

平成 21 年 5 月 15 日現在

研究種目： 若手研究（スタートアップ）
 研究期間： 2007～2008
 課題番号： 19840034
 研究課題名（和文） 新しい地球磁場強度変動像の確立へ向けて
 —アイスランド溶岩からの古地磁気強度測定
 研究課題名（英文） Towards a new view of the geomagnetic field intensity variation
 - paleointensity measurements from the Icelandic lavas
 研究代表者
 山本 裕二（YAMAMOTO YUJJI）
 高知大学・教育研究部自然科学系・助教
 研究者番号： 00452699

研究成果の概要：

最近の新たな絶対古地磁気強度測定法によると、現在の地磁気ダイナモは大変活発な状態にあり、平均的な状態からはかけ離れているらしい。この仮説を詳細に検討するためには、北半球地域から系統的なデータを得ることが必要であり、本研究ではこの新方法をアイスランド溶岩に適用するための予察研究に取り組んだ。約 100 枚の溶岩からの予察的な測定結果によると、過去約 500 万年間の地磁気強度の平均は現在の約 60%であり、仮説を支持する。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,340,000	0	1,340,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,540,000	360,000	2,900,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学・

キーワード：古地磁気強度・アイスランド・低温消磁 2 回加熱ショー法

1. 研究開始当初の背景

地球磁場は地球システムを構成する基本的環境の一つであり、地球中心核のダイナモ作用によって生成される。その強さは地球流体核の活動を反映するが、地球史を通じて一定ではなく、大きく変動してきたと考えられている。この変動は、磁気圏によって保護された環境の下で活動し進化してきた人類を含む生命に対しても影響してきたと考えられるため、生命を含めた地球システムの進化を探るうえで、過去の地球磁場強度絶対値(絶対古地磁気強度)を得ることは重要である。

絶対古地磁気強度を推定する方法として、過去に形成された火山岩から試料を採取し、その残留磁化を測定するという方法がある。一般に、火山岩はその形成時に当時の地球磁場の方向・強さに応じた熱残留磁化を獲得するが、理想的にはこの磁化の獲得は実験室内でも再現可能なため、この再現磁化との比較により当時の絶対地磁気強度を知ることができる。実際には、室内加熱によって試料中の磁性鉱物に変質してしまうことも多いため、ルーチンで行われるようになった古地磁気方位測定と比較するとそう容易ではない(測

定時間も 5~10 倍程度必要である)。このような困難はあるが、これまで絶対古地磁気強度の測定においては「テリエ法」(Thellier and Thellier, 1959; Coe 1967)が最も信頼性が高いとされ、広く用いられてきた。地球磁場は双極子によって作られる成分で近似できるため、絶対古地磁気強度から過去の地磁気双極子モーメントの大きさを知ることができる。

地磁気ダイナモの活動の変遷を様々なタイムスケールで考察するにあたっては、現在の活動を地質学的な「最近」における活動と比較して評価することも重要である。「最近」として過去数百万年間を考えると、現在の地磁気ダイナモの活動は、この期間の地磁気双極子モーメントの大きさの時間平均との比較により定量的に評価することができる。テリエ法による絶対古地磁気強度データベースによると、その平均は現在(約 $8 \times 10^{22} \text{Am}^2$)とほぼ同じであり、「最近」と比較しても現在の地球磁場は平均的な状態にあると考えられてきた(e.g. Tanaka et al., 1995; Juarez & Tauxe, 2000)。しかし、近年、テリエ法による測定地磁気強度が真の地磁気強度に一致しないという例が相次いで報告されている(e.g. Calvo et al., 2002; Yamamoto et al., 2003; Mochizuki et al., 2004; Oishi et al., 2005)。しかも、報告例の全てが真値よりも強い地磁気強度を示している。このことは、これまでのテリエ法によるデータの大半が無に帰する可能性すら示唆する。

このような状況のなか、Tsunakawa and Shaw (1994)およびYamamoto et al. (2003)は、ショー法(Shaw, 1974)をベースに様々な改良を行い、新しい絶対古地磁気強度測定法(低温消磁 2 回加熱ショー法)を開発した。その高い信頼性は、既知地磁気強度の歴史溶岩試料を用いて実証された(Yamamoto et al., 2003; Mochizuki et al., 2004; Oishi et al., 2005)。これらの結果を受け、Yamamoto and Tsunakawa (2005)は、タヒチ島に代表されるフレンチポリネシア・ソサエティ諸島から過去 500 万年間に形成された火山岩試料を採取し、低温消磁 2 回加熱ショー法を適用して絶対古地磁気強度測定を行った。その結果、当時の地磁気双極子モーメントは $3.64 \pm 2.10 \times 10^{22} \text{Am}^2$ (24 データ)と推定された。この大きさは、最近の絶対古地磁気強度データベース(Perrin and Schnepf, 2004)から計算される過去 500 万年間のテリエ法データの平均値($7.46 \pm 3.10 \times 10^{22} \text{Am}^2$, 458 データ)および現在の地磁気双極子モーメントの大きさ($7.79 \times 10^{22} \text{Am}^2$)の約半分である。このことは、現在の地磁気ダイナモが相当活動的状態にあり、

過去 500 万年間と比較すると現在の地球磁気強度がかなり強い状態にある可能性を示唆する。

2. 研究の目的

「現在の地磁気ダイナモは大変活発な状態にあり、平均的な状態からはかけ離れていることが予想される」という新しい地球磁場の描像は、南半球の一地域からの測定結果に基づくもので、根拠となるデータの地域的偏りが大きい。グローバルな現象である地球磁場(双極子磁場)の姿として捕らえるためには、北半球地域からも同時代をカバーするデータを得て、詳細に解析する必要がある。しかし、現在までのところ、この地域からは過去約 500 万年間を系統的にカバーする、低温消磁 2 回加熱ショー法による測定データはほとんど得られていない。現在、高知大学教育学部の田中秀文教授の研究室には、1993~1994 年にかけて河野長・東京工業大学名誉教授を中心とするグループによってアイスランド地域に分布する 485 枚の溶岩から採取された膨大な古地磁気サンプルセットが保管されている。これらの溶岩の形成年代は過去 50~600 万年であり、新しい地球磁場の描像を検証するのに最適のサンプルセットである。

本研究の目的は、低温消磁 2 回加熱ショー法によりアイスランド溶岩から系統的な絶対古地磁気強度データを得て、地質学的最近をカバーする南北両半球データに基づき、新しい地球磁場強度変動像を確立することである。研究期間内には、古地磁気強度測定のための基本的測定システムの開発および予察的な絶対古地磁気強度測定を目指す。

3. 研究の方法

(1) 絶対古地磁気強度測定の為の環境整備

研究代表者の所属する高知大学海洋コア総合研究センターの古地磁気・岩石磁気実験室には、一般の古地磁気・岩石磁気測定に必要な主要機器はほぼ全て揃っている。しかし、低温消磁 2 回加熱ショー法による絶対古地磁気強度測定に必要な直流電源系、真空加熱配管系(e.g. Mochizuki et al., 2004)、そして低温消磁のための専用システム(e.g. Yamamoto et al., 2003)を追加する必要がある。これらの基本的測定システムの開発およびテストを行う。

(2) 代表的試料の岩石磁気特性の測定

各溶岩から代表的な 1~2 試料を選定し、順次、常温ヒステリシス測定、高温磁化率測定などの岩石磁気特性の測定を行う。これらの特性は低温消磁 2 回加熱ショー法の適用可否を判断する上で重要な指標であり、測定を効率的に進めていくために必要不可欠な基礎データである。

(3) 低温消磁 2 回加熱ショー法による予察的な絶対古地磁気強度測定

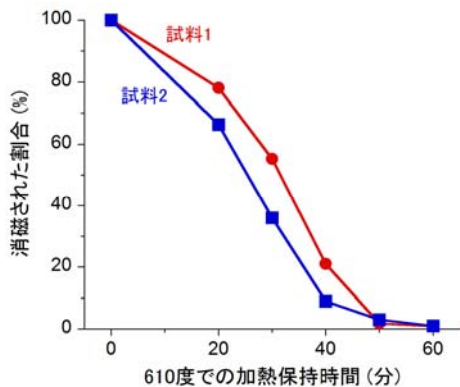
(1) による環境整備の完了後、順次、岩石磁気特性測定済みの溶岩から優良な溶岩を選定し、1 溶岩あたり 2 試料程度に対して低温消磁 2 回加熱ショー法による絶対古地磁気強度測定を開始する。

4. 研究成果

(1) 絶対古地磁気強度測定のための環境整備

直流電源系の導入、真空加熱配管系の設計および製作、そして低温消磁のための専用システムの設計および製作など、低温消磁 2 回加熱ショー法による絶対古地磁気強度測定に必要な機器環境の構築を完了した。

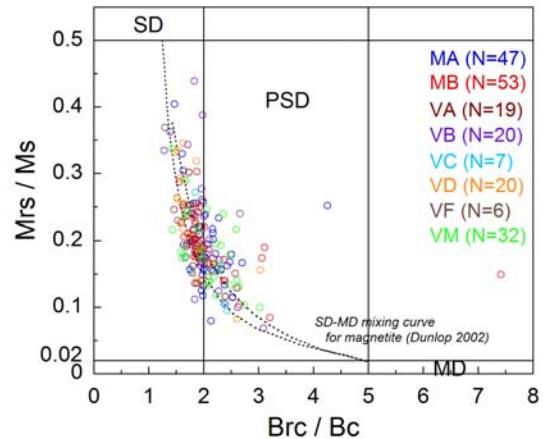
この環境において最適な条件で低温消磁 2 回加熱ショー法による絶対古地磁気強度測定を行うため、ハワイ島キラウエア溶岩試料をテスト試料として、試料加熱時間の最適条件の洗い出しを行った。具体的には、 $50 \mu\text{T}$ の直流磁場のもとで 610 度まで加熱して熱残留磁化を与えた 2 個のテスト試料を用意し、今回構築した真空加熱系で無磁場中での 610 度まで加熱を 10~60 分まで行い、消磁された熱残留磁化の割合をモニターした(図 1)。50 分以上の加熱によって 95%以上の熱残留磁化が消磁されたことから、試料に完全な熱残留磁化を与えるのに必要な時間も同様と考えられる。したがって、高知大学に構築したシステムにおいては、1 回目加熱の時間は 45 分、2 回目加熱の時間は 60 分が妥当であると結論した。



【図 1】 高知大に構築した真空加熱系における、加熱時間と消磁された熱残留磁化の割合の関係。

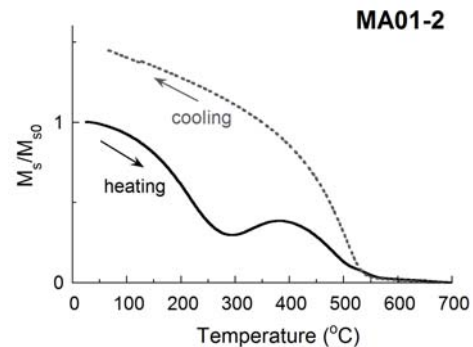
(2) 代表的試料の岩石磁気特性の測定

Sudurdalur 地域(約 100 枚)および Lundarhal 地域(約 150 枚)から採取された溶岩からそれぞれ代表的な試料を 1 個程度選定し、常温ヒステリシス測定および高温誘導磁化測定を行った。前者の測定により磁氣的粒子サイズを推定した結果は図 2 に示すとおりであり、絶対古地磁気強度測定に向かない多磁区構造の影響を強く示す試料はなかった。

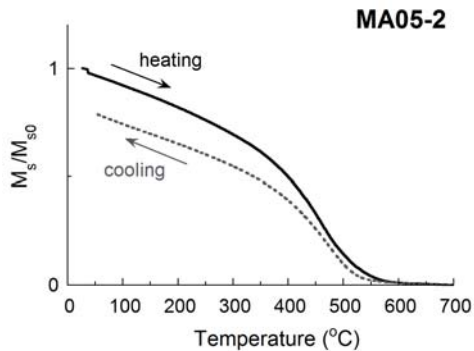


【図 2】 常温ヒステリシス測定に基づく磁氣的粒子サイズの推定結果。

高温誘導磁化測定の結果、Sudurdalur 地域の溶岩は一部に低温酸化を受けていると判断される試料があることが判明したものの(例: 図 3)、全体的には適度な高温酸化を受けた試料が多く(例: 図 4)、低温消磁 2 回加熱ショー法の適用に向いていると思われる試料が多いことが明らかになった。一方、Lundarhal 地域の溶岩は全体の約半分が低温酸化を受けており、これらは低温消磁 2 回加熱ショー法の適用に向いていないと判断された。



【図 3】 低温酸化を受けたことが疑われる試料の高温誘導磁化測定結果の例。

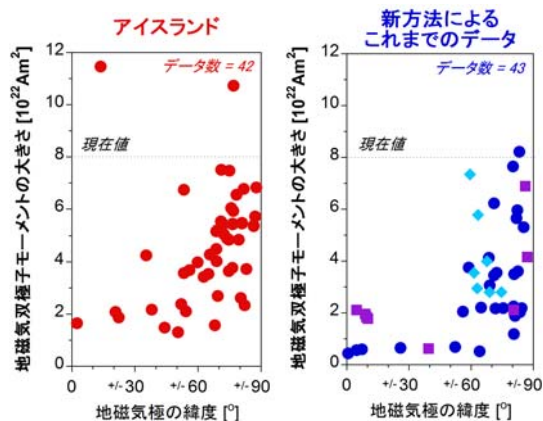


[図4] 高温酸化を受けたと考えられる試料の高温誘導磁化測定結果の例

(3) 低温消磁2回加熱ショー法による予察的な絶対古地磁気強度測定

Sudurdalur 地域溶岩(約 100 枚, 約 3~5Ma) から, 良好な岩石磁気特性を示した flow unit を選別し, 各 flow unit あたり 2 個の試料を用いて低温消磁2回加熱ショー法による予察的な絶対古地磁気強度測定を行った. 測定に供した 150 個の試料のうち 73 個から合格結果が得られ, これらの結果から計算される仮想地磁気双極子モーメントの大きさは $1.34 \sim 11.1 \times 10^{22} \text{Am}^2$, 平均は $4.73 \times 10^{22} \text{Am}^2$ (N=42) となった.

本研究によって得られた予察的な測定結果を, 地磁気極の緯度と地磁気双極子モーメントの係数に換算してプロットしたものを図5左に示す. 図5右には, これまでに私を含む研究グループによって, 新手法の適用により得られたデータをコンパイルしたものを示す(Yamamoto and Tsunakawa, 2005; Mochizuki et al., 2006; Yamamoto et al., 2007a, 2007b). 2つの図はほぼ同様の傾向を示し, 今回得られた結果は予察的なものであるが, やはり現在の地磁気強度(双極子モーメント: 約 $8 \times 10^{22} \text{Am}^2$) はかなり強いということが示唆される.



[図5] 新手法によって推定される, 過去約 500 万年間の地磁気極の緯度と地磁気双極子モーメントの大きさの関係. 左図は本研究による予察, 右図はこれまでに公表されたデータをまとめたもの.

今後, 今回の研究で予察測定に取り組んだアイスランド溶岩からさらに信頼度の高いデータを得るためには, 少なくとも各 flow unit あたり 3 個以上の合格測定結果が必要となる. 研究期間終了後の平成 21 年度以降も, 本研究計画で構築した測定環境を活用し, 新手法による絶対古地磁気強度測定を継続する. 今後, 数年のうちに信頼度の高いアイスランド溶岩からの系統的な絶対古地磁気強度データセットが完成すると見込まれ, 地質学的最近をカバーする南北両半球データに基づいて新しい地球磁場強度変動像が確立されることが期待される.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Yamamoto, Y., and Shaw, J., Development of the microwave LTD-DHT Shaw method for absolute paleointensity determination, Phys. Earth Planet. Inter., 170, 15-23, 2008, 査読あり
2. Yamamoto, Y., and Hoshi, H., Paleomagnetic and rock magnetic studies of the Sakurajima 1914 and 1946 andesitic lavas from Japan: A comparison of the LTD-DHT Shaw and Thellier paleointensity methods, Phys. Earth Planet. Inter., 167, 118-143, 2008, 査読あり

[学会発表] (計 5 件)

1. 山本裕二, 低温消磁2回加熱ショー法: その適用の現状と将来, 第40回岩石磁気・古地磁気夏の学校(地球電磁気・地球惑星圏学会分科会), 2008年9月17日, 宮城県奥松島パイラ松島ユースホテル
2. 山本裕二, 田中秀文, 渋谷秀敏, 星住英夫, 雲仙地域火山岩からの絶対古地磁気強度測定 - 過去50万年間の地球磁場強度変動, 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008年5月28日, 幕張メッセ(千葉県)

3. Yamamoto, Y., Study of the ancient geomagnetic field intensity variation, Kochi University - KIGAM international symposium, 2008年2月21日, 高知コアセンター (高知県)
4. Yamamoto, Y., Mochizuki, N., and Tsunakawa, H., Introduction of the LTD-DHT Shaw method and its application to historical and older volcanic rocks (招待講演), American Geophysical Union Fall Meeting, 2007年12月14日, Moscone Convention Center, San Francisco
5. 山本裕二, 古地球磁場変動の研究, 高知コアセンター合同セミナー, 2007年7月31日, 高知コアセンター (高知県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 裕二 (YAMAMOTO YUHJI)
高知大学・教育研究部自然科学系・助教
研究者番号: 00452699

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし