

科学技術・学術審議会 海洋開発分科会 深海探査システム委員会（第1回）
議事次第

1. 日時 令和5年11月22日（水）15時00分～17時00分

2. 場所 オンライン会議

3. 議題

- (1) 深海探査システム委員会の議事運営について
- (2) 深海探査システム委員会の設置趣旨について
- (3) 国内外の深海探査システムの動向について（ヒアリング）
- (4) 深海探査システム委員会における検討の進め方について
- (5) その他

4. 資料

資料1 科学技術・学術審議会 海洋開発分科会 深海探査システム委員会 委員名簿

資料2 科学技術・学術審議会 海洋開発分科会 深海探査システム委員会 運営規則
(案)

資料3 深海探査システム委員会の設置趣旨について（第70回海洋開発分科会資料を
一部改編）

資料4 河野委員発表資料

資料5 深海探査システム委員会における検討の進め方について

参考資料1-1 科学技術・学術審議会関係法令

参考資料1-2 科学技術・学術審議会運営規則

参考資料1-3 科学技術・学術審議会海洋開発分科会運営規則

参考資料1-4 科学技術・学術審議会海洋開発分科会の委員会の設置について（令
和5年8月29日海洋開発分科会決定）

参考資料2 第4期海洋基本計画（令和5年4月28日閣議決定）

参考資料3 今後の海洋科学技術の在り方について（提言）～国連海洋科学の10
年、関連する主な基本計画を踏まえ～（令和4年8月30日科学技術・
学術審議会海洋開発分科会）

参考資料4 今後の深海探査システムの在り方について（平成28年8月科学技
術・学術審議会海洋開発分科会次世代深海探査システム委員会）

科学技術・学術審議会 海洋開発分科会 深海探査システム委員会 委員名簿

(50 音順、敬称略)

(委員)

日野 亮太 東北大学大学院理学研究科 教授

(臨時委員)

河野 健 国立研究開発法人海洋研究開発機構 理事

廣川 満哉 独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構
特別参与（金属環境・海洋・石炭本部担当）◎ 松本 さゆり 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
港湾空港技術研究所港湾空港生産性向上技術センター 副センター長

(専門委員)

岩崎 弘倫 株式会社 NHK エンタープライズ制作本部自然科学番組部
エグゼクティブ・プロデューサー

奥村 知世 高知大学教育研究部総合科学系複合領域科学部門 准教授

小島 茂明 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

谷 健一郎 独立行政法人国立科学博物館地学研究部 研究主幹

巻 俊宏 東京大学生産技術研究所 准教授

湯 浅鉄二 川崎重工業株式会社エネルギーソリューション&マリンカンパニー
船舶海洋ディビジョンエグゼクティブフェロー（潜水艦・AUV 関連技術担当）

(令和 5 年 11 月 22 日現在)

◎ : 主査

科学技術・学術審議会 海洋開発分科会 深海探査システム委員会 運営規則（案）

令和 5 年〇月〇日深海探査システム委員会決定

第 1 条 科学技術・学術審議会海洋開発分科会深海探査システム委員会（以下「委員会」という。）の議事の手続その他委員会の運営に関し必要な事項は、科学技術・学術審議会令（平成 12 年政令第 279 号）、科学技術・学術審議会運営規則及び科学技術・学術審議会海洋開発分科会運営規則に定めるもののほか、この規則の定めるところによる。

第 2 条 委員会は、当該委員会に属する委員等の過半数が出席しなければ、会議を開くことができない。

第 3 条 委員会の会議及び会議資料は、次に掲げる場合を除き、公開とする。

- 一 人事に係る案件
- 二 行政処分に係る案件
- 三 前二号に掲げるもののほか、個別利害に直結する事項に係る案件、または調査の円滑な実施に影響が生ずるものとして、委員会において非公開とすることが適当であると認める案件

第 4 条 委員会の主査（以下単に「主査」という。）は、委員会の会議の議事録作成し、これを公表するものとする。

2 委員会が、前条の各号に掲げる事項について調査審議を行った場合は、主査が委員会の決定を経て当該部分の議事録非公表とすることができる。

第 5 条 主査は、必要があると認められたときは、学識経験者及び関係行政機関の職員を臨時に出席させることができる。

第 6 条 主査が必要と認めるときは、委員等は、Web 会議システム（映像と音声の送受信により会議に出席する委員等の中で同時かつ双方向に対話をすることができる会議システムをいう。以下同じ。）を利用して会議に出席することができる。

- 2 Web 会議システムを利用した委員の出席は、第2条の規定による出席に含めるものとする。
- 3 Web 会議システムの利用において、映像のみならず音声を送受信できなくなった場合、当該 Web 会議システムを利用して出席した委員等は、音声を送受信できなくなった時刻から会議を退席したものとみなす。
- 4 Web 会議システムの利用は、可能な限り静寂な個室その他これに類する環境で行わなければならない。
なお、第3条により会議が非公開で行われる場合は、委員等以外の者に Web 会議システムを利用させてはならない。

第7条 この規則に定めるもののほか、委員会の議事の手続その他委員会の運営に関し必要な事項は、主査が委員会に諮って定める。

深海探査システム委員会の設置趣旨について

1. 現状と課題

我が国は、四方を海に囲まれ、排他的経済水域（EEZ）の面積は世界で第6位であり、またその海域は多様性に富み、様々な面で国民の社会経済活動に深く関わっている。

昨年8月には、海洋開発分科会において、第4期海洋基本計画策定に向け、将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方について議論するとともに、気候変動問題、安全・安心な社会の構築、持続可能な海洋利用に向けた海洋生態系の理解といった社会課題への対応に向けた海洋科学技術の在り方や、海洋分野における総合知の創出や市民参加型の取組について議論し、提言を取りまとめたところ（「今後の海洋科学技術の在り方について（提言）～国連海洋科学の10年、関連する主な基本計画を踏まえ～」（令和4年8月30日科学技術・学術審議会海洋開発分科会決定））。

この提言において、海洋調査データは、海洋における様々な活動を支えるとともに社会課題への対応に不可欠なものである一方、陸域に比べ圧倒的に不足していることが指摘され、広くかつ深い海洋を包括的に理解するため、海洋調査データを格段に増やす必要があり、そのための海洋調査観測手法の確立と体制の構築が急務であるとされた。具体的には、従前の研究船等での有人調査観測・サンプリングやフロート、海底設置型観測機器、係留系観測機器、探査機¹等を用いた海洋調査観測の拡充を図るとともに、技術の改良・高度化（低コスト化等を含む）を進めることとされ、AUV、ROV及びASV等の海洋ロボティクス、並びに海底ケーブルの活用による新たな観測システムなどの研究開発を加速していくこととされている。

これらの中でも、アクセスの難しい深海の調査能力は、以下のような課題を抱えており、早急に取り組む必要がある。

- ✓ 我が国のEEZは水深4,000m以深の海域が約50%を占め、深海探査は科学的知見の充実の基盤であるとともに、総合的な海洋の安全保障上も極めて重要である。
- ✓ 深海の状態・現象を正確かつ深く理解するためには、音響によって高解像度地形データを取得する機能（AUV）やあらゆる海底に到達し、視認しながら海底生物や岩石等を的確に採取する機能、精密な操作性により深海現場で各種測定、実験、映像撮影を行う機能（ROV、HOV）などが必要となる。他方で、AUVやROVなどの無人探査機は、海外での技術の進展が著しく、大深度化や高性能化が進んでいるが、我が国ではAUVについては4,000m級、ROVについては4,500m級までの探査機しか保有しておらず、立ち遅れている。また、アジア・太平洋域では、

¹ ここでは、自立型無人探査機（AUV）、遠隔操作型無人探査機（ROV）、有人潜水調査船（HOV）を指す。

6,000m 以深へ到達できる探査機が特定の国に集中的に分布しており、他の海域に比べ、探査能力が脆弱な状況にある。

- ✓ 有人潜水調査船「しんかい 6500」は、無人機も含めて、現在我が国が所有する 6,000m 以深での調査・作業が可能な唯一の探査機であるが、完成から 30 年以上が経過し、メーカーの撤退により部品調達が困難となっており、老朽化により、近い将来、使用できなくなる懸念がある。加えて、支援母船「よこすか」も老朽化への対応が急務であるほか、設計思想が古いため、多様な海洋調査機器に対応できない、「しんかい 6500」の連続運用も困難であるなど、航海期間や人員の活用等の運用面の効率性に課題を抱えている²。

上記の状況を踏まえ³、我が国の深海域における調査・作業能力を維持・強化するため、AUV、ROV、HOV を中心とした深海探査機の研究開発及び整備に早急に取り組む必要がある。

2. 委員会の設置について

海洋開発分科会の下に、深海探査システム委員会を設置し、今後の深海探査システムの在り方について検討を行う。

【委員会の主な検討事項】

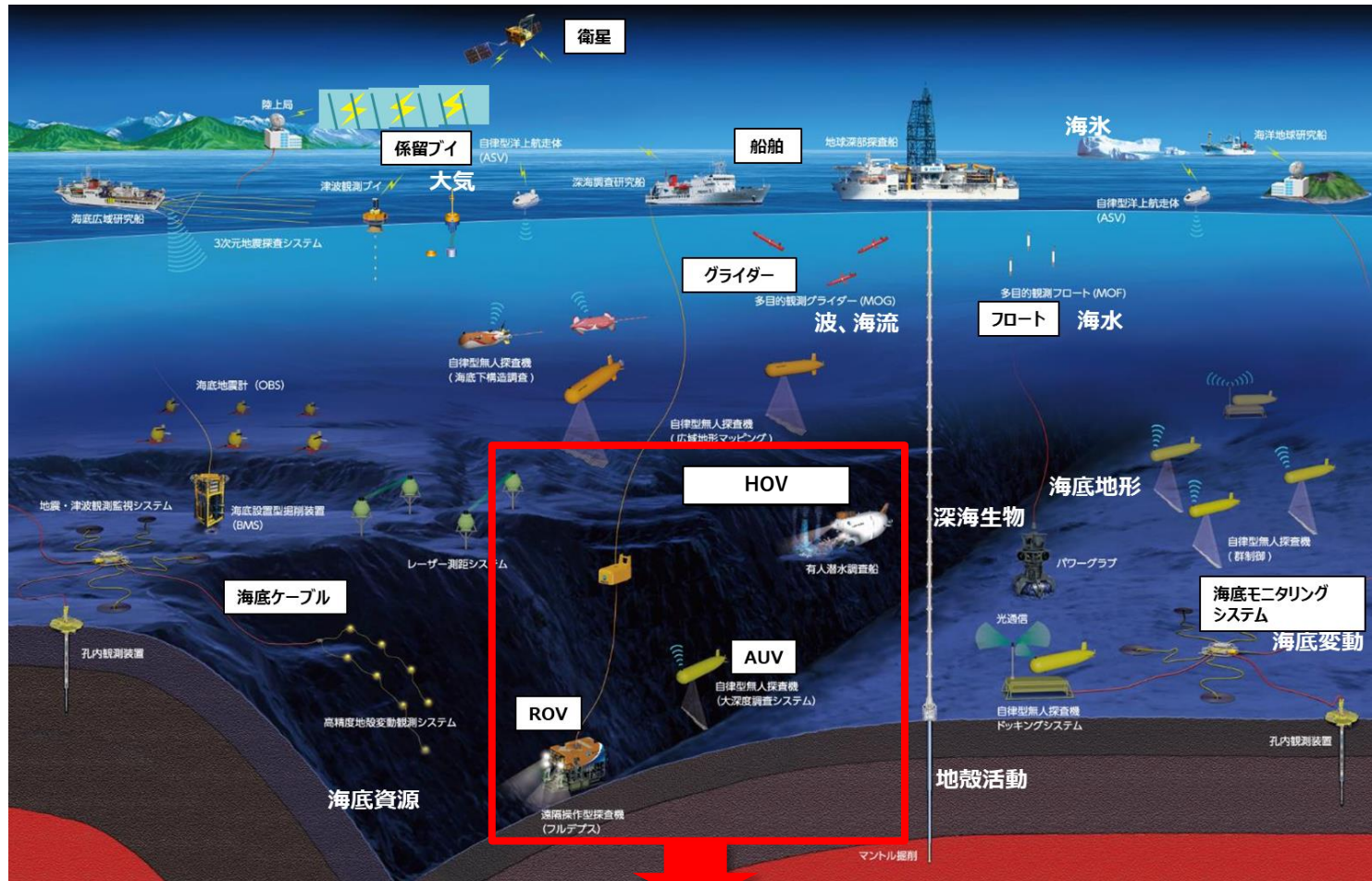
- (1) 探査機に求められるアカデミアの各分野（海洋生物・生態系分野、鉱物資源分野、地形・地質・地球物理分野等）の研究動向の調査、探査機に求められる作業能力や技術的課題の抽出
- (2) 国内外の探査機における技術動向の調査
- (3) 探査機を用いた我が国の今後の深海探査システムの在り方
- (4) その他人材育成、運用等に関する課題

² 本年 6 月に日本学術会議が開催した公開シンポジウム等でも議論がなされており、アカデミアからも強い危機感が示されている（日本学術会議公開シンポジウム「有人潜水調査船の未来を語る」<https://www.sci.go.jp/ja/event/2023/336-s-0617.html>）。

³ 当分科会においては、平成 28 年度に「次世代深海探査システム委員会」を設置し、今後の深海探査システムの在り方について提言を行っているが、本文に記載した通り、他国の動向や探査機の技術の進展等の状況が大きく変化しており、見直しが必要である。

深海探査システム委員会の設置趣旨について

昨年8月の海洋開発分科会にて取りまとめられた提言※において、沿岸域から外洋域、極域、また海面から深海、海底面・海底下まで、広くかつ深い海洋を包括的に理解するためには、海洋調査データを格段に増やす必要があり、そのためのフロート、海底設置型観測機器、係留系観測機器、探査機等を用いた海洋調査観測の拡充を図るとともに、技術の改良・高度化を進めることの重要性が指摘されている。
 (※令和4年8月30日科学技術・学術審議会海洋開発分科会決定)



我が国の深海探査における喫緊の課題

- ① 深海大国日本における深海探査の重要性
- ② AUVやROVの大深度化・高性能化の遅れ
- ③ 日本で最深度まで潜航できるHOVの老朽化

【参考】深海探査機 (AUV、ROV、HOV) が担う機能例



・音響によって微細地形データを取得する機能
 ⇒ **自律型無人探査機 (AUV)**




・あらゆる海底に到達し、視認しながら海底生物や岩石等を的確に採取する機能
 ・精密な操作性により深海現場で各種計測・実験を行う機能
 ⇒ **遠隔操作型無人探査機 (ROV)**
有人潜水調査船 (HOV)

我が国の深海探査における喫緊の課題

① 深海大国日本における深海探査の重要性

- ✓ 日本は、深度別のEEZ体積では深いほど順位が上がり、**5,000m以深は世界一**
- ✓ そのため、我が国の様々な課題（防災、地球環境変動、安全保障等）にも深海域が大きく関与

② AUVやROVの大深度化・高性能化の遅れ

- ✓ 近年、海外ではAUVやROVの技術が大幅に進展
- ✓ 一方、日本ではAUVは4,000m級、ROVは4,500m級
- ✓ また、アジア・太平洋域では、6,000m以深へ到達できる探査機が特定の国に集中的に分布しており、**他の海域に比べ、探査能力が弱い状況**

③ 日本で最深度まで潜航できるHOVの老朽化

- ✓ HOV「しんかい6500」は、無人機も含めて我が国が所有する**6,000m以深での調査・作業が可能な唯一の探査機**であるが、完成から30年以上が経過し、**老朽化により、近い将来、使用できなくなる懸念**
- ✓ 運用できなくなった場合、**我が国の深海探査能力は4,500mまで後退**

我が国の深海域における調査・作業能力を維持・強化するため、深海探査機(AUV・ROV・HOV)の研究開発及び整備に早急に取り組む必要。今後の深海探査システムの在り方について検討を行うため、**分科会の下に委員会を設置。**

深度別のEEZ体積ベスト5

| 順位 | ~ 1,000m | 1,000~ 2,000m | 2,000~ 3,000m | 3,000~ 4,000m | 4,000~ 5,000m | 5,000~ 6,000m | 6,000m~ |
|----|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| 1 | アメリカ | アメリカ | アメリカ | アメリカ | アメリカ | 日本 | 日本 |
| 2 | オーストラリア | オーストラリア | オーストラリア | キリバス | キリバス | アメリカ | トンガ |
| 3 | インドネシア | キリバス | キリバス | オーストラリア | 日本 | キリバス | ロシア |
| 4 | 日本 | 日本 | チリ | 日本 | オーストラリア | フィリピン | フィリピン |
| 5 | ニュージーランド | チリ | 日本 | チリ | マーシャル諸島 | マーシャル諸島 | ニュージーランド |

松沢孝俊(2005).「わが国の200海里水域の体積は？」Ocean Newsletter, 第123号, 海洋政策研究所 より

アメリカ

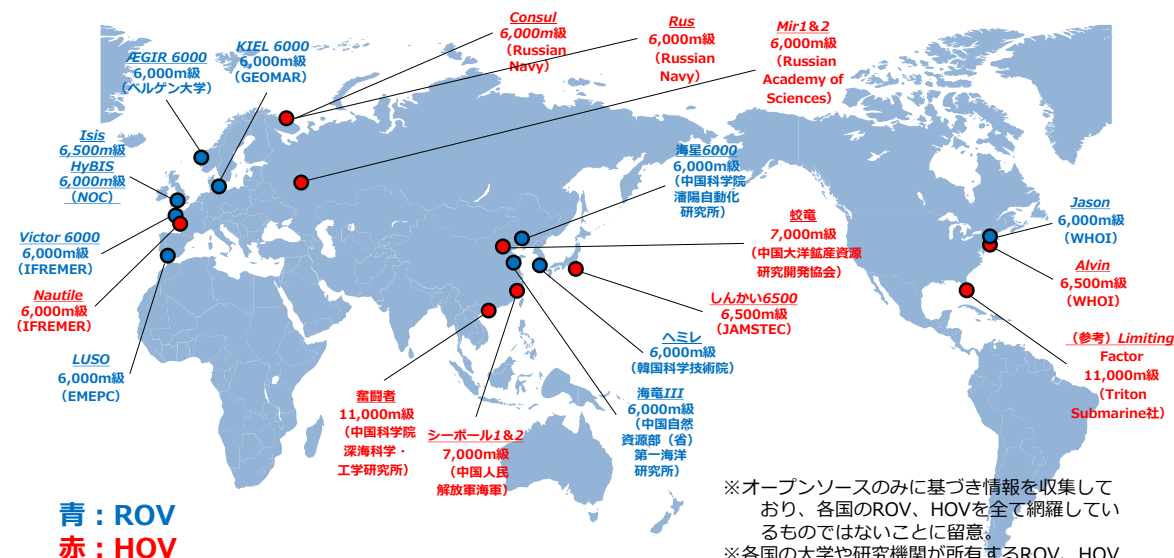
- ✓ AUV 6,000m級「REMUS6000」(米国企業製造)
- ✓ ROV 6,000m級「Jason」
- ✓ HOV 11,000m級「Limiting Factor」(米国企業製造)、6,500m級「Alvin」

中国

- ✓ AUV 11,000m級「悟空」、6,000m級「問海1号」
- ✓ ROV 6,000m級「海竜III」、同「海星6000」
- ✓ HOV 11,000m級「奮闘者」、7,000m級「蛟竜」、「シーポール1 & 2」

日本

- ✓ AUV 4,000m級「AUV-NEXT」(3,500m級「うらしま」を8,000m級へ開発中)
- ✓ ROV 4,500m級「かいこう」、「ハイパードルフィン」
- ✓ HOV 6,500m級「しんかい6500」



※オープンソースのみに基づき情報を収集しており、各国のROV、HOVを全て網羅しているものではないことに留意。
 ※各国の大学や研究機関が所有するROV、HOVのみを対象としており、民間企業が所有または製造するROV、HOVについてはプロットしていない。

「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年(2021年-2030年)」や「第6期科学技術・イノベーション基本計画」等を踏まえつつ、「次期(第4期)海洋基本計画(2023年～)」に向けた提言にもなるよう、幅広い視野で今後の海洋科学技術の在り方をとりまとめた。

1. 将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方

(1) 海洋調査データの取得について

- AUV、ROV、ASVや海底ケーブルによる新たな観測システム(分散型音響センシング等)の研究開発の加速、他分野技術の取り入れ
- 国際連携による持続的な観測体制構築。調査観測目的・ニーズ等の国内共通理解を醸成し戦略的・組織的に国際枠組み作りへ提案
- 北極域をはじめ観測の空白域のデータ収集強化。「北極域研究船」の着実な建造及び国際研究プラットフォームとしての運用並びに超深海や海氷下など、これまで観測・データ取得が難しかったエリアにおける海底地形・海底地質・地殻活動等の調査

(2) 海洋データの共有・収集・整理と他のデータとの連携について

- DIAS等のデータ連携・解析基盤の活用による海洋調査データの高付加価値化、海洋研究者とIT分野の専門家との連携によるプロダクト生成
- 国内各機関間で収集している海洋調査データの公開・共有の範囲について、その性質や用途等を踏まえた統一的な整理の実施
- 海中光通信や、小型衛星コンステレーション及びHAPS等を活用した先端的な情報通信技術の取り入れ、海洋分野のDX化の加速

2. 気候変動問題解決に資する海洋科学技術の在り方

- ESG活動等の産業界の取組も踏まえた我が国周辺海域の稠密かつ持続的な産学官観測体制の構築
- 地球温暖化の影響がもっとも顕著に現れている北極域や、近年、氷床融解が危惧されている南極域の観測の促進
- 気候変動対応策(緩和策・適応策)の実効性評価等に資するモデリング・シミュレーション研究の実施
- カーボンニュートラル達成に向けたブルーカーボンや海中CO₂回収技術などのネガティブエミッション技術開発の強化

**社会課題
への対応**

3. 安全・安心な社会の構築に資する海洋科学技術の在り方

- 地震・津波予測精度向上に向けた海底地形・海底地質・地下構造等の調査の促進、断層周辺の地殻活動のモニタリング
- 気象災害の予測・予防に向けた海水温等観測の精緻化、大気・海洋相互作用等のシミュレーション研究の推進
- 海底ケーブル・長期孔内観測装置等によるリアルタイム地震・津波観測網など、災害の即時・応急対策や復興に活用可能な研究の推進
- エネルギー資源や海底鉱物資源など、経済安全保障等にも貢献する海底資源の探査・確保等に必要な技術の開発・高度化

4. 持続可能な海洋利用に向けた海洋生態系の理解に資する海洋科学技術の在り方

- 海洋の生物多様性や海洋生態系の理解の深化に向けた海洋環境の異なる海域間をつなぐ複合生態系モデルの開発やデジタルツインの活用、環境DNA等の生命科学分野の新たな観測・分析手法の適用可能性検証と有効な取り入れ方の検討
- 持続可能な海洋利用に向けた海洋生態系データの収集・ビッグデータ化、機械学習などの活用による補完・分析技術の開発、海洋生物由来の有効機能の探索・活用(その他、地球全体の健全性指標としての海洋生態系の継続的なモニタリング)

5. 海洋分野における総合知の創出及び市民参加型の取組

- 海洋科学に携わる研究者(自然科学及び人文・社会科学)等を含む海に関わる多様な人々の対話と協働による総合知の創出
- 海洋分野の市民の研究参加(シチズンサイエンス)を持続的かつ自律的に広げていくための手法の体系化と継承

国内外の深海探査 システムの動向

2023年11月22日 第1回深海探査システム委員会
国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
理事 (研究開発担当) 河野 健

目次

- 深海探査システムを支える探査機（HOV・ROV・AUV）の整理
- 世界の主要国における深海探査機に関する動向
- 日本における深海探査機の研究開発の現状
- JAMSTECの深海探査機能／母船の変遷
- 今後の深海探査機の研究開発展望
- まとめ

HOV

Human Occupied
Vehicle
有人潜水調査船

人が搭乗し、機体の操作や観測を搭乗者が行う探査機。母船とは完全に切り離され、電池により駆動する。母船とは、音響無線通信を通じて連絡を取る。



例) しんかい6500

強み

- 母船とケーブルで接続されていないため、前後左右上下へ移動でき機動性が高い。
- マニピュレータなどにより、海底面での軽作業*やサンプリングが可能。
- 操作と機体動作の処理遅延が小さく、操作性が良い。
- 深海現場での直接観察により、空間認識や瞬時の状況判断に優れた探査が可能。

弱み

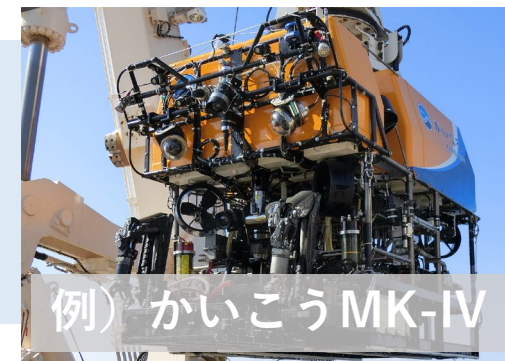
- 母船との通信速度/容量が低いため、母船とのリアルタイム通信や船上研究者への情報が制限。
- バッテリーや酸素量の制約により稼働時間に制限。
- 有人のため、安全性を重視。製造・運航などのコストが割高。

*本資料では、カメラ、ライト、ソーナー（搭載しない場合もある）程度の装備のみで対応可能な範囲の作業に加え、プッシュコア、ニスキン採水器、少量のスラップガンなどによるやや高度な作業も含めて「軽作業」と称する。

ROV

Remotely Operated
Vehicle
遠隔操作型無人探査機

母船とケーブルで接続され、ケーブルを通じて電力供給や母船との通信を行う探査機。機体の操作は、オペレーターによって船上から実施される。



本プレゼンで扱うROVの中には、UROV（Untethered Remotely Operated Vehicle：細径ケーブル式遠隔操作型無人探査機）は含めていない。UROVは、細径ケーブルを用いた光ファイバ通信を行う電池駆動の探査機で、ケーブルの重量が軽くサイズも小さいため、軽作業を得意としている。

強み

- 母船からケーブルを通じた電力供給などにより、**長時間探査**が可能。
- 大型装置の搭載や、**重作業***や**サンプリング**が可能。
- 光ファイバーなどを通じて**映像やデータが高速・大容量・リアルタイムで母船に転送**。

弱み

- ケーブルの取り回しや絡まりなどの制約から、探査可能な範囲が狭い。
- 大深度化に伴いケーブルの自重が重くなるため、母船やケーブルへの負荷が増大。
- カメラを通じた観察のため、空間認識や瞬時の判断ではHOVに劣る。

*本資料では、海底ケーブルの敷設や重量物の運搬などを「重作業」と称する。

AUV

Autonomous Underwater
Vehicle
自律型無人探査機

あらかじめプログラミングされたシナリオに基づいて観測する探査機。母船とは完全に切り離され、電池により駆動する。母船とは、音響無線通信を通じて連絡を取り、母船から観測シナリオの変更を指示することも可能。



強み

- 設定プログラムに基づき、**母船から独立した航行**が可能。
- 航行型は航行速度が大きく、海底地形データなどを**広範囲に取得**することが可能。
- ホバリング型は回転・上下運動に優れ、**定点を保持（静止）したままの観察・観測**が可能。

弱み




- 航行型は、衝突回避など安全上の観点から海底面付近に接近しにくい（※）。
- 母船との通信速度/容量が低く、揚収後に船上でデータ抽出・解析する必要。目で見ながらの情報取得は困難。
- バッテリーの制約により稼働時間に制限。

（※）海底面付近に接近しての画像取得が可能な航行型も存在。

深海探査機 (HOV・ROV・AUV) の整理

表. 深海探査機の得意・不得意項目

◎ : 最適
 ○ : 適する
 △ : 活用しにくい/不適

| 評価項目 | HOV  | ROV  | AUV  | 活用例 |
|------------------------|--|---|---|--|
| 最大潜航可能深度 | 約11,000m (中国「奮闘者」/ アメリカ「Limiting Factor」) | 約7,000m (ノルウェー「Argus Worker」) ※2003年まで11,000m級が存在 | 約11,000m (ロシア「VityazD」/ 中国「悟空」) | |
| 海底面付近の観察・観測 | ◎ | ○ | ○ (※基本的にホバリング型の場合) | 生物調査・CCS・ 海洋インフラ管理・ 救難調査 |
| 広範囲の観察・観測 | △ | △ | ◎ (※基本的に航行型の場合) | 海底地形/地質調査・ 海洋安全保障・ 海底資源開発・ 環境モニタリング・ CCS |
| 観測装置等の設置・ 展開/メンテナンス | ○ | ◎ | △ | 海底地震/火山調査・ 洋上風力発電・ 海底資源開発 |
| ピンポイント サンプリング | ◎ | ○ | △ | 生物調査・ 海底資源開発・ 救難調査 |

世界の主要国における深海探査機に関する動向



図. 各国の主要な6,000m級以上のROV、HOVの現状

※第70回海洋開発分科会資料を一部、改変

- 深海探査機能で世界をリードする3エリア（西ヨーロッパ・東アジア・北アメリカ）及びオセアニアの主要国（※）について、**深海探査機の研究開発動向を調査し、日本が今後の深海探査機について検討すべき事項を考察。**

※ロシアについては最新情報を掴みにくいため、調査対象国には含めていない。

※動向調査対象国



- 北アメリカ
 - ・アメリカ
 - ・カナダ
- 西ヨーロッパ
 - ・イギリス
 - ・フランス
 - ・ドイツ
 - ・ノルウェー
- 東アジア
 - ・中国
 - ・韓国
- オセアニア
 - ・オーストラリア
 - ・ニュージーランド

世界の主要国における深海探査機に関する動向

(機関名の略称)

- ・ WHOI : ウッズホール海洋研究所
- ・ MBARI : モントレー湾水族館研究所

北アメリカ



| | アメリカ  | カナダ  |
|------------|--|---|
| HOV | <p><公的機関> 2011~2021年にかけて海軍が唯一所有する大深度HOV (※運用はWHOI) の大改造を実施。耐圧殻の大型化や覗き窓の増設、潜航可能深度も4,500mから6,500mに飛躍した。</p> <p><民間企業> 2018年にTriton Submarines社がフルデプス級HOVを建造 (2022年に海洋調査組織に売却) 。個人投資家等の出資を基にした商用面での利用も盛んで、4,000m級も市販。一方で、2023年に民間企業が運用する4,000m級HOVが圧壊する事故が発生。</p> | <p>所有・今後の建造情報なし</p> |
| ROV | <p><公的機関> 2016年、WHOIが2002年から運用する6,000m級ROVの改造を実施。パイロードも数百kg増加。その他、同機関は海氷下で運用可能な5,000m級ROV、またMBARIも4,000m級ROVを所有。</p> <p><民間企業> 民間企業のラインナップも充実しており、6,000m級ROVを市販する企業も存在。大学などでも、民間企業製の市販ROVが使用されたりしている。</p> | |
| AUV | <p><公的機関> WHOIは、開発した11,000m級HROV (AUVとROV両モードでの運用が可能) が2014年に圧壊する事故が発生したものの、現在も6,000m級AUVやロングレンジ型 (長時間航行型) AUVを運用。海軍の計画では高い自律機能やロングレンジが重視されており、また、MBARIでもロングレンジ型AUVの研究開発が推進。</p> <p><民間企業> 研究機関や大学から技術移転を受けた民間企業が汎用性の高いAUVを市販 (REMUS (最大潜航可能深度6,000m) ・ Bluefin (最大潜航可能深度4,500m) シリーズ) 。</p> | <p><公的機関> 公立大学はアメリカの民間企業製の6,000m級ROVを所有しているものの、公的機関で目立った大深度ROVの運用事例はない。</p> <p><民間企業> International Submarine Engineering (ISE) 社が6,000m級ROVを市販 (民間企業がアメリカの民間企業製の6,000m級ROVを運用した事例もある) 。また、浅海用ROVについても複数の民間企業が市販するなど、民間企業の技術力は高い。</p> |

※情報はオープンソースに基づき収集したものであり、全ての動向を網羅しているものではないことに留意されたい。

(機関名の略称)

・NOC：国立海洋学センター

・Ifremer：フランス国立海洋開発研究所

| | イギリス  | フランス  |
|-----|---|---|
| HOV | 所有・今後の建造情報なし | <p><公的機関> Ifremerは国内で唯一となる6,000m級HOVを1984年から運用中。</p> |
| ROV | <p><公的機関> NOCは、<u>公的機関としては世界で最も深くにアクセスできる6,500m級ROVを運用</u>（同機関は6,000m級ROVも所有している）。</p> <p><民間企業> Soil Machine Dynamic社が<u>6,000m級ROVを市販</u>。民間企業の技術力も高い。</p> | <p><公的機関> Ifremerは、<u>6,000m級ROVと2,500m級ROVを所有</u>。前者に限られた母船でしか運用できないという問題があったことから、<u>後者は異なる母船でも運用できるよう、汎用性の高い設計</u>となっている。</p> <p><民間企業> <u>複数の民間企業が浅海用ROVを市販</u>。</p> |
| AUV | <p><公的機関> NOCは開発の方向性を<u>ロングレンジ型に絞っており、ロングレンジ型6,000m級AUVなどを開発</u>。また、スタートアップ企業などと<u>ロボティクスに関する「共創の場」を構築</u>。一方で、<u>海軍はREMUSシリーズを購入、運用している</u>。</p> <p><民間企業> 世界最大の発電量を誇る<u>洋上風力発電設備のメンテナンスや安全保障を主目的とした、高いAUV需要</u>が見込まれている。スタートアップ企業では地震計型などユニークなAUV開発も盛ん。</p> | <p><公的機関> Ifremerは、<u>3,000m級AUV2機（カナダの民間企業ISE社製）を運用</u>。2017年、大深度域へのAUVのアクセス機能を向上させるため、Ifremerが主導する5年間の計画を発表。計画の中には、「<u>6,000m級国産AUVの建造</u>」や「<u>水中ロボティクス研究所の設置</u>」などが含まれている。</p> |

(機関名の略称)

- ・ GEOMAR : ヘルムホルツ海洋研究センター
- ・ AWI : アルフレッド・ウェゲナー研究所

ドイツ 

ノルウェー 

HOV

所有・今後の建造情報なし

所有・今後の建造情報なし

ROV

<公的機関> GEOMARは6,000m級ROVを運用しており、また、公立大学でも4,000m級ROVと2,000m級ROVを運用。AWIは6,000m級ROVを2機運用しており、これらはドイツ国内の機関・民間企業から構成される、フロンティア領域の探査技術を向上させるための連携協定を通じて開発された。

<公的機関> 公立大学が6,000m級ROVを所有しているものの、公的機関で大深度ROVの目立った運用事例はない。

<民間企業> Argus社は、現状、世界で最も深くにアクセスできる7,000m級ROVを市販。また、浅海用ROVについては複数の民間企業が市販するなど、民間企業の技術力は高い。



AUV



<公的機関> GEOMARは6,000m級AUV (REMUSシリーズ) を運用。また、同機関は6,000m級国産AUVを建造する計画も立てている。AWIでも3,000m級AUVと浅海用AUVが運用されているが、いずれもBluefinシリーズである。なお、公立大学でも5,000m級AUVが運用されている。

<民間企業> 2021年、Huginシリーズを製造するKongsberg Maritime社は、ロングレンジ型6,000m級Huginの販売を開始。また、Oil & Gasの資金源を基に、パイプラインメンテナンス用ウミヘビ型AUVなどのユニークな研究開発を推進するスタートアップ企業も振興。

(機関名の略称)

- ・ KIOST : 韓国海洋科学技術院
- ・ KIGAM : 韓国地質調査研究所

| | 中国  | 韓国  |
|------------|--|---|
| HOV | <p><公的機関> 2020年、中国科学院のHOVが約11,000mの海底に到達。既に「到達」から本HOVを活用した「調査」のフェーズに移行しており、海底地形の観測やサンプリングなども実施。公的機関は、この11,000m級に加え、7,000m級のHOVを複数機、4,000m級のHOVを1機所有している。</p> | <p>所有・今後の建造情報なし</p> |
| ROV | <p><公的機関> 2018年、中国科学院の海洋先導特別プロジェクトの支援を受けて瀋陽自動化研究所が開発した6,000m級ROVが、最大作業水深6,000mを突破し、国産ROVの新記録を樹立。また、上海交通大学でも6,000m級ROVが開発されており、国内で2機の国産6,000m級ROVを所有している。11,000m級ROVの研究開発に着手しているとの報道もなされている。</p> | |
| AUV | <p><公的機関> 2035年を視野に、「大深度化」、「高い自律機能」、「有人・無人/大型・小型」全てが共同するオペレーション」という3つの方向性で研究開発を推進。2021年、哈爾濱工程大学が開発したAUVが深度10,896mに到達したとの報道がなされた。</p> | <p><公的機関> 2007年、KIOSTは6,000m級ROVを開発したものの、予算的な制約が強く、運用機会が非常に少ない状況。その後、同機関が新たな6,000m級ROVの開発に着手したとの報道もなされたが、進捗は不明。KIGAMや海軍は3,000m以浅級ROVを運用中。</p> <p><民間企業> Daewoo Heavy Industries社が6,000m級AUVを市販するなど、民間企業の技術力も高い。</p> |

| | オーストラリア  | ニュージーランド  |
|-----|--|--|
| HOV | 所有・今後の建造情報なし | 所有・今後の建造情報なし |
| ROV | <p><民間企業> <u>Total Marine Technology社が6,000m級ROVを市販、また、浅海用ROVについても複数の民間企業が市販するなど、民間企業の技術力は高い。</u></p> | <p><公的機関> <u>公的機関、大学では目立った研究開発は実施されていない。</u> NIWAでは、市販の浅海用ROVをバイオセキュリティ分野などで使用している。</p> <p><民間企業> <u>3,000m級ROVを所有・運用する民間企業や、浅海用ROVを市販する民間企業などが存在。</u></p> |
| AUV | <p><公的機関> 大学を中心としたコンソーシアムにおいて、<u>浅海用AUV (※WHOI製造後、改造) を使用し、サンゴ礁などの定期的な広域モニタリングを実施。</u> 公立大学がカナダの民間企業ISE社と共同で海氷下観測用の5,000m級AUVを開発、また海軍も6,000m級大型AUVの将来的な開発を目指して民間企業と大型契約を締結するなど、<u>大深度用AUVを開発する流れも加速。</u></p> | <p><公的機関> 目立った研究開発は実施されていない。<u>NIWAは他国から融資を受けた3,000m級AUVを使用</u>して地震発生帯の調査を実施しており、また、<u>海軍もREMUSシリーズを購入、運用</u>している。</p> |

HOV (まとめ)

- 動向調査対象国の中でも、大深度HOVの所有国は非常に限定的（対象国以外ではロシアが6,000m級を3機、ポルトガルとスペインが1,000m級をそれぞれ1機ずつ所有）。
- 西ヨーロッパの大深度HOVは「Nautile」のみだが、これは、西ヨーロッパは無人> 有人という傾向を示しているわけではなく、主要国の研究の方向性の違いに起因（※）していると思料。一方、アメリカは、廃船も含めた長い検討の末、HOVを6,500m級へと改造し運用を始めており、当面は大深度HOVの運用を継続する見込み。
- 中国は11,000m級に加えて7,000m級も複数機所有しており、1強状態である。
- 開発資金や安全面などの制約や、（科学調査・学術研究を除いて）ニーズも少なく、製品化の事例は極めて少ない。

(※) イギリスは、深海平原など海底を面的にランダムでサンプリングして研究するタイプの研究者が多い傾向にあり、また、ドイツは、極域をはじめとする一般海洋観測などが盛んで、両国ともにHOVを求めるサイエンスは広く実施されていない。一方で、西ヨーロッパで大深度HOVを唯一所有するフランスは、中央海嶺生態系のピンポイント研究が盛んであり、HOVを求めるサイエンスが普及している。

世界の主要国における深海探査機に関する動向

- 1960～1970年代はアメリカやフランスがフルデプス級HOVを開発。
- 1980年代以降は、中国を除き、各国6,000m級HOVを維持する方向性。
- 7,000m以深級HOVは約30年間開発されていなかったが、2010年頃から中国が開発する動き（HOV初建造から短期間で11,000m級へ）。

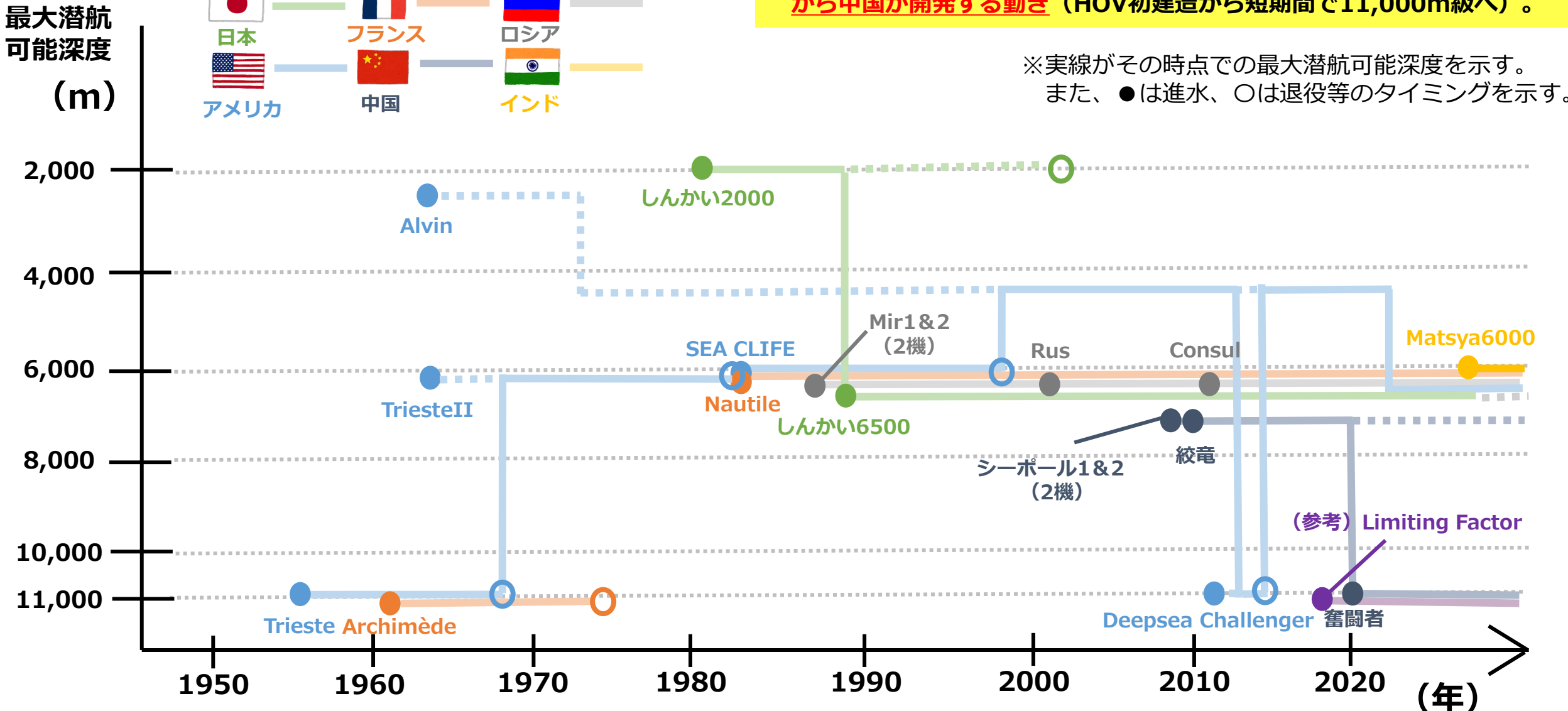


図. 動向調査対象国及び、ロシア、インドの公的機関が所有（または予定）するHOVの最大潜航可能深度の変遷

ROV (まとめ)

- カナダ、オーストラリア、ニュージーランドを除く動向調査対象国の公的機関は6,000m級を所有（カナダも公立大学が6,000m級を所有）。
- 民間企業が6,000m級を市販している事例が多数。ノルウェーの民間企業Argus社は、現状、世界で最も深くにアクセスできる7,000m級ROVも製造しており、浅海用～深海用に至るまで民間企業の製品が充実している。
- 一方、7,000mより深くにアクセスできるROVは民間企業を含めて製品化されていない（※JAMSTECでは1995～2003年まで11,000m級ROV「かいこう」が運用されていた）。ニーズや技術開発上の制約などが原因と考えられる。

AUV (まとめ)

- 世界のトレンドは、ロングレンジ型（充電せずいかに長時間航行できるのか、を重視）。また、アメリカや中国などの開発先進国は、安全保障面などへの展開も意識し、高い自律機能も重要視。
- 航行型AUVについては、6,000m級に至るまで、アメリカ、ノルウェー、カナダなどの特定の民間企業が寡占状態。一方で、フランス、韓国などは国産AUVを開発する計画も立案中であり、その背景には安全保障面などに対する懸念などがあると考えられる。

日本における深海探査の研究開発の現状

限られた保有国の1つには入っており、大深度HOVの耐圧殻技術は世界でも高い水準。今後の方針について、本委員会で改めて検討が必要。

HOV



世界の主要国から大きく後れている。HOVの救難用も存在しない。今後の方針について、本委員会で改めて検討が必要。

ROV



世界の主要国から大きく後れている。「AUV戦略」の策定に向け検討中。

AUV



● **唯一の大深度HOV**である「しんかい6500」は、就航から30年以上が経過。**老朽化・陳腐化によって近い将来、使用できなくなる懸念**がある。

● 「しんかい6500」そのものに加え、**支援母船「よこすか」の老朽化**も進行している。

● 「しんかい6500」の耐圧殻そのものは、**アメリカや中国の基準で換算すれば8,000m級**となり、**世界の中でも高い水準**にある。

● 1995年にJAMSTECが開発したフルデプス級の「かいこう」など、**かつては世界トップクラスの技術力を誇っていた**。

● **公的機関に加え**、海洋調査を主たる業務とする**民間企業も、作業能力を有する3,000m級ROVを複数機所有**している。

● **大深度ROVを製造する民間企業は存在せず、部品を含め、基本的に海外から購入**している。一方、**浅海域の観測用ROVを製造するスタートアップ企業は存在**。

日本唯一の大深度HOV



潜航可能深度
6,500m

しんかい6500 (JAMSTEC)

日本で最も深くまでアクセスできる作業能力を有したROV
潜航可能深度
4,500m



かいこうMk-IV (JAMSTEC)



ハイパードルフィン (JAMSTEC)

日本で最も深くまでアクセスできるAUV

潜航可能深度
6,000m



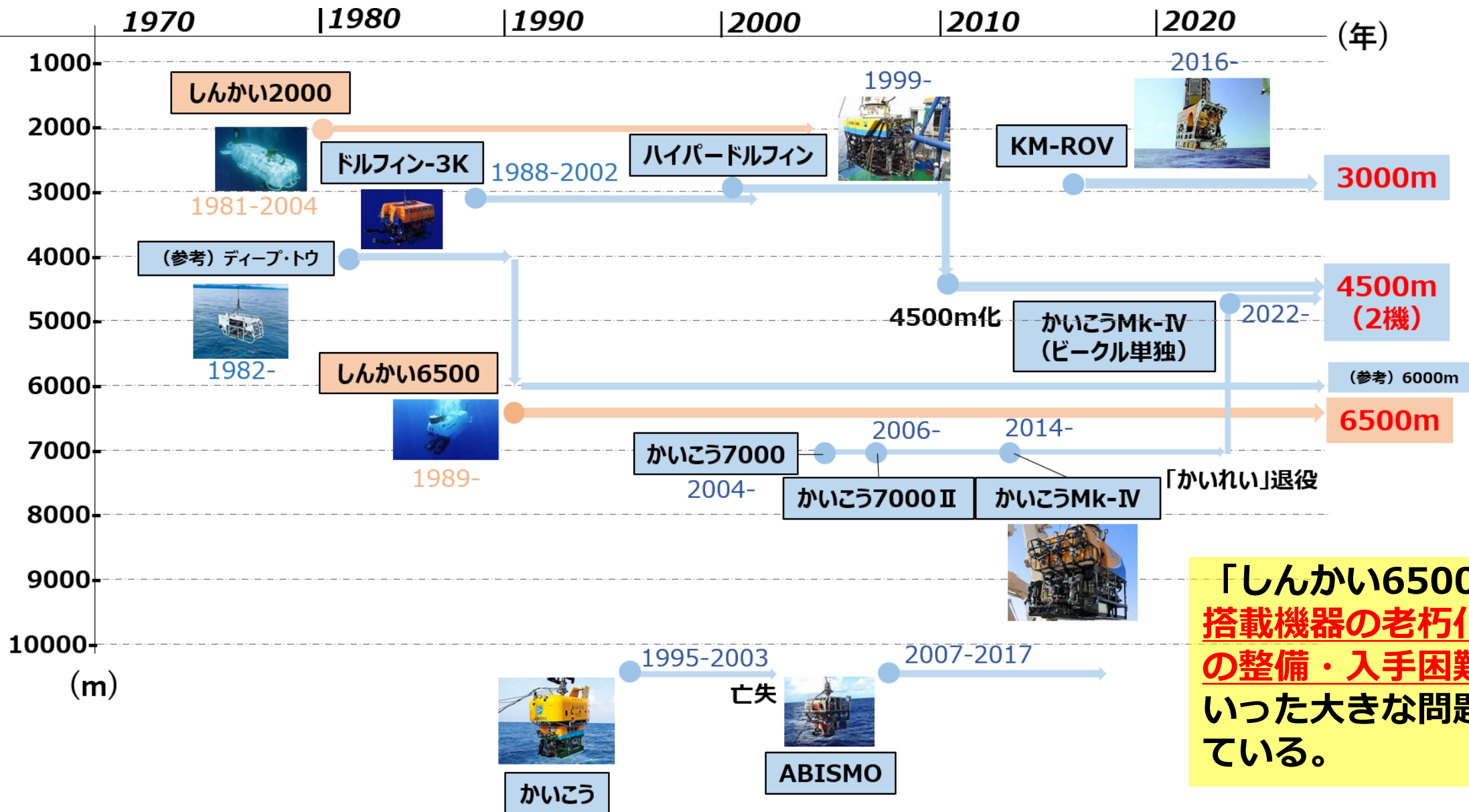
NGR6000 (SIP)



うらしま (JAMSTEC)

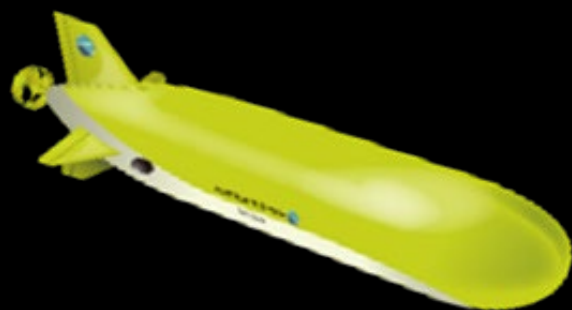
※2024年度に6,500m級、2025年度に8,000m級での初潜航を目指して改造中

JAMSTECの深海探査機能の変遷 HOV/ROV



「しんかい6500」は、**搭載機器の老朽化、部品の整備・入手困難性**といった大きな問題を抱えている。

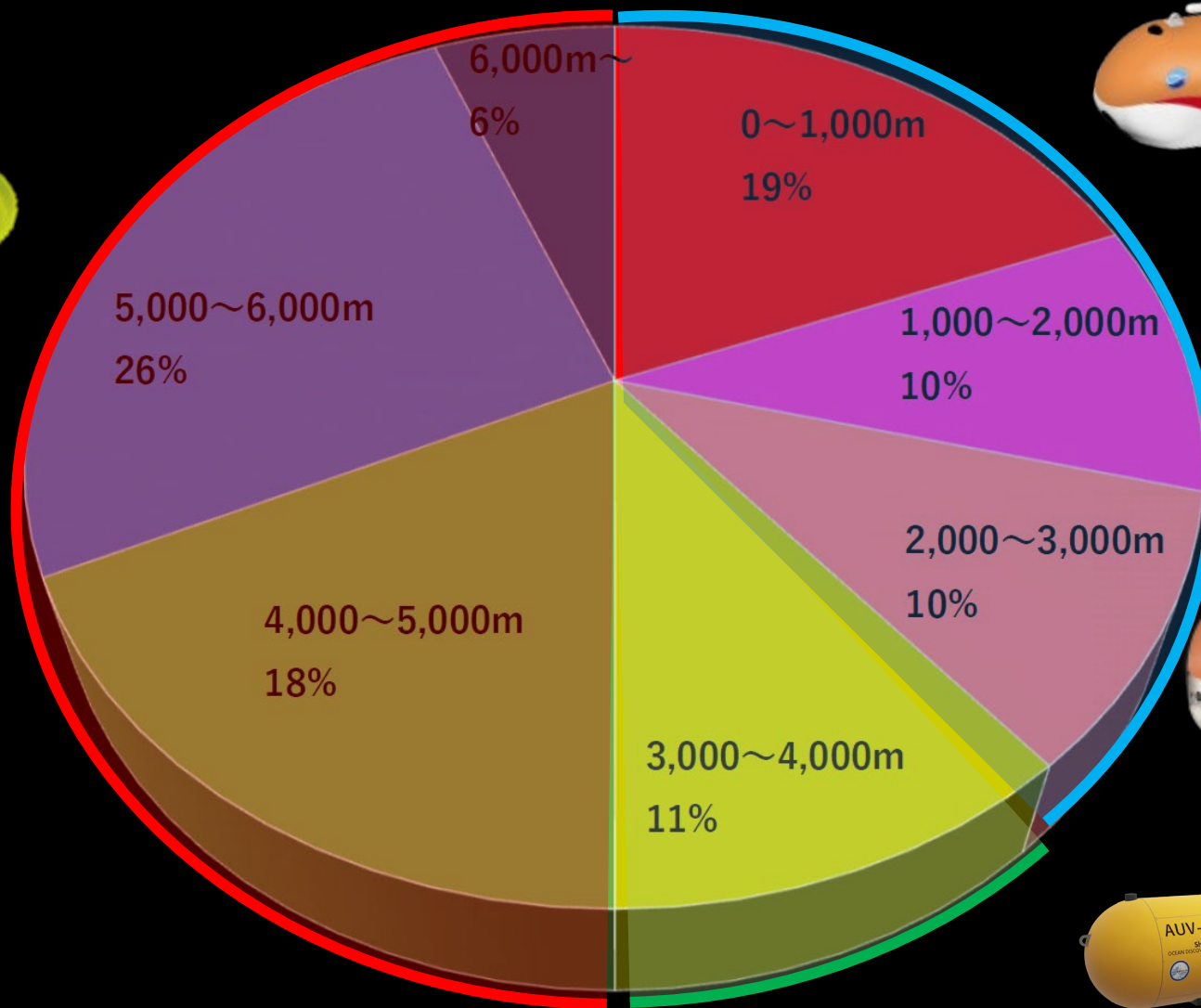
JAMSTECの深海探査機能の変遷 AUV



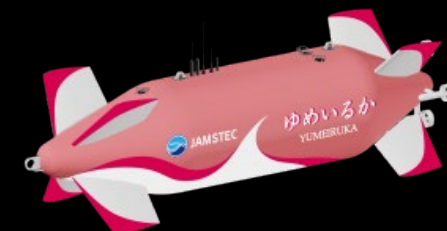
「うらしま」8,000m
(※改造中)



「NGR6000」6,000m



「じんべい」3,000m



「ゆめいるか」3,000m



「うらしま」3,500m



「AUV-NEXT」4,000m

日本の海洋における深度別占有面積の割合

探査に必要なJAMSTECの母船の変遷



よこすか (1990~)

HOV「しんかい6500」とAUV「うらしま」の母船

建造から35年が経過し老朽化が進んでおり、「しんかい6500」を潜航させるために必須である機器をはじめとして、以下のような問題を抱えている。

● 船体構造

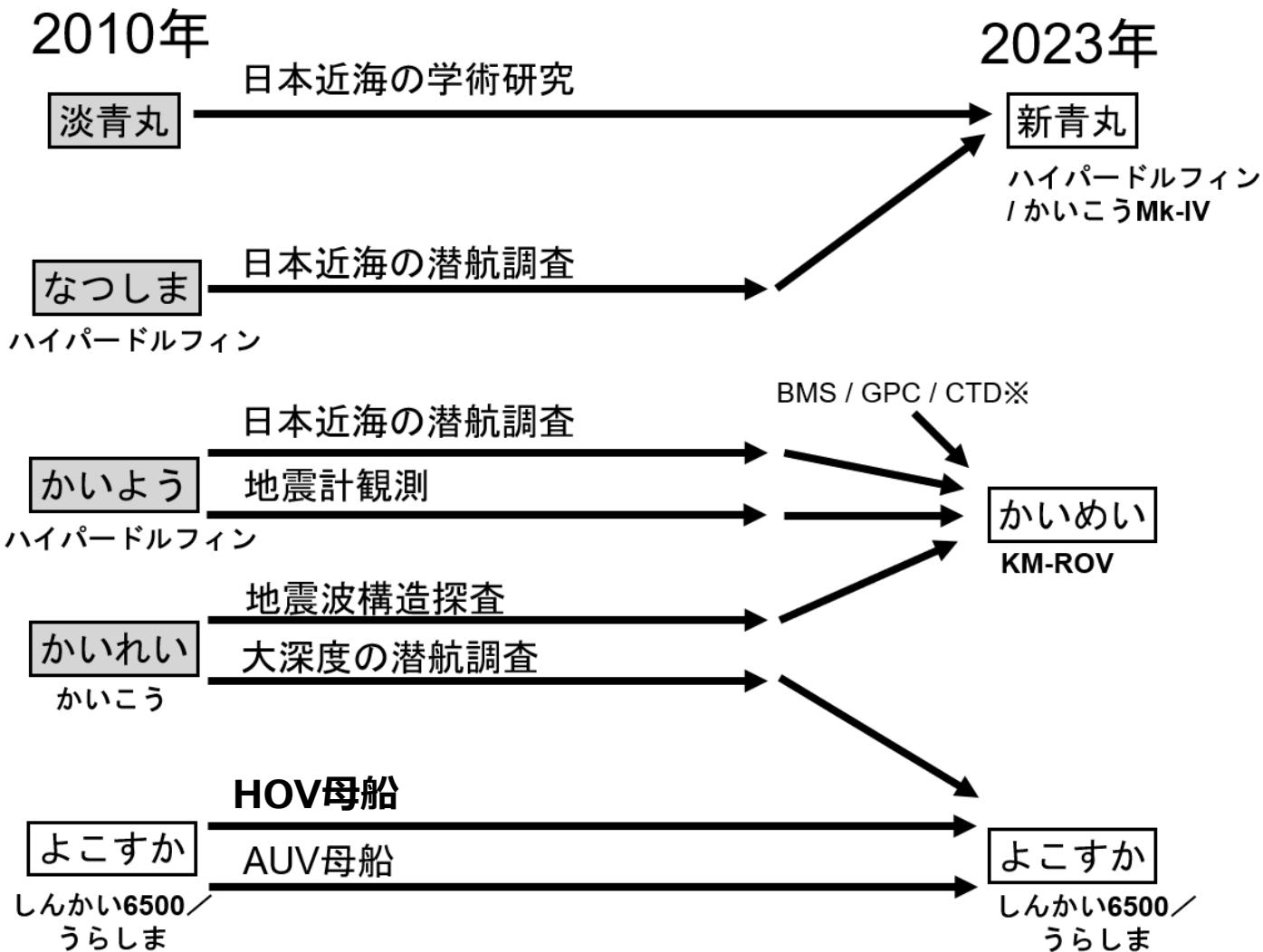
- ・船底外板の減肉
- ・各種ダクト及び配管類の破孔発生

● HOV潜航支援装置の劣化

- ・着水揚収装置の発錆等に伴う劣化
- ・着水揚収装置類の作動に必要な油圧機器や制御盤類の陳腐化
- ・音響航法装置の老朽化

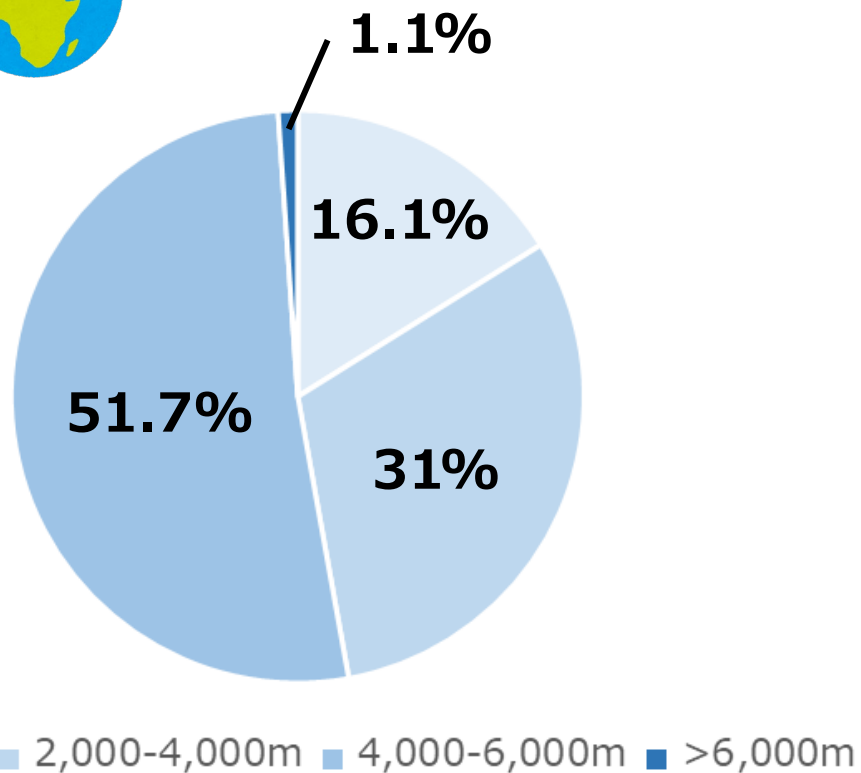


上記と共に、各機器に使用されている交換部品類のメーカーによる生産中止などサポート体制に懸念有。



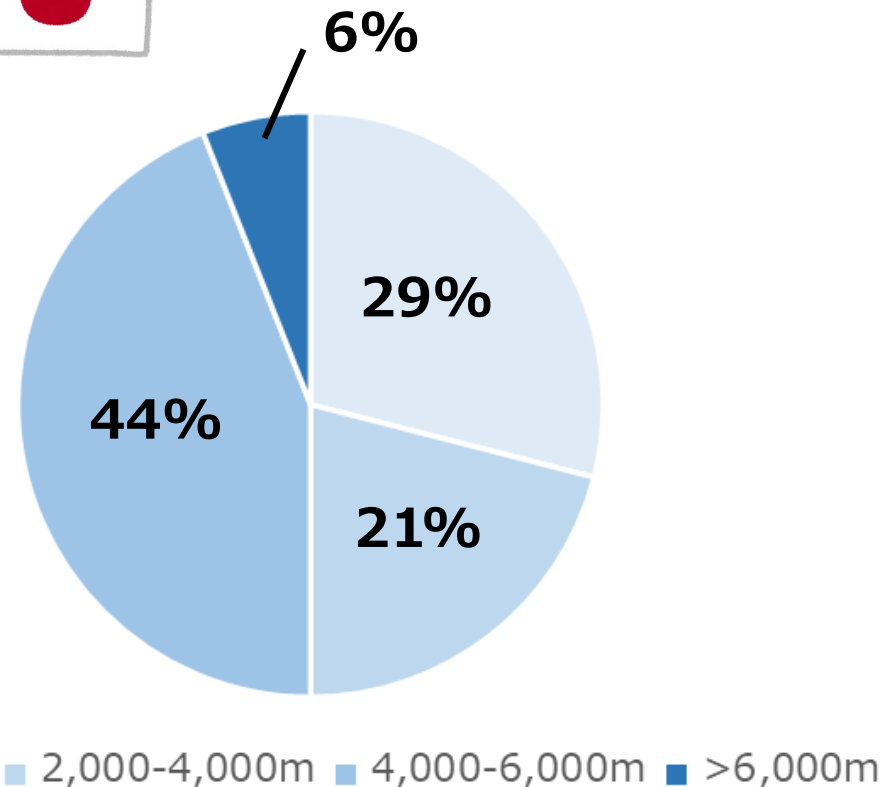
※BMS : Benthic Multicoring System (海底設置型掘削装置)
 GPC : Giant Piston Corer (ジャイアントピストンコアラー)
 CTD : Conductivity Temperature Depth profiler (水温・塩分・深度プロファイラー)

世界



Eakins & Sharman (2012) に基づき作成
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.873700/full>

日本



松沢孝俊(2005).「わが国の200海里水域の体積は？」 Ocean Newsletter, 第123号, 海洋政策研究所に基づき作成

図. 世界、及び日本の海洋における深度別占有面積の割合

今後の深海探査機の研究開発展望

HOV 同じ分野でもサンプリングや海中構造物の設置等、作業ができる点に強み

ROV 同じ分野でも広範囲のデータ取得ができる点に強み

AUV 同じ分野でも広範囲のデータ取得ができる点に強み

| | 民生分野 | | | 学術調査・研究分野等 | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|
| | HOV | ROV | AUV | HOV | ROV | AUV |
| 0m | <ul style="list-style-type: none"> 観光 | <ul style="list-style-type: none"> 洋上風力 CCS 海洋資源開発 海洋インフラ管理 水産業 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海洋安全保障 洋上風力 CCS 海洋資源開発 海洋インフラ管理 水産業 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海洋安全保障 (潜水艦) 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 海中遺跡調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 海中遺跡調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 海中遺跡調査 |
| 浅 | | | | | | |
| 2,000m | <ul style="list-style-type: none"> 観光 | <ul style="list-style-type: none"> 洋上風力 CCS 海洋資源開発 海洋インフラ管理 水産業 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海洋安全保障 洋上風力 CCS 海洋資源開発 海洋インフラ管理 (※海底ケーブル) 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 |
| 中 | | | | | | |
| 4,000m | <ul style="list-style-type: none"> 観光 | <ul style="list-style-type: none"> 洋上風力 CCS 海洋資源開発 海洋インフラ管理 (※海底ケーブル) 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海洋資源開発 海洋インフラ管理 (※海底ケーブル) 海難調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 |
| 深 | | | | | | |
| 6,000m | <ul style="list-style-type: none"> 観光 | | <ul style="list-style-type: none"> 海洋インフラ管理 (※海底ケーブル) | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 | | <ul style="list-style-type: none"> 海域地震・火山 海底地形・地質調査 環境モニタリング 生物調査 |

図. HOV・ROV・AUVの活用が期待される主な分野

「総合的な深海探査システム」のイメージ



まとめ

- 日本の深海探査機の現状は、HOV、ROV、AUVいずれについても世界を大きくリードするものではない。AUVについては産業化なども見据えた国の戦略を2023年中に策定予定だが、HOV、ROVについては放置すればどんどん後れていく懸念がある状態。
- 海外の研究開発動向なども踏まえ、産業、科学技術、経済安全保障などさまざまな側面から今後どのような深海探査機能を持つべきか、また、それを実現するためにどのような深海探査システムを保有すべきかを議論すべき。
- 既に寡占が進んでいるような開発については、他国を追従してしまうと、学術調査・研究分野等で需要のある先端的な要素技術は後れ、廃れていってしまう。深海探査機を用いた調査研究のニーズを踏まえ、大きなビジョンを示した上で、必要となる要素技術等について検討を進めるべき。
- HOV、ROV、AUV単体による深海調査ではなく、それぞれを組み合わせた深海調査のビジョンを作ることが重要。

參考資料

世界と比較した日本の海洋の特徴

| 順位 | 200海里面積 (百万km ²) | | 200海里体積 (百万km ³) | |
|----|------------------------------|-------|------------------------------|------|
| 1 | アメリカ | 10.7 | アメリカ | 33.8 |
| 2 | ロシア | 8.03 | オーストラリア | 18.2 |
| 3 | オーストラリア | 7.87 | キリバス | 16.4 |
| 4 | インドネシア | 6.08 | 日本 | 15.8 |
| 5 | カナダ | 5.8 | インドネシア | 12.7 |
| 6 | 日本 | 4.46 | チリ | 12.5 |
| 7 | ニュージーランド | 4.4 | ミクロネシア | 11.7 |
| 8 | ブラジル | 3.638 | ニュージーランド | 11.4 |
| 9 | チリ | 3.635 | フィリピン | 10.7 |
| 10 | キリバス | 3.43 | ブラジル | 10.5 |

図. 世界の200海里水域面積と体積ベスト10

| 順位 | ~ 1,000m | 1,000~ 2,000m | 2,000~ 3,000m | 3,000~ 4,000m | 4,000~ 5,000m | 5,000~ 6,000m | 6,000m~ |
|----|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| 1 | アメリカ | アメリカ | アメリカ | アメリカ | アメリカ | 日本 | 日本 |
| 2 | オーストラリア | オーストラリア | オーストラリア | キリバス | キリバス | アメリカ | トンガ |
| 3 | インドネシア | キリバス | キリバス | オーストラリア | 日本 | キリバス | ロシア |
| 4 | 日本 | 日本 | チリ | 日本 | オーストラリア | フィリピン | フィリピン |
| 5 | ニュージーランド | チリ | 日本 | チリ | マーシャル諸島 | マーシャル諸島 | ニュージーランド |

第70回海洋開発分科会資料より抜粋

図. 世界の200海里水域における深度別海水体積ベスト5

松沢孝俊(2005).「わが国の200海里水域の体積は？」 Ocean Newsletter, 第123号, 海洋政策研究所 より



世界と比較した日本の海洋の特徴

- 日本の200海里水域の面積は世界第6位であるが、体積では世界第4位に位置し、**他国と比較して大深度水域を広く保有**。特に**5,000m以深の保有体積は世界第1位**。
- 日本の200海里水域の**60%以上が3,000m以深の深海**。**6,000m以深の水域を全体の6%保有しているが、その面積は世界第1位**（第2位のロシアの2倍以上）。

👉大深度までのあらゆる深さへのアクセス機能を維持する意義は大きい。

HOVの潜航深度に関する注意点（国ごとの安全率の違い）

日本の安全率は、**アメリカや中国と比較して厳格。**

☞ 耐圧殻の安全率が**アメリカでは1.25、中国では1.2**であるのに対して、**日本は1.5+300m**。

- ※日本の基準は以下で定義。
- ・潜水船特殊基準（船舶安全法に基づく）
 - ・日本海事協会（NK）鋼船規則

○アメリカの6,500m級HOV「Alvin」

→日本の基準で換算すると、**“約5,200m級HOV”**となる。



画像出典：
<https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/underwater-vehicles/hov-alvin/>

○中国の11,000m級HOV「奮闘者」

→日本の基準で換算すると、**“約9,000m級HOV”**となる。



画像出典：
<https://japanese.cri.cn/20211206/e49a2c96-583c-fc05-d42a-8fcd947dde7.html>

○日本の6,500m級HOV「しんかい6500」

→アメリカの基準（安全率1.25）で換算すると、**“約8,000m級HOV”**となる。



※仮に7,000m以深のHOVの耐圧殻を海外で製造するとしても、現状、日本の基準を満たしているか確認できる耐圧試験水槽が存在しないという別の問題も発生する。

その他、深海探査システムに関して重要な動向

Ocean Infinity社の台頭 ∞

2017年に設立され、イギリスなどに拠点を構えるOcean Infinity社は、**最大全長86mの無人船を活用した海洋観測・調査の船員の完全無人化を構想**。**リモートコントロールセンターからの遠隔操作**によって、無人船やAUVなどを運用し、観測・調査する計画を立てている。



インドのHOV開発



2021年、インド政府は2026年を目途に、**6,000m級の3人乗りHOVを建造**する計画を発表。希少鉱物の探査を主目的としている。建造は国立海洋技術研究所（NIOT）やインド宇宙機関（ISRO）が担う計画となっている。



(画像出典：
<https://www.tnpsctheruvupettagam.com/currentaffairs-detail/matsya-6000>
<https://www.ndtv.com/india-news/matsya-6000-5-points-on-indias-first-manned-submersible-4380366>)

(画像出典：
<https://www.marinelink.com/news/autonomy-inside-building-ocean-infinitys-485302>)

1. 環境モニタリング



航行型AUVやホバリング型AUVを組み合わせることで、広域的な環境モニタリングシステムの確立が可能に。

(画像引用：
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/ocean_policy/content/001378597.pdf)

1. ビジョンを描く 将来的なAUVの活用例

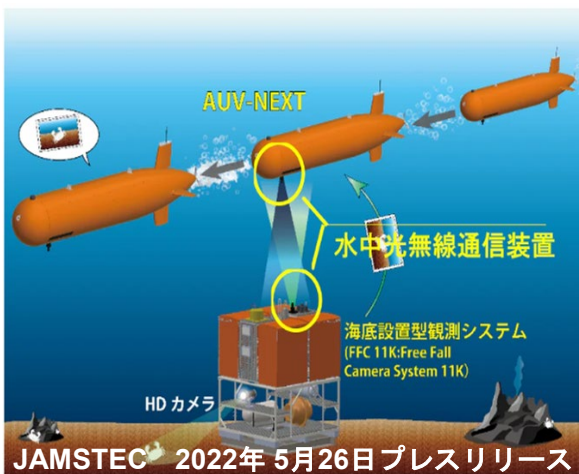
※JAMSTECの計画ではなく、AUVの活用例の提案。

2. 科学調査



生物を自動識別できる画像観察機器を搭載・運用できるAUVを開発することで、海洋生態系の変動や環境変動のモニタリングが可能に。大深度化することで未知の生物の観測も可能に。

3 : 海底地震・火山観測



水中光・音響通信技術の高度化の向上によりAUVで海底地震計のデータを短時間で回収できるようになった場合、海底地震・火山観測の手段として海底地震計+AUVの組み合わせが検討可能に。

4. 海底鉱物資源調査



広域を効率的に調査する技術開発目標が達成された場合、AUVで日本のEEZ全域の海底鉱物資源をある程度妥当な期間とコストで調査することが可能に。

今後の深海探査機の研究開発展望（AUVの例）

2. 技術課題を抽出、研究開発を推進 将来的なAUVの活用例を実現する ために必要となる主な技術開発項目

| | 環境モニタリング | 科学調査 | 海底地震・火山観測 | | 海底鉱物資源調査 |
|--------|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | | | 海底火山監視システム | 沿岸域の緊急地震調査システム | |
| 主な個別課題 | 群制御 | シャドーイングシステムの搭載 | 水中光音響通信高速化 | 水中光音響通信高速化 | 群制御 |
| | 水中充電 | ペイロードスペース | 小型AUV (噴火直後サンプリング) | 航行スピード調整・制御 観測点の認識 | 水中充電 |
| 主な共通課題 | 長時間航行を可能にする電池 | | | | |
| | 水中ステーションとその電源の確保 | | | | |

機械設計、電気・回路、プログラミング、ネットワーク等様々な専門知識が必要

AI

ミッションコントロール

ロボティクス・機体

通信技術



深海探査システム委員会における 検討の進め方について

令和5年11月22日

文部科学省研究開発局海洋地球課

「今後の深海探査システムの在り方について」（平成28年8月）に対する 我が国の深海探査システムの現状

- ✓ 当分科会においては、平成28年に「今後の深海探査システムの在り方について」が取りまとめられ、我が国が目指すべき次世代深海探査システムの在り方について、下記①～⑤の方向性が示された（※）。
- ✓ 現状として、AUVの大深度化（②）や複数探査機の同時活用（⑤）など、提言内容の一部は進められている一方、**ROVの大深度化（①）や「しんかい6500」の性能向上（③④）など達成されていないものもあり、最新の探査機の技術の進展や海外の動向等の状況変化を踏まえた見直しが必要。**

※「今後の深海探査システムの在り方について」（平成28年8月科学技術・学術審議会海洋開発分科会次世代深海探査システム委員会）

H28年の提言内容

ROV

- ① 国・国民の安全安心等の観点から、大深度遠隔操作型無人探査機（ROV）システムを活用し、7,000m以深の海域へのアクセス能力を確立。



現状

- ROV「かいこう」について、令和3年度までは7,000mまでアクセス可能だったが、ケーブルの耐久性等の技術的課題や、7,000m級のケーブルを搭載可能な母船「かいらい」の停船により、現時点では4,500mまでしか対応していない（ROV「ハイパードルフィン」も4,500m）。
- 7,000m以深対応のケーブル開発における技術的課題等があるため、国際的にも運用事例は少ない。



AUV

- ② 自律型無人探査機（AUV）システムの大深度化等を図りつつ、7,000m以深の海域において広範囲の海底地形や科学データの取得を効率的に行う技術を確立。



- AUV「うらしま」について、現在の潜航可能深度は3,500mであるが、現在改造を進めており、令和7年度までに8,000mまで潜航可能となる予定。
- 上記により、日本の排他的経済水域の98%の海域の調査が対応可能となる。



「今後の深海探査システムの在り方について」（平成28年8月）に対する 我が国の深海探査システムの現状

H28年の提言内容

HOV

- ③有人探査機については、現在保有している「しんかい6500」の最大限の活用を図りつつ、今後、重要性が増す海洋ガバナンス等に適切に対応。飛躍的に性能を向上させる技術の導入又は開発について検討。
- ④7,000m以深の海域の有人探査機は、深海探査システムによる成果を踏まえ、社会的・科学的ニーズ、技術動向、費用対効果、我が国の技術開発戦略等を踏まえつつ、継続的に検討。

共通

- ⑤統合的な探査システムに必要となる、複数探査機を活用する技術等について研究開発を推進。

現状

- 建造から30年以上が経過した有人潜水調査船「しんかい6500」については、平成28年以降、定期検査以外での更新が行われておらず、老朽化・陳腐化が進行している。また、支援母船である「よこすか」も建造から30年以上が経過し、同様に老朽化が進行している。



- 平成27年の母船「よこすか」の改造により、「しんかい6500」と「うらしま」の同時搭載が可能となり、これにより「うらしま」の調査で得られたデータを船上で解析し、その情報を基に「しんかい6500」で更に詳細を調べるといった運用が可能となった。
- SIPにおいて、複数機のAUVの同時運用のための重要な要素技術（洋上中継器を活用した隊列制御等）の開発を行った。



深海探査システム委員会における検討の論点について（案）

令和5年4月に閣議決定された「第4期海洋基本計画」や令和4年8月に海洋開発分科会において取りまとめられた「今後の海洋科学技術の在り方について」を踏まえ、本委員会では、**我が国の深海探査システムを取り巻く状況を踏まえ、今後5～10年程度で取り組むべき深海探査システムの研究開発及び整備の方向性について、以下の①～③に主軸をおいて検討を進めてはどうか。**

① 深海探査システムに求められる能力

- ✓ 深海探査によって、どのような科学的知見の充実や社会的課題の解決が見込まれるか。
- ✓ 上記を踏まえ、ROV、AUV、HOVにどのような能力が必要か。

② 深海探査システムを実現するための研究開発

- ✓ ①の能力を必要とするROV、AUV、HOVのそれぞれについて、今後5～10年程度を見据え、どのような研究開発が必要か。

（個別の論点の例）

- 【全体】 ✓ 我が国において、6,000m超対応の探査機を「しんかい6500」しか保有していない現状を踏まえ、どのような能力を持つ探査機を維持・強化すべきか。
 - ✓ 探査機の民生活用も見据えた研究開発を進めるべきではないか。
- 【ROV】 ✓ 大深度化のボトルネックとなっているケーブルの開発に加え、操作性向上、センシング技術の高度化、母船を選ばないシステム設計等の研究開発も進めるべきではないか。
- 【AUV】 ✓ 現在、「うらしま」の大深度化が進められているが、小型化、センシング技術の高度化、AIの活用（自律性の向上等）等の研究開発も進めるべきではないか。
- 【HOV】 ✓ 「しんかい6500」の老朽化の状況を踏まえ、今後の維持・活用方策や将来的なROV等への代替の可能性についてどのように考えるか。

③ その他（運用方法・体制、人材育成、アウトリーチ等）

- ✓ 探査機の開発、運用、探査機を用いた研究開発について、体制やそれぞれ人材の育成にどのような課題があるか。
- ✓ 探査機の開発にあたり、産学官連携や他分野との融合をどのように進めるべきか。
- ✓ 深海探査の意義について広く理解を得るため、どのようなアウトリーチ活動を進めるべきか。

深海探査システム委員会における検討の論点について（案）

【参考】「今後の科学技術の在り方について（提言）～国連海洋科学の10年、関連する主な基本計画を踏まえ～」
（令和4年8月30日科学技術・学術審議会海洋開発分科会決定）より関連部分を抜粋

○今後強化すべき取組

- ・気候変動の予測及びその対応策に関する研究開発
 - ・災害予防に向けた地震・津波予測に資する研究開発
 - ・災害応急対策及び災害復旧・復興に資する研究開発
 - ・経済安全保障等上重要な海底鉱物資源の探査・確保に向けた研究開発
 - ・海洋生態系の理解の深化に向けた研究開発
 - ・持続可能な利用に向けた研究開発
 - ・将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方
 - ・海洋人材の育成・確保と国民の理解の増進
- ①に対応
- ⇒ ②に対応
- ⇒ ③に対応

○将来的な海洋調査観測システム及びデータ共有の在り方 ⇒ ②に対応

- ・従前の研究船等での有人調査観測・サンプリングや、フロート、海底設置型観測機器、係留系観測機器、自律型無人潜水機（AUV）及び遠隔操作型無人潜水機（ROV）等を用いた海洋調査観測の拡充を図るとともに、技術の改良・高度化（低コスト化等を含む）を進めること。
- ・AUV、ROV及び自律型無人洋上機（ASV）等の海洋ロボティクス、並びに海底ケーブルの活用による新たな観測システム（分散型音響センシング、海中スマートセンシング等）などの研究開発を加速していくこと。
- ・AUV等の隊列・協調群制御のためのAIの活用や、海洋観測機器に新たなセンサー・電源等を組み込むためのモジュール化・共通規格化など、他分野の技術の進展等を踏まえつつ、研究開発を進めること。
- ・より精緻な海底地形・地質の把握や、活動中の海底火山付近、極域の海氷・棚氷下等のアクセスが困難な海域におけるデータ取得に向けた革新的なAUV等の開発を行うこと。特に超深海においては、高分解能地形調査や地殻活動モニタリング等に向けた技術開発を進めること。

今後のスケジュール

○第1回（令和5年11月22日）

- ・ 深海探査システム委員会の議事運営について
- ・ 深海探査システム委員会の設置趣旨について
- ・ 国内外の深海探査システムの動向について（ヒアリング）
- ・ 深海探査システム委員会における検討の進め方について

○第2回（令和5年12月26日）

- ・ 我が国の深海探査システムに求められることについて（ヒアリング）

○第3回（令和6年2月5日）

- ・ 国内外の深海探査システムの動向について（ヒアリング）
- ・ 深海探査システムに関する人材育成やアウトリーチ活動について（ヒアリング）
- ・ 我が国が将来的に備えるべき深海探査システムについて（ヒアリング）

○第4回（令和6年2月22日）

- ・ 中間とりまとめ（案）について

○海洋開発分科会（令和6年3～4月頃）

- ・ 中間とりまとめの結果を報告

○以降、報告書とりまとめに向けた検討