

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2006~2008
 課題番号： 18540417
 研究課題名 (和文) ミネソタ 溪谷花崗岩類を用いた 10 億年スケール地磁気強度変動の研究
 研究課題名 (英文) Study on 1-byr time scale variation in the geomagnetic field using granitic rocks in Minnesota River valley.
 研究代表者
 網川 秀夫 (TSUNAKAWA HIDEO)
 東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
 研究者番号： 40163852

研究成果の概要：

先カンブリア紀ミネソタ花崗岩類を系統的に採取し、詳細な岩石磁気学的研究を行った結果、安定した残留磁化は長石や石英に含まれる単磁区磁鉄鉱であった。これらは初生磁化を保持するので、古地磁気強度測定試料として有用性が示唆される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	540,000	3,940,000

研究分野：古地磁気学

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、花崗岩、先カンブリア紀、ミネソタ、磁鉄鉱、残留磁化

1. 研究開始当初の背景

太陽系を宇宙からテレビ中継したとしよう。少し離れると太陽は宇宙空間にじっと浮かぶ小さな球にすぎず、その周りの9つの惑星は点になるかならいかである。太陽系の大部分は何もない真空に見える。しかし、太陽表面からは水素などのイオンが大量に宇宙空間に放出され、太陽風プラズマを形成している。その太陽風プラズマは太陽磁場を引きずりながら、毎秒数百 km という超音速で惑星・衛星に吹きつけている。地球付近では、磁場が数 nT、プラズマ密度は 1 cm³ あたり数個である。一方、地球は地磁気によって磁気

圏という固有のバリアを形成して、太陽風プラズマの侵入を防いでいる (Fig. 1-1)。磁気圏は地球表面や大気が太陽風に直接さらされるのを防ぎ、ひいては生命圏の保護という重要な役割を果たしていると考えられる。10 億年スケールの地磁気強度長期変動については、地球・惑星磁場成因の根幹の問題であるにもかかわらず未解明のままである。既存の先カンブリアの古地磁気強度データは、初生の熱残留磁化を獲得・保持している試料であるかどうかという岩石磁気学的な検討が不十分であるものも多い。その結果、良質な古地磁気強度データはわずか 1-2 サイトしか

なく、新たな方法による測定が必須である。また、地磁気永年変化の振幅は 10 億年スケールの長期変動と同レベルであると考えられるため、短周期変動を平均化した古地磁気強度データを得ることも重要である。

2. 研究の目的

10 億年スケールの地磁気強度長期変動データの測定にかかわる具体的指針を、ミネソタ溪谷花崗岩類を用いて検討・提案することにある。

3. 研究の方法

地磁気はいつから存在していたのか、地球ダイナモは地球の誕生以来 46 億年間ずっと活発だったのかということも重要な問題である。ある理論モデルによると、地球誕生後の数億年間は地球ダイナモが活発であったが、20-30 億年前に一度弱くなってから復活し現在にいたっている。このようなモデルを念頭に置きながら、10 億年スケールの変動の復元の古地磁気学研究が行われつつある。

Evolutionary model of the Earth's magnetic field:
2.5 Ga depression and recovery
(e.g., Stevenson et al., 1983)

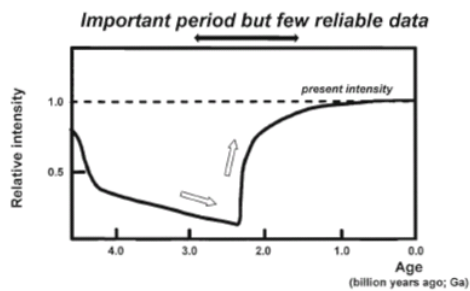
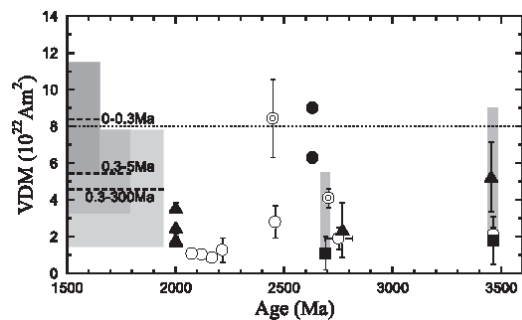


図 1. 地磁気強度変化のモデル

本研究では、花崗岩試料として、アメリカ大陸中心部に分布する太古代花崗岩類を系統的に採取して、岩石磁気学的測定を中心に、初生磁化の有無、古地磁気強度試料としての適合性などを検討する。さらに、可能であれば、古地磁気強度データ測定実験を行う。



Modified from Yoshihara (2005)

図 2. 太古代古地磁気強度データ

4. 研究成果

(4-1) サンプルング

2006-2007 年度に、ミネソタ大学地質学者の協力を得て、ミネソタ溪谷花崗岩類のサンプルングを行い、フィールドにおいて次の成果があった。



図 3. 25 億年前に形成された花崗岩

(i) ミネソタ溪谷

Sacred Heart 花崗岩 (~2.5Ga) 本体から 4 サイト採取した。さらに母岩との接触部分を発見し、貫入岩テスト用試料を採取した。



図 4. SH 花崗岩と母岩との接触面

(ii) ミネソタ溪谷片麻岩 (3.5Ga/2.5Ga) の新鮮な路頭を発見し、試料を採取した。

(iii) ミネソタ州中部 St. Cloud 花崗岩 (~1.8Ga) の新鮮な路頭は探しだし、数サイトから採取した。また、玄武岩質岩脈との接触部分を発見し、貫入岩テスト用試料を採取した。

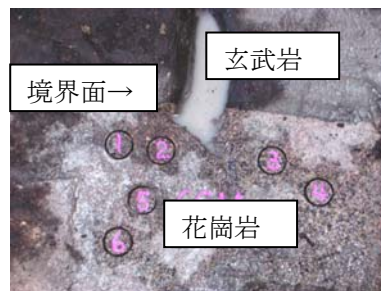


図 5. St.-C 花崗岩と貫入岩との接触面

(4-2) 測定結果

(i) 残留磁化方位の測定

熱消磁、交流消磁、低温消磁を行い、初生磁化の抽出を試みた。結果として、低温消磁

が極めて有効であることがわかった。

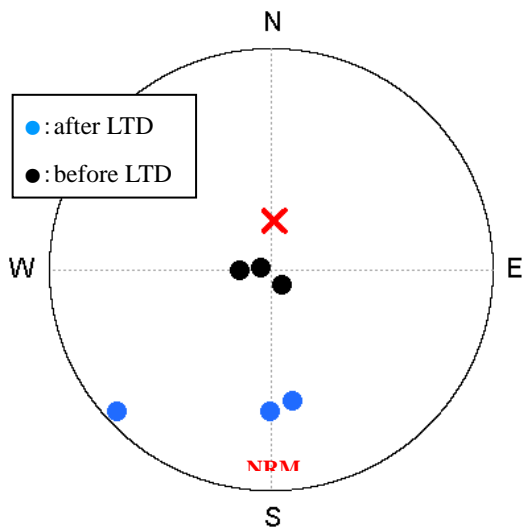


図 6. Sacred Heart 花崗岩の低温消磁

(ii) 岩石磁気特性の測定

熱磁気分析によるキュリー点測定から、磁性鉱物の主相はマグネタイトと推定される。

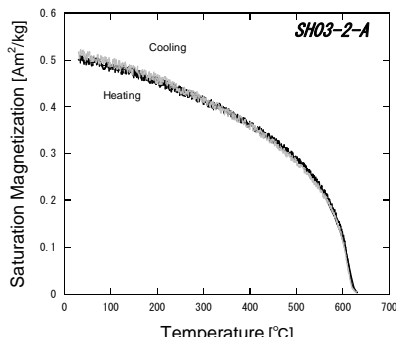


図 7a. 熱磁気分析(SH 花崗岩)

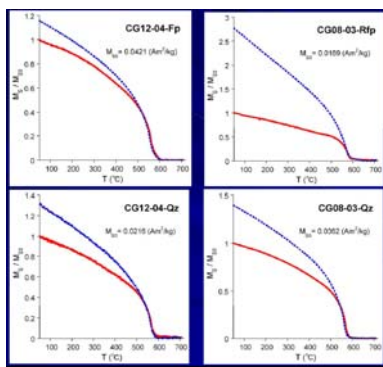


図 7b. 熱磁気分析(St-C 花崗岩)

磁気履歴特性測定から、多磁区マグネタイト粒子による磁化が 80% 近く、後は単磁区マグネタイト粒子がキャリアと推定される。

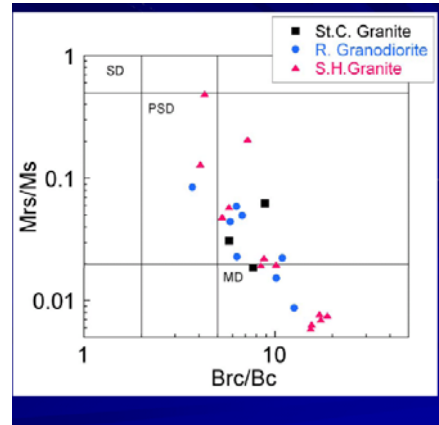


図 8. ヒステリシスパラメータ(SH 花崗岩)

さらに、St. Cloud 花崗岩について、高温帯磁率測定をおこなった。通常の熱磁気分析と比較してキュリー点検出が容易になるためである。

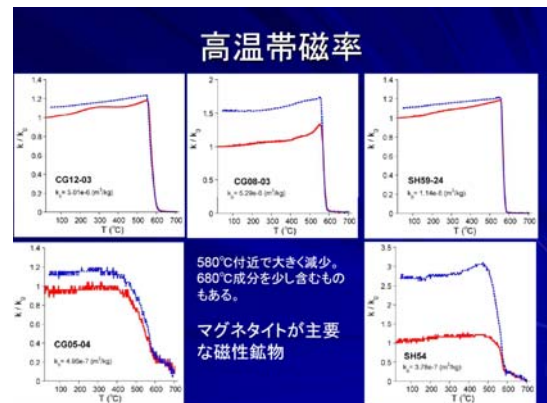


図 9. 高温帯磁率測定結果

(iii) 残留磁化の起源の検討

岩多磁区マグネタイト粒子による磁化は VRM 起源と推定された。

(iv) 古地磁気強度の予察実験

多磁区マグネタイト粒子のブロッキング温度が 500°C 程度までであること、低温消磁が有効であることから、LTD-DHT ショー法の適用がより良いと思われる。

(4-3) 低温磁気特性

MD マグネタイトが多いと推定されたため、低温磁気特性を測定して、残留磁化起源をより深く考察することにした。

バルク試料に対して極低温 (6K) で飽和残留磁化を与え、室温までの温度変化を測定した結果、いずれのサイトの試料も磁鉄鉱の Verwey 点付近 (120K) で大幅な減少を示す。このことから、磁鉄鉱 (チタンに乏しいチタン磁鉄鉱) が主要な残留磁化のキャリアである

ることがわかった。

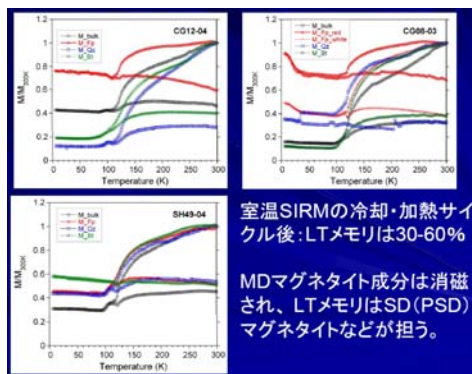


図 10a. 低温磁気特性：室温 SIRM

室温飽和残留磁化の室温－極低温－室温サイクルにおける温度変化によると、飽和残留磁化の10-80%は isotropic point (約 130K) で失われるが、20-90 %は低温メモリとして残留する。この結果は、これらの花崗岩は形状異方性をもつ単磁区磁鉄鉱粒子を含むことを示す。いくつかのサイトについては、分離した長石・石英に対する低温磁気特性の測定を行った。その結果、長石や石英に単磁区磁鉄鉱を含むサイトがあることが分かった。

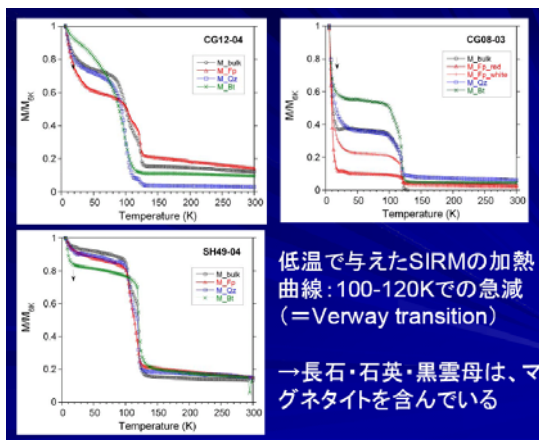


図 10b. 低温磁気特性：低温 SIRM

(4-4) 花崗岩中磁性粒子の同定

Miniscope (HITACHI TM-1000) を使って薄片の反射電子像を観察したところ、斜長石・アルカリ長石・石英の中にサブミクロンサイズの磁鉄鉱粒子を確認した。以上の結果に基づくならば、ミネソタ花崗岩類のシリケート鉱物中には、単磁区磁鉄鉱粒子が存在し、それらが初生の熱残留磁化を獲得・保持している可能性が高い。

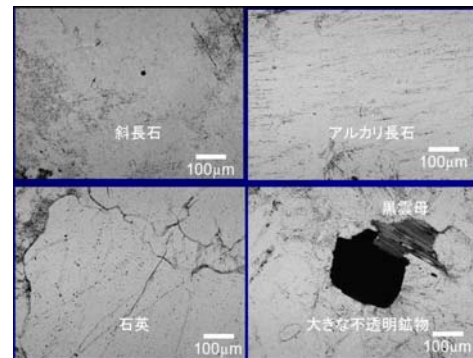


図 11. 反射電子像

(4-5) 貫入岩テスト

貫入岩テストを念頭に置いた玄武岩質岩脈の磁化方位を測定し、磁鉄鉱粒子をキャリアとする初生磁化を確認した。

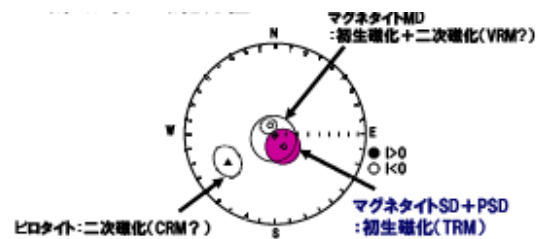


図 12. 玄武岩質岩脈に含まれる磁性鉱物の磁化方位

以上のことから、太古代花崗岩の初生磁化の検出と古地磁気強度測定が可能であることを示した。

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 2 件)

①吉原 新、渋谷秀敏、綱川秀夫、松島政貴、白亜紀スーパークロンと温室地球－関連性の示唆と古地磁気強度－、月刊地球、30、378－386、2008、査読無し

②綱川秀夫、望月伸竜、高橋太、地球ダイナミクスが生み出す地磁気、日本磁気学会会報、3、298－305、2008、査読無し

〔学会発表〕 (計 3 件)

①N. Mochizuki, T. Kogiso, M. Sato, K. Seita, H. Tsunakawa, Magnetic properties of the Precambrian granitic rocks in Minnesota, American Geophysical Union, 2008年12月17日, San Francisco

②清田和宏、望月伸竜、佐藤雅彦、小木曾哲、高橋太、綱川秀夫、先カンブリア紀玄武岩質岩脈の初生磁化の検出、地球電磁気・地球惑星圏学会秋季講演会、2008年10月20日、仙台市戦災復興会館

③望月伸竜、小木曾哲、佐藤雅彦、清田和宏、綱川秀夫、先カンブリア時代ミネソタ花崗岩類の磁気特性、地球惑星科学連合大会、2008年5月27日、千葉県幕張市幕張メッセ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

綱川 秀夫 (TSUNAKAWA HIDEO)
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：40163852

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし