

陸上玄武岩の磁化率の磁場強度依存性

福間 浩司 [1]
[1] 同志社大・理工

Field-dependence of magnetic susceptibility for subaerial basalts

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

Magnetic mineralogy of subaerial basalts are usually variable from sample to sample even in a single outcrop depending on oxidation state and microstructure of Fe-Ti oxides contained in the basalts. Retrieving paleointensity from subaerial basalts has been attempted for past several decades, and magnetic mineralogy is of prime importance for interpreting paleointensity experiments. Curie point (T_c) of bulk basalt specimen can tell us the composition of contained Fe-Ti oxides, but often we encounter multiple T_c from a single specimen.

Field-dependence of magnetic susceptibility has been known to be related to Ti-content of Fe-Ti oxides. Almost no field dependence is observed for Ti-free magnetite, whereas high-Ti titanomagnetite (e.g., ulvospinel content $x = 0.6$) exhibits several tens of percents field dependence for one order of field magnitude. Previous studies on drill cores of basalts showed a strong correlation of T_c and field-dependence of susceptibility. In this study we measured the field-dependence of magnetic susceptibility using a ZH susceptibility meter that can vary the field amplitude stepwise at 10, 20, 40, 80, 160 and 320 A/m (c.f., 80 A/m is almost equivalent to 0.1 mT).

For about four hundreds of subaerial basalt specimens from Izu-Oshima and Miyakejima islands, we observed linear dependence of susceptibility against field amplitude. This means the Rayleigh law still holds for the field amplitude range, and we can calculate initial susceptibility X_i and Rayleigh coefficient b . Here we will give the field-dependence susceptibility by the ratio of b/X_i instead of the previously employed empirical ratios like $XHd(\%)$. After selecting specimens with single T_c we plotted b/X_i and the single T_c , and found the value of b/X_i is about $1e-3$ m/A for specimen with T_c less than 450 degC and rapidly decrease down to $1e-5$ m/A with increasing T_c . We can assume that b/X_i represents the averaged Ti content of titanomagnetites in a bulk specimen containing titanomagnetites with different composition.

Interior part of lava flows showed low (below 0.2) Mr/Ms and b/X_i values larger than $1e-4$ m/A. This results is interpreted that Fe-Ti oxide phenocrysts remain homogeneous and lava interior is generally not suitable for paleointensity studies. Some of the clinker samples have lower b/X_i and higher Mr/Ms, indicating that low-Ti and fine-grained titanomagnetite is contained in clinkers. Scoria samples have relatively Ti-poor titanomagnetites and showed scattered Mr/Ms.

For analyzing magnetic mineralogy, temperature dependence of strong-field magnetization or susceptibility is traditionally measured in order to obtain T_c . However, T_c is sometimes difficult to be determined and often multiple T_c are obtained from a single specimen. Measurement of susceptibilities at several steps of different field amplitudes can be performed at room temperature within a relatively short time (~10 minutes per specimen). Field-dependence of susceptibility is useful for detecting dominant Fe-Ti oxides contained in basalt samples and should be routinely applied for selecting samples of paleointensity studies.

陸上玄武岩の磁性鉱物は、含まれている Fe-Ti 酸化物の酸化状態と微細構造に応じて、単一の露頭でも試料によって異なることがしばしば起こります。陸上玄武岩から古地磁気強度を得る試みは過去数十年間行われてきましたが、磁性鉱物は古地磁気強度実験を解釈するための最も重要です。玄武岩試料のキュリー点 (T_c) により含まれる Fe-Ti 酸化物の組成を知ることができますが、しばしば単一の試料から複数の T_c が得られます。

磁化率の磁場強度依存性は、Fe-Ti 酸化物のチタン含有量に依ることが知られています。マグネタイトでは磁場強度依存性がほとんどゼロであるのに対して、チタン磁鉄鉱（例えば、ulvospinel 比 $x = 0.6$ ）では磁場強度を 1 桁変えると数十 % 磁化率が変化します。以前の研究により、玄武岩のボーリングコアについて強い T_c と磁化率の磁場強度依存性の間の相関が得られています。今回は ZH 磁化率計を用いて、10, 20, 40, 80, 160 及び 320 A/m の磁場の振幅で磁化率の磁場強度依存性を測定しました (80 A/m はほぼ 0.1 mT に相当)。

伊豆大島と三宅島から得た約 400 個の陸上玄武岩試料について、磁化率が磁場強度に線形に依存することを確認しました。レイリーの法則はこの磁場の振幅の範囲では成立し、初磁化率 X_i およびレイリー係数 b を計算することができます。XHD (%) などの以前に経験的に使われた値に代えて、 b/X_i 比によって磁場強度依存性を与えます。単一の T_c をもつ試料を選択して T_c と b/X_i 比をプロットし、450 °C 未満の T_c をもつ試料では b/X_i 比は $1E-3$ m/A であり、 T_c の増加に応じて急速に b/X_i 比が $1E-5$ m/A まで減少することを確認しました。 b/X_i 比はバルク試料中のチタン磁鉄鉱の平均的な Ti 含有量を表していると考えられます。

溶岩流内部の試料は、低い Mr/Ms 比 (<0.2), b/X_i 比は $1E-4$ m/A よりも大きい値を示します。このことは溶岩流内部では Fe-Ti 酸化物斑晶が均質のままであり、一般的に古地磁気強度の研究に適していないことを示しています。クリンカー試料の一部は、低い Ti 含有量をもつ細粒のチタン磁鉄鉱が含まれていることを示す低い b/X_i 比および高い Mr/Ms 比をもっています。スコリア試料は比較的チタンに乏しいチタン磁鉄鉱をもっており、散乱した Mr/Ms 比を示しました。

磁性鉱物を分析するためには、強磁場磁化または磁化率の温度依存性を測定し、 T_c を得るのが通常です。しかし、 T_c を決めることはしばしば困難であり、多くの場合複数の T_c が単一の試料から得られます。磁場振幅のいくつかのステップにおける磁化率の測定は、室温で比較的短い時間 (1 試料当たり約 10 分) で行うことができます。磁化率の磁場強度

依存性は玄武岩試料中に含まれる支配的な Fe-Ti 酸化物を検出するのに有用であり，古地磁気強度測定のための試料を選択するために適用できます。