

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21540437

研究課題名（和文）

古地磁気強度変化曲線の絶対強度キャリブレーション

研究課題名（英文）

Calibrating the relative paleointensity standard curve.

研究代表者

渋谷 秀敏 (SHIBUYA HIDETOSHI)

熊本大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：30170921

研究成果の概要（和文）：

海洋堆積物と厳密に対比のできる火山岩を用いて、堆積物コアから求めた相対古地磁気強度（RPI）曲線と火山岩を用いた絶対古地磁気強度（API）の比較を行ない、RPI曲線のキャリブレーションを行なった。用いた火山岩は、海洋堆積物コア中で見いだされている広域テフラ給源の溶結凝灰岩、地磁気エクスカージョンを記録している火山岩、ブルネー-松山境界の火山岩である。1つの例外を除いてRPIとAPIは良い一次関係を示し、RPIが古地磁気強度の記録として適切であることが明らかになり、また、その絶対値校正に成功した。

研究成果の概要（英文）：

Comparison between Relative Paleomagnetic Intensity (RPI) of oceanic sediment cores and Absolute Paleomagnetic Intensity (API) of volcanic samples are conducted. The volcanic rocks used are welded tuffs which bear wide spread tephra observed in sediment cores, lava flows recording geomagnetic excursions, and lava flows at Brunhes-Matuyama boundary. The results give linear relationship of RPI and API, except for a welded tuff whose stratigraphic correlation is not well determined, and enable us the absolute value calibration of the RPI. It also indicates that the RPI is appropriate as the record of geomagnetic intensity variation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：地磁気・古地磁気・古地磁気強度

## 1. 研究開始当初の背景

古地磁気強度の測定は長く火山岩を用いて行なわれて来た。火山岩の年代決定の精度は地磁気変動の速さに比べて大きいので、古地磁気強度の変遷の議論は難しかった。1990

年代に入って、堆積物コアの磁化強度に適切な磁性鉱物の量を示すパラメータで補正をすることによって、古地磁気強度の連続的な変動を相対的に追えるとの主張がなされ、世界的な対比も行なわれるようになった。しか

し、堆積物コアから得られる相対値が実際にいかなる磁場強度に対応するかあまりしつかりした議論はなされていなかった。

この、絶対古地磁気強度 (API) を復元できるが変動を追うことのできない火山岩の測定、変動を連続的に記録しているが相対古地磁気強度 (RPI) しか分からない堆積物コアの測定という、二つのアプローチは学会において独立に行なわれている傾向が強く、相互に比較する研究はほとんどなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では RPI 曲線に層序的に正確に対比できる陸上の火山岩を探し、その API を測定して、比較することによって、RPI 曲線の正当性を検証し、可能であれば、RPI の絶対値校正を行なうことを目的とした。

## 3. 研究の方法

上記の目的を達成するために最大の問題点は古地磁気変動の周期が、問題としている過去数十万年の範囲では、火山岩の放射年代測定の誤差と比べて短いことである。そこで、放射年代測定に頼らず、層序学的に海洋堆積物と正確に対比のつく火山岩を考える。これには3つの可能性がある。

### (1) 広域テフラの給源となる大規模火山爆発で堆積した溶結凝灰岩

近年、日本周辺のテフロクロロジーが精力的に研究されて、数多くのテフラの層位が決められると共に、給源の火砕流と対比されるようになって来た。特に、九州には数多くの大規模火砕流が存在し、それらの層位は周辺の堆積物コアの研究から酸素同位体比層序と対比されている。RPI 研究の年代軸は酸素同位体比年代学で決められているので、火砕流 API-テフラ層序-酸素同位体比層序 (MIS) -RPI と放射年代を経由せずに、言わば誤差なしで API と RPI を対比することができる。今回の研究期間に K-Ah, AT, Aso 1~4, 加久藤, 今市, 耶馬溪, の火砕流を用いた。

### (2) 地磁気エクスカージョン時の古地磁気強度の比較

著者は過去にニュージーランドと雲仙の火山岩から地磁気エクスカージョンを発見し、報告した。それらは、それぞれ、Laschamp と Iceland Basin エクスカージョンに対比されている。海洋堆積物コア中でもこれらのエクスカージョンは報告されていて、ピンポイントの対比ができる。

### (3) ブルン-松山境界の古地磁気強度の比較

地磁気逆転境界は対比に問題はまったくなく古地磁気強度の比較ができる。

火山岩の古地磁気強度測定は基本的にショー法 (Shaw, 1974; Rolph and Shaw 1985) を Tsunakawa and Shaw (1994) が改良した、低温消磁付二回加熱ショー法 (ここでは Tsunakawa-Rolph-Saw 法 TRS 法と略する) を基本として実験した。一般的にはテリエ法 (Thellier and Thellier, 1959; Coe, 1967) が用いられることが多いが、近年の研究からテリエ法が実際より強い磁場を与えることが多いことが報告されており (Yamamoto et al., 2003, Mochizuki et al., 2004 など) 測定が複雑になるだけのメリットが見いだせないからである。いくつかの点では双方の結果の比較を行ない、TRS 法の利用が適切であることも示した。

## 4. 研究成果

(1) 溶結凝灰岩の古地磁気強度測定  
溶結凝灰岩の古地磁気強度測定結果を年代の若い方から述べる。

### ①喜界アカホヤテフラ (K-Ah)

喜界アカホヤテフラ (7250yBP) と対比されている船倉火砕流の古地磁気測定をおこなった。1 サイト7 試料について実験し、4 試料から古地磁気強度が得られた。結果は  $30.9 \pm 5.6 \mu\text{T}$ , VADM は  $59.9 \pm 11 \text{ ZAm}^2$  ( $Z$ :ゼタ= $10^{21}$ ) であった。

### ②始良丹沢テフラ (AT)

始良丹沢テフラ (28.8ka, MIS3.0) と対比される入戸火砕流の4 サイトから採集した23 試料について古地磁気強度を測定し、6 試料から結果を得た。結果は  $14.9 \pm 0.56 \mu\text{T}$ , VADM は  $28.5 \pm 1.1 \text{ ZAm}^2$  であった。

### ③阿蘇4火砕流

阿蘇4テフラは広く分布しており、年代もよく決まっている ( $89 \pm 7\text{ka}$ , MIS5.2)。阿蘇周辺の6 サイトから採集した32 試料について古地磁気強度実験を行い、9 試料から結果を得た。古地磁気強度は  $39.7 \pm 7.8 \mu\text{T}$ , VADM は  $74.2 \pm 15 \text{ ZAm}^2$  であった。

### ④阿蘇3火砕流

阿蘇3テフラの分布は限られているが、年代は  $123 \pm 6\text{ka}$  と報告されており、MIS6.2 に対比されている。3 サイトから採集した18 試料について古地磁気強度実験を行い、10 試料から結果を得た。古地磁気強度は  $28.3 \pm 3.4 \mu\text{T}$ , VADM は  $53.4 \pm 6.5 \text{ ZAm}^2$  であった。

### ⑤阿蘇2火砕流

阿蘇2テフラもあまり広く分布していない。

年代は  $141 \pm 5 \text{ka}$  と報告されており、MIS6.2/6.3に対比されている。3サイトから採集した25試料について古地磁気強度実験を行い、8試料から結果を得た。古地磁気強度は  $26.0 \pm 4.5 \mu\text{T}$ 、VADMは  $49.1 \pm 8.5 \text{ZAm}^2$ であった。

#### ⑥阿蘇1火砕流

阿蘇1テフラは日本海のODPコアで発見され、MIS8.2に対比されている。K-Ar年代は  $266 \pm 14 \text{ka}$  の報告がある。3サイトから採集した21試料について古地磁気強度実験を行い、12試料から結果を得た。古地磁気強度は  $22.2 \pm 5.3 \mu\text{T}$ 、VADMは  $41.9 \pm 9.9 \text{ZAm}^2$ であった。

#### ⑦加久藤火砕流

加久藤火砕流は最近 MIS10.0に対比された。 $340 \pm 10 \text{ka}$  の K-Ar年代が報告されている。3サイトから採集した11試料について古地磁気強度実験を行い、6試料から結果を得た。古地磁気強度は  $28.2 \pm 5.2 \mu\text{T}$ 、VADMは  $53.8 \pm 10 \text{ZAm}^2$ であった。

#### ⑧猪牟田アズキテフラ

大阪層群のアズキ火山灰層は猪牟田カルデラの今市火砕流に対比されている。この火砕流の特徴は逆帯磁であることである。従って、松山逆磁極期に噴出したこととなる。年代は  $830 \pm 20 \text{ka}$  と報告されており、MIS21.5に対比されている。2サイトから採集した6試料について古地磁気強度実験を行い、すべての試料から結果を得た。古地磁気強度は  $34.1 \pm 3.9 \mu\text{T}$ 、VADMは  $64.2 \pm 7.3 \text{ZAm}^2$ であった。

#### ⑨猪牟田ピンクテフラ

同じく猪牟田カルデラの耶馬溪火砕流は大阪層群のピンク火山灰層に対比されている。こちらは正帯磁でハラミヨサブクロンとなる。年代は  $980 \pm 20 \text{ka}$  と報告されており、MIS31.0に対比されている。1サイトから採集した5試料について古地磁気強度実験を行い、すべての試料から結果を得た。古地磁気強度は  $31.5 \pm 5.94 \mu\text{T}$ 、VADMは  $59.4 \pm 2.8 \text{ZAm}^2$ であった。

### (2) エクスカーション時の古地磁気強度

#### ①Laschamp エクスカーション

Laschamp エクスカーションの古地磁気強度は Roperch et al. (1988), Chauvin et al. (1989) で測定されている。また、筆者がニュージーランド オークランドの火山岩から発見した3つのエクスカーション (Shibuya et al. 1992) のうちの一つは Laschamp エクスカーションに対比され、古地磁気強度の測定も行なっている (Mochizuki et al., 2006)。これらの結果をまとめると  $VADM=13.2 \text{ZAm}^2$

となる。

#### ②Iceland Basin エクスカーション

筆者は雲仙火山の溶岩からエクスカーションを発見し Iceland Basin エクスカーションに対比した (Shibuya et al. 2007)。この溶岩について今回古地磁気強度測定を行ない、 $8.87 \pm 0.84 \mu\text{T}$  の磁場強度、 $16.8 \pm 6.7 \text{ZAm}^2$  の VADM を得た。

#### (3) ブルン-松山境界の古地磁気強度

ブルン-松山境界の古地磁気強度については古くより研究がある。信用度の高い、Mochizuki et al. (2011) Chauvin et al. (1990) Brown et al. (2009) Gratton et al. (2007) の結果をまとめ、 $VADM=12.3 \pm 2.8 \text{ZAm}^2$  であった。

以上の結果を Channell et al. (2009) の過去 150 万年間の相対古地磁気強度曲線：PISO-1500 と比較した。上記の VADM と PISO-1500 の同じ層準の VADM をプロットすると、ほぼ直線の関係が得られ、相関係数は 0.948 となった (Aso-2 のデータを孤立値として除いてある：後述)。この結果は相対古地磁気強度曲線が、実際に古地磁気強度の変動をかなり忠実に復元していることを示している。そもそも、RPI 曲線は、堆積物の磁化強度が地球磁場に比例することを仮定して算出されている。しかし、磁化強度は磁性鉱物の種類・濃度・抗磁力分布の関数でもあるばかりでなく、磁性鉱物以外の堆積物粒子の種類・サイズや堆積速度などにも影響される可能性がある。それを、磁性鉱物の濃度として ARM (非履歴残留磁化) や SIRM (飽和等温残留磁化) などで代表させて割算をすることで得ている。深海底堆積物の DRM (堆積残留磁化) の再現実験が不可能な以上、RPI 曲線が実際の地球磁場変動を相対的と言ってもどの程度反映しているかは未知数であった。本研究の結果は、それを確かめるものであり、今後の古地磁気強度変動の研究において、基盤となるべきものである。

上記の直線関係を  $M_p$  (Piso-1500 の VADM) と  $M_v$  (今回得られた VADM) の式で表すと、 $M_p=1.09M_v+10.3$  となった。ほぼ 1 となった傾きは比例関係が示しているが、注目すべきは  $10\text{ZAm}^2$  程度の切片が残ることである。つまり、非常に弱い磁場で磁化が 0 にならないことをわけて、二次磁化などの影響から完全には逃れられないことを示している。

松山逆磁極期の今市火砕流のデータが直線上に乗るのも注目される。正磁極期と逆磁極期で相対古地磁気強度に違いがあるとの議論があつて、磁化メカニズムと実際の磁場の大きさのいずれに原因があるのか議論が起こっているが、API との対応がつくことに

よって、しっかりした議論ができる。

最後に Aso-2 の孤立値の問題について述べたい。Aso-2 の API は RPI と比べて 2/3 程度の小さな値を与えた。原因について古地磁気強度測定の問題も考えられるが対比の方にも問題がありそうに思える。Aso-2 の方位は伏角が  $80^\circ$  と極めて特異なものであるので、コアであっても古地磁気方位測定で簡単に対比しうる。今後の活用を期待している。

ここでは、地磁気変動に関する結果のみ記載したが、古地磁気強度測定の技術面などでも、新しい手法を提案するなど、多くの寄与を加えることができた。現在、Aso 火砕流の結果を中心に Earth and Planetary Science Letters に一編投稿中であり、その他の結果も順次公表して行きたい。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Miyoshi, M., Sumino, H., Miyabuchi, Y., Shinmura, T., Mori, Y., Hasenaka, T., Furukawa, K., Uno, K., Nagao, K. (2012) K-Ar ages determined for post-caldera volcanic products from Aso volcano, central Kyushu, Japan, *J. Vol. Geoth. Res.*, **229**, 64-73. 査読有
- ② Miyoshi, M., Shibata, T., Yoshikawa, M., Sano, T., Shinmura, T., Hasenaka, T. (2011) Genetic relationship between post-caldera and caldera-forming magmas from Aso volcano, SW Japan: Constraints from Sr isotope and trace element compositions, *J. Min. Pet. Sci.*, **106**, 114-119. 査読有
- ③ Yamamoto, Y., Shibuya, H., Tanaka, H. and Hoshizumi, H. (2010) Geomagnetic paleointensity from the Unzen volcano in Japan: the field variation for the past 300 kyr and a possible absolute paleointensity record of the Iceland Basin geomagnetic excursion, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **293**, 236-249. 査読有

[学会発表] (計 11 件)

- ① T. Hatakeyama, H. Shibuya, K. Hirooka, H. Nakamura, M. Torii, A new archeomagnetic database in Japan, American Geophysical Union 2011 Fall Meeting, 2011.12.5, San Francisco U.S.A.
- ② 畠山唯達, 渋谷秀敏, 広岡公夫, 中村浩, 鳥居雅之, 日本の考古地磁気データベースの再構築, 第 130 回地球電磁気・地球惑

星圏学会講演会, 2011.11.4, 神戸大学 (神戸)

- ③ 丸内亮, 望月伸竜, 山本裕二, 渋谷秀敏, テフラを伴う阿蘇溶結凝灰岩から得た絶対古地磁気強度: 相対古地磁気強度変動曲線の較正点, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011.5.26, 幕張メッセ (千葉)
- ④ T. Maruuchi, H. Shibuya, N. Mochizuki, and Y. Yamamoto, Comparative paleointensity study of volcanic glass and whole rock samples of the Aso pyroclastic flows, American Geophysical Union 2010 Fall Meeting, 2010.12.16, San Francisco U.S.A.
- ⑤ T. Hatakeyama, H. Shibuya, Unbiased mean direction of paleomagnetic data and better estimate of paleolatitude, American Geophysical Union 2010 Fall Meeting, 2010.12.15, San Francisco U.S.A.
- ⑥ 丸内亮, 渋谷秀敏, 望月伸竜, 山本裕二, 阿蘇溶結凝灰岩および火山ガラスの LTD-DHT ショー法を用いた古地磁気強度測定, 第 128 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 2010.11.2, 沖縄県市町村自治会館 (那覇)
- ⑦ Y. Yamamoto, H. Shibuya, H. Tanaka, H. Hoshizumi, First absolute paleointensity record of the Iceland Basin geomagnetic excursion found in Unzen Volcano, Japan, and the dipolar nature of the excursion, Western Pacific Geophysical Meeting, 2010.6.24, Taipei International Convention Center, Taipei.
- ⑧ 丸内亮, 渋谷秀敏, 望月伸竜, LTD-DHT ショー法と pTRM-tail check 付テリエ法を用いた阿蘇火砕流堆積物の古地磁気強度, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010.5.25, 幕張メッセ (千葉)
- ⑨ T. Maruuchi, H. Shibuya, Paleomagnetic intensity of Aso pyroclastic flows: Additional results with LTD-DHT Shaw method, Thellier method with pTRM-tail check. American Geophysical Union 2009 Fall Meeting, 2009.12.17, San Francisco U.S.A.
- ⑩ 山本裕二 渋谷秀敏 田中秀文 星住英夫, Iceland Basin 地磁気エクスカージョンは双極子的か?-雲仙火山岩から得られた古地磁気強度測定結果からの検討, 第 126 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 2009.9.28, 金沢大学 (金沢)
- ⑪ 丸内亮 渋谷秀敏, LTD-DHT ショー法と pTRM-tail check 付テリエ法を用いた Aso-2, Aso-4 火砕流堆積物の古地磁気強度,

日本地球惑星科学連合 2009 年大会、  
2009. 5. 19、幕張メッセ（千葉）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/shibuya>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渋谷秀敏 (SHIBUYA HIDETOSHI)

熊本大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：30170921

### (3) 連携研究者

長谷中利昭 (HASENAKA TOSHIAKI)

熊本大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：50202429