



共催：AORI・JAMSTEC

海と地球の シンポジウム

科学のフロンティア × 研究船

発表課題一覧・要旨集

開催日

1日目：2024年3月1日（金）

2日目：2024年3月2日（土）



東京大学 大気海洋研究所
Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo



JAMSTEC 国立研究開発法人
海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

発表課題一覧

特別発表・口頭発表

1. 海洋底科学（地球物理、地震・津波、火山、地質、海底資源）

1-1. 山口 飛鳥 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 航海概要報告

「よこすか」YK23-10S 航海報告: 潮岬海底谷の潜航調査に基づく南海付加体発達史の更新と大地震セグメント境界の地質学的実態解明

【YK23-10S, 他】

日時: Day1 3/1(金) 09:45-10:30

特別発表

1-2. 荒木 英一郎 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

南海トラフで繰り返すゆっくり滑りのリアルタイム検知に向けた長期孔内観測の取り組み

【CK23-03, KS23-J11】

日時: Day1 3/1(金) 10:30-10:50

1-3. 小畑 拓実 他, 神戸大学 他, 研究成果報告

鬼界カルデラ火山海域での地下比抵抗構造

【KS-23-3, 他】

日時: Day1 3/1(金) 10:50-11:10

1-4. 澁谷 純 他, 日本大学 他, 研究成果報告

クロスラインレーザーを用いた「しんかい 6500」による深海底定方位岩石試料の古地磁気分析(予察)

【YK23-16S】

日時: Day1 3/1(金) 11:10-11:30

1-5. 谷 健一郎 他, 国立科学博物館 他, 航海概要報告

沖縄トラフ中部における分野横断型調査: YK23-16S 航海の予察的成果

【YK23-16S】

日時: Day1 3/1(金) 11:30-11:50

1-6. 鶴 哲郎 他, 東京海洋大学/海洋研究開発機構 他, 研究成果報告

減衰プロファイリング法を用いたマルチチャンネル反射法データのタイムラプス解析

【KS-23-6, KH-23-6, 他】

日時: Day2 3/2(土) 13:30-13:50

1-7. 山野 誠 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

日本海溝アウターライズにおける熱流量の局所的変動と海洋地殻内の流体循環

【KH-22-6, KS-15-16, KH-20-8】

日時:Day2 3/2(土)13:50-14:10

1-8. 白石 和也 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

熊野灘沖から遠州灘沖における地殻構造調査

【YK22-14, KM22-10, KM23-13】

日時:Day2 3/2(土)14:10-14:30

1-9. 西田 周平 他, 海洋研究開発機構, 研究成果報告

連続リアルタイム海底地殻変動観測技術の開発・展開

【KR21-08, 他】

日時:Day2 3/2(土)14:30-14:50

1-10. 吉田 健太 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

概要報告:伊豆・小笠原弧の活発な火山活動を徹底的にかいめいする為の
海域火山調査

【KM23-14, 他】

日時:Day2 3/2(土)14:50-15:10

2. 海洋生命科学 (生物多様性、海洋生態系、海底下生命圏、生命科学)

2-1. 小島 茂明 他, 東京大学新領域創成科学研究科 他, 航海概要報告

北西太平洋の海溝域に生息する底生生物の生物相と進化過程の網羅的解明

【KH-22-8, KH-23-5, KS-20-18】

日時:Day1 3/1(金)14:30-14:50

2-2. 亀井 遥香 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

白鳳丸 KH-23-5 次調査航海で採集された北西太平洋海溝域に生息する
シンカイクサウオ類

【KH-23-5, KH-22-8】

日時:Day1 3/1(金)14:50-15:10

2-3. 林 沅 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

eDNA 分析による沿岸から外洋への移行域における魚群の時空間分布の解明

【KS-21-24, KS-22-11, 他】

日時:Day1 3/1(金)15:10-15:30

2-4. 王 雪丁 他, 東京大学農学生命科学研究科 他, 研究成果報告

小型浮魚群集組成を用いた海洋 DNA サンプルング手法の比較研究

【KS-21-3, 他】

日時:Day1 3/1(金)15:30-15:50

2-5. 岩田 忠久 他, 東京大学大学院農学生命科学研究科 他, 研究成果報告

深海でも生分解性プラスチックは分解することを実証

【YK21-08C, 他】

日時:Day2 3/2(土)09:30-10:15

特別発表

2-6. 矢吹 彬憲 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

MR23-03 航海概要:海洋汚染物質の実態把握と海洋生態系への影響評価①

【MR23-03, 他】

日時:Day2 3/2(土)10:15-10:35

2-7. Chen Sijun 他, 東京大学農学生命科学研究科, 研究成果報告

太平洋熱帯および亜熱帯貧栄養海域における植物プランクトンの光防御物質の地理的分布に関する研究

【KH-19-6】

日時:Day2 3/2(土)10:35-10:55

3. 大気・海洋科学 (海洋物理、気象・気候、物質循環、古気候・古環境)

3-1. 勝又 勝郎 他, 海洋研究開発機構, 航海概要報告

GO-SHIP 観測 P14 速報

【MR23-07】

日時:Day1 3/1(金)16:00-16:20

3-2. 久保田 好美 他, 国立科学博物館 他, 研究成果報告

沖縄トラフにおける最終氷期以降の黒潮変動復元:KS-22-4 成果報告

【KS-22-4, YK-12-15】

日時:Day1 3/1(金)16:20-16:40

3-3. 川合 義美, 海洋研究開発機構, 航海概要報告

航空機との同時観測による北西太平洋の海洋起源エアロゾルとその雲微物理影響の解明:KS-22-10 航海概要

【KS-22-10】

日時:Day1 3/1(金)16:40-17:00

3-4. 青木 一真, 富山大学, 研究成果報告

MR17-08～MR23-05 航海の海洋大気エアロゾルの光学的特性

【MR23-05】

日時:Day1 3/1(金)17:00-17:20

ポスター発表(1日目: 2024年3月1日(金)) コアタイム 11:50-13:20

1. 海洋底科学(地球物理、地震・津波、火山、地質、海底資源)

0301-1-1. 富田 史章 他, 東北大学災害科学国際研究所, 研究成果報告

鉛直海中音速構造の不確定性を考慮した GNSS 音響観測による上下変位推定
【KS-23-14, 他】

0301-1-2. 中村 恭之 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

日本海溝北部での反射法地震探査-KM23-07 航海概要-
【KM23-07, KM22-07】

0301-1-3. 柴田 早希 他, 千葉大学 他, 研究成果報告

海底圧力計データを用いた房総沖スロースリップのすべり分布の推定
【NT15-12, KH13-5】

3. 大気・海洋科学(海洋物理、気象・気候、物質循環、古気候・古環境)

0301-3-1. 宮川 拓真 他, 海洋研究開発機構 他, 研究成果報告

2022 年夏季の北海道沖における船舶・航空機同時観測における
大気エアロゾル物理化学計測の相互比較
【KS-22-10】

0301-3-2. 森岡 美樹 他, 日本海洋事業株式会社 他, 研究成果報告

オープンデータへの取組み ~「新青丸」海上気象データの公開開始~
【その他】

0301-3-3. 永野 憲 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

西部北太平洋域における大気・海洋・生態系変動の学際的研究
-MR23-05 Leg1 航海概要-
【MR23-05 Leg1】

0301-3-4. 長島 佳菜 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

「みらい」MR23-05 航海 Leg2:西部北太平洋亜寒帯域における
大気・海洋・生態系変動の学際的研究
【MR23-05 Leg2, MR21-01, MR22-03】

0301-3-5. 矢部 いつか 他, 東京大学大気海洋研究所, 研究成果報告

北西太平洋の磯ロジェット流域における水塊混合と栄養塩フラックス
【KH-23-2, KS-17-9】

4. 海洋工学・技術開発(観測技術、ロボティクス、情報技術、データサイエンス)

0301-4-1. 澄川 あゆみ 他, 海洋研究開発機構, 研究成果報告

研究調査航海に関する DOI 付与と活用

【その他】

0301-4-2. 福場 辰洋, 海洋研究開発機構, 研究成果報告

省電力・無電力送液技術による水環境計測にむけた研究開発

【その他】

5. その他(上記以外の海洋科学一般・教育・アウトリーチなど)

0301-5-1. 中本 加奈 他, マリン・ワーク・ジャパン 他, 航海概要報告

航海で得られたデータの管理・公開(データ公開までの流れ)

【その他】

0301-5-2. 石垣 秀雄, 東京大学大気海洋研究所, 研究成果報告

経年劣化した採水装置のトラブル対応

【KH-21-4】

ポスター発表(2日目: 2024年3月2日(土)) コアタイム 10:55-12:25

1. 海洋底科学(地球物理、地震・津波、火山、地質、海底資源)

0302-1-1. 富士原 敏也 他, 海洋研究開発機構 他, 航海概要報告

熊野灘沖南海トラフにおける高精度海底重力・水圧観測

【KS-23-J05, KR20-09, KR21-20】

0302-1-2. 小野 誠太郎 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

地磁気異常データを用いたマリアナトラフの拡大過程

【YK09-08】

0302-1-3. 森口 堯明 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

四国海盆南西部の地球物理学的特徴: 背弧拡大初期のテクトニクス

【YK22-18S, YK21-06S, YK23-05S】

0302-1-4. 田村 芳彦 他, 海洋研究開発機構 他, 研究成果報告

JAMSTEC 岩石アーカイブの活用にむけて

【YK05-16 leg1, 他】

2. 海洋生命科学(生物多様性、海洋生態系、海底下生命圏、生命科学)

0302-2-1. AHMED Sk Istiaque 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

Comparing three surface sampling methods for fish species detection in eDNA metabarcoding: Can ship bottom intake samples substitute the conventional Niskin and bucket samples?

【KS-18-5, 他】

0302-2-2. 余 泽庶 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

環境 DNA を用いた黒潮流域における小型浮魚類の分布特性に関する研究

【KS-18-5, 他】

0302-2-3. 惟村 晴太郎 他, 東京海洋大学 他, 研究成果報告

セメント系材料表面から単離した海洋性細菌のバイオフィルム形成能およびその機能の解明

【YK22-09C, KR21-07C, YK23-08C】

3. 大気・海洋科学(海洋物理、気象・気候、物質循環、古気候・古環境)

0302-3-1. 黒田 潤一郎 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 航海概要報告

新青丸 KS-23-5 次航海速報

【KS-23-5, KY-04-9】

0302-3-2. 古島 靖夫 他, 海洋研究開発機構 他, 研究成果報告

深海底近傍における乱流強度の実測、推定法、可視化技術の開発
～KM22-15 航海で取得した ADV データを用いた乱流推定～

【KM22-15, 他】

0302-3-3. 伊藤 幸彦 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 航海概要報告

冬季の銚子沖大陸棚域における物質循環過程:KS-23-2 航海概要

【KS-23-2】

4. 海洋工学・技術開発(観測技術、ロボティクス、情報技術、データサイエンス)

0302-4-1. 亀尾 桂 他, 東京大学大気海洋研究所 他, 研究成果報告

マルチプルコアラーの改造による長尺の不攪乱試料採取の試み III

【KH-23-7, 他】

「よこすか」YK23-10S 航海報告：潮岬海底谷の潜航調査に基づく南海付加体発達史の更新と大地震セグメント境界の地質学的実態解明

○山口飛鳥（東京大学大気海洋研究所）、福地里菜（鳴門教育大学）、濱田洋平（海洋研究開発機構）、高下裕章（産業技術総合研究所）、川村喜一郎（山口大学）、井尻 暁（神戸大学）、奥田花也（海洋研究開発機構）、浜橋真理（山口大学）、照井孝之介（東京大学大気海洋研究所）、細川貴弘（高知大学）、辰巳寛二（神戸大学）、芦 寿一郎（東京大学大気海洋研究所）、笠谷貴史（海洋研究開発機構）、木下正高（東京大学地震研究所）、亀尾浩司（千葉大学）、久保田好美（国立科学博物館）、辻 健（東京大学大学院工学系研究科）、白石和也（海洋研究開発機構）、木村 学（海洋研究開発機構）

世界の沈み込み帯の中で、南海トラフは付加体の発達する代表的な沈み込み帯であり、南海トラフ前弧域の大構造とその発達史の理解は、海溝型地震の発生場、および沈み込み帯のダイナミクスを理解する上で重要である。南海トラフにおける近年の深海掘削・反射法探査の成果をふまえて、東南海・南海地震のセグメント境界付近に位置し、付加体断面が露出する潮岬海底谷沿いの海底地質調査・サンプリングを「しんかい 6500」で行うことを目的として、2023 年 6 月 15 日～23 日に「よこすか」YK23-10S 航海が行われた。本発表ではその速報結果を報告する。

YK23-10S 航海では紀伊半島沖の潮岬海底谷において「しんかい 6500」による潜航調査を実施し、南海トラフ付加体および前弧海盆堆積物の採取、プッシュコアラーによる表層堆積物および冷湧水の採取、地形調査・地磁気観測・熱流量観測などの地球物理調査を行った。海底谷の崖沿いに行った 4 潜航（Dive 6K#1699, 1700, 1702, 1703）では、付加体を構成すると考えられる泥岩、斜面堆積物または前弧海盆最下部をなすと考えられる礫岩、前弧海盆堆積物と考えられる砂岩泥岩互層を視認・撮影し、合計 104 個・195 kg の岩石試料を採取した。また、礫岩と砂岩泥岩互層の境界露頭を 4 潜航全てで確認した。今後、石灰質ナノ化石および浮遊性有孔虫化石による年代測定を行い、付加体と前弧海盆の境界の年代を決定することで南海付加体および前弧海盆の発達史を更新できると期待される。海底谷を縦断した 1 潜航（Dive 6K#1701）では、「しんかい 6500」に搭載したサブボトムプロファイラーによる海底下構造探査とプッシュコア、「よこすか」による海底地形調査を総合し、海底谷の発達過程と物質移動に関する知見が得られた。Tsuji et al. (2013, Tectonophysics) は、潮岬海底谷直下に高密度なドーム状岩体が存在することを反射法地震探査から指摘しており、このドーム状岩体は中期中新世の火成複合岩体で、東南海・南海地震の破壊領域にも影響を与える可能性が指摘されている（Kimura et al., 2022, G-cubed）。本航海では、「しんかい 6500」に搭載した熱流量測定装置（SAHF）による地殻熱流量測定を 9 地点で行った。今後、熱流量測定結果、および「よこすか」搭載の三成分磁力計・プロトン磁力計による広域地磁気観測に基づき、火成岩体の存在について多角的に検討を行う予定である。

本航海は海況に恵まれ、予定していた 5 潜航を完遂することができた。今後、乗船後研究の進展により、南海付加体と熊野海盆の形成初期の発達史、およびセグメント境界の実態を物質科学的に解明することが可能になると期待される。「しんかい 6500」による広域の海底調査と大量の試料採取は、反射法地震探査などの地球物理観測と鉛直 1 次元の深海掘削を、スケールを越えてつなぐ上で非常に強力なツールである。

南海トラフで繰り返すゆっくり滑りのリアルタイム検知に向けた 長期孔内観測の取り組み

○荒木英一郎（海洋研究開発機構）、町田祐弥・横引貴史・辻修平・松本弘幸・西田周平・馬場慧・
青池寛・中村恭之・有吉慶介・堀高峰・小平秀一（海洋研究開発機構）

南海トラフ沈み込み地震発生帯の熊野灘に IODP で設置された海底深部長期孔内観測システムによって、浅部沈み込みプレート境界域で発生するゆっくり滑りの発生が明らかとなった。海底ケーブルに接続した 3 点の長期孔内観測システムにより、浅部ゆっくり滑りのモニタリングがなされるようになった。一方、南海トラフの広域では、GNSS/A などにより、ゆっくり滑りの発生が示唆される地域もあり、VLFE 等からゆっくり滑りの発生も示唆される一方、高感度かつリアルタイムな海底地殻変動観測点がないため、浅部ゆっくり滑りの発生時系列は広い領域で今なお不明である。

そこで、私たちは、広域での浅部ゆっくり滑りの発生を捉えることを目指し、熊野灘での IODP 長期孔内観測システムでの観測の経験を踏まえ、広域で浅部ゆっくり滑りを捉えることが期待できる新たな長期孔内観測システムを開発した。現在、紀伊水道沖、四国沖、日向灘のゆっくり滑りの発生が期待できる地域計 3 か所への設置展開を年次的に計画し、2023 年 11 月「ちきゅう」CK23-03 航海において紀伊水道沖にその最初の長期孔内観測システムの設置を実施し、2023 年 12 月～1 月の新青丸航海 KS23-J11 において、「ちきゅう」で設置した長期孔内観測システムの孔内センサーの健全性を確認したうえで、海底地震津波監視観測システム DONET2 への接続を実施し、リアルタイム観測の開始に成功した。

開発した長期孔内観測システムは、海域で高感度にゆっくり滑り、VLFE、低周波微動～地震を捉えるため、海底下の堆積層 500m 程度まで掘削した孔内で間隙水圧と歪を広帯域で計測するものである。間隙水圧はこれまで熊野灘に設置したものと同様の仕組みであるが、歪は、孔内にセメント固定したコイル状の 200m 長の光ファイバーケーブルの伸縮を基準長光ファイバーと光干渉法により比較計測する方式の「孔内光ファイバー歪計」を新たに開発・採用した。この新開発の孔内光ファイバー歪計によって、微小地震～ゆっくり滑りに伴うゆっくりとした歪変動を高感度に観測できると同時に、巨大地震のような大きな歪変動に対しても振り切れず忠実に観測が可能となる。光ファイバー歪計は、孔内には光ファイバー部品のみを配置することによって、耐故障性を高めた。孔内の同一測定区間には温度応答の異なる同等の歪計用光ファイバーが 2 式孔内設置され、冗長構成とするとともに、計測歪への孔内温度変化の影響を取り除くことができるようにした。孔内間隙水圧および孔内光ファイバー歪計は、DONET 孔内インターフェースを通じ DONET に接続することで、長期・リアルタイム観測を行う。

今回の開発では、孔内光ファイバー歪計の計測区間に並行した、光ファイバーセンシングを行える光ファイバーも巻線した。海底から孔内へ接続する光ファイバーと合わせ、DAS（地震）や TW-COTDR（歪・温度）、DTS（温度）等の様々な方式で孔内光ファイバー計測が行えるものとした。CK23-03「ちきゅう」航海や KS23-J11「新青丸」航海中においては、船上の光ファイバー観測装置を孔内ファイバーに接続し観測を試みた。ROV の光ファイバー経路での光ロスが想定以上に大きかったため、孔内の精密な光ファイバーセンシング実施にはまだ課題が多くあるものの、科学掘削における初めての孔内での光ファイバーセンシングであり、その意義は大きいと考える。

また、将来的には、海底で動作する光ファイバー観測装置を開発・設置し、連続的な光ファイバー観測を実施する計画である。

CK23-03 ちきゅう航海においては、長期孔内観測システム設置後、2 点目の候補点である室戸沖の DONET2G ノード近傍の地点において、ケーシング設置の地耐力評価を主目的とした HPCS コアサンプリングも実施した。引き続き 2 点目の設置へ向けて、機器開発・製造やサイトの評価等作業を進めるとともに、設置した 1 点目の観測データの解析とゆっくり滑りのリアルタイム評価・観測結果の気象庁等諸機関への提供を進めていきたいと考えている。

鬼界カルデラ火山海域での地下比抵抗構造

○小畑拓実・荒木将允・廣瀬時・松野哲男・南拓人（神戸大学），臼井嘉哉（東京大学地震研究所），大塚宏徳・巽好幸・杉岡裕子（神戸大学），市原寛（名古屋大学），島伸和（神戸大学）

本研究は、地下比抵抗構造の推定を通して、巨大カルデラ噴火を導いてきたマグマ供給系の現状への理解を進めることを目的としている。鹿児島県の南方に位置する鬼界カルデラ火山では、巨大カルデラ噴火が繰り返されてきた。また、Tatsumi et al.（2018）によって、カルデラ内部で溶岩ドームの存在が確認されており、直近の巨大カルデラ噴火（7.3ka）以降もマグマが供給されている可能性がある。

我々は、複数回の航海を通して、鬼界カルデラ火山周辺海域への OBEM（海底電位差磁力計）の設置・回収を実施し、豊富な海底電磁場データを取得してきた。2016 年 10 月から 2021 年 3 月にかけて、「かいいい」KR20-11 航海、及び神戸大学練習船「深江丸」による航海により、周辺の海底 24 地点で電磁場データを取得してきた。昨年は、これらのデータによる解析状況を報告した。

「かいいい」KM21-05 航海で、鬼界カルデラ火山の南東部 4 地点と北西部 4 地点にそれぞれ設置した OBEM を、2023 年 2 月に「新青丸」KS-23-3 航海で回収した。今回は、KS-23-3 航海で新たに得られたデータを加えて、比抵抗構造の推定を行った。

事前処理を施した電磁場データから、BIRRP（Chave and Thomson, 2004）を用いて、MT 応答関数を推定した。OBEM を設置した海域は水深が 90m～623m と浅く、海流やそれによる機体の揺れの影響が見られた。多数の地点の地磁気データを使用してリモートリファレンス処理を施すことで、MT 応答関数の品質が最も向上した。リモートリファレンス処理に使用したのは、鹿屋、柿岡、女満別、父島、祓川の地磁気観測所データである。

鬼界カルデラ周辺では海底地形の変化が激しいため、地形の起伏によって生じる電磁場の歪みが地下構造の推定に影響を与える。我々は、少ない計算グリッドで地形効果を精度良く表現するために、FS 法（Baba and Seama, 2002）を採用した。三次元 MT インバージョンコード ModEM（Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014）に、FS 法を導入した ModEM+FS 法を開発し、それによって三次元地下比抵抗を解析してきた。

現在、ModEM+FS の結果と比較するため、別の三次元 MT インバージョンコードである FEMTIC（Usui, 2015; Usui et al., 2017）による構造解析も行なっている。モデルの作成には、海底地形を適切かつ容易に表現できる六面体メッシュ（Usui, 2021, JpGU meeting）を採用した。講演ではこれらの結果を比較して報告する予定である。

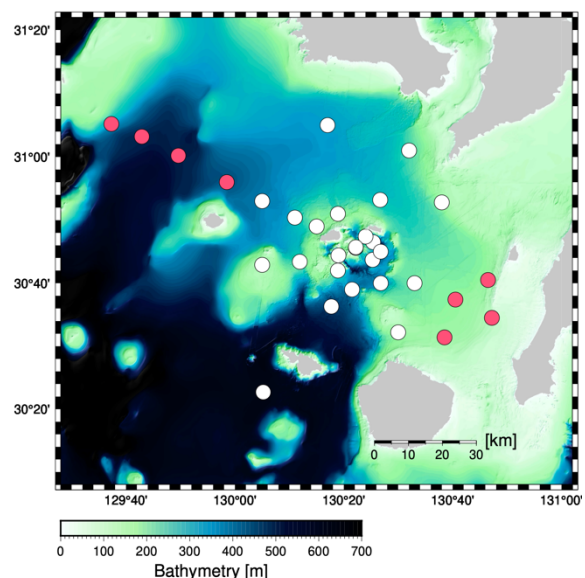


図 1. 海底地形図と OBEM の設置地点。白丸は昨年の解析で使用した地点。赤丸は今回の解析で、新たに使用した地点。

クロスラインレーザーを用いた「しんかい 6500」による 深海底定方位岩石試料の古地磁気分析（予察）

○澁谷純・金丸龍夫（日本大学）、古川邦之（愛知大学）、
谷健一郎（国立科学博物館）、山本裕二（高知大学）

固体地球科学において、岩石の持つ種々の情報を明らかにすることは最も重要な作業の一つである。これまでも、岩石を定方位で採取し、実験室内でそれを抽出することにより地球の様々な現象が明らかとなってきた。定方位岩石試料を用いた古地磁気学的な研究はその代表例であり、プレートテクトニクスの解明など地球科学の発展に大きな役割を果たしてきた。その他、変成・変形岩類の構造など定方位岩石試料の採取が求められる研究は多方面に渡る。陸上に露出した岩石については、方位磁石などを用いて方位を岩石に直接記録することにより比較的容易に定方位岩石試料を採取することは可能であるが、これを深海底で行うのは非常に困難である。もし、地球上で膨大な面積を占める深海底の定方位試料が容易に手に入れば、これまで困難であった海底の古地磁気や構造地質学的研究が可能となり、詳細なプレート運動、海底火山噴火や海溝型地震のメカニズム解明に迫ることができる。これまでも多くの研究者がその採取法を検討してきたが（例えば、Yamazaki, et al., 2021, EPS; Cogné, et al. 1995, EPSL; Hurst and Karson, 1994, Tectonics）、時間・場所・機材などの様々な制約によりその方法は未だ確立されていない。最近、我々は陸上の火山噴出物について、クロスラインレーザーを用いた定方位岩石試料採取を試みている（金丸・古川, 2023, JpGU）。今回、その方法を応用し、しんかい 6500 に取り付けけたクロスラインレーザーを用いた方法により海底火山から定方位岩石試料採取を試み（図 1）、概ね良好な結果を得たため、ここに予察的な報告を行う。

YK23-16S 航海（2023 年 9 月 15 日横須賀～2023 年 9 月 29 日那覇）は伊平屋・伊是名海域・南奄西海域・奄美リフト海域において計 7 回（第 1725～1731 潜航）、しんかい 6500 による潜航調査を行った（谷ほか, 本シンポジウム発表）。このうち、第 1731 潜航では、海底火山斜面に露出した枕状溶岩の同一地点から 3 つの定方位岩石試料(R10, 11, 12)を採取することができた（図 2）。

今回試みた方法では、しんかい 6500 のカメラに 2 本の深海用ラインレーザーを直交するように取り付け、露頭に照射しながらその軌跡を写真撮影し、しんかい 6500 の姿勢および取り付けけたカメラの相対的な角度からラインレーザーの照射角を計算することにより定方位岩石試料が得られる。マニピュレーターにより採取した試料は、船内の実験室において写真および動画を参照しながら、民生用のクロスラインレーザーを用いて姿勢復元し、携帯ドリルを用いて船上で古地磁気用コア試料に整形した。これらの試料について、段階熱消磁実験を行ったところ、全ての試料の特徴的残留磁化方位は複数の直線成分を確認した。それらの成分のうち、100-200℃付近に方向が比較的集中する低温成分が確認できた。この成分の複数試料の平均方向の偏角は、概ね北方向、もしくはやや東偏し、その伏角は、地心双極子磁場を仮定したときに緯度から期待される角度よりもやや浅い。枕状溶岩が複数成分の特徴的残留磁化成分を有することは、溶岩冷却中の傾動や転動を記録している可能性があり、それについては今後詳細な検討を行う。複数試料の古地磁気方位が現在の北と矛盾しない方向として得られたことは、本方法が深海底から定方位岩石試料を得る方法として有効であることを示している。



図 1 露頭に照射されたクロスラインレーザー

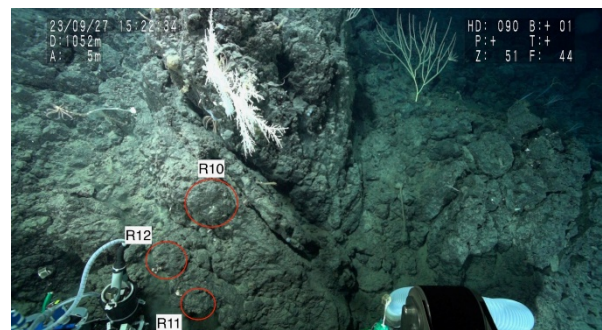


図 2 古地磁気分析用定方位岩石試料を採取した露頭の様子。図中の文字（R10～12）は試料番号。

沖縄トラフ中部における分野横断型調査：YK23-16S 航海の予察的成果

○谷健一郎・佐野貴司・小松浩典・FOX Jodi (国立科学博物館), CHEN Chong・波々伯部夏美・
MCINTOSH Iona (海洋研究開発機構), 古川邦之 (愛知大学), 金丸龍夫・澁谷純 (日本大学),
角野浩史・沼田翔伍 (東京大学), 川村紀子 (海上保安大学校), 羽入朋子 (神戸大学),
南宏樹 (海上保安庁), 岡村慶 (高知大学)

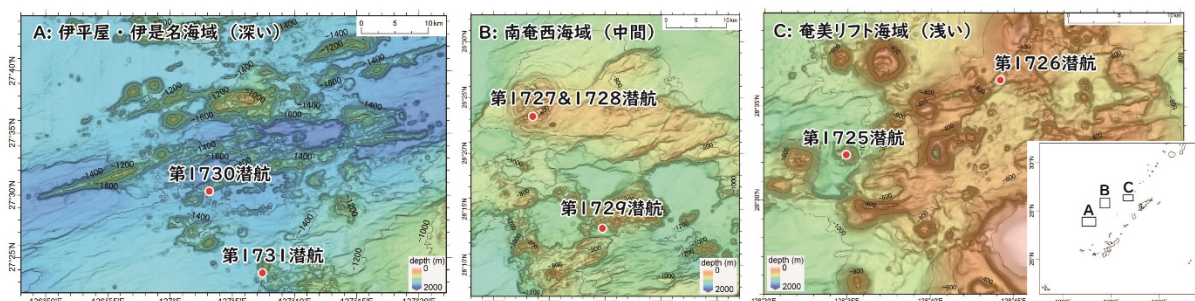
沖縄トラフは大陸地殻が薄化して背弧海盆が形成される直前の大陸リフトが海面下に存在している、現在の地球上では特異なテクトニック環境にある。リフティングに伴って非常に活発な海底熱水活動とそれに伴う硫化物鉱床形成が 1980 年代後半に発見されたことから、熱水系に着目して精力的な調査研究が行われてきた。しかし海底熱水活動や鉱床形成を駆動する沖縄トラフ海底火山活動の地球化学的特徴とそのマグマ成因、火山形成史などについては限定された先行研究が存在するのみ(例: Shinjo and Kato 2000 Lithos)で、熱水活動との関係も含めて未解明な部分が多い。

我々は 1988 年・1990 年に独調査船 Sonne によって行われた沖縄トラフの広域海底調査 (HYDROMIN1&2 航海) で採集された火山岩類の系統的な地球化学・岩石学的分析を進めている。その結果、沖縄トラフのリフト帯ではマグマ中の液相濃集元素含有量が明瞭に異なる 4 タイプの流紋岩質火山活動が存在し、その一部は同じ火山体から噴火している可能性があることが判明した。この地球化学的な差異は同一のマグマ源からは説明が難しいため、リフティングの進行に応じて一つの火山でもマグマ成因に時間変遷が存在していることを示唆している。また珪長質マグマ形成に花崗岩質地殻の部分溶融が関わっている直接的な証拠も発見された。

そこで本航海では沖縄トラフ中部において、上記のような火山岩の地球化学的特徴が異なり、かつ噴火水深も異なる、伊平屋・伊是名海域(深い: 水深 1,100 m 以深)・南奄西海域(中間: 水深 1,000 - 800 m)・奄美リフト海域(浅い: 水深 600 m 以浅)に注目し、これらの火山群について有人潜水船しんかい 6500 を用いた系統的な火山地質調査を計画した。また地質調査と並行して調査海域に分布する熱水域において熱水と底生生物のサンプリングを行い、火山活動と熱水組成、海底熱水生態系の関係についても分野横断型の研究を行うことを目指した。

YK23-16S 航海 (2023 年 9 月 15 日横須賀～2023 年 9 月 29 日那覇) は海況に恵まれ、各海域において、計 7 回 (第 1725～1731 潜航) の潜航調査を行い、岩石・堆積物・熱水・生物試料の採集に成功した。特に奄美リフト北縁部において実施した第 1726 潜航では新たな熱水域を発見した。また岩石磁気的分析から海底溶岩流の流動機構を解明するために、ラインレーザーを用いて岩石・堆積物の定方位サンプリングを簡便に行う手法を新規に開発し、試料採集に成功した (澁谷ほか、本シンポジウム発表)。さらには夜間・整備日には航走観測を行った。

本発表では、YK23-16S 航海の概要に加え、潜航調査と採集試料の分析から得られつつある予察的成果について紹介する。



YK23-16S 航海における潜航調査地点

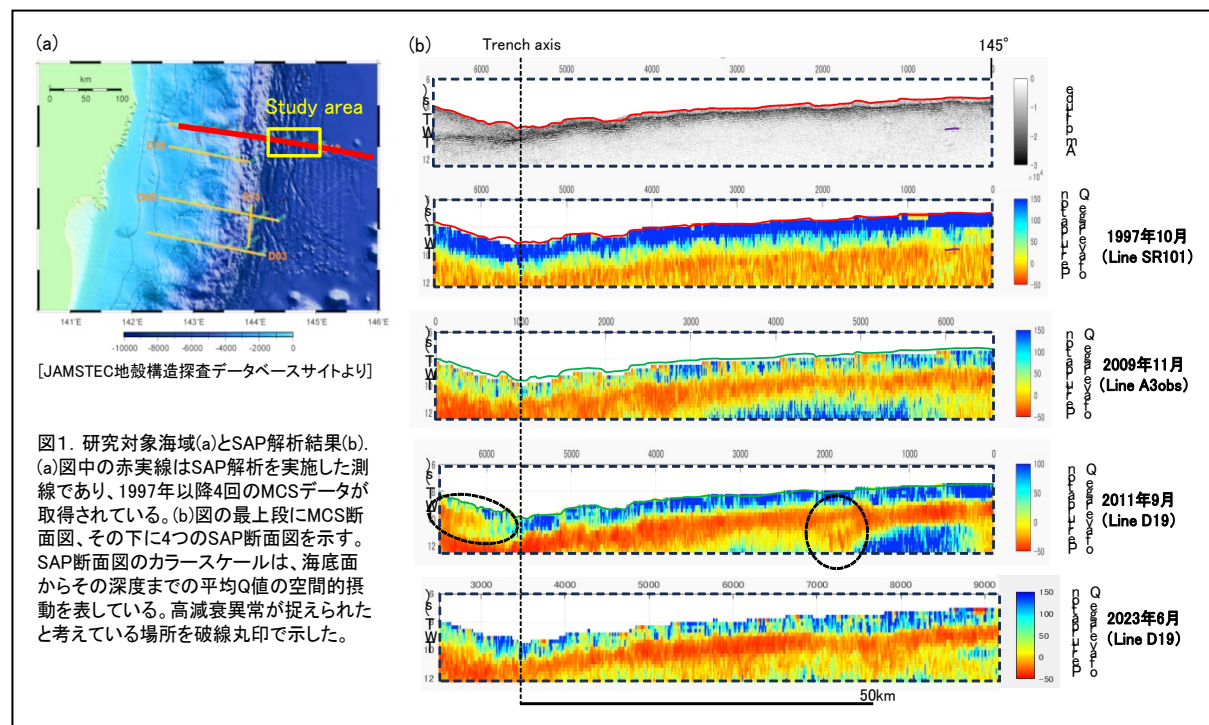
減衰プロファイリング法を用いたマルチチャンネル反射法データのタイムラプス解析

○鶴哲郎（東京海洋大学/海洋研究開発機構），野徹雄（海洋研究開発機構）・朴進午（東京大学大気海洋研究所）

マルチチャンネル反射法（以下、MCS）データは、地殻構造を高精度に映像化する手法としてしばしば用いられている。最も一般的な映像化手法は、音響インピーダンスが異なる地層境界面から反射して来る波をマッピングした MCS 断面図である。しかし、調査時に反射波が観測されなければ、地殻構造や岩石物性に関する解析を実施できない。すなわち、断層発達域や火山岩地域のように連続性の良い反射波が観測されにくい場所では、MCS データによって有益な地下情報を得ることは困難である。そのような背景のもと、筆者らは、反射波が観測されにくい場所で地下の岩石物性に関する情報を得るための手法として、減衰プロファイリング法（Seismic Attenuation Profiling、以下 SAP）の開発に取り組んでいる（Tsuru et al, 2018）。

2021 年、Park et al. (2021)によって、日本海溝アウターライズで海底面からモホ面を貫きマントルまで達する大規模な正断層と、その正断層付近で採取された海底堆積物中の間隙流体からマントル流体の上昇を示唆するヘリウム同位体比異常が発見された。その結果から、日本海溝アウターライズにおいてマントルと海洋を結ぶ大規模な流体循環モデルが提唱された。

本研究では、その海洋とマントルを結ぶ大規模流体循環の時空間スケールの解明研究の一環として、当該海域で観測された MCS データを用いて SAP 解析を実施した。使用したデータは、1997 年/2009 年/2011 年/2023 年に同一測線で観測された MCS データである。これらの 4 つのデータセットを用いたタイムラプス解析により、流体循環の時間スケールを明らかにすることを試みた。今回は、その暫定結果について報告する（図 1）。



Park, J.-O., N. Takahata, E. J. Hondori, A. Yamaguchi, T. Kagoshima, T. Tsuru, G. Fujie, Y. Sun, J. Ashi, M. Yamano & Y. Sano, Mantle-derived helium released through the Japan trench bend-faults, *Scientific Reports*, 11:12026, 2021.

Tsuru, T., J.-O. Park, T. No, Y. Kido & K. Nakahigashi, Visualization of attenuation structure and faults in incoming oceanic crust of the Nankai Trough using seismic attenuation profiling, *Earth Planets and Space*, 70:31, 2018.

日本海溝アウターライズにおける熱流量の局所的変動と 海洋地殻内の流体循環

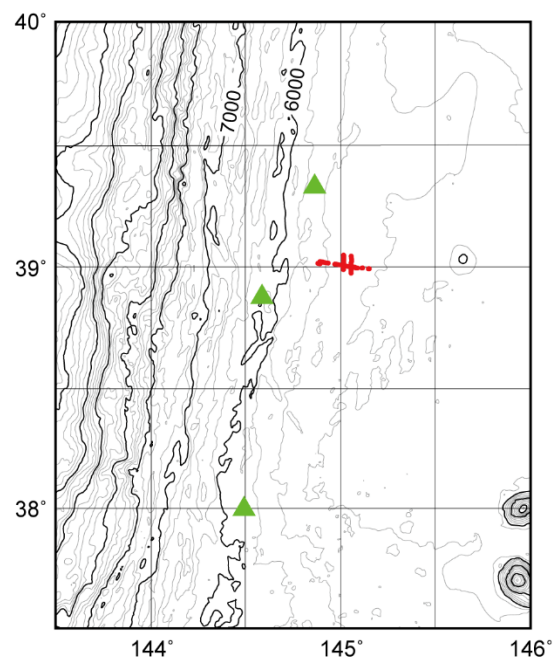
○山野誠（東京大学大気海洋研究所，海洋研究開発機構），木下正高（東京大学地震研究所）

日本海溝海側のアウターライズ上では、沈み込む太平洋プレートの年齢に対して異常に高い熱流量が広範囲で観測されている（Yamano et al., 2014）。この熱流量異常は、沈み込む直前のプレートの変形に伴って海洋地殻が破碎され、透水率が増加し流体循環が発達することにより、深部から熱が効率的に運ばれて生じたと考えられる（Kawada et al., 2014）。高熱流量域は海溝軸から 150 km 付近にまで及んでいるが、その範囲での値は一様ではなく、数 km スケールの大きな変動が見られる。この局所的な熱流量の変動は、海洋地殻の破碎が不均質に進行し、破碎の及んだ深さや透水率が場所によって異なることを示唆している。特に詳細な熱流量分布が得られているのは、北緯 39.0 度付近の海溝に直交する測線（東西方向）に沿った、海溝軸からの距離 60~80 km 付近である。この地域では正断層による海底地形は未発達であるが、熱流量は 3~5 km のスケールで大きく増減を繰り返すという変動を示し、海洋地殻内の亀裂の分布を反映している可能性がある（山野・川田，2017）。

上記の変動は海溝に直交する方向のものであるが、海底地形に表れた断層の分布や走向にも見られるように、海洋地殻の構造・破碎過程は海溝に平行な方向にも不均質であると考えられる。これに対応して熱流量がどのように変化するかを調べるため、新青丸 KS-15-16 航海、白鳳丸 KH-20-8 航海、KH-22-6 航海において、南北方向の 2 本の測線上で高密度の熱流量測定を行った。この 2 本の測線は、上記の東西方向測線（北緯 39.0 度付近）と、それぞれ熱流量の山近傍と谷近傍で交わっている。得られたデータから、両測線ともに数 km のスケールで熱流量が変動すること、変動の振幅は東西測線の熱流量の山を通る測線では東西測線での変動と同程度であり、谷を通る測線ではこれより小さいことが明らかになった。このような熱流量分布は、日本海溝アウターライズにおける海洋地殻の破碎とそれによる流体循環の発達は非常に不均質で、海溝に平行な方向にも大きく変化することを示唆している。

上述の地域の海溝側では多数の正断層が発達し、ホルスト・グラベン構造を形成している。これらの断層に沿っては透水率の高い破碎帯が存在し、流体循環の経路となっている可能性がある。いくつかの断層の近傍で採取された堆積物の間隙水からは、深部起源を示す He 同位体比の異常が報告されている

（Park et al., 2021）。このような断層に伴う流体循環による熱輸送を調べることを目的として、KH-22-6 航海において、断層崖を東西に横切つての熱流量測定を、北緯 39 度 20 分、38 度 53 分、38 度 00 分の 3 か所で実施した。得られた熱流量分布は、いずれも断層崖斜面の下部で熱流量が高いという特徴を示している。この局所的な高熱流量は、海底地形の効果だけでは説明できず、断層破碎帯における流体循環が生じて熱を汲み上げていることが推定される。



熱流量測定点の位置。赤点は東西方向・南北方向の高密度測定、緑三角は断層を横切る測定。

熊野灘沖から遠州灘沖における地殻構造調査

○白石和也・新井隆太・Qin Yanfang・海宝由佳・三浦亮・Mehmet Ali Uge・
三浦誠一・中村恭之・野徹雄・山本富士夫・藤江剛・小平秀一（海洋研究開発機構）、
藤中達也・Paul Flores（横浜国立大学）、石橋環（東京海洋大学）

南海トラフでは、プレート境界型巨大地震が繰り返し発生し、近年はスロー地震の観測が多数報告され、地震活動の多様性や相互関係について研究が盛んな、地震防災上最重要な領域の一つである。地質構造と地震活動の関係について理解を深めるためには、広域かつ稠密に地殻構造を調査し、沈み込み帯の詳細な地質構造と物理物性を三次元的に明らかにしていくことが必要である。そこで、海洋研究開発機構では 2018 年から継続的に、それ以前の調査による既存データを活かすように稠密な測線を設定し、反射法地震探査および屈折法・広角反射法地震探査による地殻構造探査を実施している。

2022 年以降の主な調査対象地域とする熊野灘沖から遠州灘沖は、1944 年昭和東南海地震の発生域であり、その海溝側の地殻浅部では、近年の地震観測により微動や超低周波地震等のスロー地震が繰り返し発生することが確認されている。2004 年には沈み込むフィリピン海プレートの内部で M7 クラスの地震が発生している。また、過去の調査によって、古銭洲海嶺の沈み込みが示唆されているものの、海嶺の詳細な形状や空間連続性について不明なことは多い。そこで、当該海域における多様なプレートすべり様式を規定する構造要因を明らかにすることを目的として、2022 年度には、YK22-14、KM22-10 および備船航海、2023 年度には、KM23-13 および備船航海による調査を実施した。なお、いずれの年も、海底地震計の設置、反射法・屈折法探査、海底地震計の回収という一連の作業を行うため、内容に応じた複数の航海またはレグに分かれている。

これらの航海において、反射法探査では、長尺ハイドロフォンストリーマーケーブルと大容量エアガンを用い、主としてトラフ軸と概ね直交な方向には、既存調査と合わせて 4km または 8km 間隔で対象地域をカバーできるよう測線を設定し、トラフ軸と概ね並行するいくつかの測線と合わせて、データ取得を行った。また、屈折法・広角反射法探査は、過去に実施されたトラフ軸と直交方向の測線を利用し、過去の調査における海底地震計設置点の間に 2 台となる間隔で、各側線に 50 点ずつ稠密に四成分海底地震計を設置し、大容量エアガンによる発震記録を収録した。当該海域の新規調査測線および既存測線の配置を図 1 に示す。

新規に取得された地震探査データは、既存データの一部を活用して、統合的な処理・解析を実施する。反射法では、最新のデータ処理およびイメージング技術を適用して地下構造断面を生成し、詳細な地質構造を描像する。また、屈折法・広角反射法からは、初動到達走時および後続波形を利用した逆解析により、地殻内の地震波速度構造を推定する。その結果、以前に比べて高い空間解像度で、地質構造と物性分布が明らかになりつつある。

本発表では、調査概要について報告するとともに、当該海域で明らかとなった地下構造の特徴の一部を紹介する。プレート沈み込み帯において、三次元的な地下構造と関連する地質現象の理解を深めるためには、稠密な新規データ取得と既存データも活用した解析を継続的に行うことが重要である。

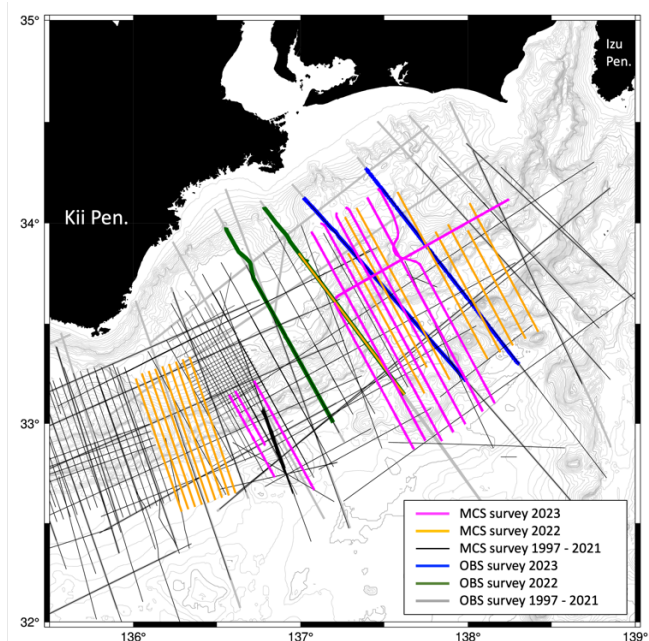


図 1 熊野灘沖から遠州灘沖における地震探査測線図。

連続リアルタイム海底地殻変動観測技術の開発・展開

○西田周平・荒木 英一郎・横引 貴史・松本 浩幸・町田 祐弥・辻 修平・馬場 慧
(海洋研究開発機構)

海洋研究開発機構海域地震火山部門では、地震活動の現状把握と実態解明を目指して、広域かつ精緻な観測データをリアルタイムで取得する海底地殻変動観測システムを開発・展開するため、東南海・南海地震想定震源域に展開された地震津波観測監視システム DONET を基盤とした、①海底水圧計での上下地殻変動観、②海底掘削孔による観測、③光ファイバセンサによる観測を組み合わせたゆっくり滑り観測に関する技術開発および海域展開を進めており、その成果および進捗状況を報告する。以下に、近年の実績について述べる。

- ① DONET 海底水圧計の機器固有のドリフト量を推定するために開発した移動式水圧校正装置による現場校正技術を用いて、広域での水圧変動把握を進めるため、これまで校正を実施してきた DONET 観測点 1B-8, 2C-10 (図 1) の 2 ヶ所に加えて追加で 1B-5, 2C-11 (図 1) での校正データの取得し、DONET 海域での現場校正巡回点を増やした。また、レーザ測距装置と移動式水圧校正装置を組み合わせた「フライバイ水圧校正」試験にも着手した。加えて水圧校正技術を火山活動に伴う海底地殻変動の観測へ適用するため、海底水圧計を伊豆大島沖に設置し、校正及びデータの回収を行った。
- ② 海底掘削孔内での高精度な傾斜観測を目指して、2020 年 1 月に、地殻変動観測点 1B-S1 (図 1) において海底設置型掘削装置 (BMS) で 20m 孔を掘削、傾斜計の設置と DONET への接続を行い、実海域観測評価を開始した。既設の電解液式の傾斜計との観測精度の評価・試験などを実施した。また、2023 年の 11 月には「ちきゅう」で掘削した 500m 掘削孔 C9038B (図 1) に、ゆっくり滑りの観測を目的とした、光ファイバ歪計と間隙水圧計の設置を行い、2024 年 1 月に DONET と接続しリアルタイム観測を開始した。
- ③ 水平歪リアルタイム観測を目的に 2019 年より 2F-S2 (図 1) において観測を行っている光ファイバ歪計により、2022 年 1 月～3 月にかけて浅部ゆっくり滑りを示唆するデータが観測された。2022 年 11 月には同海域に追加で 2 器、スキ埋設装置を用いて光ファイバを海底下 15cm に埋設敷設し、その観測能力を向上させた。また、DAS などの光ファイバケーブルを用いたセンシング技術開発にも着手し、室戸沖海底ケーブルによる DAS 観測データの評価のため自己記録式温度計による海底ケーブル近傍 M03 (図 1) での温度観測や、2023 年 2 月には DAS 用に開発した光ファイバセンサケーブルを相模湾初島沖の深海底総合観測ステーションに接続・敷設 (図 2) し、試験観測を実施中である。

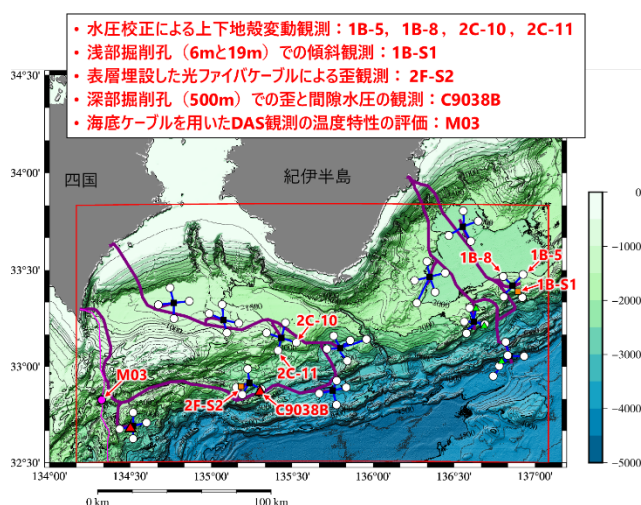


図 1 東南海・南海地震想定震源域での観測網の展開図

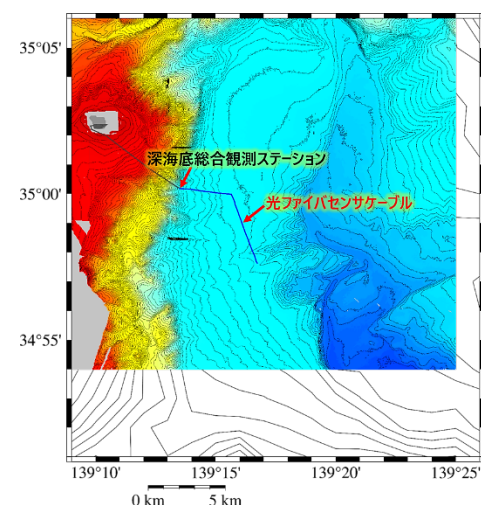


図 2 相模湾 光ファイバセンサの位置

概要報告：伊豆・小笠原弧の活発な火山活動を 徹底的にかいめいする為の海域火山調査

○吉田健太（海洋研究開発機構）、多田訓子・羽生毅・浜田盛久・McIntosh Iona・萩原雄貴
佐藤智紀・北田数也・田村芳彦・小野重明（海洋研究開発機構）、平峰玲緒奈（東京都立大学）
高井星香（東京海洋大学）、原野あゆ・黒田真奈加（名古屋大学）

近年、伊豆・小笠原弧における火山活動や関連現象が頻繁に見られている。2013 年から継続的な活動を見せている西之島や、2021 年に大規模噴火と軽石漂流現象を起こした福徳岡ノ場、2022 年の海徳海山での変色水観測、2022～2023 年の硫黄島での噴火活動と新島形成、2023 年 10 月の鳥島周辺海域地震・津波現象などの現象は、科学的のみならず社会的な注目も集めている。海洋研究開発機構では、このような海域火山の活動状況を把握するため、継続的な観測航海を試みている。KM23-14 航海は 2023 年 11 月 9 日から 28 日にかけて、海底広域研究船「かいめい」を用いて、伊豆諸島三宅島、鳥島周辺海域、および小笠原諸島西之島、福徳岡ノ場の調査を目的として実施された。航海ではピストンコア（三宅島・西之島）、ドレッジ（西之島）、KM-ROV（西之島）、UAV（西之島）による地質調査と、西之島での KM-ROV・UAV を用いた磁気測量、および鳥島周辺海域での地形調査・海底地震計設置を行った。本発表では、これらの調査に関して、特に西之島の観測を中心に概要を報告する。鳥島周辺海域での地形調査については速報プレスリリースが既報なので、そちらを参照されたい[1]。

西之島では 2013 年 11 月から間欠的な噴火活動が見られ、2020 年までに 4 つの噴火期が識別されている[2]。第 1 期から第 3 期では安山岩マグマの噴出が見られており、薄い地殻を持つ西之島が大陸地殻を形成する場であるという仮説が提唱された[3]一方で、2019-2020 年の第 4 期噴火では、2020 年に玄武岩質安山岩を噴出するバイオレントストロンボリ噴火を呈した[2]。第 4 期噴火の際には玄武岩質マグマや白色の安山岩質軽石も噴出していたことが KR20-E06 航海などから示唆されており[4]、いわゆるバイモダル火山活動として今後カルデラ形成を伴うような巨大噴火を起こす可能性も指摘されている。2021 年以降も断続的な噴火活動が見られており、第 5 期噴火と呼べるものである。

10 年の間にマグマ組成の大きな変化を見せながら活動を継続する西之島がどのような推移を見せるかは、地球科学的にも重要な課題と言え、また、西之島が今後 2020 年のような爆発的な噴火をより大規模に起こす可能性があるとするれば、その実態記録は今後の火山防災・減災を考えるうえでも意義深いものとなる。このような状況を踏まえて、本研究では西之島の現状の把握を目指した観測を実施している。

西之島の直近の調査は、環境省による総合学術調査が 2023 年 9 月 11 日～20 日にかけて実施されている[5]。その際には、火口内のみでなく島の全域から白色噴気が立ち上る様子が報告されており、火山活動が比較的活発であったことが示唆されている。本航海では 2023 年 11 月 13 日～21 日の期間で西之島周辺に於いて観測を実施した。観測期間中の噴火は認められず、白色噴気は主として火口内および火口縁や火砕丘斜面から立ち上っており、島内全域から上がるほどの状況ではなかった（図 1a）。山腹斜面からの白色噴気は主として島の東側で活発に見られるという東西非対称性が確認された（図 1b）。この東西非対称性は、山腹斜面に見られる白色～黄色の析出物の分布でも同様の傾向が見られた（図 1b&c）。また、UAV を用いた詳細な地表観測の結果、火口縁南西側に、差し渡し数十メートルの崩落地形が見られた。加えて、島の周囲には茶褐色～黄褐色の変色水が見られ、その日の風と潮次第で潮下方向に変色水の広がりが見られた。

西之島の直近の火山活動状況把握のために、UAV による表層堆積物の採取を実施した。採取堆積物は比較的円磨の進んだ粒子からなり、黒色から明るい灰色の粒子および赤茶色の粒子を含むため、本質物以外のものも混合しているものと考えられる。バルク組成としては $\text{SiO}_2=59 \text{ mass\%}$ 程度を示し、従来報告されている西之島の第 1 期の安山岩と第 4 期の玄武岩質安山岩の中間的な組成を示した。

また、西之島の北側、水深約 2500m の地点でピストンコアを実施したところ、約 2.5m の黒色火山灰からなるコアを得た。コアは一様に黒色を呈しており、第 4 期噴火での大量の火山灰噴出によるものである可能性が高い。これらに加えて、西之島北東に於いて KM-ROV を用いた調査・サンプリングを実施した。

講演では、KM23-14 で得られた試料に対する記載岩石学的研究の予察的結果を、近年海洋研究開発機構で実施している西之島研究成果と比較しながら紹介する予定である。

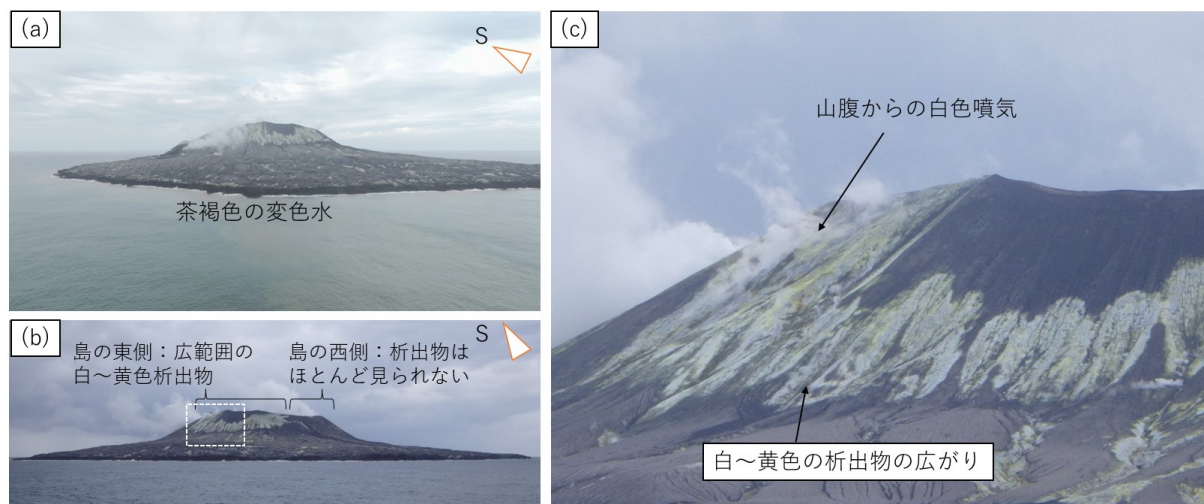


図 1. 2023 年 11 月 18 日に観測した西之島. (a) 北東から UAV による空撮. 島の周囲に茶褐色の変色水が存在し、手前方向に広がってきているのが認められる. (b) 北北東から、船上にてハンドカメラで撮影. 白～黄色の析出物は島の東側に特に認められ、西側ではほとんど見られない. (c) 図 1b の白い枠内を拡大撮影したもの. 白～黄色の析出物が広がる山腹より、白色噴気が上がっている.

¹ 海底広域研究船「かいめい」による鳥島周辺海域の緊急調査航海の実施について（速報）

https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20231121/

² Maeno et al. (2021) <https://doi.org/10.3389/feart.2021.773819>

³ Tamura et al. (2019) <https://doi.org/10.1111/iar.12285>

⁴ Tamura et al. (2023) <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1137416>

⁵ 環境省（2023）令和 5 年度西之島総合学術調査結果概要について

https://www.env.go.jp/press/press_02230.html

北西太平洋の海溝域に生息する底生生物の生物相と進化過程の 網羅的解明（航海概要報告）

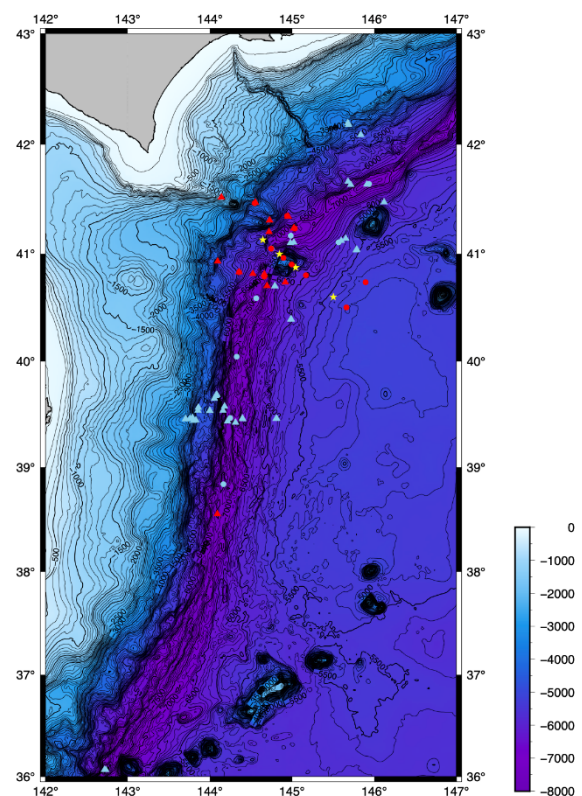
○小島茂明（東京大学大学院新領域創成科学研究科／大気海洋研究所）

藤尾伸三・狩野泰則（東京大学大気海洋研究所），

白鳳丸 KH-22-8、KH-23-5 次航海乗船研究者一同

深海の底生生物群集が熱帯多雨林に匹敵する生物多様性を持つことが報告されてから既に半世紀が過ぎたが、隔離障壁の少ない深海底において、どの様に地域集団が遺伝的に分化し、新しい種が誕生するのかについては、まだよくわかっていないのが現状である。最近、支持を集めつつある仮説に、深度勾配に沿った水圧や水温、溶存酸素量、有機物量供給などの環境変化が選択圧となって、異なる水深帯の個体群が異なる環境への適応により遺伝的に分化し、種分化に至るとする Depth-differentiation hypothesis (Rex & Etter, 2010) があるが、深海生物を深度勾配に沿って体系的に採集し、その遺伝的特徴を環境変化と関連付けて定量的に解析した研究はまだ少ない。一方で、海洋生物多様性研究の最後のフロンティアとされる超深海（UNESCO (2009)の定義では水深 6500m以深）については調査機会が限られているため、DNA 解析や同位体比分析などの近代的な進化・生態研究に耐えるサンプルが極めて少ないのが現状であった。最近、本研究にも参画しているゼンケンベルク自然史協会の Brandt 教授らが、ロシア沖千島海溝やアリューシャン海溝の調査航海を実施しているが、種の記載や特定の分類群の系統解析を主な目的としており、深海における生物進化の網羅的解明を意図していない。

千島海溝と日本海溝では 1950 年代のビチャージ号による調査の後、80 年代に入るまで生物調査がおこなわれてこなかった。1981 年、88 年、91 年および 2001 年に学術研究船白鳳丸の航海がおこなわれ、日本海溝超深海域の 6 測点から 91 種の動物が報告されている。加えて両海溝のメタン湧水域を中心に有人潜水船や無人探査機による調査がおこなわれている (Fujikura et al., 1999 など)。いずれについても分類研究が特定の分類群に偏っていることや特定の水深に集中していることなどから、生物多様性の全貌が明らかになるには至っていない。90 年代後半の分子系統学の急速な発展により、形態で区別できない多くの隠蔽種の存在が明らかにされ、生物多様性評価の見直しが進められているが、両海溝の超深海域でこれまでに採集、保管されている標本は、ほぼ全てがホルマリン固定されており、分子



白鳳丸 KH22-8 および KH23-5 次航海において係留系観測 (★)、CTD 観測 (●)、生物サンプリング (▲) をおこなった測点。赤は昨年度、青は今年度の測点

系統解析が困難である。

我々は、「深海底において生物進化を支配する主要な要因は何か」を明らかにすることを目的に、南部千島海溝と日本海溝で白鳳丸航海を実施し、深海域および超深海域での底生動物採集と物理・化学環境の計測をおこなった。昨年度の KH-22-8 次航海では南部千島海溝周辺の 6 測点と日本海溝周辺の 7 測点で 4m ビームトロール、3m Agassiz 型ビームトロールおよび深海用そりネットを用いて底生生物を採集した。また、日本海溝と千島海溝を隔てている襟裳海山周辺の水深 5000 m 台の計 4 測点に、令和 2 年度の新青丸 KS-20-18 次航海で設置した係留系を回収し、超音波流速計（RCM11 および Aquadopp）と MicroCAT（CTD）による長期観測データの取得に成功した。周辺海域の 11 測点で CTD-RMS、LADCP および乱流計による海洋環境観測と採水をおこなった。採集された底生生物（同時に採集され、同じ種またはそれに準ずる分類単位に同定された個体をまとめて 1 件と数える）は、海綿動物門 1 件、刺胞動物門 37 件、紐形動物門 37 件、軟体動物門 164 件（溝腹綱 1 件、尾腔綱 15 件、掘足綱 2 件、二枚貝綱 93 件、腹足綱 51 件、頭足綱 2 件）、環形動物門（旧ユムシ動物門、星口動物門を含む）191 件、線形動物門 153 件、節足動物門 273 件（等脚目 63 件、アミ目 2 件、クーマ目 24 件、タナイス目 31 件、端脚目 138 件、十脚目 15 件）、棘皮動物門 132 件（ウミユリ綱 2 件、ウニ綱 9 件、ナマコ綱 79 件、ヒトデ綱 16 件、クモヒトデ綱 26 件）、半索動物門 4 件、脊索動物 11 件にのぼる。今年度の KH-23-5 次航海では、南部千島海溝 10 測点および日本海溝の最北部 18 測点と中央部 1 測点で 4m ビームトロール、3m Agassiz 型ビームトロール、深海用そりネットによる底生生物採集をおこなった。また、9 測点で CTD および LADCP による物理環境測定をおこなった。深海堆積物中の微生物およびタービダイト分布を調査するため、4 測点でマルチプルコアラー採泥器による堆積物の採集をおこなった。採集された底生生物について現在、集計中である。

これまでに、超深海産寄生性カイアシ類の新種記載（Kakui et al., 2023）やギボシムシ類に関する論文（Kajihara et al., 2023a, 2023b）の出版に加えて、分子系統解析を併用して巻貝類（石山 博士論文）やミズムシ亜目等脚類（太田 博士論文）を対象に Depth-differentiation hypothesis の検証を行った。また二枚貝類や浮遊幼生期を持たないフクロエビ上目甲殻類などを対象に、海溝間、陸側・海側斜面間、深度勾配に沿った種組成の比較から海溝域における生物進化機構を解明するため解析を進めている。

本航海の実施にあたりご支援頂いた白鳳丸春日一彦、酒井直人両船長および乗組員の皆様、戸田亮二技術専門職員、芦田将成技術専門職員、マリン・ワーク・ジャパン渡部 陽様、片山 陽平様、MOL マリン&エンジニアリング中尾眞子様、海洋研究開発機構研究プラットフォーム運用部門、大気海洋研究所共同利用・共同研究推進センターおよび事務部の皆様に感謝します。研究の実施にあたっては科学研究費補助金（19H00999, 22H02681）の支援を受けました。



白鳳丸での船上作業。上から係留系回収、4m ビームトロール、3m Agassiz 型ビームトロール、深海用そりネット

白鳳丸 KH-23-5 次調査航海で採集された 北西太平洋海溝域に生息するシンカイクサウオ類

○亀井遥香・小島茂明（東京大学大気海洋研究所）・篠原現人（国立科学博物館）

白鳳丸 KH-22-8 次調査航海および白鳳丸 KH-23-5 次調査航海にて、発表者らは千島海溝・日本海溝を含む北西太平洋海溝域における底生生物の生物相の調査を行った。その結果、深海底 6000 m 以深に生息するシンカイヨロイダラを初めとするソコダラ科や、深海帯を生息域とするゲンゲ科などに加え、超深海帯に生息域を持つシンカイクサウオ類を採集することができた。今回は主に、白鳳丸 KH-23-5 次調査航海にて採集されたシンカイクサウオ類について発表する。

シンカイクサウオ類は 6500 m を超える超深海帯に生息域を持つクサウオ科の魚類であり、日本周辺で確認されているシンカイクサウオ類はシンカイクサウオ (*Pseudoliparis amblystomopsis*) とチヒロクサウオ (*P. belyavei*) とされている。海洋研究所（現大気海洋研究所）がアバディーン大学と共同で行った研究プロジェクト HADEEP によって、2008 年に房総・茨城沖の日本海溝に生息するチヒロクサウオが撮影・採集された。また、2023 年には伊豆・小笠原海溝の水深 8336 m にて前述の 2 種およびマリアナスネイルフィッシュ (*P. swirei*) のいずれかと思われるシンカイクサウオ類が撮影され、硬骨魚類における生息水深の最深記録を更新した (Jamieson et al., 2023)。

発表者らは、KH-23-5 における 8 地点(図 1)で、19 個体のシンカイクサウオ類を採集した。これらの個体は前述の種のいずれかに該当すると考えられ、現在、形態と分子系統解析を行っている。シンカイクサウオを含む深海性のクサウオ科は海溝ごとに固有の種が生息していることから、個体発生的鉛直運動を行わない生活史を持つ可能性が示唆される。日本海溝および千島海溝の陸側・海側斜面で採集された個体を用いた本研究により、シンカイクサウオ類の地理的隔離と遺伝的分化について新たな知見が得られることが期待される。

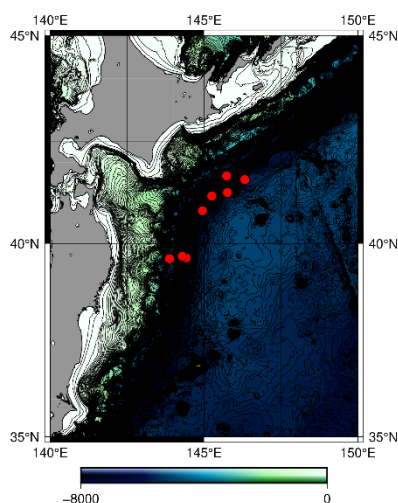


図 1. KH-23-5 次調査航海におけるシンカイクサウオ類採集地点



図 2. 採集された深海性底生魚類

eDNA 分析による沿岸から外洋への 移行域における魚群の時空間分布の解明

○林沅・平井惇也・余澤庶・Sk Istiaque AHMED・王雪丁・矢部いつか・
伊藤幸彦・樋口富彦・黄國成・井上潤・兵藤晋・伊藤進一（東京大学大気海洋研究所）、
堤英輔（鹿児島大学）

沿岸－外洋の移行域は、沿岸域と外洋の水塊が交差し環境が複雑に変化するため、沿岸域、外洋とも異なる独自の物理的、化学的、生物学的特性を持っています。特に北日本の北太平洋沿岸では、津軽暖流と親潮の収束がこの移行域内で生物多様性のホットスポットを形成しています。しかし、複雑な水塊構造が魚類群集の分布と環境との関係のダイナミクスの解明を困難にしています。

このため、本研究では生物が周囲に放出する皮膚、鱗、排泄物などからなる微量の遺伝子の足跡である環境 DNA（eDNA）を活用します。効率的で侵襲性のないモニタリング手法である eDNA メタバーコーディングを利用し、この移行域内の魚類群集組成の時空間ダイナミクスを明らかにすることを目指しています。漁網を用いたモニタリング手法と比較し、eDNA 分析は複雑な水塊構造に対応した時空間解像度の高い魚類群集組成情報を提供することが可能です。

この研究では、沿岸域から外洋に跨る 5 つの観測点、7 層（0-200 m）で採水し、2021 年 10 月（KS-21-24）と 2022 年 8 月（KS-22-11）の 2 回にわたり魚類群集組成を分析しました。8 月には合計 243 種、10 月には 142 種が検出されました。生物多様性をシャノン指数に基づき比較したところ、外洋の方が沿岸域よりも高い多様性を示しました。10 月には、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* が全測点で優占種でしたが、その優勢度は移行域の外洋側ほど、亜表層ほど減少しました。8 月には、外洋側では水深 50 m 以浅でカンパチ *Seriola dumerili* が、50 m 以深浅でカタクチイワシとソコイワシ *Lipolagus ochotensis* が優占種でした。沿岸側では、ヘラヌメリ *Repomucenus planus* が優占種でした。沿岸域と外洋の間の沿岸フロントでは、ソコイワシが優占種でした。Bray-Curtis の類似度と Ward 法によるクラスター分析から、沿岸域の魚類群集は外洋の魚類群集とは異なることが示されました。沿岸域は典型的な沿岸密度流である津軽暖流の影響を受けるため、沿岸域と外洋の間に顕著な水塊フロントが形成されます。そのフロントによって、魚類群集構造が明確に分離されたと推測されました。

小型浮魚群集組成を用いた海洋 DNA サンプリング手法の比較研究

○王雪丁・Sk Istiaque AHMED・林珍（東京大学農学生命科学研究科）、
余澤庶・王子欽・矢部いつか・伊藤幸彦・Marty Kwok-Shing Wong・井上潤・兵藤晋・
樋口富彦・伊藤進一（東京大学大気海洋研究所）、堤英輔（鹿児島大学）

1. はじめに

近年、環境に存在する生物由来の DNA から生物データを得る環境 DNA モニタリングが注目されている。海域では、海水を収集濾過し、得られた DNA データから魚類の分布域や群集組成に関する情報が得られることが先行研究により示されている。先行研究で、環境 DNA の分析に必要な採水量や DNA の抽出方法および DNA 解析方法について検討されてきたが、外洋域での主な環境 DNA のサンプリング手法であるバケツ採水、ニスキン採水、船底ポンプ採水による環境 DNA 検出への影響は十分に検討されていない。

本研究は、採水手法（バケツ採水、ニスキン採水、船底ポンプ採水）が環境 DNA データによる小型浮魚類（マサバ、ゴマサバ、マイワシ、カタクチイワシ、マアジ、サンマ）群集組成解析に与える影響を評価した。

2. 観測地点および研究手法

2021 年に行われた KS-21-3（3 月）、KS-21-8（5 月）、KS-21-11（6 月）、KS-21-24（10 月）新青丸研究航海の合計 105 サンプルを用いた（図 1）。各観測点においてバケツによる試水、ニスキンボトル（10 m）による試水、船底ポンプによる試水（約 4.5m）を 10L サンプリングし、航海中に 0.45 μ m Sterivex フィルターにて濾過し、冷凍保存した。航海終了後に研究室にて DNA 抽出および 6 種の種特異的プライマーを用い Multiplex qPCR を行った。得られた魚類環境 DNA データは、各航海毎または全航海まとめて Bray-Curtis 非類似度による NMDS 多変量解析に用いた。環境データは CTD センサーにより得た。

3. 結果と考察

全ての航海サンプルにてマサバ、ゴマサバ、マイワシ、カタクチイワシ DNA が検出された。マアジは KS-21-24 航海サンプルで検出されず、サンマは KS-21-3 と KS-21-24 航海サンプルで検出された。各魚種の環境 DNA 濃度について、各サンプリング手法による比較を行った結果、マアジの環境 DNA が検出されなかった KS-21-24 以外の 3 航海で、バケツ採水でニスキン採水および船底ポンプ採水よりも有意にマアジ DNA 濃度が高く検出されることが示された (Kruskal-Wallis 検定後に Wilcoxon 検定, $p < 0.01$)。また、全航海の各サンプリング手法比較でも同様の結果が示された。全ての航海サンプルを用いて Bray-Curtis 非類似度に基づいた NMDS 多変量解析を行った結果、NMDS1 軸ではサンプリング手法による有意差が認められなかったが、NMDS2 軸ではバケツ採水サンプルと他のサンプル間で有意な差 (Kruskal-Wallis 検定後に Wilcoxon 検定, $p < 0.05$) が示された。また、NMDS2 軸における種の寄与はマアジが最も高かった。さらに、一般化加法モデル (GAM) を用いて群集組成と岸からの距離との関係を調べた結果、バケツ採水により得たデータは沿岸域では NMDS2 が最も高く、岸から遠くにつれ NMDS2

が低下した。

マアジの太平洋系群の産卵期は東シナ海および西日本太平洋岸で1月から5月、関東近海で5月から7月、東北太平洋岸で7月であることが知られている。5月に行われたKS-21-8と6月に行われたKS-21-11のそれぞれのNMDS解析はともにNMDS1でバケツ採水とニスキン採水、バケツ採水と船底ポンプ採水との有意差が示された。

魚類は繁殖期において放精・放卵行動などにより多くのDNAを環境に排出することが先行研究により示唆されている。さらに魚卵は、水に浮く「浮性卵」と沈む「沈性卵」の二つに大きく分けられ、マアジの卵は浮性卵であり、海面に浮遊していることが知られている。本研究で用いた3つのサンプリング手法の中で、バケツ採水法が唯一表層海水を得ることが可能であることから、マアジの環境DNAが有意に多く検出された可能性がある。本研究結果から、少なくともマアジに関しては、バケツ採水による環境DNA採集が必要と考えられる。一方、他の魚種については、3つのサンプリング手法は差異が顕著でないことから、船底ポンプ採水による採水でも環境DNAモニタリングが可能であることを示唆する。船底ポンプ採水による環境DNAモニタリングは、他の手法と比較して時空間的に高解像度での観測が可能であり、フロント域など海洋構造が複雑な海域で、海洋環境の変化に対応した魚類分布を調べる際に有効と考えられる。

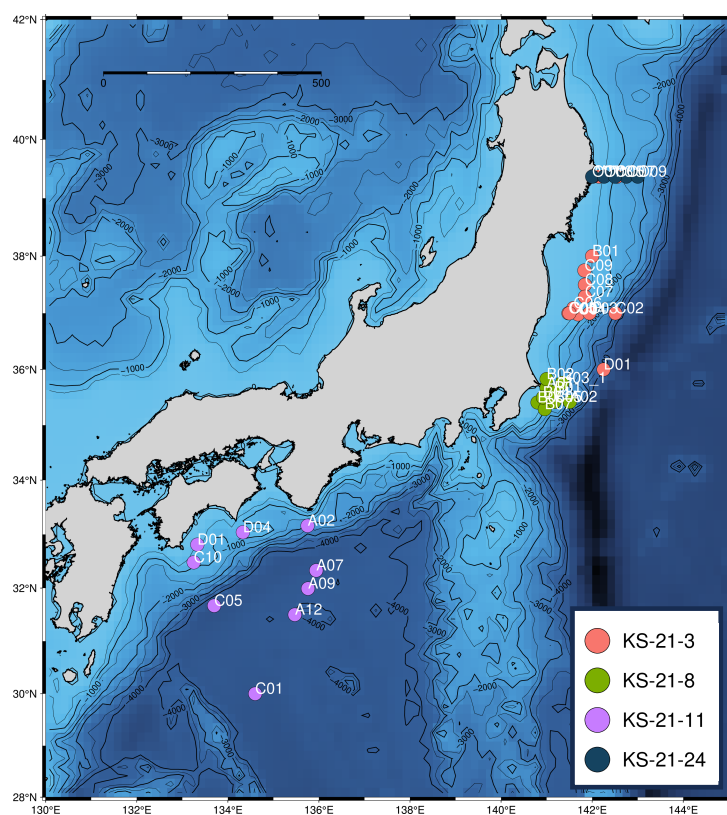


図1. 本研究における観測航海および観測点の分布。

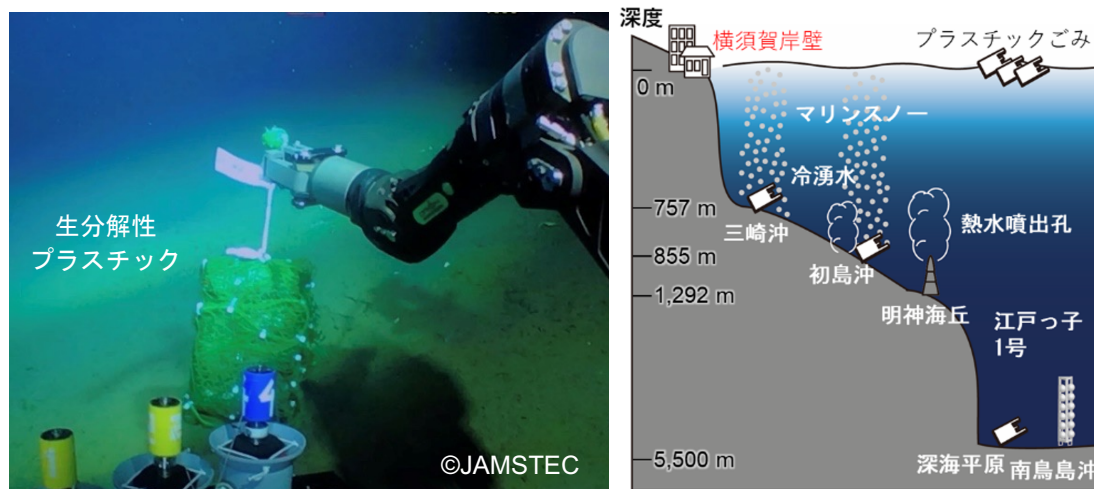
深海でも生分解性プラスチックは分解することを実証

○岩田忠久・大村拓・込山活哉・木村聡（東京大学大学院農学生命科学研究科），磯部紀之・石井俊一・石谷佳之・野牧秀隆・中嶋亮太・土屋正史・川口慎介（海洋研究開発機構），粕谷健一・鈴木美和（群馬大学），三浦隆匡・森美穂子・日高皓平・紙野圭（製品評価技術基盤機構），国岡正雄・中山敦好（産業技術総合研究所），森浩之（日本バイオプラスチック協会）

現在、世界中で年間約 4 億トンのプラスチックが生産され、毎年約 800 万トンのプラスチックごみが海洋に流出していると報告されています。我々が普段使っているポリエチレンやポリプロピレンに代表される汎用プラスチックは、山、川、湖、海のいずれの環境においても分解しないプラスチックであり、現在、あらゆる環境下で微生物の働きにより二酸化炭素と水にまで完全に分解される「生分解性プラスチック」の開発が望まれています。

これまでポリ乳酸や微生物産生ポリエステルなどを始めとする多くの生分解性プラスチックが開発され、そのコンポスト生分解性、土壌、河川、湖における環境生分解性の評価が行われてきました。しかしながら、プラスチックごみが最終的に行く着く深海において、生分解性プラスチックが本当に生分解されるのか、生分解性プラスチックを分解できる微生物が深海に存在しているのかについては、これまで誰も証明したことはありません。

本研究では、有人潜水調査船「しんかい 6500」とフリーフォール型深海探査機「江戸っ子 1 号」を用いて、生分解性プラスチックと汎用プラスチックを深海に所定期間設置し、重量や形状の変化、サンプル表面に付着した微生物の解析を行いました。生分解性プラスチックとしては、微生物産生ポリエステルやポリ乳酸を始めとする生分解性ポリエステルとセルロースアセテートを始めとする多糖類エステル誘導体を検討しました。また同時に、浮遊プラスチックごみが多い東京湾の岸壁（深度約 5m）にも同様のサンプルを設置し、生分解速度の比較も行いました。

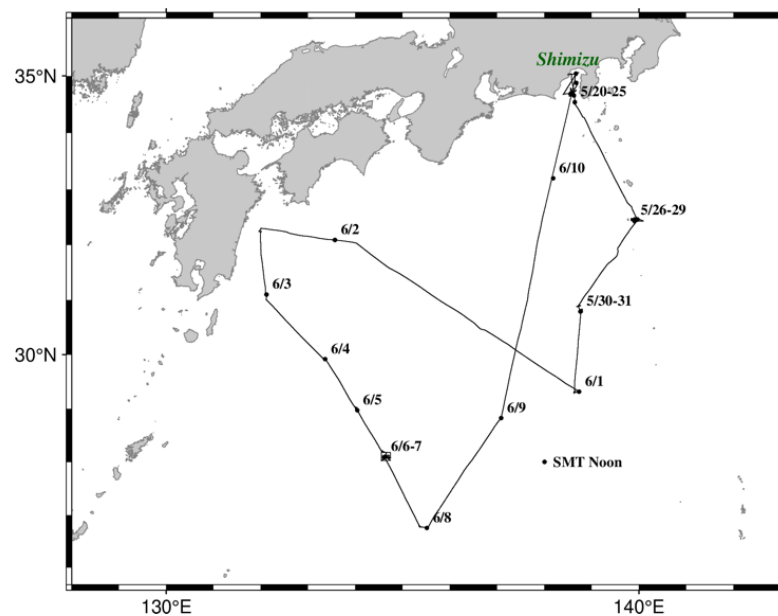


生分解性プラスチックを深海底に設置している様子（左）とサンプルの設置を行った地点（右）

MR23-03 航海概要：海洋汚染物質の実態把握と海洋生態系への影響評価①

○矢吹彬憲（海洋研究開発機構）、古島靖夫・中嶋亮太・吉田尊雄・河戸勝・Nisha Singh（海洋研究開発機構）、北橋倫・豊田進介・近藤俊佑（株式会社 KANSO テクノス）、小野塚洋介・押見基央（早稲田大学大学院）、徳武達也（北里大学大学院）

地球環境変動の重要な指標の一つとされる海洋生物多様性の変動を把握するとともに、人間活動が生態系に与えている影響とその評価に資する知見を得ることは、地球規模の喫緊の課題である。特に、海洋環境変動から受ける影響に関して情報が少ない深海生態系については、複合的な手法による網羅的な生物調査を実施するとともに環境データとの統合的な解析を進めなければならない。さらに、深海生態系や多様性に対する人間活動による影響の実態把握とその評価に資する知見や保全に向けた知見を得るため、新たな計測技術を開発して海洋プラスチックごみを対象とした調査や深海の生物多様性を把握するための調査を展開し、海洋環境での影響評価手法の高度化と最適化を図る必要がある。MR23-03 航海では、人間活動が盛んな駿河湾、沖合海底自然環境保全地域として設定されている西七島海嶺、深海生物多様性に関する理解が未だ十分ではない海域の一つである九州パラオ海嶺を対象にCTD 採水と環境 DNA の抽出、ネットサンプリングによるプランクトンの多様性把握をおこなった。また、海洋マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの分布と挙動を明らかにするために黒潮の蛇行に伴い生じる渦周辺でのニューストーンネットによるサンプリング調査をおこなった。さらに、海底資源開発に対する環境影響評価手法の最適化とそのためのツール開発を目的としたフリーフォールランダーシステム、投下式乱流観測計による調査を実施した。これら調査は、海洋研究開発機構の第4期中長期計画の中で2019年から継続して実施しており、その中で得られた知見との比較からより統合的な議論ができる状況が整いつつある。加えて、MR23-03 航海では、シンポジウムを通じて採択した外部からの追加調査項目として、海洋プラスチックの大気飛散やオタマボヤ類への影響、新たな環境影響評価手法の構築に関する調査を実施した。本発表では、MR23-03 航海で実施した内容を概説するとともに、そこで得られた知見およびこれまでに実施した調査との比較結果について報告するとともに、今後の展望や計画に関する意見交換を行いたい。



太平洋熱帯および亜熱帯貧栄養海域における植物プランクトンの 光防御物質の地理的分布に関する研究

○Chen Si jun・高橋一生（東京大学農学生命科学研究科）

紫外線は生物の DNA や細胞構造に損傷を引き起こすため、海洋表層に生息するプランクトン群集はこれを防御する機構を備えている。カロテノイドまたはマイコスポリン様アミノ酸（MAAs: Mycosporine-like Amino Acids）のような光防御化合物の蓄積は、プランクトン群集が紫外線放射に適応する最も代表的な戦略である。カロテノイドは抗酸化物質としてよく知られており、これを蓄積した生物は橙黄/赤/紫/青等の色彩を呈す。一方、マイコスポリン様アミノ酸（MAAs）は無色で効率的な紫外線スクリーニング化合物であり、紫外線波長範囲内で最大吸収を示す。いずれの化合物も植物或いはバクテリアのみが生成するため動物は食物連鎖を通じてこれらの物質を摂取、蓄積する必要がある。これまで、海洋植物プランクトン群集における光防御化合物に関する研究のほとんどはオゾン層の減少が懸念されている高緯度海域、とくに南大洋で行われており、熱帯および亜熱帯外洋域における研究は稀である。強い太陽放射によって成層が発達する低緯度海域は年間を通じて高レベルの紫外線に晒されるため、表層プランクトン群集は紫外線放射に対して高い適応能力が求められるが、その詳細は明らかにされていない。地球温暖化の影響により海洋の熱成層が強化されるため、表層プランクトン群集はより高い紫外線暴露と貧栄養環境に晒されると予想される。とくに表層栄養塩が枯渇する亜熱帯貧栄養海域では、光防御化合物を合成する植物プランクトンの生産が低く抑えられ、とくに窒素を必要とする MAAs の生成が抑制されると予想されるため、その光防御物質分布の把握は広大な面積を有する低緯度海域全体の物質循環や生物生産を考える上で重要な洞察を与える可能性をもつ。以上の背景から、本研究は太平洋の亜熱帯および熱帯外洋域における植物プランクトンの光防御化合物の地理的分布とその変動要因を明らかにすることを目的とする。

研究材料は「白鳳丸」KH-19-6 次航海によって、西部北太平洋（32.3° N, 157.2° E）からハワイ経由で東南太平洋（7.8° S, 104.2° W）に至る航走経路に沿って採取された研究用海水より、植物プランクトン（POM）中のマイコスポリン様アミノ酸（MAAs）、色素組成（HPLC）、および炭素窒素安定同位体比、CDOM 濃度分析用の試料を採集した。窒素固定性シアノバクテリア現存量指標として定量 PCR 解析用の試料も併せて採取した。また環境データとして表層水温、塩分、クロロフィル *a* 濃度（CHL）を表層環境モニタリングシステムによって測定した。植物プランクトン色素組成解析結果から、光防御に関わるカロテノイド色素を光防御カロテノイド（PPC）として解析に供した。

試料採集を行った全 63 観測点は、水温、塩分、およびクロロフィル濃度に基づくクラスター分析によって、3 つのグループに分けられた。これらは概ね Longhurst の生物地理学的海洋区分に対応しており、低い CHL、高い水温及び塩分で特徴付けられたグループ 1 は北太平洋熱帯循環域（NPTG）、高い水温、低い CHL と塩分で特徴付けられたグループ 2 は北太平洋赤道反流域（PNEC）、比較的低い水温と CHL 及び高い塩分で特徴付けられたグループ 3 は太平洋熱帯湧昇域（PEQD）であると考えられた。PPC は、赤道湧昇により高い CHL が観測された PEQD で顕著に高く、一方、NPTG、PNEC ではいずれも低いレベルに留まった。MAAs 濃度は 3 つのグループ間で顕著な差は認められなかったが、CHL あたりの MAA

濃度は NPTG 海域、とくにハワイ近傍で高い値を示した。また PEQD では MAAs の多様性が増加する傾向があった。冗長性分析 (RDA) の結果、PEQD では、渦鞭毛藻、緑藻、珪藻、PNEC ではシアノバクテリアと珪藻を除くすべての植物プランクトン群、NPTG では、シアノバクテリアおよびハプト藻、緑藻、ペラゴ藻が主要 MAAs 濃度と正の相関を示した。3 つのグループ中唯一 MAAs 濃度とシアノバクテリアが正の相関を示した NPTG では、とくにハワイ近くで *Trichodesmium* や *Crocospheera watsonii* が多く分布していることが確認された。さらに窒素安定同位体比の解析結果から、NPTG では PNEC に比べて窒素固定活性が高かったことが示唆された。以上の結果は、太平洋熱帯・亜熱帯域の植物プランクトン群集は、窒素供給過程に対応して異なる紫外線防御物質生産を行っていることを示している。すなわち、亜熱帯貧栄養海域、とくに NPTG ではシアノバクテリアによる窒素固定活動が MAAs 生産と深く関連しており、湧昇により硝酸が豊富に供給される PEQD では多様分類群が PPC, MAA を生産することで高い紫外線放射に対応していると考えられる。一方、貧栄養で窒素固定活性が低い PNEC ではおそらく PPC が紫外線防御において重要な役割を果たしていると考えられるが、その詳細は不明である。今後 NPTG との比較から、亜熱帯貧栄養海域において光防御物質生産がプランクトン群集組成や生産に果たす役割が明らかになることが期待される。

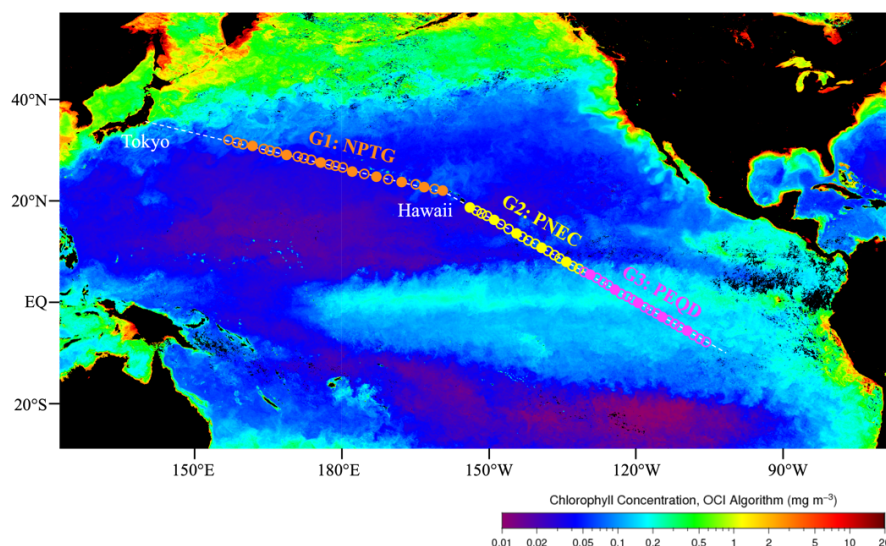


図. KH-19-6 次航海の航走経路（白い破線）及びクラスター分析によって、3つのグループに分けられた全 63 観測点。

GO-SHIP 観測 P14 速報

○勝又勝郎・瀬瀬慎也・熊本雄一郎・内田裕・笹岡晃征・重光雅仁・山口凌平・藤原弘行・村田昌彦
(海洋研究開発機構)

標記の航海は 2023 年 10 月 6 日米国ダッチハーバー港から同年 11 月 9 日清水港まで MR23-07 として行われた。全球海洋船舶各層観測プログラム GO-SHIP は P14 線の指定する（ほぼ）日付変更線に沿った観測線を北緯 59 度から 27.5 度まで観測した。北部では悪天候に呪われながらも 70 点において表面から海底上 10 m までの CTD・採水観測・11 台のフロート投入（うち生物化学地球センサー付きが 7 台・深海型 1 台）・26 本の投棄型 CTD 観測を行った。前回 2007 年のデータとの比較をすると速報値で海底近くの温度上昇などが見られた。詳細を発表する。

沖縄トラフにおける最終氷期以降の黒潮変動復元：KS-22-4 成果報告

○久保田好美（国立科学博物館），入野智久（北海道大学），オブラクタスティーブン・畠山義矢・佐藤倉真・井澤せいら・宮越悠吏（秋田大学），岡崎裕典・村川怜央（九州大学）・池原研（産業技術総合研究所），佐川拓也（金沢大学），松崎賢史（東京大学大気海洋研究所），
KS-22-4 乗船メンバー

海洋は大きな熱容量を持つため、地球温暖化に伴う気候変動への応答は比較的緩やかであると考えられてきた。しかし、近年、これまでにない黒潮の異常現象が頻発しており、気候背景が異なる時代の未知の黒潮動態の解明が急がれる。黒潮は低緯度から高緯度への熱・物質輸送を担う最も重要な海流の一つである。黒潮は大西洋の西岸境界流であるメキシコ湾流と対をなし、全球的な気候変動に大きな影響を与えてきたと考えられている(Okazaki et al., 2010)。しかし、メキシコ湾流に比べると地質記録を用いて黒潮を定量的に復元しようとする研究は乏しく、長期スケールの気候変動に対する黒潮の流量、流速の応答は明らかにされていない。

最終氷期最寒期（LGM、2 万年前）は、海水準が 130m 低下し、大気中二酸化炭素濃度も 180ppm と、現在よりも 130ppm ほど低かった時代である。偏西風の位置や強さが変化したと考えられており、現在とは大きく気候条件が異なっていた。こうした異なる気候背景をもつ時代の黒潮を復元することは、黒潮変動を理解する上で極めて重要である。そこで本課題では、LGM 以降の黒潮変動の復元を目的とし、海底堆積物中の有孔虫化石と堆積物の粒度組成等の複数の指標から黒潮の定量的な復元を試みる。

KS-22-4 航海では、沖縄トラフの両側斜面の複数地点で柱状試料を採取するため、ピストンコアリングとマルチプルコアリング、また、堆積物中に含まれる化石種の生態を理解するためプランクトンネット観測を実施した。黒潮流軸を挟むように、軸の東側と西側の垂表層から中層の水深において堆積物試料が必要であったが、黒潮流軸の西側である陸側斜面において、3 本のピストンコア、東側である沖縄島西方で 2 本のピストンコアを採取できた。さらに、それらの地点を含む 8 地点でマルチプルコアを採取し、表層堆積物を回収した。ピストンコアの年代測定では、暫定的な年代が複数明らかになっていることに加え、PC02、PC05 については、浮遊性・底生有孔虫化石の酸素同位体比測定によって、これらのコアが LGM まで到達したことを確認した。今後は、底生有孔虫のマグネシウム・カルシウム比（Mg/Ca）を使った底層水温の復元や、粒度分析による流速の推定、放散虫化石や石灰質ナノ化石を用いた水塊の復元、有機物分析による表層水温や堆積物中の有機物含有量の測定等の分析を実施予定である。

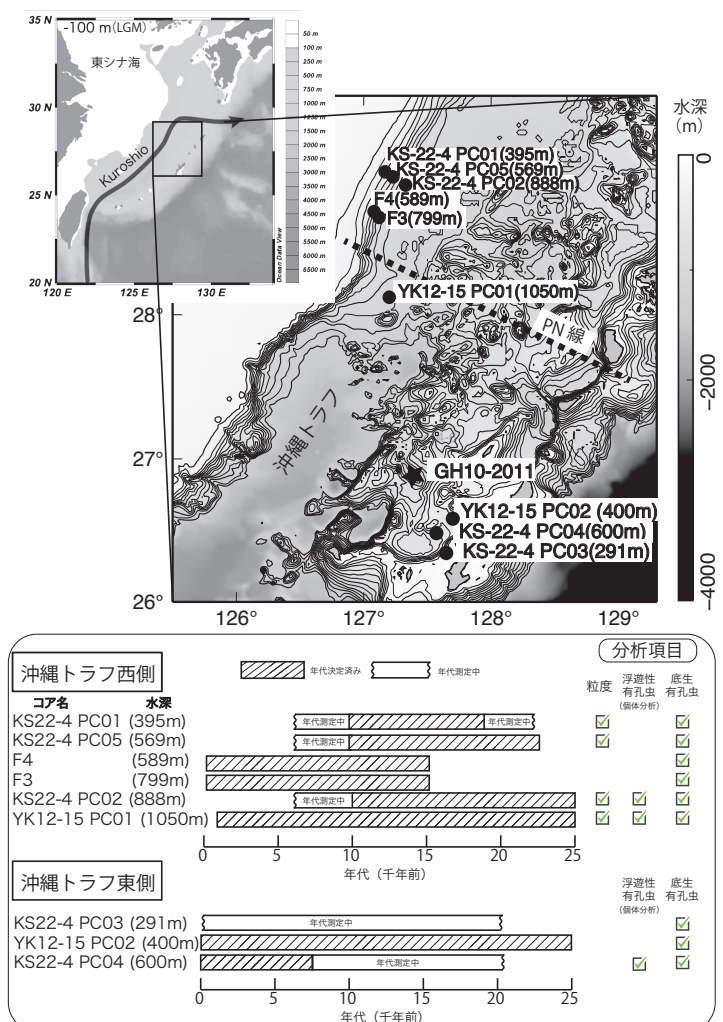


図 1. 左上図) LGM のころの東シナ海の海岸線と水深。当時、海岸線が沖に移動していた（図中の白い部分が当時の陸地）。中図）本研究での堆積物採取地点。下図）採取されたコアの年代と本研究で実施する分析項目。斜線のコアは大きな年代決定済み。KS-22-4 PC01、PC02、PC03、PC04、PC05 の一部は年代測定中。

航空機との同時観測による北西太平洋の海洋起源エアロゾルとその雲微物理影響の解明：KS-22-10 航海概要

○川合義美（海洋研究開発機構）

夏季の北西太平洋亜寒帯域は下層雲量やその放射強制力が世界で最も高い領域の一つで、地球の放射収支に重要な役割を果たしている。エアロゾルと雲の鉛直構造および海洋からの影響を把握するためには、船舶と航空機による統合的な観測を行う必要があるが、そのような観測は当該海域ではこれまでほとんど行われていなかった。今回の新青丸航海は、航空機と連携した船舶観測により、夏季の北西太平洋のエアロゾルの物理・化学特性と、その雲に対する影響を評価することを主な目的として実施された。船舶側の観測の第一の目的は、海洋大気のエアロゾルの物理特性及び化学特性を、最新の様々な測定器による観測により統合的に明らかにすること、第二の目的は海洋起源エアロゾルの海洋からの放出フラックスを定量化することである。また、北海道南東沖で頻発している「海洋熱波」発生時の海洋の溶存酸素濃度の変化を捉えることも目的とした。

本観測では 2 つの観測定点を設け、それぞれの地点で複数回の航空機との同時観測を行うこととした。測点の 1 つは北海道沿岸に設定した（図 1 の S1）。7 月の下層雲量はこの海域では東方ほど多いため、もう 1 つの測点は東方の沖合に設定した（S2）。定点では航空機の飛来前に CTD による水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル a 濃度の観測とラジオゾンデによる高層気象観測を実施した。定点間を往復するときには XCTD とラジオゾンデによる海洋と大気の断面観測を行った。また、航海を通して、船上でエアロゾル粒子の連続観測を行った。

新青丸は 2022 年 7 月 15 日に JAMSTEC 横須賀本部岸壁から出航し、時化を避けながら三陸に沿って北上、青森沖で荒天退避ののち、18 日朝に S1 に到着し観測を開始した。21 日には S1 で、翌 22 日には S2 手前の C06 地点でそれぞれ航空機との同時観測を実施した。24 日～26 日に釧路港に寄港したのち、レグ 2 の観測を行い、8 月 2 日に八戸港に入港した。レグ 1 はやや時化ることが多かったが、レグ 2 は穏やかな海況の日が続き、ほぼ予定通りの観測を実施することができた。航空機との同時観測はレグ 1 で 2 回、レグ 2 で 5 回の計 7 回実施した。

観測を実施した 2022 年夏季は当該海域の海面水温が平年を大きく上回り、夏季と秋季の偏差は 1982 年以降で最高であった。これは主に黒潮系の高温・高塩分の水が北海道付近まで北上していたためである（図 2）。一方、S2 付近は親潮系の水が南西方向に張り出しており、低温・低塩でクロロフィル a 濃度が高くなっていた（図 1）。溶存酸素は約 200m 以浅では高温偏差に対応して低酸素化しており、これは高温化による海水の溶解度の低下によるものと考えられる。一方、200m 以深では高温偏差のあるところで濃度が高くなっていた。この海域の海洋熱波と溶存酸素の関係については更に解析を進めて来年以降発表する予定である。エアロゾル観測の速報は本シンポジウムで宮川が紹介する。

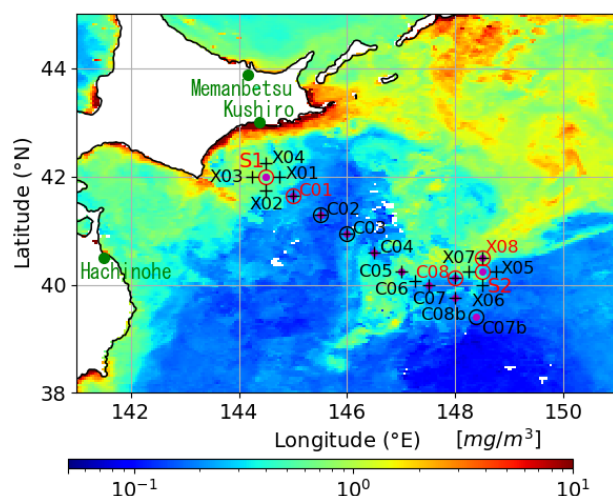


図 1. KS-22-10 航海の全観測点。背景は 2022 年 7 月の月平均衛星観測クロロフィル a 濃度。

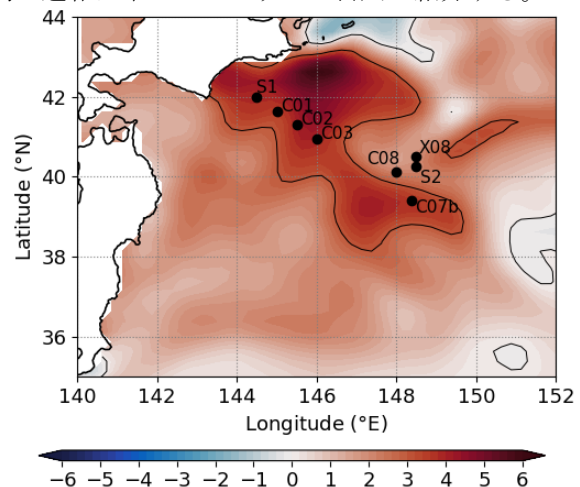


図 2. KS-22-10 航海の CTD 観測点。背景は 2022 年 7 月 17 日～8 月 1 日の平均海面水温偏差。等値線は 0°C 及び +3°C を示す。

MR17-08～MR23-05 航海の海洋大気エアロゾルの光学的特性

○青木 一真（富山大学学術研究部理学系）

1. はじめに

大気エアロゾルや雲の光学的特性を観測することは、時間的・空間的変動の大きい事象を捉えるため、地球の気候問題を解決するためにも重要である。海洋上は、陸上観測とは違い定点での連続観測することができないため、船舶などを利用した観測を行っている。本研究は、エアロゾルの光学的特性の時間・空間変動を把握（Aoki et al., 2013）し、それらの気候影響を評価するだけでなく、地球観測衛星（e.g. GCOM-C/SGLI）や数値モデル（e.g. SPRINTARS）の地上検証データとして利用することを目的としている。1994年の東大・白鳳丸（KH94-4: Miura et al., 1996）の研究航海以来、様々な船舶（海洋観測船、フェリー、タンカーなど）を利用した海洋上における太陽直達光と周辺光の放射輝度の測定を行い、地上観測同様な精度で観測的研究を進めてきた。現在は、JAMSTECの海洋地球研究船「みらい」（Fig. 1）を中心に海洋大気エアロゾルの光学的特性の観測を行っている。今回は、海洋地球研究船「みらい」の2023年度の速報結果も含め、気候変動観測衛星「しきさい」（GCOM-C/JAXA）の2017年12月の打ち上げ以降のMR17-08からMR23-05航海までの海域や緯度ごとのエアロゾルの光学的特性などについて報告する。

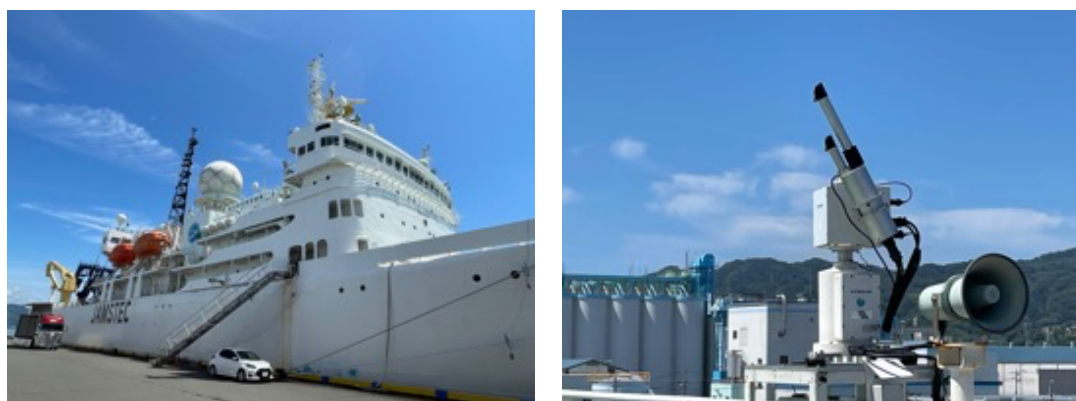


Fig.1 R/V Mirai (JAMSTEC)によるスカイラジオメーター観測風景

2. 太陽放射観測および解析

大気エアロゾルの光学的特性は、太陽光と周辺光の7波長の放射輝度を自動的に測定できる、船舶型スカイラジオメーター（Fig. 1: POM-01MK-III, PREDE CO. LTD, Japan）を利用して観測を行っている。海洋上は船の揺れなど地上観測とは条件が全く違うため、完全自動測定出来るように改良を重ねながら開発を行ってきた。現在は、GPSや制御システムの技術の発展により、動揺の影響が少ない大型船舶を利用することと、海洋上が荒れているときは天候が悪いことが多いため海洋上が静穏で太陽が出ている時のみ観測することとしている。さらに、揺れの影響を受けずにより精度の高い測定するために、ピークホールド方式を採用し、直達光を1分間連続測定し、最適値を利用している。船舶型は、地上の7波長タイプ（POM-01, 315, 400, 500, 675, 870, 940, 1020 nm）をベースとし、晴天時5分おきに、直達光と両サイド交互に周辺光を測定するように設定した。解析は、SKYRAD.pack ver. 4.2（Nakajima et al., 2021）を使用して、エアロゾルの光学的特性（400, 500, 675, 870, 1020 nm）や体積粒径分布などを導出している。

3. 海洋大気エアロゾルの光学的特性（MR17-08 ～ MR23-05）

Fig. 2は、MR23-05 Leg. 1, Leg. 2の0.5 μm のエアロゾルの光学の厚さとオングストローム指数の緯度・経度分布を示したものである。主に日本付近や島付近などは、光学的に厚い場所もあり、日本や越境大気汚染の影響と考えられる。また、エアロゾルの光学的特性とオングストローム指数は変動が大きな領域があった。オングストローム指数は、比較的、日本沿岸が高く、人為起源エアロゾルの影

響が観測されていると考えられる。MR17-08 から MR23-05 まで、限られた航海のみで、季節もばらばらなため時間変化などの傾向は限られたものとなっているが、陸から近いところでは、光学的に厚く、人為起源エアロゾルの影響が確認された。

4. まとめと今後の課題

海洋大気エアロゾルの光学的特性の結果から緯度・経度ごとの変化などが捉えることができ、現在、地球観測衛星の検証など、データ精度の向上に向けて研究を進めている。今後は、この春打ち上げ予定の EarthCARE (ESA, JAXA) の検証に利用予定であり、アルゴリズムの改良や他分野融合研究も進めていきたいと考えている。

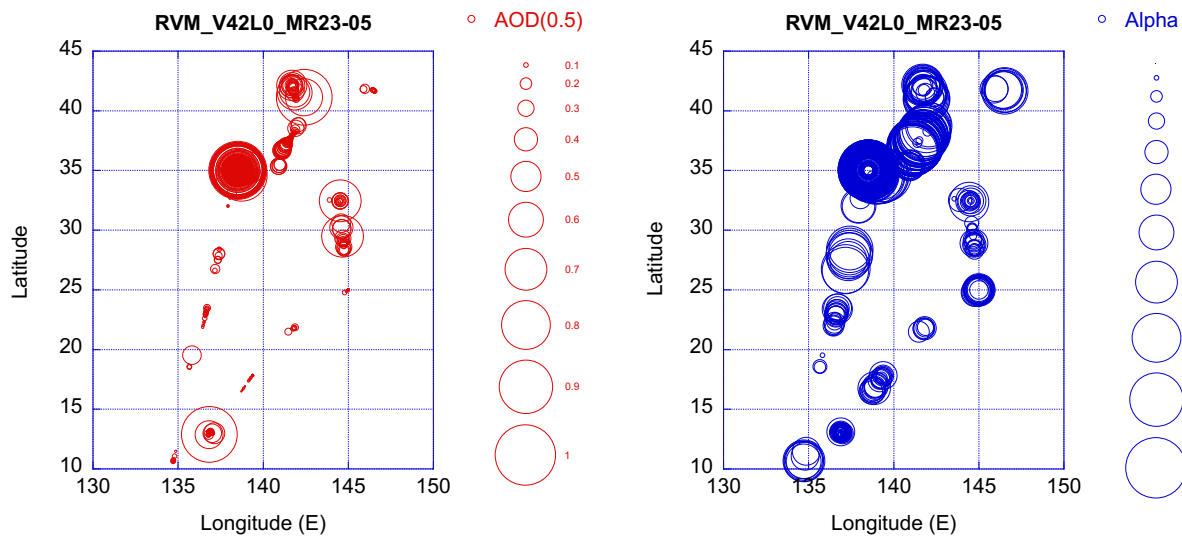


Fig. 2 MR23-05 の 0.5 μm のエアロゾルの光学的厚さとオングストローム指数

謝 辞

本研究は、非乗船課題のため、海洋地球研究船「みらい」の関係者、特に、日本海洋事業のみなさまに観測をサポートして頂き大変感謝しております。また、地球観測研究公募研究（JAXA）の一環で研究が進められています。

参考文献

- Aoki, K., T. Takemura, K. Kawamoto, and T. Hayasaka (2013), Aerosol climatology over Japan site measured by ground-based sky radiometer, AIP Conf. Proc. 1531, 284-287 (2013); doi: 10.1063/1.4804762.
- Miura, K., S. Nakae, K. Matsuda, N. Tsuge, and K. Aoki (1996), Size distribution of aerosol particles over the Western Pacific Ocean and the Southern Ocean. Proceedings of NIPR Symposium on Polar Meteorology and Glaciology, 10, 102-110.
- Nakajima, T., Campanelli, M., Che, H., Estellés, V., Irie, H., Kim, S.-W., Kim, J., Liu, D., Nishizawa, T., Pandithurai, G., Soni, V. K., Thana, B., Tugjurn, N.-U., Aoki, K., Hashimoto, M., Higurashi, A., Kazadzis, S., Khatri, P., Kouremeti, N., Kudo, R., Marengo, F., Momoi, M., Ningombam, S. S., Ryder, C. L., and Uchiyama, A.: An overview and issues of the sky radiometer technology and SKYNET, Atmos. Meas. Tech., 13, 4195-4218, 2020, <https://doi.org/10.5194/amt-13-4195-2020>.

鉛直海中音速構造の不確定性を考慮した GNSS 音響観測による上下変位推定

○富田史章・木戸元之（東北大学災害科学国際研究所）

GNSS 音響結合方式による海底地殻変動観測（GNSS 音響観測）は、海底に設置した音響トランスポンダ（海底局）アレイの変位を計測する測地観測手法である。観測では、観測点直上で GNSS アンテナと音響トランスデューサを備えた海上局（船舶、ブイ、Wave Glider など）を用いたキャンペーン観測により、海上局における GNSS 測位と海上局・海底局間の音響測距を実施する。そして、それらの組み合わせで海底局アレイの変位を推定する。一般に 1 回のキャンペーン観測による海底局アレイ変位の測位精度は、水平成分で 1–5 cm 程度、上下成分で 5–10 cm 程度となり（例えば、Sato et al., 2013）、上下成分の推定精度が水平成分に比べ低いことが知られている。この要因としては、GNSS 測位の上下成分の測位精度が低いことに加え、以下の誤差要因：①海中音速構造の複雑性による音響測距におけるモデル誤差や、②海上局の航跡に依存した幾何学的な推定精度の劣化、③海上局のトランスデューサ取り付け位置の不確定性による系統誤差、が水平成分に比べ上下成分では顕著に現れることなどが挙げられる。GNSS 音響観測の上下成分の精度が低いことに加え、海底における地殻変動、特にプレート境界における固着・すべりに伴う変動は一般に水平成分が卓越するため、GNSS 音響観測の上下成分はあまり活用されてこなかった。しかし、2011 年東北沖地震では、地震時に 1–4 m の隆起が GNSS 音響観測で計測された他（e.g., Sato et al., 2011）、地震後にも余効変動によると考えられる 10 年間で 10–80 cm 程度の顕著な上下変位が計測された（Watanabe et al., 2021）。特に地震後の地殻変動は、余効すべりや粘弾性緩和などの複数の地殻変動要因が合わさって生じるため、余効すべり分布の推定や粘弾性緩和の正確な長期予測を行う上で、海域での上下変位も含めた地殻変動観測から各変動要因の分離を行うことが重要である。

従来、GNSS 音響観測で得られる上下変位の不確定性は、キャンペーンごとのインバージョンにおける海底局アレイ変位の推定誤差（モデル分散共分散行列の対角成分、以後、推定誤差 A）、あるいは複数のキャンペーン観測から得られる上下アレイ変位の時間変化における回帰直線からの残差（以後、推定誤差 B）で評価されてきた。推定誤差 A は、誤差要因②の影響を主に反映しており、0.5–1 cm 程度（ 1σ ）である。一方、推定誤差 B は全ての誤差を包括しており、5–10 cm 程度であり、推定誤差 A だけでは推定誤差 B に相当する誤差評価が出来ていないことが分かる。一方で、推定誤差 B からは各キャンペーンでの推定誤差を厳密に評価することができない。そのため、東北大学では、誤差要因の多くが誤差伝播により拡張され、推定誤差 A の定数倍で表現できると仮定し、各キャンペーンの誤差を推定誤差 A の 10 倍（ 10σ ）で表現している。

東北沖における海底上下変動場の正確な把握のためには、GNSS 音響観測で得られる上下変位の不確定性についてより厳密に評価する必要がある。そこで、本研究では、これまで着目してこなかった個々の誤差要因の影響がどのように影響するかの評価が必要であると考え、その手始めとして誤差要因①の影響について評価した。ここでは、誤差要因①が鉛直音速構造の初期モデルに依存する形で現れると考え、その影響を調べた。GNSS 音響測位では、理論音響走時の計算において鉛直音速構造の初期モデル（XBT 等で実測した音速構造）を与えており、そこから水平成層構造における音線のベンディングの影響は不変として走時を計算している。しかし、実際には音速構造の時空間変化によってベンディングの量、すなわち音線経路の長さが変わるため、その影響が上下変位の推定誤差として生じる恐れがある。また、近年海上局として無人の航行機である Wave Glider を活用している（Iinuma et al., 2021）が、その場合は海中音速構造を実測することが出来ない。このような実測データがない場合は、JCOPE2M（Miyazawa et al., 2017; 2019）による水温・塩分モデルから観測点での音速構造を求め、初期モデルとしている。そのため、JCOPE2M によるモデル音速構造と実海中音速構造の乖離も上下変位の推定誤差として現れると考えられる。

そこで、研究航海（KS-14-17, KS-15-03, KS-16-14, KS-17-13, KS-18-10, KS-19-12, KS-20-16, KS-21-05, KS-21-25, KS-23-04, KS-23-14, KM17-05, KM18-06, KM21-04, KM22-07, KM23-07, KH15-02, YK16-02, 東北大学が実施した傭船航海）によって取得した GNSS 音響観測点（G01-G25：東北沖・千島沖）における XBT, XCTD, CTD 観測による実鉛直海中音速データ（317 データ）を用い、1：一観測点における観測時間内（半日～1 日）の実海中音速構造のゆらぎ（時間を開けた複数回の計測による実鉛直海中音速データ間の残差）、2：実海中音速構造と JCOPE2M によるモデル音速構造の乖離、をそれぞれ調べた。解析 1・2 とともに、全ての観測点・全ての期間のデータをコンパイルした解析を行った。図 1a は解析 1 で得られた 145 の残差データの結果を示しており、GNSS-A 観測時間内では、海中音速構造は水深およそ 600 m 以浅において標準偏差で 5 m/s 程度のゆらぎを持つことが分かった。図 2a は解析 2 で得られた 317 の残差データの結果を示しており、海中音速構造は水深およそ 600 m 以浅において標準偏差で 10 m/s 程度のゆらぎを持つことが分かった。

続いて、これらの鉛直音速構造の初期モデルの不確定性がどの程度の上下変位の推定誤差につながるかを調べた。ここでは、モンテカルロ法で鉛直音速構造の初期モデルの不確定性による上下変位への影響を調べた。まず、解析 1・2 で得られた鉛直音速構造の残差データからランダムに 2 つのデータを選び、それぞれに -1～1 の区間の一様分布から得られる乱数をかけた上で結合することで新たな残差データを 300 個生成した（図 1b, 図 2b）。そして、生成した各残差データを初期モデルと結合することで 300 個の初期モデルを生成し、それぞれで海底局アレイ変位の推定を行った。海底局アレイ変位の推定には、GNSS 音響測位ソフトウェア SeaGap（Tomita & Kido, 2023）の水平成層構造におけるスタティックアレイ変位解析用の関数を用いた。結果として、解析 1 による上下成分の推定誤差はおよそ 2 cm 程度であり、解析 2 による上下成分の推定誤差はおよそ 6 cm であることが分かった。なお、水平成分には推定誤差はほとんど現れなかった。このモンテカルロ法による誤差評価を複数キャンペーンの観測データに適用したが、推定誤差 A によらず、どのキャンペーンでも同程度の推定誤差が得られた。

この結果から、誤差要因①（音速構造の複雑性）による影響が定量的に評価され、推定誤差 A（インバージョンにおける推定誤差）では評価しきれなかった GNSS 音響観測の上下変位推定誤差の要因として誤差要因①が大きな役割を果たしていることが分かった。現在、MCMC 法によって、今回定量化した鉛直海中音速構造の初期モデルの不確定性による推定誤差と推定誤差 A を適切な重み付けで結合する手法を考案している。また、今回評価していない誤差要因③についても、モンテカルロ法によって上下変位速度の推定にどの程度の影響を与えるかを評価している。本発表ではこれらを踏まえた東北沖における上下変位場の推定結果も紹介したい。

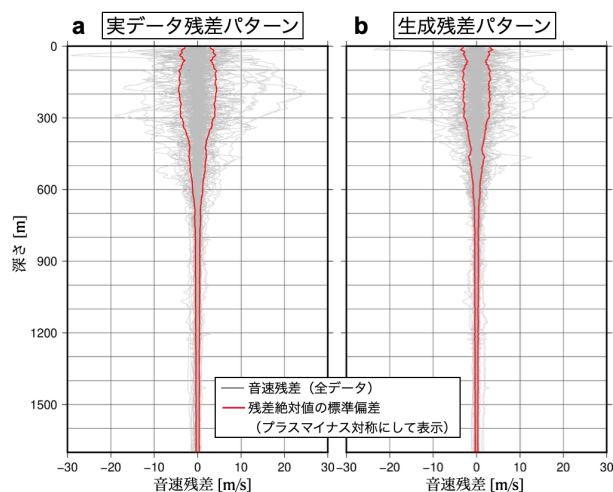


図 1：観測時間内での鉛直海中音速構造のゆらぎ

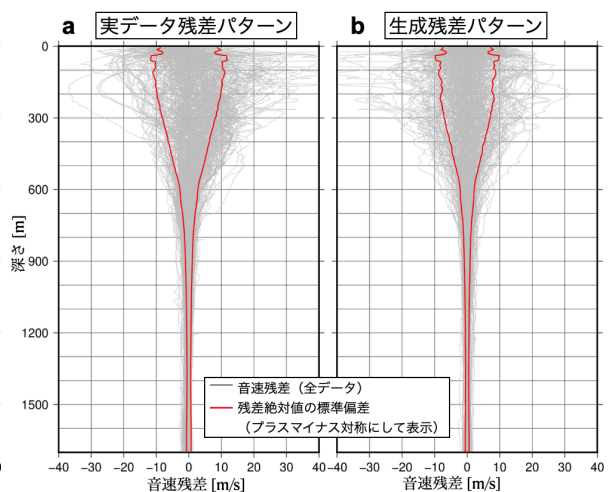


図 2：実観測データと JCOPE2M から得られた鉛直海中音速構造の残差

日本海溝北部での反射法地震探査—KM23-07 航海概要—

○中村恭之（海洋研究開発機構）、野徹雄・山本富士夫・白石和也・三浦亮・藤江剛・三浦誠一・小平秀一（海洋研究開発機構）・鶴哲郎（東京海洋大学/海洋研究開発機構）・朴進午（東京大学大気海洋研究所）

海洋研究開発機構では日本周辺の地震発生帯における構造調査・研究を実施してきた。近年では、南海トラフにおいて稠密測線での2次元反射法探査を実施することで、遠州灘から日向灘までの南海トラフ沈み込み帯全域における3次元的な地下構造を描き出しつつある。一方、日本海溝・千島海溝域も2011年東北地方太平洋沖地震のような巨大地震発生が危惧される領域である。日本海溝・千島海溝では、東北地震以降にS-netが敷設され、海域での地震観測網が整備されたこともあり、近年では海域での微動や超低周波地震も報告されている。また、これまでに実施した構造調査の結果から、巨大地震やゆっくり地震の滑りと地下構造の関連が示唆される結果が得られつつある。しかし、特に千島海溝や日本海溝の北部・南部では、海溝軸海側から陸側斜面上部までの沈み込み帯全域の構造を対象とする測線の間隔は概ね50-100kmと比較的まばらであった。我々は、千島・日本海溝域においてもより詳細な構造情報を得るため、「かいれい」・「かいめい」を用いた反射法・屈折法構造調査を実施している。本発表では、2023年5-6月に日本海溝北部域で「かいめい」を用いて実施した反射法地震探査(KM23-07)の概要を紹介する。

本航海では、航海の最初に「かいめい」ストリーマークーブルの作動確認を実施し(Leg. 1)、健全性が確認されたクーブルを用いて航海の後半(Leg. 2)で反射法地震探査を実施した。Leg. 2で使用したクーブルは6075m(1944チャンネル)、音源は10600立法インチのエアガンアレイを用いた。発振間隔は50mでの実施を予定していたが、調査時期に黒潮続流が蛇行により三陸沖まで北上していたため、潮に追われる測線での発振間隔を75mにせざるを得なかった。船上装置、クーブルやエアガンのトラブルは発生したが、青森—岩手沖日本海溝域において合計7測線で概ね良好なデータを取得することができた。データの品質確認を目的として実施される船上での簡易処理によって得られた反射断面からは、沈み込む前の太平洋プレート浅部の構造（折れ曲がり断層やモホ面）、沈み込んだプレート上面の形状、上盤側の変形構造などに地域差があることが確認できる。得られたデータは重合前深度マイグレーションによって深度断面を得るために現在解析中である。発表では、得られた反射断面の特徴と地震活動の対応に関する予察的な結果を報告する。

海底圧力計データを用いた房総沖スロースリップのすべり分布の推定

○柴田早希・佐藤利典（千葉大）、村田耕一（千葉大、応用地質）、碓氷典久（気象研）、
塩原肇・山田知朗・篠原雅尚（東大地震研）

1. はじめに

スロースリップ（SSE）は、地震波を出さずに断層がゆっくりすべる現象で、GNSS 観測が始まって以来プレート境界等で多く発見されている。SSE の発生メカニズムを解明することは、プレート境界での応力蓄積解放過程を理解する上で重要である。SSE の多くは海底下で発生しているので、海底圧力計（OBP）による海底上下変動の連続観測が有効となる。しかし、OBP の観測データには、地殻変動以外に、海洋潮汐、海洋変動、機器の永年変化（ドリフト）などが記録されていて、これらを適切に取り除く必要がある。清水、他（JpGU, 2021）、佐藤、他（地震学会、2022）、佐藤、他（海と地球のシンポジウム、2023）は、観測データと海洋モデルをマルチチャンネル特異スペクトル解析（MSSA）を用いて成分に分解し、相関のよい成分のみを用いて観測データから海洋変動を取り除くという方法を開発した。これは、海洋モデルの不完全さを取り除き、より観測データから地殻変動を取り出しやすくする方法である。本研究では、上記方法により抽出した SSE による変動を用いて、房総沖 SSE のすべり分布の推定を行った。

2. 方法

解析に使用した更新された海洋モデルは、気象庁気象研究所が開発した日本沿岸海況監視予測システム再解析データセット「MOVE/MRI.COM-JPN Dataset」（広瀬、他、気象研技術報告、2020）である。OBP データは房総沖 SSE 領域で観測したデータ（2013-2015、2016-2018）を使用した。このデータには、2014 年と 2018 年の SSE が含まれている。

OBP データからは、潮汐モデル「Baytap08」（Tamura et al. GJI, 1991）を用いて潮汐成分を取り除き、直線フィットでトレンドを取り除いた。潮汐とトレンドを除いたデータと海洋モデルを用いて MSSA を行い、成分ごとにデータとモデルの相関を出し、相関の良い成分のみを用いて海洋モデルを再合成し、これを潮汐とトレンドを除いたデータから差し引いた。その後、SSE による変動や季節変動、2011 年東北地方太平洋沖地震の余効変動等を見積もるため、パラメトリックモデル（階段関数と直線、正弦関数、対数関数を組み合わせたもの e.g. Sato et al, GRL, 2017）を当てはめ、SSE による変動の抽出を行った。

房総沖 SSE のすべり分布の推定のため、上記 OBP の上下変動データと国土地理院による日々の座標値(F5 解)による陸上の GNSS データを用いた。GNSS データからは、トレンドと季節変動を取り除き、SSE による変動を抽出した。この変動データを用いて、すべり分布がなめらかである、すべり方向がプレート運動方向に近い、フレームエラー（GNSS 観測網全体の回転、膨張、移動）が小さい、という 3 つの拘束条件を与えて SSE のすべり分布の推定を行った。拘束条件の強さは ABIC を用いることで客観的に求めた。

3. 結果

潮汐とトレンドを除いた OBP データから再合成した海洋モデルを差し引いたデータは、単純に海洋モデルをそのまま差し引いた場合より変動の標準偏差が小さくなっていて、本研究の方法によって海洋変動がよりよく除けている可能性がある。

2018 年の房総沖 SSE のすべり分布については、OBP データを入れた結果と陸上 GNSS データだけの結果を比較した。推定誤差は、OBP データを入れた結果のほうが海側で小さくなった。すべり分布は、OBP データを入れた結果は、北西-南東方向に伸びた分布を推定しているのに対して、GNSS データだけの結果は全体に丸い分布を推定していて、OBP データを入れたほうが海側の解像度がよいように見えている。

謝辞

本研究の遂行にあたり、海洋研究開発機構「白鳳丸（KH13-5）」、「なつしま（NT15-12）」、海洋エンジニアリング（株）「第三開洋丸」、「第五開洋丸」を使用させて頂きました。各船長以下、乗組員の方々に感謝します。OBP データと海洋モデルの MSSA に関しては、鈴木雅博氏の千葉大学理学部地球科

学科卒業論文の結果を参考にしました。すべり分布の推定では、国土地理院による日々の座標値(F5解)を使用しました。本研究は文部科学省の「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の支援および科研費(25287109, 23K03541)の補助を受けました。

2022 年夏季の北海道沖における船舶・航空機同時観測における 大気エアロゾル物理化学計測の相互比較

○宮川拓真(海洋研究開発機構), 大畑祥(名古屋大学), 吉田淳(国立極地研究所), 宮崎雄三(北海道大学), 持田陸宏(名古屋大学), 茂木信宏(東京大学/現東京都立大学), 金谷有剛, 川合義美(海洋研究開発機構), 小池真(東京大学)

海洋上における下層雲形成は地球大気における放射収支に多大な影響を与えるため、その成因の一つとなる雲粒の原料、海洋大気エアロゾル粒子の動態を理解することは極めて重要である。西部北太平洋は下層雲量の面で世界でも有数の海域である。この海域の下層雲形成に関わるエアロゾルの諸過程の理解に向け、東北海洋生態系調査研究船「新青丸」の KS-22-10 航海とそれに同期した航空機 (King Air) 観測が 2022 年 7 月 15 日-8 月 2 日に実施され、(図 1) 両プラットフォームにて大気エアロゾル粒子のサイズ別個数濃度・化学組成が計測された。本研究では、KS-22-10 において取得したエアロゾル物理化学データの調和度を評価し、King Air にて取得したデータとの統合的な解析の可能性を模索するため、同種のパラメータあるいは比較可能な計測結果についての相互比較を行った。

KS-22-10 においては、走査型移動度分析器 SMPS (TSI 社製 DMA3081 と CPC3775 の組み合わせ) による粒子直径 $D_p = 14\text{--}737\text{ nm}$ の粒子サイズ分布 (PSD) と光散乱式粒子カウンター OPC (Particle Plus 社製 8306) による $D_p = 0.3\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$ の PSD の両者は分布形状・粒子数濃度の観点で整合的な計測結果を示し、超微小粒子から粗大粒子までの 2 桁にまたがる広範な PSD の取得に成功した。常温及び 300°C に加熱した配管を通した 2 種の光散乱式粒子カウンターによる PSD データから推定した粒子体積濃度と、カスケードインパクト (Tisch Environmental 社製 TE-234) を搭載したエアサンプラー (紀本電子工業製 120SL) による捕集試料を分析した結果と比較したところ、スーパーミクロン粒子はほとんどが海塩粒子で構成され、 300°C で揮発するサブミクロン粒子と硫酸塩・有機炭素成分の間に高い相関性が認められ、サイズ別・揮発性の粒子サイズ分布の情報を化学組成と紐づけて解析できることがわかった。同期間において、King Air と新青丸を時間・空間的に同期した観測が 7 回実施された。King Air 搭載の光散乱式粒子カウンター UHSAS (Droplet Measurement Technologies 社製) による $D_p = 141\text{--}1120\text{ nm}$ の PSD から、 $D_p = 0.3\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$ の範囲を抜き出し、高度 300 m より下層に雲がない計 4 回のフライト (#04, #08, #09, #10) に着目して、比較を行ったところ、全ケースで、King Air と新青丸での PSD は分布形状・粒子数濃度の観点で整合的な結果を示し、海洋性大気境界層において、海表面付近の船舶観測の結果が下層の混合層内にある程度代表していたことがわかり、海表面付近から鉛直方向へのエアロゾル濃度データの統合的な解析が可能となった。本研究結果を基に、多様な観測結果を統合することで、エアロゾル-雲相互作用に関する研究のさらなる発展が期待できる。

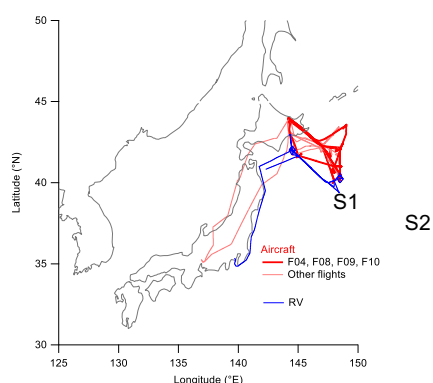


図 1. King air (赤) 及び新青丸 (青) の航跡図

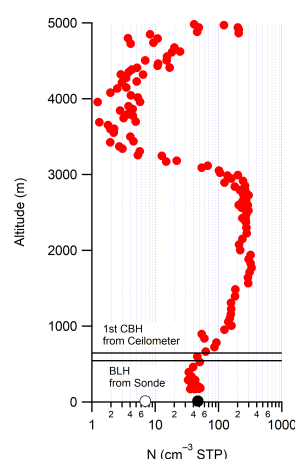


図 2. King air (赤) 及び新青丸 (黒) で取得したサブミクロン粒子 ($D_p = 0.3\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$) の個数濃度の比較。(＃08 の例)

謝辞：本研究は、JSPS 新学術領域研究(領域番号 6102；科研費費番号 JP19H05699)の助成を受けました。この観測キャンペーンは、新青丸 のクルー、ダイヤモンドサービス、マリンワークジャパン、観測に参加されたすべての関係者の皆様のご尽力により遂行されました。ここに感謝の意を表します。

オープンデータへの取組み ～「新青丸」海上気象データの公開開始～

○森岡美樹・永木晴美・坂本雅子（日本海洋事業株式会社），
川上創・菱木美和（海洋研究開発機構）

海洋研究開発機構（JAMSTEC）研究データ公開技術グループでは、JAMSTEC の船舶・潜水船で得られた海底地形、気象、海象などの多種多様なデータを公開するとともに、データへのアクセス向上や利活用促進にも取り組んでいる。本年度、新たに東北海洋生態系調査研究船「新青丸」（以降、「新青丸」）で取得された海上気象データの公開を開始したため、本発表では「新青丸」に搭載されている気象海象観測装置の構成と海上気象データについて紹介する。

「新青丸」は沿岸域の調査観測に適した船舶であり、JAMSTEC 船舶である「みらい」及び「かいめい」と同等の気象センサーが船体の各所に設置されており、海上気象の基礎データが常時取得されている（表 1）。また近年、洋上風力発電事業の推進などを背景に、沿岸域の気象データの需要が増加していることから「新青丸」の海上気象データを公開する意義は大きい。

「新青丸」で取得された海上気象データを公開するにあたり、1 分毎の生データから各要素（気圧・気温・湿度・風向風速・降水量・日射量・海面水温）を抜き出し、緯度経度を付加した。公開データのフォーマットは表 2 に示す通りであり、「時間、緯度経度、気圧、気温、露点温度、相対湿度、海面水温、東西風速、南北風速、時間雨量、短波放射量、長波放射量」に関する 14 項目は、既に公開している「みらい」及び「かいめい」の海上気象データのフォーマット構造と統一し、比較や統合が容易となるよう配慮した。その他は「新青丸」独自の項目であり、風向風速計や放射計のように同型センサーが複数台搭載されていることから、いずれのデータも公開し、利用者による選択を可能とした。

「新青丸」の海上気象データは 2019 年から定常観測データとして研究調査航海で原則取得されている。これまでに取得され、研究データ公開技術グループに保管されているデータは 124 航海（2023 年 12 月時点）あり、順次、処理及び公開を進めている。

表 1 「新青丸」気象海象観測装置 構成機器一覧

センサー	メーカー	型式	搭載数	設置位置(海ツラ度)
日イ・日ナ+	ANEOS, Japan	N-363D	2	フォアマスト (15m) / メインマスト (24m)
温度計	ANEOS, Japan	TS-301C	2	フォアマスト (15m) / メインマスト (11m)
湿度計	Vaisala, Finland	HMT333	2	フォアマスト (15m) / メインマスト (11m)
水温計 (SST)	ANEOS, Japan	Pt100 N66M	1	船底 (-4.5m)
気圧計	Vaisala, Finland	PTB330	1	第一研究室 (9.5m)
雨量計	R.M. Young, USA	50202	1	コンパスデッキ (14m)
短波放射計	Hukseflux, The	CHF-LP02	2	コンパスデッキ (14m)
長波放射計	Hukseflux, The	CHF-IR02	2	コンパスデッキ (14m)
光合成有効放射計	Delta OHM, Italy	LP PAR01	1	コンパスデッキ (19m)

表2 「新青丸」海上気象データフォーマット

Single space separated.

No.	カラム	項目	フォーマット (nodata or baddata)	単位	備考
1	1-12	年3え時分 [YYYYMMDDhhmm]	i12		1分毎
2	14-21	Julian day [DDD.DDDD]	f8.4		1分毎
3	23-29	経度 [0 ~ 360]	f7.3 (999.999)	degree	タイムスタンプにおける経度* 東経
4	31-37	緯度 [-90 ~ 90]	f7.3 (999.999)	degree	タイムスタンプにおける緯度* +:北緯、-:南緯
5	39-44	気圧	f6.1 (9999.9)	hPa	1分毎の瞬間値
6	46-50	気温 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	deg-C	1分毎の瞬間値
7	52-56	露点温度 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	deg-C	1分毎の計算値 (気温と相対湿度からWMOの公式(**)により算出)
8	58-62	相対湿度 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	%	1分毎の瞬間値
9	64-70	海水水温	f7.4 (99.9999)	deg-C	1分毎の瞬間値
10	72-76	東風風速 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分毎の計算値 (ら度補正なし)
11	78-82	南北風速 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分毎の計算値 (ら度補正なし)
12	84-89	移動積算時間雨量	f6.2 (999.99)	mm/h	1分毎の瞬間値
13	91-96	短波放射量 (右舷)	f6.1 (9999.9)	W/m ²	1分毎の瞬間値
14	98-103	左舷ヨット 紅鰐	f6.1 (9999.9)	W/m ²	1分毎の瞬間値
15	105-110	短波放射量 (左舷)	f6.1 (9999.9)	W/m ²	1分毎の瞬間値
16	112-117	左舷ヨット 嚙鰐	f6.1 (9999.9)	W/m ²	1分毎の瞬間値
17	119-124	光合成有効放射量	f6.1 (9999.9)	μmol/m ² s	1分毎の瞬間値
18	126-130	真風速 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分平均値 (ら度補正なし)
19	132-136	真風向 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	degree	1分平均値 (ら度補正なし)
20	138-142	相対風速 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分平均値 (ら度補正なし)
21	144-148	相対風向 (フォアマスト)	f5.1 (999.9)	degree	1分平均値 (ら度補正なし)
22	150-154	真風速 (メインマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分平均値 (ら度補正なし)
23	156-160	真風向 (メインマスト)	f5.1 (999.9)	degree	1分平均値 (ら度補正なし)
24	162-166	相対風速 (メインマスト)	f5.1 (999.9)	m/sec	1分平均値 (ら度補正なし)
25	168-172	相対風向 (メインマスト)	f5.1 (999.9)	degree	1分平均値 (ら度補正なし)

* 「新青丸」気象観測装置Rawデータには船位データが含まれていないため、「航跡」データから緯度経度を付加しています。

なお、当該タイムスタンプ時刻の「航跡」データがない場合は、5秒後の緯度経度を採用しています。

** WMO-No.8 (Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation)

西部北太平洋域における大気・海洋・生態系変動の学際的研究 -MR23-05 Leg1 航海概要-

○永野憲, 植木巖, 勝俣昌己, 本多牧生, 松本和彦, 竹谷文一, 関谷高志, 渡健介, 賀来将大, 石原靖久, 福田達也, 藤田美季子, 細田滋毅, 川合義美, 横井寛, 宮澤泰正, 谷口京子 (海洋研究開発機構), 松原浩史 (NTT/SEEL), 覃洪偉 (AORI), 崔天暢 (北大), 鈴木直弥 (近大), 青木一真 (富山大), 遠嶋康徳 (環境研), 石戸谷重之 (産総研), Meghan F. Cronin (NOAA/PMEL)

1. はじめに

貧栄養な西部北太平洋亜熱帯域において, その生物生産を支える栄養塩供給のメカニズムを理解することは, 当海域の生態系および炭素循環の把握と将来予測に極めて重要である. 最近, 基礎生産に大きく寄与していると考えられているアジアの砂漠域を起源とするダストや人為起源エアロゾルによる栄養塩供給が注目されているが, 定量的な議論はなされていない. さらに, 西部北太平洋は大気海洋相互作用を伴う大気海洋変動が顕著であり, 当海域の大気海洋相互作用を理解することは天気や気候変動の予測の改善につながる.

そこで, 各プロセスによる基礎生産への影響を統合的かつ定量的に評価し, 季節内スケールから10年規模スケールで変動する大気海洋相互作用現象の詳細を明らかにするために, 係留系による長期時系列データの取得と西部北太平洋亜熱帯域の初夏の大気海洋と生態系の把握を目的としてMR23-05 Leg1 航海 (2023年6月28日~7月20日) を行った. 本発表では, 航海の概要を発表する.

2. 航海速報

2023年6月28日に清水港を出港, 途中コロール港 (パラオ) に寄港し, 7月20日に清水港に戻る23日間の航海を行った. 本航海では, 航路上での大気と海洋の連続観測, Argo フロート, Multipurpose Observation Float (MOF), Smart CARTHE drifter の投入に加え, Kuroshio Extension Observatory (KEO, 32°N, 144.5°E), KEO South (KEOS, 25°N, 145°E), Philippine Sea Mooring (PHSMO, 13°N, 137°E) の主要な測点等で観測を行った (図1).

KEO ではセジメントトラップ係留系の回収と設置を行い, PHSMO では係留ブイ1系とAcoustic Doppler Current Profiler (ADCP) 係留系2系の入れ替え, 海面の熱および運動量フラックス計測のための漂流ブイ3基とウェーブグライダー1基を設置した. なお, フラックス漂流ブイとウェーブグライダーは航海中に回収を行った. 主要測点およびArgoフロート投入点ではCTD観測および採水を行い, 塩分, 溶存酸素濃度(DO), 溶存無機炭酸, 全アルカリ度, クロロフィル等の計測を実施した.

3. 結果

西部北太平洋熱帯域および亜熱帯域の鍵になる測点で観測を行うことが出来た. 特に, KEO および PHSMO サイトにおける係留系の入れ替えを実施し, 長期時系列データの取得の継続に成功した. KEO サイトのセジメントトラップ係留系で得られたデータは, 米国大気海洋庁 (NOAA) の係留ブイデータによる大気と海洋の物理パラメータの観測と組み合わせることで, 生物地球化学的な知見を得ることができる. さらに, KEO サイトの大気と海洋はそれぞれ, Pacific-Japan (PJ) パターン (例えば, Nitta, 1987) や黒潮による移流を介してフィリピン海のPHSMOサイトの変動

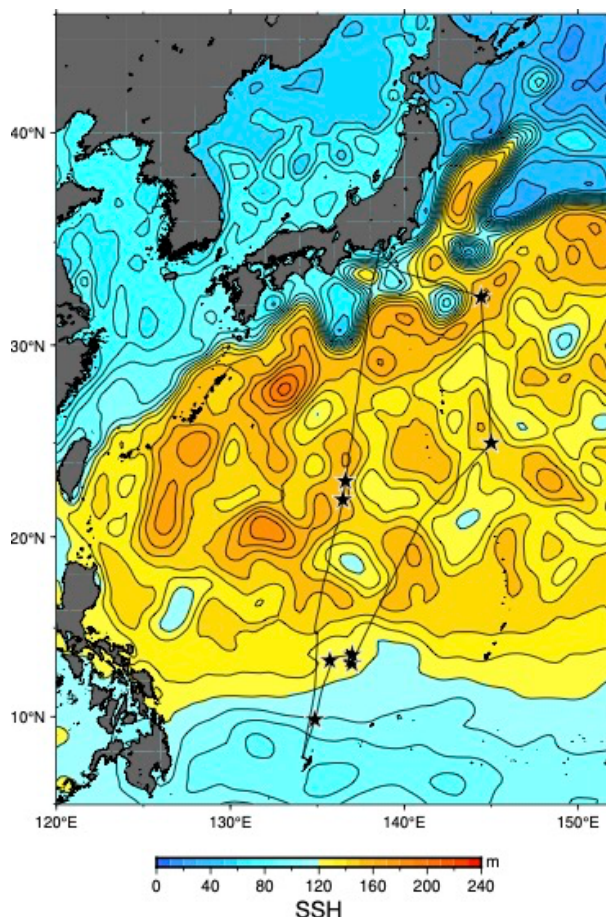


図1. 2023年7月1日の海面高度 (SSH) とMR23-05 Leg1 航海の航跡 (細線). 10cm 間隔で SSH の等値線を描いた. 主な測点を星印で示した.

と連動している (Nagano et al., 2014, 2017). 西部亜熱帯循環のスケールの大気と海洋の変動を理解する上で重要なデータを取得することが出来た。

例えば、フィリピン海の PHSMO サイト周辺での観測期間中、頻繁に降水が観測された。対流活動が活発であったと考えられる。PJ インデックス (Wakabayashi and Kawamura, 2004) は正值を示し、航海中の 7 月から航海後の 8 月まで PJ パターンが発生していたとみられ、日本の平均気温は 1898 年以降で最も暑い夏となった (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko2023jja.pdf>)。PHSMO サイトの係留ブイデータに加え、係留 ADCP データ、ウェーブグライダー、Argo フロート、MOF によって得られたデータは、対流活動の活発化する大気と海洋の状態を捉えている可能性があり、これらのデータを詳細に解析することで、当海域の短周期の大気海洋相互作用の詳細に迫ることが可能となる。

また、PHSMO サイトのブイの係留期間は既に 6 年を超え、水温、塩分、および DO 等の経年変化を捉えることができた。2018 年秋から 2019 年春にかけてエルニーニョが発生し、エルニーニョに伴うウォーカー循環の東方移動による降水の減少による高い海面塩分 (SSS) (Nagano et al., 2014, 2017) も捉えられており、この SSS の増加と高塩分の回帰線水の浅化とが同期している。また、その前後の期間に比べて主水温躍層は約 50m 程度浅く、高塩分の回帰線水も浅い層に見られた。これらの結果は昨年度開催された同シンポジウムにて報告した。また、海面水温 (SST) は、他の年の冬季よりも顕著に低く、亜熱帯循環の内部領域のポテンシャル密度 $25.0-25.5 \sigma_\theta$ の層の流量変動に起因し (Nagano et al., 2016)、フィリピン東方海域亜表層からの低温水の鉛直輸送の強化によって強い冷却 (Nagano et al., 2022) を受けた可能性がある。深度 100m と 150m の DO の低下と見かけの酸素消費量 (AOU) の増加とも同期し、低 DO (高 AOU) の状態は、主水温躍層が深化した後も続いている。これは、エルニーニョの発生に伴って西部熱帯太平洋に発生する低気圧性擾乱による主水温躍層の浅化に加え、直前のラニーニャに伴う鉛直流の強化による高 AOU で特徴付けられる深層の古い水が湧昇している可能性を示唆する。今後の詳細な解析によって、この過程についての深い理解が得られるものと期待される。

さらに、2017 年 8 月頃より発生し、現在も継続中の黒潮大蛇行に加え、黒潮は三陸沖に至る通常よりも北上する特異な流路を取る時期の観測となった。これらの黒潮の変動は、大気と海洋の 10 年規模スケール変動の現れである可能性があり、西部亜熱帯循環のスケールから現在の特異な黒潮の状態を調べることで 10 年規模スケール変動の理解が進むことが期待される。

謝辞：関係する全ての方々に感謝致します。また、「みらい」MR23-05Leg1 航海を実施するにあたり、船長及び乗組員、観測技術員をはじめとする日本海洋事業株式会社並びに株式会社マリン・ワーク・ジャパンの皆様へ改めて御礼を申し上げます。

「みらい」 MR23-05 航海 Leg2: 西部北太平洋亜寒帯域における 大気・海洋・生態系変動の学際的研究

○長島佳菜・藤木徹一・野口真希・喜多村稔・杉江恒二・木元克典・内田裕・脇田昌英・金子仁・中野善之・佐藤都・久保さゆり・竹谷文一・金谷有剛(海洋研究開発機構), 三野義尚(名古屋大学), 下島公紀・大井麻由・鈴木渚(東京海洋大学), 岡崎裕典・粕谷拓人・熊威誠(九州大学), 佐川拓也・内田貴之(金沢大学), 覃洪偉・塩崎拓平(東京大学大気海洋研究所), 青木一真(富山大), 遠嶋康徳(環境研), 石戸谷重之・天野敦子(産総研), 村上雅則(NME), 鷲島克啓(MWJ)

1. はじめに

西部北太平洋亜寒帯域は、生物による二酸化炭素吸収能が世界最大級、かつ海域別漁獲量が最も高い豊かな海であり、当海域への主要・微量栄養塩の供給量や供給メカニズムを明らかにすることは、今後の海洋資源や炭素循環を予測する上で必要不可欠である。また、当海域の海洋生態系は、栄養塩量の変化に加え、海洋酸性化、海水温の昇温、貧酸素化といった近年特に顕在化してきた海洋環境変化の影響を受ける。そこで MR23-05 Leg2 航海では、1) 主要・微量栄養塩供給プロセスと供給量、その時空間的变化を明らかにし、亜寒帯域の海洋低次生態系・物質循環に与える影響を定量的に評価する、2) 海洋酸性化などの海洋環境変動の実態を捉えることを目的とし、大気から海底堆積物までの各層における物質の動態調査、海洋化学/海洋生態系の観測を実施した。本発表では航海の概要および初期結果の報告を行う。

2. 観測速報

海洋地球研究船「みらい」により 2023 年 7 月 27 日に清水港出港後、下北沖の 3 つの観測点 Shimokital-3 (それぞれ 42°09'N, 141°41'E : 41°09'N, 141°52'E : 41°09'N, 142°25'E), 千島海溝の観測点 CT (42°52.46'N, 146°19.32'E), 亜寒帯海域の観測点 K2 (47°N, 160°E) および KNOT (44°N, 155°E) の順に観測を実施し、8 月 17 日に清水港帰港、計 22 日間の航海を行った。(図 1). 観測点 Shimokital-3 では、CTD 採水、乱流観測、採泥(ピストンコアおよびマルチプルコア)、それらに加え、Shimokita2 ではプランクトンネットによる動物プランクトン採取およびマリンスノーキャッチャーによる沈降粒子の採取を行った。続く観測点 CT は千島海溝の水深が最も深い地点であり、CTD 採水のみ実施した。海洋研究開発機構が 2000 年代から係留系による

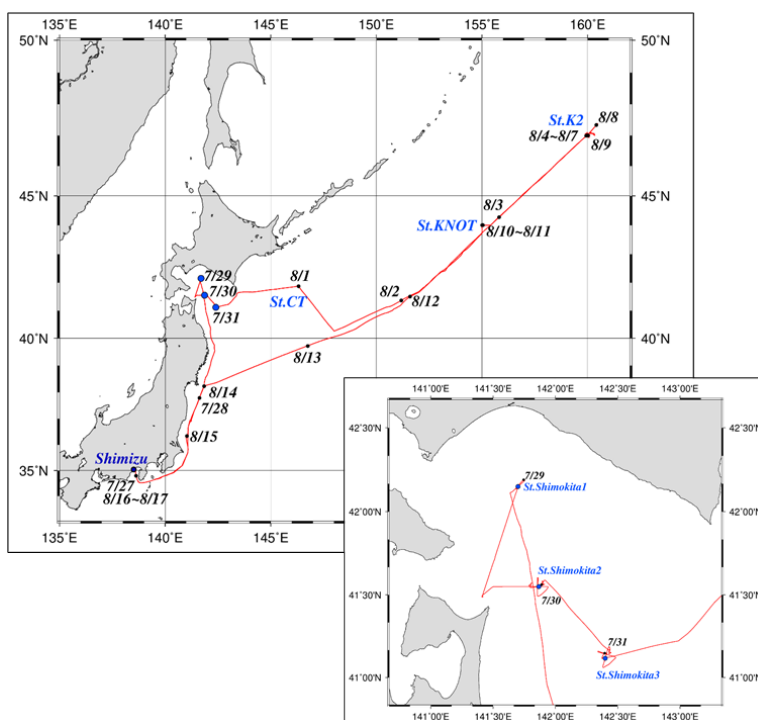


図 1 MR23-05 Leg2 航海の航路図および観測点

アおよびマルチプルコア), それらに加え、Shimokita2 ではプランクトンネットによる動物プランクトン採取およびマリンスノーキャッチャーによる沈降粒子の採取を行った。続く観測点 CT は千島海溝の水深が最も深い地点であり、CTD 採水のみ実施した。海洋研究開発機構が 2000 年代から係留系による

時系列観測を実施している観測点 K2 では、セジメントトラップ係留系回収と再設置、BGC フロート投入、CTD 採水と生化学分析、採水殺菌装置のテスト、乱流計、プランクトンネット、懸濁粒子採取、クリーン採水、植物プランクトンの高速フラッシュ励起蛍光光度測定と培養実験を実施した。また、CTD 採水後の配水作業を自動化するために開発したロボットのテスト操作を行った。最後の観測点 KNOT では、CTD 採水・生化学分析、クリーン採水、乱流観測、プランクトンネット、マリンスノーキャッチャーを実施した。各観測点および航走中に各種大気組成連続観測、大気エアロゾル粒子や降雨/霧水採取、気象/表層海水連続観測などの観測を実施し、大気から海底下の堆積物に至るまで鉛直方向をダイナミックにカバーする観測を実施することができた。

3. 初期結果

3-1. 培養実験

対象海域における生態系動態の季節変動や地球温暖化の影響を把握するために、MR19-02 および MR21-01 に並び、本航海では、温暖化を模擬した培養実験を実施した。本実験で採用した希釈培養法は、植物プランクトンの増殖速度と微小動物プランクトンによる摂餌圧を同時に求めることができる。これを現場水温とそれを 4℃上昇させた水槽で実施することで、温度変化による現場の群集応答を把握し、様々な季節と海域のデータを合わせることで、水温変化に対する西部北太平洋のメタ群集の動態の理論化を試みるものである。その結果、10 μm 以上の大型の植物プランクトンの増殖速度は、水温 15℃程度までは従来通りの Eppley 曲線に似た応答を示すが、それ以上の昇温では増殖速度が低下すること、および、10 μm 以下の小型の植物プランクトンの増殖速度は、約 10℃以上の海域ではおよそ一定であることが明らかになった。本研究は、Eppley 曲線に基づく植物プランクトンの増殖速度の推定が不適当であり、新たな理論式が必要であることを示唆するものである。

3-2. ピストンコア

Shimokita1-3 の各地点で、それぞれ 18.3 m, 17.1 m, 11.0 m の長さのピストンコア採取に成功した。船上ではコアの分割面の観察の他、帯磁率や色などの物性測定を行った。下船後は、産業総合研究所において XRF コアスキャナー測定を行い、2 mm 間隔の元素組成プロファイルを測定した。その結果、各コアの下部から、海氷が運んだと考えられる漂流岩屑が複数層準から見つかり、採取したコアが寒冷な環境であった最終氷期に達していた可能性が示された。また、XRF コアスキャナーの解析結果からは、時代によってコア中の生物源炭酸塩、生物源オパール、陸源碎屑物、有機物の相対量が変化し、陸域～海洋環境の変化が記録されていることが分かった。今後は、有孔虫の放射性炭素年代の測定を進め、コアに正確な年代を入れると共に、有孔虫殻の微量元素や同位体組成等の測定を行い、過去の海洋の循環強度、水温などの長期的な変動を復元する。さらに海水の pH 復元やヘムの鉄同位体比分析を行い、寒冷期から温暖に向かっていく時代の生物や海洋環境の変遷をきめ細かく解析する。

現在、本航海での取得データの解析やサンプルの分析が行われており、今後、観測点 K2 でのデータを中心に、過去数年顕著に見られた海水温の昇温、海洋酸性化、海洋物理の変化などに伴う生態系応答などについても検証・考察を行う。発表時には、それらを含めた初期結果を報告する予定である。

謝辞

みらい運航にあたり様々なサポートをしていただいた船長および船員の皆様に感謝いたします。また、MR23-05 Leg2 航海を実施するにあたり、運航部および非乗船課題・陸上支援の皆様、日本海洋事業(株) およびマリン・ワーク・ジャパン(株)の皆様に大変お世話になりました。改めてお礼申し上げます。

北西太平洋の磯口ジェット流域における水塊混合と栄養塩フラックス

○矢部いつか・余澤庶・伊藤進一・安田一郎・小畑元（東京大学大気海洋研究所）

黒潮続流の分岐流であり混合水域を流れる磯口ジェット（以下、ジェット）は、黒潮由来の温暖で高塩分の水塊を亜寒帯域に輸送し、北海道から東北地方の沖合で北東に向きを変える寒冷で低塩分な親潮水との間には亜寒帯フロントと呼ばれる強い水温フロントが形成される（Yasuda, 2004; Isoguchi et al., 2006）。混合水域の中でもジェット周辺は、小型浮魚類の餌となる動・植物プランクトンの量や種類が豊富な海域であり、その下流域にはよい漁場が形成されることが知られている（Miyamoto et al., 2022）。しかしながら、ジェットの起源である黒潮水は餌環境の指標となる栄養塩が乏しいため、水塊混合に伴うジェット内部への栄養塩供給が重要となる。

KS-17-9 航海（主席研究員 伊藤進一）では、親潮とジェットが接近する強いフロント構造周辺において二次循環に伴う鉛直上向きの流れが栄養塩豊富な亜寒帯水を湧昇させていることが明らかとなった。ジェット由来の亜熱帯水内部では硝酸塩濃度の極大が捉えられ、栄養塩供給に伴う水塊混合が流路上で発生したことが示唆された。このような栄養塩供給が準定常に発生している可能性、および、亜熱帯水の下に等密度面貫入した亜寒帯水に含まれるオホーツク海を起源とする溶存鉄および栄養塩の存在を明らかにするため、KH-23-2 航海（主席研究員 小畑元）では、ジェット流軸を横断する計6点でCTD、DeepSUNA、高速水温計観測（AFP07）を実施した。加えて3点では、栄養塩と微量金属の採水・分析も実施した（図1）。

2017年に観測したような亜熱帯水内部での硝酸塩濃度の極大は捉えられていないものの、St. H04 付近の $26.0-27.0\sigma_\theta$ で密度面に沿って沈み込む低塩分水がオホーツク海起源の低渦位の水塊（ $15\times 10^{-11}\text{ m}^{-1}\text{ s}^{-1}$ 未満）であることがわかった（図2）。なお、St. H04 の低塩分水付近では周囲よりも2桁程度大きな乱流散逸率がパッチ上に観測され、密度分布では見られない水温・塩分の鉛直勾配が強い領域と概ね一致した。発表時には、硝酸塩フラックス等のより詳細な解析結果を紹介する。

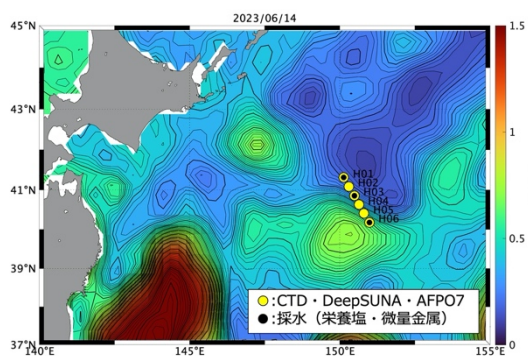


図1 観測時の海面高度と磯口ジェット横断面の観測点

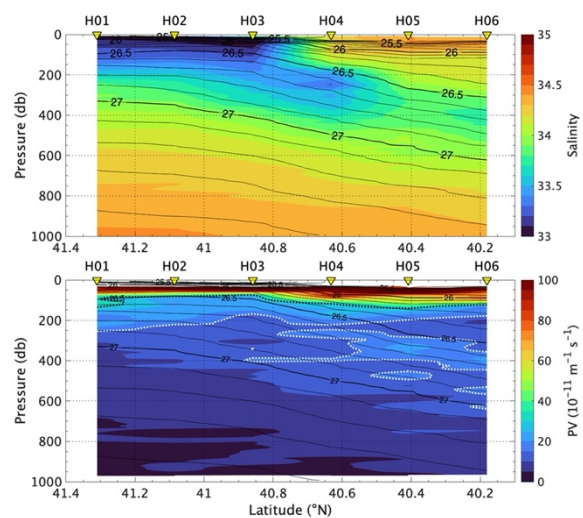


図2 塩分（上）と渦位（下）の鉛直断面図

研究調査航海に関する DOI 付与と活用

○澄川あゆみ・福田和代・菱木美和（海洋研究開発機構）

海洋研究開発機構（JAMSTEC）研究データ公開技術グループでは、オープンサイエンスを推進するために JAMSTEC が運用する船舶の研究調査航海に関するコンテンツのうち、航海情報、クルーズレポート、データブックへデジタルオブジェクト識別子（DOI）の付与を行っている。2023 年 12 月時点における DOI 登録累積件数は、航海情報 2,505 件、クルーズレポート 1,247 件、データブック 13 件である（図 1）。

JAMSTEC 内での DOI の採番及び情報を管理するために、2022 年度に「データ DOI 情報管理システム」を新たに構築した。当該システムでは、最新版のメタデータスキーマを適用するとともに、ランディングページの体裁及び利便性等を改善し、2023 年 4 月にシステムの本格運用を開始した。これに伴い、各コンテンツのメタデータ記述を更新するとともに、ランディングページの充実化を行った。また、並行して、2022 年度よりクルーズレポートへの DOI 付与にも取り組み、2023 年 11 月までに過去分の全レポートへの付与を完了し、現在では定型作業として運用している。2023 年 12 月時点における航海情報とクルーズレポートの DOI 付与状況の詳細を図 1、図 2 及び図 3 に示す。

新システムを用いた DOI 付与によって、各コンテンツへのアクセス利便性向上のほか、各種学術情報サービスにおける検索性も向上した。また、付与した DOI が論文等での引用に利用されている状況を確認することができた（図 4）。

本発表では、この付与した DOI を積極的に活用いただくため、学術情報サービスでの検索、論文等での引用事例を紹介するとともに、オープンサイエンスを実践する研究者から DOI に関するニーズや率直な意見及び要望等を収集したい。

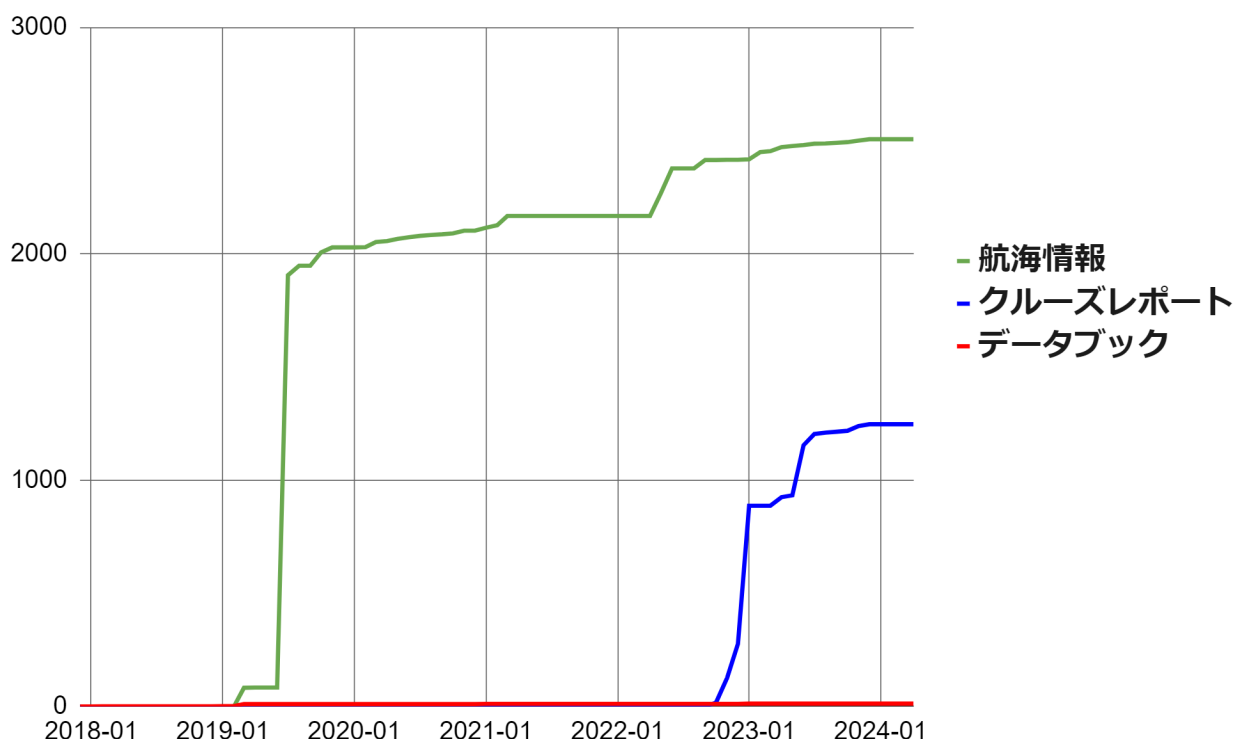


図 1 JAMSTEC 航海に関する DOI 付与件数の推移

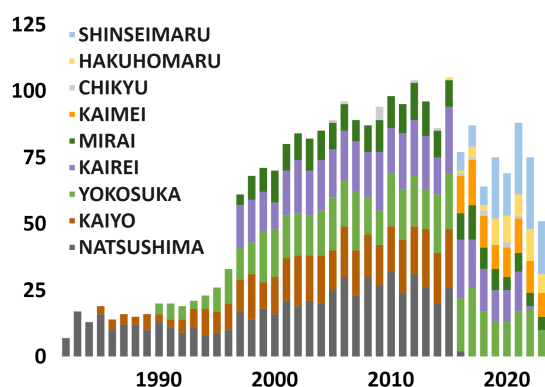


図2 航海年・船舶別の航海情報 DOI 付与件数

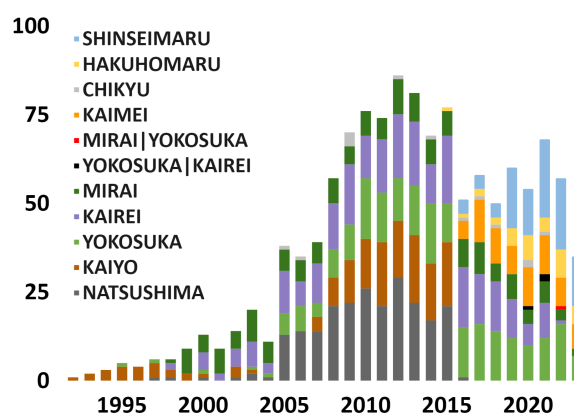
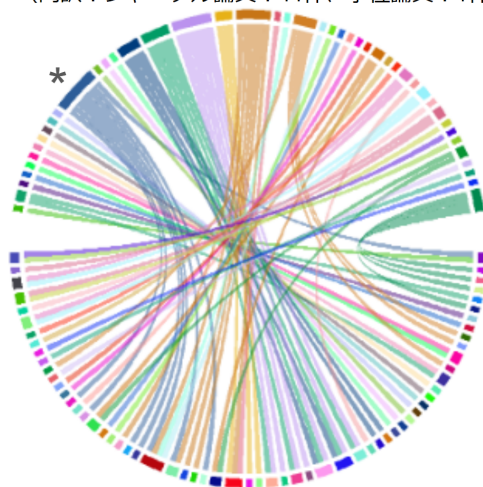


図3 出版年・船舶別のクルーズレポート DOI 付与件数

文献：45件
(内訳：ジャーナル論文：44件、学位論文：1件)



データ：62件
(内訳：航海情報:54件, クルレポ:1件, データブック:7件)

図4 DOI を用いた航海に関するコンテンツの引用

図の上半分は JAMSTEC が DOI を付与したデータを引用した文献、下半分は引用されたデータを示す。各ラインは引用関係を表している。例えば図中の「*」印で示す青い矩形から下部に向かって示される複数のラインは、同一文献に複数の航海に関するデータが引用されていることを示す。

省電力・無電力送液技術による水環境計測に向けた研究開発

○福場辰洋（海洋研究開発機構）

近年、医療や農畜産用の薬剤に代表される人類活動起源の多様な化学物質の河川・湖沼・海洋などへの放出と蓄積が、薬剤耐性菌出現など様々な問題を引き起こしていることが報告されている。そこで今後は、水圏環境における検出・分析の対象物質の飛躍的な多様化が予想される。さらに、対象物質の動態を明らかにするためにも、環境水試料の採取に基づいた計測に加え、センサなどの活用によって計測の時空間分解能を向上することが求められる。これまでに我々は、主に ISFET（イオン感応性電界効果型トランジスタ）等の半導体センサ素子や、マイクロ TAS (Total Analysis Systems) 技術を応用することで、AUV や ROV 等の海洋観測プラットフォームに搭載可能な化学・生化学センサデバイスや現場型流れ分析装置を実現し、実海域で評価を行ってきた。

一方で近年では、AUV や ROV 等の小型化が著しく、さらに小型の海中ドローンやプロファイリングフロート等への搭載を考えると、これまで以上にセンサ・現場計測装置の小型化を進める必要がある。特に試薬を用いた現場流れ分析装置の小型化において鍵となるのが送液系の小型化・省電力化である。小型省電力の送液系は、半導体センサの現場校正や洗浄プロセスにも応用することが可能な基盤技術となる。そこで本研究では、特に海洋などの極限的な水環境でも実用展開できる新たな水環境・センサ間インターフェース技術の一つとして、低消費電力・無電源送液技術を基盤とする「極限環境マイクロ TAS 技術」の確立に取り組んでいる。送液の為のコア技術としては電気浸透流などの省電力送液技術と、弾性材料の収縮、環境水圧等の無電力送液原理に基づいた送液技術体系をそれぞれ評価・改良し、超小型のセンサ・現場分析装置による水環境計測に不可欠な技術として体系化する。

例えば、深海の環境水圧を用いた送液技術については、日から月レベルの長期にわたって無電力で安定した微量送液を実現できる技術を目指している。原理としては微小なキャピラリーを介して、高压側（海洋側）と常圧側（耐圧容器内）を接続した時の圧力差によって生じる流れを応用するものである。本研究ではまずマイクロメートルサイズ（幅 45 μ m、深さ 20 μ m、全長 30cm）の半円形断面流路を有する小型のガラス製マイクロ流体デバイス（図 1）で最高 10MPa（およそ 1,000m 相当）の静水圧を減圧し、出口側で数十 μ L/min 程度のマイクロ TAS 分析において実用的な流量を得られるマイクロ流体減圧デバイス（Microfluidic Pressure Reducer）を試作し、評価を行っている。ここでは、高压実験水槽（図 2）を水圧源として卓上環境で実施した基礎試験の結果について論じると共に、電気浸透流、弾性材料の収縮を用いた送液技術に関する研究開発の展開について紹介する。

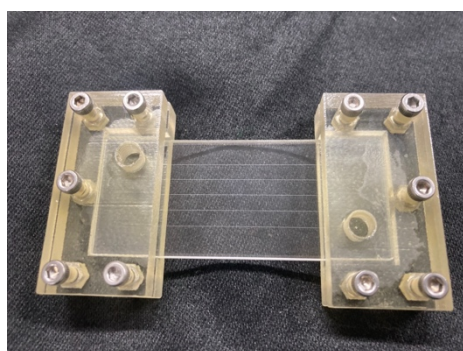


図 1 ガラス製 Microfluidic Pressure Reducer



図 2 高压送液実験セットアップ

【参考文献】 T. Fukuba *et al.*, “Application of Ambient Pressure-Driven Pumping Technology towards Ultra Low-Power Underwater Sensing”, UT’23 (Tokyo, 2023. 3.6-9), Proceedings pp. 227-231, 2023

本研究は科学研究費補助金 学術変革領域(B)JP23H03866 の助成を受けたものです

航海で得られたデータの管理・公開(データ公開までの流れ)

○中本加奈・望月美紀・植草誉志・安部文雅(マリン・ワーク・ジャパン),
福田和代・川上創・菱木美和(海洋研究開発機構)

共同利用研究航海および海洋研究開発機構の船舶等を用いて実施される航海で得られた調査観測データは、受託航海等の一部を除いて海洋研究開発機構の地球情報科学技術センター研究データ公開技術グループ(以下、「情報管理部署」)に提出される。情報管理部署では、この調査観測で得られたデータを保管し、品質チェックを実施するとともに公開猶予期間終了後は速やかに公開するまでの管理業務に加え、これら業務を効率的に実施するためのシステム構築も行っている。本発表ではデータの受領から構築したシステムを経由して公開するまでの流れを紹介する。

調査観測データとともに主席(首席)研究者から提出されるメタデータシート(Excel ファイル)には、航海の基本情報等が明記されている。情報管理部署では、このメタデータシートの情報を効率的に管理するために管理システム(以下、「データ管理データベース」)を構築し、ファイルを自動的に取り込むとともに業務の進捗を管理している。当該情報を基に、観測データの保管、受領書の発行、未提出データの把握、公開猶予期間の確認、外国の管轄水域における海洋の科学的調査の同意申請(MSR 申請)の確認、クルーズレポートやクルーズサマリーの確認等の業務を遂行している。また、データ管理データベースには航海に紐づく研究課題やプロジェクト等の様々な情報を管理できるように設計しており、データを管理する際に必要な情報を瞬時に検索できるとともに、当該システムから海上保安庁(JODC)が運用する海洋情報クリアリングハウスへ登録するための情報を自動生成できるようにしている。さらに、オープンサイエンスへの取り組みを推進するため、データ公開に必要な識別子(DOI)に関する機能を追加し、航海情報のDOIの管理やクルーズレポートのDOI付与に必要なメタデータを出力するための補助機能を追加した。

この他、情報管理部署で品質管理を実施した観測データを一元管理するために、令和5年度に「観測航海データアーカイブ」を構築している。登録された品質管理済の観測データは、公開猶予期間を過ぎたものから順次公開している。公開に必要なメタデータはデータ管理データベースから登録しており、観測航海データアーカイブには約2,500航海、約8,000潜航のデータ(2023年12月現在)が登録され、利用申請に応じてデータを提供している。現在、機構の航海及び潜航で取得した各種データをダウンロード可能な公開サイトを新たに構築しており、既存システムとの連携及びフローを整備するとともに、自動的にデータ公開可能な環境の構築を目指している。

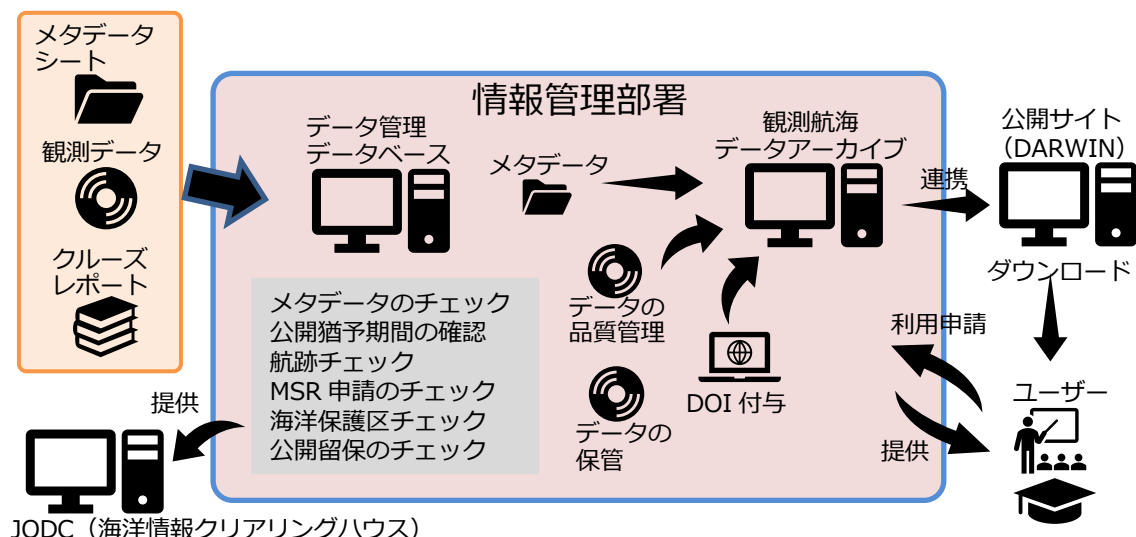


図. データ提出から公開までの流れ

経年劣化した採水装置のトラブル対応

石垣秀雄(東京大学大気海洋研究所)

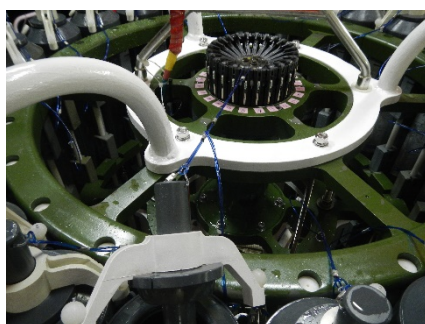
海洋観測において最も使用される観測機器の1つにCTD採水システムがある。このシステムは、海水の電気伝導度、水温、圧力などを測定するCTDセンサー、海水を採取する採水器（塩化ビニル製の筒と蓋）、採水器の蓋を閉じるためのトリガーを動作させる採水装置で構成されている。主に白鳳丸では24本の採水器を用いているので、使用する採水装置には24本のトリガーが装備されている。採水器を閉める際は、船上局から電気信号を送り、1本ずつトリガーを動作させることから、24本の採水器を各々任意の層で閉めることができる。一方、同じ層で複数本の採水器を同時に閉めることはできない。いずれにしても、採水器が閉まるにはトリガーが正確に動く必要があるが、何らかの原因でトリガーが動かず採水器が閉まらない場合がある。つまり、トリガーが動かないと欲しい層の海水を採取することができないので、観測現場では早急に原因を明らかにし、対応する必要がある。

トリガーが動かない要因としては、観測後に行う採水装置の洗浄が不十分でトリガー部に塩の固まりができる、異物（魚の鱗など）がトリガー部に挟まる、トリガー部の歪み、採水装置の経年劣化などが挙げられる。洗浄、異物除去、トリガー部の調整や交換などの対応は容易であるが、採水装置の経年劣化に伴うトラブルの対応はできないので、新規購入するしかない（現状は、高価であるので、容易に購入できない）。また、過去の経験から、経年劣化した採水装置のトラブルの発生率が高いことが言えるので、新規購入の必要性は高い。

しかしながら、これまでの調査から、経年劣化した採水装置の主な症状として、トリガー部を動かす力（磁力）が減少することが分かった。本発表では、採水器のテグスの張力と磁力の力関係を明らかにし、トラブル対応の方法について紹介する。



CTD 採水システム



採水器(上蓋)と採水装置



採水装置のトリガー部

熊野灘沖南海トラフにおける高精度海底重力・水圧観測

○富士原敏也・西田周平・小平秀一（海洋研究開発機構）

Siri Catherine Vassvåg, Arve Hagesæter, Kjetil Åsgard, Geir Clement Wågen,
Martha Økland Lien (Reach Subsea)

2023 年 6 月の調査研究船「新青丸」航海（KS-23-J05 Leg 2）で、深海無人探査機（ROV）ハイパードルフィンを用いて、熊野灘沖南海トラフにおける海底重力・水圧調査を行った。本航海は繰り返し海底重力・水圧観測に向けた最初の調査となる。

海底の定点で繰り返し高精度重力・水圧観測を行うことにより、重力・水圧の時間変化を検出し、南海トラフ沈み込み帯での地殻変動による海底上下変動や、海底下での流体移動等に伴う質量時間変化を観測することを期待している。そのためには南海トラフ海底でマイクロガル（ μGal ）精度（=水深 cm オーダー）の重力観測が達成できることが当面の目標である。

観測定点は、本航海に先立ち 2020、2021 年に深海調査研究船「かいいい」航海（KR20-09, KR21-20）で、観測ウインチを用いて、コンクリート製の円錐台のコンクリートプラットフォーム（以下 CP）を海底に設置している。設置場所は地震・津波観測監視システム（DONET）C ノード付近で、相対差を見る目的で南海トラフを挟んだ海側（水深約 4200 m）と陸側（約 3500 m）の 2 サイトである。各サイトには約 1 km の距離、約 100 m の水深差を離して 2 点に CP を設置した（図 1）。これは重力値の差を取りつつ、ROV の 1 潜航で最初の測定点に戻るループ観測ができるようにするためである。

海底重力・水圧計は、耐圧容器に入った重力計（Scintrex CG-6）2 台と、温度保持された 3 つの水圧センサー（Paroscientific Digiquartz）が耐圧容器に入った水圧計で構成されている。それらを 1 つのフレーム（GMF）に収納したものである（図 2）。ROV には、海底重力・水圧計フレーム専用台、通信ケーブル配線、油圧ホース配管などの艤装を施した。データ取得状況は ROV を介して船上にてリアルタイムでモニターできる。

測定方法は、ROV で GMF を海底の CP まで運び、ROV が CP に触れないよう注意し着底させ、マンピュレータを使用し GMF を CP に置く（図 3）。GMF の径と CP 上面の径はほぼ同じサイズになっていて、カメラで位置を確認しながら中心を合わせて置き、置く位置のばらつきを減らすようにしている。測定状況を船上でリアルタイムモニターしつつ約 20 分間測定する。測定中は ROV の動力は切って動揺ノイズを出さないようにする。これらの機器や測定方法は、Reach Subsea 社が開発したものである。

本航海では 4 潜航が行われた。当初の計画では、1 潜航につき 2 台の CP を往復して 3 回計測することとしていたが、今回は初調査であったための CP の搜索、作業の習熟度、艤装の細工の問題や、また、本航海期間中観測海域が黒潮本流の中にあり、ROV の制御、移動が困難だった問題が重なって、潜航時間を消費してしまい、当初計画していた測定点数を十分に得ることができなかった。1 潜航は計測なし、陸側サイトでは 1 潜航で 2 点の測定が 2 回、海側サイトでは 1 潜航で 1 点のみの計 5 測定にとどまった。1 潜航中のループ測定を行うことができなかった。また、強い潮流はスラスターを回さざるを得ない状況をもたらし、動揺ノイズの影響も与えた。

上記の不利な条件がありつつも、各種の補正処理を施した結果は、本調査中の重力データの再現性が $0.13 \mu\text{Gal}$ 、水圧データ（水深測定）の再現性は 72 Pa（7.2 mm）と、良好な値が得られた。測定数が少ないこととスラスターノイズの影響により、余分な不確かさが生じているが、スラスターノイズの影響を受けなかった時間の測定は、優れた品質であった。したがって、今後の調査において、より多くの高品質な測定を繰り返すことで、さらなる高精度データを期待することができる。今回の調査から、繰り返し高精度海底重力・水圧観測の可能性が確認された。

日本海洋事業の「新青丸」乗組員、ハイパードルフィン運航チーム、観測技術員には調査航海において、観測データ取得に多大なる尽力をいただき感謝いたします。また、陸上支援をいただいた JAMSTEC 研究プラットフォーム運用部門の関係諸氏に感謝いたします。計測重力・水圧データの潮汐補正の際、DONET の温度・水圧連続観測データを利用しています。本研究はノルウェー Reach Subsea 社、ベルゲン大学との共同研究であり、Reach Subsea 社は Innovation Norway からの助成を受けています。

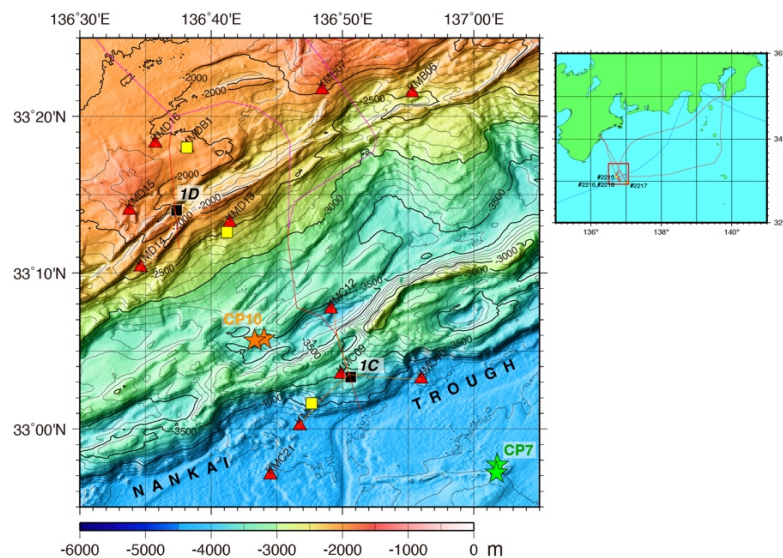


図1：観測定点の場所。南海トラフの海側（水深約4200 m、緑星印）と陸側（約3500 m、橙星印）の2サイト。各サイトには約1 kmの距離、約100 mの水深差を離して2点にコンクリートプラットフォーム（CP）が設置されている。図中の黒四角・赤三角は地震・津波観測監視システム（DONET）の観測点を示す。

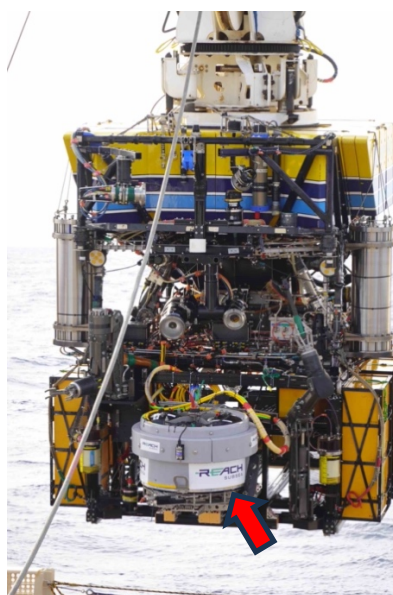


図2：ROV ハイパードルフィンに搭載された海底重力・水圧計フレーム（GMF、図中赤矢印で示す）。フレーム内に重力計、水圧計が収納されている。

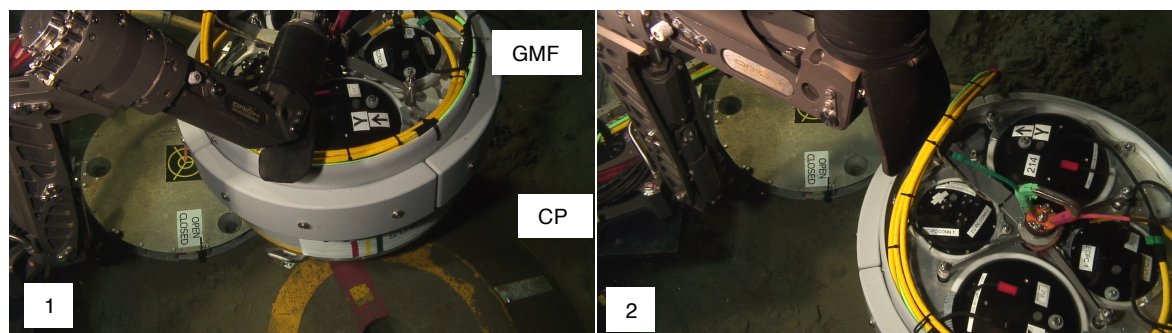


図3：GMFがROVから海底のCP上に置かれた様子。[2]の状態で行う。

地磁気異常データを用いたマリアナトラフの拡大過程

○小野誠太郎（東京大学大気海洋研究所），
沖野郷子（東京大学大気海洋研究所），島伸和（神戸大学）

マリアナトラフは、太平洋プレートがフィリピン海プレートに沈み込むことにより形成された、現在でも活動的な背弧海盆である。マリアナトラフは地形の特徴から北部、中部、南部の3つの地域に分けることができる。これまでに3つのそれぞれの地域で地磁気異常データの解析を元に拡大開始年代や拡大速度が考察されてきたが、マリアナトラフ全体の形成史について総合的な研究はなかった。本研究ではマリアナトラフ全体の地形、地磁気異常を解釈することで、拡大開始から現在までの拡大過程を考察する。マリアナトラフは背弧海盆の中では調査が進んでいる地域であり、地磁気異常を全域で解釈することができる。そのような背弧海盆は四国海盆やラウ海盆だけと少ないため、本研究によって背弧海盆の形成過程に新たな知見を与えることが期待できる。

本研究に用いたデータは、海底地形データ、地磁気異常 z 成分の2種類である。海底地形データは研究調査船「よこすか」、「かいいい」、「白鳳丸」による Y96-13, YK99-11-Leg2, YK00-13, YK01-11, YK03-09, YK09-08, YK10-10, YK10-15, KR98-12, KR02-14, KR03-13, KR05-17, KR06-12, KH92-1 の14航海でのマルチナロービーム測深器で測定された。これらのデータを `gmt nearneighbor` を用いて 50m グリッドを作成し、データが不足している部分は Kitada et al (2005) の 0.1 分グリッド地形データで補完して、マリアナトラフ全体の地形データを作成した(図1)。地磁気データは、研究調査船「よこすか」、「かいいい」、「白鳳丸」による Y96-13, YK99-11-Leg2, YK01-11, YK03-09, YK08-08 Leg1,2, YK09-08, YK10-10, YK10-12, YK10-15, YK12-11, YK14-13, YK15-11, KR97-11, KR98-12, KR00-03, KR02-01, KR02-14, KR03-13, KR05-17, KR16-14, KH92-1 の21航海で、船上3成分磁力計によって取得された。マリアナトラフが磁気赤道に近い場所での東西拡大であること、水平ジャイロコンパスの不調により地磁気異常水平成分の精度が悪いデータがあったことから、本研究では地磁気異常 z 成分を使用した。まず Isezaki (1986) の手法を用いて船体磁化の影響を補正し、Parker and Huestis (1974) のインバージョン手法を用いて、船体磁化補正した地磁気異常 z 成分を海底下の磁化強度に変換した(図2)。

作成した詳細地形図の解釈に基づき、拡大軸、セグメント境界、リフティングと海底拡大の境界を認定し、各セグメントごとの地形的特徴を明らかにした。また、海底下の磁化強度からは縞状異常の特徴が明らかになり、現在の拡大軸から順番に年代を割り振ることでセグメントごとの拡大過程を推定した。開始は中部地域で約 6.7Ma であり、中部(約 6.7Ma)、北部(約 3.6Ma)、南部(約 2.6Ma)の順番で拡大が起こったことを示した。また地形的に拡大軸の左右で非対称な拡大様式が見られ、地磁気の forward モデルを用いた検討も行なった。

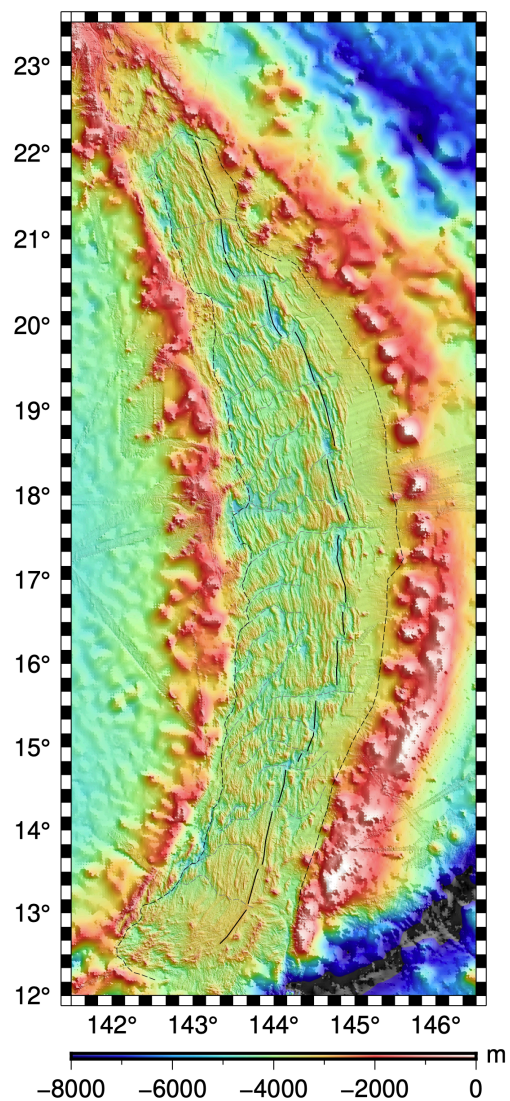


图 1 : 海底地形图

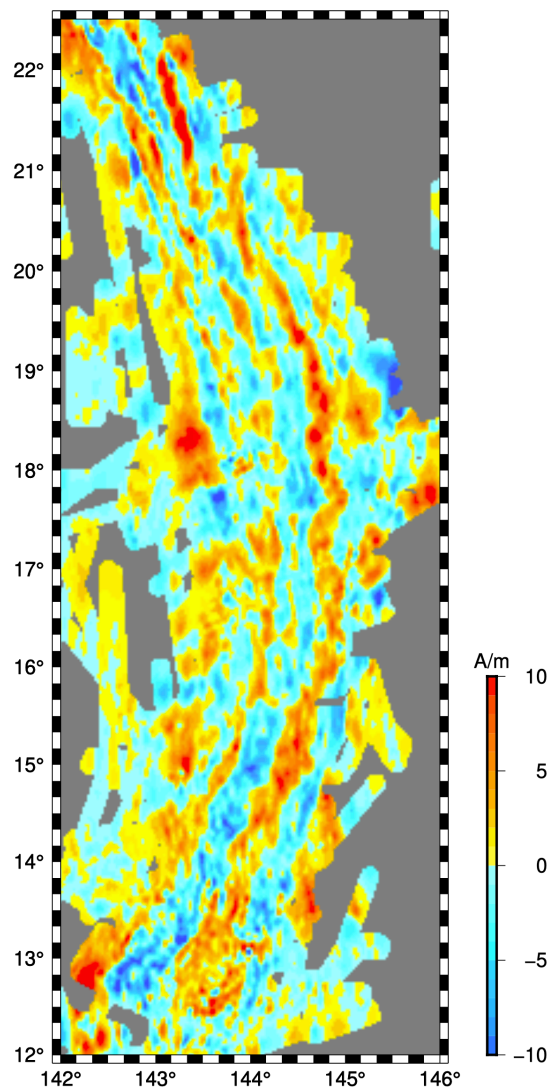


图 2 : 磁化强度分布图

四国海盆南西部の地球物理学的特徴：背弧拡大初期のテクトニクス

○森口堯明・沖野郷子（東京大学大気海洋研究所），
小原泰彦（海上保安庁海洋情報部，海洋研究開発機構，名古屋大学）

背弧海盆は、沈み込み帯の背弧側に卓越する引張応力により島弧が引き延ばされ、直下のマンツルの減圧融解・海水による冷却を経て新しい海洋地殻が生成する場である。同じ拡大系である中央海嶺が数億年にわたって拡大を続けるのに対し、背弧海盆は長くても数千万年程度で拡大をやめてしまう。さらに、拡大が停止したのち数百万年経つと新たな拡大を始めるというサイクルも背弧拡大に特有のものである。しかし、背弧海盆がなぜこのような特徴的な拡大様式をもつのかについて説明する決定的なモデルは未だ確立していない。背弧拡大のサイクルについて理解するためには、拡大開始期と終了期のテクトニクスの研究が必要不可欠である。背弧海盆は基本的に島弧を割って拡大を始めるため、背弧海盆の周縁に存在する古島弧は背弧拡大開始期の情報を記録していると考えられる。反対に、背弧海盆の古拡大軸は背弧拡大終了期の情報をもっているといえる。

本研究では、海洋研究開発機構（JAMSTEC）よこすかの YK21-06S, YK22-18S および YK23-05S 航海で得られたマルチビーム音響測深による水深データ・プロトン磁力計による全磁力データを中心に、四国海盆南西部（古島弧である九州-パラオ海嶺（KPR）の東側）の地形・重力・地磁気異常の解析を行い、背弧拡大開始期に形成された海底の地球物理学的特徴を明らかにする。それらの特徴から、今までほとんど研究が行われてこなかった背弧拡大開始期のテクトニクスに関する推察を行うのが本研究の目的である。

水深データは 100 m グリッドデータにまとめ、海底地形図を作成し地形の分類を行った。平均水深は約 5200 m であり、最大水深約 6500 m の凹地が存在するなど、四国海盆の中でも特に大きな水深をもつ領域であることが確認された。また、海洋底拡大のうち火成活動による新たな海洋地殻の付加の割合（M 値とよばれる）が 50% 程度のときに形成されると考えられている地形、海洋コアコンプレックス（OCC）を 4 つ同定し、複数の OCC 候補を確認した。火成活動が活発な時期に形成されると考えられている地形である、アビスサルヒルの分布は 40% 以下と限定的であった。また、OCC にもアビスサルヒルにも分類できない地形が多くみられた。

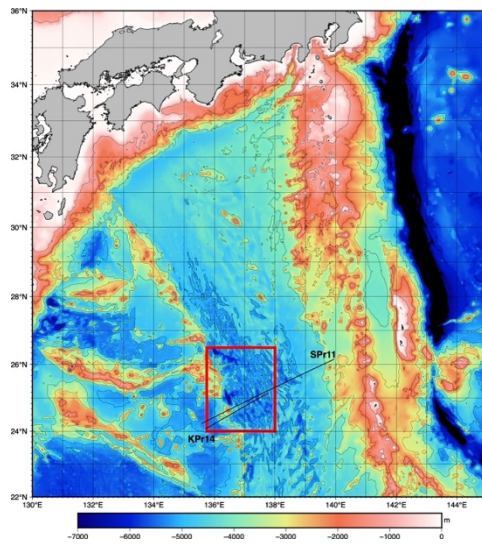
さらに、四国海盆南西部の全体にわたり 150 mGal 以上、特に OCC 周辺では 200 mGal に達する非常に大きな正のマンツルブーゲー異常（MBA）がみられた。MBA は海底面とモホ面における密度差により生まれる重力の効果をフリーエア異常から差し引いたものであり、モホ面付近での密度構造の指標となる。海洋地殻の密度を一定とした場合、この大きな正の MBA から四国海盆南西部では通常よりも薄い海洋地殻が形成されたと考えることができる。海上保安庁による大規模地殻構造探査の結果推定された地震波速度構造からも、薄い海洋地殻の存在が支持された。これらの地形・重力異常の特徴から、四国海盆の拡大開始期においてメルトが欠乏していたことが示唆された。

全磁力データから国際標準地球磁場を差し引くことで地磁気異常分布を描き、さらに観測点の伏角・偏角や測線の角度から生じる歪みを取り除き、磁気縞状異常の同定を試みた。同定した年代から計算した平均拡大速度は約 35 mm/yr であった。アビスサルヒル以外の多くの領域で年代の同定が困難であったため、1 次元の地磁気異常フォワードモデリングを行い、地形の特徴と地磁気異常のピークの関連を確認した。長い正磁極期 C6 およびアビスサルヒル上のピークを合わせるように調整すると、アビ

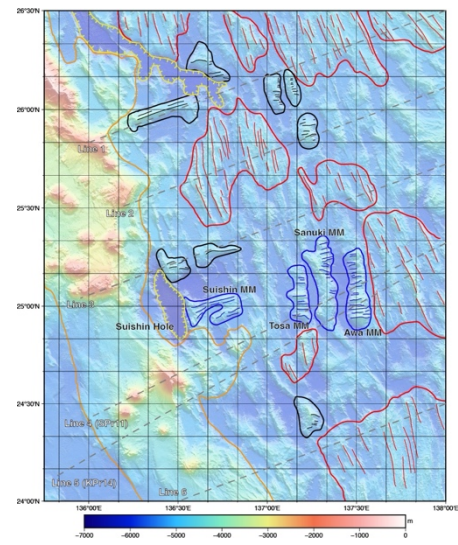
サルヒル以外の地形上ではピークが合わないことが多かった。

KPR 内の地形は、海山が集中している部分と水深が深く平坦な部分に分けることができた。これらの特徴を背弧拡大方向に追うと、海山の集中する部分では、KPR 自体が海盆内まで伸びていたり、アビサルヒルが多くみられることがわかった。一方で、水深の深い平坦部、元の島弧地殻が薄かったと考えられる部分からは凹地や OCC が連続していた。これらのことから、背弧拡大開始以前の島弧地殻の形状が背弧の地形に影響を与えることが示唆された。

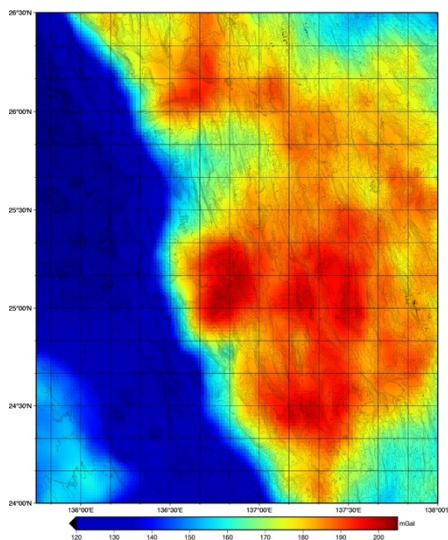
OCC の両側斜面の傾斜から推定されるデタッチメント断層の方向は、隣接する OCC 間で逆転していると判定した。これはリッジジャンプ、もしくはひとつの巨大なデタッチメント断層がのちに崩れることで形成されたと考えられ、背弧拡大初期に複雑なテクトニクスがあったことが推察される。



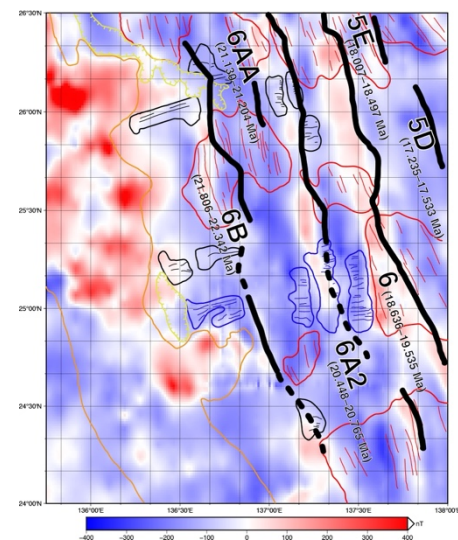
四国海盆の全体図。赤枠は調査範囲。



地形分類図。



MBA の分布。



歪みを除去した後の地磁気異常分布および
同定した磁気織状異常。

JAMSTEC 岩石アーカイブの活用に向けて

○田村芳彦（海洋研究開発機構）、久積正具（マリンワークジャパン）、
伊勢戸徹・菱木美和（海洋研究開発機構）

データ・サンプルを取り巻く状況は、オープンサイエンスの取り組みが進むと共に科学研究の公正性や健全性（研究インテグリティ）も重要な課題となるなど、大きく変化している。このような状況の下、海洋研究開発機構（JAMSTEC）においてもサンプルの保管・管理の見直しを行っている。岩石サンプルにおいては、2022 年度までは JAMSTEC 船舶を用いて採取された岩石の一部はアーカイブサンプルとして JAMSTEC への提出を求め、情報管理部署において保管・管理・運用を行なってきたが、今後は研究者の手元に残るサンプル（ワーキング部分）との一体的な運用が管理上も望ましいと考え、2023 年 4 月からはアーカイブ提出を取りやめ、取得した研究者が主体となりアーカイブやワーキングの区別なく保管・管理・運用が可能となるように整備した。また、航海毎に主席（首席）から提出されるサンプル情報（メタデータ）は、情報管理部署が構築した「サンプル管理データベース」（以下、「JSDB」）に登録し、情報の集約及び公開を行っており、情報管理部署の役割はサンプル自体の管理とは明確に切り分けられつつも、データベースを介して研究者らとの連携を強める動きとなっている。

一方、JAMSTEC にはこれまでに提出された約 15,000 試料（15 トン）を越える岩石アーカイブがあり、それらは世界中の海洋底の岩石を網羅し、取得に関するメタデータが完備されているものが多く存在する。さらに、有人潜水調査船「しんかい 6500」、無人探査機となる「ハイパードルフィン」や「かいこう」などの潜水艇で採取された岩石は、試料採取時および海底露頭の映像が残されており、それらの映像や画像は「深海映像・画像アーカイブス（J-EDI）」で公開されている。

それでは既存の岩石アーカイブはどうなるのか？

研究試料として活用するための多くの情報はすでに公開されており、言うなれば最高の食材がすでに準備され、あとは研究者が料理をするだけともいえる状態である。もちろん、岩石アーカイブの中には研究者が不要な岩石を提出したようなもの、ドレッジなどで採取された大量の岩石をアーカイブに提出したものなどもある。それらは、サンプルケースが重量過多であり一人では取り扱いできないなど、すぐには研究に使えないものも少なくなかったが、2022 年度よりアーカイブサンプルの大規模な整理作業に着手し、一人でも取り扱えるように小型のサンプルケースへの統一化を進めている。さらに、JSDB に登録されている情報と対比し、収蔵済みのアーカイブサンプルの確認・減量にも取り組んでいる。特に、珍しい大型試料は、そのまま緩衝材に包むなどの処理を行い一般公開などの展示用試料としても活用している。これまでに整理したアーカイブサンプルは、2023 年 12 月末現在で 7,080/15,219（作業済みサンプル数/総サンプル数）である。

展示用試料となる海底の巨大な枕状溶岩や宝石を含むようなピクライト溶岩は、これまでに JpGU、JAMSTEC 施設一般公開、サイエンスアゴラなどでブースを設けて、展示及び紹介を実施するなど、海洋底の岩石サンプルのアウトリーチにも貢献している（添付図参照）。また、JAMSTEC のホームページには JAMSTEC BASE という広報サイトがあり、現在までに以下に示す 4 本の記事を掲載している。

- 海の底は何でできている？ 海洋地殻にかかる圧力を支える縁の下の力持ち「ガブロ」
<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/jamstec-eye-20230615/>
- 誰も見たことのない“地球内部のマントル” 地下から出てきたマントルの姿が、これだ！
<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/jamstec-eye-20230614/>
- 宝石を閉じ込めた石「ピクライト」が教えてくれる“地球の内部”とは
<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/jamstec-eye-20230613/>
- 海底はどこでつくられるのか？「Pillow」という名の岩石「枕状溶岩」で海洋地殻を読み解く
<https://www.jamstec.go.jp/j/pr/topics/jamstec-eye-20230523/>

これらの展示やホームページの当該サイトを見て興味をもった研究者は、岩石サンプルを積極的に二次利用に活用していただき、新しい成果を創出していただきたいと考えている。



サイエンスアゴラ 2023（テレコムセンター：2023年11月18日と19日）での展示



（奥）南西インド洋海嶺のちくわのような枕状溶岩
（航海番号：YK05-16 leg1, 潜航番号：6K#924）
（手前）ハワイのピクライト
（航海番号：YK02-04A, 潜航番号：6K#688）



東太平洋海嶺のシート状溶岩
（航海番号：YK97-05, 潜航番号：6K#380）



ハワイのピクライト質枕状溶岩の先端部（重さ 22.5 kg）
（航海番号：YK99-07 leg1, 潜航番号：6K#492）

Comparing three surface sampling methods for fish species detection in eDNA metabarcoding: Can ship bottom intake samples substitute the conventional Niskin and bucket samples?

○ AHMED Sk Istiaque (東京大学大気海洋研究所), YU Zeshu · HIGUCHI Tomihiko · INOUE Jun · WONG Marty Kwok-Shing · YOSHIZAWA Susumu · ITOH Sachihiko · KOMATSU Kosei · KAWAGUCHI Yusuke · HYODO Susumu · ITO Shin-ichi (東京大学大気海洋研究所), TSUTSUMI Eisuke (鹿児島大学水産学部), MORRONGIELLO John (School of BioSciences, The Univ. of Melbourne, Australia)

<Background>

Environmental DNA (eDNA) is rapidly gaining support as a tool to study fish distributions and biodiversity monitoring. Despite its apparent ease of application, the results of metabarcoding techniques are known to be sensitive to water sampling methods. Here, we compared eDNA detection results among three different sampling methods (ship-bottom intake, bucket and Niskin bottle) analyzed using MiFish meta-barcoding.

<Methods>

Ship-bottom intake water (4.5m by ship faucet), surface water (0m by bucket) and the nearest Niskin bottle samples (5m or 10m) were collected from 99 different stations from eight different research cruises to compare among different sampling methods. The samples were collected (10L each), filtered (Sterivex 0.45 μ m), and stored at -40°C appropriately to extract the DNA and finally segregated in respective Operational Taxonomic Units (OTUs) or Amplicon Sequence Variant (ASVs) by eDNA metabarcoding and fish species were identified accordingly using MiFish primer.

<Results and Discussion>

A total of 320 species were recorded from 134 families of which 181 species were common in all three methods. A Poisson GLMM indicated negligible differences in the total number of species detected across the three methods, with small differences likely due to site-specific conditions (e.g. temperature and maximum depth). We found that species richness generally rose with higher temperatures, especially in offshore regions. In contrast, coastal areas exhibited higher species diversity in cooler temperatures compared to offshore regions. However, in an optimum moderate temperature (approximately 19° C), there was minimal difference in predicting species counts between both coastal and offshore areas. There was no significant difference in the average detectability of many frequently encountered species. There were some exceptions to this pattern, including *Trachurus japonicus* and *Cololabis saira* which showed a better detection in bucket samples. Nine of the top 15 frequently detected species had significant correlations between detection rates of different sampling methods, indicating that a mixture of sampling methods could be employed. The remaining six species displayed detection rate biases among different sampling methods. A General Additive Model (GAM) indicated that most of the biased detection rates were related to environmental conditions which can modify the vertical distribution of the fish species. Therefore, the biased detection rates are speculated not to be generated by the sampling method itself, but by the difference of vertical positioning of eDNA or fishes.

<Conclusion>

Overall, the results support the wide sampling application of the MiFish analysis in the open ocean. If the eDNA can successfully predict the actual distribution of fish species,

the ship-bottom intake sampling can be used in high-resolution horizontal eDNA observations through automated samplers in the near future yet crucial considerations include species with vertical distribution preferences and the positioning of eDNA.

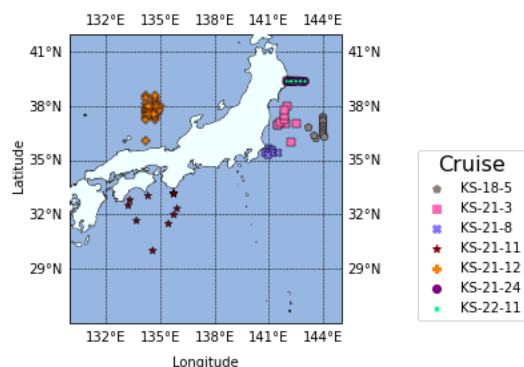


Figure 1: Positions of all sampling sites. Samples were collected from cruises KS-18-5 in May 2018, KS-21-3 in March 2021, KS-21-8 in May 2021, KS-21-11 in June 2021, KS-21-12 in June-July 2021, KS-21-24 in October 2021, and KS-22-11 in May 2022. Different colors and shapes indicate samples collected from different cruises.

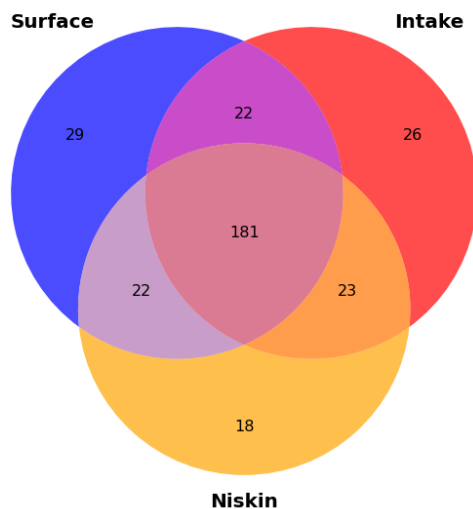


Figure 2: Venn diagram illustrating the species composition across all three sampling methods.

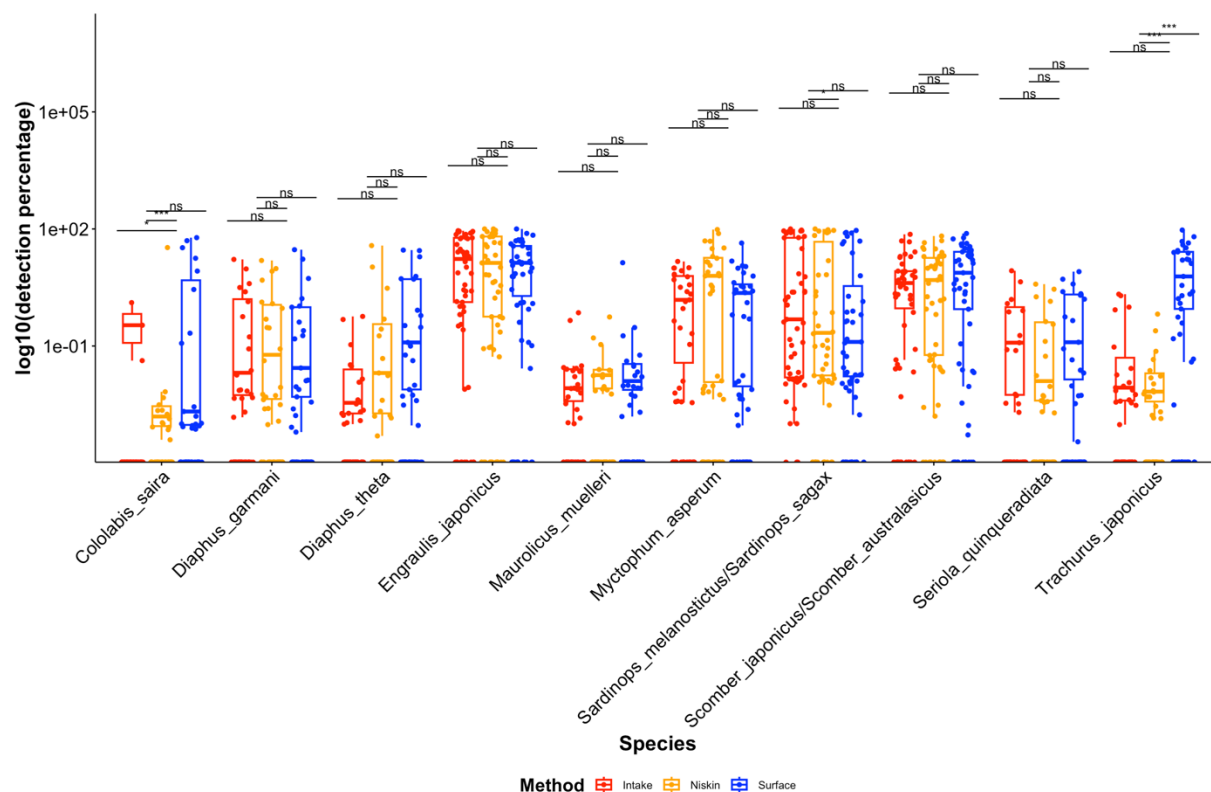


Figure 3: Box plot depicting the average detection percentage of frequently detected species across three sampling methods. Significance levels are denoted by asterisks (*), where ‘***’ corresponds to $P < 0.001$, ‘**’ indicates $P < 0.01$, ‘*’ signifies $P < 0.05$, and ‘ns’ represents not significant (Kruskal-Wallis Test followed by Dunn’s Post-hoc analysis at $P < 0.05$).

環境 DNA を用いた黒潮流域における小型浮魚類の分布特性に関する研究

○余澤庶（東京大学大気海洋研究所）、黄國成・井上潤・樋口富彦・

兵藤晋・伊藤幸彦・小松幸生・齊藤宏明・伊藤進一（東京大学大気海洋研究所）、Sk Istiaque Ahmed
（東京大学農学生命科学研究科）

＜研究背景＞

外洋の魚類分布調査は主に漁網を用いて行ないますが、高時空間解像度で調査を実施することなどが困難であり、海産魚の分布特性には不明な点が多く残されています。一方、環境 DNA 法という新たな手法により、魚類などの水生生物の分布調査が近年急速に進められています。環境 DNA とは、生物から生活環境に放出された DNA の総称です。環境 DNA 法は、陸水域および沿岸域で広く使用され、外洋域においても海産魚の分布調査に対し環境 DNA 法の有効性が確認されています（Wong et al., 2022; Yu et al., 2022）。

本研究では、外洋に広く分布し、漁業や生態系において重要な役割を果たしている小型浮魚類に注目し、環境 DNA を用いて、黒潮から黒潮続流にかけての黒潮流域における分布特性調べました。黒潮流域は、小型浮魚類にとって重要な産卵場と生育場があることが知られています。本研究では、黒潮流域を産卵場、生育場として利用し、黒潮流域での環境変動によって資源変動が生じていることが予想される 4 種の小型浮魚類であるマイワシ、カタクチイワシ、マサバ、ゴマサバに注目しました。なお、本研究は Yu et al. (2023) として発表済であることを申し添えます。

＜研究方法＞

2018 年から 2021 年にかけて黒潮流域で行われた新青丸による 3 回の航海（KS-18-5、KS-21-8、KS-21-11）と白鳳丸による KH-20-9 航海から収集された海水サンプルの環境 DNA を分析し、環境要因が対象魚の環境 DNA の在/不在および濃度に与える影響を解析しました。

KS-18-5（2018 年 5 月）の海水サンプルは 0～300 m、KS-21-8（2021 年 5 月）および KS-21-11（2021 年 6 月）の海水サンプルは 0～200 m、KH-20-9（2021 年 9 月～10 月）の海水サンプルは 5～150 m の水深で収集しました（図 1）。0 m の海水サンプルはバケツで採集し、他の海水サンプルは、環境要因を測定する CTD システムと組み合わせたニスキンボトルを用いて採集しました。採水後、海水サンプルは直ちに Sterivex DNA フィルター（0.22 または 0.45 μ m）でろ過し、ろ過後、フィルターは -30° C で保管しました。フィルターからの DNA 抽出は航海後に実行しました。

一般化加法モデル（GAM）を用いて、対象魚の環境 DNA の在/不在（及び濃度）と水温、塩分、クロロフィル濃度、溶存酸素などとの関係を調べました。さらに、マサバとゴマサバに対しての餌魚類の影響も調べました。また、黒潮を横断する KH-20-9 と KS-21-11 で採集したサンプルを用いて、黒潮の内側と外側での環境 DNA 分布出現率を比較することで、対象魚分布と黒潮流軸の関係を検討しました。

＜研究結果＞

環境 DNA が多く検出された水温帯を調べると、どの水深帯でもマイワシの方がカタクチイワシよりも低水温域に分布していました（図 2）。GAM 解析の結果、マイワシの存在可能性は低水温ほど高く、カタクチイワシの存在可能性は高水温ほど高くなる傾向を示し、水温が重要な影響要因であることが示されました（図 3）。一方、餌魚種（特にカタクチイワシ）がより多く存在する環境で、マサバとゴマサバがより多く存在しました（図 3）。また、黒潮の内側や黒潮流軸付近では対象魚 4 種が検出され

ましたが、外側ではほとんど観測されないことがわかりました。以上のように、黒潮流域では黒潮および黒潮続流が形成する水温前線に依存した形でマイワシ、カタクチイワシが分布し、さらにカタクチイワシの分布に依存してマサバ、ゴマサバの分布が依存する可能性が示されました。

<参考文献>

Wong et al., 2022. Environmental DNA, 4, 510-522. <http://doi.org/10.1002/edn3.275>

Yu et al., 2022. PLoS ONE, 17(9): e0273670. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273670>

Yu et al., 2023. Front. Mar. Sci., 10.121088. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1121088>

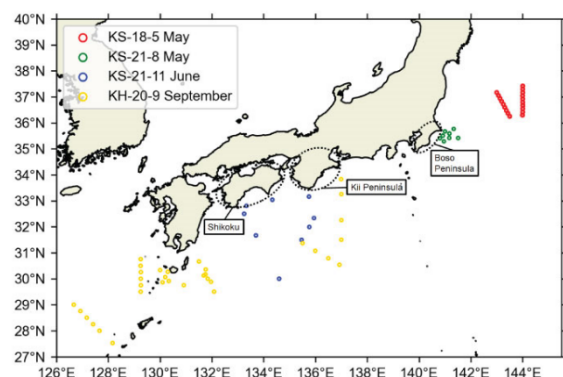


図 1. 本研究の水サンプル採集観測点の分布 (赤: KS-18-5; 緑: KS-21-8; 青: KS-21-11; 黄: KH-20-9)。Yu et al. (2023, doi: 10.3389/fmars.2023.1121088) より引用。

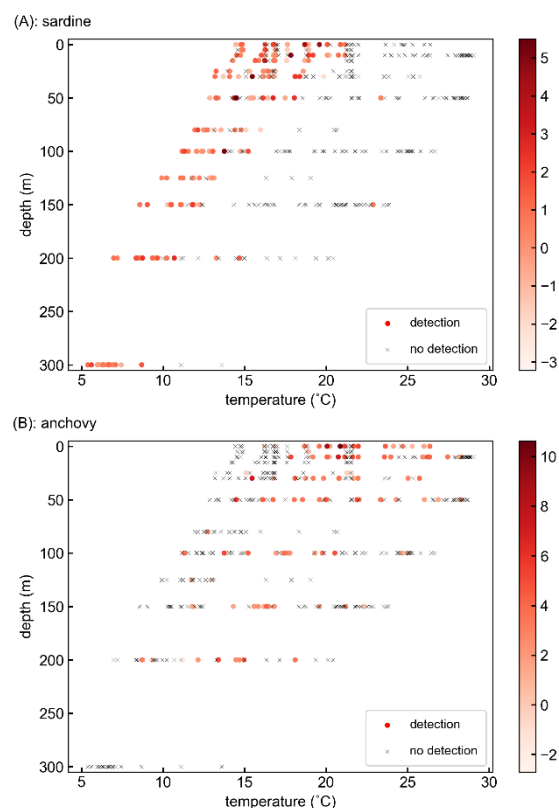


図 2. 環境 DNA 濃度の水温—水深依存性。(A) マイワシ、(B) カタクチイワシ。Yu et al. (2023, doi: 10.3389/fmars.2023.1121088) を改変。

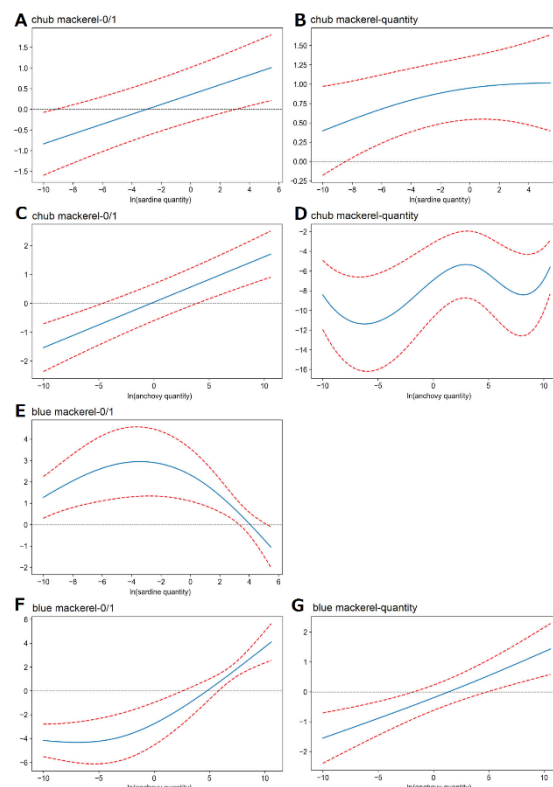


図 3. マイワシおよびカタクチイワシの環境 DNA 濃度がマサバ (A, C)・ゴマサバ (E, F) の有無およびマサバ (B, D)・ゴマサバの環境 DNA 濃度 (G) に及ぼす影響。
 $\ln(x)$ 変換されたイワシの環境 DNA 濃度依存性 (A, B, E), $\ln(x)$ 変換されたカタクチイワシ環境 DNA 濃度依存性 (C, D, F, G)。赤い点線の間の領域は 95% 信頼区間。Yu et al. (2023, doi: 10.3389/fmars.2023.1121088) を改変。

セメント系材料表面から単離した海洋性細菌の

バイオフィーム形成能及びその機能の解明

野島佑悟・〇惟村晴太郎・鈴木華・三平将貴・三木良太郎・山中寿朗（東京海洋大学）、
高橋恵輔（UBE 三菱セメント株式会社）、笠谷貴史（海洋研究開発機構）、杉村誠（新江ノ島水族館）、牧田寛子（東京海洋大学、神奈川工科大学、海洋研究開発機構）

我が国は海洋を含めた国土面積では世界 6 位、体積にすると世界 4 位の海洋国家である。広大な管轄海域を有効活用することは、海洋の恩恵を受けつつ発展してきた我が国にとって極めて重要である。近年、メタンハイドレートや海底熱水鉱床などの未利用のエネルギー・鉱物資源の存在が明らかとなったことや、海底パイプラインや潮流発電などといった、深海の特異な環境を利用した様々な人工インフラの構築が計画されている。今後の我が国の発展及び存続の基盤としてそれらの重要性はさらに高まってきており、深海にインフラを構築する技術が確立すれば、深海の用途を他分野へと飛躍的に広げることができる。

本研究は持続可能な深海人工構造物建設の実現に向け、深海微生物により形成されるバイオフィームがセメント系材料に与える影響の解明を目指している。深海における構造物の建設には、強度・汎用性・原料自給率の高さ、さらには価格の安さなどの理由から、陸上と同様にコンクリート等のセメント系材料の利用が検討されている。しかし、陸上環境とは異なり、深海に暴露されたセメント系材料は、通常よりも早く劣化が生じることが報告されている⁽¹⁾ ため、深海環境がセメント系材料に与える影響の詳細な調査や深海環境で耐久性を維持できるセメント系材料の開発が求められている。浅海域における先行研究では、セメント系材料に細菌由来のバイオフィームが形成されることで、 Cl^- や O_2 等の劣化因子の浸透を抑制することが報告されている⁽²⁾。そのため、深海環境においても、その場に生息する細菌のバイオフィームによる保護機能を利用・制御することができれば、修繕作業の困難な深海域のセメント系材料の維持や開発において重要な役割を担う可能性がある。

そこで本研究では、KR21-07C 研究航海にて南海トラフ北縁部 3,500m 水深にセメント系材料（モルタル）試験体を約 1 年間浸漬し、YK22-09C 研究航海にて回収した後、表面に固着した微生物叢の解析を行った。また、新江ノ島水族館にて深海環境を想定した低温・暗環境条件の自然海水槽に浸漬したセメント試験体表面及び KR21-07C、YK23-08C 研究航海で回収した海水及び試験体表面から計 10 株の細菌を単離した。そして、これらの株の中からバイオフィーム形成能が見込まれるものを選定し、それらの形成するバイオフィームが材料内部への Cl^- の浸透に与える影響を調査・比較することで、セメント系材料の耐久性に与える生物学的影響を評価した。

その結果、海洋性細菌が形成するバイオフィームにおいても、セメント系材料に浸透する Cl^- を減少させ、耐久性の向上に寄与する可能性が示唆された。

参考文献

- (1) 小林真理, 高橋恵輔, 山中寿朗, 牧田寛子「深海底におけるセメントモルタルの物理学的特性と水和物の変化」Cement Science and Concrete Technology, Vol.72, (2019)
- (2) Jianfu Lv, Jize Mao, Hengjing Ba, “Influence of marine microorganisms on the permeability and microstructure of mortar”, Construction and Building Materials, Vol.77, pp.33-40, (2015)

新青丸 KS-23-5 次航海速報

○黒田潤一郎^{1,2}, 諸野祐樹³, 松崎賢史¹, 菅寿美², 亀尾桂¹, 森郁晃^{3,4}, 森尚仁⁵, 蘭慧¹, 古知武¹, 吉岡純平¹, 根本夏林¹, 太田映¹, 村井亮太¹, 西村知泰⁴, 治良真⁴, 伊左治雄太², 横山祐典¹, 大河内直彦², 池原実⁴ (¹東京大学大気海洋研究所, ²海洋研究開発機構海洋機能利用部門, ³海洋研究開発機構高知コア研究所, ⁴高知大学海洋コア国際研究所, ⁵マリンワークジャパン)

日本海の海底堆積物は、氷期-間氷期の海水準変動を反映した中深層の酸化還元条件の周期的変化により、均質の明色層とラミナ状の暗色層が互層を成す特徴である。前者は高海水準期に外海からの海水流入が活発化し、海盆が酸化的になった時期の堆積物、後者は低海水準期に外海からの海水流入が途絶え、循環が不活発になって還元的になった時期の堆積物である。本研究の目的は、以下の科学的疑問を解決することである：1) 海洋環境の変化に伴う岩相の変化は、現在の海底微生物群集の分布を制御しているのか、また、その生物学的・生物地球化学的意義は何か、すなわち、過去の気候変動が現在の海底下生命圏をコントロールしているのか、2) 氷期-間氷期の海水準変動を通じて、日本海の硫黄循環が海盆の酸化還元変動に伴ってどのように変化したのか。東北海洋生態系調査研究船「新青丸」KS-23-5 次航海では、すでに年代層序学的検討・古環境学的研究が行われている KY-04-09 PC-07 (水深 862m) に近接する秋田沖のサイトで、新規ピストンコアとマルチコアを採取した。KS-23-5 次航海は 2023 年 4 月 13 日に函館を出港し、4 月 14 日朝に調査海域に到着した。調査海域では、(1) 物理探査データ (マルチナロービーム測深器による海底地形調査、サブボトムプロファイラによる海底下浅部構造探査) の収集、水深 810 m サイトにおける (2) CTD による採水 (AN14)、(3) NORPAC プランクトンネットによるプランクトンサンプリング (NORPAC1)、(4) マルチプルコアラー (深海カメラ付) による表層堆積物のサンプリング (MC01, MC02)、そして (5) ピストンコアラーによる柱状堆積物 (コア) の採取 (PC01, PC02) を行った (図 1)。採取されたコアのうち、PC01 は船上で 50 cm 間隔でセクションに分け、半割した後アーカイブハーフは船上で岩相記載に使用した後冷蔵保存、ワーキングハーフは微生物研究用試料として冷凍保管した。PC02 は 1 m 間隔でセクションに分け、冷蔵保管した。航海は 2023 年 4 月 17 日に八戸で終了した。採取されたコアは、高知大学海洋コア国際研究所に搬送され、X 線 CT スキャンや帯磁率などを測定した後、個々の研究のためのサンプリングが実施された。また、回収された PC02 コアの 160 cm の深度に含まれる火山灰層の給源推定を行った。シンポジウムでは、これらの成果を踏まえた航海速報を発表する。

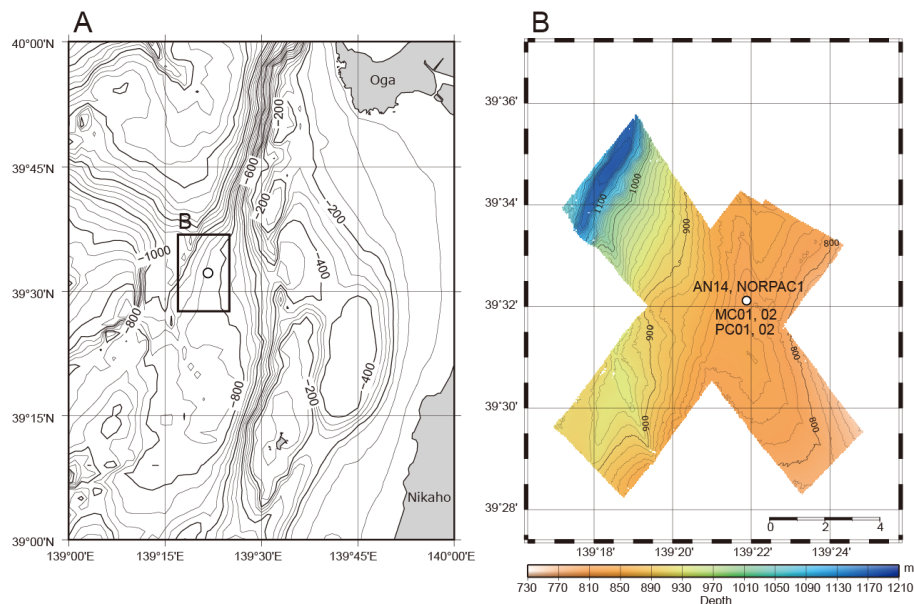


図1. 観測海域の広域海底地形図(A)およびマルチナロービーム測深器による詳細地形図(B). AN14=CTD 採水点, NORPAC1=プランクトンネット採取点, MC01, 02=マルチプルコア採泥点, PC01, 02=ピストンコア採泥点. いずれも水深約810 m.

深海底近傍における乱流強度の実測、推定法、可視化技術の開発 ～KM22-15 航海で取得した ADV データを用いた乱流推定～

○古島靖夫（海洋研究開発機構）、長尾 正之（産業技術総合研究所）・田中 衛（東京理科大学）・
Mehul Sangekar（海洋研究開発機構）・Dhugal Lindsay（海洋研究開発機構）・福原 達雄（(株)KANSO
テクノス）

海水の乱流運動は、懸濁物質の混合に支配的であるため、海底鉱物資源開発では、環境影響評価の要素の1つとして深海底近傍における乱流の直接観測と動態を理解することが注視されている。なぜなら、開発時の採鉱機による海底掘削や揚鉱過程に伴い発生する濁質水（プルーム）は、懸濁粒子の拡散（巻上）や再堆積を生じ、開発区域周辺の環境や生態系に負の影響を及ぼす可能性があるからである。2013年に国際海底機構（ISA）が発表した海底資源開発に関する環境影響評価のガイドラインでは、海洋の物理学的、化学的、生物学的、地質学的なベースライン調査などが推奨されている。2020年の改訂版では、水柱全体の乱流と鉛直渦拡散率を定量化する必要性が示唆された。そこで、我々は海底資源開発におけるEIA技術として、VMP-X（投下式乱流微細構造プロファイラー）を用いた深海底直上乱流データの直接計測を開始した（SIPプロジェクト第I期）。しかしながら、深海底近傍の乱流を時間的な代表性を確保しつつ時系列として直接計測することは、技術的にも財政的にも難しい。そこで、音響流速計のデータを用いた「深海底乱流強度推定法」を開発し産総研とJAMSTECと共同で特許（P2023-34594A）を取得した。我々は、この推定法を用いてKM22-15航海にて海底地形が異なる3つの海域（相模湾初島沖、赤沢沖、明神海丘）における、海底直上の乱流強度（ ϵ ：乱流運動エネルギー散逸率）の時系列変動を得た。本報告では、その特徴と周辺環境との関りを示すとともに、乱流の視覚化について示し、今後の環境影響評価技術開発への適応について検討した。

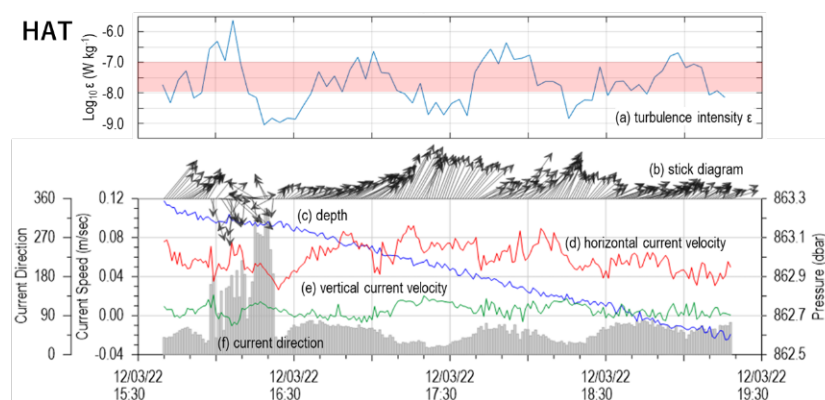


図1 相模湾初島沖における深海底近傍の乱流強度と周辺環境の時系列変動

その結果、深海底近傍における乱流強度は、平均的な流れの強さだけでなく、熱水噴出域に見られる複雑な海底地形にも影響されることが分かった。このことから、海底資源開発における濁質プルームの発生に伴う懸濁物質の拡散や再堆積の環境影響を評価するためには、海底付近の混合環境を制御する因子を明らかにすることが重要であることが示唆された。また、環境

影響評価において、濁質プルームの拡散を予測するシミュレーションモデルの精度を向上させ、資源開発時の環境負荷を低減させるための技術として、深海底乱流強度推定法は有効な手法であると考えられた。さらに、この推定法は、ISA環境ガイドラインにおける乱流強度を得る具体的かつ効率的な技術となり得ると考えられた。

一方、深海底近傍における乱流を扱うには高度な知識が必要であり、モデルのパラメータも複雑になることが予想されるため、引き続き海底直上付近における乱流の観測データ（ベースラインデータ）を蓄積し、推定した乱流強度を従来のモデルにどのように適用させるかを検討することが重要である。また、本研究で使用した「深海底乱流強度推定法」（特許）を活用するためには、一般的なプログラム開発を行うことが必要である。さらに、乱流による懸濁粒子の動態を把握するために、高解像度カメラによる映像から乱流の可視化を試みる新たな手法の構築を開始した。

冬季の銚子沖大陸棚域における物質循環過程：KS-23-2 航海概要

○伊藤幸彦・柳本大吾・柴野良太・矢部いつか・中川美和・Sk Istiaque Ahmed・王雪丁・高橋杏・中島壽視（東京大学大気海洋研究所）・堤英輔（鹿児島大学水産学部）・長谷川大介・増田貴子・田中雄大・（水産研究・教育機構 水産資源研究所）・梅澤有（東京農工大学）

本研究グループでは、豊かな海の恵をもたらすことで知られている日本列島の沿岸海域の物質循環や生物生産過程がどのように維持されているか、特に陸水と外洋の攪拌や混合、陸棚上における水柱と堆積物中の間隙水の交換がどのように生じているか解明するため、観測とモデリングによる研究を実施している。本発表では、2021年5月に実施したKS-21-8航海に引き続き、利根川系水と黒潮・親潮が相互作用する銚子沖海域の冬季における物質動態について調査を実施した新青丸KS-23-2次研究航海の概要を報告する。

KS-23-2次航海は、2023年1月14日に横須賀港を出港し、冬季の荒天の影響を受けながらも銚子沖海域の水塊・流動・環境DNAおよび堆積物中の物質組成の調査を行い、同1月20日に横須賀港に入港した。観測は図1に示した8点でCTD、VMP、マルチプルコアラーを実施したほか、観測線Bに沿ったUnderway CTD観測、曳航ADCP観測、VMP新型ウインチおよびTurboMAPの試験、表層環境モニタリング装置による連続観測、培養実験による植物プランクトンの栄養塩取り込み実験を行った。以下、観測結果の速報を記載する。

観測海域は黒潮が近接しており、陸棚上にまで強流の影響が及んでいた。陸棚上における水柱の乱流は表層と底層で高まっており、特に底層では濁度の上昇を伴っていた（図2）。陸棚上底層の乱流強化は、壁法則（law of wall）で説明することはできず、別の物理過程の介在が示唆された。観測海域内では2021年5月のKS-21-8航海と同様、利根川由来の低塩分水を検出することは困難であった。一方、間隙水中の栄養塩濃度は非常に高かった（図3）。これらの結果は、表層からの堆積層への有機物の供給と分解、再循環性地下水と乱流混合を介した水柱への無機栄養塩の供給が海域の栄養塩循環と生物生産に重要な役割を果たしていることを示唆している。当日の発表では、より詳細な解析結果を紹介する。

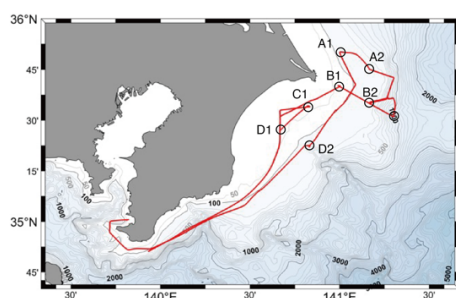


図1. 航跡および観測点

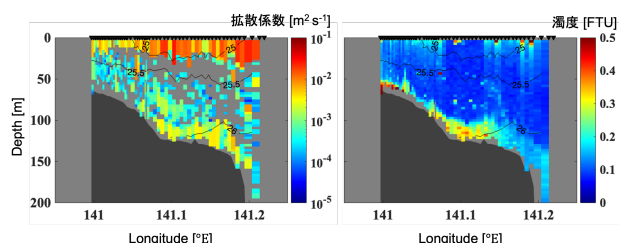


図2. UCTD観測データから推定した（左）拡散係数、（右）濁度

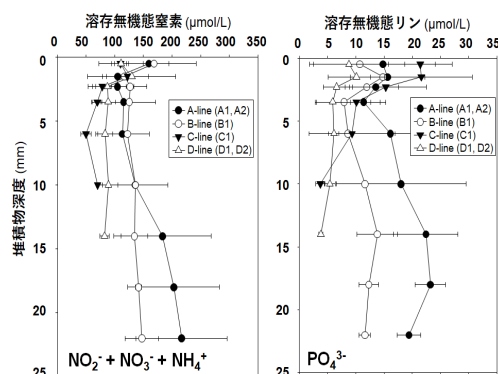


図3. 堆積物中の栄養塩濃度の鉛直分布

マルチプルコアラーの改造による長尺の不攪乱試料採取の試み III

亀尾 桂・竹内 誠・芦田 将成・○黒田 潤一郎・芦 寿一郎（東京大学大気海洋研究所），
波多野 泰成（高知大学総合人間自然科学研究科），中西 諒（京都大学大学院理学研究科），
村山 雅史（高知大学農林海洋科学部）

マルチプルコアラーは、研究船上から投入し、海底面付近の表層堆積物を不攪乱で採取することが可能な採泥機器であり（池原，1993），とりわけ底生生物学，地球化学，古海洋学，海洋地質学などの研究分野では必要不可欠な観測機器として多数の使用実績がある。

現在，長さ 60 cm の採泥管を使い，約 30 cm の表層堆積物を採取する採泥器が標準規格として使用されているが，さらに長い表層堆積物を採取したいとする研究者側の要望も多い．そのため，2022 年度から東京大学大気海洋研究所で運用されているマルチプルコアラー（株式会社 離合社製）の改造をおこない，従来品より延長した採泥管（長さ 100 cm，140 cm）を取り付け，長尺の表層堆積物試料の採取を試みている．機器本体は，アーム長の伸長やバネ強度，付加荷重錘部の重量に改造を加えながら，これまで5 研究航海（KS-23-1，KS-23-5，KH23-2，KH-23-4，KH-23-7）で洋上テストをおこなってきた．その結果，>60 cm の表層堆積物の採取が可能になった．その際，採泥装置のフレーム部に自己記録式の深海カメラを装着し（図 1），海底での機器の作動や採泥状況を確認しており，それらの結果と採取された堆積物について報告する．

北西太平洋域（KH-23-2 次航海）では，通常のパイプ長で 30 cm の酸化層の堆積物，同時に取り付けた 100 cm のパイプ長では 60 cm の酸化-還元層の堆積物が採取された（図 2）．また，久慈沖の KH-23-7 次航海では，同じ観測点において，140 cm マルチプルコアラー、グラビティーコアラー（5 m パイプ，GC）、ピストンコアラー（8 m パイプ，PC）による採泥を実施し，堆積物の採取結果の比較をおこなった．その結果，マルチプルコアラーでの表層堆積物の採取が，>90 cm 採取可能で，堆積層の変形もなく，GC や PC の欠損分をカバーして採取されていることが確認できた．

引用文献

池原研(1993) マルチプルコアラー，不攪乱表層堆積物採泥器；特に，海水—海底境界の研究のために，堆積学研究会報，39，85-89．

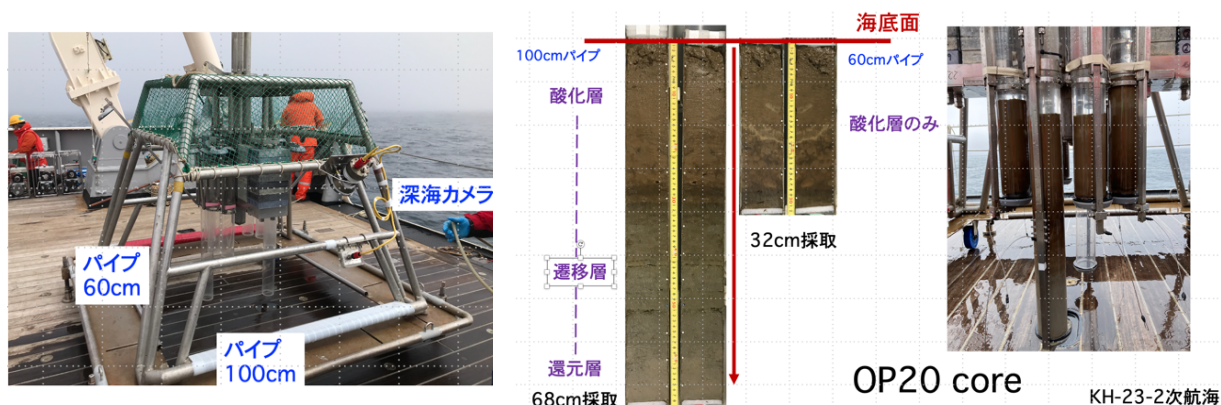


図 1. 改造したマルチプルコアラー．フレーム部に深海カメラを装着．

図 2. 北西太平洋域（水深 6044 m）にて採取した 68 cm 長の表層コア．通常の上層コアでは採取できなかった還元層まで採取できた．