

地球物質にみられる Nd 安定同位体存在度変動の質量依存性

Mass-dependent stable isotope fractionation of Nd in terrestrial materials

若木 重行 [1]; 田中 剛 [2]

Shigeyuki Wakaki[1]; Tsuyoshi Tanaka[2]

[1] 名大・環境・地球; [2] 名大院・環境・地球環境

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Nagoya Univ.; [2] Earth and Environmental Sciences, Nagoya University

元素の同位体存在度は、普遍定数ではない。すべての元素は、化学反応や蒸発・凝縮などの物理現象に伴って同位体分別を受け、その安定同位体存在度を变化させる。天然物質中の元素は、物質の履歴に伴って異なる化学反応において様々な程度の同位体分別作用を受け、結果として様々な安定同位体存在度を示すと考えられる。従来、このような安定同位体存在度の天然物質における変動に関する研究は、一部の軽元素（H、C、N、O、S など）に限られてきた。軽元素では天然試料における同位体存在度の変動が大きく、これらは容易に検出可能である。一方、原子番号の大きな元素に関しては、期待される同位体存在度の変動は小さく、分析精度との関係で天然の同位体存在度変動は検出できないと考えられてきた。ところが近年、質量分析技術の進展により、Fe、Zn や Tl ($z=81$) のような原子番号の大きな元素でも、天然物質中に安定同位体存在度の変動が見られる事が明らかになった。天然試料中のあらゆる元素は、元素ごとに異なる履歴を持っている。従って、安定同位体存在度の変動の記録する化学反応履歴は、元素ごとに異なると考えられる。このような原子番号の大きな元素の安定同位体は、近年盛んに研究されており、従来の軽元素のそれと区別するため“non-traditional stable isotopes”と呼ばれる。

本研究では、新たな“non-traditional stable isotopes”研究の対象として REE（希土類元素）のうち Nd に注目し、天然物質における安定同位体存在度変動の検出を試みた。REE は地球化学的に有用な元素群であり、その元素分別パターンは物質の起源を推測しうる重要な地球化学的ツールとして多様な研究に用いられている。さらに、Nd には、Sm-Nd 放射壊変系の放射起源核種である ^{143}Nd が存在し、その放射起源同位体存在度の変動からは年代学的な情報を得る事ができる。これら既存の手法と、安定同位体とを組み合わせる事で、起源・年代に加えて反応に関する多次元の情報を単一の元素（あるいは元素群）から得られる事が期待される。

本研究では、DS-TIMS 法（ダブルスパイク-表面電離型質量分析法）によって Nd の高精度安定同位体分析法を開発した。開発された手法による Nd 安定同位体分析の精度は、イプシロン ^{146}Nd （試料の $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比を標準試薬の同位体比で規格化した一万分率）において ± 0.2 (2SD, $n=44$) であった。また、本手法ではすべての Nd 同位体が分析されるため、観測された安定同位体変動の質量依存性を解析する事が可能である。本手法によって、様々な地殻物質中の Nd 安定同位体が分析された。火成岩（玄武岩、花崗岩および流紋岩）、マンガンノジュールおよび珊瑚（いずれも地質調査所岩石標準試料）は、それぞれイプシロン $^{146}\text{Nd} = -0.2 \pm 0.5$ (2SD, $n=11$)、 $+0.2$ および $+0.2$ と誤差範囲内で一致した同位体比を示した。一方で、海成炭酸塩岩（石灰岩およびドロマイト）16 試料の Nd 安定同位体比はイプシロン $^{146}\text{Nd} = -0.1 \sim 2.6$ の範囲に分布し、火成岩やマンガンノジュール、珊瑚と比較して明らかに重い同位体組成を示した。マンガンノジュールおよび珊瑚に含まれる REE は海水起源であり、その Nd 安定同位体存在度が一致した事から、海水のイプシロン ^{146}Nd はおよそ 0.2 と推測できる。REE パターンの類似性より炭酸塩岩中の Nd も海水起源であると考えられる。炭酸塩岩前駆物質である生物性炭酸塩に REE はほとんど含まれない事から、続成作用における海水-炭酸塩間の同位体分別を伴った REE 濃縮反応の存在が示唆される。本研究で観察された、Nd 同位体存在度変動はすべて質量依存であった。講演では、希土類元素における非質量依存同位体分別の可能性についても議論する。