

ムーンショット目標 8

2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現

実施状況報告書

2022年度版

台風制御に必要な予測と監視に貢献する

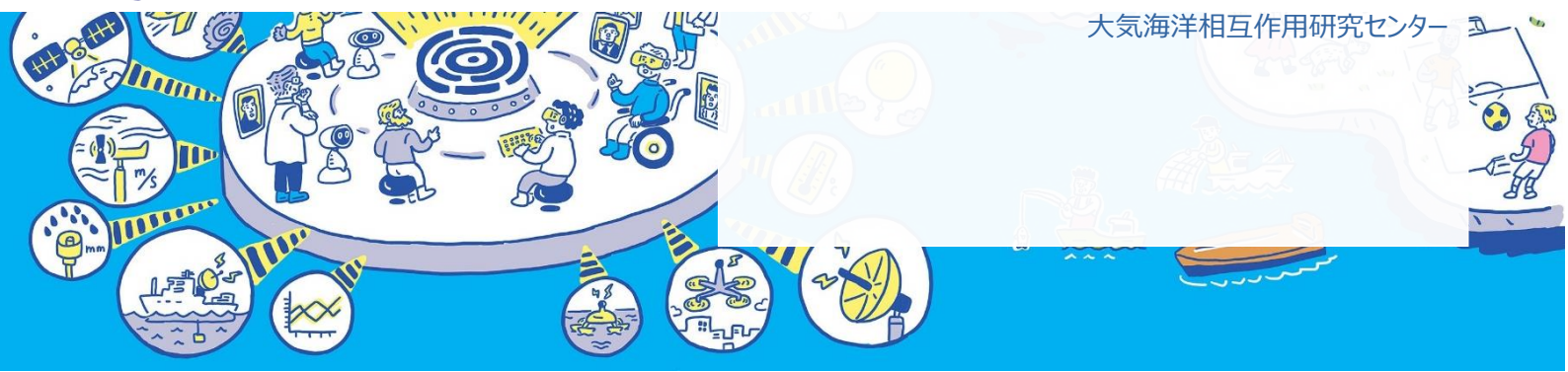
海の無人機開発

森 修一

海洋研究開発機構 地球環境部門

大気海洋相互作用研究センター

 **MOONSHOT**
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



研究開発プロジェクト概要

気象制御を実現するためには正確な予測が欠かせませんが、その予測に重要な入力データ（初期値）として現象の継続的な観測が必要です。特に台風については、その進路や強さ（中心気圧と最大風速）の「真値」が高い精度で求められます。しかしながら、台風中心付近の気圧や風速は現地で観測することが困難なため、衛星観測画像から一定の手順で「推定」しているのが現状であり、正確な台風予測を行うためのボトルネックとなっています。また、台風研究用の航空機観測も進められていますが、予算上の問題もあり全ての台風を継続的に監視することは困難です。このため本プロジェクトでは自律的に台風の中心周辺域を追跡可能な仮想係留（Virtual Mooring）機能を持ち、台風の移動と共に強さの「真値」、および台風の発生発達に重要な海洋表層温度など、大気海洋データを継続的に取得できる海上無人観測機（VM ドローン）を開発します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal8/88_mori.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
森 修一	海洋研究開発機構 地球環境部門大気海洋相互作用研究センター	調査役（上席研究員）
勝俣 昌己	海洋研究開発機構 地球環境部門大気海洋相互作用研究センター	グループリーダー代理（主任研究員）
横井 覚	海洋研究開発機構 地球環境部門大気海洋相互作用研究センター	グループリーダー（主任研究員）

1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

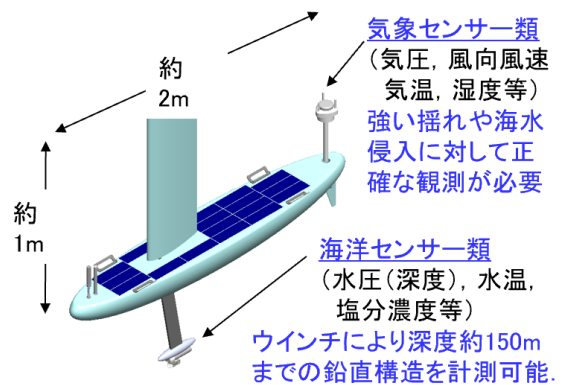
(1) 研究開発プロジェクトの概要

気象制御を行うための正確な予測を実現するためには、まず予測計算の初期値となる正確な観測データが必要である。また、人為的に介入した後の気象が予測された制御状態にあるか否か、その継続的な監視が重要となる。台風については、その発生発達に重要な中心周辺域の海上気象や海面水温、海洋表層(深さ150m程度まで)熱構造の継続的な監視が求められるが、現在まだ航空機や衛星では難しくボトルネックとなっている。本プロジェクトでは、自律的に台風の中心周辺域を追跡可能な仮想係留(Virtual Mooring: VM)機能を持ち、発生発達に伴う移動と共に台風中心周辺域における海上気象と海洋表層を気象制御に必要な精度で継続的に監視可能な海上無人観測機(VMドローン)を開発する。

VMドローン開発3年計画の概要

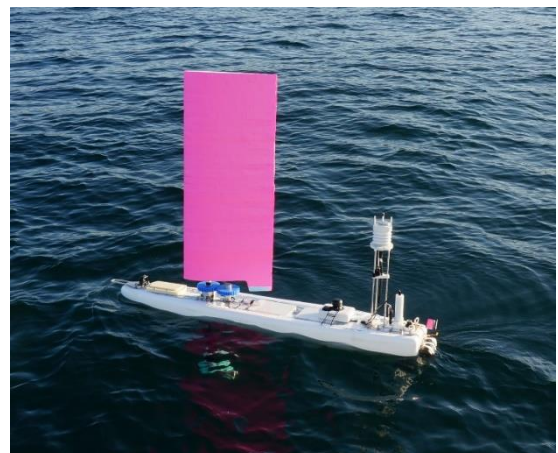
		FY2022	FY2023	FY2024
1	開発	開発	開発	
2	製造	試作2機		運用2機?
3	海域試験	JAM岸壁	駿河湾	
4	みらい航海		MR23-XX	MR23-XX

今年度は、強風波浪環境でも機能するVM技術の開発ならびに当該VM機能を実装する帆船型船体の設計開発を開始した。また、同環境下における大きな船体動揺環境下でも十分な精度を保持し、かつ一時的な水没に対しても耐えうる防水機能を持つ気象・海洋観測センサー群の開発を開始した。試作ゼロ号機を用いた水槽試験による船体強度等の確認や、改良センサー単体での精度検証等をラボ試験等で確認した後、観測センサー群を船体に艤装した試作1号機を組み上げた。試作1号機を用いた国内沿岸試験(駿河湾)を実施し、沿岸海上におけるVM機能および観測センサー類の統合的な機能確認、ならびに観測精度の評価検証を行った。その上で、試作2号機の設計および来(2023)年度実施予定の短期外洋試験に向けた準備作業を実施した。



(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

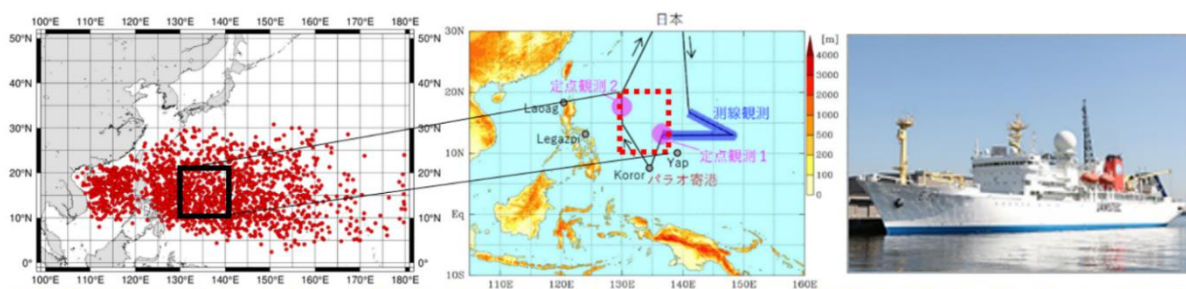
研究開発項目1「強風雨波浪環境対応のVirtual Mooring (VM) 技術開発」では、強風波浪環境でも機能するVM (Virtual Mooring) 技術の開発ならびに当該VM機能を実装する帆船型船体の設計開発を行った。数値流体力学(CFD)シミュレーションや水槽試験等による各々単体の技術開発のほか、研究開発項目2と緊密に連携の上で観測センサーを試作機に艤装し、両課題合同で国内沿岸海域試験を実施した。



試作1号機に艤装された改良済み大気観測センサー(セイル後方)による国内沿岸海域試験の様子。

研究開発項目 2:「強風雨波浪環境対応の大気海洋観測センサー群開発」では、大きな船体動揺環境下でも十分な精度を保持し、かつ一時的な水没に対しても耐える防水機能を有する気象・海洋観測センサー開発を行った。観測センサー単体の技術開発のほか、研究開発項目 1 と緊密に連携の上で試作機に観測センサーを艀装し、両課題合同で国内沿岸海域試験を実施した。

研究開発項目 3「強風雨波浪環境にある熱帯北西太平洋域での試験運用」では、VM ドローン試作機による外洋試験を行う 2023 年「みらい」熱帯北西太平洋航海(7-8 月予定)に対し、当該試験観測に係る関係国との国際事前調整を行った上で MSR 申請(外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意申請)を文部科学省(経由で外務省)へ提出した。



台風発生地点(赤丸, 1951~2021年, デジタル台風より)(左図), 海洋地球研究船「みらい」(右図) 熱帯北西太平洋航海における代表的な定点観測海域(中), 台風発生前後の環境場把握を目指し, 海洋地球研究船みらい2023-2024年度航海においてVMドローン試作機の機能確認および試験観測を実施予定。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

研究開発全体の進捗状況把握のため、PM, PI, および PM 補佐にて大よそ月 1 回の打合せ(オンライン含む)を行うと共に、必要に応じて作業現場でのオンサイト会合によりハードウェア開発等の進捗状況を確認した。また、年度内に PD, SPD, AD 等によるサイトビジットは実現できたが、研究開発事業実施規約に基づく運営会議の開催には至らなかった。本プロジェクト終了後の展開として、試作された VM ドローンの実用化に向けて関連性の強いコア研究プロジェクトへの将来的合流について協議を行った。一方で、沿岸試験や外洋試験へのコア研究プロジェクト PM/PI 等の招聘など、本プログラム内外の研究コミュニティへ積極的に広報する予定であったが、研究代表機関内の調整不良により実施できていない。

研究成果の展開方法として、本研究開発プロジェクトで開発される VM アルゴリズム、船体設計、および観測センサー防水対策技術等について、知財運用会議に諮った上で代表機関から知財申請を検討しているが、これまでのところ知財申請を要する技術開発に至っていない。また、広報・アウトリーチ活動の一環として本プロジェクトのホームページを 2022 年 11 月に立ち上げた。沿岸試験(や今後の外洋試験)の動画配信等についても研究代表機関内で調整中である。

データマネジメントに関しては、各種開発試験等で取得したデータのうちインベントリデータのみホームページ上での公開(取得データそのものは非公開)に向け調整を行っている。なお、2023 年度および 2024 年度実施予定の外洋試験で取得される観測データ(海上気象および海洋表層)は、プロジェクトホームページ上にインベントリデータを公開すると共に、品質管理終了後に代表機関データ公開サーバー(航海・潜航データ・サンプル探索システム DARWIN(Data and Sample Research System for Whole Cruise Information)から公開する予定である。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目 1: 強風雨波浪環境対応の Virtual Mooring (VM) 技術開発

研究開発課題 1: 強風雨波浪環境対応の Virtual Mooring (VM) 技術開発

課題推進者: 森 修一 (国立研究開発法人海洋研究開発機構)

当該年度実施内容:

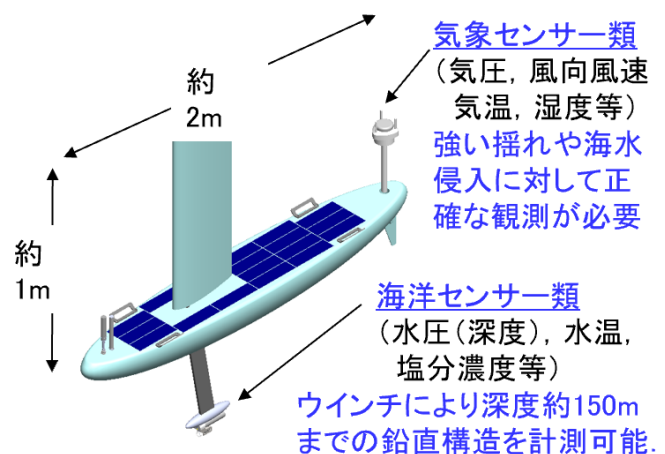
強風波浪環境でも機能する VM (Virtual Mooring) 技術の開発ならびに当該 VM 機能を実装する帆船型船体の設計開発を行った。数値流体力学 (CFD) シミュレーションや水槽試験等による各々単体の技術開発のほか、研究開発項目 2 と緊密に連携の上で観測センサーを試作機に艤装し、両課題合同で国内沿岸海域試験を実施した。

具体的には、強風波浪環境でも機能する VM 技術の開発ならびに当該 VM 機能を実装する帆船型船体の設計開発を当初計画通りに開始し、以下の項目を実施した。

① 民間企業等からの協力も仰ぎ、CFD シミュレーションによる船体の基本設計および試作ゼロ号機 (船体のみ) および試作 1 号機 (マスト、セイル、キール、ラダーなど基本装備を艤装) を製作した。

② 強風波浪環境下における船体強度や帆走時におけるマスト周りの六軸応力等を確認するため、研究代表機関の海洋工学実験棟内にて試作ゼロ号機による水槽試験を実施した。

③ 研究開発項目 2 と共同し、開発された観測センサーを船体艤装の上で、基本的な船体性能や航行性能等を確認するため、駿河湾 (静岡県沼津市三津浜) にて 2 回の国内沿岸海域試験 (各約 1 週間) を実施した。



(2) 研究開発項目 2: 強風雨波浪環境対応の 大気海洋観測センサー群開発

研究開発課題 1: 強風雨波浪環境対応の大気海洋観測センサー群開発

課題推進者: 勝俣昌己 (国立研究開発法人海洋研究開発機構)

当該年度実施内容:

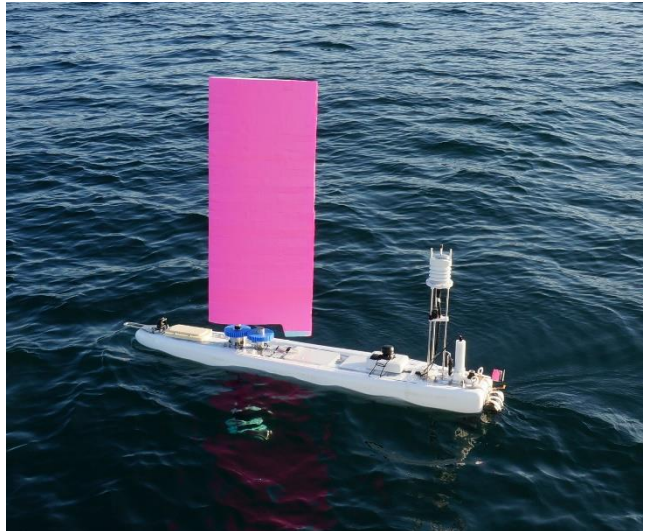
大きな船体動揺環境下でも十分な精度を保持し、かつ一時的な水没に対しても耐える防水機能を有する気象・海洋観測センサー開発を行った。観測センサー単体の技術開発のほか、研究開発項目 1 と緊密に連携の上で試作機に観測センサーを艤装し、両課題合同で国内沿岸海域試験を実施した。

具体的には、大きな船体動揺環境下でも十分な精度を保持し、かつ一時的な水没に対しても耐え得る防水機能を有する気象・海洋観測センサーの開発を当初計画通りに開始し、以下の項目を実施した。

① 汎用気象観測センサーをベースとして、気圧計、風向風速計、温湿度計に各々防水加工を施し、研究代表機関むつ研究所にて各センサーの防水性能の確認や校正を行うためのラボ試験を実施した。

②研究開発項目 1 と共同し、開発された試作 1 号機に改修済み大気観測センサーを艀装の上で、駿河湾(静岡県沼津市三津浜)にて 2 回の国内沿岸海域試験(各約 1 週間)を実施し、試験に用いた計測船上の測器や近隣 AMeDAS 観測データとの比較検証を行った。

③国内海域試験 2 回目には海洋観測センサー(汎用小型観測フロート, Multipurpose Observation Float:MOF)を船底に艀装し、比較試験用に同時展開した漂流ブイ(SPFAR Spotter)との比較検証を行った。



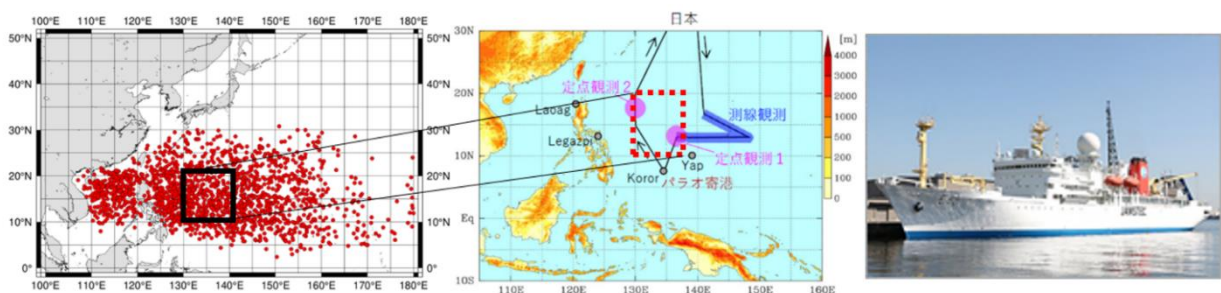
試作 1 号機に艀装された改良済み大気観測センサー(セイル後方)による国内沿岸海域試験の様子。

(3) 研究開発項目 3: 強風雨波浪環境にある熱帯北西太平洋域での試験運用
 研究開発課題 1: 強風雨波浪環境にある熱帯北西太平洋域での試験運用
 課題推進者: 横井 寛(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

当該年度実施内容:

VMドローン試作機による外洋試験を行う 2023 年「みらい」熱帯北西太平洋航海(7-8 月予定)に対し、当該試験観測に係る関係国との国際事前調整を行った上で MSR 申請(外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意申請(*))を行った。具体的には以下の項目を実施した。

- ①VM ドローン試作機による初の外洋試験を行う 2023 年海洋地球研究船「みらい」熱帯北西太平洋航海(MR23-05, 7-8 月予定)の準備作業として、当該試験観測に係る関係国との国際事前調整を行った上で MSR 申請(外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意申請)を文部科学省(経由で外務省)へ提出した。
- ②MSR 申請と過不足や矛盾がないよう注意の上で、同じく MR23-05 航海にて「みらい」から展開予定の WaveGlider や漂流ブイなど、当該航海の主課題や相乗り課題担当者と緊密に情報交換の上で、VMドローン外洋試験計画案を策定した。
- ③航海中における VM ドローン試作機の展開や揚収など「みらい」甲板作業手順を設定し、研究代表機関内における研究安全委員会(研究観測の実施内容を機関内の



台風発生地点(赤丸, 1951~2021年, デジタル台風より)(左図), 海洋地球研究船「みらい」(右図)熱帯北西太平洋航海における代表的な定点観測海域(中)。台風発生前後の環境場把握を目指し、海洋地球研究船みらい2023-2024年度航海においてVMドローン試作機の機能確認および試験観測を実施予定。

専門家委員が安全上の観点から検討し、機関として当該観測の実施可否を判断する会議体)と事前調整を行った。

* 外国の管轄水域(領海、排他的経済水域(EEZ)又は大陸棚(延長大陸棚含む))において海洋の科学的調査(Marine Scientific Research: MSR)を実施する場合、国連海洋法条約に基づき、沿岸国に対して調査開始予定日の少なくとも6ヶ月前(2023年1月)までに外交ルートを通じて申請し、同意・許可(クリアランス)を得る必要があった(以下、「MSR申請」)。なお、国連海洋法条約を批准していない米国に対しても同様の手続きが必要(近接海域であるグアムも対象のため)。また、条約で求められている6ヶ月前(2023年1月)までに沿岸国政府へ申請書を提出するため、研究代表機関内における決裁・調整の時間を考慮し、出港日の9ヶ月前(2022年10月)を目処に当該航海の首席研究者と申請書原案の打合せを実施し、8ヶ月前(2022年11月)までに文部科学省へ申請書および乗船者の暫定版名簿を提出する必要があった。

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

- PM, PI, および PM 支援チームが全て同一研究機関に所属しているため、重要事項の連絡・調整は日常的な組織間の連絡体制で行うことができた。
- PM, PI, および PM 補佐にて大よそ月1回の打合せ(オンラインを含む)より研究開発全体の進捗状況を把握すると共に、必要に応じて作業現場でのオンサイト会合によりハードウェア開発等の進捗状況を確認した。
- PD, SPD, AD 等によるサイトビジットが行われた(2023年1月)。
- 研究開発事業実施規約に基づき、プロジェクト推進に関わる重要事項を関係機関の間で協議するための運営会議は設置されているものの、今年度内には実施に至らなかった。

研究開発プロジェクトの展開

- 本研究開発プロジェクトは実現可能性研究であり、試作された VM ドローンは将来的に台風制御コア研究プロジェクト等利用されてこそ価値があるため、実用化に向けて十分な予算と開発期間により機能改善を図る必要がある。このため、PM が兼職している横浜国立大学コア研究プロジェクト「安全で豊かな社会を目指す台風制御研究」(筆保弘徳 PM) への将来的合流について協議を行った(継続中)。
- 一方で、沿岸試験や外洋試験へのコア研究プロジェクト PM/PI 等の招聘や、2024 年度後半の長期運用状況の積極紹介、試験観測結果の迅速な発表など、本研究開発プログラム内外の研究コミュニティへ VM ドローンの利用価値を積極的に広報する予定であり、調整を行っている。

(2) 研究成果の展開方法

本研究開発プロジェクトで開発される VM アルゴリズム、船体設計、および観測センサー防水対策技術等について、その一部あるいは全部に対し、研究開発プロジェクト実施規

約に基づき知財運用会議に諮った上で、代表機関から知財申請を検討しているが、これまでのところ知財申請を要する技術開発に至っていない。

(3) 広報、アウトリーチ

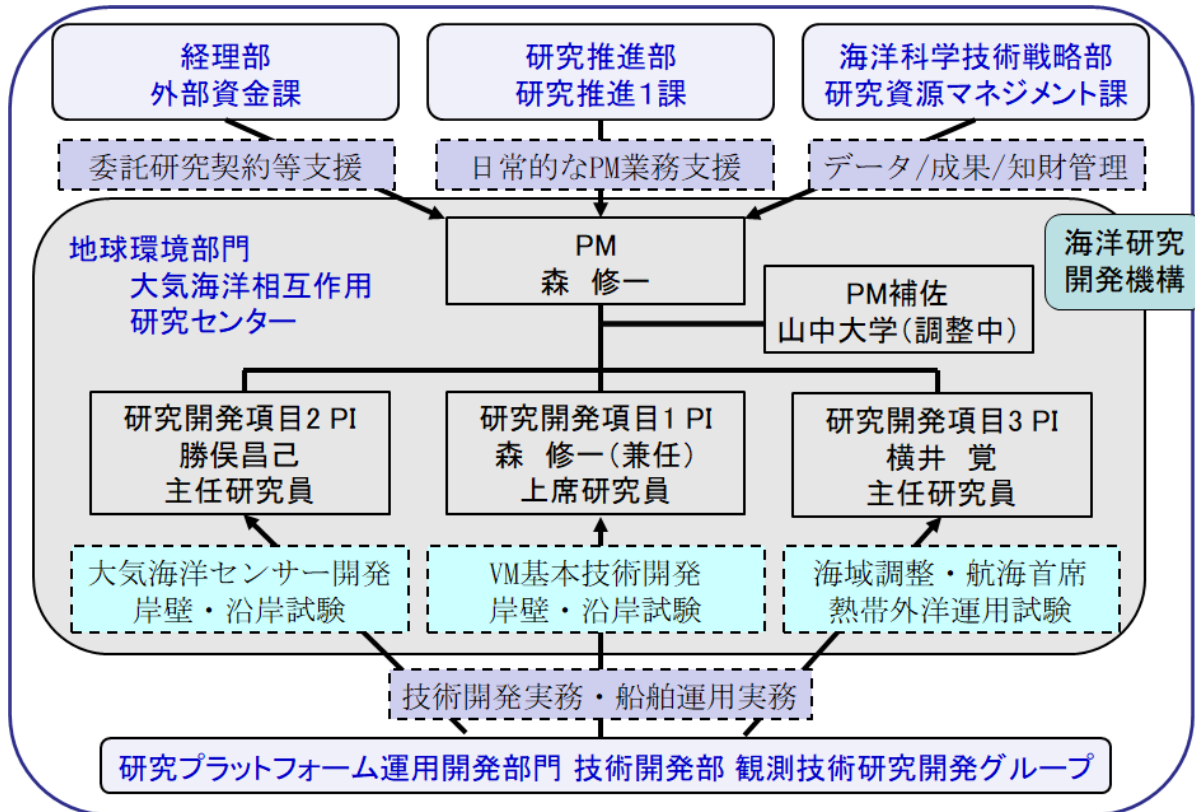
広報・アウトリーチ活動の一環として、PM 補佐を中心とした PM 支援組織により 2022 年 11 月早期に本研究開発プロジェクトのホームページが立ち上げられた。当該ホームページからの沿岸試験（や今後の外洋試験）の動画配信等についても調整を行っている。

(4) データマネジメントに関する取り組み

- ・ラボ、岸壁、沿岸試験で取得した開発試験データは、基本的にプロジェクトホームページ上にインベントリデータのみ公開（取得データそのものは非公開）とする予定であり、調整を行っている。
- ・なお、2023 年度および 2024 年度実施予定の外洋試験で取得される観測データ（海上気象および海洋表層）は、プロジェクトホームページ上にインベントリデータを公開すると共に、品質管理終了後に代表機関データ公開サーバー（航海・潜航データ・サンプル探索システム DARWIN (Data and Sample Research System for Whole Cruise Information)）から公開する予定である。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図

PMを中心とした当該年度の研究開発プロジェクト推進体制を以下の図に示す。なお、研究開発プロジェクト進捗状況の把握のため研究開発事業実施規約に基づき、研究開発プログラムに係る重要事項を協議する運営会議を別途設置するが、今年度中の開催には至らなかった。また、知的財産権の協議のため知財運営会議を設置するが、これまでのところ知財申請を要する技術開発に至っていないため開催されていない。



5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	0	0	0
口頭発表	1	0	1
ポスター発表	1	0	1
合計	2	0	2

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	0	0
(うち、査読有)	0	0	0

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	0	0
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	0	0

受賞件数			
国内	国際	総数	
0	0	0	

プレスリリース件数
0

報道件数
0

ワークショップ等、アウトリーチ件数
0