

## 広帯域磁化率スペクトルの応用 I: SP 粒子のサイズ分布

### Application of broad-band frequency spectrum of AC magnetic susceptibility: Grain-size distribution of SP particles

小玉 一人<sup>1\*</sup>

KODAMA, Kazuto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター

<sup>1</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

弱磁場中の交流磁化率 (Low-field Alternating Current Magnetic Susceptibility, 以下 MS) は、Bartington 磁化率計や KappaBridge など市販測定器の普及によって、岩石鉱物磁気の基礎研究から環境磁気学などの応用研究まで広範な分野で活用されてきた。しかし、これら市販機器の測定方法や性能に由来する制約、特に設定可能な磁場周波数の制限により、MS という基礎的磁性が本来もたらす多くの情報を活用できていない。例えば Bartington 磁化率計では、470 Hz と 4.7 kHz の高低 2 周波数しか設定できないため、単純な仮定をもとにした半定量的な議論しかできなかった。その代表的な例が、SP 粒子のサイズと MS 周波数依存性の関係である。本報告では、これまでにない広い周波数帯域の MS 測定結果をもとに、磁気緩和理論および SP 粒子の岩石磁気理論にもとづく新たな SP 粒子サイズ分布推定法とその適用例を紹介する。

測定に用いた磁化率計は、ZH Instruments 製の SM-100 および 105 磁化率計である。前者は低周波数用 (0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 kHz)、後者は高周波数用 (16, 32, 64, 128, 256, 512 kHz) で、双方計 13 段階の可変周波数測定を行った。印加磁場強度は 80-320 A/m までの 8 段階可変、本研究では 80 A/m 固定とした。測定試料は、SP 粒子を主として含むとされる中国黄土高原 (Luochuan section) の黄土 (loess)・古土壌 (paleosol)、および Tiva Canyon tuff (TC04-11) を用いた。その他の岩石磁気パラメータ測定は、VSM (MircoMag 3900) および MPMS によった。粒子サイズ分布 (Grain size distribution; GSD) を推定するためのモデルは、相互作用のない SD 粒子集団を前提とした Neel 超常磁性理論にもとづく。これに、磁化率と緩和時間・交流周波数の関係に対する適切な近似をおこない、測定された磁化率スペクトルの差分から GSD を求める方法を開発した。ただし、粒子の異方性エネルギーは形状異方性エネルギーのみとし、その分布は仮定していない。測定された磁化率スペクトルはすべて、周波数増加にともなって減少する共通パターンをもつ。これは SP 粒子の周波数依存性の一般的特徴であるが、詳しく見ると試料ごとに減少割合が異なる。この変化率をもとにモデル計算して得られた GSD の体積分布範囲は、 $0.5\text{-}3\times 10^{-24}\text{ m}^3$  と比較的狭いが、その分布形状は試料の種類ごとに特徴がある。Tiva Canyon tuff が最も分布が鋭く、 $2\times 10^{-24}\text{ m}^3$  あたりに中心値をもつ対数正規分布的形状を示す。中国古土壌の GSD 範囲も Tiva Canyon tuff とほとんど重なるが、明確なピークは見られない。このことから、古土壌の GSD はこれまでの推定 (例えば, Liu et al., 2005) よりも SD 側に広い分布範囲をもつことがわかる。これに対し、黄土試料の GSD 範囲は  $1\times 10^{-24}\text{ m}^3$  以下で最も細粒である。その磁化率強度自体が古土壌より一桁程度小さいことを反映して、分布強度はより小さく分布範囲も狭い。古土壌と比較して高い保持力をもつことから、maghemite あるいは hematite のナノサイズ粒子の存在を示唆する。

キーワード: 岩石磁気, 交流磁化率, 粒子サイズ分布, 超常磁性

Keywords: rock magnetism, AC susceptibility, grain size distribution, superparamagnetism