

海洋底変成作用の古地磁気強度への影響

大賀 正博 [1]; 福間 浩司 [2]

[1] 同志社・院・工学研究科・数理環境; [2] 同志社大学理工学部環境システム学科

Effects of seafloor weathering on Thellier paleointensity results from a submarine pillow basalt

Masahiro Ooga[1]; Koji Fukuma[2]

[1] Dept. Environ. Sys. Sci., Fac. Engi., Doshisha Univ.; [2] Dept. Environ. Sys. Sci., Fac. Sci.&Engi., Doshisha Univ.

Glass rinds of submarine pillow basalts have been used for obtaining Thellier paleointensities [Tauxe, 2006]. Magnetic properties of pillow basalts rapidly change with increasing depth from the glassy surface to the interior. Cryptocrystalline layers between glass and crystalline parts sometimes give consistent paleointensity values with those of the glass rinds [e.g., Carlut et al., 2004]. However, it was reported that moderate to severe seafloor weathering would make Thellier paleointensities extremely low [Gromme et al., 1979].

We studied a pillow basalt block that was collected by a submersible SHINKAI 6500 at a site (20 °08.301'S, 70 °01.917'E) 7.3 km away from the Central Indian Ridge. The erupted age is estimated to be about three hundred thousand years from the lineated magnetic anomaly pattern in the surrounding area. The aphyric basalt block was cut into thin (2-3 mm thick) slices parallel to the glassy surface. Except for the weakly magnetized upper 10 mm layer, we could obtain hysteresis parameters and Curie temperatures. The saturation magnetization (M_s) and saturation remanence (M_r) values steadily increase with depth from the surface, but the coercivity and M_r/M_s values are not greatly variable with depth. Thermomagnetic analyses indicated that humps were observed in the heating curves for all the crystalline specimens, suggesting that maghemitization prevails throughout the pillow block. Curie temperature decreases with increasing depth from 350 to 150 °C.

Thellier paleointensity experiments were performed for the same thin slices by heating them in Ar gas from 100 to 400 °C at every 25 °C step. To impart thermoremanent magnetization, we applied 45 microT similar to the present geomagnetic field intensity at the sampling site. While the weakly magnetized glassy specimens did not give valid paleointensity results, all the specimens below 10 mm showed apparently linear trends on the Arai diagrams from room temperature to 200 or 225 °C steps. However, the resultant paleointensity values are extremely low ranging from 7 to 9 microT.

The natural remanent magnetization of the pillow block is carried by fine grained titanomaghemite. Depth variation in grain size is not significant but the variable Curie temperatures reflect the degree of maghemitization or the iron/titanium ratio of the original titanomagnetite. We could not observe any significant variation of the Thellier paleointensity results for the crystalline part of the pillow block. Probably seafloor weathering would have seriously altered even the interior part of the pillow block, resulting in diminished and dubious paleointensities affected by maghemitization.

海洋底の枕状溶岩の表面にあるガラス質からテリ工法を用いて得られた古地磁気強度は信頼できるものとされてきた [Tauxe, 2006]. 枕状溶岩の磁気的性質は表面から内部に向かうに従って大きく変化するが、表面のガラス質と内部の結晶質の境界にあたる部分もガラス質と異なる古地磁気強度を与える場合がある [Carlut et al., 2004]. 一方、海洋底変成作用が十分に進んだ場合には非常に低い古地磁気強度を与えることが報告されている [Gromme et al., 1979]. 今回は約 30 万年前に噴出したと考えられる枕状溶岩について、磁気的性質とテリ工法による古地磁気強度の表面から内部に向かう変化を調べた。

測定に用いた試料は、深海調査船しんかい 6500 によって中央インド海嶺から約 7.3 km 離れた地点 (20 °8.301' S, 70 °01.917' E) で採取された無斑晶質の枕状玄武岩 457-R1-02 である。周囲の磁気異常から年代は約 30 万年と見積もることができる。ガラス質の表面に平行に厚さ 2-3 mm の試料片を作成し、表面から内部に向かっての磁気的性質の変化を調べた。表面から 10 mm まではガラス質であり、磁化強度が低く試料振動型磁力計 (VSM) および交番力磁力計 (AGM) による磁気ヒステリシスの測定は困難であった。10 mm 以深では表面から内部に向かうに従い飽和磁化 (M_s) および飽和残留磁化 (M_r) の上昇が見られ、保磁力、残留保磁力および M_r/M_s は余り大きく変化しないが深さ 40 mm 付近に緩やかなピークをもつ。通常最大の磁場 1 T のヒステリシス測定では、 M_r/M_s の値はすべての試料片において一軸異方性の上限の 0.5 を超える。MPMS を用いて最大磁場 5 T で M_r/M_s を求めたところ多くの試料片で M_r/M_s が 0.5 ~ 0.4 になった。Ar ガス中での熱磁気分析ではガラス質の部分を除いてすべての試料片において約 350 °C 以上で磁化強度の増加が見られ、深さ 12.0 mm から 108.0 mm の間でキュリー点が約 350 °C から 150 °C まで減少した。また、キュリー点は高温でのヒステリシス測定及び自然残留磁化 (NRM) の熱消磁において得られたアンブロッキング温度の最大値よりも低かった。

テリ工法による古地磁気強度実験は Ar ガス中で 100 °C から 400 °C まで 25 °C ステップで試料片を加熱して行った。TRM の獲得において与えた直流磁場の大きさは現在の試料採取地点での地球磁場強度に近い 45.0 μ T である。深さ 10 mm までの試料片は残留磁化強度が低く古地磁気強度を得ることができなかった。10 mm 以深ではアライダイアグラム上で全ての試料片について室温から 200 °C もしくは 225 °C の温度範囲で直線が見られ、それ以上の温度ではクラスターを作り、下に凸の曲線はいずれの深さの試料片でも見られなかった。しかしながら、深さ 12.0 mm から 104.0 mm までの 10 試料片で得られた古地磁気強度はほぼ 7 ~ 9 μ T の非常に低い値を示し、表面から内部に向かうに従ってわずかに増加の傾向が見られたが、平均は $7.65 \pm 0.28 \mu$ T であった。

枕状溶岩 457-R1-02 において自然残留磁化を担っているのは、熱磁気分析およびヒステリシス測定から単磁区粒子に近い粒径をもつチタノマグヘマイトであると考えられる。表面からの内部に向かう深さ方向に対する粒径の変化は大きくないが、キュリー点の変化はマグヘマイト化の程度もしくはチタノマグヘマイト中の鉄/チタン比が深さ方向に変化することを示している。今回表面から 10 mm のガラス質では結果が得られなかったが、結晶質の部分ではアライダイアグラム上での直線性や見かけの古地磁気強度において深さ方向に大きな変化は見られない。海洋底変成作用により、枕状溶岩の形成後約 30 万年の間にその内部にまでマグヘマイト化が進んだため、見かけ上非常に低い古地磁気強度を示すことになったと考えられる。