

「無人機技術を用いた効率的かつ機動的な自律型無人探査機（AUV）
による海洋観測・調査システムの構築」に関する研究開発構想（プロ
ジェクト型）

令和４年１０月
内閣府
文部科学省

目次

1 構想の背景、目的、内容	2
1.1 構想の目的	2
1.1.1 政策的な重要性	2
1.1.2 我が国の状況	3
1.1.3 世界の取組状況	3
1.1.4 構想のねらい	3
1.2 構想の目標	4
1.2.1 アウトプット目標	4
1.2.2 アウトカム目標	5
1.3 研究開発の内容	5
1.3.1 研究開発の必要性	5
1.3.2 研究開発の具体的内容例	6
1.3.3 研究開発の達成目標	7
2 研究開発の実施方法、実施期間、評価	8
2.1 研究開発の実施・体制	8
2.2 研究開発の実施期間	9
2.3 研究開発の評価に関する事項	9
2.4 社会実装に向けた取組	10

1 構想の背景、目的、内容

1.1 構想の目的

1.1.1 政策的な重要性

我が国は、広く海上に展開する 6 千余りの島々で構成されており、その歴史を通じて、物資輸送の場として、あるいは食料確保の場として積極的に海洋を利用してきた。また、これまでも海洋に関する様々な調査・研究が行われ、未利用のエネルギー・鉱物資源の存在や、海洋が地球環境の変化に大きく関連していることが明らかになってきたこと等、海洋には今後の人類の発展に深く関わる解明すべき多くの課題がある。

一方、「第 3 期海洋基本計画」（平成 30 年 5 月 15 日閣議決定）では、最近の情勢として、我が国の領海や排他的経済水域（EEZ）を取り巻く情勢は厳しさを増しており、領海侵入、違法操業・調査等、我が国の海洋権益はこれまでになく深刻な状況にさらされているといった、海洋をめぐる安全保障上の情勢変化が指摘されている。係る状況を踏まえ、同計画では、我が国の「総合的な海洋の安全保障」に向け、「我が国の領海等における平和と安定を維持し、国民の生命・身体・財産の安全の確保及び漁業、海洋開発等の海洋権益の確保、ひいては国民の安心の確保といった国益を長期的かつ安定的に確保するために、海洋に関する情報収集・分析・共有体制を構築するとともに、主として我が国自身の努力によって必要な抑止力・対処力を強化する。」ことを基本的な方針としている。さらに、「将来さらに甚大化が懸念される台風に伴う高潮、高波等による災害や、南海トラフ地震等の広域な地震や津波による災害」や「新たな可能性を有する海洋資源開発や海洋エネルギー開発への期待」も踏まえれば、海洋における脅威・リスクをはじめとする海洋状況の早期把握が肝要である。

こうした中、同計画においては、①世界最先端の革新的な研究開発の推進、②広域な海洋の情報を高精度かつ効果的に取得するための省人化・無人化・衛星の活用、③海洋の状況を把握しこれを適切に共有する海洋状況把握（MDA）の取組を重点施策としている他、特に海洋モニタリングについては、④リアルタイム性のみならず常時継続的な運用、人的リソースに起因する課題の克服や海洋活動の基盤となる先端技術による革新を重視している。これらの先端技術による革新は、その重要性に鑑み、我が国としての自律性の確保も念頭に行うことが必要である。

本構想は、プロジェクト型として、これら①～④に照らし、総合的な海洋の安全保障に資する支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第一次）において定められた「自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術」及び「自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）」において、我が国技術の優位性の獲得を目指すものである。

1.1.2 我が国の状況

現状、我が国では、海中・海底の観測に自律型無人探査機（AUV）を活用しているが、目標に AUV を展開するには、AUV の性能のみならず、これを目標近くの海域まで運ぶ運用資源や、海域に到達するまでにかかる時間等に制約がある等、効率性・機動性の面での課題が大きい。AUV を自動投入・回収する技術については、我が国の産学官連携チームが参加した 2017-18 年の国際コンペティション「Shell Ocean Discovery XPRIZE」において欧州の技術に基づき無人水上機を用いた先端事例があり、近海かつ洋上曳航という限定的な条件ではあるものの、自動投入については一定の成果を収めた実績がある。また、一部企業においては、近距離に留まるものの、無人小型航空機を活用し、ケーブルで接続された AUV を展開・回収する技術の開発が進んでいる。

1.1.3 世界の取組状況

音響ソノブイや米国において中層フロート等を有人航空機から投下して観測する事例や、英国において小型無人航空機から浅海域仕様の AUV を展開する事例についての研究開発実績はあるものの、国内外において海洋観測の一連の作業を無人化できた事例は見られず、世界各国の課題となっている。また、国内で活用される AUV 機体の多くが米国製であるものの、海洋観測システムの無人化・省人化に対応できる機体性能の確保・向上、深深度化等は未だ達成されていない。

1.1.4 構想のねらい

本構想は、我が国の領海や排他的経済水域（EEZ）への展開を見据え、より広範囲を機動的にカバーし、アクセスできる技術として小型無人航空機等により AUV を運搬・投入・回収する技術を確立するとともに、自律性の

確保の観点も念頭に、このような運搬・投入・回収に適した AUV の性能の確保・向上、深深度化等を検討し、目標海域へ迅速にアクセスし、広範囲を効率的に調査・監視できる無人化・省人化されたシステムの構築を目指し、我が国技術の優位性の獲得を狙う。

これにより、我が国の総合的な海洋の安全保障に資する、地震や海底火山噴火の緊急観測、不審船や不審航行体の機動的な監視、海底地形や海洋地質等の調査、海洋生態等の常時観測といった公的利用に加え、洋上風力発電所のメンテナンス、海底ケーブル検査、海底資源・水産資源調査等の民生利用に活用されることが期待される。

1.2 構想の目標

1.2.1 アウトプット目標

本構想では、小型無人航空機等により AUV を運搬・投入・回収する技術を確立するとともに、AUV の性能の確保・向上、深深度化等に取り組み、これらを組み合わせた海洋観測・調査システムを構築するため、研究開発開始から 10 年後に行う実証システムの最終的な外洋での実証試験における目標を、それぞれの技術ごとに以下のとおりとする。これにより、その後の展開あるいは社会実装に繋げていく。

<自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術>

技術の満たすべき要件

- EEZ の重要な海域に AUV を展開できるよういずれも下記の範囲内とすること。
 - 出航地から AUV 展開地点までの航続距離：片道 200 海里
 - 出航地出発から当該海域での AUV 投入完了までの所要時間：4 時間
 - AUV 揚収開始から出航地帰着までの所要時間：4 時間
 - AUV や AUV 自動投入・揚収装置など必要な機器を搭載できるようペイロード最低 800kg を確保（今後の研究開発の進捗に応じ、揚収装置の重さも将来的には追加。）
- 小型無人航空機等に搭載される AUV 自動投入・揚収装置は、無人で AUV の投入・揚収が可能なものとし、AUV の投入位置が正確に分かるようにするものとする。

- 小型無人航空機等及び AUV 自動投入・揚収装置は、海底火山噴火等の立ち入りが制限される場合など、有人船舶であれば展開を見合わせるような状況でも、自律制御を基本とし、航行、離着水、AUV 自動投入・揚収その他の必要な操作ができる通信機能等を有すること。

<自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）>

技術の満たすべき要件

- 上述の運搬・投入・回収技術において取り扱うことができる AUV の要件は以下の範囲を満たし、可能な限り小型化・軽量化すること。
 - 最大潜水深度：2,000m 程度（沿岸と東シナ海をカバー）
 - 潜航時間：24 時間
 - 潜航速度等：3 ノット
 - 空中重量：800 kg 以下
- 深深度化 AUV の要件は以下の範囲とすること。
 - 最大潜水深度：6,000m 以深
 - 最大潜水深度においても AUV 自身の位置を高精度に制御すること
 - 海底面に接近して特定箇所の重点的な調査等ができるホバリング機能を有すること

1.2.2 アウトカム目標

上記のアウトプット目標により、本構想で開発する技術で、我が国の領海や EEZ の重要な海域に小型無人航空機等を用いて、迅速に、かつ機動的に AUV が展開できることで、海中の可視化が可能となる。これにより、地震・海底火山噴火直後等の有人ではリスクが高い調査、不審船や航行体の監視等への機動的な対応、EEZ に分布している海洋鉱物資源の賦存量調査の効率的な実施、気候変動メカニズムの解明、気候変動予測の高精度化を実現する。また、その際、我が国における技術の自律性の確保に資する。

1.3 研究開発の内容

1.3.1 研究開発の必要性

小型無人航空機等により AUV を運搬・投入・回収する技術を確立するためには、小型航空機等の離着水を含む無人化、小型航空機等に据え付けられ、

無人で動作可能な AUV 着水・揚収装置、小型飛行機等に搭載できる小型・軽量の AUV をそれぞれ開発し、これらをシステムとして統合しなければならない。しかしながら、これらの開発事項はまだ技術成熟度が低いため、試作試験等を通じて個々に開発・実証を行うことが欠かせず、さらにシステムとしてこれらを統合させての実証試験を行う必要もある。

1.3.2 研究開発の具体的内容例

試作システムによる実証試験を行う。それに向けた研究開発の具体的内容として考えられる項目やその進め方を以下に例示する。

<自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術>

- 小型無人航空機等

小型航空機等の無人化に向けて必要な主な技術として、自律飛行技術、通信技術、自動離着水技術を開発する。

通信技術については、機体状況や機体の周辺状況、また操作者からの指令を操作者と機体間で通信可能なものとする。

自動離着水技術については、着水地点・方向の決定のために海象を測定すると共に、着水の衝撃に耐え、機体の姿勢及び下降率を制御できるものとする。

これらの技術を、超軽量動力機等を活用して開発し、研究開発開始から4年目を目途に無人化技術の確立を目指す。

- AUV 自動投入・揚収装置

新しいアイデアも含め、考え得る様々な投入・揚収方式について、PoC（Proof of concept）を行うことで方式を絞り、1～若干数のアイデアについてプロトタイプを製作するなどにより、以下の技術的課題を解決できるかの試験を行い、方式を決定する。

【技術的課題】

- 着水時の耐衝撃性能
- AUV からみた小型無人機の位置の把握・接近（音響測位、カメラ画像等から AUV を数十 cm レベルで位置制御が必要）
- 海中での AUV と小型無人機との接続方法（波浪影響を受けにくい捕捉手法と揚収手法の確立と重心バランスを考慮）
- AUV の固定方法

決定した方式について、小型試作機を試作し、湾内や湖沼等の平穏な水域において、研究開発開始から4年目を目途に試験を、5年目を目途に、この小型試作機により、次に述べる自律制御技術等を備えたAUV試作機を投入・揚収する試験を行う。

<自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）>

● AUVの小型化・軽量化

上述の運搬・投入・回収技術において取り扱うことができるAUVとして、以下の技術的課題を解決し、AUV自動投入・揚収装置による投入・揚収が可能となる自律制御技術、通信技術及び機構を備える。

【技術的課題】

- AUV構成部品で大きな重量比を占める耐圧容器の材料最適化（非金属材料など幅広く検討）
- 固体電池等の新タイプ電池の活用を視野に入れた高密度電池化
- 浮力材の低比重化
- 流体的観点からのAUV艇体形状や推進システムの見直し（シミュレータや水槽試験にて検証する低抗力形状や最適プロペラ選定）

研究開発開始から5年目を目途に、開発した自律制御技術等を備えた試作機を試作すると共に、先述のAUV自動投入・揚収装置による試験を行う。

なお、小型無人航空機等の開発において超軽量動力機等の活用を想定すれば、AUV試作機は重量を100kg程度に抑える必要があるため、この試作機は当該投入・揚収試験に必要な最低限の機能であって差し支えない。

● AUVの深深度化

6,000m以深においてもAUV自身の位置を高精度に制御し、海底面に接近して特定箇所の重点的な調査等ができるものとする。

1.3.3 研究開発の達成目標

湾内や湖沼等の平穏な水域において、小型無人航空機等、AUV自動投入・揚収装置、AUVそれぞれの試作機を組み合わせた試作システムの実証試験を行い、小型無人航空機等の自律的な離着水、最低限のAUV自動投入・揚収が可能であることを確認する。この際、実証システムによる最終的な外洋

での実証試験を視野に入れ、これ以降の研究開発に向けて、試作システムの実証試験で発生した不具合や課題を明確化する。

併せて、AUV の小型化・軽量化を進めると共に、深深度化を達成する。

より具体的には、提案者の設定した個別の達成目標を基本としつつ、文部科学省及び JST のサポートの下、採択後、研究開発を開始するにあたって行う研究計画の調整にて定めると共に、研究開発開始後においては、協議会における意見交換の結果も踏まえ、必要な場合、見直しを行う。

2 研究開発の実施方法、実施期間、評価

2.1 研究開発の実施・体制

海洋観測・調査システムに向けて、試作システムによる実証試験を行いつつ、AUV の深深度化を行う研究代表機関を決定する。

期間中、研究代表機関、関係府省等による意見交換を経て、試作システムに必要な技術について新たな研究機関による研究開発が適切とプログラム・ディレクター（PD）が判断した場合には、その研究開発について公募を行うものとする。その場合、研究代表機関から公募を行うことも可能とする。

上記視点を踏まえ、PD の指揮・監督の下、研究代表機関又は研究代表者が研究開発構想の実現に向け責任を持って研究開発を推進する。JST 等の助言に基づき、研究に参加する機関・研究者のそれぞれが、適切な技術流出対策を行うよう体制を整備するとともに、研究インテグリティの確保に努め、適切な安全保障貿易管理を行うよう、これらを推進すると共に、研究開発に必要な事項を行う。

研究開発成果を民生利用のみならず公的利用につなげていくことを指向し、社会実装や市場の誘導につなげていく視点を重視するという本プログラムの趣旨に則り、研究代表機関、研究代表者は PD 及び研究分担者との協議の上、知的財産権の利活用方針を定めることとする。その際には、研究開発途中及び終了後を含め、知的財産権の利活用を円滑に進めることができるように努めることとする。

なお、研究開発成果の利活用にあたりその成果にバックグラウンド知的財産権が含まれる場合には、その利活用についても同様に努めることとする。

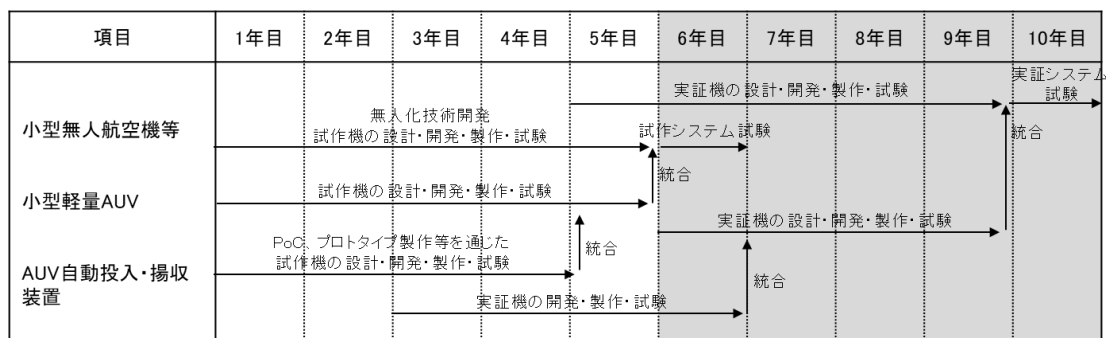
2.2 研究開発の実施期間

研究開発開始から「1.3.3 研究開発の達成目標」まで5年程度とし、この期間の予算として最大80億円程度を措置する。

本構想では、「1.2 構想の目標」の達成に向け、研究開発開始から10年以内を限度に、5年程度を超えて継続することを可能とする。したがって、5年程度を超えて継続することを現時点で構想し得る場合は、研究開発開始から10年以内で実証システムによって外洋での実証試験を行って「1.2.1 アウトプット目標」を達成するまでの計画と、その計画の達成により「1.2.1 アウトカム目標」以外に実現が見込める潜在的な社会実装についても提出を推奨する。

5年程度を超えて継続する場合には、内閣府、文部科学省が、外部評価の結果等を踏まえ、関係府省と調整の上、当該継続期間に措置する予算を示す。

なお、5年以内で実証システムを完成させることが可能である場合はこの限りではなく、実現性があり可能な限り早い時期で完成できることが望ましい。



研究開発の進め方のイメージ

2.3 研究開発の評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価については原則、研究開発の開始から3年目に中間評価、5年程度を目途にステージゲート評価を実施する。さらに5年程度を超えて継続する場合には、終了年までの間に1回以上中間評価を設けるものとする。具体的な時期やステージゲート評価の目標等の設定については、担当するPDが採択時点でマイルストーンを含む研究計画とともに調整した上で、JSTが決定するものとする。

2.4 社会実装に向けた取組

本構想は、海洋観測・調査システムを構築することにより、地震・海底火山噴火直後等の有人ではリスクが高い調査、不審船や航行体の監視等への機動的な対応、EEZ に分布している海洋鉱物資源の賦存量調査の効率的な実施、気候変動メカニズムの解明、気候変動予測の高精度化を実現することを目指すものである。また、公的利用に加え、民生利用に活用されるようにするため、モジュール化等の方法を活用するなどにより、可能な限り低コスト化を目指す。このためには、研究代表機関又は研究代表者と、潜在的な社会実装の担い手として想定される関係行政機関や民間企業等との間で、AUV を用いた緊急調査が求められる状況についての情報共有や、社会実装イメージや研究開発の進め方を議論・共有する取組が有用である。

したがって、今後設置される協議会を活用し、参加者間で機微な情報も含め、社会実装に向けて研究開発を進める上で有用な情報の交換や協議を安心して円滑に行うことのできるパートナーシップを確立することが重要であり、関係者において十分にこの仕組みの運用を検討する必要がある。なお、協議会の詳細は別に示す。また、PD は研究マネジメントを実施する際には、協議会における意見交換の結果も踏まえるものとする。