洋鉱物資源分野のユースケースを示す。

各分野でのユースケースを具体的に検討した上でユースケース間の関係性・親和性の濃淡があることが想定されたことから、それを確認するため、水深毎、分野毎に AUV のユースケースを一覧表に整理した後、空間的な広がり(局所的/広範囲)と連続作業時間(航続距離)の 2 軸に着目し、時間・空間的な特徴に基づいた分類を行った(図 2-2)。

¹ CCS 長期ロードマップ検討会最終とりまとめ説明資料, 経済産業省, 令和 5 年 3 月。

² 30by30 ロードマップ, 環境省 生物多様性国家戦略関係省庁連絡会議, 令和 4 年 3 月。

表 2-1 AUV の機能・性能に対するユースケースの要求項目

項目	区分
水深	浅(~300m)、中(300~3000m)、深(3000m~) ※「浅」に「極浅(~30m)」を含む
重視する航行機能	航行型、ホバリング型
サイズ	小型(発進・揚収にクレーン不要)、中型(小型クレーンで発進・揚収)、大型(大型クレーンで発進・揚収)
空間的な広がり	局所、広域
連続作業時間(航続距離)	半日程度(短)、日以上(中)、週以上(長)
他のプラットフォーム活用可能性	定点保持型、ASV

表 2-2 ユースケース検討の例(全体像は別紙4)

分野	対象	AUVの活用が想定される作業プロセス	他のプラットフォーム活用可能性	作業の継続期間	頻度	範囲	重視する航行機能	サイズ	搭載する主要なセンサ
海洋鉱物資源	海洋油ガス田	地質構造調査(広域) 賦存量調査を目的とした広域徹底調査	大まかな海底地形把握はASVや船舶で実施	短期	1回	広域	航行型	中型	SBP SSS MBES 合成開口ソナー
		地質構造調査(詳細) 開発設備建設前の開発地点周辺の地質詳細調査		短期	1回	局所	航行型	中型	SBP SSS MBES 合成開口ソナー 電位センサ 磁気センサ 海底重力計 pH 濁度 カメラ(音響含む) SSS
		保守点検 操業中の、パイプライン等の開発設備の保守点検(映像)		長期	1回/年	局所	航行型/ホバリング型	小型	MBES 合成開口ソナー 水中探査ソナー 電位センサ 磁気センサ カメラ(音響含む) ハイドロフォン
		環境影響監視 操業前/操業中の環境影響評価(海水の物理・化学的データ、水の濁り、海生哺乳類、魚類、底生動物、海藻草類)	定点観測との組み合わせによる観測の効率化	短期(操業前) 長期(操業中)	1回(操業前) 常時(操業中)	局所	航行型	中型(操業前) 小型(操業中)	CTD CO ₂ pH 溶存酸素計 濁度計 流速計 栄養塩 環境DNA(採水) 魚群探知機

SBP:サブボトムプロファイラー
SSS:サイドスキャンソナー
MBES:マルチビーム測深機
CTD(Conductivity-Temperature-Depth profiler):電気伝導度-水温-水深測定機



図 2-1 AUV の活用が期待される分野間の関係

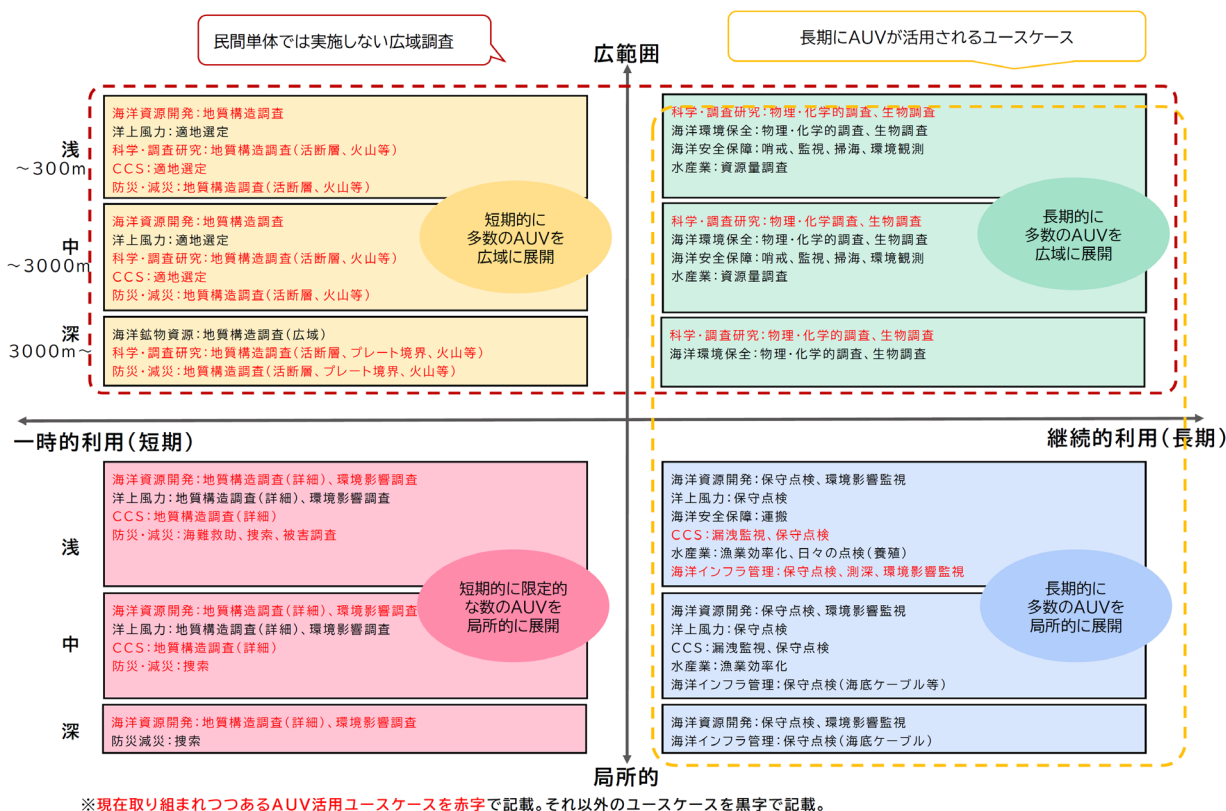


図 2-2 ユースケースの分類

2.3 将来ビジョンと AUV 開発利用の方向性

図 2-2 のユースケースの分類で示したように、現状一時的な短期利用のユースケースを中心に AUV の開発利用が進んでいる状況であるが、将来ビジョンとしては、既存のユースケースの市場（図 2-3 の左側）を拡大していくとともに、将来的には長期的あるいは広範囲に利用されるケース（図 2-3 の右側）を増やしていくことが重要である。

広範囲で継続的な利用を想定するケースとしては、科学・調査研究や海洋環境保全のための海洋観測調査、水産業等の広域調査、海洋安全保障では哨戒、監視、掃海、環境観測が挙げられる。特に水深 3000m 以上の大深度で利用されるケースについては、ハイスpekで長期運用、大深度対応を中心とした研究開発が求められる。一方で、3000m 以下の浅海域においては、目的に応じてスペックを調整し、長期運用・大深度対応の AUV と比べるとややサイズが小型な中機能帯の AUV の高度化を進めていくことが重要である。日本の技術力を活かした研究開発を進め、部品、本体、技術、ソリューション等の海外輸出を狙っていく。

一度の作業範囲という観点では局所的な利用となるが、継続的な利用が想定されるユースケースとして、浅海域の洋上風力発電や海洋インフラ保守・点検、CCS の CO₂ 漏洩監視、養殖設備の管理等での利活用の可能性がある。これらのユースケースでの AUV 活用は、企業活動や研究活動の DX 化の一環として行われることが想定され、特にコスト面や労働環境改善の観点を重視したビジネス成立性が重要であり、小型で安価で使い易い AUV の開発が不可欠である。

継続的な利用が想定されるユースケースでの利用拡大を見据えた開発を中心に据え、ユースケースを実現するための AUV の開発方向性を検討するため、ハイスペック機による長期運用・大深度化を目指す「(1) 技術チャレンジ型」、日本の技術力を活かした中機能帯 AUV の開発を進める「(2) 目的特化型」、企業活動や研究活動の DX 化の一環として利用する「(3) 小型安価型」の3つの類型に分類し、個別に戦略を検討する方針とした(表 2-3)。

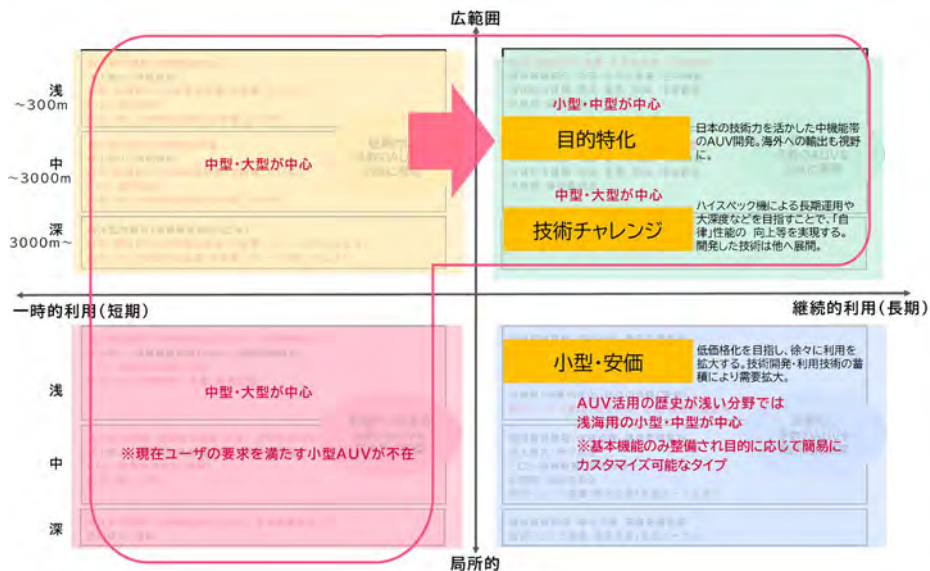


図 2-3 将来ビジョン

(1) 技術チャレンジ型

科学・調査研究、海洋環境保全、水産業等の広域調査、海洋安全保障では哨戒、監視、掃海、環境観測等、継続的で広範囲な利用が想定されるユースケースでは、大水深、長時間の運用が求められる。現在、国家プロジェクト(国プロ)で進められているような大型で高機能な AUV の高度化等の開発を進めるとともに、ソフトウェアに関しては、AI 技術の導入を視野に入れ、ミッション判断機能の高知能化や群制御技術等の開発を通して自律性能の向上を図る。また、AUV は目的(ミッション)を達成するための手段であるという観点から、搭載する機器(ペイロード)が不可欠であり、最先端・高性能なペイロードの技術開発を推進し、国際競争力を強化することも求められる。開発した技術については、小型化、コスト低減等を検討する等、積極的に他類型に展開することを目指す。









(2) 目的特化型

浅海域から中水深、大水深と様々な海域での利用が想定される AUV については、技術チャレンジ型で開発した技術を取り込みつつハイスペックにし過ぎない、目的に特化した中機能帯の AUV の開発を推進する。ハードウェア、ソフトウェア、ソリューション等の海外への輸出も視野に入れ、日本の技術力を活かした開発を進める。

(3) 小型安価型

水深 30m 程度の極浅海域においては現在、海洋インフラ管理や調査等でダイバーや ROV による作業を行っている。これら作業の代替も含め、AUV の利活用可能性のある分野として洋上風力発電、CCS、海洋安全保障、水産業等が挙げられる。このような極浅～浅海域で活躍する AUV を普及させるためには、基本機能のみ備え、目的に応じて簡易にカスタマイズが可能な小型で安価な AUV の開発が不可欠である。目的特化型と同様、将来的にはハードウェア、ソフトウェア、ソリューション等の海外進出も視野に入れ、技術面・利用面での技術・ノウハウの蓄積により需要拡大を目指す。

表 2-3 AUV 開発の方向性（3 類型）

類型(モデル)	概要	主なユースケース	参考モデル
技術チャレンジ	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイスパック機による長期運用や大深度などを目指すことで、「自律」性能の向上等を実現する。 ・開発した技術は他のモデルへ展開する。 	<ul style="list-style-type: none"> 【浅海域】 ・物理、化学、生物調査(科学・調査、海洋環境保全) 【中深度】 ・地質構造調査(海洋資源開発、科学・調査、防災・減災) ・適地選定(CCS) ・物理、化学、生物調査(科学・調査、海洋環境保全) ・哨戒、監視、掃海(海洋安全保障) ・資源量調査(水産業) 【大深度】 ・地質構造調査(海洋資源開発、科学・調査、防災・減災) ・物理、化学、生物調査(海洋環境保全) 	長期運用型UUV(防衛省) 大深度AUV(文科省) NGR6000、AUV-NEXT  うらしま(JAMSTEC) ¹⁾  NGR6000(第3期SIP) ²⁾  長期運用型UUV(防衛省) ³⁾
目的特化	<ul style="list-style-type: none"> ・「技術チャレンジ」において開発した技術を取り込みつつハイスパックにしすぎず中機能帯として、AUV活用の目的に応じて開発する産業化モデル。 ・海外への輸出も視野に入れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【浅海域】 ・物理、化学、生物調査(科学・調査、海洋環境保全) ・掃海(海洋安全保障) ・資源量調査(水産業) 【中深度】 ・物理、化学、生物調査(科学・調査、海洋環境保全) ・哨戒、監視、掃海(海洋安全保障) ・漁業効率化、資源量調査(水産業) ・保守点検、環境影響監視(海洋資源開発、洋上風力、海洋インフラ管理) ・CO₂漏洩監視、保守点検(CCS) 	【中型】 SPICE、DEEP1、ごんどう、海技研AUV、OZZ-5  SPICE(川崎重工業) ⁴⁾  OZZ-5(三菱重工業) ⁵⁾ 【小型】 YOUZAN、ほぼりん、REMUS600、REMUS100  YOUZAN(いであ) ⁶⁾  ほぼりん(海技研) ⁷⁾
小型安価	<ul style="list-style-type: none"> ・基本機能のみ整備され目的に応じて簡易にカスタマイズ可能な低価格帯モデル。 ・技術開発・利用技術の蓄積により需要拡大を図る。 ・海外への輸出も視野に入れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 【極浅海～浅海】 ・保守点検(洋上風力) ・CO₂漏洩監視、保守点検(CCS) ・養殖設備点検、漁業効率化(水産業) ・保守点検、測深、環境影響監視(海洋インフラ管理) ・海難救助、捜索、被害調査(防災・減災) ・哨戒、監視(海洋安全保障) 	i3XO EcoMapper AUV  i3XO EcoMapper AUV(YSI) ⁸⁾

※ 中型：1,000kg程度 (SPICEは2,500kg)、小型：300kg程度 (REMUS100は37kg)

- 1) JAMSTEC: <https://www.jamstec.go.jp/j/about/equipment/ships/urashima.html>
- 2) 第3期SIP: <https://www.jamstec.go.jp/sip3/j/>
- 3) 防衛装備庁ご提供
- 4) 川崎重工業: <https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20210518.1.html>
- 5) 三菱重工業: https://www.mhi.com/jp/news/210330.html?utm_source=spectra&utm_medium=referral&utm_campaign=jp/sensing-danger-how-mine-detectors-protect-shipping-routes&ga=2.230924703.182720307.1670486076-894530456.1670486075
- 6) いであ: https://www.mit.go.jp/sogoseisaku/ocean_policy/content/001378597.pdf
- 7) 海上技術安全研究所: https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/ocean_policy/content/001388011.pdf
- 8) YSI: <https://www.ysi.com/>

3. 技術マップ

3.1 技術マップ作成

AUV を構成する要素技術に細分化し、各要素技術区分における製品情報の調査を基に AUV の要素技術および周辺技術の国内外における開発・利用動向を「技術マップ」として整理した。さらに、海外製品と日本製品の性能比較や日本企業が未参入の区分を整理することで日本が強みを持つ分野や日本が今後参入を検討すべき分野を特定した。技術マップ、自国生産が望ましい技術及び技術開発の方向性について官民プラットフォームで共有した。

技術マップを作成するにあたり、AUV を構成する技術のうち、「自国生産が望ましい技術」を議論するための基礎調査を実施し、AUV を構成する要素技術や関連する観測機器、周辺技術の代表事例を整理した。そして、表 3-1 に示す整理軸を設定したうえで、海外・国内の製品に関する公開情報調査及びメーカー・ユーザへのヒアリングを実施し、必要な情報を収集・整理し技術マップを作成した。この際、陸上の技術開発ではカバーできないものについては AUV 産業で独自に技術開発が必要となるため、「AUV 特有の技術」を重要視した。また、AUV を運航するために必須となる技術についてはその入手性が高いことが求められるため「サプライチェーン上の重要度」にも注目し、これら 2 つの観点から「自国生産が望ましい技術」を抽出した。作成した技術マップの全体像を表 3-2 に示す。

陸上技術ではカバーできず AUV 特有の技術であると考えられる重要な要素技術として、音響通信・測位、光通信等の水中通信機、速度計（DVL）や音響測位等の航法装置、水中コネクタが、観測機器として、CTD センサ、CO₂ センサ、pH センサ、合成開口ソナーが抽出された。その他、耐圧技術や水中ターミナルの開発も AUV 特有の技術として重要である。

AUV の運航に必須となる技術であり、サプライチェーン上重要と考えられる要素技術として、二次電池、推進機（スラスタ）、音響通信・測位、慣性航法装置（INS）、速度計（DVL）、音響測位装置、水中コネクタが抽出された。その他、全般に係る技術として耐圧技術、ソフトウェア、AI 関連技術も重要と考えられる。ソフトウェア技術については、スラスタ制御等のローレベルのソフトウェアから自律ミッション全体を統率する機能やミッション中止の判断をする機能等システム動作を司るハイレベルのソフトウェアの開発まで求められる。

観測機器については一部運航に利用されるケースもある。また、AUV を利用する目的（ミッション）を達成するという観点から各種観測機器についてもサプライチェーン上重要度が高いものが含まれる。これらの分析にはユースケース毎に個別に議論が必要であり、今回の技術マップ作成では整理することができなかったが、観測センサに関する技術的課題の整理は今後対応が必要な重要な課題である。

表 3-1 技術マップ作成における整理軸

整理軸	内容	評価基準
AUV特有の技術	●陸上技術ではカバーできず、AUVで議論すべき技術を整理	○:水中・AUV特有の技術が必要なもの △:一部水中・AUV特有の技術が必要なもの ×:陸上で技術発展が進むもの
サプライチェーン上の重要度	●AUVの運航に必須となる技術を整理	高:AUVの運航に必須 中:必須ではないが、重要度は低い 低:必須ではない
海外との比較(技術的優位性)	●製品情報及びユーザー・メーカのヒアリングから海外製品との差異を整理	国内参入事例 技術的優位性 ○:事例あり ●:海外製品よりも優位 ×:事例なし ◆:海外製品と同等 ▲:海外製品よりも劣位
取得コスト	●AUVの構成品を取得するコストのオーダー感を整理	高:1,000万円以上 中:100万円～1,000万円程度 低:100万円以下
「AUVの3類型」との関係性	●「AUVの3類型」を実現するために必要な技術や、深度・小型化に関する動向・課題を整理	-

表 3-2 技術マップの全体像

	要素技術区分		AUV特有の技術	サプライチェーン上の重要度	海外との比較		AUV全体に占めるコスト
	大区分	小区分			国内参入事例	技術的優位性	
要素技術	動力源	燃料電池	△	中	○*	●	不明
		二次電池	△*	高	○	◆	低～中
	推進器(スラスト)	水中通	○	高	○	◆	低
		音響通信	○	高	○*	●	低～中
		信機 光通信	○	中	○	●	高
	通信機器	衛星通信機	△	中	○	◆	低～中
		慣性航法装置(INS)	△	高	○	◆	高
		速度計(DVL)	○	高	×	-	中
		音響測位装置	○	高	○	◆	中～高 (スバック次第)
	航法装置	水中コネクタ	○	高	○	◆	中
観測機器	環境センサ	CTDセンサ	○	-*	○	▲	中
		CO ₂ センサ	○	-	○*	◆	-
		pHセンサ	○	-	○	▲	中
	LiDAR	×	-*	○	◆	中～高	
	画像センサ	×	-*	○	◆	低	
	音響測深	マルチビーム測深機(MBES)	△	-*	○*	▲	低～高 (スバック次第)
		サイドスキャン・ソナー(SSS)	△	-	×	-	
		サブボトム・プロファイラ(SBP)	△	-	×	-	
合成開口ソナー(SAS)	○	-	○	不明	-		
全般に係る技術	耐圧技術	○	高	○	◆	-	
	ソフトウェア	△	高	○	◆	-	
周辺技術	AI関連技術	△	高	○	◆	-	
	ASV	△	中	○	●	高	
	水中ターミナル	○	中	○	◆	高	

*均圧式はノウハウが必要

*航法に利用されるケースが存在

*実証段階

3.2 技術マップを踏まえた AUV 研究開発の方向性（3 類型の分類を受けて）

技術区分別に AUV の 3 類型で求められる課題や特徴を抽出し、開発の方向性を整理した。概要を表 3-3 に示す。

表 3-3 3 類型の分類を踏まえた開発の方向性（概要）

特徴	技術チャレンジ	目的特化	小型安価
運用の中心となる深度	大深度 (浅海・中深度含む)	浅海～中深度	極浅海～浅海
機体サイズ	大型	中型・小型	小型
最大運用時間	数日～数週間	数十時間～数時間	数時間
取得コスト	高価格	中価格	低価格
求める主な技術	<ul style="list-style-type: none"> 小型・軽量・大容量な動力源 高精度な航法装置・観測機器(長距離運用の場合は特に精度が重要) 大深度での耐圧技術(観測機器等の暴露部含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 技術チャレンジ及び小型安価で開発した先進技術の転用 技術チャレンジ側からは大深度・高精度な技術や長距離・長時間に対応する技術を、小型安価側から耐浅海環境性の向上や機器の小型化・省電力化に関する技術を転用 	<ul style="list-style-type: none"> 浅海環境での耐環境性向上(水中通信、推進器+ソフトウェア、水中ターミナル等) 機器全般の小型化・省電力化 安価な航法装置

技術マップを基に、特に重要な観点として「AUV 特有の技術」及び「サプライチェーン上の重要度」に注目し、2 軸、9 象限のマップを作成した（図 3-1）。この結果から、特に自国生産の観点で重要度の高い区分として以下の 3 区分を設定した。それぞれの区分で抽出された技術を以下に示す。

① 特に注力して開発すべき領域（図 3-1 中赤枠）

AUV の枠組みで議論すべき技術であり、かつ AUV の運航に必須であることから最も重要度が高い区分

速度計（DVL）、水中音響通信、音響測位装置、水中コネクタ、耐圧技術

② 陸上・水上技術と連携して開発すべき領域（図 3-1 中黄枠）

AUV の枠組みで議論すべき技術が一部含まれており、かつ AUV の運航に必須であることから重要度が高い区分

二次電池、慣性航法装置（INS）、推進機（スラスター）、ソフトウェア、AI 関連技術

③ ユースケース検討を含め、注視すべき領域（図 3-1 中緑枠）

AUV の枠組みで議論すべき技術であり、かつ将来的に AUV の運航に必須となる可能性があることから重要度が高い区分

水中光通信、水中ターミナル

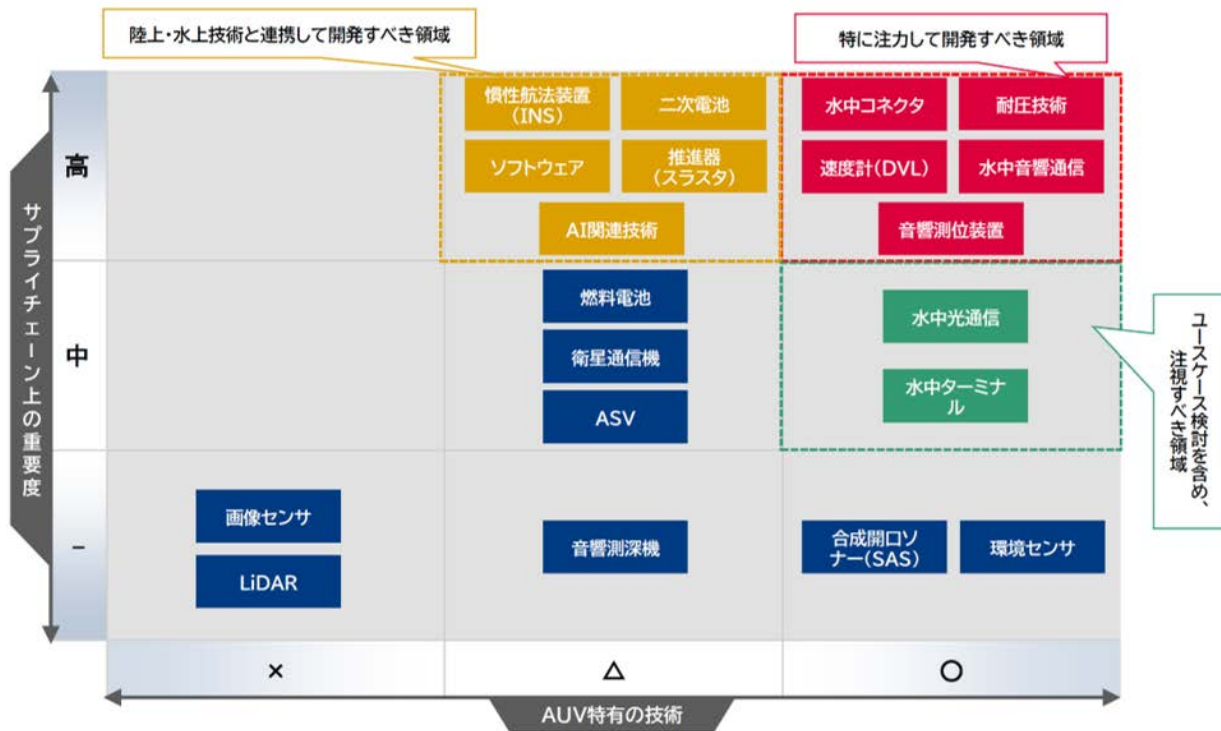


図 3-1 自国生産が望ましい技術の検討

3.3 技術開発の方向性

将来ビジョン検討、技術マップ作成を通して AUV の社会実装に向けた技術開発において取り組むべき事項を以下の通り抽出した。

(1) 要素技術

- 高エネルギー密度な均圧式電池の開発
- 浅海・極浅海用の水中通信機（音響・光）の開発
- 高精度な航法装置の開発
- 安価な航法装置の開発（音響灯台等の活用）
- 音響技術（MBES、前方ソナー、音響測位等）を活用した航法技術の開発
- 水中コネクタの開発

(2) 観測機器

- 観測機器の開発・高度化・小型化

(3) 全般に係る技術

- 耐圧・均圧容器のラインナップ多様化・軽量化
- AI 関連技術用の環境整備
- 極浅海・浅海用のハードウェア・制御ソフトウェアの開発

(4) 周辺技術

- 浅海・極浅海用水中ターミナルの開発
- 大深度用水中ターミナルの開発

4. 社会実装に向けた方策

4.1 ロードマップ

将来ビジョン検討や技術マップ作成を踏まえ、AUV の社会実装に向けたロードマップを作成した（図 4-1）。

浮体式洋上風力発電の普及、海洋 CCS の実運用化や海洋保護区の環境監視等様々な分野で多数の AUV が導入されることが期待される 2030 年までには AUV システムの実証を終え商業化に向けた準備を完了させておく必要がある。そのため、将来ビジョン検討で分類した 3 類型毎に 2030 年以降の主な目標を設定し、バックキャストする形で必要な取組を整理した。共通基盤の構築、制度環境の整備、企業活動の促進、研究開発の推進、人材開発に関連する取組については共通項目としてロードマップを作成した。

2030 年までは国が主導して実証事業や共創の場における検討を行い技術開発や社会実装に向けた取組を推進する。具体的には、2030 年までのできるだけ早い段階に AUV システムの実証を終えるため、既にある技術をベースにした実証試験を行いながら、並行して新産業における AUV 活用を目指した研究開発を進めていく必要がある。既存の ROV や AUV を活用し、ダイバーや ROV で実施している海洋インフラ設備の操業・保守における AUV 技術、活用方法の確立を急ぎ、2030 年以降の浮体式洋上風力発電や CCS 事業の操業開始等を見据え、新たな分野での AUV 活用方法の検討、必要な技術開発を推進する。

2030 年以降は、以下に示す 3 類型毎の 2030 年以降の主な目標やロードマップに示された取組を踏まえつつ民間企業主体でビジネスを展開し、国が支援するという形に転換していく。

(1) 小型安価型

水深 30m 程度の極浅海域においては現在、海洋インフラ管理や調査等でダイバーや ROV による作業を行っている。これら作業の代替も含め、AUV の利活用可能性がある分野として洋上風力発電、CCS、海洋安全保障、水産業等が挙げられる。このような極浅～浅海域で活躍する AUV を普及させるためには、基本機能のみ備え、目的に応じて簡易にカスタマイズが可能な小型で安価な AUV の開発が不可欠である。目的特化型と同様、将来的にはハードウェア、ソフトウェア、ソリューション等の海外進出も視野に入れ、技術面・利用面での技術・ノウハウの蓄積により需要拡大を目指す。

1) 2030 年以降の主な目標

- 2030 年以降、浮体式洋上風力発電の普及、海洋 CCS の実運用化や環境保護に関連する環境監視等において AUV の活用が期待され、この時期に小型安価型 AUV の利用拡大を狙う。
- コスト削減、部品の国産化のため、各種部品の共通化・標準化等を進め、大量生産・シリーズ化、海外展開（特にソリューションとしての輸出）を狙う。

2) 当面必要な取組

- 主に浅海域、極浅海域における保守点検、監視での利用が想定され、リアルタイム、準リアルタイムでデータの取得が求められる。
- 人材不足、作業従事者の安全確保の観点でダイバー作業を ASV、ROV、AUV に代替していく必要がある。既存ユースケースでの実証事業によりコスト面含め最適なシステムについて検討し、実利用を拡大していく。
- 当面は特に水中通信、強流域での安定制御、制御ボードの安定供給等、極浅海域特有の課題解決のための研究開発を行うとともに、目的特化型、技術チャレンジ型で開発した技術の転用、小型化、コスト低減を進める。

3) 主要な技術開発

- 安価な航法装置の開発（音響灯台等の活用）
- 極浅海・浅海用の水中通信機（音響・光）の開発
- 極浅海・浅海用のハード・制御ソフトの開発
- 極浅海・浅海用水中ターミナルの開発
- 【3 類型共通】水中コネクタの開発
- 【3 類型共通】音響技術（MBES、前方ソナー、音響測位等）を活用した航法技術の開発
- 【3 類型共通】耐圧・均圧容器のラインナップ多様化・軽量化
- 【3 類型共通】観測機器の開発・高度化・小型化

(2) 目的特化型

浅海域から中水深、大水深と様々な海域での利用が想定される AUV については、技術チャレンジ型で開発した技術を取り込みつつハイスpekにすぎない目的に特化した中機能帯の AUV の開発を推進する。ハードウェア、ソフトウェア、ソリューション等の海外への輸出も視野に入れ、日本の技術力を活かした開発を進める。

1) 2030 年以降の主な目標

- 2030 年以降、科学・調査研究、環境監視、CCS（保守点検、漏洩監視）、安全保障（哨戒・監視・掃海）、水産資源調査等での利用が想定され、この時期に目的特化型 AUV の利用拡大を狙う。
- 主に浅～中水深における広域調査、インフラ設備の保守点検で活躍が期待されるモデルである。沖合での比較的深い海域での作業が多く、長時間運用、発進・揚収作業の簡易化、更には母船レス運用の実現が期待される。

2) 当面必要な取組

- 当面は既製作の AUV を用い、浅海域のユースケースを中心に既存ユースでの実証実験を通して浅海域、極浅海域用の技術開発を進める。
- 小型安価型や技術チャレンジ型での技術開発を取り込み、機能の向上を目指す。
- コスト削減、部品の国産化のため、各種部品の共通化・標準化、部品およびソリューション

ンのモジュール化、モジュール間の I/F の規格化等を進め、大量生産・シリーズ化、海外展開（部品、本体、ソリューションの輸出）を狙う。

3) 主要な技術開発

- 極浅海・浅海用の水中通信機（音響・光）の開発
- 極浅海・浅海用のハード・制御ソフトの開発
- 極浅海・浅海用水中ターミナルの開発
- 発進・揚収を容易にする構造設計
- 【3 類型共通】水中コネクタの開発
- 【3 類型共通】音響技術（MBES、前方ソナー、音響測位等）を活用した航法技術の開発
- 【3 類型共通】耐圧・均圧容器のラインナップ多様化・軽量化
- 【3 類型共通】観測機器の開発・高度化・小型化

(3) 技術チャレンジ型

将来的に科学・調査研究、海洋環境保全、水産資源等の広域調査、海洋安全保障では哨戒、監視、掃海、環境観測等、継続的で広範囲な利用が想定されるユースケースでは、大水深、長時間の運用が求められる。現在、国プロで進められているような大型で高機能な AUV への高度化、群制御技術の開発を進めつつ自律性能の向上を図る。開発した技術については、小型化、コスト低減等を検討する等、積極的に他類型に展開する。

1) 2030 年以降の主な目標

- 科学・調査研究、海洋鉱物資源、環境監視、防災・減災、海洋安全保障等の分野で利用が想定される。
- 大深度、長時間運用、群制御技術の高度化を進め、将来的には AI 技術の導入も視野に自律性向上を図る。

2) 当面必要な取組

- 国プロ、安全保障関連の研究開発、大規模実証事業を通じて大深度化、群制御、長時間運用等の高度な技術開発を目指す。
- 目的特化型、小型安価型の研究開発とも連携し、AI 技術の導入を目指す。
- 発進・揚収技術の高度化により母船を選ばない AUV の開発や、母船レス運用等、コスト削減に有効な研究開発も重要である。
- 目的特化型、小型安価型への技術移転についても視野に入れ、産学官の連携活動を推進し、ソフトウェア・ハードウェアの共通化・標準化、運用の共通化を推進する。

3) 主要な技術開発

- 高エネルギー密度な均圧式電池の開発
- 高精度な航法装置の開発
- 大深度用水中ターミナルの開発

- 発進・揚収を容易にする構造設計
- 【3類型共通】水中コネクタの開発
- 【3類型共通】音響技術（MBES、前方ソナー、音響測位等）を活用した航法技術の開発
- 【3類型共通】耐圧・均圧容器のラインナップ多様化・軽量化
- 【3類型共通】観測機器の開発・高度化・小型化

(4) 共通

共通基盤の構築、制度環境の整備、企業活動の推進、研究開発の推進、人材育成に関する方策についてもロードマップに記述した。具体方策の詳細については4.2~4.6に示す。

1) 共通基盤の構築

- 低コストソフトウェア機能検証環境の整備
- AI 関連技術用の環境整備
- 海洋データの共有化の検討
- 基本ソフトウェアのオープン化
- モジュール化、モジュール間 I/F の標準化（規格化）

2) 制度環境の整備

- 浅海域の利用制限、ASV 等の利用における制限等に係る課題抽出、利用時手続き・許認可申請の効率化
- AUV 運用時のルール・規制の検討、ガイドライン・法整備（安全面）、環境影響に配慮した技術の基準、認証・登録制度、保険制度の検討
- 試験海域の課題抽出、試験海域利用時の手続き効率化、実験水槽・シミュレータの利用拡大

3) 企業活動の促進

- スタートアップとの連携強化

4) 研究開発の推進

- 共創の場の構築
- 研究開発支援

5) 人材育成

- 他分野連携、リカレント教育、リスクリングの促進
- ライセンス設立
- 講習会、ロボコンの開催、国際化

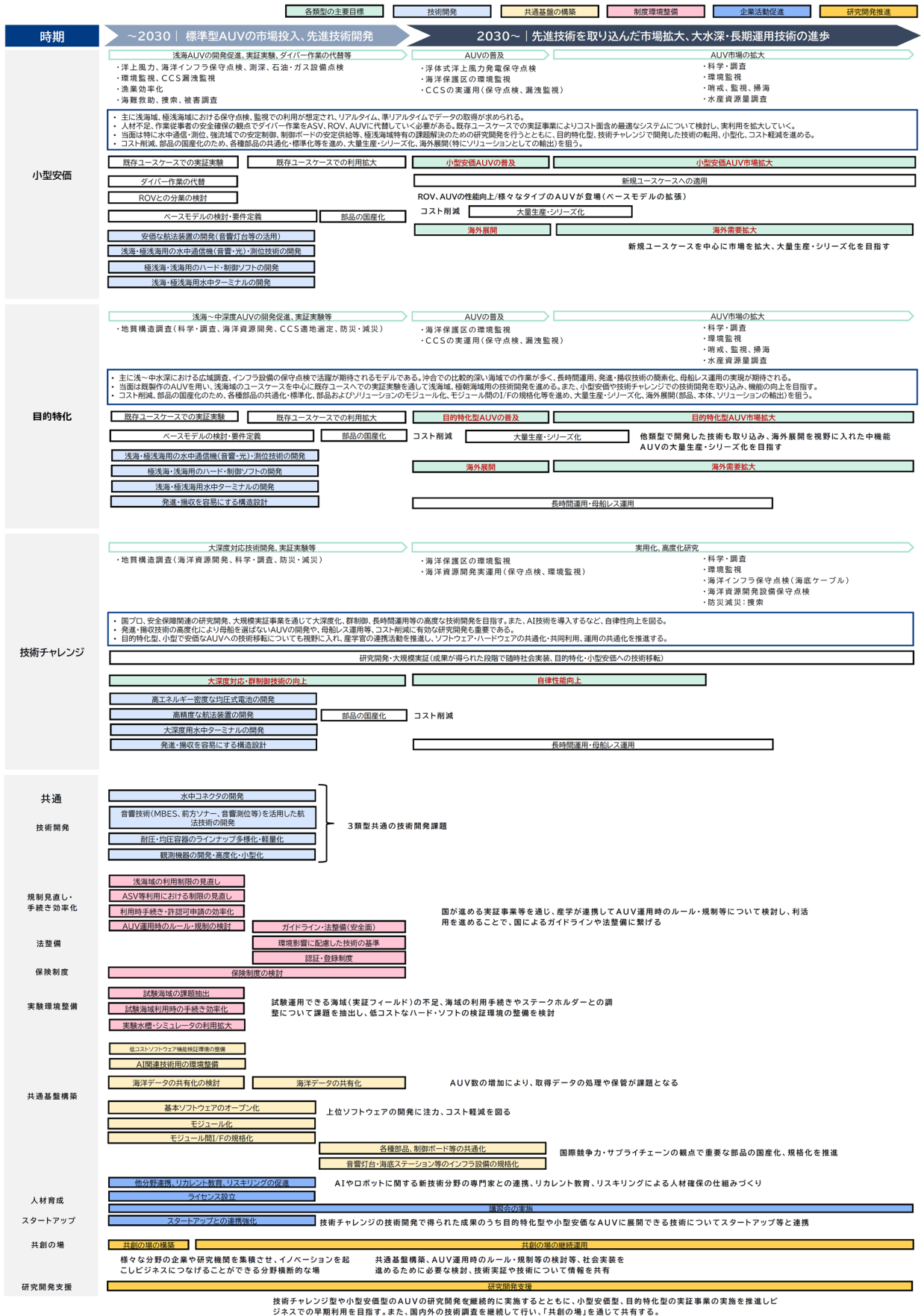


図 4-1 AUV 社会実装ロードマップ (案)

4.2 研究開発の推進

日本として統一感のある研究開発を実現するため、共通基盤構築、AUV 運用時のルール・規制等、社会実装を進めるために必要な検討を行い、技術実証の成果や活用例等に関する情報を共有する場として産学官連携の枠組みをつくり、先進的な技術開発推進体制の構築を目指す。また、内閣府が主導する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）や経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）等、政府の大規模研究開発プロジェクトや競争的研究費のもとで先進的な研究開発を推進するとともに、その成果を「共創の場」を通じて共有する。また、AUVの実証事業を推進し、その成果や教訓を研究開発に反映する。

(1) 共創の場の構築

- 新技術の導入、他分野との協力、海洋環境への影響に配慮した技術開発を推進するために、様々な分野の企業や研究機関を集積させ、イノベーションを起こしビジネスにつなげることができる分野横断的な場（共創の場）が必要である。
- 英国の NOC やノルウェーの取組等を参考に、AUV 官民プラットフォームを発展させた産学官の先進的な技術開発推進体制として官民連携コンソーシアムの構築を目指す。
- 産業界の主導でユースケースに関連したコンソーシアム、地域コンソーシアム等が形成され、各コンソーシアムでの検討状況や成果等を官民連携コンソーシアムで共有するといった共創の場の構築が望まれる。

コンソーシアム間の対話を通じて行われる情報交換・議論

- ・ 実証実験の成果、ハードウェア・ソフトウェア面の技術、ソリューションの共有等
- ・ 部品の共通化、共同利用に関する議論
- ・ 新産業の創出に関する議論
- ・ 制度、法整備の方向性に関する議論
- ・ 人材育成（運用、技術、新産業創出に係る若手人材）に関する議論

個別のコンソーシアム内での検討

- ・ 技術開発、ビジネス性の検証
- ・ 作業プロセスにおける AUV 活用仮説とその検証
- ・ 社会実装に向けた検討（制度面、社会受容性、人材育成）

(2) 技術開発支援

- SIP や K Program 等、技術チャレンジ型や小型安価型の AUV の研究開発を継続的に実施するとともに、小型安価型、目的特化型の実証事業の実施を推進しビジネスでの早期利用を目指す。また、国内外の技術調査を継続して行い、「共創の場」を通じて最新動向を共有する。

4.3 共通基盤の構築

4.3.1 共通基盤の構築に関する現状と課題

AUV に関連するソフトウェアの技術開発は多岐にわたり、個々に技術開発を進めていくことは非効率的であり、コスト低減のための仕組みが必要である。ハードウェアの観点では、航法装置、通信装置、水中コネクタ等、重要技術の国産化・標準化を進めることが重要である。また、長期間航行の実現のためには、AUV 位置情報の共有化、海底インフラ整備が必要となる。

ソフトウェアの共通化・標準化（規格化）に関し、JAMSTEC が、令和 7 年度の完成を目指して AUV オープンソフトウェアを開発中である（図 4-2）。防衛装備庁では近くインターフェイス規格の公開を予定している。防衛装備庁ではさらに多用途運用、管理効率化等に向けたモジュール化の検討も進めている（図 4-3 左図）。基盤となる制御ボードについては、東京海洋大学の KOLABOARD（図 4-3 右図）のように変更せずに長期間利用可能なものが安定供給されることが必要であり、基盤技術の共通化・標準化（規格化）も重要である。

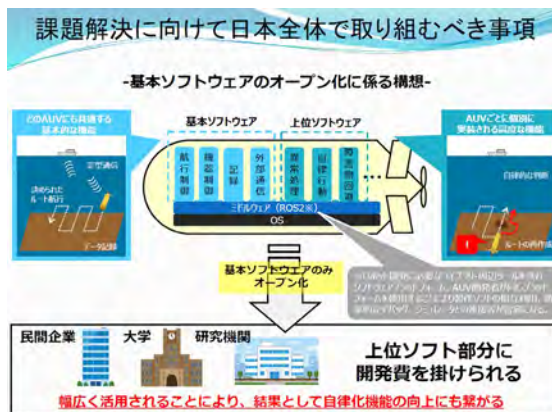


図 4-2 ソフトウェアの共通化・標準化（規格化）に関する取組

出所) AUV 官民プラットフォーム 第 2 回全体会議 資料 2

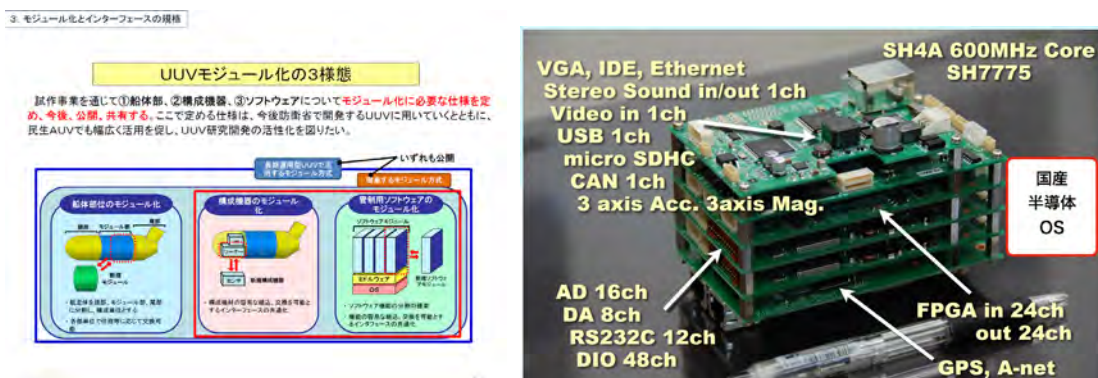


図 4-3 ハードウェアの共通化・標準化（規格化）に関する取組

出所) AUV 官民プラットフォーム 第 2 回全体会議 資料 2

4.3.2 共通基盤の構築に関する提言

各社が独自性を発揮して競争する部分は必要であるが、基本ソフトウェア、インターフェイス、AUVの各種部品、制御ボード等、非競争領域にて共通基盤を構築し、国内の技術の底上げを行うことで、部品メーカーやソフトウェアメーカーの参入が容易になり、我が国が持つ総合的な国力を最大限活用することが可能となる。

現在、ソフト面、ハード面の開発においてはメーカーが個々に開発していることが多く非効率な側面があるほか、海外からの輸入に頼る部品も多く、AUVの開発や運用に多くのコストがかかっている。また、基盤となる制御ボードの長期間安定供給にも課題がある。

ソフトウェア、ハードウェアの共通化・共同利用、運用の共通化等を推進していくことがコスト低減や部品の安定供給のための方策として有効である。

研究開発の効率化や運用の効率化の観点から部品のモジュール化やソリューションのモジュール化に関する検討も重要である。この際、音響灯台や水中ステーション等の海中インフラ整備も必要と考えられ、これらの規格化や機器間のインターフェイスの共通化への期待も大きい。

発進・揚収に係る技術の共通化は、母船を選ばない運用、小型クレーンでの少人数運用等、運用面での効率化、コスト削減に有効であると考えられるが、技術開発とともに共通化について検討することで、ハード面でのコスト低減を図ることも可能となる。

産学官連携のもとソフトウェア・ハードウェアの共通化・共同利用や運用の共通化を推進することでコストを低減させ、国際競争力の強化、国産化の推進と量産体制の構築のほか、運用時の作業・教育訓練の効率化等の効果が期待できる。

(1) ソフトウェアの共通化・標準化

- 航行制御、機器制御、記録、外部通信等の基本ソフトウェアに関しては可能なものはオープン化し、インターフェイスの規格を広く公開する。
- これにより、競争領域において、障害物回避、自律行動、異常処理等の上位ソフトウェアの開発に注力することができ、コスト低減が期待できる。

(2) ハードウェアの共通化・標準化・モジュール化

- AUVの各種部品・制御ボード等の共通化、水中ステーションや音響灯台等のインフラ設備の標準化（規格化）を進める。
- 特に航法装置や水中通信機器、水中コネクタ等、国際競争力・サプライチェーンの観点で重要な部品の国産化、標準化（規格化）を推進する。
- 研究開発の効率化、量産効果、部品交換の容易さ、教育訓練の観点から部品のモジュール化・共通化が有効である。

(3) インターフェイスの共通化・標準化

- モジュール間のインターフェイスの規格を共有することにより、開発コスト低減、メンテナンス性向上を図る。また、センサ等、搭載する機器間のインターフェイス共通化、標準化（規格化）も重要である。

(4) 運用の共通化

- AUV の利用拡大のためには、通信網や水中ステーション、音響灯台等の海中インフラ整備も重要である。安価な航法装置を用いた AUV の位置情報補正が可能となる音響灯台の整備は AUV 本体のコスト低減にもつながる。
- AUV の実証事業や実利用を進める中で、産学官で協議し、主要な想定利用場面例：浮体式洋上風力発電のメンテナンス等における統一的な手法、標準的な環境観測手法等、ソリューションのモジュール化について検討する。

(5) 共通プラットフォームの利用

- サプライチェーンの観点からできるだけ国内で共通のものを利用し（例えば、表 2-3 で示された OZZ-5、ほばりんの民間利用の促進等）、利用者間の情報交換、産学官連携の場での情報共有により効率的に高度化を進めていく。検討に際して、国内外の最新動向を収集・共有する。

(6) AI 関連技術の環境整備

- 高精度・低コスト AI モデルの開発に加え、AI モデルの検証環境及び学習データ環境の構築等の取組が必要である。

4.4 制度環境の整備

4.4.1 制度環境の整備に関する現状と課題

官民プラットフォームのアンケート調査において、「AUV を利用する際の手続きの効率化が必要」との声も上がっている。AUV を利用する海域によって適用される規則や制度が異なるため、対応が求められる規則を海域毎に整理したうえで手続き上の課題を抽出する必要がある。安全面でのルールづくりも必要である。民間企業がボランティアにガイドライン整備に着手し、技術開発を進めながら産学官連携のもと更新していくという英国の事例は我が国の AUV 運用ガイドライン整備において参考となる。運用ルールの整備に関しては、ドローンや ROV 等、既に整備されている制度やガイドラインが参考になる。

AUV 技術開発を推進していくためには実証・実験環境の整備も重要で、試験運用できる海域（実証フィールド）の不足、海域の利用手続きやステークホルダとの調整について課題を抽出し、手続きを効率化することで AUV を利用しやすい環境を整える必要がある。

防衛装備庁は、岩国海洋環境試験評価サテライト（IMETS）に国内最大の音響水槽（図 4-4）と、HILS システムを保有しており、UUV、AUV の試験評価を効率的に実施することが可能となっている。JAMSTEC も、超音波水槽装置を保有しており、水中音響用送受波器の校正および特性の計測、各種海中機器の水槽試験等が可能である。また、福島ロボットテストフィールドは水中・水上ロボットエリアに実験水槽を保有している。実海域実証フィールドについては、OKI コムエコーズが国内唯一の水中音響計測施設「固定式計測バージ」を保有しており、計測船により駿河湾での実海域実験が可能である。長崎県実海域フィールドセンターでは海洋機器の実海域試験のための実証フィールドと諸手続きを支援するサービスを提供している。AUV の技術開発、利用を促進するため、既存設備について利用しやすい環境を整備していくことも重要である。



図 4-4 実験水槽の例（左図 防衛装備庁：岩国海洋環境試験評価サテライト大型水槽（IMETS）、右図 福島ロボットテストフィールド 水中・水上ロボットエリア施設）

出所）左図 AUV 官民プラットフォーム 第 2 回全体会議 資料 2，右図 第 3 回利用部会資料

技術および AUV で取得するデータに関するオープン・クローズ戦略の検討も必要である。AUV の要素技術には安全保障上機微なものも含まれる。安全保障上拡散すべきでない特許技術については特許非公開制度（令和 6 年春頃運用開始）の活用を検討することも必要となる。データ共有に関しては「海しる」「ShipDC」等、既存のシステムを参考に海洋データ共有の取組を進める必要がある。

4.4.2 制度環境の整備に関する提言

AUV 利用時の規制、手続き等に関し、より効果的、効率的な方法を検討する必要があるとともに、安全面の規制のほか、環境影響を配慮した技術の基準、および認証・登録する制度等、AUV の国内普及において新規に必要な制度の検討も必要となる。また、AUV 運用に際し、ASV、ROV 等の海洋無人機や無人/自律運航船に係る規制・ガイドライン等にも留意する必要がある。

実証・実験環境の整備についても重要である。AUV シミュレータ、試験運用できる室内実験施設、試験海域（実証フィールド）の不足、海域の利用手続きや漁業従事者等のステークホルダとの調整に関する課題を解決し、これらの施設にアクセスするための手続きを簡素化することで AUV の開発やメンテナンスをしやすい環境整備が求められる。また、実験水槽やシミュレータの利用拡大を推進する等、AUV の開発を促進する環境整備も必要となる。

オープン・クローズ戦略については、基本ソフトウェアやインターフェイスについてはノウハウを含む部分を除いて原則としてオープン化し、上位ソフトウェアの開発は競争領域としてクローズとすると共に必要なノウハウに関しては管理を徹底する等、開発した技術に係る知財の管理や、AUV で取得したデータの利活用に係る仕組みの検討が必要である。重要な技術については特許の取得、論文にする等で国内開発技術の知財化を進めるが、特に安全保障上秘匿性の高い特許技術については特許非公開制度の活用を検討する等、機微技術を保全する方策が重要となる。

(1) 法制度・ガイドラインの整備

- AUV 運用に際し、ASV、ROV 等の海洋無人機や無人/自律運航船に係る規制・ガイドライン等にも留意する必要がある。
- 国が進める実証事業等を通じ、産学が連携して AUV 運用時のルール・規制等について検討し、利活用を進めるとともに、国際的な動向を見定め、国によるガイドラインや法整備に繋げる。
- 安全対策に加えて環境影響を配慮した技術の基準、およびそれを認証・登録する制度等、AUV の国内普及において新規に必要な制度について検討が必要である。ドローンの認証制度、操縦ライセンス、運航ルール等、類似分野の制度が参考になる。
- AUV の事故や紛失に対する保険制度も重要である。

(2) 実証・実験環境の整備

- 試験運用できる海域（実証フィールド）の不足、海域の利用手続きやステークホルダとの調整について課題を抽出し、手続きを効率化することで AUV を利用しやすい環境を整える必要がある。
- 既存の実証フィールドの利用に関しては、各特長や仕様を一覧できるように整理するとともに、自治体とも連携し、関係者間の調整や手続きの効率化を図る。
- 技術実証や技術を公開し情報を共有する場を構築することや、展示場・試験場等の利用を推進することも重要である。
- 実験水槽やシミュレータについて、利用事例の共有や、新規参加者が容易に利用できるイ

ンターフェイスの検討等、開発者が利用しやすい環境を整備し、設備・ソフトウェアの利用拡大を推進する。

(3) オープン・クローズ戦略

- 航行制御、機器制御、記録、外部通信等の基本ソフトウェアやインターフェイスについては原則としてオープンにし、障害物回避、自律行動、異常処理等の上位ソフトウェアの開発は競争領域としてクローズとする。
- 重要な技術については特許の取得、論文にする等で国内開発技術の知財化が必要である。
- 安全保障上拡散すべきでない特許技術については令和6年春頃運用開始の特許非公開制度の活用を検討する。また、海外への不法な情報の漏洩を防ぐ施策を検討する。
- AUV関連の輸出の検討においては、知財化（特許関連）、標準化（規格化）が、デュアルユーアの検討においては、同盟国・同志国との共通化が必要である。
- 国際標準化に積極的に関与し、国際競争力の向上を図る。
- 水温・塩分等の基本的な海洋データについては、既に関係府省間で共有する枠組みがある。AUVで取得するこれら基本的な海洋データの共有化について、データへのアクセス権限付与等クローズの観点も含めその枠組みの利用可能性を含めた検討、AUVを用いたデータ取得の方法やデータ品質の統一のための取組が必要である。

4.5 企業活動の促進

4.5.1 企業活動の促進に関する現状と課題

海外ではサービスプロバイダが洋上風力発電所、プラットフォーム、高層ビル、産業施設、空港、道路、橋、トンネル、送電網、鉄道線路、パイプラインといった非常に幅広い施設のライフサイクル全般にわたるソリューションを提供している。石油・ガス開発に関連する産業に乏しい我が国において海洋産業を活性化させるため、サービスプロバイダの活用可能性を検討する必要がある。

カナダでは 2017 年に海洋スーパークラスター（OSC）が創設されている。これは、産業界主導で立ち上げられたイニシアチブであり、海洋分野における産業の成長加速に向けて、海洋技術の開発と商業化の加速を目標に、海洋経済分野での研究開発投資を推進し、大規模プロジェクトでの協力を促す役割を果たしている。86 件以上のプロジェクトが承認され、総額は 4 億カナダドル、参加する民間企業の 8 割は従業員が 100 人未満のスタートアップ等の中小企業である。現在、漁業、水産養殖、海洋資源、輸送、海洋再生可能エネルギー、防衛、生物資源、海洋技術の各分野の 530 社以上の民間企業が参加している。

ノルウェー科学技術大学（NTNU）は AUV 分野のスタートアップ企業を積極的に支援している。その成果の一つが、AUV 技術に特化し、特に海底における調査や機器の保守、修理作業を行うウミヘビ型水中ロボット「Eelume」を焦点とした Eelume 社である。ノルウェー研究評議会（NRC）は、NTNU を新たな人材と結び付けるだけでなく、スタートアップ企業と投資に関心を持つ石油企業等の産業界とをつなぐ役割を担っている。

米国のウッズホール海洋研究所（WHOI）の技術移転室は、WHOI の専門知識、施設、知的財産を活用して、新しい製品や技術を開発し商業化することで、科学や技術の知見のビジネスセクターへの移転を促進し、スタートアップを支援している。

4.5.2 企業活動の促進に関する提言

産業化を促進するため、スタートアップ支援や海外展開の支援について検討していく必要がある。また、海洋開発産業において高いレベルから事業全体を見られる専門家集団が様々な海洋分野にサービスを提供する、いわゆるサービスプロバイダの活用可能性について検討することは、AUV から得られるデータの高付加価値化による新たな産業創成等の観点からも有効である。

4.2（1）に示した共創の場の構築はスタートアップを生み出す土壌となる。技術チャレンジ型の技術開発で得られた成果のうち目的特化型や小型安価型の AUV に展開できる技術についてはスタートアップ企業等との連携により効率的に技術開発を進め、産業化を促進する。

目的特化型、小型安価型の AUV の海外展開を視野に入れ、技術チャレンジ型の AUV で開発した高度な技術も取り込みながら、産業化モデルを開発する。海外展開においては、日本の事業者が海外に進出する場合、サービスを持つ事業者が直接海外の顧客にアプローチする場合等があることに留意する。また、AUV 関連技術は機微技術を含むため、輸出時に国内外の規制の対象となり各種手続きが必要となる。輸出時に効率的に手続きが可能となるよう、必要な手続き、支援制度等

を示したガイドラインを作成することも重要である。

(1) スタートアップ支援

- 技術チャレンジ型の技術開発で得られた成果のうち目的特化型や小型安価型の AUV に展開できる技術についてはスタートアップ企業等との連携により、効率的に技術開発を進める。また、スタートアップの経済支援や税制優遇の検討が望まれる。

(2) サービスプロバイダ

- 海洋開発に関するデータの取得、分析、加工、保管、利用等に対する各種コンサルティングを通じ、洋上風力発電、海底ケーブル、橋梁等の海洋インフラ設備のライフサイクル全般にわたるソリューション提供を行うサービスプロバイダの活用を検討する。
- 実証事業を通じて具体的な機能や体制等を検討していく。また、第三者として保険業者へ助言する機能について検討する。

(3) 海外展開

- 海外の運用現状（実態、制約条件、使用環境）やハードウェア面・ソフトウェア面のニーズを継続的に調査し戦略に反映する必要がある。
- 海外の展示会の活用については、メリット・デメリットを検討し有効性を検証する必要がある。
- 知財（特許関連）、規格（標準化）、デュアルユースの検討においては、同盟国・同志国との共通化、政府としての支援（トップセールスを含む）が必要である。

本体・部品

- 目的特化型、小型安価型な AUV の海外展開を視野に入れ、技術チャレンジ型の AUV で開発した高度な技術も取り込みながら、産業化を進める。
- AUV 関連技術は機微技術を含むため輸出時に国内外の規制の対象となり各種手続きが必要となる。輸出時に効率的に手続きが可能となるよう、必要な手続き、支援制度等を示した分かりやすいガイドラインを作成する。

ソリューション

- 洋上風力発電や海洋インフラ設備等におけるメンテナンスに活用する中で、欧州等とは異なる日本周辺海域の特性（地震・津波、台風、海洋生態系等）に適應するように開発した AUV を我が国と同じ問題を抱える国への輸出を狙う。

4.6 人材育成

4.6.1 人材育成に関する現状と課題

AUVに係る産業を担う人材（技術開発に携わる人材、運用に携わる人材）の育成の在り方検討が必要である。

海中ロボットの技術関連産業が育っておらず、専門の教育を受けた学生の海中ロボット関連への就職は必ずしも多くない状況である。高等教育機関（大学、高専、専門学校）や専門高校等における人材の育成・確保が重要である。現在、国内でも多くの水中ロボコンが開催されており（表4-1）、規模の拡大、国際化等更なる発展が期待される。

表 4-1 2022～2023 年に開催された水中ロボコン等のイベント

イベント名	主催・運営	概要
水中ロボットフェスティバル in 岩国 ¹⁾	NPO 日本水中ロボネット	2022年8月26日(金)～28日(日) 産官学連携技術交流会 ミニ水中グライダー教室(対象:小学校高学年～中学生) 水中ロボット講演会 水中ロボット協議会 AUV部門、ジュニア部門(対象:中高生)
水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 2023 ¹⁾	NPO 日本水中ロボネット	2023年8月26日(土)～27日(日) フリー部門、AIチャレンジ部門、ジュニア部門、ビデオ部門 ※水中ロボットセミナー(オンライン、7月17日(海の日))
ながさきデジタルDEJI-MA産業メッセ2023 第2回ドローンサミット ²⁾	・ながさきデジタルDEJI-MA産業メッセ/デジタルDEJI-MA産業メッセ実行委員会 ・第2回ドローンサミット/経済産業省、国土交通省、長崎県 ・ながさき半導体産学コネクツ/長崎県	2023年9月7日(木)～8日(金) シンポジウムその他、展示会、デモンストレーション、アイデアコンテスト表彰式が行われた ・展示会:ドローン・空飛ぶクルマ関係企業・自治体など約80社が出展 ・デモンストレーション:SIP3自律型洋上中継機(ASV)の無人航走のデモンストレーション、水中ドローンの操縦体験等 ・若者ドローンアイデアコンテスト(主催:長崎県)表彰式
TECHNO-OCEAN2023 水中ロボット競技議会 ³⁾	Techno-Ocean2023 水中ロボット競技会	2023年10月7日(土) AUV部門(大学等)、フリースタイル、ジュニア部門(高校生以下)
第9回 沖縄海洋ロボットコンペティション ⁴⁾	沖縄海洋ロボットコンペティション実行委員会	2023年11月18日(土)～19日(日) AUV部門、ROV部門、フリースタイル ※参加資格:海洋ロボットに興味がある個人またはグループ

1)NPO日本水中ロボネット、<http://underwaterrobonet.org/>、2023年9月閲覧。

2)ながさきデジタルDEJI-MA産業メッセ2023、<https://digital-dejima.jp/>、2023年9月閲覧。

3)TECHNO-OCEAN2023 水中ロボット協議会、<http://ton23.underwaterrobonet.org/>、2023年9月閲覧。

2)沖縄海洋ロボットコンペティション、<http://www. robo-underwater.jp/2023/rchp/JPN/index.php>、2023年9月閲覧。

4.6.2 人材育成に関する提言

AUVの技術開発に携わる人材、運用に携わる人材について、学生の教育、リカレント教育、他分野からの人材確保等について課題を抽出し方策を検討する必要がある。

現状、海洋ロボティクスに関連する産業が育っておらず、専門の教育を受けた学生の海中ロボット関連への就職は必ずしも多くはない。

まずは AUV の技術開発に携わる人材の育成である。アウトリーチや夢のあるプロジェクトの実施、大学生や高等専門学校生、職業能力訓練大学校生を対象とした海中ロボットコンテスト等の開催により AUV の開発に携わる若い研究者の育成を推進する。特に、AI やロボットに関する新技術の開発においては、他分野の専門家との連携やリカレント教育による人材確保が重要である。

AUV の運用に携わる人材の育成・確保においては、運用に係るライセンスの設立やライセンス取

得のため、AUV 周辺技術、利用方法等の講習会を開催する等、高度な技術を有する人材の育成が重要である。また、ワーク・ライフ・バランスを取りやすければ、AUV の運用に携わる仕事が持続可能なものになり、新たな人材の確保にもつながる。AUV の操作性に優れたソフト等の開発を促進することで、運用をより簡便で容易にすることを検討することも有効である。

このように、AUV の技術開発や運用面に携わる人材の育成は非常に重要であるが、将来の海洋における新産業創出について考えることができる若手人材の育成も求められている。

具体的な人材育成の方策については、実証事業の成果を共有し、共創の場において情報を共有しながら関係者間で議論し検討し、具体的方策を検討し実践していくことが望まれる。

(1) AUV 運用に携わる人材の育成・確保

- AUV を活用した海洋産業の活性化および安全な運用のため、運用に関する高度な技術を有する人材の育成が重要である。運用に係るライセンスの設立やライセンス取得のため、AUV 周辺技術、利用方法等の講習等を行う。
- 企業内で教育カリキュラムの策定やトレーニング施設の運用等による人材育成を促進する。
- ROV オペレーターのリスキリングが重要である。
- 地域企業、スタートアップ、大学や高等専門学校等の連携による産業モデルを形成し事業を展開することが新たな人材の育成・確保にもつながる。
- シミュレーションやデータ解析に携わる人材、操業に携わる人材について求められる要件を整理し、人材育成・確保の在り方検討が必要である。

(2) AUV の技術開発に携わる人材の育成・確保

- 学生を対象とした海域でのロボットコンテスト等を開催する等、積極的に若い研究者の育成を推進する。
- 海外と比較して閉鎖的である我が国のロボットコンテストの国際化を推進し、開催規模の拡大、レベル向上を図る。
- AI やロボットに関する新技術の開発においては、他分野の専門家との連携やリカレント教育、リスキリングによる人材確保も重要である。
- 民間企業と大学が連携し若い研究者を育成する仕組みを作ることにも有効である。

(3) 新産業創出に関わる若手人材の育成

- 産業を新たに作っていくという観点からも次世代を担う若手人材への期待が大きく、AUV を利用する産業との接点を意識した人材育成も必要である。

5. 今後の課題

今回、官民プラットフォームの各会議、アンケート、ヒアリング調査で多くの意見を収集し提言としてとりまとめた。今年6月に閣議決定された「新しい資本主義実行計画」では、「海洋分野について、複数年度を視野に入れた海洋開発重点戦略の策定及び予算の確保による予見可能性を持った開発を強力に推進する」旨が記載されており、AUVの開発・利用は、このトップバッターとして位置付けられるべきものである。今後、本提言に記載した方策が、政府施策との関係整理や政府部内の役割の具体化を経て、適確にAUV戦略に反映されることが求められる。

一方で、頂いたご意見、ご助言に対し、十分に対応できなかった事項も残った。これらについては次年度以降、実証事業等を通して明らかにし、官民連携の場で引き続き議論していく必要がある。今後の課題として整理しておきたい。なお、今回作成したロードマップや政府で取りまとめられるAUV戦略は、社会情勢の変化や技術の進展等を踏まえてフォローアップされ、2030年以降の取組の具体化を含めて適切に更新されることが望まれる。

(1) 将来ビジョン関連

- 将来のマーケットが見えない中で、個別の機関が研究開発を推進する方向に舵を切るとは難しいだろう。AUVの市場予測、必要機数等の検討が必要ではないかとの意見があったが、今回の検討では、具体的な活用方法やコスト面の検討等が不十分なことから数値の算出は見送ることとなった。今後、実証事業等を通し、活用シーンが具体化され、規制の動向等が見えた段階ですみやかに産業分野、AUV市場の規模感に関する検討を実施する必要がある。
- 主要なユースケースを特定し、利用するセンサ等、観測機器の要件を整理する必要がある。
- 「世界の市場動向 (FORTUNE BUSINESS INSIGHT)」によると、無人潜水機 (UUV) の世界市場規模は2020年に29億6080万米ドルであり、この市場は、2021年の30億5700万米ドルから2028年には95億270万米ドルに成長と予測されている。そのなかで市場シェアが最も高いのは防衛セグメント (約50%) であり、予測期間中は主要な市場セグメントになるとされている。以上を踏まえ、海洋安全保障分野に関し、具体的なユースケースの検討、さらにその実現のために求められる技術開発の検討が必要である。

(2) 技術マップ関連

- 今回「自国生産が望ましい技術」として抽出した製品について、海外製品と比較した場合の使いやすさ、技術成熟度レベル (TRL) や実績等も加味した技術的実現性や、具体的な開発・展開戦略について個別に検討が必要である。
 - 「AUV特有の技術」において重要度を中程度としたものについては、技術開発・実証の成果によってはAUVの運航に必須となる可能性があるため、継続的な注視が必要である。
 - 各技術区分・機器の更に細かい構成要素についても個別に検討が必要である。

- 今回「自国生産が望ましい技術」として抽出した製品のうち、自国生産しないものについては海外からの入手ルートを確保する取り組みについても議論が必要である。
- 今回検討が不十分であった技術（観測機器全般や圧力センサ、浮力材、発進・揚収に係る技術等）について、今後検討が必要である。

(3) 実証事業関連

- 実証事業では、既存の AUV や開発済みの技術を活用した利用実証、新たな技術開発のための技術実証等、開発と実証を並行して実施することにより時間短縮を図り、効率的に進めることが重要である。
- 利用実証では、事業化のスケジュールが明確なもの、予想外のリスクが小さいものを選択し、DX の導入も含め操業に対する効果の検証を行うとともに、既存 AUV をどのように活用していくかを含めて「日本型サービスプロバイダ」の適用可能性について検討する必要がある。
- 実証事業毎にコンソーシアムを構築し、コンソーシアム内で情報・データ共有を図りながら実証を進めるとともに、成果をコンソーシアム間で共有することが重要である。

(4) 社会実装に向けた方策の更なる具体化

- 技術開発や社会実装に向けた方策について更なる具体化が必要である。
 - 海外に通用する具体的なユースケースをもつ機関へのヒアリング調査
 - 海外の規制、標準化等の動向調査
 - 海外の運用現状（実態、制約条件、使用環境）を継続的に調査し戦略に反映することが産業化に不可欠
- AUV の運用に係る規制、輸出入に関する各種手続きについて、簡素化、効率化を求める声が複数あった。更なるヒアリング調査により具体的な課題抽出を行う必要がある。