

34.5 億年前南アフリカバーバートン玄武岩の Lu-Hf 同位体システムティクスと初期マントル進化 Lu-Hf isotope systematics of 3.45Ga Barberton basalts : implications for early mantle evolution

山口 能央^{1*}; 飯塚 毅¹; 外西 奈津美²; 中井 俊一²; ドビット マーティン³
YAMAGUCHI, Takao^{1*}; IIZUKA, Tsuyoshi¹; HOKANISHI, Natsumi²; NAKAI, Shun'ichi²; DEWIT, Martin³

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 東京大学地震研究所, ³ ネルソンマンデラ首都大学
¹University of Tokyo, Graduate school of Science Department of Earth and Planetary Science, ²Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ³Neison Mandela Metropolitan University

Bulk Silicate Earth(以下,BSE)の分化過程は、地球全体における元素分布を支配し、地球内部の温度分布や熱進化、マントル対流などのダイナミクスを大きく左右したと考えられる。従って、BSEの分化過程を理解することは、地球の進化を議論する上で必要不可欠である。そのための強力な手法の一つに Lu-Hf 放射性同位体地球化学がある。この手法は 2000 年以降急速にその研究報告が増え、従来から用いられてきた Sm-Nd 系と組み合わせることで、地球形成初期の深部溶融の可能性等、幾つか新しい知見が Lu-Hf 系列の研究によって得られている (Rizo et al., 2011)。

しかし、Lu-Hf 壊変系列を太古代試料に適用した先行研究のデータをコンパイルしていくと、二つの不確実性の存在が浮かび上がる。一つは、変成変質の影響をしっかりと評価している試料とそうでない試料が混在したまま、議論が展開されている点。もう一つは、コマチアイトの Hf 同位体組成と玄武岩の Hf 同位体組成を同列に扱って議論をしている点である。変成変質の影響をしっかりと吟味した試料だけで議論していくことは当然として、地球史を通じたマントルの分化を議論する際、異なるタイプの岩石の同位体比を同列に扱うことの妥当性にはまだ不明な点が多く、どちらかの試料で揃えて議論していくことも必要であろう。特に、今回のコンパイルからは、 ϵ_{Hf} が顕著に正を示し始め、幾つかの先行研究で現世のプレートテクトニクスが始まったと主張されている 35 億年前後の試料が、他の年代の試料と異なり、コマチアイトに限られていることが確認された。

そこで、本研究では、35 億年前後の玄武岩の Hf 同位体比を提出するため、34.5 億年前の南アフリカバーバートンの玄武岩の高精度 Hf 同位体分析を行った。現在は、Kromberg Complex から採取され 7 種 8 サンプルの分析を終え、その結果は全 ± 8 サンプルで、 $2801 \pm 690\text{Ma}(\text{MSWD}=49.2, \sigma, N=8)$ という年代値を示し、また、岩石学的地球化学的情報からより初生的な情報を保持していると判断される試料のみを用いると、そのアイソクロン年代は $3890 \pm 1100\text{Ma}(\text{MSWD}=9.62, 2, \sigma, N=4)$ となった。更に、分析試料の形成年代が 3450Ma として計算した初生 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ は 0.28043 ± 0.00051 で、この結果をコンドライトからの相対的なずれで表すと、 $\epsilon_{Hf}(3445\text{Ma})$ は 2.66 ± 0.66 となる。このことは、バーバートンの玄武岩のソースマントルが 35 億年より以前に既に溶融を経験し、液相濃集元素に枯渇していたことを示す。また、他地域の太古代玄武岩の同位体組成と併せて、マントル Hf 同位体進化線を推定すると、その線は 40 億年前に分化イベントを経験し、Lu/Hf 比が 0.296 になっていたとすると説明できることが分かった。この Lu/Hf 比は、BSE のそれよりも有意に高く、MORB ソースマントルの Lu/Hf 範囲内となる。従って、太古代初期のマントルは、現在の上部マントルと同程度の Lu/Hf 分別を経験していたことが分かった。更に、既に報告されている Nd 同位体比と組み合わせて議論を行い、バーバートン地域のコマチアイトや玄武岩の同位体的類似性を確認し、バーバートン地域のコマチアイトと玄武岩の作り分けを含む形成モデルの提案をした。また、マントル分化が地球深部で行われていた可能性と、その痕跡が何らかのメカニズムによって希釈されてきた可能性を示した。発表当日は、データ数をさらに増やし、より精緻な議論を上記の内容に関して行う予定である。

キーワード: マントル進化, 玄武岩, バーバートン, Lu-Hf, 太古代, 同位体分析
Keywords: Mantle Evolution, Basalts, Barberton, Lu-Hf, Archean, Isotopic Analysis