

走査型 SQUID 顕微鏡を用いた鉄マンガングラスの測定: 微細磁気層序による成長モデルの検討

野口 敦史 [1]; 山本 裕二 [2]; 小田 啓邦 [3]; 佐藤 雅彦 [4]; 白井 朗 [1]; 河合 淳 [5]
[1] 高知大; [2] 高知大; [3] 産総研・地質情報; [4] 産総研・地調・地質情報; [5] 金沢工大・電子研

Measurement of ferromanganese crust using a scanning SQUID microscope: Growth model by sub-millimeter scale magnetostratigraphy

Atsushi Noguchi[1]; Yuhji Yamamoto[2]; Hirokuni Oda[3]; Masahiko Sato[4]; Akira Usui[1]; Jun Kawai[5]
[1] Kochi Univ.; [2] Kochi University; [3] IGG, GSJ, AIST; [4] IGG, GSJ, AIST; [5] AEL, KIT

Ferromanganese crusts are chemical sedimentary rock composed mainly of iron-manganese oxide. Because the ferromanganese crusts grow very slowly on the sea floor at rate 3-10 mm/Ma, long-term deep-sea environmental changes can be obtained from the ferromanganese crusts. It is important to provide reliable age model and growth rate reconstructed from the ferromanganese crusts, while there are few studies on sub-millimeter scale age dating. To obtain sub-millimeter scale age, we conduct magnetic study on a ferromanganese crust sample using scanning SQUID (superconducting quantum interference device) microscopy (SSM). The ferromanganese crust using this study was sampled from Hanzawa Seamount (25.7098°N 146.7484°E 4362 m). Methods of magnetic measurements were adapted from Oda et al. (2011), which pioneered the investigation that estimate sub-millimeter growth rate using SSM. The vertical component of the magnetic field above a thin section sample of the ferromanganese crust was measured using SSM. As the result, sub-millimeter scale magnetic stripes originating from approximately magnetized regions oriented parallel to lamina were obtained. In addition, we attempted to remove noises retaining resolution of raw measurement data. After analyses, magnetic stripes could be recognized on the magnetic image. By correlating the boundaries of magnetic stripes with known geomagnetic reversals, we estimated that average growth rate of the ferromanganese crust sample from this seamount is 2.76 +/- 0.05 mm/Ma, which is consistent with that deduced from the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ dating method (2.56 +/- 0.04 mm/Ma).

鉄マンガングラスは鉄・マンガングラスを主成分とし、海底の露岩を平板上に被覆する化学堆積物岩である。コバルト、ニッケル、白金、希土類元素などの有用金属元素を含有し、将来の資源として期待されている。また、成長速度が遅く陸起源物質の影響が少ないため、鉄マンガングラスには長期にわたる海洋環境の記録が残されており、その正確な形成年代を決定することで過去の地球環境変動復元の可能性が指摘されている。

近年、古地磁気層序を用いた年代決定手法が注目されており、Oda et al. (2011) では、高解像度磁気マッピングを可能とする走査型 SQUID 顕微鏡 (Scanning SQUID Microscope: SSM) を用いて、北西太平洋に位置する正徳海山より採取された鉄マンガングラス薄片試料の磁場垂直成分分布の測定を行い、測定から得られた磁気層序と地磁気極性年代表との対比から成長速度の推定を行った。この研究により SSM による鉄マンガングラスの成長速度推定の手法が示された。

本研究では産業技術総合研究所と金沢工業大学によって共同開発された SSM (Kawai et al., 2016; Oda et al., submitted) を用いて鉄マンガングラス薄片試料の磁気測定結果から成長速度を推定し、成長過程を解明することを目指す。すでに北西太平洋に位置する拓洋第 5 海山から採取された試料に対し SSM による磁気測定、成長速度推定を行っており (野口ほか, JpGU2016 年大会)、今回は無人探査機 Hyper-Dolphin 4500 によって、同じく北西太平洋に位置する半沢海山 (北緯 25.7098° 東経 146.7484°; 水深 4362 m) の露頭から直接採取された鉄マンガングラス試料の SSM による残留磁化の測定結果および、推定した成長速度について報告する。

通常の SQUID 磁力計による同地点試料のクラスト表層 16 mm の薄切り試料 (各約 1.0 mm) の古地磁気分析結果から、計 5 回の古地磁気極性反転が確認され、約 2.54 +/- 0.19 mm/Ma という成長速度が推定され、同地点試料表層 26 mm から算出された $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 年代値 4 点 (2.56 +/- 0.04 mm/Ma) とも整合的であった (Noguchi et al., in press)。また、10-20 mT の交流消磁によって 2 次磁化成分を分離でき、初生磁化成分を認定できている。そこで、SSM による薄片試料 (27 x 21 mm) の測定は段階交流消磁の前および 5, 10, 15, 20 mT での消磁後にそれぞれ行い、各結果について磁気画像を作成した。その結果、15 mT および 20 mT 消磁後の磁気画像において、試料と同サイズの成長縞と平行な磁気パターンを確認した。

得られた磁気光学画像に試料画像を重ね合わせ、マンガングラスの成長軸に垂直方向の磁気データを平均し取り出したところ、約 20 回の極性反転が確認できた。各境界に対し、大きな成長停止がなかったと仮定し、地磁気極性年代表 (GTS2012) との対比を行い、各境界の年代を算出した。各年代値から推定した成長速度は 2.76 +/- 0.05 mm/Ma となった。SSM を用いた薄片試料の磁気測定により、薄切り試料の磁気測定及びベリリウム同位体測定に比べ 4-5 倍の年代コントロールポイントを得ることができ、高分解能の成長モデルを構築することができた。