

## 論文の内容の要旨

論文題目 Intensity of the Earth's magnetic field during Archean  
(太古代における地球磁場強度の研究)

氏名 吉原 新

地球史における地球磁場強度の長期変動は地球中心核(コア)のダイナミクスを理解するうえで重要な情報源となる。とくに、太古代から原生代初期においては、内核の誕生にともなうダイナモ駆動システムの劇的な変化があったと考えられており (Stevenson et al., 1983; Buffet et al., 1992), これらの地質時代の磁場強度変化はコアの進化を解明する手がかりとなる。Hale(1987)は南アフリカ・Barberton 地域に産出する約 35 億年前のコマチアイトを用いて現在の磁場の約 25%という弱い古地磁気強度を求め、太古代/原生代境界近傍において磁場強度の急増が見られるとして、それを内核の成長開始にともなう組成対流の活発化と結びつける考えを提唱した。しかし、太古代における磁場強度データは著しく不足しており、Hale (1987)によるデータの信頼性を疑問視する声もあるなど、現段階では太古代の磁場強度とその変動を特徴づけることは困難である。本研究では、太古代の地球磁場強度データの蓄積を目的として、カナダ・Slave 地域、アフリカ・Barberton および Belingwe 地域、オーストラリア・Pilbara 地域に産する太古代の火山岩を用いてテリエ法による磁場強度測定をおこなった。

カナダ・Slave 地域から採集された試料は Yellowknife 緑色岩帯に貫入している粗粒玄武岩質貫入岩である。この貫入岩群は 8a dike とよばれ、2620-2642Ma の年代(MacLachlan and

Helmstaedt, 1995)をもつ。段階熱消磁によって高温成分に特徴的残留磁化成分を分離することができ、それらを用いて古地磁気方向が求められた。これらの古地磁気方向が reversal test および baked-contact test に合格すること、また同地域に産する原生代の貫入岩類と明らかに異なる方向を示すことなどから、8a dike の特徴的磁化成分は約 26 億年前に獲得された初生磁化であると考えられる。岩石磁気実験の結果、残留磁化を担うチタノマグネタイトは単磁区あるいは擬似単磁区に相当する粒子サイズをもち、加熱に対しては 550°C 付近まで磁氣的に安定であることが確かめられた。テリエ法による磁場強度測定の結果、2 本の貫入岩体から仮想磁気双極子モーメント (VDM) に換算して  $(6.3 \pm 0.2) \times 10^{22} \text{Am}^2$  および  $(9.0 \pm 0.2) \times 10^{22} \text{Am}^2$  という値を得た。これらの値は現在の磁場強度 ( $8 \times 10^{22} \text{Am}^2$ ) に非常に近く、約 26 億年前にはすでに現在と同程度のダイナモ作用が機能していたことを示唆するものである。

南アフリカ・Barberton 地域からは Hale (1987)によるデータを検証する目的で、3458-3472Ma の年代(Kamo and Davis, 1994; Armstrong et al., 1990)をもつ同累層のコマチアイトが採集された。また、Barberton の北約 500km に位置するジンバブエ・Belingwe 地域からも、より若い 2692Ma の年代(Chauvel et al., 1983)をもつコマチアイトが採集された。Barberton 地域のコマチアイトから得られた古地磁気方向は、Hale and Dunlop (1984)によって報告されている同累層の古地磁気方向とよく一致する。また、ジンバブエ・Belingwe 地域のコマチアイトから得られた特徴的残留磁化成分は、その方向が褶曲テストに合格することから、約 26-27 億年前におこったとされる大規模な褶曲以前に獲得されたものであると考えられる。両地域のコマチアイトの岩石磁氣的性質は非常に類似している。主要な磁性鉱物は一部マグヘマイト化したと見られるマグネタイトであり、その平均的粒子サイズは擬似単磁区に相当する。また、加熱に対しては非常な高温 (700°C 程度) まで磁氣的に安定である。テリエ法による磁場強度測定の結果、Barberton 地域および Belingwe 地域の試料からそれぞれ、 $(1.8 \pm 1.3) \times 10^{22} \text{Am}^2$  および  $(1.2 \pm 1.0) \times 10^{22} \text{Am}^2$  という平均 VDM を得た。これらの結果は現在の磁場強度のそれぞれ約 23% および 15% に相当する弱い値である。しかし、両地域のコマチアイトは蛇紋岩化作用を強く受けていることが知られており、Hale (1987)の結果に対しても残留磁化の起源が明らかでないという指摘(Prévoit and Perrin, 1992)があった。そこで、本研究では両地域の試料について走査電子顕微鏡による観察をおこなった。その結果、両地域のコマチアイトに含まれるマグネタイトはそのほとんどがカンラン石から 2 次的に晶

出したものであり、それらの担う残留磁化は熱残留磁化ではなく結晶成長にともなう化学残留磁化であることが分かった。コマチアイトの蛇紋岩化は海嶺近傍の熱水循環によっておこったと考えられ、その後熱残留磁化を再帯磁するような変成作用を受けていないことから、残留磁化の獲得はコマチアイトの生成年代とほぼ同時期であると思われる。これまでの理論的および実験的研究(Stacy and Banerjee, 1974; Pucher, 1969; McClelland, 1996 など)によって、化学残留磁化は一般に熱残留磁化に対して獲得効率が低いことが知られており、化学残留磁化に対してテリエ法が適用された本研究の場合、得られた結果は実際の磁場強度の数分の一程度の値を示している可能性が高い。

オーストラリア・Pilbara 地域からは、3452-3457Ma の年代(Thorpe et al., 1992)をもつ Salgash 亜層群の枕状玄武岩および、2763-2775Ma の年代(Arndt et al., 1991)をもつ洪水玄武岩である Mount Roe 玄武岩が採集された。段階熱消磁および交流消磁の結果、これらの試料は単成分磁化と多成分磁化の 2 つのタイプに分類できる。Salgash 亜層群の枕状玄武岩、Mount Roe 玄武岩ともに、単成分磁化試料の磁化方向はまとまった方向を示さないのに対し、多成分磁化試料の高温成分は各サイト内、サイト間でよい一致を見せる。また、単成分磁化の試料は多成分のものに比べて自然残留磁化に対する飽和等温残留磁化および非履歴性残留磁化の比が著しく大きく、これらの残留磁化が非常な強磁場下で獲得されたことを示している。これらを最も自然に説明するのは落雷による誘導等温残留磁化の再帯磁である。したがって本研究では、Salgash 亜層群の枕状玄武岩、Mount Roe 玄武岩ともに多成分磁化試料の高温成分が特徴的残留磁化であると結論した。両玄武岩の岩石磁氣的性質は非常に類似しており、主要な磁性鉱物は擬似単磁区に相当する平均粒子サイズをもつマグネタイトであるが、その含有量は一般の玄武岩類に比較して著しく低い。Salgash 亜層群の枕状玄武岩を用いたテリエ法による磁場強度測定の結果、 $(5.3 \pm 1.9) \times 10^{22} \text{Am}^2$  という平均 VDM を得た。これは現在の磁場強度の約 66% に相当する。しかし、Salgash 亜層群の枕状玄武岩においては海嶺近傍の熱水変質による大規模な鉱物置換が見られ(Nakamura and Kato, 2000)、試料中に存在するマグネタイトも 2 次的な鉱物である可能性が否定できない。もし、これらの残留磁化が 2 次的マグネタイトの担う化学残留磁化であるなら、このテリエ法結果は磁場強度の下限に近い値を示している。一方、Mount Roe 玄武岩に対するテリエ法の結果、得られた平均 VDM は  $(2.4 \pm 1.5) \times 10^{22} \text{Am}^2$  で、現在の約 30% に相当する比較的弱い値であった。

図 1 は 20-35 億年前の期間の磁場強度変動について、過去の研究および本研究の結果

