

**R004-14**

**Zoom meeting A : 11/4 PM1 (13:45-15:30)**

**14:30~14:45**

## 南太平洋で採取されたマンガンノジュールの古地磁気学的解析による回転の復元

#片野田 航<sup>1</sup>, 小田 啓邦<sup>2</sup>, 村山 雅史<sup>3</sup>, 臼井 朗<sup>4</sup>

<sup>1</sup>高知大,<sup>2</sup>産総研・地質情報,<sup>3</sup>高知大学,<sup>4</sup>高知大

### Reconstruction of rotation by paleomagnetic analysis of manganese nodules collected in the South Pacific

#Wataru Katanoda<sup>1</sup>, Hirokuni Oda<sup>2</sup>, Masafumi Murayama<sup>3</sup>, Akira Usui<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kochi University,<sup>2</sup>IGG, GSJ, AIST,<sup>3</sup>Kochi University,<sup>4</sup>Kochi Univ.

Marine manganese nodules are considered to grow at or within the deep-sea sediments, and assumed to have been uplifted and/or overturned during the growth without burial. We try to reconstruct the rotation and overturn during the growth process based on a paleomagnetic perspective using the manganese nodules collected with deep sea clay sediments. The Earth's magnetic field averaged over thousands of years can be approximated by a geocentric axial dipole, and the remanent magnetization direction recorded on the surface of a manganese nodule growing in a magnetic field is expected to correspond to the magnetic field direction at that time. If the manganese nodule has not rotated during the growth process, the paleolatitude can be determined by inclination of the remanent magnetization direction. On the other hand, if the manganese nodule has rotated, the paleolatitude calculated from inclination will be different from the actual latitude, and the amount of rotation can be detected from this discrepancy.

The nodules were collected by a box corer from the Penrhyn Basin (158-30-64W, 12-00-03S) at a water depth of 5248 m in the GH83-3 Hakurei-maru cruise conducted by the Geological Survey in 1983. A spherical sample (B92-1-1; 74 mm long, 60 mm wide, and 66 mm high) was chosen for the paleomagnetic analyses. The nodule was marked a dot on the apex (the center seen from directly above) with a white marker on board as a reference for the vertical direction.

The sample was split in half lengthwise along a plane including the white dot and the center of the nodule, and sample A was taken from the section as an upper half of a vertical slice of ~10 mm thickness. Subsequently, another section was split in half along a plane, which is perpendicular to the first splitting plane, and sample B was taken similarly. Both slices were divided into five rows of strips, and then further divided into five subsamples by cutting perpendicular to the growth direction. Some samples were further divided into two perpendicular to the growth direction to allow detection of higher resolution changes in paleomagnetic and rock magnetic parameters with growth. The natural remanent magnetization of the subsamples was measured using a superconducting rock magnetometer (2G Enterprises Model 760R) at the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and the stable remanent magnetization component was determined by stepwise AF demagnetization experiments. Furthermore, rock magnetic properties such as magnetic hysteresis, isothermal remanent magnetization acquisition curve, and First Order Reversal Curve (FORC) were measured using a vibrating sample magnetometer (Lakeshore VSM 8604). Magnetic property measurement was also carried out using the Magnetic Property Measurement System (MPMS: Quantum Design Inc.).

The paleomagnetic data confirmed that the paleomagnetic inclination of the samples near the surface around the white marker for both samples A and B are in good agreement with the inclination value (-23 degrees) expected for a geocentric axial dipole at the sampling locality. This confirms that the surface layer of the sample records the current geomagnetic field. In addition, paleomagnetic declination was corrected to zero and virtual geomagnetic poles (VGPs) were calculated. The VGPs continuously shifted to a position around equator 90 degrees to the northeast for a sample at 20 mm depth, suggesting that the Mn nodule may have rotated by about 90 degrees during the growth process. In addition, the results of zero-field-cycling of low-temperature magnetic measurements showed Verwey transition suggesting that the Mn nodule contain magnetite. The oldest sample (20 mm depth) did not show Verwey transition, which indicate that it was almost fully oxidized to maghemite. We discuss the possibility of rotation of manganese nodule during growth based on paleomagnetic directions, and the types and the origins of magnetic minerals based on rock magnetic data.

【はじめに】マンガンノジュール（以下, Mn nodule）は, Mn, Fe 酸化物のほかに Cu, Ni, Co, 希土類元素 (REE) などの有用金属元素を含有するため, 将来の金属鉱物資源として開発が期待されている。また, 長期間の海洋環境を記録している堆積岩としても注目されている。これまでの研究と海底堆積物の表層から産出することなどにより, 堆積物中に長時間埋没することなく成長し続けると考えられている。

【目的】Mn nodule の成長過程は十分に解明されておらず, 特に, 成長中に物理的な移動や回転などの運動があったのかは具体的に検証されていない。本研究の目的は, 古地磁気学的解析から, Mn nodule の成長過程における回転運動の復元を試みて, 深海における堆積作用との関係を明らかにすることである。数千年間の地球磁場を平均すると地心軸双極子で近似でき, 地球磁場中で成長する Mn nodule 表面に記録される残留磁化方位は, 当時の地球磁場方位に一致す

ることが期待される。Mn nodule が成長過程で回転していなければ、残留磁化方位から当時の磁気伏角を求めることにより、古緯度を求める事が可能である。逆に、Mn nodule が回転していたとすれば、磁気伏角から計算される古緯度は実際の緯度と異なる事になり、この食い違いから回転量の検出も可能である。

【試料】工業技術院地質調査所(現、産総研)によって1983年にペンリン海盆で実施されたGH83-3航海において、ボックスコアラーを用いて、西経158度30分64秒、南緯12度00分03秒、水深5248mの深海粘土堆積物の表面から原位置のまま採取された、ほぼ球形(B92-1-1; 74 mm x 60 mm x 66 mm)の試料を用いた。採取時に試料の頂点(中心)に、ホワイトマーカーで印をして鉛直上方向の基準とした。ダイヤモンドカッターを用いて、マーカーとMn noduleの中心を含む面で垂直に半割して半割面から板状のA試料を採取した。また、残りの半割試料のマーカーを含む面で直交方向に分割して、その切断面からA試料と直交する板状のB試料を得た。A試料、B試料それぞれについて、成長縞とほぼ直交するように縦方向に分割して5列の短冊状試料を切り出し、さらに成長縞とほぼ平行に5試料(3.0 mm x 6.0 mm x 8.0 mm)あるいは10試料(1.6 mm x 4.8 mm x 9.0 mm)の薄片に分割した。

【分析方法】成長に伴う古地磁気・岩石磁気パラメータの変化を測定した。試料の自然残留磁化は、産業技術総合研究所のパスルー型超伝導岩石磁力計(2G Enterprises Model 760R)を用いて測定し、段階交流消磁実験と消磁曲線の解析により初生残留磁化成分を求めた。また、超伝導岩石磁力計を用いて非履歴性残留磁化の測定も行った。さらに、振動試料型磁力計(Lakeshore社VSM 8604型)を用いて、磁気ヒステリシス、等温残留磁化獲得曲線、FORC(First Order Reversal Curve)などの岩石磁気特性を測定し、Magnetic Property Measurement System(MPMS:カンタムデザイン社)を用いて低温磁気測定を行った。

【結果】A試料、B試料ともに、段階交流消磁の結果12.5mT~80mTの範囲で原点に向かう初生と思われる安定磁化成分を確認することができた。これら安定磁化成分から計算した磁化方位から、ホワイトマーカー近くの表面付近の試料の古地磁気伏角は試料採取地点で期待される地磁気伏角(-23度)とよく一致することが確認された。このことから、ノジュールの表層は、現在の地磁気を記録していることが確認できた。また、表面試料の古地磁気偏角がゼロになるように補正して、見かけの古地磁気極(VGP)を計算した。この結果によると、VGPは北極近く(表面試料)から北東方向に約90度離れた赤道付近(深さ20mmの試料)に向かって連続的に変化することが確認された。従って、Mn noduleは成長過程において約90度回転したと推定される。また、低温磁気測定のZero-Field-cyclingの結果でVerwey転移が確認できることなどから、Mn noduleは磁鉄鉱を含むと推定される。しかし、最も古い深さ20mmの試料ではVerwey転移が確認できず、ほぼ完全に酸化したマグヘマイトを多く含むと考えられる。本発表では、古地磁気方位の結果に基づいてMn noduleの成長中の回転の可能性について論じるとともに、岩石磁気データに基づく磁性鉱物の種類と起源についても考察する。