

## 陸上玄武岩に見られる異なる形状のヒステリシスループ

# 福間 浩司 [1]  
[1] 同志社大・理工

### Distinctive hysteresis loop shapes observed for subaerial basalts

# Koji Fukuma[1]  
[1] Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ.

Subaerial basaltic lava flows have been most intensively studied to obtain the past geomagnetic field, especially focused on its intensity. In 1960's it was already known that deuteric oxidation of titanomagnetite lead to high Curie temperatures ( $T_c$ ) above 500 deg.C in the interiors and margins of subaerial lavas, whereas single low  $T_c$  (<300 deg.C) due to unoxidized titanomagnetites were also observed. In sampling and data selection of paleointensity studies on subaerial basalts, however, caution has not been well paid to variable magnetic properties expected even in a single subaerial lava flow.

Here I will present Curie temperatures and hysteresis properties of about 500 basalt specimens collected from historical lava flows in Izu-Oshima and Miyakejima. The sampled lithology covers various parts of a lava flow from oxidized margins to massive or porous interiors in addition to associated scorias. Thermomagnetic and hysteresis measurements were performed on a few milligram chips taken from a same fragment neighboring a drilled core. Curie temperatures were determined on thermomagnetic curves measured in argon atmosphere, and room temperature hysteresis parameters were calculated by fitting magnetization curves from 0.7 to 1 T.

Single or multiple Curie points were obtained for a single specimen. These  $T_c$  exhibit an unmistakable bimodal distribution with dual peaks at about 300 and 500 deg.C. Lower Curie points were observed for interiors, and higher Curie points were for oxidized margins, scorias and sometimes massive interiors. Hysteresis loop shapes were clearly different between lower and higher Curie point specimens. While squared shapes were observed for specimens with lower  $T_c$ , rounded (potbelly) loops occurred to higher  $T_c$  specimens. Such different shapes give rise to significant differences in ratios of saturation remanence and saturation magnetization ( $M_r/M_s$ ). A coercivity- $M_r/M_s$  diagram can show distinctive trends coming from different hysteresis loop shapes. The upper trend corresponds to Ti-rich titanomagnetite with squared loops and the lower one does to Ti-poor titanomagnetite with potbelly loops. However, Day diagrams were not useful to differentiate these samples with distinctive hysteresis loop shapes.

Conventional thermomagnetic and hysteresis measurements are still powerful to discriminate subaerial basalt samples. Different governing magnetic anisotropies, magnetostrictive anisotropy for Ti-rich titanomagnetite and shape anisotropy for Ti-poor titanomagnetite, should be related to distinctive hysteresis loop shapes observed for subaerial lava flows. Lava margins (lower and upper clinkers) and scorias, which contain Ti-poor titanomagnetite and frequently associated with high coercivity (>a few tens of milliTesla) and high  $M_r/M_s$  (~0.5), are suitable for paleointensity studies. These samples should preserve the primary remanence acquired at initial rapid cooling and are unlikely to be seriously altered during laboratory heating.

陸上で噴出した玄武岩溶岩は、過去の地球磁場、特にその強度を得るために、これまで最もよく研究されてきた対象である。海底玄武岩は均一な組成 ( $x \sim 0.6$ ) のチタノマグネタイトをもちマグヘマイト化を普遍的に受けているが、陸上玄武岩の磁気的性質は海洋玄武岩とは大きく異なり一枚の溶岩の中でも高い不均質性をもつ。陸上玄武岩については、500 以上の高いキュリー温度 ( $T_c$ ) が酸化をうけた溶岩内部とクリンカに見られること、また低い  $T_c$  (<300 ) をもつ酸化されていないチタノマグネタイトも存在することが 1960 年代には既に報告されていた。しかし、その後の陸上玄武岩を用いた古地磁気強度研究において、サンプリングとデータ選択時に、単一の溶岩流においても大きく変化する磁気的性質に十分な注意が払われてきたとは言えない。

ここでは、伊豆大島と三宅島の歴史溶岩から採取した約 500 個の玄武岩試料のキュリー温度およびヒステリシス特性を示す。サンプリングされた岩相は、塊状または多孔質の内部から酸化したクリンカまで溶岩流のさまざまな部分をカバーし、付随するスコリアも収集した。熱磁気とヒステリシスの測定はドリルコアに隣接する同じフラグメントから採取した数ミリグラムのチップについて行った。キュリー温度はアルゴン雰囲気中で得られた熱磁気曲線に基づいて求め、室温でのヒステリシスパラメータは 0.7~1 T で磁化曲線をフィッティングして算出した。

単一または複数のキュリー点が 1 つの試料から得られた。これらの  $T_c$  は約 300 と 500 に 2 つのピークをもつ紛れもないバイモーダルな分布を示す。低キュリー点は溶岩内部の試料で観察され、高いキュリー点は酸化したクリンカ、スコリア、時には塊状の内部の試料で見られた。ヒステリシスループの形状はキュリー点によって明らかに異なっていた。低い  $T_c$  をもつ試料は平行四辺形に近いループを示し、高い  $T_c$  の試料はより丸みを帯びたたるま形 (potbelly) のループを示す。このような異なる形状は飽和残留磁気 / 飽和磁化 ( $M_r/M_s$ ) 比に有意な差を生じさせ、保磁力- $M_r/M_s$  プロット上で異なるトレンドをつくった。一方、よく使われる Day プロットではこれらの  $T_c$  やヒステリシスループの形が異なる試料を区別することができなかった。

従来からよく用いられてきた熱磁気 / ヒステリシス測定で陸上玄武岩をうまく区別することができる。Ti に富んだもしくは乏しいチタノマグネタイトはそれぞれ磁気弾性異方性と形状異方性に支配され、この磁気異方性の違いが陸上溶岩流の中で大きく形状の異なったヒステリシスループを生んでいる。高い保磁力 (数十 mT 以上) と高い  $M_r/M_s$  (~0.5) を伴うチタンに乏しいチタノマグネタイトを含む、陸上溶岩の下部および上部クリンカとスコリアは、古地磁気強度研究に適している。これらのサンプルでは単磁区もしくは細粒の疑似単磁区粒子が生成時の急冷で獲得した残留磁化

を保持し、実験室での加熱時に大きな変質を受ける可能性は低い。