

東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会
MOWALL-CIR 海洋地殻形成プロセスとトランスフォーム断層
(KH-24-4 航海成果)

日 時：令和7年10月20日（月）13:30～17:30

場 所：東京大学大気海洋研究所2F 講堂, 1F エントランスホール
〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL 04-7136-6009
コンビーナー：沖野郷子、東京大学大気海洋研究所、okino@aori.u-tokyo.ac.jp

参加登録をお願いします（オンライン参加URLは登録者にのみ連絡します）

参加登録フォーム <https://forms.gle/SFcwuNtWrUmExESx6>

プログラム

講演要旨は追って以下に掲載いたします

<http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/tilde/okino/mowall/>

10月20日（月）

- | | | |
|-------------|---|---------------|
| 13:30～13:35 | 開会挨拶, 趣旨説明 | 沖野郷子（東大大海研） |
| 13:35～14:00 | [O-1] KH-24-4 航海概要＋マリーセレストトランスフォームのテクトニクス | 沖野郷子（東大大海研） |
| 14:00～14:25 | [O-2] マリーセレストトランスフォーム沿いの玄武岩のSr-Nd-Pb-Hf同位体組成 | 町田嗣樹（千葉工大） |
| 14:25～14:50 | [O-3] KH-24-4 航海で採取された岩石の記載岩石学的特徴
二村康平、原田藍生、井上創、松山和樹、道林克禎（名古屋大）、
町田嗣樹（千葉工大）、沖野郷子（東大大海研） | |
| 14:50～15:10 | [O-4] Marie Celeste Transform Fault 深成岩類のジルコン年代 | 谷健一郎（国立科学博物館） |

休憩

15:30～15:55 [O-5] 海上・深海磁気異常と岩石磁気を示す精密海洋底年代と地殻マントルプロセス

藤井昌和（極地研/総研大）、KH-24-4 地球物理班・ドレッジ班総員

15:55～16:20 [O-6] マリーセレストランスフォーム断層における海洋地殻の鉛直磁化構造の推定とその成因

鈴木諒翼、島伸和（神戸大学）、田村千織、芦田将成、沖野郷子（東大大海研）
小野誠太郎（産総研）、藤井昌和（極地研/総研大）

16:20～16:45 [O-7] マリーセレストランスフォーム断層における生物調査成果：概要・魚類・頭足類

峰岸有紀、矢萩拓也（東大大海研）

16:45～17:10 [O-8] マリーセレストランスフォーム断層における生物調査成果：底生生物・プランクトン

矢萩拓也、峰岸有紀（東大大海研）

17:10～17:30 ポスター発表 1 分トーク

ポスターセッション

17:30～ 1 階エントランスホール

[P-1] Detailed Morphology of Rodrigues Segments, Central Indian Ridge:S16
PUNTAMBEKAR, Chetan R., 沖野郷子（東大大海研）

[P-2] KH24_4_DR25 で採取された超苦鉄質岩類・はんれい岩類
森下知晃（金沢大）、

KH24_4 岩石班、沢田輝（富山大）、田村明弘（金沢大）

[P-3] インド洋マリエ・セレスタ断裂帯から採取されたエピソードサイトの岩石学
渉里優花（金沢大）

[P-4] 中央インド洋海嶺マリーセレストランスフォーム断層沿いに産する玄武岩の Re-Os 年代測定

豊田真三、石川 晃、横山 哲也（東京科学大）

[P-5] マリーセレストランスフォーム断層のドレッジ試料の物理化学特性データの数理的アプローチに基づく海洋地殻の変質

伊藤 禎宏、片山 郁夫（広島大）、

藤井 昌和（極地研/総研大）、沖野 郷子（東大大海研）

[P-6] 上部海洋地殻における熱拡散率の推定

廣寄誠也、南拓人、島伸和（神戸大）

[P-7] 大西洋中央海嶺、ケーン断裂帯に産する海洋底かんらん岩の オスミウム同位体比不均質性

高橋廉太郎、石川晃、横山哲也（東京科学大）、

石井輝秋（静岡大）、秋澤紀克（広島大）

- [P-8] 南部マリアナ前弧海嶺かんらん岩の構造岩石学的特徴とその成因
宮田佳奈、道林克禎（名古屋大）、
上原茂樹（静岡大）、小原泰彦（海上保安庁）
- [P-9] プチスポット火山の Hf 同位体組成
中野泰紀、平野直人（東北大）、町田嗣樹（千葉工大）
- [P-10] 深海性堆積物起源の変成岩研究
原田藍生、瀨瀬佑衣、道林克禎（名古屋大）
- [P-11] プチスポット玄武岩の揮発性成分から探る上部マントル不均質
佐野真、平野直人、奥村聡（東北大）、清水健二（高知コア研）、
秋澤紀克（広島大）、三國和音（東京科学大、産総研）、
田村明弘、森下知晃（金沢大）

KH-24-4 航海概要+マリーセレストトランスフォームのテクトニクス
KH-24-4 Overview and Tectonic features of the Marie Celeste Transform

沖野郷子* (東大大海研)
OKINO, Kyoko (AORI, UTokyo)

白鳳丸 KH-24-4 航海(2024 年 10 月 12 日~11 月 3 日)では, 中央インド洋海嶺 18° S 付近のマリーセレストトランスフォーム断層(MCTF)を主対象として, 総合的な調査を行った. MCTF は, 全長 200km を越す海洋トランスフォームで, 断層谷の壁面には現在から 1100 万年前までの海洋地殻断面が露出している. 航海の主な目的は, この特異なセッティングを利用して, 系統的な地球物理・岩石採取を行い, 海洋地殻生産の時間変動とその要因を解明することである. 併せて, 断層谷内の水塊構造, データ・試料の空白域であるインド洋西部の生物・環境 DNA の調査も実施した. 約 2 週間の観測により, MCTF の完全なマッピング, 10~40km 間隔で地殻の上・中・下部からの岩石試料の採取, 新手法での海底直上磁気観測, 7 点での採水・生物採取に成功した.

MCTF は, 中央インド洋海嶺(両側拡大速度 40mm/yr)のセグメント 16, 17 の境界をなし, 周囲の海洋底から最大 4500m の深さとなる谷地形となっている. 南側のセグメントとの交点付近には, 大規模なメディアンリッジが存在する. 谷底には, 複数の小海嶺状の高まりが伸びているが, これらがPTDZ(主な横ずれ変形帯)の移動によるものなのか, トランスフォーム内の小規模火成活動であるかは不明である. 横ずれ断層南壁の約 5Ma 以前の部分にはトランスバースリッジが発達しており, 今回の調査で北壁もほぼ同時代にトランスバースリッジが存在することがわかった. 隣接する海底のアビスアルヒルの走向が 5Ma 頃に変化していることから, このトランスバースリッジがプレート運動方向の変化による trans-extension により形成されたことが明らかである.

セグメント 16 のオフアクシスには, 2 つのオフアクシス火山が発達し, 最近のメルト供給が豊富であることを示している. 一方, このオフアクシス火山に隣接するように, コルゲーションの発達した典型的な海洋コアコンプレックス群が並んでおり, メルト供給量の大きな変化が 5Ma 以降に起こっていることが明らかである. また, MCTF 東端のセグメント 17 との交点内角側にも海洋コアコンプレックスが存在する.

本航海で MCTF 全体の地形データが得られたので, 衛星フリーエア重力異常データとあわせて, マントルフローを考慮した残差マントルブーゲー異常を求め, 地殻の厚さの変化の推定を行った. オフアクシス火山では周囲より 2~3km 程度地殻が厚いことが明瞭に示されたほか, セグメント 16 では, 数百万年スケールで地殻の厚さが変動している可能性が示された. セグメント 17 のオフアクシスは, データ範囲が狭いが, 低速拡大軸に典型的に見られるように, セグメント中央で地殻が厚く, セグメント端で薄いという構造が優位である.

地磁気異常については, プロトン磁力計データから得られた磁気異常プロファイルからの年代決定を行った. 概ねグローバルプレートモデルに合致すると考えられるが, 岩石年代, セグメント中央での深海曳航磁力計観測結果と併せて, さらに詳細に解析を進める.

マリーセレストトランスフォーム沿いの玄武岩の Sr-Nd-Pb-Hf 同位体組成
Sr-Nd-Pb-Hf isotopic compositions of basalts
along the Marie Celeste Transform Fault

町田嗣樹* (千葉工大)
Shiki Machida (Chiba Inst. Tech.)

MOWALL プロジェクトは、未だ明らかになっていない海洋地殻の生産プロセスについて、何がメルト供給率の時間変動を支配しているかを解明することが目標である。2024 年に行われた KH-24-4 航海では、過去 1000 万年から現在に至る海洋プレート断面が露出している中央インド洋海嶺のマリーセレストトランスフォーム断層 (MCTF) をターゲットとして、断層に沿って 10~40 km 間隔で設定されたサイトにおいてドレッジを用いた岩石採取を計 27 回実施し、複数の鉛直方向のセクションを時間軸に沿って系統的に採取することに成功した (沖野ほか, 二村ほか, JpGU2025)。

海洋地殻構造と拡大様式の多様性を支配する要因は、メルトのソースとなるマンツルの物理・化学的性質とその時空間不均質にあると考えられる。本研究では、特に、マンツルの化学不均質について制約するために、主に断層頂部から採取された玄武岩および玄武岩質急冷火山ガラスについて Sr-Nd-Pb-Hf 同位体組成の分析を行った。対象としたサンプルは、トランスフォーム断層の若い側 (西側) から最も古い (東側) をおおよそ網羅した。具体的には、西側のサイト MC01・MC02 からそれぞれ 1 箇所 (DR01・DR02)、MC03 から 2 箇所 (DR10・DR11)、断層中央部の MC06 から 1 箇所 (DR07)、MC07 から 3 箇所 (DR09・DR13・DR12)、MC08 から 2 箇所 (DR16・DR17)、断層東側の MC09・MC10・MC12 からそれぞれ 1 箇所 (DR15・DR22・DR26) である。各元素の抽出は、以下のとおり同一試料から段階的に行った。Tanimizu and Ishikawa (2006) にしたがって Pb を抽出し、その残り (溶液+残渣) から Hanyu et al. (2005) にしたがって Hf を抽出したのち、Machida et al. (2009) にしたがって Sr および Nd 分離抽出を行った。分析は、千葉工業大学・次世代海洋資源研究センターに設置されているマルチコレクター型 ICP-MS (Pb および Hf) と TIMS (Sr および Nd) を用いて行った。

MCTF の玄武岩は、隣接する拡大軸 (セグメント 16 と 17 ; Machida et al., 2014 など) や、さらにその北の拡大軸 (セグメント 18 ; Machida et al., 2025 など) に産する玄武岩と同一の同位体比を示す。つまり、同位体組成の変動は、本海域で一般的に観察されるマンツルの不均質性に支配されていると言える。ただし、西側の MC01・MC02・MC03 から得られた玄武岩は、その他のものと組成が異なり、比較的高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ および低い $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ を示す。これらの特徴は、ソースマンツルにリサイクルした過去のプレート由来物質が多く含まれていることを示唆する。一方、MC06 から東側のセクションから得られた玄武岩は、概ね均質な同位体組成であるが、わずかに組成の変化が認められる。

本発表では、主要・微量元素濃度の特徴も踏まえて同位体組成の傾向を記載して、全 27 回のドレッジサンプリングの結果から判明した、MCTF 沿いに露出する海洋地殻構成岩石の岩相や露出深度との関連について議論する。

KH-24-4 航海で採取された岩石の記載岩石学的特徴
 Petrographic characteristics of rocks recovered during KH-24-4 cruise

二村康平*、原田藍生、井上創、松山和樹、道林克禎（名古屋大）、
 町田嗣樹（千葉工大）、沖野郷子（東大大海研）

Kohei Nimura, Aoi Harada, So Inoue, Kazuki Matsuyama,
 Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya U.), Shiki Machida (CIT), Kyoko Okino (AORI)

海洋トランスフォーム断層は、海洋リソスフェアの深部を直接観察できる場であり、海洋地殻形成過程の時間変動が記録されているテクトニック・ウィンドウである。大西洋中央海嶺の Vema トランスフォーム断層では、系統的な岩石採取と重力解析によって、海嶺軸へのマグマ供給が 300～400 万年規模で変動してきたことが示されている (Bonatti et al., 2003)。ただし、この成果は transverse ridge と呼ばれる特殊な地形に限定されたものであり、他の地形タイプにおける岩相情報は依然として不足している。そのためトランスフォーム断層に普遍的に見られる多様な地形における岩相情報の把握が課題である。近年ではイタリアの研究グループ (Skolotnev et al., 2020, 2021, 2023) が大西洋中央海嶺の複数のトランスフォーム断層を対象に調査を行い、transverse ridge に限らず様々な地形からの岩相情報を明らかにした。しかし、拡大速度に依存するマグマ活動や断層形態の多様性を理解するには、さらに他の海嶺系へ研究を拡張することが不可欠である。

中央インド洋海嶺の Marie Celeste トランスフォーム断層は、約 215 km にわたる長大なトランスフォーム断層である。断層の南壁沿いには、abyssal hill、oceanic core complex (OCC)、transverse ridge が発達しており、各地形に隣接する断層壁の岩相情報を比較可能である。2024 年の KH-24-4 航海では、断層の南壁に沿って合計 27 回のドレッジを実施した。試料採取地点は西から東へ順に、abyssal hill に隣接する断層壁 (MC01・MC02・MC03)、OCC に隣接する断層壁 (MC04・MC06)、transverse ridge に隣接する断層壁 (MC07・MC08・MC09・MC10・MC12) に区分される。

Abyssal hill に隣接する断層壁からは玄武岩が採取され、特に off-axis seamount 近くの MC03 (DR10) では発泡度の高い玄武岩が採取された。OCC に隣接する断層壁では変質玄武岩に加え、変斑れい岩や超苦鉄質岩が採取された。transverse ridge に隣接する断層壁では、玄武岩・ドレライト・斑れい岩といった海洋地殻構成物質が幅広く採取され、特に斑れい岩の露出深度にはサイトごとに違いが認められた。ドレッジに搭載したカメラの映像から各地点の代表的な海底写真を取得するとともに、採取試料のうち 138 試料について研磨面を作成・撮影し、記載岩石学的特徴を整理した。

本発表では、地形断面図・海底写真・研磨面観察を統合し、岩石と地形の対応関係を明らかにするとともに、Vema をはじめとする他の中央海嶺のトランスフォーム断層との共通性と相違性について議論する。

Bonatti et al. (2003) Nature 423:499-505. doi:10.1038/nature01594

Skolotnev et al. (2020) Ofioliti 45. doi:10.4454/ofioliti.v45i1.531

Skolotnev et al. (2021) Ofioliti 46. doi:10.4454/ofioliti.v46i1.539

Skolotnev et al. (2023) Ofioliti 48. doi:10.4454/ofioliti.v48i1.559

Marie Celeste Transform Fault 深成岩類のジルコン年代
Zircon ages of the plutonic rocks collected from the Marie Celeste Transform Fault

谷健一郎* (国立科学博物館)

Kenichiro Tani (National Museum of Nature and Science)

The KH-24-4 cruise of R/V Hakuho-maru carried out systematic rock sampling to investigate the diversity of oceanic crustal structures, mid-ocean ridge processes, and the spatio-temporal variations in mantle properties. A total of 27 sites were dredged along the southern wall of the Marie Celeste Transform Fault (MCTF) in the Central Indian Ridge (17–18°S), yielding the full spectrum of oceanic crustal lithologies, from ultramafic rocks to gabbro, microgabbro, diorite, and basalt. The working hypothesis of this project is that million-year-scale variations in crustal formation processes are controlled by spatial heterogeneity in upper mantle composition.

To constrain the timing of deep magmatic events at the MCTF, zircon U–Pb dating was conducted on gabbros and associated leucocratic veins from six sites (DR06: 94 km from the ridge axis; DR12: 111 km; DR17, DR21: 135 km; DR19, DR22: 176 km). Zircon crystals display euhedral morphologies with only limited internal zoning under cathodoluminescence imaging. Weighted mean $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ages reveal a systematic younging trend toward the ridge axis, corresponding to a calculated half-spreading rate of 18.1 km/Myr, in agreement with the global plate model value of 20 km/Myr.

These results indicate that spreading at the Central Indian Ridge proceeded at a nearly constant rate, with continuous magmatic accretion in the deep axial region, now exposed along the MCTF.

海上・深海磁気異常と岩石磁気を示す精密海洋底年代と地殻マントルプロセス

Near-bottom magnetic anomalies and rock magnetism for precise seafloor
chronology and crust–mantle processes

藤井昌和（極地研/総研大）、KH-24-4 地球物理班・ドレッジ班総員
Masakazu Fujii (NIPR/SOKENDAI), KH-24-4 Geophysics and Dredging Teams

2024 年秋に実施された白鳳丸 KH-24-4 航海において、中央インド洋海嶺を対象として、海上および深海での磁気観測と岩石ドレッジ採取を組み合わせ、海洋底年代の高精度化と地殻・マントル過程の解明を目的とした観測を行った。本航海では、曳航式セシウム磁力計を用いた深海磁気異常測定を実施し、海面観測に比べ約 5 倍に達する強い変動幅を記録した。その結果、従来の表層観測では得られなかった細密な磁気縞模様が明瞭に抽出され、過去約 900 万年に及ぶ古地磁気の逆転履歴と強度変動を高解像度で復元することが可能となった。これは、深海域における最長規模の磁気異常記録のひとつであり、地球磁場強度変動の高精度な年代軸を提示するものである。

さらに、海底ドレッジで採取された玄武岩・斑れい岩・ドレライト試料に対して、船上で新たに導入したミニコアドリリングを適用した。限られた船内作業空間においても標準化された円柱状試料を効率的に得ることができ、航海中の試料分割や後続の分析体制を大きく改善した。得られた岩石について岩石磁気測定を行ったところ、玄武岩は 500-550°C の狭い範囲に安定したキュリー温度を示し、長期にわたる Fe/Ti 比の安定性とマグマソースの均質性を示唆した。一方、斑れい岩やドレライトは鉱物組織や変質の程度に応じて多様な磁気特性を示し、海底下における地殻形成と磁性獲得の複雑さを反映する結果が得られた。特に変質を伴う試料では残留磁化が著しく弱まり、地殻中の水循環や熱水変質が磁気記録に及ぼす影響が定量的に確認された。

これらの観測成果は、磁気異常パターンに基づく精密な年代決定と、岩石磁気学的な検証を統合的に進めることで、中央海嶺拡大系におけるマグマ活動やテクトニクスの時空間変動を解明する新たな基盤を提供する。本研究は、地球磁場の時間変動と海洋リソスフェア進化を結びつけるうえで重要な知見を与え、今後の詳細な解析と数値モデリングを通じて、地殻・マントルプロセスの理解をさらに深化させることが期待される。

マリーセレストトランスフォーム断層における海洋地殻の
鉛直磁化構造の推定とその成因

Estimation of the vertical magnetization structure of the oceanic crust and implications for
its origin at the Marie Celeste transform fault

鈴木諒翼*、島伸和（神戸大学）

SUZUKI Ryosuke, SEAMA Nobukazu (Kobe University)

田村千織、芦田将成、沖野郷子（東京大学大気海洋研究所）

TAMURA Chiori, ASHIDA Masanari, OKINO Kyoko

(Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

小野誠太郎（産業技術総合研究所）

ONO Seitaro (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

藤井昌和（国立極地研究所、総合研究大学院大学）

FUJII Masakazu (National Institute of Polar Research, SOKENDAI)

本研究はトランスフォーム断層の深部から浅部にかけて行う新たな海底近傍磁場観測手法により、海洋地殻の磁化構造を推定すること、磁化構造を通じて地殻形成時の拡大軸の構造的特徴とその成因の理解を深めることを目的とする。

磁場観測は、海洋地殻の断面を連続的に露出しているマリーセレストトランスフォーム断層の南側の崖面をターゲットとして実施された。断層深部の岩石採取を目標としたドレッジが終了した後、ワイヤーの巻き上げと曳航を同時に行なうことでワイヤーに取り付けた小型の3成分磁力計を崖面付近に通過させた。この観測を崖面の異なる6地点でそれぞれ実施した。磁場データの補正と標準磁場の参照により、海洋地殻起因の地磁気異常を鉛直断面による変化として観測した。いずれの地点でも崖面深部と浅部において強い地磁気異常が観測された。

データ解析では、岩相の違いが磁化強度の違いに対応する3層構造（上から溶岩層・ダイク層・はんれい岩層）を想定し、Talwani and Heirtzler(1964)をもとに2次元のフォワード計算を行った。3層分の各磁化強度、および溶岩層とダイク層の厚さをパラメータとして計算を繰り返し、取得した地磁気異常プロファイルを最もよく説明する磁化構造モデルを決定した。

解析の結果は、最上部300m程度に10A/mを超える強磁化層（＝溶岩層）、その下約3000mに1-2A/mの弱い磁化層（＝ダイク層）、さらにその下に観測地点ごとに磁化強度に幅（2-8A/m）を持つ磁化層（＝はんれい岩層）が存在することを示している。

ダイク層とはんれい岩層の境界の海底面からの深さは、その地殻が拡大軸で形成された時のメルトレンズの深さと解釈することができる(Detrick et al., 1987)。メルトレンズの深さは拡大速度と相関関係があることが知られており、拡大軸の熱構造に基づく典型的なモデル(Morgan and Chen, 1993)によれば、中央インド洋海嶺（両側拡大速度40mm/yr）においてその深さは6000m以上となることが見込まれる。一方、本研究で推定した形成時のメルトレンズの深さは3000-3600mであり、これはモデルによる予想よりも浅い。この結果は拡大軸が通常より高温の熱構造を有していたことを示唆しており、その要因として海嶺に対するホットスポットの熱的関与が考えられる。

マリーセレストトランスフォーム断層における生物調査成果：

概要・魚類・頭足類

Biological observation in the Marie Celeste Transform Fault, Central Indian Ridge:
overview, fish and cephalopoda

峰岸有紀*、矢萩拓也（東京大学大気海洋研究所）

Yuki Minegishi, Takuya Yahagi (AORI, The University of Tokyo)

インド洋は、海洋における生物多様性のホットスポットのひとつとして知られる Indo-Australian-Archipelago (IAA) の一部を成し、やはり高い生物多様性を有する。また、複数の熱水活動域が報告されており、多様な生物群集の存在が明らかになるとともに、それらが魚類等の海洋生物の地理区分とは異なる熱水活動域に関連した地理区分・遺伝構造を持つことがわかってきた。しかし、インド洋における海洋の生物多様性の理解は十分でない。そこで、中央インド洋海嶺のマリーセレストトランスフォーム断層 (MCTF) を中心とした海域における生物多様性を明らかにすることを目的に、白鳳丸 KH-24-4 次航海において生物調査を行った。

調査は 2024 年 10 月 16~29 日に MCTF 上の 4 測点、断層外の 1 測点、海嶺軸上の 2 測点の計 7 測点で実施した。海嶺軸上の 1 測点を除く 6 測点で海底直上 10 m から海面下 10 m までの 8 層（水深 5,890 – 10 m）で CTD-CWS による水深別採水を行った。得られた海水を孔径 0.45 μm の Sterivex フィルターを用いて濾過し、RNAlater を注入後 -20°C に保存した。帰港後、フィルターから DNA を抽出し、魚類メタバーコーディング解析に供した。全 7 測点において、NORPAC ネット（直径 45 cm、網目 100 μm ）による水深 200 m までの曳網を 2 回実施し、採集したプランクトンサンプルは 99%エタノールで -20°C に保存した。帰港後、各測点 1 サンプルずつ検鏡とメタバーコーディング解析に供した。さらに、断層上の 11 測点における 24 回の岩石ドレッジ曳網において、岩石用ドレッジの内側に網目 6 mm のネットを設置し、採集された堆積物および生物を 1 mm、500 μm 、450 μm のふるいを順に用いて選別した。また、岩石や石の表面からも主に目視により生物を採集した。これらの標本は、形態形質に基づいて大まかな分類群に同定し、99%エタノールで 4°C に保存した。帰港後、形態形質に基づいて可能な限り低次分類群まで同定し、組織が得られたものについては DNA 塩基配列を決定した。

測点 MC07 ($66^{\circ}02.3226'\text{E}$, $17^{\circ}34.3226'\text{S}$) の水深 3,480 m 付近で岩石ドレッジに混入した頭足類について、形態形質の観察とミトコンドリアおよび核 DNA 塩基配列解析を行ったところ、それぞれ既知種とは明らかに異なる特徴を示したことから、未記載のヒゲダコ類である可能性が高いことが分かった。講演では、現在分析中の魚類群集構造についても報告する予定である。その他の生物調査の結果の詳細は別講演で報告する。

マリーセレストトランスフォーム断層における生物調査成果：
底生生物・プランクトン

Biological observation in the Marie Celeste Transform Fault, Central Indian Ridge:
benthos and plankton

矢萩拓也*、峰岸有紀（東京大学大気海洋研究所）

Takuya Yahagi, Yuki Minegishi (AORI, The University of Tokyo)

深海底には、軟体動物、節足動物、環形動物、棘皮動物などの多様な底生生物が生息している。これら生物の初期発生様式は浮遊発生と直達発生に大別でき、前者の浮遊幼生期は、海洋プレート境界に沿った断続的な環境において、種の地理的分布や個体群動態の規定に重要な役割を果たす。マリーセレストトランスフォーム断層は、中央インド洋海嶺において約 215 km に渡る横ずれ型プレート境界であり、周辺の手帳軸には熱水活動域が存在する。本研究では同海域における底生生物の種多様性を評価し、さらに深海から表層における浮遊幼生の分散過程を明らかにすることを目的に調査を行った。

KH-24-4 次航海の 24 回のドレッジ曳網において水深 2,000–5,100 m から 52 個体以上の標本が採集され、少なくとも 8 門 15 分類群を確認した。浮遊性有孔虫軟泥を主とする堆積物中および岩石・石の表面から、海綿動物、八放サンゴ類、イソギンチャク類、フジツボ類、および腕足類といった固着性の種が確認された。「生きた化石」と称される腕足類は水深 4,660–4,920 m で採集され、深海適応に関する興味深い記録と考える。また、ナマコ類、クモヒトデ類、甲殻類、ゴカイ類および頭足類などの運動性をもつ種も採集された。個体数の観点では、有孔虫を除くとゴカイ類が最も多く採集され、その他は数個体未満であった。このような底生生物の低い種多様性と個体数密度は、外洋低緯度域の貧栄養環境、急峻かつ堆積物に乏しい地形、さらに断層帯の生物進化史的に浅い歴史 (< 11 my) が関与していると考えられる。トランスフォーム断層帯斜面の底生生物相は、ある程度の浮遊幼生期や遊泳能力をもつ種によって特徴づけられる可能性がある。

7 測点の NORPAC ネットによる調査では、植物プランクトン、有孔虫、カイアシ類、貝形虫、ゴカイ類、翼足類、毛顎類、クラゲ、魚類および無脊椎動物幼生などの、終生または一時プランクトンが採集された。特に、Dodo 熱水域の表層 (0–200 m) プランクトンにおける網羅的遺伝解析の結果、熱水性巻貝類の一種の配列が検出され、熱水種による有光層への幼生鉛直移動を示す、新たな採集証拠を得た。

今後、生物各種の系統学的解析によって、インド洋における底生生物の分類、地理的分布、個体群動態、進化史に関する新たな知見が得られると期待される。また、底生生物とプランクトンの空間分布評価を行い、トランスフォーム断層帯における生物分散過程と生物相形成史を明らかにしたい。

Detailed Morphology of Rodrigues Segments, Central Indian Ridge: S16

Chetan Rahul Puntambekar, Kyoko Okino (AORI, The University of Tokyo)

The Central Indian Ridge (CIR) is a slow-spreading mid oceanic ridge present in the Indian Ocean having a roughly north-south orientation. The ridge extends from the Carlsberg Ridge to the north to the Rodrigues Triple Junction in the south and borders the Indian and African tectonic plates. The Rodrigues Segment S16 lies just over 1000km northeast from the Reunion Hotspot with possibilities of hotspot-ridge interaction. It shows some characteristics like an elevated almost flat sea floor of currently erupting segment center with smooth sheeted flows like those observed in fast spreading ridges, pointing towards the possibility of ridge-hotspot interaction. This study attempts to dive deep into the tectonics and volcanics of the area, by undertaking a detailed morphological study to tackle the question of whether there is any hotspot ridge interaction taking place.

Data was collected using SeaBeam 2120 / EM122 data has been collected over a period of almost 2 decades from 2006 to 2024. Using R/V Hakuho-maru and R/V Yokosuka during the KH-06,24 and YK-09,13 voyages. The data were cleaned using CARIS, HIPS and SIPS version 12.1 and a digital elevation model of 40m was created. Additionally, backscatter mosaic of 35m grid was also created using the beam pattern which was loaded into the SIPS Backscatter mosaic option. Subsequent analysis was conducted using QGIS software version 3.44.

Segment S16 is located from 18°S to 18.73°S and the axial zone can be best described as an hourglass shape with wider ends at north and south and a narrow portion in the middle, with the maximum width of just over 8.5km and the narrowest portion showing just over 3.5km width. The segment is oriented in the north-northwest direction and is bounded by the Marie-Celeste Transform Fault at the northern end and a non-transform discontinuity at the southern end. Furthermore, the ridge valley is slightly ambiguous such that well defined ridge mountains are observed only in the middle portion. Segment S16 can be further subdivided into sub segments or sectors based upon their local morphology, for this study we shall refer to them as A, B and C. Sector C is located from 18° to 18.25° S and shows hummocky crested minor ridges in a series of normal faults. The average relative height of the fault scarps is 300m. This sector houses the longest fault of the segment measuring 14.13km in length. There are 31 volcanic edifices identified from past volcanic activities of which the largest crater measures 674m in diameter. Sector B extends 18.25° to 18.45° S and shows an elevated, smooth axial valley floor similar to the fast-spreading ridges. The longest fault in this sector measures 10.16km. The sector hosts 13 volcanic structures of which the largest volcanic crater is 705m in diameter. Additionally, this sector also hosts the on-axis Dodo hydrothermal field. Sector A is located from 18.45° to 18.73° S and shows a morphology that is in between sectors B and C. The sector shows hummocky crested ridges in series of normal faults, but the hummocks are smoother, i.e. show lesser undulations and the average height of the fault scarps is 200-300m. The longest fault in the sector is 8.3km in length. There are 40 volcanic structures documented, of which the largest volcanic crater has a diameter of nearly 1km. Sector A shows dominance in flat topped seamounts and ridges.

KH24_4_DR25 で採取された超苦鉄質岩類・はんれい岩類
 Ultramafic and gabbroic rocks recovered by KH24_4_DR25

森下知晃* (金沢大)、KH24_4 岩石班、沢田輝 (富山大)、田村明弘 (金沢大学)
 Tomoaki MORISHITA (Kanazawa Univ.), KH24_4_HardRockTeam, Hikaru
 SAWADA (Toyama Univ.), Akihiro TAMURA (Kanazawa Univ.)

中央海嶺でのマグマ形成—移動による海洋地殻の形成を伴う海洋プレート生成は、地球全体のシステムの中でも重要な場所の一つである。海洋底から採取される超苦鉄質（深海性かんらん岩・蛇紋岩）・はんれい岩類は海洋プレートの下部地殻・最上部マントル由来であると考えられている。そのため、海洋プレート形成時のマグマプロセスの記録が残っていることが期待され、近傍の玄武岩類との成因関係の解明などが期待される (Bonatti et al., 2003 *Nature*)。一方で、現在の海洋プレート形成に無関係な太古の溶融履歴を有すると解釈されている深海性かんらん岩の報告例（例えば、Liu et al., 2022 *Science Advances*）もあることから、これらの岩石の形成史の議論には注意が必要である。KH24_4 航海では、Marie Celeste 断裂帯の DR25 地点において複数の超苦鉄質・苦鉄質岩類が採取された。これらの記載岩石学的特徴、鉱物化学組成から、これらの岩石の形成史について議論したい。

本発表で報告する試料は、超苦鉄質岩類は 012, 201, 202, 203, 205, 207 で、苦鉄質岩類は 013, 301, 302, 303, 308, 309 である。超苦鉄質岩類は、強く蛇紋岩化を受けているが、岩石組織的な特徴より、多くの試料は粗粒で変形程度の弱い単斜輝石を含むハルツバージャイト、012 は粗粒な単斜輝石が観察されることからレールブライト的で 2 つの cm 以下の厚さのはんれい岩質脈を伴う。超苦鉄質岩石類の初生鉱物の化学組成は、岩脈を伴う試料(012)、岩脈を伴わない試料 2 つ (202, 207) が不均質である。はんれい岩質脈を伴う 012 中の初生的マントル値で規格化した微量元素パターンは Eu や Sr の負の異常を示すことなどから、はんれい岩脈形成に関連したメルトはやや分化しており、かんらん岩に化学的影響を与えたと解釈される。岩石—メルト反応による鉱物化学的な不均質性を考慮したとしても、超苦鉄質岩石類が溶融を受けた残渣かんらん岩であるとする、溶融程度の指標を示すクロムスピネルの Cr# (= Cr/(Cr+Al) 比) は 0.2 から 0.5 程度まで幅広く、中央海嶺下の始原的マントルを出発物質と仮定した場合、Warren (2016 *Lithos*) の経験式に従うと溶融程度は 9–17% 程度と見積もられる。苦鉄質岩類はかんらん石はんれい岩からはんれい岩であり、角閃石を多く含み、ジルコンが確認できるものもある (308)。かんらん岩類は、比較的単純な部分溶融の残渣かんらん岩にはんれい岩を形成したやや分化したメルトの貫入を受けて組成改変したと解釈される。これらの特徴はこれまで中央インド洋海嶺から採取されたかんらん岩類 (Hellebrand et al., 2002 *Jour. Petrol.*, Morishita et al., 2009 *Jour. Petrol.*, 2015 *TAIGA concept*; Yi et al., 2014 *Inter. Geol. Rev.*) と概ね同じ特徴を示す。

インド洋マリエ・セレスタ断裂帯から採取されたエピドーサイトの岩石学 Petrology of abyssal epidosite from the Marie Celeste Fracture Zone at the Indian Ocean

渉里優花（金沢大学）
Watari Yuka (Kanazawa University)

はじめに：エピドーサイトとその地質学的な重要性

エピドーサイトは主にエピドートと石英から構成され、副成分鉱物としてチタナイト、炭酸塩鉱物、緑泥石、角閃石、マグネタイト／ヘマタイト、硫化鉱物を伴う (Flawn, 1951; Seyfried et al., 1988)。様々な地質環境に産するが、特にオフィオライト中に多く報告され、海洋地殻相当部の熱水変質岩として知られることから、海洋底熱水システムで形成されたと考えられている (Gilgen et al., 2016)。この作用は、海水が拡大軸下に浸透して岩石と反応し、上昇した熱水が海底に達して鉱床を形成する過程の証拠とされる (Alt et al., 1995)。したがって、中央海嶺下における熱水と岩石の相互作用において、エピドーサイトは重要な役割を担う。しかし、オフィオライト中では多数報告される一方で、現世の海洋プレートからの産出例は極めて少なく (Bach and Früh-Green, 2010)、代表例としてはトンガ前弧からの報告がある (Banerjee et al., 2000)。そこで本研究では、2024年度白鳳丸航海 (KH_24_04) にて中央インド洋マリエ・セレスタ断裂帯から採取されたエピドーサイトを対象に、その記載岩石学的特徴と形成条件を明らかにすることを目的とする。

研究対象試料

研究対象は、トランスフォーム断層付近（水深 5732 m）で採取された変質岩である。エピドーサイトの特徴である淡緑色を呈する岩石が濃緑色の変質岩に伴って産する。この地点近傍での海洋深度の異なるドレッジによる試料採取によって、上位から斑レイ岩、超苦鉄質岩が採取されており、その地形的特徴などから、中央海嶺においてマグマ供給が乏しい時期に正断層を伴って下部地殻やマントルが海底に露出した構造（海洋性コアコンプレックス）であると解釈される。現在、この変質岩から作成した薄片を用いて、鉱物組織や変質過程の詳細な観察を進めている。

結果

本研究では、熱水変質岩試料に対して光学顕微鏡観察、マイクロ XRF 分析、SEM-EDS 分析を行い、鉱物組織と鉱物化学組成を検討した。その結果、両試料においてエピドート、緑泥石、カルサイト、チタナイト、石英、硫化鉄が共通して確認された。鉱物の分布は一様ではなく、局所的に濃集する領域とばらつきのある領域が認められた。特にエピドートと石英に富む部分はエピドーサイトであることが確認され、一方、濃緑色部は緑泥石、アルバイト、チタナイトを主体とし、火山岩の微細組織を保持していると考えられる。反射電子像観察では、エピドートに明瞭なゾーニングが認められ、これは Fe 含有量の変化に起因すると判断される。

EDS 定量分析により、エピドートの Fe^{3+} および Al^{3+} の原子数 (apfu) を比較したところ、エピドートが広範囲に分布する試料では、局所的に限られる試料に比べて $\text{Al}^{3+}/\text{Fe}^{3+}$ 比が高い傾向を示した。このことは、エピドート化作用の進行に伴い、 Fe^{3+} 優勢型から Al^{3+} 優勢型への組成変化が生じる可能性を示唆する。

元素マッピングからは、変質が進行した領域においても火成岩の微細組織が部分的に保持されていることが確認され、原岩の岩石学的特徴を復元する上で重要な手がかりとなる。

さらに、鉱物化学組成とモード組成に基づき火山岩組織を保持する領域のシェードバルク組成を算出し、周囲の玄武岩組成と比較した。その結果、CaO 含有量が未変質玄武岩に比べて明瞭に低下しており、エピドート生成に局所的な Ca 移動が関与している可能性が示された。

中央インド洋海嶺マリーセレストランスフォーム断層沿いに産する玄武岩の
Re-Os 年代測定

Re-Os dating of basalts from the Marie Celeste Transform in the Central Indian
Ridge

豊田真三* (東京科学大学)、石川 晃 (東京科学大学)、横山 哲也 (東京科学大
学)、

Masami Toyoda (Institute of Science Tokyo), Akira Ishikawa (Institute of Science
Tokyo), Tetsuya Yokoyama, (Institute of Science Tokyo)

中央海嶺玄武岩 (MORB) の放射性同位体組成の変動は、地球の上部マントルの化学的な不均質性を反映していると考えられている。特に Re-Os 同位体システムは、MORB において $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 比が極めて高いため、地質学的年代測定のツールとして利用される。岩石が結晶化する際の初期 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比は、全ての構成鉱物やガラスで一定である一方、 ^{187}Re は鉱物ごとに異なる分配挙動を示すため、結晶化後の時間経過に伴い、各鉱物の $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 比はそれぞれ異なる値を示すようになる。この鉱物間の $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 比のバリエーションを利用することで、鉱物アイソクロン年代を決定することが可能である。Gannoun ら (2004) による大西洋中央海嶺 MORB の先行研究では、Re-Os 鉱物アイソクロン年代が得られたものの、それが必ずしも正確な形成年代を示すとは認められなかった。海洋トランスフォーム断層は、プレートの拡大運動に伴い、長い時間軸にわたる海洋地殻の断面が断層崖に沿って露出する特異的な地質環境を提供する。そのため海洋地殻の形成から経年変化までの全プロセスを検証するための系統的な岩石試料採取が可能となる。

本研究では、中央インド洋海嶺 (CIR) の海洋トランスフォーム断層であるマリーセレストランスフォーム断層 (MCTF) を研究対象とした。試料は、2024 年の白鳳丸の研究航海 (KH-24-4) において、MCTF に沿って約 190km の範囲にわたる 8 地点から約 20km 間隔で系統的に採取された玄武岩質の岩石である。本研究の主目的は、これらの岩石試料について Re-Os 同位体システムを用いた鉱物アイソクロン年代測定を行い、同航海で取得された高精度の深海磁気異常記録から推定される形成年代と比較考察することにある。

鉱物ごとの同位体分析に先立ち、採取された試料の成因的關係を明らかにするため、全岩化学組成分析を行った。全岩化学組成分析の結果、玄武岩は MgO 含有量の低下に伴い不適合元素が増加し適合元素が減少するという、結晶分化作用による残液マグマの組成変化と整合的なトレンドを示した。一方、斑レイ岩は、同程度の MgO を持つ玄武岩より Fe_2O_3 と TiO_2 が著しく高く、このトレンドから逸脱する。これは、斑レイ岩がイルメナイトや輝石などがマグマだまりで集積して形成されたことを示唆する。したがって、両岩石は同一マグマシステムに由来し、玄武岩は分化した残液の噴出物、斑レイ岩は結晶集積物という成因的關係にあると結論付けられる。

本稿では、上記の全岩化学組成分析の結果に加え、白金族元素 (PGE) の分析、および全岩の Os 同位体比分析の結果を報告する。

マリーセレストトランスフォーム断層のドレッジ試料の物理化学特性データの
数理的アプローチに基づく海洋地殻の変質

Alteration of the Oceanic Crust Based on the Physicochemical Properties of
Dredged Samples from the Marie Celeste Transform Fault

伊藤 禎宏^{1*}, 片山 郁夫¹, 藤井 昌和^{2,3}, 沖野 郷子⁴

¹ 広島大学大学院 先進理工系科学研究科

² 国立極地研究所

³ 総合研究大学院大学

⁴ 東京大学 大気海洋研究所

海洋プレートは断層からの海水侵入により変質し、沈み込み帯での地震・火山活動や水・炭素循環に影響する。プレートに含まれる水は直接観測できないが、物性に大きく作用するため、地震波速度や電気比抵抗で間接に推定されてきた。ただし、これらの物性は空隙率の影響も受けるため、変質度を正確に評価するのは難しい。本研究は、物性に加え化学組成を測定し、数理的なアプローチによって変質を定量に評価することを目的とする。

本研究では、KH-24-4 中央インド洋海嶺航海で得られたドレッジ試料に対して地震波速度、電気比抵抗、密度、空隙率の測定を行った。用いた岩石は主に玄武岩、ドレライト、はんれい岩である。地震波速度の測定にはパルス透過法を採用し、電気比抵抗の測定には 2 端子法を採用し測定を行った。また、岩石の変質を評価するために岩石の化学組成の測定を行った。化学組成の測定には高知大学に設置されている ITRAX XRF コアスキャナーを用いた。

物理特性および化学特性に関する大量のデータから、変質に関連した成分の抽出を試みるため、主成分分析を行った。その結果、第 3 主成分までで全体の約 94% を説明できることが明らかとなった。寄与率 72% を占める第 1 主成分では、空隙率が最も高い負荷量を示し、物理特性が空隙率に強く依存していることが示された。第 2 主成分ではカリウムの負荷量が最大であり、さらに空隙率との相関が確認された。これは、粘土鉱物の形成に伴い空隙が閉じる過程を反映している可能性がある。しかし、PC2 と物理特性との関連性は見られず、地球物理探査に適用することは難しい。第 3 主成分は物理特性と化学特性の両者に関連しており、その解釈のため、有効媒質理論およびアーチー則との比較を行った。比較の結果、PC3 の値が高い試料ほど、空隙のアスペクト比が大きく、さらにアーチー則に基づく推定では m の値も高い傾向が認められた。空隙のアスペクト比や m はいずれも空隙の形状や構造に依存するパラメータであることから、第 3 主成分は主に空隙の形状や構造を反映した成分であると考えられる。鉱物の溶解や粘土鉱物の形成など、変質によって空隙率や空隙構造が変化することが考えられるが初生的な空隙との分別は難しく、第 3 主成分は変質に関連した成分ではないと考えられる。今後は XRD により、鉱物組み合わせを組み込むことで、変質に関連した鉱物と物性との関係を調べる。

上部海洋地殻における熱拡散率の推定

The estimation of thermal diffusivity in upper oceanic crust

廣寄誠也*、南拓人、島伸和（神戸大学）

HIROSAKI Seiya*, MINAMI Takuto, SEAMA Nobukazu (Kobe University)

惑星地殻とリソスフェアの熱進化は、どれだけの熱がどれだけの速度で伝達されるかに大きく支配されている。今日の地球惑星科学で用いられる海洋底下の熱拡散率は、コア試料等を利用した実験室での測定値を使って推定しており、海洋地殻内部スケールでの実測値や深さ方向での変化は未だ明らかになっていなかった。本研究では、海洋地殻浅部で実測された温度データから、熱拡散率を推定し、海洋地殻浅部における熱拡散率の深さ方向の変化を明らかにした。

熱拡散率の推定に用いたデータは、ODP Leg 206 (2002), IODP Exp 309, 312 (2005)にて、Hole 1256D 孔内に計測機器を往復させることで測定された、異なるタイムスタンプの温度データである。掘削孔は海底下深さ 1450m まであり、得られたデータは海洋地殻上部に相当する。調査で得られた温度プロファイルは、掘削中の冷却水による孔内周辺の温度の擾乱と、掘削終了後の温度の回復の様子を記録していた。孔内周辺温度は、およそ 1 ヶ月間の掘削で最大 50°C 冷却され、およそ 3 日間で最大 20°C 回復していた。

熱拡散率の推定には、円筒座標系二次元熱拡散方程式に従う軸対称二次元熱拡散シミュレーションを用いた。このとき、中心軸では熱流量ゼロのノイマン境界または冷却水温度を用いたディリクレ境界、並びに、円筒の上端と下端及び円筒外側境界では平衡状態における温度をディリクレ境界として与えた。また熱拡散率には、深さ方向の一次元層構造を仮定した。このシミュレーションにより、上部地殻の冷却および回復の様子を再現し得られた計算値と、IODP の実測温度データを比較して、深さ 5m 間隔で逆計算的に熱拡散率を推定した。推定した熱拡散率を用いて計算した孔内温度と IODP の実測温度データの差の指標とした RMS 値は約 1.0°C であった。

熱拡散率の推定結果の平均値は $0.49 \text{ mm}^2/\text{s}$ であり、深さに対して 200m 程のスケールで、50%ほどの変動を繰り返す挙動が読み取れた。その平均値は、実験室での測定値である地殻岩石の熱拡散率のおよそ半分である。この結果は、これまで考えられてきたよりも、海洋地殻の上部が熱の変動に対して鈍感であり、上部地殻が断熱的な働きをする可能性があることと示唆している。今後、推定の正当性の検証を図るとともに、実測値が得られていない深さの定常状態温度の推定に取り組む予定である。

大西洋中央海嶺、ケーン断裂帯に産する海洋底かんらん岩の
オスミウム同位体比不均質性
Osmium isotope heterogeneity in abyssal peridotites from Kane
Fracture Zone, Mid Atlantic ridge

高橋廉太郎* (東京科学大)、石川晃 (東京科学大)、横山哲也 (東京科学大)、
石井輝秋 (静岡大)、秋澤紀克 (広島大)

Rentaro Takahashi* (Institute of Science Tokyo), Akira Ishikawa (Institute of
Science Tokyo), Tetsuya Yokoyama (Institute of Science Tokyo), Teruaki Ishii
(Shizuoka University), Norikatsu Akizawa (Hiroshima university)

アセノスフェアはマントル対流や地殻生成の場となる重要な層であり、その組成は非常に不均質であることが知られている。中にはメルト成分に高度に枯渇した領域も含まれるが、こうした化学的特徴は中央海嶺玄武岩や海洋島玄武岩にはほとんど出現しない。そのため、こうした高度な枯渇の痕跡を直接捉えるには、海底に産するマントル物質、すなわち海洋底かんらん岩の分析が不可欠である。

海洋底かんらん岩はマントルの部分溶融の残渣であり、その組成には古代の部分溶融の痕跡が保存されている。特に $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比は、Re-Os 壊変系に基づき、過去のメルト抽出の年代を制約できるため、重要な指標となる。実際、大西洋中央海嶺の 15°20' 断裂帯や南西インド洋中央海嶺の 9°E-16°E 付近では、他地域と比べて顕著に低い $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比を示すかんらん岩が多数報告されており、特異な領域として注目されている。

本研究では、これらの地域に産する海洋底かんらん岩の起源について考察するため、大西洋、ケーン断裂帯及び西イベリア縁辺、また、南西インド洋、マリーセレスト断裂帯で採取されたかんらん岩の全岩 Re-Os 同位体組成分析を行った。

ケーン断裂帯において、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比は 0.1170-0.1294、平均値は 0.1257 となった。ケーン断裂帯の近傍の 15°20' 断裂帯と比較すると、ケーン断裂帯に産するかんらん岩は主要元素 (MgO、Al₂O₃、CaO など)、不適合微量元素 (希土類元素など) および強親鉄性元素において、よりメルト成分に肥沃である。これら 2 つの地域のデータが同一の溶融トレンドを持たないことから、15°20' 断裂帯に産するかんらん岩は、その非放射壊変起源の $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比からも示唆されるように、現代の対流マントル起源ではないと考察した。Secchiari A. ら (2025) によれば、西イベリア縁辺において、15°20' 断裂帯のように、低い $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比をもつかんらん岩が多数見つかっている。本研究でも、同地域の 3 つの坑井で採取されたかんらん岩について $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 比を測定し、マントルの不均質性について検証する。

南部マリアナ前弧海嶺かんらん岩の構造岩石学的特徴とその成因

Petrological characteristics and petrogenesis of the South Mariana Forearc Ridge peridotites, Mariana Trench.

宮田佳奈*、道林克禎（名古屋大）、上原茂樹（静岡大）、小原泰彦（海上保安庁）
Miyata Kana (Nagoya University), Uehara Shigeki (Shizuoka University),
Michibayashi Katsuyoshi (Nagoya University), Ohara Yasuhiko (Hydrographic
and Oceanographic Department of Japan)

マリアナ海溝は水深 10,000m 超の世界最深の海域である[1]。海溝南部はグアム島西方からヤップ海溝まで広がっており、海溝軸は島弧や背弧を横切る複雑な地形をもつ。そのため、前弧起源かんらん岩(Ohara and Ishii, 1998)と背弧起源かんらん岩(Michibayashi et al., 2009; Oya et al., 2020)の両方が産出するが、その成因については未だに明らかではない。本研究は、マリアナ海溝南部かんらん岩の岩石学的特徴とその成因を明らかにするために、マリアナ海溝の主に南部マリアナ前弧海嶺のかんらん岩試料の組織観察、結晶方位解析、鉍物の主要元素組成分析を行った。本研究に用いた岩石試料はしんかい 6500 の潜航調査(6K1095, 6K1232, 6K1233, 6K1234)とドレッジ調査(KH98-01-D2)で採取された計 43 個の蛇紋岩化したハルツバージャイトである。このうち 6K1233 のハルツバージャイトは蛇紋岩化作用の程度が低く、かんらん岩の組織を特に良好に保存されていた。

ハルツバージャイトの主要構成鉍物は、かんらん石、直方輝石、スピネル、単斜輝石、角閃石と斜長石である。鏡下の組織は、粗粒なかんらん石を含むやや不均質な粒状組織、数 mm の直方輝石結晶と数 100 ミクロンの中粒なかんらん石で構成されたポーフィロクラスト状組織、かんらん石と輝石の両方が中粒な組織が観察された。一部のハルツバージャイトには角閃石を比較的多く含むものがあつた。特に 6K-1233-R13 には直方輝石がニードル状のスピネル包有物をもつ角閃石に置換された組織[3]が確認された。

鉍物の主要元素組成について、かんらん石の Mg# は 0.90-0.92、スピネルの Cr# は 0.30-0.72、Mg# は 0.38-0.60、TiO₂ は 0.00-0.72wt%、角閃石の K₂O/TiO₂ は 0.00-9.05 である。特に角閃石の K₂O/TiO₂ では、背弧起源(K₂O/TiO₂ = 0-0.50)と前弧起源(K₂O/TiO₂ = 1.00-9.05)の 2 つのかんらん岩タイプに分類された。前弧起源のかんらん岩は、スピネルの TiO₂ の値が小さく(< 0.05 wt%)、Cr# が大きい(>0.6)傾向にあつた。一方、背弧起源のかんらん岩はスピネルの TiO₂ の値が大きく(>0.05 wt%)、Cr# が小さい(<0.6)傾向にあつた。

かんらん石の結晶方位定向配列は、(010)[100]パターン(A タイプ)、{0kl}[100]パターン(D タイプ)、(001)[100]パターン(E タイプ)の 3 種類が確認された。粗粒なかんらん岩を含む不均質な粒状組織が A タイプ、直方輝石結晶のポーフィロクラスト状組織や、中粒な組織は D タイプ、E タイプと対応していた。

本研究では、南部マリアナ前弧海嶺のかんらん岩の岩石学的特徴とかんらん石の結晶方位ファブリックを基にしてマリアナ海溝の構造発達史について議論する。

文献：[1] Greenaway et al. 2021 DeepSea Res Part I, 178, 103644, [2] Stern et al. 2020 Island Arc, 29, e12359, [3] Harano & Michibayashi 2024 Lithos, 488-489, 107776

プチスポット火山の Hf 同位体組成
Hf isotope compositions of petit-spot

中野泰紀* (東北大)、平野直人 (東北大)、町田嗣樹 (千葉工業大学)
Taiki Nakano* (Tohoku Univ.), Naoto Hirano (Tohoku Univ.),
Shiki Machida (Chiba Inst. of Tech.)

東北日本沖プチスポット火山の玄武岩は、EM1 (Enriched Mantle 1) の同位体組成を示し、上部マントルの物質的不均質を反映していると考えられている。また、このような東北沖プチスポット火山の Sr-Nd-Pb-Hf 組成は、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ に対して $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ が高いという点でインド洋型マントルの特徴と共通している。したがって、プチスポット火山の EM1 の起源を議論することは、この地域の上部マントル不均質を議論する上で重要である。本研究では、新たに東北日本沖及び南鳥島周辺海域のプチスポット玄武岩の $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ を報告する。得られた Hf 同位体組成は Nd 同位体組成とよく相関を示し、マグマ源の情報を保持していると考えられる。東北沖プチスポット火山の Nd-Hf 同位体組成は比較的枯渇した組成から肥沃な EM1 組成まで幅広いが、いずれも Mantle Array と比較すると放射性 Hf (^{176}Hf) に富んだ組成を示す。放射性 Hf が放射性 Nd に比べて富んだ組成はインド洋 MORB の特徴でもあることから、既存の Pb 同位体データと合わせると東北沖プチスポットの同位体組成のトレンドは EM1 成分とインド洋型枯渇マントルの 2 つの成分の寄与で形成されると考えられる。本発表では得られた Hf 同位体に既存の Sr-Nd-Pb 同位体データをあわせて、プチスポット EM1 の起源についてさらに議論したい。

深海性堆積物起源の変成岩研究

Metamorphic rocks derived from deep sea sediments

原田藍生*、纈纈佑衣、道林克禎（名古屋大学大学院 環境学研究科）

Aoi Harada, Yui Kouketsu, Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya University)

三波川変成帯は高圧型の変成帯であり、深海性堆積物がプレート境界で沈み込み、変成したものが地表に現れた結晶片岩を主とする岩石で構成される。本研究の対象である中部地方三波川帯天竜地域には、主に低変成度の緑泥石帯とざくろ石帯に分類される変成岩が分布し、これまでに炭質物の石墨化度を用いた温度構造の推定が行われた(Tagiri et al., 2000)。しかし、最近の三波川帯の温度構造の研究は、炭質物ラマン温度計に基づくものが主流である(Tomioka et al., 2025; Katagiri et al., 2025)。そこで本研究では、天竜地域西部白倉ユニットの結晶片岩について、主に泥質片岩中の炭質物に対して炭質物ラマン温度計による温度構造を考察するとともに、石墨化度との比較を行った。さらにSEM-EBSD 分析による鉱物分布と結晶方位の解析を行い、天竜地域白倉ユニットの微細構造を考察した。

サンプル採取で得られた岩相は主に泥質片岩であり、次いで緑色片岩、珪質片岩が多く観察された。泥質片岩の露頭で測定された片理面の走向は北東から北西方向で、線構造はほとんどが東西方向であった。泥質片岩の主要構成鉱物は薄片観察から石英、曹長石、白雲母、炭質物、緑泥石、一部の試料でざくろ石や方解石が確認された。泥質片岩は白雲母主体の層と石英・曹長石主体の層が交互に入っていた。ざくろ石は曹長石中に取り込まれている場合と取り込まれていない場合があり、中には割れている結晶も確認された。炭質物ラマン温度計で得られた最高被熱温度は 329–458°C であり、調査地域の北東から東部で高温を示す傾向にあった。このうちざくろ石が確認されたのは 395°C 以上の試料のみであった。炭質物の石墨化度(GD)とラマン温度計の結果は $GD \leq 45$ の範囲で正の相関がある一方で、 $GD > 45$ の範囲では正の相関を示さなかった。したがって、高温側では石墨化度の分布を温度に読み替える際に注意が必要である。

SEM-EBSD 分析の結果から、石英の平均粒径は 12–60 μm 、曹長石の平均粒径は 15–75 μm であった。最高被熱温度の変化に応じて曹長石は最大粒径の増加を示した一方で、石英は大きな変化を示さなかった。したがって、石英は塑性変形して細粒化したのに対し、曹長石は塑性変形しなかったことが示唆され、これが曹長石の脆性領域で受けた変形作用によるものと考えられる。石英の結晶方位定向配列について、低温領域では主に底面 a 軸すべりが優勢なタイプIクロスガードルを示すとされるが、本研究では 400°C 以下の低温領域で柱面 a 軸すべりが優勢な Y マキシマパターンの試料を確認した。柱面 a 軸すべりを示す石英粒子は変形時の c 軸方位の姿勢によってすべり系が変化したことが示唆される。

以上の結果は、天竜地域三波川帯の結晶片岩は、深海底で堆積した泥岩が海溝から沈み込み、比較的浅部の変成作用を受けながら最高被熱温度を経た後、降温期（上昇期）に強い変形作用を受けた組織を発達させたと考えられる。

引用文献：Tagiri et al., 2000, *Island Arc*, 9, 188–203.; Tomioka et al., 2025, *Minerals*, 15, 724.; Katagiri et al., 2025, *Island Arc*, 34.

プチスポット玄武岩の揮発性成分から探る上部マントル不均質
Insights into Upper Mantle Heterogeneity from Volatile Components

佐野真* (東北大)、平野直人 (東北大)、奥村聡 (東北大)、
清水健二 (高知コア研)、秋澤紀克 (広島大)、三國和音 (東京科学大、産総研)、
田村明弘 (金沢大)、森下知晃 (金沢大)

Sano Makoto (Tohoku Univ.), Hirano Naoto (Tohoku Univ.),
Okumura Satoshi (Tohoku Univ.), Shimizu Kenji (Core Sample Res.),
Akizawa Norikatsu (Hiroshima Univ.), Mikuni Kazuto (Inst. Sci. Tokyo, AIST),
Tamura Akihiro (Kanazawa Univ.), Morishita Tomoaki (Kanazawa Univ.)

地球内部の揮発性成分はマントルの溶融温度や物性に大きな影響を与える。特に上部マントルに含まれる揮発性成分は、アセノスフェアの低地震波速度や高電気伝導度、低粘性といった特異な物性の要因として注目されてきた。これまで上部マントル中の H_2O や CO_2 は、中央海嶺玄武岩(MORB)を対象に研究されてきた。

プチスポット火山はリソスフェア-アセノスフェア境界に存在するメルトの噴出によって形成され、MORB では得ることができない沈み込む直前の古いプレート下アセノスフェアの情報を得る場となる。本研究ではプチスポット玄武岩の揮発性成分を測定し、MORB と比較することで上部マントルの不均質を検討した。

プチスポット玄武岩の急冷ガラスでの $\text{H}_2\text{O}/\text{Ce}$ は 100 前後で、MORB より小さい値を示し、マグマ源へのリサイクル物質の関与が示唆される。また、メルト包有物から最大 2wt%の CO_2 が測定され、部分溶融度は MORB よりも低い。

同じ上部マントル起源であっても、プチスポットのマグマ源は低い部分溶融度で、リサイクル物質の影響を受けており、MORB とは大きく異なる特徴を持つことが示された。