

飽和漸近則によるヒステリシスデータの解析

福岡 浩司 [1]

[1] 同志社大学工学部環境システム学科

Approach to saturation analysis of magnetic hysteresis data

Koji Fukuma[1]

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

An alternating gradient magnetometer or a vibrating sample magnetometer have made magnetic hysteresis measurements possible even on weakly magnetized natural samples. However, an available maximum field of 1.0 - 1.5 T using an ordinary electromagnet is not enough to saturate some samples containing antiferromagnetic hematite or magnetostrictively controlled titanomagnetite. Underestimated saturation magnetization values sometimes lead to erroneously high ratios (> 0.5) of saturation remanence to saturation magnetization (M_r / M_s) (Fabian [2006], Gee and Kent [1995]).

A large amount of hysteresis data collected from volcanic rocks, marine and eolian sediments were examined based on approach to saturation analysis. Although most of the analyzed hysteresis loops seem to be well closed and indistinguishable from a line segment in the high field ranges of 0.5 to 1.0 T, detailed analyses using $1/H^3 - dM/dH$ diagrams exhibit positive gradients on the diagrams. This fact suggests that these samples are not sufficiently saturated in such a field range. Comparing to corrected saturation magnetization values, conventional calculations should underestimate saturation magnetization by several percents. Even if hematite or titanomagnetite are not contained, approach to saturation analysis is still effective to correct saturation magnetization values even from an unsaturated portion of a hysteresis curve.

高い感度をもつ AGM (交番磁場勾配磁力計) や VSM (試料振動型磁力計) により, 強い磁化をもつ火山岩だけでなく, 比較的弱い磁化をもつ堆積物においても磁気ヒステリシスを得ることができるようになった. しかしながら, 電磁石を用いるため最大磁場は 1.0 ~ 1.5 T 程度であり, ヘマタイトなどの反 (寄生) 強磁性体を飽和させるには十分ではないことは従来より認識されていた. さらに, チタノマグネタイトなどの磁歪による磁気異方性が卓越する磁性鉱物を含む試料では, 最大磁場 1.0 T で得られる飽和磁化 M_s は超伝導磁石を用いて最大磁場 5 ~ 7 T を与えた場合に比べて数十%低い値を示し, 誤って非常に高い M_r/M_s (> 0.5 , M_r : 飽和残留磁化) を与えることが知られている (Fabian [2006], Gee and Kent [1995]).

これまで AGM や VSM (チップもしくは 1-cc cube) を用いて最大磁場 1.0 T で測定した磁気ヒステリシスデータを飽和漸近則に従って検討した. 試料はほとんど pure なマグネタイトを含む火山岩や海底堆積物, さらにマグヘマイトやヘマタイトを含む風成堆積物である. ほとんどの試料ではヒステリシスカーブ, すなわち H-M 図では 0.5 T 以上の磁場 H ではループは閉じほとんど直線に見える. しかしながら, このような試料を $1/H^3 - dM/dH$ 図で見ると 0.5 T 以上でも正の傾きを示し, 完全に飽和していないことがわかる. 漸近線から強磁場磁化率を求め飽和磁化を再計算してみると, 通常用いられる (i.e., 付属のソフトウェアが自動計算する) ヒステリシスカーブの 0.7-1.0 T の部分での直線近似から求められる見かけの飽和磁化は数%過小に見積もっていることがわかる.

このような磁気飽和は, マグネタイトなど比較的保磁力の低い磁性鉱物を含む試料でも, 室温では熱擾乱のため磁場強度の増加に従ってゆっくりと飽和に近づくために起きる. 最大磁場を数倍にしてもこの現象を大きく変えることにはならない. ヘマタイトやチタノマグネタイトなどを明らかに含まない試料でも, 飽和漸近則に従った解析により飽和磁化の過小な見積りを避けることができる.