

R004-07

D会場：11/25 PM1 (13:45-15:45)

15:30~15:45:00

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¹⁾, 島 伸和¹⁾, 田村 千織²⁾, 芦田 将成²⁾, 小野 誠太郎³⁾, 沖野 郷子²⁾, 藤井 昌和^{4,5)}

(¹ 神戸大学, (² 東京大学大気海洋研究所, (³ 産業技術総合研究所, (⁴ 国立極地研究所, (⁵ 総合研究大学院大学)

Estimation of the vertical magnetization structure of the oceanic crust and implications for its origin

#Ryosuke SUZUKI¹⁾, Nobukazu SEAMA¹⁾, Chiori TAMURA²⁾, Masanari ASHIDA²⁾, Seitaro ONO³⁾, Kyoko OKINO²⁾, Masakazu FUJII^{4,5)}

(¹Kobe University, (²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, (³Advanced Industrial Science and Technology, (⁴National Institute of Polar Research, (⁵SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)

This study aims to reveal the structural characteristics and origin of the spreading axis during oceanic crust formation by examining its vertical magnetization structure through magnetic field observations along the transform fault scarp. In marine environments, magnetic field observations are generally conducted by towing a magnetometer at the sea surface or by mounting it on deep-sea platforms, such as autonomous underwater vehicles (AUVs). Most of the data obtained from these methods consist of horizontal magnetic anomaly profiles. One of the few previous studies focusing on vertical magnetization structures is Tivey (1996), which utilized the scarp topography of a transform fault to acquire vertical magnetic anomaly profiles and revealed that the uppermost lava layer of the oceanic crust is strongly magnetized, whereas the underlying dike layer is very weakly magnetized. In addition, Pariso and Johnson (1993) suggested from ocean drilling core samples that the gabbroic layer beneath the dike layer retains a partial remanent magnetization. Although these findings provided rare evidence for understanding the magnetic structure of the oceanic crust, they have not been verified in other regions, and a unified view has yet to be established. In this study, we conducted near-seafloor magnetic field observations from deep to shallow sections of a transform fault exposing lava, dike, and gabbro layers to determine the magnetization intensity and thickness of each layer. Furthermore, based on the estimated magnetization structure, we discuss the structural characteristics of the spreading axis at the time of crust formation and the factors that control them.

The observations were carried out during the KH-24-4 cruise of the R/V Hakuho Maru, targeting the scarp on the south side of the Marie Celeste Transform Fault in the Central Indian Ridge. The southern wall of the fault forms a slope with a maximum relief of approximately 4 km, extending for approximately 210 km, continuously exposing cross-sections of the oceanic crust formed over the past 11 million years. After dredging operations to collect deep fault rock samples, we simultaneously raised and towed a small three-component magnetometer mounted on the wire for dredging so that it passed close to the scarp. The observations were conducted at six different sites along the fault scarp. After correcting the magnetic data and referencing the standard magnetic field, we obtained magnetic anomalies caused by oceanic crustal magnetization as variations along the vertical cross-section. Strong magnetic anomalies were observed in both the shallow and deep parts of the scarp at each site.

Data analysis assumed a three-layer structure consisting of lava, dike, and gabbro layers, and two-dimensional forward modeling was performed based on Talwani and Heirtzler (1964). The magnetization intensities of the three layers and the thicknesses of the lava and dike layers were used as parameters in iterative calculations to determine the magnetization structure model that best explained the observed magnetic anomaly profiles. This procedure was applied to each observation site.

The results indicate the presence of a strongly magnetized layer (lava) about 300 m thick with magnetization exceeding 10 A/m, underlain by a weakly magnetized layer (dike) about 3,000 m thick with a magnetization of 1 – 2 A/m, and below that, a layer (gabbro) with variable magnetization intensity (2 – 8 A/m) among sites.

The depth of the boundary between the dike and gabbro layers from the seafloor can be interpreted as the depth of the melt lens at the time of crust formation (Detrick et al., 1987). The depth of the melt lens is known to correlate with the spreading rate, and according to a typical model based on the thermal structure of spreading axes (Morgan and Chen, 1993), its depth at the Central Indian Ridge (full spreading rate of 40 mm/yr) is expected to be over 6,000 m. In contrast, the melt lens depth estimated in this study is 3,000 – 3,600 m, which is shallower than that predicted by the model. This finding indicates that the spreading axis exhibited a higher thermal structure than is typically observed. This elevated thermal state may have resulted from the thermal influence of a nearby hotspot.

本研究は、トランスフォーム断層の崖沿いの磁場観測による海洋地殻の鉛直方向の磁化構造の理解を通じて、地殻形成時の拡大軸の構造的特徴とその成因を解明することを目的とする。海域における磁場観測は、磁力計を海上で曳航したり AUV などの深海観測プラットフォームに搭載したりして行うことが一般的であり、得られるデータのほとんどが水平方向の地磁気異常プロファイルである。海洋地殻の鉛直方向の磁化構造に注目した数少ない先行研究として Tivey(1996) が挙げられる。この研究はトランスフォーム断層の崖地形を利用して鉛直方向の地磁気異常プロファイルを獲得することにより、海洋地殻最上部の溶岩層は強く磁化している一方、その下のダイク層の磁化は非常に弱いことを発見した。ま

た、Pariso and Johnson(1993) は深海底掘削で採取された岩石コアからダイク層の下のはんれい岩層も部分的に残留磁化を保持することを示した。これらの発見は海洋地殻の磁化構造の理解に関する稀有な証拠をもたらしたものの、他海域での観測に基づく検証がなされておらず、統一的な見解は未だ得られていない。そこで本研究では、溶岩・ダイク・はんれい岩が露出するトランスフォーム断層の深部から浅部にかけて海底近傍磁場観測を行うことにより、各層の磁化強度と厚さを特定する。また、推定される磁化構造より形成時の拡大軸の構造的特徴とその要因について考察する。

磁場観測は、白鳳丸 KH-24-4 航海において、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の南側に存在する崖面をターゲットとして実施された。断層南側には最大高低差約 4km の斜面が約 210km にわたって続いており、現在から過去 1100 万年にかけて形成された海洋地殻の断面が連続的に露出している。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。この観測は異なる崖面の 6 地点でそれぞれ実施された。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、溶岩層・ダイク層・はんれい岩層の 3 層構造を想定し、Talwani and Heirtzler(1964) をもとに 2 次元のフォワード計算を行った。岩相 3 層分の各磁化強度、溶岩層とダイク層の厚さ 2 層分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。これをそれぞれの観測地点ごとに実施した。

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バリエーション (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いる。高温の熱構造をもたらした原因として、海嶺に対するホットスポットの熱的関与が考えられる。