

氏名 中 井 睦 美

学位（専攻分野） 博士（理学）

学 位 記 番 号 総研大甲第204号

学位授与の日付 平成8年3月21日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻
学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 磁気履歴特性の異方性についての岩石磁気学的研究

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 平 澤 威 男
教 授 渡 邊 興 亞
助教授 白 石 和 行
助教授 本 吉 洋 一
教 授 濱 野 洋 三（東京大学）
助教授 船 木 實
（国立極地研究所）
技術課長 小 嶋 美都子
（気象庁地磁気観測所）

論文内容の要旨

古い地質時代の岩石の古地磁気学的研究を行う際の最大の問題は、岩石の持つ自然残留磁化 (NRM: natural remanent magnetization) から、いかにして正確な古地磁気再現できるかという点にある。東南極大陸を代表とする大陸の基盤を構成する古い地質時代の岩石には変成岩類が多いが、変成岩のような粒子配列の顕著な岩石の古地磁気研究をおこなう場合には、この粒子配列がNRM獲得時やその後のNRMに及ぼす影響はないのか、という問題がある。したがって、東南極大陸からの信頼できる古地磁気データを増やしていくためには、変成岩類の古地磁気調査法を確立することが必要となる。本研究の目的は、変成岩類のような粒子配列のある岩石の古地磁気学研究手法についての、岩石磁気学的手法を開発することであり、そのために、“岩石中の粒子配列の岩石磁気学的解析”についての基礎的研究をおこなった。

岩石中の粒子配列解析方法を開発するため、振動型磁力計 (VSM: Vibrating Sample Magnetometer) を用いて“磁気履歴特性 (ヒステリシス曲線から得た磁気特性) の異方性”についての基礎的実験をおこなった。従来よく使われている磁気特性の異方性は、帯磁率異方性 (AMS) や残留磁化異方性 (AMR) である。それに対して、磁気履歴特性の異方性は、複数の磁気特性の異方性について、同物理条件下で測定した結果を比較できるという利点がある。この磁気履歴特性の異方性についての基礎的研究をおこなうために、粒子サイズや粒子形状の異なる数種類の磁性鉱物を組み合わせて、人工配列試料を約40個作製した。磁気特性の異方性容易軸は、岩石中の磁性粒子が単磁区 (SD) 粒子か多磁区 (MD) 粒子かによって変化する。そのため、人工配列試料は、SD, MD双方の粒子から作成したものが必要である。SD粒子の試料としてはオーディオテープを使用し、MD粒子の場合は、大きさの異なるさまざまな鉱物種の磁性粒子を組み合わせた試料を作製した。さらに、二方向の粒子配列を持つ試料や粒子サイズや粒子形状の異なる二種類の磁性粒子を配列させた試料を作製した。これらの人工配列試料について、VSMを使って得られたヒステリシス曲線から、磁気履歴特性をよみとり、磁気履歴特性の異方性について解析した。加えて、複数得られる磁気履歴特性の中でも、最もNRMへの影響が大きいと推定されるにも関わらず、岩石におけるその異方性については未だ研究報告のない、“保磁力の異方性”についての検討をおこなった。

以上の人工配列試料の実験に基づき、以下に述べる磁気履歴特性の異方性解析方法を考案した。また、従来よく使われているAMSやAMRと区別するために、この方法を磁気履歴特性の異方性 (AMH: anisotropy of magnetic hysteresis properties) 解析法と名付けた。AMHとは、従来一種類の磁気特性の異方性のみで粒子配列解析手段としていたAMSやAMRに対して、ヒステリシス曲線から読みとれるいくつかの磁気履歴特性 (本論文では、飽和残留磁化:IR, 保磁力:HC, 低磁場下の微分帯磁率: χ_L , 高磁場下の微分帯磁率: χ_P の4種類を採用している) を組み合わせた複数の磁気異方性の総称である。AMH解析法とは、どの磁気履歴特性の anisotropy degree (異方性容易軸の強度 / 異方性難易軸の強度) が大きいかという特徴と、AMHの各磁気履歴特性の異方性の強度変化の増減の相関関係から、岩石中の粒子配列解析をおこなうという方法である。

anisotropy degree の大きさを比較する場合には、前述の4種類の磁気履歴特性を用いる。AMHの各磁気履歴特性の異方性の強度変化の増減の相関関係を表すためには、IR, HC, χL の3種類を用いる。

人工配列試料についての基礎的実験、および、岩石試料についての実験の結果、以下のような結論が得られた。

岩石中にSD粒子の配列があった場合には、"IR // HC \perp χL "という磁気履歴特性の強度の増減の相関が観察でき、IR, HC の異方性容易軸は粒子配列の方向と一致し、 χL の異方性容易軸は、粒子の配列方向と直交する。また、SD粒子の配列が顕著である時は、HC の anisotropy degree は大きくなる。HCの anisotropy degreeが大きい場合、消磁後のNRM (ChNRM) は、HCの異方性容易軸の方向のNRMの残留磁化成分が他の方向より残りやすいため、信頼できる古地磁気方位を示さない。この現象は、SD粒子配列試料であるオーディオテープでも、SD粒子が配列している相関関係を表す岩石試料からも見いだされる。したがって、粒子配列のある岩石中のSD粒子の配列があるかどうかは、SDタイプのAMH相関関係 ("IR // HC \perp χL ")が見られるかどうかで判定できる。すなわち、SD粒子の配列があって、HCが大きい時には、この岩石は古地磁気用試料としてふさわしくない。

MD粒子の配列があるときは、"IR // χL \perp HC" という磁気履歴特性の強度の増減の相関が観察でき、IR, χL の異方性容易軸は粒子配列の方向と一致し、HCの異方性容易軸は、粒子の配列方向と直交する。この相関関係をMDタイプのAMH相関関係と呼ぶ。MD粒子から作製した人工試料の場合は、MD粒子が配列していてもHCの anisotropy degree は小さくなる。また、SD粒子とMD粒子の混合試料の場合は "IR // HC // χL " という磁気特性の強度の増減の相関関係がみられる。MD粒子の配列のある岩石、または、SD粒子とMD粒子の配列のある岩石の場合は、HCのanisotropy degree が小さければ、古地磁気用試料として採用できる。

上述のAMH解析法の有効性を確かめるために、南極スカルプスネス地域の古生代の片麻岩について、NRMとAMHの比較をした。その結果、AMH相関関係がMDタイプのもの、あるいは、AMH相関関係がSDタイプでもHCの異方性が小さい岩石ならば、粒子配列がNRMに影響は与えないことが判明した。したがって、野外で採取された多数の試料の中から代表的なものを選び、あらかじめAMH解析法で検討することによって、より効率的に、また、確実な古地磁気調査をすることができる。以上のように、AMH解析法は、信頼できる古地磁気研究をおこなうために有効な方法である。

論文の審査結果の要旨

変成岩のような鉱物粒子が配列している岩石を古地磁気学の試料として用いる際には、その粒子配列が自然残留磁化に及ぼす影響を考慮する必要がある。本研究は磁気履歴特性の異方性について基礎的実験を行い、変成岩の古地磁気調査法を提唱したものである。申請者は岩石中の粒子配列解析方法を開発するため、単磁区粒子や多磁区粒子を人工的に配列した試料を多数作成のうえ、振動型磁力計を用いてさまざまな磁気特性を綿密に測定し、それらの相関関係から信頼できる試料の選択基準を見いだした。また、磁気履歴特性のなかでも最も自然残留磁化に及ぼす影響が大きいと考えられるにもかかわらず、これまでに研究されていなかった「保持力の異方性」についての基礎的な実験をおこなった。

この結果、岩石中に単磁区粒子の配列があった場合と、多磁区粒子の配列があった場合、および双方が混じりあった場合のそれぞれについて、飽和残留磁化、保持力、低磁場下・高磁場下それぞれの微分帯磁率などの磁気異方性の相関関係が明らかになった。この相関関係を用いると、ある岩石が古地磁気測定の試料としてふさわしいかどうかの判定が可能になる。この方法により、申請者は極移動曲線の上で、従來說明できなかった、南極スカルプスネス地域の古生代変成岩の古地磁気方位が一定しない原因を解明できた。申請者はこの方法を「磁気履歴特性の異方性 (AMH: Anisotropy of Magnetic Hysteresis properties) 解析法」と名付けた。

本研究のために筆者が行った実験データは歴大なだけでなく、その測定、解析の方法は独創性に富んでいることが高く評価される。本研究が南極大陸のみならず、世界の大陸地域の形成と進化の歴史を研究するうえで、重要な貢献をすることが期待できる。全体の論理性、学問水準において、学位論文として十分な内容をもつ研究であると認められ、博士(理学)の学位に値すると結論された。