

保磁力-ブロッキング温度ダイアグラムによる岩石磁気特性の評価

寺田 卓馬 [1]; 佐藤 雅彦 [2]; 望月 伸竜 [3]; 山本 裕二 [4]; 綱川 秀夫 [5]

[1] 東工大・理・地惑; [2] 九大・比文・環境変動; [3] 熊本大先導機構; [4] 高知大; [5] 東工大・理・地惑

Evaluation of rock-magnetic properties based on coercivity - blocking temperature diagram

Takuma Terada[1]; Masahiko Sato[2]; Nobutatsu Mochizuki[3]; Yuhji Yamamoto[4]; Hideo Tsunakawa[5]

[1] Department of Earth and Planetary Sciences,

Tokyo Institute of Technology; [2] Kyushu University; [3] Kumamoto University; [4] Kochi University; [5] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

Magnetic properties of the magnetic mineral strongly depend on its chemical composition, crystal structure, size, shape and domain state. For the bulk sample usually used in the paleomagnetic study, distributions of magnetic properties of various magnetic minerals in the sample. Microscopic and Curie temperature observations enable us to identify magnetic minerals in the sample, while size, shape and domain state of magnetic grains are estimated with other measurements, for example, stepwise thermal and/or alternating field demagnetizations. However, it is thought that magnetic grains of the same coercivity H_c (or blocking temperature T_b) could have different size and shape.

Dunlop and West (1969) carried out mapping of grain size vs coercivity H_c using pTRM. The problem is that their mapping cannot be applied to the natural rocks including PSD and/or MD grains as well as SD grains, since the grain size are estimated with the single domain theory. In addition, thermal alteration due to the laboratory heating cannot be checked in their experiment. In the present study, we use ARM and combine stepwise thermal and alternating field demagnetizations to provide ARM spectra on the plane of H_c and T_b . The experimental procedure is as follows: (1) adding ARM to rock sample, (2) thermal demagnetization at a certain temperature, (3) stepwise alternating field demagnetization, (4) repeating of (1) ~ (3) at higher temperature.

The present method has the following advantages:

(1) ARM shows more similar behavior to TRM than IRM. This is valuable for igneous rocks.

(2) If small steps of THD and AFD are applied, high definition map of H_c - T_b diagram can be obtained.

(3) Thermal alteration of the sample due to the laboratory heating can be checked with ARM before and after the heating.

This mapping method was applied to five samples: Oshima basaltic lava extruded in 1986, Hawaiian basaltic lava extruded in 1995, Ueno basaltic lava in Matuyama epoch, Shikotsu welded tuff and Komagatake welded tuff. Using the Curie temperature measurement and H_c - T_b diagram, we have tried to determine quantitative distribution of size, shape and domain state of magnetic grains in the sample. Coercivity and blocking temperature of SD grains can be expressed as a function of size and shape by using Neel's theory. First, theoretical curves of a certain size (or shape anisotropy) are drawn on the H_c - T_b diagram. Second, boundary of SD and MD grains are calculated and drawn on the H_c - T_b diagram on the basis of the theory by Butler and Banerjee (1975). We will discuss characteristic features of ARM spectra on the H_c - T_b diagram for the measured samples.

磁性粒子の磁気的性質は、その“鉱物種、サイズ、形状、磁区構造”によって変化する。古地磁気測定試料に含まれる磁性粒子の“鉱物種、サイズ、形状、磁区構造”の分布を把握する事で、古地磁気成分を担う磁性粒子を特定する事が出来ると期待され、測定結果の詳細な理解および各試料に適した古地磁気測定法の適用が可能となる。しかし、従来の段階熱消磁、段階交流消磁という手段からは試料バルクとしてのブロッキング温度スペクトル、保磁力スペクトルを得られるが、各磁性粒子成分を完全に分離する事は難しい。

Dunlop and West (1969) は、試料に対して狭い温度範囲で部分熱残留磁化 (pTRM) を着磁し、段階交流消磁する事で各ブロッキング温度での交流消磁曲線を求めている。実験の結果から、試料についての保磁力 - ブロッキング温度 - 粒子体積の関係性を明らかにした。しかし、実際の試料では磁性粒子の組成、粒子形状などが様々になっており、この手法で試料中の粒子の分布を表せるとは一概には言えない。そこで本研究では以下の手順で実験を行い、試料中の保磁力 (H_c) とブロッキング温度 (T_b) の 2 次元マッピング (H_c - T_b マップ) を行った: (1) 岩石試料に非履歴性残留磁化 (ARM) を着磁; (2) 最高温度 T_i 熱消磁; (3) 熱消磁後の ARM 段階交流消磁; (4) 熱消磁の温度 T_i を段階的に上げて (1) ~ (3) を繰り返す。本測定法のメリットは以下の点が挙げられる:

(1) IRM と比べて ARM の方が TRM と性質が似ている。

(2) 熱消磁および段階交流消磁のステップを細かくすることで、高解像度の H_c - T_b マップが作成可能となる。

(3) 熱消磁の温度ステップごとに ARM を着磁するので、その推移を見ることで、実験室内における熱変質を評価できる。

実験試料には、大島 1986 年玄武岩、ハワイ 1995 年玄武岩、上野玄武岩の 3 種類の玄武岩、支笏および駒ヶ岳の溶結凝結岩を用いた。得られた H_c - T_b マップを用い、試料中に含まれる磁性粒子の“組成、サイズ、形状、磁区構造”の分布および定量を行った。Neel (1949) の理論を用いて、保磁力とブロッキング温度を磁性粒子のサイズおよび形状の関数として表すことができる。 H_c - T_b マップ上で磁性粒子のサイズ-形状を表すモデルを考え、実際の試料を測定して得られたマップと比較することで、試料中の SD 粒子のサイズおよび形状を定量的に推定することを試みた。Butler &

Banerjee(1975)ではSD/MD境界を、SDの静磁エネルギーと2Dの静磁エネルギーおよび磁壁エネルギーが等しくなる際の磁性粒子のサイズおよび形状であるとして計算している。この計算によって得られた磁性粒子のSD/MD境界をHc - Tbマップ上で表すことで、試料中のSD粒子のサイズおよび形状だけではなく、MD粒子の存在についても推定することを試みた。

溶結凝灰岩2試料については、現在、Hc - Tbマップの作成を行っている。支笏試料は、熱磁気分析では可逆的な曲線が得られるが、古地磁気強度測定の過程で600℃加熱を行うとARMの段階交流消磁曲線が大きく変化することが確認されている。これは、磁性粒子の組成変化なしに磁氣的性質を大きく変化しているためであると推測される。一方で、駒ヶ岳試料では加熱による変化は確認されていない。支笏試料と駒ヶ岳試料のHc - Tbマップを比較することで、加熱による磁氣的性質の変化について評価できるのではないかと期待される。玄武岩試料からは、SDを多く含むパターン、MDを多く含むパターン、そしてその混合のパターンの代表的な分布が得られた。ハワイ1995年玄武岩のHc-Tbマップは保磁力方向に伸び、大部分が理論上のSD領域に含まれるピークを示したことから、SDを多く含むパターンの分布であると判断できる。上野玄武岩のHc-Tbマップは高ブロッキング温度かつ低保持力のピークが大きく、理論上のMD領域に沿っていることから、MDまたはMDライクな粒子を多く含むパターンであると判断できる。大島1986年玄武岩のHc-Tbマップは保磁力方向に伸びたピークと高ブロッキング温度かつ低保持力のピークの両方を示したことから、先の2つの混合パターンであると判断できる。