

本州中部，師崎層群（前期中新世堆積物）の日間賀層から得られた古地磁気結果 Paleomagnetic results from the Himaka Formation of the Morozaki Group (Early Miocene sediments), central Honshu

星 博幸^{1*}, 並河知器¹

Hiroyuki Hoshi^{1*}, Tomoki Namikawa¹

¹ 愛知教育大学

¹ Aichi University of Education

We present new paleomagnetic results from the sedimentary rocks of the lowest formation (Himaka Formation) of the Lower Miocene Morozaki Group. The paleomagnetism of the upper formations of the group has been previously reported, but there have been no published data for the Himaka. Oriented cores were collected from 16 stratigraphic sites (horizons) from the ca. 90 m sequence on the Saku-shima (Saku Island), 4 sites from the ca. 110 m sequence on the Himaka-jima (Himaka Island), and 2 sites from the ca. 60 m sequence on the southeastern tip of the Chita Peninsula. The sampled sites consist mostly of felsic fine tuff layers, with minor siltstone units. Cylindrical specimens were subjected to stepwise alternating-field or thermal demagnetization in order to extract characteristic remanent magnetization (ChRM) components. With the exception of a few sites where the remanent magnetization has been seriously affected by a normal-polarity secondary overprint, the Himaka Formation sites have reverse-polarity ChRM directions. Taking the magnetostratigraphy of the upper formations of the Morozaki Group into consideration, the Himaka Formation is correlative with Chronozone C5Dr (18.056-17.533 Ma). The site-mean ChRM directions are marked by a paleo-declination that is consistently southwest (reverse polarity). This is compatible with site-mean directions of the upper formations and can be explained by assuming a clockwise tectonic rotation. The paleo-declination of the Himaka Formation is deflected 10-20° counterclockwise relative to the strike of the nearby Median Tectonic Line (MTL). This is also the case for the Shitara area (ca. 70 km to the northeast) and the Chichibu area (Kanto Mountains), indicating that the MTL had the same strike direction in these three areas in the late Early Miocene.

キーワード: 古地磁気学, 日間賀層, 師崎層群, 中央構造線, 回転運動, 前期中新世

Keywords: paleomagnetism, Himaka Formation, Morozaki Group, Median Tectonic Line, tectonic rotation, Early Miocene

コリマ-オモロン地塊（極東ロシア）の白亜紀の古地磁気学 Paleomagnetic study of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt at Magadan, Kolyma-Omolon Superterrane, Russia

乙藤 洋一郎^{1*}, 正垣 源¹

Yo-ichiro Otofuji^{1*}, Gen Shogaki¹

¹ 神戸大学

¹ Kobe University

Post-Cretaceous tectonic deformation of Eurasian continent can be estimated by comparison of Cretaceous paleomagnetic pole positions from its western and eastern extreme areas. We choose the Kolyma-Omolon Superterrane as one of the eastern extreme. Late Cretaceous ignimbrites are collected at 19 sites from the Kholchan Suite in the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt at the north of Magadan (60.4N, 151.0E) in the terrane. Characteristic paleomagnetic directions are isolated from 16 sites by AF demagnetization and their primary nature is ascertained through presence of both normal and reversed polarities. Late Cretaceous paleomagnetic direction after tilt correction is $D=17.6$, $I=82.5$, $k=13.1$, $a95=10.5$, $N=16$ at Magadan, corresponding to a paleomagnetic pole at Long. = 166.7, Lat. = 72.4, $A95=18.9$. This pole falls on the pole position for the Chukotka, indicating the Kolyma-Omolon Superterrane and Chukotka behaved as a tectonic unit since Late Cretaceous. Compared with Late Cretaceous poles from Europe and the Mongolia block, pole positions from the Mongolia block, Eurasia and Magadan are arranged from the north to south along longitude of 170E. Disagreement of pole positions of western and eastern extreme areas suggests occurrence of deformation of the Eurasian continent later than Late Cretaceous. Pole positions from the Kolyma-Omolon-Chukotka block and Mongol block implies southward displacement of the Kolyma-Omolon-Chukotka block and northward displacement of the Mongol block. Continuation of closure of the Mongol-Okhotsk Ocean is one of post-Cretaceous tectonic deformation aspects within Eurasian continent.

キーワード: 古地磁気, テクトニクス, 白亜紀, アジア大陸

Keywords: paleomagnetism, tectonics, Cretaceous, Asian continent

熱消磁装置付き 3 成分スピナー磁力計 ”tspin” の改良 Updated three-component spinner magnetometer with thermal demagnetizer ”tspin”

福岡 浩司^{1*}, 河野 長²
Koji Fukuma^{1*}, Masaru Kono²

¹ 同志社大学理工学部, ² 東京工業大学グローバルエッジ研究院
¹Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ., ²Global Edge Institute, Tokyo Institute of Technology

”tspin”と呼ばれる熱消磁装置を備えた 3 成分スピナー磁力計が、熱消磁とテリ工法を含めたルーチンの残留磁気測定に使用できるようになった。オリジナルな装置のデザインと球面調和解析に基づくデータ処理は既に河野ほか (1991) によって開発されている。

”tspin”では、標準サイズ (1 インチ) 試験片の 3 つの残留磁化成分を、試験片の向きを変えずに、単一のフラックスゲートセンサーによって測定することができる。石英管ホルダーに取り付けられた試験片について、従来のスピナー磁力計のように 1 つの軸のまわりに回転させ、回転軸に垂直な面内の磁化成分を得るだけでなく、軸に沿って平行移動させることにより軸方向の磁化成分も得ることができる。今回、石英管を回転軸にチャックで接続するようにデザインを変えたので、レーザーレベルを使用して正確に試験片の方位をセットした上で、面内成分の偏角を較正することができた。実効感度は現在 $5E-8 \text{ Am}^2$ であるが、磁気シールドルーム内に設置した場合は 1 桁改善されるだろう。

700 まで加熱できる電気炉がフラックスゲートセンサーと同じ μ メタルシールド内に設置されており、冷却位置は炉とセンサーの間に置かれている。測定後、試料片はすでに次のステップの温度に維持されている炉内に挿入される。この手順により試料片に対して常に同じ加熱処理を行うことができ、テリ工法実験の zero-field と in-field での加熱の再現性を保つために特に重要である。ダミーの玄武岩試料に K 型熱電対を取り付けることによって、温度較正を行った。

現在、段階熱消磁とテリ工法を伴う測定を LabVIEW で作成したソフトウェアを使用して自動的に行うことができる。ソフトウェアを実行する前に、温度ステップと炉内での滞留時間を指定するだけである。Zijderveld 図と Arai 図は測定の途中でディスプレイ上に描画される。試験片の向きを変える必要がなく、加熱、冷却および測定の間 μ メタルシールドから試験片を取り出すことなく測定できるため、Zijderveld 図と Arai 図上で非常に美しい直線を見ることができる。”tspin”を導入することによって、骨の折れるテリ工法による古地磁気強度実験をはるかに容易かつ正確に実行できるようになった。

キーワード: 古地磁気強度, テリ工法, 磁力計, 熱消磁

Keywords: paleointensity, Thellier method, magnetometer, thermal demagnetization

IODP 第320次航海によりルイビル海山列から得られた火山岩類の岩石磁気 Rock magnetism of the volcanic materials recovered from Louisville Seamounts during IODP Expedition 330

山本 裕二^{1*}, 山崎 俊嗣², 星 博幸³

Yuhji Yamamoto^{1*}, Toshitsugu Yamazaki², Hiroyuki Hoshi³

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 愛知教育大学

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo,

³Aichi University of Education

Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 330 recovered volcanic materials from seamounts along the northwestern part of the Louisville hotspot track (50-74 Ma). The recovered materials include basalts which are considered to be erupted under subaerial or shallow submarine conditions. We have been trying absolute paleointensity measurements on them, and we in parallel have studied rock magnetic properties to assess the paleointensity results. In the present study we mainly focus on thermomagnetic properties.

Thermomagnetic analyses using a magnetic balance (Natsuhara Giken NMB-89) in vacuum condition have been made on 57 rock chips from Site U1372, 28 chips from Site U1373, 140 chips from Site U1374, 44 chips from Site U1376, and 19 chips from Site U1377 (288 chips in total). The resultant curves can be classified into the five types (A, B, C, D, and E).

Type A: almost reversible thermomagnetic curves observed in 38 specimens. They show a single phase of Ti-poor titanomagnetite with T_c (Curie temperature) higher than ~ 500 degC.

Type B: almost reversible thermomagnetic curves recognized in 18 specimens. The difference from type A curves is existence of Ti-rich titanomagnetite phases with T_c lower than ~ 500 degC, in addition to the high T_c ($> \sim 500$ degC) phase.

Type C: somewhat irreversible thermomagnetic curves found in 49 specimens. They show a single phase of Ti-poor titanomagnetite with T_c higher than ~ 500 degC, however, cooling curves result in reduction in induced magnetization relative to heating curves in most cases. At ~ 50 degC, amount of the reduction is about 20-60 percent.

Type D: irreversible thermomagnetic curves seen in 50 specimens. They are usually characterized by two phases of titanomagnetite, one with moderate Ti content ($T_c \sim 150-300$ degC) and the other with low Ti content ($T_c > \sim 450$ degC). Cooling curves outweigh heating curves in most cases.

Type E: irreversible thermomagnetic curves occurred in 133 specimens. They exhibit relatively low T_c ($\sim 200-300$ degC) components followed by bumps of high T_c ($\sim 400-500$ degC) in heating curves. The bumps are considered to originate from inversion of titanomaghemite. Cooling curves outweigh heating curves in most cases.

Some of the selected specimens will be analyzed using scanning electron microprobe and other instruments. We will report these results together with the thermomagnetic ones.

IODP Site C0012 で採取された海底玄武岩質岩石の岩石磁気 Rockmagnetism of submarine basaltic rocks from IODP Site C0012

小田 啓邦^{1*}, 山本 裕二², 山本 由弦³, 林 為人³, Xixi Zhao⁴, Huaichun Wu⁶, 鳥居雅之⁶, 金松 敏也³, 石塚 治¹
Hirokuni Oda^{1*}, Yuhji Yamamoto², Yuzuru Yamamoto³, Weiren Lin³, Xixi Zhao⁴, Huaichun Wu⁶, Masayuki Torii⁶, Toshiya Kanamatsu³, Osamu Ishizuka¹

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² 高知大学, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ University of California, Santa Cruz, ⁵ China University of Geosciences, Beijing, ⁶ 岡山理科大学

¹ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ² Kochi University, ³ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴ University of California, Santa Cruz, ⁵ China University of Geosciences, Beijing, ⁶ Okayama University of Science

The IODP Expeditions 322 & 333 penetrated sediments-basement boundary and recovered successive cores at Site C0012 situated on a topographic high named Kashinosaki Knoll. The collected basement samples are composed of alternating beds of pillow basalts and hyaroclastite and were retrieved by rotary core barrel drilling system. Paleomagnetic measurements on basaltic basement rocks from Site C0012 show that the stable magnetization has reversed polarity. Rock magnetic experiments were conducted to understand the magnetic minerals contributing to the primary magnetization. Thermomagnetic curves during heating in air shows a hump around 500degC which cannot be seen for the curve in vacuum, Ar or He atmosphere. This can be interpreted as a result of oxidation of the magnetic mineral. The results in air, vacuum, Ar and He show maximum curvatures at 326degC, 332degC, 328degC and 303degC, which might show a Curie temperature of the natural magnetic mineral (titanomaghemite). The peaks at around 402degC, 392degC and 424degC in vacuum, Ar and He might correspond to break down (decomposition) of magnetic minerals (titanomaghemite) by heating. A hump at 493degC for the heating curve in He could not be resolved enough in the heating curve up to 527degC. This might be a result of the multiple heatings and heating rates, which suggest the progressive production of titanomagnetite (from titanomaghemite) and subsequent hematite production (reduction in magnetization intensity). Low-temperature magnetic measurements were also conducted and will be interpreted together with Curie temperatures.

キーワード: 岩石磁気, 海底玄武岩, 低温磁性, キュリー温度, Kashinosaki Knoll

Keywords: rock magnetism, submarine basalt, low temperature magnetometry, Curie temperature, Kashinosaki Knoll

阿蘇火山中央火口丘群における完新世火山噴出物の古地磁気学的研究 Paleomagnetic study of the Holocene volcanic rocks from post-caldera central cones of Aso Volcano

弥頭 隆典¹, 望月 伸竜^{2*}, 宮縁 育夫³, 久保田 恭平⁴, 渋谷 秀敏¹

Takanori Yato¹, Nobutatsu Mochizuki^{2*}, Yasuo Miyabuchi³, Kyohei Kubota⁴, Hidetoshi Shibuya¹

¹ 熊本大学自然科学研究科, ² 熊本大学大学院先導機構, ³ 熊本大学教育学部, ⁴ 御船中学校

¹Department of Earth and Environmental Sciences, Kumamoto University, ²Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, ³Faculty of Education, Kumamoto University, ⁴Mifune Junior High School

地磁気方位は緩やかに(200年に十数度程度)変動しているので(永年変化)形成年代が近いと推定されている火山岩の古地磁気方位を比較することで、両者の形成時期にどの程度の時間差(例:数十年以内/以上、数百年以上)があったのかを見積もることができる。その際には、精度の良い(95%信頼限界の小さい)古地磁気方位データを得た上で議論する必要がある。本研究では、阿蘇火山の火山活動史に新しい制約を与えることを念頭に、阿蘇火山中央火口丘群の若い溶岩流・スコリアの古地磁気方位測定を行った。これらの溶岩・スコリアは、過去のテフラ層序学的な研究(e.g. Miyabuchi, 2009)によれば鬼界アカホヤテフラ(7300年前)以降に噴出したとされている。

本研究では、7ユニットにおいて25サイトをもうけて定方位サンプリングを行った。得られる古地磁気方位の信頼性を確認するため、6つのユニットでは複数のサイトをもうけた。全25サイトのうち19サイトからは95%信頼限界が5度以下の精度の良い平均方位(古地磁気方位)が得られた。6サイトでは、平均方位の95%信頼限界が5度以上であった。これらの6サイトの自然残留磁化強度は強い傾向があった。このことから、局所的な磁気異常が自然残留磁化方位のばらつきの原因になった可能性がある。以降の議論には、信頼度の高いデータを用いる。

阿蘇火山地質図(小野・渡辺, 1985)において1枚に区分されていた溶岩の各サイトの平均方位を比較したところ、異なる方位が得られた例があった。杵島岳溶岩・往生岳溶岩・中岳新期山体溶岩には、形成時期が数十~数百年以上離れた複数回の溶岩流が含まれていると考えられる。また、上米塚スコリア・杵島岳溶岩の2サイト・往生岳溶岩の2サイト・中岳新期山体溶岩の2サイトから得られた平均方位は95%信頼限界の範囲で一致した。この古地磁気方位の一致は、複数の火口から同時期(数十年以内)に広範囲に溶岩流が流下した可能性を示唆している。テフラ層序学的な研究の結果を踏まえるならば、この同時噴火イベントは、3000~5000年前に起きたと推定される。

キーワード: 古地磁気方位, 阿蘇火山, 溶岩, スコリア, 同時噴火

Keywords: paleomagnetic direction, Aso Volcano, lava, scoria, simultaneous eruptions

秋田県一ノ目潟の堆積物に記録された完新世の古地磁気永年変化 Paleomagnetic secular variation record from the Holocene sediment of the Ichi-no-megata marr, Akira Prefecture

林田明^{1*}, 安樂和央¹, 秦雪絵¹, 藤岡紀子¹, 山田和芳², 篠塚良嗣³, 米延仁志⁴, 五反田克也⁵, 原口強⁶, 安田喜憲⁷
Akira Hayashida^{1*}, Kazuhiro Anraku¹, Yukie Hata¹, Noriko Fujioka¹, Kazuyoshi Yamada², YOSHITSUGU SHINOZUKA³,
Hitoshi Yonenobu⁴, Katsuya Gotanda⁵, Tsuyoshi Haraguchi⁶, Yoshinori Yasuda⁷

¹同志社大学工学部, ²早稲田大学, ³北海道大学, ⁴鳴戸教育大学, ⁵千葉商科大学, ⁶大阪市立大学, ⁷東北大学
¹Doshisha University, ²Waseda University, ³Hokkaido University, ⁴Naruto University of Education, ⁵Chiba University of Commerce, ⁶Osaka City University, ⁷Tohoku University

The Ichi-no-megata is a maar lake located in the Oga Peninsula, Akira Prefecture, which has a maximum water depth about 45 m. In 2006, core samples of the sub-bottom sediments were obtained at three holes in the central part. The core sediments, mostly composed of laminated clay or silt intercalating sandy turbidite layers and tephra deposits, provided a composite sedimentary profile of about 37 m long. Results of tephra analysis and radiocarbon dating suggested that the interval above the volcanic products from the adjacent San-no-megata maar (23.7 to 32.3 m deep) covers a time period since about 25 ka with a nearly constant sedimentation rate about 0.71 m/ky.

Using pass-through methods, we measured magnetic susceptibility and natural remanent magnetization (NRM) of u-channel samples. The magnetic susceptibility data confirmed the hole-to-hole correlation based on lithologic observations. Stepwise AF demagnetization of the NRM showed that the remanence is essentially composed of a single stable component. Because the studied sequence comprises of core segments typically about 80 cm long, a continuous record of declination change was not obtained. Inclination data is characterized by an average value about 50 degree and amplitudes comparable with a paleomagnetic secular variation (PSV). In particular, the inclination variation above 9 m deep shows a good similarity with the Holocene PSV record reported from Lake Biwa. Occurrence of the Kikai-Akahoya tephra (7.3 ka) in both sequences support correlation of the two records, suggesting usefulness of PSV records in high-resolution stratigraphic correlation at a regional scale.

キーワード: 古地磁気永年変化, 年縞堆積物, 残留磁化, 初磁化率

Keywords: paleomagnetic secular variation, annual verve, remanent magnetization, magnetic susceptibility

岡山県備前市佐山地区2古窯から導き出された古地磁気方位と強度 Paleodirections and intensities from two old kilns in Okayama prefecture

北原 優^{1*}, 玉井 優¹, 畠山 唯達¹, 鳥居 雅之¹, 山本 裕二²

Yu Kitahara^{1*}, Yutaka Tamai¹, Tadahiro Hatakeyama¹, Masayuki Torii¹, Yuhji Yamamoto²

¹ 岡山理科大学, ² 高知大学

¹Okayama University of Science, ²Kochi University

須恵器窯などの窯業遺跡から発掘される考古資料は、1000 を超える高温で焼成されているため、非常に保存性の良い熱残留磁化を記録している。また、その年代は発掘される土器から良く分かっているものが多い。従って、考古地磁気学は過去数百年から数千年の地磁気永年変化を調べるために広く利用されている。しかし、現在公開されている日本における地磁気永年変化の標準曲線に使用されているデータの個数は、方位が 682 個、強度が 63 個と少ない。本研究は、岡山県備前市に位置する 2 基の窯跡（佐山新池 1 号窯跡、佐山東山奥窯跡）より焼土試料を採取し、操業当時の古地磁気方位と強度を決定し、考古地磁気データベースの充実に寄与することを目的として行った。

古地磁気方位は、両窯跡より採取した焼土試料（床および壁面；残留磁化強度 $10^{-1} \sim 10^1$ A/m）を 0 ~ 100mT の範囲で段階交流消磁をしながら残留磁化測定をして主成分を決定した。その結果、求められた平均磁化方向は、新池（n=59）が $D = -13.8 \pm 1.8^\circ$, $I = 51.6 \pm 1.6^\circ$ 、東山奥（n=24）が $D = -11.6 \pm 2.8^\circ$, $I = 46.7 \pm 1.9^\circ$ となった。また、両地点ともに、データが非常に高い集中を示している（新池： $\alpha_{95} = 1.1^\circ$, $k = 261.7$ 東山奥： $\alpha_{95} = 1.9^\circ$, $k = 253.7$ ）。

岩石磁気学的分析によって、両窯跡の焼土試料の残留磁化を担う磁性鉱物はマグネタイトが多数を占め、過熱による変質の影響も少ないことが分かった。これは、この試料が通常の古地磁気強度測定で使われる IZZI 法と綱川 ショー法に適していることを示しているため、この 2 つの手法を用いて古地磁気強度測定を行った。その結果、IZZI 法による平均磁化強度は、新池（n=4）が $61.3 \pm 3.2 \mu\text{T}$ 、東山奥（n=8）が $53.6 \pm 7.1 \mu\text{T}$ となり、ショー法による強度は、新池（n=2）が $54.1 \pm 10.6 \mu\text{T}$ 、東山奥（n=2）が $67.1 \pm 10.7 \mu\text{T}$ となった。

以上のことから平均磁化方向に関しては、上述の結果を標準曲線（畠山ら, 2012）上に記載し、考古学年代（新池が 8 世紀後半、東山奥が 9 ~ 11 世紀と推定されている。）と比較すると誤差の範囲で一致している。また、平均磁化強度に関しては標準曲線（Yoshihara et al., 2003）上に記載すると、IZZI 法による強度の方がより考古学年代に近い値を示す傾向が見られる。このことから、今回の試料に関しては IZZI 法の方が測定に適していると考えられる。

キーワード: 考古地磁気学, 古地磁気方位, 古地磁気強度, 須恵器窯

Keywords: Archaeomagnetism, Paleomagnetic direction, Paleomagnetic intensity, Old kilns of Sueki Potteries

三瓶日影山溶岩における Laschamp エクスカーションの探索

Searching a paleomagnetic record of the Laschamp excursion in the Hikageyama lava of the Sanbe volcano

西山 洋人^{1*}, 林田 明², 沢田 順弘³, 檀原 徹⁴, 河野 重範⁵

Hiroto Nishiyama^{1*}, Akira Hayashida², Yoshihiro Sawada³, Tohru Danhara⁴, Shigenori Kawano⁵

¹ 同志社大・院・理工学研究科・数理環境科学, ² 同志社大・環境システム, ³ 島根大学, ⁴ 京都フィッション・トラック(株),
⁵ 島根県立三瓶自然館

¹Sci. Environ. Math. Model., Grad. Sci.&Engi., Doshisha Univ., ²Dept. Environ. Sys. Sci., Doshisha Univ., ³Shimane University,
⁴Kyoto Fission Track Ltd., ⁵Shimane Nature Museum of Mt.Sambe

Laschamp エクスカーションは、フランス Chaîne des Puys (Massif Central) の溶岩から初めて発見された後期ブルネ正磁極期の地磁気エクスカーションである。最近では Singer et al. (2009) により、溶岩の放射年代測定値およびグリーンランド氷床コア、堆積物との対比から Laschamp エクスカーションの年代値として約 41 ka が得られ、亜間氷期の Dansgaard-Oeschger (D-O) 10 と関連していることが分かっている。また、西南日本の広域テフラである三瓶池田火山灰 (SI) は、43 - 46 ka の年代値までさかのぼる証拠となる。これより、Laschamp エクスカーションが、SI の上位にあたる火山岩や連続した堆積物に記録されていることが期待される。

そこで、本研究では SI の供給源である池田軽石堆積物の上位にあたる三瓶日影山溶岩について古地磁気測定を行った。9 地点から定方位試料を採取して、スピナー磁力計により自然残留磁化 (NRM) を測定した。段階交流消磁 (AFD) より、ほとんどのサンプルは磁化成分が 1 つであったが、一部のサンプルでは交流磁場のピーク 100 mT まででは消磁できない、かたい残留磁化を示すことが分かった。そして、試料のジルコン結晶からはフィッション・トラック (FT) 年代として 36 \pm 7 ka が得られた。

9 地点のなかから日影山東部の 4 地点で一致したサイト平均方位が得られ、これは伏角が浅く偏角が東寄りの特異なものであった。これらのサイト平均は古地磁気永年変化の幅を超えるものであり、仮想地磁気極 (VGP) は地理的北極からずれたアメリカ北東部 約 50 N 100 W と求められた。したがって、Laschamp エクスカーションの期間に噴出した可能性のある三瓶日影山溶岩が、特異な地球磁場を記録したものであると推定される。

キーワード: 地磁気エクスカーション, Laschamp エクスカーション, 仮想地磁気極, 三瓶日影山溶岩

Keywords: Geomagnetic excursion, Laschamp excursion, Virtual geomagnetic pole, Hikageyama lava

A preliminary study on the geomagnetic paleointensity experiments using single zircon crystal

A preliminary study on the geomagnetic paleointensity experiments using single zircon crystal

佐藤 雅彦^{1*}, 山本 伸次², 綱川 秀夫³, 山本 裕二⁴, 岡田 吉弘³, 大野 正夫¹

Masahiko Sato^{1*}, Shinji Yamamoto², Hideo Tsunakawa³, Yuhji Yamamoto⁴, Yoshihiro Okada³, Masao Ohno¹

¹九州大学, ²東京大学, ³東京工業大学, ⁴高知大学

¹Kyushu University, ²Tokyo University, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴Kochi University

Geomagnetic paleointensity data provides critical information such as thermal evolution of the Earth [1]. Also a state of geomagnetic field closely relates to a surface environment [2]. It is pivotal to know the variation of geomagnetic field intensity throughout the history of the Earth.

Paleointensity have been intensively recovered from whole rock samples for several decades [3]. Recently, high-sensitivity superconducting quantum interference device (SQUID) magnetometer has enabled us to measure natural remanent magnetization (NRM) of single silicate crystal extracted from a rock sample [4], increasing the success rate of the paleomagnetic experiments. However, until now, we have not yet obtained enough data to resolve billion-year-scale geomagnetic field variation, and need to obtain more paleointensity data, especially older than 5 Ma [3].

In the present study, we focus on a single zircon crystal. Since river sand originates in rocks widely distributed in river basin, detrital zircons in the sand have various ages [5]. If the geomagnetic paleointensity can be measured using the single zircon crystal, we will probably obtain paleomagnetic data enough to resolve the long-term geomagnetic field variation.

Zircon crystals used in this study were sampled from sands of Nakagawa River, Tanzawa Mountain. We have conducted a suite of basic rock-magnetic measurement on assemblage of 26 zircon crystals: isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition, stepwise alternating field demagnetization (AFD) of saturation IRM (SIRM), and low-temperature cycle using a Magnetic Property Measurement System (MPMS). Magnetic properties of the zircon crystals have been resulted in as follows: (1) the crystals contain nearly pure magnetite (Fe_3O_4), and they are in both single-domain (SD) and multi-domain (MD) states, (2) SIRM intensity is about $1 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg} \times 1 \text{ mg} = 1 \times 10^{-9} \text{ Am}^2$), and (3) SIRM has high-coercivity fraction up to 20 mT.

Existence of the SD magnetite contained in the zircon crystals has the potential to recover the paleomagnetic information. Taking into account the existence of MD magnetite, stepwise-demagnetization after low-temperature demagnetization (LTD) is an efficient approach for paleomagnetic measurement. Now, our plan is to conduct LTD/stepwise-AFD measurement of NRM and IRM for single zircon crystal by using SQUID magnetometer. On the basis of the rock-magnetic studies and the NRM/IRM measurements, we will discuss the feasibility of the paleointensity experiment using single zircon crystal.

References: [1] Stevenson, D. J. et al. (1983), *Icarus* 54, 466. [2] Kulikov, Y. N. et al. (2007), *Space Sci. Rev.* 129, 207. [3] Kono, M. (2007), *Geomagnetism: Treatise on Geophysics*, pp. 608. [4] Tarduno, A. J. et al. (2006), *Rev. Geophys.* 41, RG1002. [5] Rino, S. et al. (2008), *Gondwana Res.* 14, 51.

キーワード: Single Zircon Crystal, Geomagnetic Paleointensity

Keywords: Single Zircon Crystal, Geomagnetic Paleointensity

溶結凝灰岩の古地磁気強度測定: 屈曲した NRM-TRM1* プロットについての検討 Paleointensity determination of welded tuffs: Investigation on the curved NRM-TRM1* plots

藤井 哲夢^{1*}, 望月 伸竜², 長谷川 健³, 岡田 誠³, 渋谷 秀敏¹

Satomu Fujii^{1*}, Nobutatsu Mochizuki², Takeshi Hasegawa³, Makoto Okada³, Hidetoshi Shibuya¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 熊本大学大学院先端機構, ³ 茨城大学理学部理学科

¹ Department of Earth and Environmental Sci., Kumamoto Univ., ² Priority Org. for Innovation and Excellence, Kumamoto Univ.,

³ Department of Earth Sci., Faculty of Sci. Ibaraki Univ

広域テフラには、酸素同位体比年代スケールの測定されている海洋堆積物コア中に確認されているものがある。そのような広域テフラに対比される溶結凝灰岩を用いることで、得られた絶対古地磁気強度を酸素同位体層序に対比することができる。即ち、絶対古地磁気強度と酸素同位体比年代スケール上の相対古地磁気強度を年代誤差なく比較できる可能性がある。このことを踏まえて、我々は広域テフラを伴う溶結凝灰岩を用いた古地磁気強度測定を進めている。前回の連合大会では、入戸・船倉・加久藤・今市・耶馬溪溶結凝灰岩の計5ユニット(11サイト)(それぞれ広域テフラの AT, K-Ah, Kkt, Ss-Az, Ss-Pnk に対比される)の LTD-DHT ショー法による古地磁気強度測定の結果を報告した。

その後、上記に加えて11ユニット(19サイト)のサンプリングを行い、古地磁気強度測定を進めている。現在までに、サンプリングした計16ユニット(計30サイト)の内、9ユニット(18サイト)から古地磁気強度を得た。一方で、合格基準を満たす試料がなく、データが得られないサイトが8サイトある。そのようなサイトは、NRM-TRM1* プロットが上向きに屈曲する傾向があり、合格基準の1つである相関係数 r_N が0.995を下回ることによって棄却されることが多い。我々はNRMに原因があると考え、それらのサイトのブロック温度分布と保磁力分布に注目した。その結果、屈曲したNRM-TRM1* プロットを示すサイトにおいては、ブロック温度分布のピークが2つ見られる傾向がある。一方で、直線的なNRM-TRM1* プロットを示すサイトにおいては、ブロック温度分布のピークが比較的1つに集中する傾向がある。これらのサイトに対して岩石磁気学的測定を行い、NRM-TRM1* プロットが屈曲する原因を議論する予定である。

キーワード: 古地磁気強度, 溶結凝灰岩, LTD-DHT ショー法, ブロック温度, 岩石磁気

Keywords: paleointensity, welded tuff, LTD-DHT Shaw method, blocking temperature, rock magnetism

地磁気の直接観測による地球中心核モデリング：外核表面におけるトロイダル磁場分布

Modelling the Earth's core from geomagnetic observations: toroidal magnetic field near the core surface

浅利 晴紀^{1*}

Seiki Asari^{1*}

¹ ドイツ・ポツダム大学

¹ University of Potsdam, Germany

本研究の主題は、人工衛星を用いた地磁気の直接観測による中心核の構造およびダイナミクスの解明である。本発表では、外核表面でのトロイダル磁場分布の推定について報告する。トロイダル磁場は、核内部で卓越し、球殻ダイナモにおいて重要な役割を果たし得る。従って、地球ダイナモを含む核のダイナミクスを理解する上で、その分布を知ることが望ましい。しかし、トロイダル磁場は、地球表面（およびその上）では直接観測されない。そのため地球深部におけるトロイダル磁場の分布は、ポロイダル磁場のように単純な下方接続によって推定することができない。

今回の推定では、電磁流体の力学理論を観測に組み合わせる方法を考案し実施する。主磁場の永年変動モデルから外核表面の流体の流れを逆推定する手法は、既に確立されている。そこで、この逆推定の際に「磁衡流平衡」を制約として仮定し (Asari & Lesur, 2011)、得られた磁衡流モデルからローレンツ力の水平成分の分布を計算する。ローレンツ力からは、外核表面におけるポロイダル電流の水平成分が導かれる。これを核-マントル境界での境界条件とし、マントル内で誘導方程式を解くことにより、核表面におけるトロイダル磁場の分布を求める。

上記の手順は、関連するパラメータを球面調和関数で展開することにより、全てスペクトル領域で行われる。主磁場モデルには、人工衛星 CHAMP の観測データに基づいた GRIMM2 (2000.0年-2010.0年) を使う。導かれるトロイダル磁場には不確定性が伴う。流れのモデル推定に任意性があるためである。そこで、磁衡流モデルを連続的に地衡流へと近づけようとして制約を変化させながら、様々なトロイダル磁場分布を推定することにする。

推定されたポロイダル電流分布は、別に行われた数値ダイナモ実験の結果との比較により評価される。これは、電流に関して他に先験的情報が殆ど無いためである。両者に特徴的な類似性が見られるのは、磁衡流モデルが地衡流にある程度近づけられた際である。このときポロイダル電流は、地衡性の弱い低緯度に集中し、地理赤道に並行に伸びた収束/発散を持つ。一方、磁衡性の強い磁衡流モデルは却下される。高緯度にも目立った電流が存在し、数値実験と共通した電流分布の特徴が見られない。採用された磁衡流モデルに伴うトロイダル磁場は、低緯度で方位角成分に強い磁束を持つような分布となる。これは、外核表面付近の上昇流のシナリオとも一貫する。すなわち、核-マントル境界におけるポロイダル磁場が大西洋半球の赤道域で特に強いのは、トロイダル磁場が同地域の上昇流により歪められ核表面から出現することに依る、というものである。

キーワード: 地球中心核, ダイナモ, 地球磁場, 人工衛星磁場観測, 外核の流れ, 逆推定

Keywords: core, dynamo, geomagnetic field, satellite magnetic observation, core flow, inversion

海嶺付近の交替地磁気異常は地球磁場の大局的反転によって形成されたのではない It was not switching global geo-magnetic fields that created the alternating anomalies over oceanic ridges

間遠 伸一郎^{1*}

Shinichiro Mado^{1*}

¹ 間遠総合学術研究所

¹MAROSA

[1] はじめに

地球の大局的磁場は、約 67 万年ごとに S 極と N 極が交替すると言われているが、そのような地球磁場の周期的交替の証拠とされているのは、観測される局所的な地磁気異常だけである。大局的地球磁場の極性交替が直接観測された事実は存在しない。

海嶺付近の交替地磁気模様も、あくまでも、局所的な現象に過ぎない。したがって、このような局所的な事実から地球全体の大局的な地磁場の周期的交替までが結論できるのかどうかの問題である。

本論では、海嶺付近の交替地磁気模様について、異なるメカニズムが考えられることを指摘し、それによって、地球全体の大局的地球磁場の周期的極性交替を想定することが必ずしも必要ないことを明らかにする。

[2] 地球磁場の周期的交替と地磁気異常

地球の地磁気は過去 100 万年あたり 1.5 回程度の頻度（約 67 万年に 1 回）で反転していると考えられている。

この認識は、海洋底の地磁気異常の磁気模様の実証データと海洋底の年代の推定値を照らし合わせることによって、海洋底の拡大速度と同時に地磁気反転の周期が特定できることから得られた認識である。

しかしながら、観察されるのは局所的な事実だけである。はたして、このような局所的な地磁気異常の事実から、地球全体の大局的地球磁場の周期的交替を結論付けることが許されるのだろうか。

[3] 海嶺付近の地磁気異常

ヴァイン & マシューズ (Vine & Matthews, 1967, *Nature*) による、海嶺付近の地磁気異常についての実証研究がある。彼らは、海嶺付近の地磁気異常が、海洋底全体に拡張できると考え、その交替模様から、海洋底が、海嶺から流れ出た溶岩によって形成されたものであり、海洋底は次第に拡張されたのだと結論づけた。彼らの推定によっても、海洋底が形成されるには 1 億 5 千万年以下の比較的短い年月しかかからなかったとされた。

[4] 局所地磁場による交替地磁気異常形成メカニズム

ヴァイン & マシューズによって確かめられた地磁気の局所的交替のしま模様については、しかしながら、彼らが考えたように、地球の大局的地球磁場をその方向に受け取ったものとするのは早計である。局所的地球磁場の交替磁化模様は、全く異なるメカニズムによって形成される（図を参照）。

このメカニズムは、いたって簡単な物理的事実に基づいている。つまり、磁石の S 極にひきつけられるのは磁石の N 極であり、S 極同士は反発する。また、N 極にひきつけられるのは S 極であり、N 極同士は反発する。

海嶺から流れ出た鉄を特に多く含む溶岩が冷え固まる時に、磁気対称性が破れて磁化される方向は、溶岩の内部のマイクロ磁石がこの物理法則にしたがって整列するものであるため、周辺磁場の N 極の方向をマイクロ磁石の S 極が向き、周辺磁場の S 極の方向をマイクロ磁石の N 極が向く。そのため、新しく冷え固まった溶岩が及ぼす新しい周辺磁場は、最初の周辺磁場の向きとは逆方向になる必然性がある。

仮に最初に流れ出た溶岩がグローバルな地球磁場を受け取って冷えて固まったとしてみよう。この溶岩は、地球自身が及ぼす周辺磁場とは逆方向の磁場を受け取っているはずである。その溶岩は、今度は周囲に、受け取った磁場に基づく逆方向の磁場を周辺磁場として及ぼす。その結果、地磁気方向が逆方向になる。つまり、S 極と N 極が逆転する。この溶岩が冷え固まった後に、2 番目の溶岩が流れ出て、冷え固まったとすると、2 番目の溶岩は、最初に流れ出て冷え固まった溶岩がつくる局所的磁場に基づいてその磁場とは逆方向に磁化される。

このように、溶岩が冷え固まる時に既存の局所地磁場により溶岩内部のマイクロ磁石が整列する磁化の仕組みから、地磁気模様は必ずその都度逆方向になり交替縞模様を形成する。また、このようなメカニズムによる交替縞模様は、水平方向ばかりではなく、垂直方向にも形成される。この事実はヴァイン & マシューズ (1967) と一致する。

[5] 地球磁場は交替しない

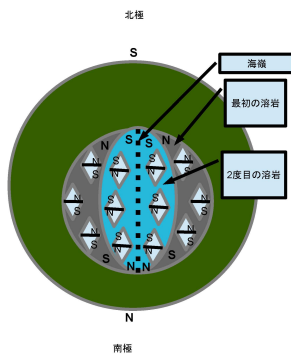
従来、グローバルな地球磁場の周期的交替の根拠とされてきた地磁気の局所的交替模様は、その形成メカニズムが局所地磁場による必然的なものと考えられるので、地球全体の地磁場の周期的交替には根拠がないということになる。したがって、地球全体の大局的地磁場の周期的交替はなかったものと考えられる。

【参考文献】

[1]F. I. Vine and Dr. D. Matthews, 'Magnetic Anomalies Over Oceanic Ridges', *Nature*, September 7, 1963.

キーワード: 交替地磁気異常の形成メカニズム, 地磁気, 地磁気異常, 海嶺, 海洋底, 地球物理学

Keywords: Mechanisms of Alternating Geo-Magnetic Anomalies, Geo-Magnetic field, Geo-Magnetic Anomalies, Oceanic Ridges, Oceanic Bottom, Geo-Physics



房総半島南端の海成層から 2.3Ma 付近に発見された地磁気エクスカージョン A geomagnetic excursion found at around 2.3Ma from a marine sequence in the southernmost part of the Boso Peninsula

丸岡 亨^{1*}, 岡田 誠²

Toru Maruoka^{1*}, Makoto Okada²

¹ 茨城大学大学院理工学研究科, ² 茨城大学理学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ²Department of Science, Ibaraki University

房総半島南端地域には、上部鮮新統から下部更新統に相当する千倉層群が分布している。千倉層群は、磁化強度が強く、信頼できる古地磁気記録を得ることができる。そこで、本研究では、千倉層群中部を対象とした古地磁気学的研究を行い、Reunion 正磁極亜期等、前期松山逆磁極期中における地磁気エクスカージョンおよびショートイベントの記録を復元し、酸素同位体曲線と対比させることによりそれらの詳細な年代を明らかにすることを目的とする。

古地磁気測定用試料は、砂質シルト岩層を対象に、46 層準から 107 本のミニコアを採取した。これらの試料に対して、岩石磁気学的実験と古地磁気測定を行った。熱磁気分析の結果から、試料の磁化の主要なキャリアはマグネタイトが担っていると推測された。帯磁率異方性測定結果からは、粒子が褶曲の影響を受け、若干回転していることが分かった。しかしこの回転角度は、地磁気極性や地磁気エクスカージョンが覆される程の大きさではないため、古地磁気ベクトルに対する変形の影響は考慮しないこととした。古地磁気測定の結果より求めた VGP 緯度変動には、本研究地域の下部層準で地磁気エクスカージョンが記録されていることが分かった。

本研究で用いた年代モデルによると、今回検出された地磁気エクスカージョンは約 2.31Ma を中心として約 8000 年の期間を持つと算出された。また、同層準以外に今回の試料採取区間には地磁気エクスカージョンおよび極性反転は観測されなかった。

キーワード: 古地磁気, レユニオン, エクスカージョン, 房総半島

Keywords: paleomagnetism, Reunion, excursion, Boso Peninsula

早池峰超苦鉄質岩体における磁化

Variance of magnetic properties of Hayachine ultramafic rock body in Tohoku District, Japan

森尻 理恵^{1*}, 中川 充¹

Rie Morijiri^{1*}, Mitsuru Nakagawa¹

¹産総研地質情報研究部門

¹Geological Survey of Japan, AIST

蛇紋岩は蛇紋岩化作用の過程で結晶残留磁化を獲得したのちに、地殻を上昇中にブロック化して方位が乱れたことが北海道三石蛇紋岩帯から得られたデータによって示された (Morijiri and Nakagawa, 2005)。しかし、北上山地から得られる蛇紋岩では古地磁気方位が揃う例がいくつか報告されている。これらは上昇した後に花崗閃緑岩の貫入による熱接触変成を受けた結果であろうと地質学的な研究から推察される。

5万分の1地質図幅「早池峰山」(印刷中)の作成に伴い、北上山地の早池峰超苦鉄質岩体において、岩石学的記載用に方位をつけずに蛇紋岩のサンプルが採取された。蛇紋岩化の割合は30~80%であり、岩体の北部~中央部よりも南部の方が、その割合が低い傾向にある。かんらん石は、一般に径1.2~2.0mmであり、裂かに沿って蛇紋石化し、径0.2~0.5mmのより細粒なかんらん石としてモザイク状に産している。また、その細粒なかんらん石の周縁部には更に微細な変成かんらん石が再結晶し、数珠状のマグネタイトを含む産状が岩体南部で認められる。蛇紋石は、網目状に基質を埋めるほか、一部細脈状となって滑石と共に産する。クロマイトは、径0.3~1.0mmで半自形を示す仮像として認められ、完全に不透明化しているものと内部のみ褐色を保っている場合がある。岩体南部ではしばしば、長径1.0~3.0mmの束状または花卉状のトレモラ閃石や繊維状の直閃石が、かんらん石などの残晶を切る形で成長することもある。これらの変成鉱物の出現は、南に位置する遠野花崗閃緑岩の熱的影響で生じたと判断される。得られたサンプルのうち、同じ岩体で、熱変成の影響を考慮して遠野岩体との距離が少しずつ異なるものを13個選び、熱磁化分析等を行った。ここでは古地磁気学的な検討はできないが、熱接触変成を受けた蛇紋岩の熱磁化曲線の例を示す。

岩石サンプルを、堆積物用の1cm³キューブケースに収まる大きさに割り、測定中に移動しないようにスチロール材を詰めたものを用いて、残留磁化と帯磁率の測定を行った。自然残留磁化測定と交流消磁・残留磁化測定、非履歴性残留磁化の獲得とその交流消磁・残留磁化測定には超電導磁力計 (MODEL755R, 2G Enterprise) を用いた。帯磁率は帯磁率計 (KLY-3, AGICO) を使用して測定した。同じサンプルから0.1g程度の小片を取り、振動型磁力計 (BHV-55L, 理研電子) を用いて、ヒステリシスカーブと熱磁化曲線を得た。

熱磁化曲線については、岩体の北部や中央部から得られたサンプルは典型的なマグネタイトを示唆する曲線が得られたが、花崗閃緑岩に近い南部のサンプルは有意に曲線の形状に違いが見られた。これは、Fujimaki and Yomogida (1986) が記載したように、蛇紋岩中に含まれる微細なペントランダイトなど硫化鉱物の影響である可能性がある。

国立極地研究所の船木實准教授、ならびに東洋大学の上野直子教授には岩石磁気測定に際し、便宜を図っていただきました。謝意を表します。

文献

Fujimaki, H. and Yomogida, K. (1986) Petrology of Hayachine ultramafic complex in contact aureole, NE Japan (I) primary and metamorphic minerals. *J. Japan, Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, vol. 81, p. 1-11.

Morijiri, R. and Nakagawa, M. (2005) Small-scale melange Fabric between serpentinite block and matrix: Magnetic evidence from the Mitsuishi ultramafic rock body, Hokkaido, Japan. *Tectonophysics*, vol. 398, p. 33-44.

キーワード: 熱磁化分析, 蛇紋岩, 接触変成, 早池峰山, 北上山地

Keywords: Thermomagnetic analysis, serpentinite, contact metamorphism, Hayachine, Kitakami

野島断層ガウジ中のケルビンヘルムホルツ組織とその岩石磁気学的考察 Kelvin-Helmholtz wave texture in Nojima fault gouges and its rock magnetic constraint to temperature rise

中村 教博^{1*}

Norihiro Nakamura^{1*}

¹ 東北大学地学専攻

¹Depart. Earth Sci., Tohoku University

Nojima fault gouges exhibit a characteristic flow microtexture of a wavy boundary plane, a folding structure and a Kelvin-Helmholtz (KH) wave texture. The flow microtexture has been evident as a product of frictional melting slide (Otsuki et al. 2003) or of steady-state frictional non-melting slide (Mochizuki et al. 2009). It is important to constrain the formation mechanism (melting or non-melting) from these flow microtextures of a natural gouge sample. Ishikawa et al. (2008) proposed the coseismic presence of high temperature fluids during earthquake, resulting in dynamic fault weakening. Such high temperature fluid might liquefy a gouge or thermally pressurize a fault gouge to cause instability of friction. We found a distinct KH instability-promoted wave texture in a granular material of Nojima fault gouge. The well-known example of KH instability is a cloud that the cloud-atmosphere interface becomes an unstable vortex sheet that rolls up into a spiral. The instability occurs at the interface between two fluids of different densities shearing at different velocities (Thorpe 2005). The KH wave was found along a slip plane in a blackish cohesive gouge (pseudotachylyte-like gouge), resulting in the presence of instability at the slip interface during ancient earthquake or creep. The wave instability occurred at c.a. 1.5mm apart and c.a. 0.7mm height. Thin section observations showed the blackish cohesive gouge consisted of granular materials for both sides of the interface and the KH wave occurs in a denser granular material along an earthquake-originated sharp slip plane. Our scanning Magneto-impedance magnetic microscope observation shows the KH wave dense layer is only magnetized in isothermally-magnetized thin section, revealing the production of magnetic mineral in KH wave. Because the Nojima fault gouge contains iron-carbonate (siderite), the thermal decomposition of siderite produces magnetite more than 400 degree C. Therefore, we suggest that the KH wave is generated through KH instability in a high-temperature (>400C) granular dense layer with different densities and different slip velocities. This result constrains our understanding of earthquake slip dynamics.

低温及び高温磁気測定による北大西洋海底堆積物コア (IODP Site U1314) の磁性鉱物の分析

Magnetic minerals of a sediment core (IODP Site U1314) determined by low-temperature and high-temperature magnetism

大野 正夫¹, 佐藤 雅彦^{1*}, 林 辰弥², 宮川千鶴¹, 桑原義博¹

Masao Ohno¹, Masahiko Sato^{1*}, Tatsuya Hayashi², Chizuru Miyagawa¹, Yoshihiro Kuwahara¹

¹九州大学比較社会文化研究院地球変動講座, ²御船町恐竜博物館

¹Division of Earth Sciences, Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, ²Mifune Dinosaur Museum

Magnetic minerals in the sediments from IODP Site U1314 in the North Atlantic have been investigated by low-temperature magnetometry and high-temperature magnetometry. Site U1314 is located in the southern Gardar Drift at 2820 m water depth. In the post-glacial Gardar Drift, the source area for the terrigenous material transported by the bottom current is the Iceland Faeroe Ridge and the Faeroe Bank Channel. Thermomagnetic curves of the sediments show reversible curves in heating and cooling with the Curie temperature of ~580 degrees, indicating low Ti-content titanomagnetite (Kissel et al., 2009). In contrast, in the thermomagnetic curves of sediments of 2~3 Ma, although magnetite is considered as the dominant magnetic mineral, contribution of an additional component is suggested from the small decrease during heating in magnetization at around 250 degrees, and higher magnetization (J_s/J_0) along the cooling curve than along the heating curve (Zhao et al., 2011). A possible explanation for this is the magnetite formation by heating from titanomagnetite, titanomaghemite, or pyrite. In the results of low-temperature magnetometry, magnetite is considered as the dominant magnetic mineral of the sediments (Zhao et al., 2011). The results also indicate that the magnetite suffers surface maghemization but that maghemization is not very severe because Verwey transition is observed at ~110 K.

In the temporal variation in M_r/M_s and H_c during the period including marine isotope stage (MIS) 100, quick decrease associated with IRD events and succeeding gradual recover was observed in these parameters. In the thermomagnetic curves of these sediments, the dip around 250 degrees is observed more clearly for the periods without IRD events than for the periods with IRD events. Further, the dip is more apparent during the interglacial period (MIS99 and 101). The results suggest millennial-scale variability in the bottom current as well as the variability associated with glacial-interglacial cycles.

キーワード: 岩石磁気, 北大西洋

Keywords: rock magnetism, north atlantic

岩石磁気測定と化学分析から判る仙台湾海底堆積物に記録された津波と季節変化の記録

Tsunami and seasonal variation records of Sendai Bay sediments revealed by rock magnetic properties and geochemical anal

阿部啓邦¹, 川村 紀子^{1*}, 石川 尚人²

Hirokuni Abe¹, Noriko Kawamura^{1*}, Naoto Ishikawa²

¹ 海上保安大大学校, ² 京都大学大学院人間・環境学研究科

¹Japan Coast Guard Academy, ²Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

津波や季節性の洪水によって、大量の陸源物質が沿岸域に運搬されるという現象が起る。特に島弧沿岸域の海底堆積物は、過去の津波や季節変化についての両方の情報を多く有している可能性がある。これらの過去の記録を復元するためには、まず津波の記録と季節変化とを分別して考える必要がある。そこで本研究は岩石磁気分析と化学分析を基にして、これらの記録を分別することを目的とした。本研究試料は、2002-2011年の間に仙台湾の5つの観測点から季節毎に採取された海底堆積物試料を用いた。炭素、窒素、硫黄含有量についてはCHNS分析装置を用いて測定した。また海底堆積物の岩石磁気測定を行った。これらの結果、全ての元素含有量は沖に向かって減少することが明らかとなった。また季節変化によると考えられる元素量の増減も認められた。特に春と秋において採取された試料では、測定した全ての元素含有量が高く、これらの時期には供給量が増加したことを示している。しかしこの増加量は、親潮流域にある沖合の観測点においては少なかった。また、堆積物粒子の粒径は沖合地点で大きいことがわかった。このことは親潮によって細粒な堆積粒子が運搬されることによって起っていると考えられる。津波の記録と季節変化とを分別するために、2008年6月と2011年6月に採取された試料を比較した。津波発生後の2011年6月に採取された試料中の炭素含有量と硫黄含有量の値は高かった。熱磁気測定の結果は、すべての観測点において磁鉄鉱と鉄硫化物が存在していることを示唆した。特に2011年6月の試料のうち親潮流域から採取されたものについては、主要な磁性鉱物は鉄硫化物であった。鉄が堆積後に硫黄と結合したことで親潮によって運搬されにくくなった可能性がある。

キーワード: 津波堆積物, 化学分析

Keywords: Tsunami sediments, geochemical analysis

琵琶湖北湖、極表層堆積物の磁気的特性の季節的、地域的変動 Regional and seasonal variations in magnetic properties of topmost sediments in the Northern Lake Biwa

石川 尚人^{1*}, 石川 可奈子²

Naoto Ishikawa^{1*}, Kanako Ishikawa²

¹ 京大・人間環境, ² 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

¹Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto Univ., ²Lake Biwa Environmental Research Institute

Rock-magnetic investigations have been performed on topmost sediments above about 30 cm below sediment surface (bss) cored in summer (June to July) and winter (November to December) at ten sites with different water depth, where dissolved oxygen (DO) content in bottom water and its seasonal variation are different, in the first depression at the North Basin of Lake Biwa in order to reveal early diagenetic effect on magnetic properties of the sediments. We will report results from the following three sites: N4 (91 m in depth), A (90m) and H70 (66m). The DO value becomes lower than 4 mg/L in winter at N4 and A.

Low-temperature magnetometric results indicate that a partially-maghemitized magnetite is a principal magnetic mineral in samples of the three sites. Warming curves from 6 to 300K of isothermal remanence (IRM) imparted at 6K in 1T after zero-field cooling show a remarkable decrease of IRM between 90 and 120K, which is regarded as a suppressed Verwey transition of magnetite. The amount of IRM decrease between 90 and 120K increase downcore at all site, implying the dissolution of maghemite skin covering magnetite. The IRM decrease is slightly remarkable in H70 samples above about 18 cm-bss. The degree of maghemitization may be higher in N4 and A samples. The warming curves of N4 and A samples show another IRM decrease between 20 and 30K with the inflection point at about 29K. The IRM drop is detected in samples above about 18 cm-bss, and the samples in two zones of 0-3 cm-bss and 6-12 cm-bss shows the IRM drop more clearly. It seems that the IRM drop is slightly remarkable in samples taken in winter and that the depth of the zone showing the IRM drop changes seasonally. The occurrence of the magnetic mineral with the characteristic low-temperature magnetic behavior may be influenced by the DO values and its seasonal change.

The downcore decrease of magnetic coercivity is observed in the uppermost sediments above about 10 cm-bss, and the amount and grain size of magnetic minerals subsequently decreases and increases downcore below 10cm-bss, respectively. These changes are considered to be associated with the dissolution of maghemitized magnetite by the early diagenetic effect. A seasonal change of magnetic coercivity is recognized in the samples above 10 cm-bss of N4: the samples taken in summer show lower magnetic coercivity, possibly implying a smaller contribution of fine magnetic minerals with higher coercivity.

キーワード: 磁気特性, 堆積物, 琵琶湖

Keywords: magnetic property, sediment, Lake Biwa

京都盆地から得られた堆積物コア中の大阪層群海成層 Ma5 に対する古地磁気学・岩石磁気学的解析

Paleomagnetic and rock magnetic studies on non-marine and marine sediments in the Osaka Group cored at Kyoto Basin

濱田 和優^{1*}, 石川 尚人¹, 竹村 恵二²

Kazumasa Hamada^{1*}, Naoto Ishikawa¹, Keiji Takemura²

¹ 京都大学人間・環境学研究科, ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

¹Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, ²Beppu. Geo. Res. Lab. Kyoto Univ

Rock magnetic analyses were performed on sediments of non-marine and marine clay in the Osaka Group cored at Kyoto Basin in order to investigate magnetic variations corresponding to environmental changes between freshwater and marine. The Osaka Group is the Pleistocene sequence formed related to sea-level changes in the glacial-interglacial cycles, and consists of alternating beds of non-marine sediment and marine clay.

KD-1 and KD-2 cores including the Osaka Group were drilled at Kyoto Basin. The Ma5 bed of marine clay had been observed between 150.00 and 141.35 m in depth on KD-1, between 190.37 and 182.21 m in depth on KD-2. The lower and upper boundaries of the Ma5 bed have been determined mainly based on the sediment facies and color.

Analyzed samples in this study were collected in 10 cm intervals from between 140.60 and 153.82 m in depth, including the Ma5 bed, and between 155.80 and 157.75 m in depth on KD-1, between 190.40 and 181.56 m in depth on KD-2.

We measured initial magnetic susceptibility, IRM intensity and hysteresis parameters, and performed progressive alternative field demagnetization (PAFD) of NRM for paleomagnetic analysis and progressive thermal demagnetizations (PThD) of IRM. Electric conductivity (EC) and pH of clayey water stirring the sediment samples were also measured.

EC and pH value showed that the Ma5 beds lie from 151.21 to 142.40 m in depth on KD-1, from 188.60 to 182.19 m in depth on KD-2.

In variations of inclinations obtained from paleomagnetic analysis, a fluctuation corresponding to the Delta Event in the Marine Isotope Stage 17 was observed on both KD-1 and KD-2 cores. From variations in the magnetic parameters, a characteristic layer with high IRM intensity (High IRM layer) was observed on both cores. By using the High IRM layer and the zone of the Delta event as key layers for the age comparison between the two cores and by the duration of the Delta event observed in sediment cores from the North Atlantic ODP site 980, we estimated the formation age of marine clay bed Ma5. The results were 703-680 ka on KD-1, 704-696 ka on KD-2.

As characteristic magnetic properties in response to depositional environment changes, less variation in the amount of magnetic minerals, smaller particle size of magnetic mineral, and smaller amount of high coercivity magnetic minerals were recognized in the marine beds compared to the non-marine sediments.

In the marine beds, a clear correlation was observed between the particle size of magnetic minerals and EC values. Samples with higher EC value showed the presence of finer magnetic minerals. There was also a clear correlation between the abundance of high coercivity magnetic minerals and EC values. It is suggested that the difference in the amount of particle size and high coercivity magnetic minerals reflects the advanced dissolution of magnetic minerals associated with early diagenesis in marine under a reducing environment.

キーワード: 古地磁気学, 岩石磁気学, 環境磁気学, 大阪層群, 海成粘土層

Keywords: Paleomagnetism, Rock magnetism, Environmental magnetism, Osaka Group, marine clay

伊能忠敬の山島方位記に基く 19世紀初頭の日本の地磁気偏角の解析 第7回報告 Analyzing the early 19th century's geomagnetic declination in Japan from Tadataka Inoh's Santou-Houi-Ki The 7th report

辻本 元博^{1*}, 面谷明俊², 乾隆明³

Motohiro Tsujimoto^{1*}, Akitoshi Omotani², Takaaki Inui³

¹ 日本国際地図学会会員, ² 山陰システムコンサルタント, ³ 松江市文化財審議員

¹Japan cartographers association, ²San-in System Consultant, ³Matsue municipal Comitee of culture property

国宝「山島方位記」67巻は伊能忠敬による1800年から1816年迄の日本本土の殆ど全域での推計約20万枚の陸上磁針測量方位角帳である。1917年に唯一東京深川伊能隠宅の1802年、1803年の測量方位角からの地磁気偏角の解析後中断した解析作業を進めている。

(1)「山島方位記」の方位角の解析で19世紀初頭に遡り日本を地磁気偏角データの過疎地域から正確な地磁気偏角データの集中地域に変え、北東アジアに新しいデータを提供する。解析済み地点数は175を超え、当時の日本列島の偏角の分布概要と西日本沿岸の15 毎の偏角の概略分布が現れ始めた。

(2)主に1828年から1832年の観測データを元に作成し1840年発行のガウスとウエーバーによる等偏角線世界地図(以下ガウス図という)の日本列島の等偏角線の基本的傾向は概ね山島方位記からの解析結果と似ているが、対馬及び九州北部では永年変化に反する矛盾があり、北海道道東では地域的相異が見られる。ガウス図の観測データ表に記載の東アジアの観測地点は北京からモンゴル、バイカル、ヤクーツク、オホーツク、カムチャツカ等であり、日本を含む西太平洋地域の等偏角線は計算結果に基づいている。世界の地磁気の概要把握を目的にしたガウス図の偏角は経度5°緯度10°単位の長さ500kmのマトリックスの数値であり、山島方位記の解析値による補足が重要になる。

(3)「山島方位記」記載のデータを使用する優位性。膨大な磁針測量方位角データ。分単位の偏角解析結果。データが1800年から1816年に集中する。日本本土のほぼ全域を網羅するデータ。ガウス図と山島方位記からの解析値との間に顕著な差があれば地域的磁気異常の可能性も含まれる。伊能忠敬の測量基点の詳細位置が緯度経度秒単位以下で復元でき、地磁気学と郷土史の両方で重要である。

(4)次世代への継承を必要とする解析技術。

真方位から山島方位記記載の磁針方位を差し引いた差の平均を偏角とする。測量の基点の詳細位置はその測量基点における異なる測量対象地点に付いて計算された全ての偏角の値が近似な位置に求め記載地名等との歴史照合をする。

GPS送受信機で基点の緯度経度を確認する。計算精度とスピード向上のエクセルの連続式。解析結果は地磁気の地球モデルに有用である。この計算式は世界中の磁針測量データの解析に使える。解析結果は歴史の詳細確認に活用できるキーワード; 1. 地磁気偏角 2. 伊能忠敬 3. 山島方位記 4. ガウス・ウエーバー等偏角線世界地図 5. 地磁気永年変化 6. 測量基点詳細位置復元

キーワード: 地磁気偏角, 伊能忠敬, 山島方位記, ガウス・ウエーバー等偏角線世界地図, 地磁気永年変化, 測量実施地点詳細復元

Keywords: geomagnetic declination, Tadataka Inoh, Santou-Houi-Ki, Isogonic Atlas by Gauss and Weber, Secular variation of geomagnetic declination, Resoration of precise position of survey point

遅い電磁流体波動と地磁気西方移動 Hydromagnetic slow waves and geomagnetic westward drift

櫻庭 中^{1*}
Ataru Sakuraba^{1*}

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
¹Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

It has been argued that the geomagnetic westward drift is caused or significantly influenced by hydromagnetic waves confined in the Earth's outer core, where balance between Coriolis and Lorentz forces makes it possible for a slow wave to exist with appropriate time scales. Here we investigate linear stability of an axisymmetric toroidal magnetic field in a rapidly rotating fluid sphere and discuss the magnetic instability and the resulting slow waves traveling eastward or westward. The basic magnetic field is equatorially antisymmetric, and we adopt the magnetostrophic approximation in which inertial and viscous forces are neglected. We assume that the mantle is insulating and the magnetic diffusivity is finite. As the basic field is more confined near the equator of the core surface, the basic field becomes unstable at a lower Elsasser number that measures the square of the basic field intensity, and the most unstable mode tends to exhibit faster westward drift with a larger azimuthal wavenumber. The result suggests that it is possible to interpret the recent geomagnetic westward drift seen under the Atlantic hemisphere as manifestation of magnetic instability of a strong toroidal field just below the core equator. We also investigate effects of existence of basic zonal flows, which are chosen so that the flow velocity satisfies either the equation of motion or the magnetic induction equation. The results indicate that the addition of the basic flow makes the dispersion relation so complex that the unstable modes move eastward too. We also discuss interpretation of our recent low-viscosity geodynamo simulations using the linear stability results.