

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24740309

研究課題名(和文)古地磁気によるスーパークロン比較研究：マントル活動の核への影響

研究課題名(英文)Paleomagnetic study of the Permo-Carboniferous Superchron

研究代表者

臼井 洋一 (Usui, Yoichi)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・研究員

研究者番号：20609862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：中国ウイグル自治区の岩石を採取し実験を行うことで、約3億年前の古地磁気強度を推定した。実験のために、特に珪酸塩単結晶に特化した新たな加熱装置を整備した。研究の結果、2グループの溶岩流が2倍程度異なる地磁気強度を示すことがわかった。この結果はスーパークロン時の地磁気強度が大きく変動していた可能性を示す。

研究成果の概要(英文)：I sampled basaltic rocks of ca. 300 Ma from the Xinjian, China. The rock samples record geomagnetic field of ca. 300 Ma, and I estimated paleointensity of the geomagnetic field of ca. 300 Ma experimentally from those samples. The experiments were performed using the newly developed custom-made heating device tuned for single silicate crystals. The average paleointensity estimates from two lava packages differ by a factor of 2, indicate large temporal variation in paleointensity during the superchron.

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 ペルム紀 スーパークロン

1. 研究開始当初の背景

地磁気は地球中心核の対流を反映している。一方、数億年スケールでの地球中心核の対流は、マントル内の対流による熱の流れを反映していると推定されている。また、マントルの活動は火山活動を通じ気候に影響すると考えられる。以上の推論が正しければ、地磁気長期変動と地球表層環境の間に相関を期待することができる。

過去 2 億年ほどについて地球磁場は平均 20 万年に 1 回程度の割合で逆転しているが、数千万年間地磁気逆転が起こらなかった期間 (スーパークロン) が少なくとも二回あったことがわかっている。スーパークロンのうち一つは白亜紀に起こっている。白亜紀は非常に温暖な気候であり、スーパークロンと温暖な気候が、共にマントルの活動で説明できるというアイデアが提出されていた。しかし、もう一つのスーパークロンが起こったペルム紀初期 (約 3 億年前) は寒冷な気候であることが長く知られており、地磁気・マントル活動・気候の間の関連は上に述べたほど単純ではないことが強く示唆される。このように白亜紀とペルム紀初期の地磁気・マントル活動・気候を総合的に比較することはまだまだ困難であり、その前段階として、地磁気の振る舞いが二つの時期でどのくらい似ているかを調べる必要があった。

白亜紀スーパークロン時の地球磁場については、いくつかの研究から、地球地場強度が現在の 1.5 倍程度強く、数万年スケールでの磁場変動性が小さかったことが報告されている (例えば Tarduno et al., 2002, PNAS)。一方で、ペルム紀初期の地球磁場については研究が少なく、白亜紀と同じ特徴を持つかはわかっていなかった。

地球磁場の特性を正確に復元する際には、実験中の試料の変質を抑制することが重要である。溶岩そのものよりも、溶岩に含まれる斜長石のほうが変質に強いため、白亜紀スーパークロンの研究では、磁性鉱物インクルージョンを含む斜長石単結晶の選択的測定が大きな役割を果たした。これまでのところ、斜長石単結晶の古地磁気測定はアメリカのロチェスター大学のみで行われており、国内で同等の実験を行うことはできていない。さらに、斜長石中の磁性鉱物の鉱物学的分析も進んでおらず、常に斜長石の分析が正しい古地磁気情報を与えるかどうか不明確ではなかった。

2. 研究の目的

最先端の単結晶古地磁気実験設備を整備し、ペルム紀初期の岩石の採取・分析を行い、スーパークロン時の地球磁場の振る舞いを明らかにする。また、単結晶古地磁気測定の信

頼性と応用性を探る研究を行う。

3. 研究の方法

試料の採取:

ペルム紀初期の玄武岩溶岩が報告されている中国新疆ウイグル自治区で調査を行い、磁気測定のための玄武岩試料を採取する。

実験手法の改善:

単結晶をクリーンかつ効率よく過熱するための専用加熱装置を作製する。

実験研究:

採取した天然試料と作成した装置を用いて古地磁気実験を行い、ペルム紀初期の地球磁場強度の復元や珪酸塩単結晶古地磁気法の応用に関する研究を行う。

4. 研究成果

試料の採取:

北京大学の田偉 副教授の協力の下、新疆ウイグル自治区阿克蘇市においてサンプリングを行った。同地域には 2 グループ玄武岩溶岩流 (KP グループと KZ グループ) が存在することが確認された。KP, KZ グループはそれぞれ 5-10 枚程度の溶岩流を含む。過去の研究から、溶岩流全体はおおよそ 2.9 億年前に活動したことが知られており、これはペルム紀初期スーパークロンの時期に当たる。2 グループそれぞれの詳細な放射年代は得ら



図 1 調査地の様子 (KP グループ)。黒色部が玄武岩溶岩、白色部は堆積岩。スケールとしては右側白色円で囲った人物を参考にされたい。

れていないが、グループ間が 100 メートルほどの厚さの砂岩で隔てられていることから、活動には相当の間隔があったことが推定される。周辺の地質構造を記録するとともに、それぞれのグループから 4 枚以上の溶岩流を採取した。

実験手法の改善:

斜長石単結晶の加熱実験手法では、試料が小さいことを活かし光線による局所加熱を行うことで、加熱時間を抑えつつ、電熱線加熱に伴う電磁ノイズの影響を抑える事がで

きる。これまで、数 mm 径のレーザーにより単結晶を直接加熱する方法が試みられているが、加熱領域が小さいため温度が安定しない上、正確な温度測定が難しかった。本研究では、新たに 2cm 径の赤外線を用い径 8mm の SiC 加熱容器を加熱し、そこからの熱伝導により内部の試料を加熱する装置を整備した(図 2)。SiC 加熱容器の温度を熱電対により測定し、測定温度をフィードバックして PID 制御により加熱をコントロールしている。温度キープ時の容器温度のふらつきは 0.3 程度であることが確認できた。試料は加熱容器内部にあるため、試料温度のふらつきは更に小さいと推定される。

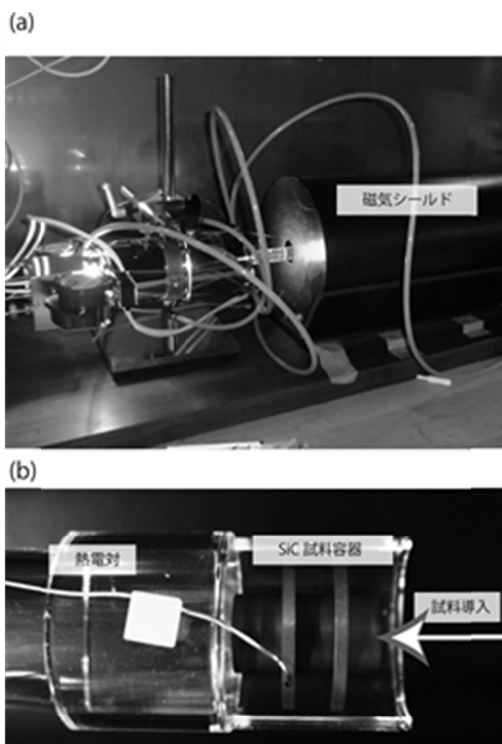


図 2 実験装置。(a) 装置全景。手前で赤外線を発生し、石英管を通じて磁気シールド内に赤外線を導入し試料容器を加熱する。(b) 試料容器付近。

実験研究：

(1) ペルム紀初期スーパークロンの研究(学会発表)

採取した阿克蘇市の試料に対し実験を行った。まず、古地磁気フィールドテストを行った。同地域ではこれまで褶曲テストが行われていたが、褶曲年代は新生代であるため磁化年代の制約としてはあまり有効ではなかった。今回、溶岩流の直上にある礫岩層から玄武岩礫を採取し礫岩テストを行い、玄武岩が確かにペルム紀初期の磁化を保持していることを初めて確認した。

続いて古地磁気強度の復元に取り組んだ。全岩試料を用いて古地磁気強度復元実験を

行ったところ、ほとんどの試料が熱変質を起こし、古地磁気強度を復元することは出来なかった。唯一 KZ グループのうちの 1 試料から現在より強い古地磁気強度を得た。

熱変質を避けるために、斜長石単結晶を分離し古地磁気強度復元を行った。全岩試料で古地磁気強度が復元できたものについて、斜長石測定がそれと整合的な結果を与えることを確認した。さらに、全岩試料では古地磁気強度が復元できなかった試料についても、これまでに 4 つの試料で古地磁気強度を推定することに成功した。KP グループ(2 試料)と KZ グループ(3 試料)とを比較したところ、KP グループは KZ グループに比べ半分程度の地磁気強度を示した(図 3)。このような大きな地磁気強度変動は白亜紀の火山岩からは得られておらず、ペルム紀初期のスーパークロンに特有の振る舞いである可能性がある。この結果を踏まえて、白亜紀とペルム紀初期のスーパークロンが本当に同じ原因で引き起こされたかどうかを再検討する必要がある。また、KP グループと KZ グループの年代差が今のところはっきりしていないため、今後放射年代測定に取り組んでいく。

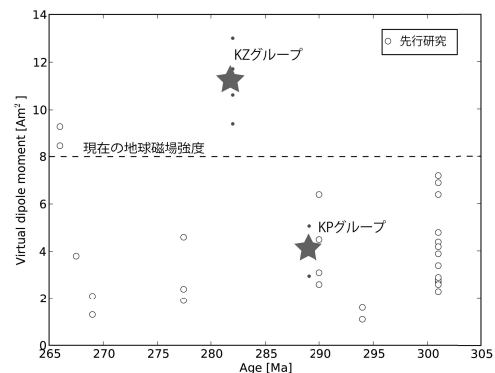


図 3. 古地磁気強度推定値。KP, KZ グループの年代は暫定的なもの。

(2) 海底斑レイ岩の磁性研究(雑誌論文)

ゆっくり冷却した深成岩には粗粒な珪酸塩鉱物が含まれているため、単結晶古地磁気測定の有力なターゲットである。実際に、最古の地磁気記録強度情報は、そうした岩石の単結晶測定から見つかっている。ゆっくりした冷却は、古地磁気強度推定にバイアスを与えることが理論的に予測されている。しかし、深成岩の冷却速度は実験で達成できる冷却速度に比べ何桁も遅いため、このバイアスを実験的に検証することは難しかった。今回、海底斑レイ岩から古地磁気強度を推定したところ、珪酸塩中の磁性鉱物が主要な磁化キャリアである場合に限り、理論的に予測されるバイアスに近い値が得られた。磁化キャリアが別の産状の磁性鉱物である場合、磁化強度は非現実的に弱い値となった。顕微鏡観察と磁性測定により、これは熱水変質の影響であることがわかった。この結果から、珪酸

塩中の磁性鉱物が確かに古地磁気記録復元に使えること、熱水変質を被った岩石でも、珪酸塩の選択的測定により信頼できる結果が得られること、がわかった。

(3) 最古の地磁気記録の探索(学会発表)
先カンブリア時代の岩石は変質作用を被っており古地磁気研究が難しい。結果として、30億年以上前の地磁気強度記録は、32, 34, 34.4億年前の3例しか報告されていない。単結晶測定によりデータを増やせる可能性があるが、これまでは具体的にどういった岩石を対象に分析すればよいのか手がかりがなかった。今回、33億年前の花崗岩に含まれる斜長石が、大量のナノサイズ磁鉄鉱を含むことを発見した。花崗岩は先カンブリア時代地質体に広く分布しているため、花崗岩中の斜長石に着目し、単結晶測定を行うという戦略を提案することが出来た。

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 1件)

Y. Usui (2013) Paleointensity estimates from oceanic gabbros: Effects of hydrothermal alteration and cooling rate. *Earth Planets and Space* **65**, 985-996. 査読あり

[学会発表](計 3件)

Y. Usui, W. Tian (2013) Geomagnetic paleointensity during the Permo-Carboniferous Reversed Superchron inferred by microscale measurements of basaltic lavas from the Tarim Basin. Pre-SEDI symposium, 湘南国際村, 2013年9月27日-29日, 神奈川県, ポスター.

Y. Usui, T. Komiya, Y. Sawaki (2013) Observations of the early geomagnetic field by paleomagnetism and possible temporal trend in paleointensity. 日本地球惑星連合連合大会, 幕張メッセ, 2013年5月21日, 千葉県, 口頭発表(招待講演).

臼井洋一, 田偉 (2012) キアマスーパークロン時の地球磁場: タリム盆地の玄武岩から. 日本地球惑星連合連合大会, 幕張メッセ, 2012年5月25日, 千葉県, 口頭発表.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

臼井 洋一 (Usui, Yoichi)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号: 20609862