

立正大学における Sr・Nd 同位体比測定用試料の調整

清水 隆一* 川野 良信**

キーワード：同位体比、Sr、Nd、イオン交換樹脂、岩石粉末試料

1. はじめに

地球化学の研究分野において様々な元素の同位体比は重要な情報をもたらしてくれる。特に岩石学の分野では、岩石や鉱物試料の Sr や Nd 同位体比を測定し、アイソクロン年代の算出や起源物質の推定に活用している（加々美・周藤, 1977; 加々美ほか, 2008）。一般に、これらの同位体比測定には TIMS (Thermal Ionization Mass Spectrometry) が用いられる（加々美ほか, 1982; 藤巻ほか, 1992; 飯泉, 1996; Miyazaki and Shuto, 1998; Orihashi et al., 1998; Hirahara et al., 2009）。近年、TIMS 導入を進める研究機関が増えてきているが、高価な分析機器ということもあり、また、専門的な知識と多額のランニングコストを要するため、その設置・保守・管理は容易ではない。さらに、岩石や鉱物試料から同位体比測定用試料を抽出する工程にも、長時間に亘る作業と多大な労力を必要とする。加えて、この TIMS は限られた国内の研究機関にしか設置されていないため、外部研究者として機器を利用して、同位体比を測定するためには、当該研究機関の協力も必要不可欠である。このように、同位体比測定に際して様々な困難はあるものの、岩石や鉱物の成因を詳しく検討するには同位体比のデータは欠かすことができず、多くの研究者は努力し、その測定を続けている。ただし、TIMS を利用する際に当該研究機関への負担を軽減するために、自ら管理する実験室に同位体比測定試料の抽出ラインを立ち上げる研究者も現れ、その手法については詳しく論じられている（佐野・田崎, 1994; 川野ほか, 1999; 大和田ほか, 2001; 池田, 2006）。

立正大学地球環境科学部環境システム学科環境岩石学研究室では、岩石・鉱物の主成分・微量成分・希土類元素組成に基づき、それらの成因について検討を続けている。しかし前述のように、さらに詳細な議論を行うためには Sr や Nd 同位体組成を求める必要がある。幸い本論

の著者の 1 名は以前他研究機関において同位体抽出ラインを立ち上げた経験を有し（川野ほか, 1999）、抽出用のカラムなどを保管していたため、本学地球環境科学部棟のクリーンルーム内で Sr、Nd 同位体比測定用試料の調整が可能であった。本論では、クリーンルームの概要、同位体比測定試料の抽出過程、ブランク測定結果、標準試料の測定結果を報告し、本学での抽出ラインの精度と信頼性について検証する。

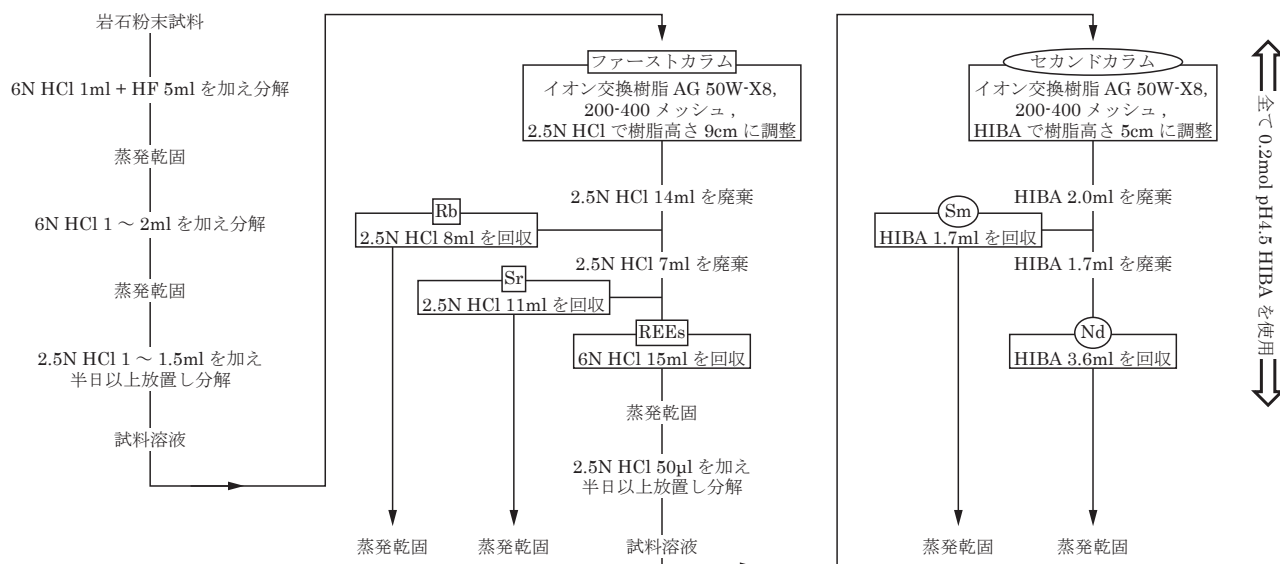
2. クリーンルームおよび実験概要

2.1 クリーンルーム

立正大学では地球環境科学部棟 2 階にクリーンルームが 2 部屋設けられており、環境試料の酸素・水素・窒素・炭素同位体比測定用質量分析計や、希土類元素測定用の LA-ICP-MS (Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry; 新藤ほか, 2009) を設置している。これらの機器の保守・管理のために、部屋は常に温度と湿度（温度：20～25℃、湿度：50% 以下）が一定になるよう調整されている。また、入室する際には無塵衣を着用し、予備室から本室に入る際にエアシャワーを浴び、埃を持ち込まない仕様に設計されている。実験器具などはパスボックスを通してクリーンルーム内に持ち込む。無論、実際に抽出に用いる道具は室内に持ち込む以前に大まかな洗浄を行うが、クリーンルーム内でも後述する洗浄を行ってから実験に用いている。一般に、前述の精密分析機器は腐食性の薬品に弱いいため、本学のクリーンルームでは化学実験を行うため設置された 2 台のドラフトと、分析機器のある場所とが壁によって隔てられている。本論で議論する Sr、Nd 同位体比測定用試料の調整には塩酸やフッ化水素酸を用いるが、これらの作業はドラフト内で行うため、人体や分析機器に悪影響はない。

* 立正大学地球環境科学研究科

** 立正大学地球環境科学部



第 1 図 Sr・Nd の抽出実験概要
HIBA : α -Hydroxy Iso-Butyric Acid

2.2 実験概要

立正大学で行った同位体比測定用試料の調整について、実験過程のフローチャートを第 1 図に示す。今回の実験では、まず岩石粉末試料を酸によって分解し試料溶液とする。そしてイオン交換樹脂を詰めたカラムに試料溶液を通過させることで、任意の元素を分離・抽出していく。元素分離は 2 種類のイオン交換カラムを用いた 2 段階で行われ、第 1 段階で用いるファーストカラムでは試料溶液から Rb と Sr、および REEs (Rare Earth Elements) の分離を行っている。ここで回収された REEs は、セカンドカラムによってさらに Sm と Nd に分離する。

3. 超純水装置、薬品および実験器具

3.1 超純水装置

試料の分解・抽出に使用する純水は水道水をミリポア社製 Elix Essential 純水洗浄装置で高純水に変換し、紫外線滅菌装置が付いた貯蔵タンクに蓄えておく。この高純水をさらにミリポア社製 Milli-Q Synthesis A10 純水洗浄装置によって超純水に変換し、薬品の調合や実験器具の最終洗浄に用いる（第 2 図）。一方、変換した高純水も実験器具の洗浄に用いるが、一時的に大量に使用する場合はあるため、一旦ナルゲン社製の貯蔵タンクに蓄えておく。しかし、この高純水は一定の期間使用しない場合は廃棄される。



第 2 図 超純水製造システム

3.2 薬品とイオン交換樹脂

ファーストカラムで Rb、Sr および REEs を分離する場合は、2.5N と 6 N の塩酸を使用している。塩酸は関東化学株式会社の電子工業用塩酸 (EL) を用いる。この電子工業用塩酸は 12N であるため、前述の超純水を適量加えることによって希釈している。イオン交換樹脂は 200-400 メッシュの Bio-Rad AG 50W-X8 を使用する。樹脂は使用に先だって 12N の塩酸で洗浄し、高純水を用いてデカンテーションを行った後、超純水によって複数回すす

ぎ、粒径を揃えるようにした。これは塩酸を流下させる際、樹脂の粒度が揃っていないと目的元素の落下位置がずれるためである（山元・丸山, 1996）。ファーストカラム用の樹脂は2.5Nの塩酸に、セカンドカラム用の樹脂はpH4.5に調整した超純水で満たしたテフロンボトル内にそれぞれ保存している。セカンドカラムに流すHIBA (α -Hydroxy Iso-Butyric Acid) は0.2molに濃度を調整し、アンモニア水によってpHを4.5にしている。スパイクは通常の岩石・鉱物のRb、Sr、Sm、Nd濃度測定には支障の出ないRb/Sr比、Sm/Nd比を持つ混合スパイクを使用している。本研究でブランク測定に使用したスパイクは、川野ほか（1999）と同様に、 ^{87}Rb 、 ^{86}Sr 、 ^{149}Sm 、 ^{145}Nd が濃集したものである。この他にも ^{84}Sr が濃集した混合スパイクも作成しており、定量する試料の濃度に応じて使い分ける予定である。なお、定量分析の際には、どの同位体が濃集したスパイクを使用したのかを予め確認し、適切な質量分析計の測定プログラムを用いて測定する必要がある。

3.3 実験器具

ファーストカラムとセカンドカラム、および回収用の7ml ビーカーはパイレックスガラス製である。また、岩石粉末試料の分解にはテフロン製の密封容器（テフロンジャー）を、カラムから落下する溶液の回収には50mlのテフロンビーカーを用いている。これらすべての容器は、最初に使用する直前と抽出実験で使用後には完全に洗浄されていなければならない。セカンドカラムや回収用7ml ビーカー、テフロンジャーは、水道水で良く洗った後、半日以上クリーンエースに浸し、その後6Nの硝酸で1回、6Nの塩酸で1回、高純水で3回、それぞれ3時間以上ホットプレート上で保温状態に保ったまま漬けておく。さらに、それぞれの工程を終える際は必ず高純水で3回すすぎ洗いを行っている。そして、最後の高純水に3時間漬け置きし、すすぎ洗いを終えた器具は、超純水によって高純水を洗い落とし、乾燥のため専用の恒温器に入れる。乾燥後は専用の容器に入れて保管しておく。

4. 抽出過程

4.1 Rb、Sr および REEs の分離

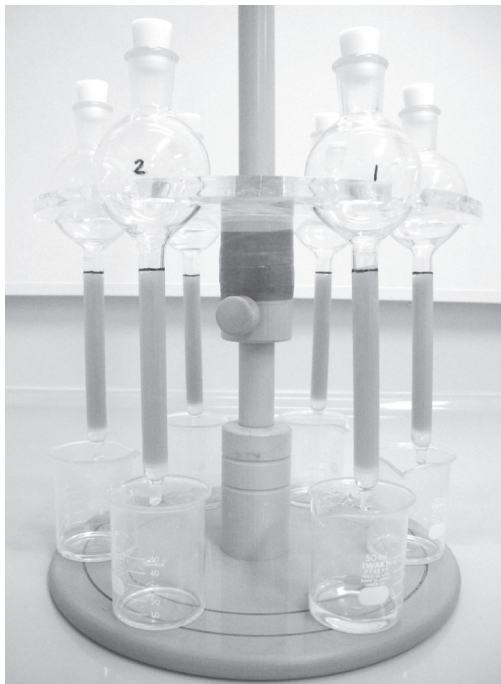
基本的な抽出方法は加々美ほか（1982）、Kagami et al.（1987）で述べられている。また、本研究で用いる抽出器具の多くは川野ほか（1999）で使用していたものを

流用している。以下に述べる実験手法は、既存の研究（加々美ほか, 1982; 川野ほか, 1999; 池田, 2006）で議論されている。

- 1) 岩石粉末試料0.1~0.15gを7ml 蓋付きテフロンジャーに量り取り、6Nの塩酸を1ml、フッ化水素酸を5ml程度加えて数日放置する。この時、ホットプレート上に保温状態で放置しておくことで分解が促進される。難溶性のザクロ石やスピネルなどが試料に含まれる場合には、硝酸や過塩素酸を適宜加える。さらに分解が困難な電気石などが含まれる試料の場合には、スチールジャケット付きのテフロン加圧容器を用いる。
- 2) 試料が完全に分解した後、ホットプレート上に蓋を開けたテフロンジャーを乗せ、蒸発乾固させる。蒸発乾固はドラフト内で行うが、埃の混入を可能な限り避けるため、エアフィルターを備えたポリエチレン製容器内で行う。蒸発乾固すると大抵は褐色を帯びた白色残渣となる。
- 3) 白色残渣に6Nの塩酸を1~2ml加えた後、テフロンジャーに蓋をして、超音波洗浄器にかけ残渣を完全に溶解させる。これは試料中のFeOを完全に Fe_2O_3 に変化させるためである。質量分析計での測定においてFeはビームの安定性を損なうため、可能な限り除去しておくなくてはならない。FeOの状態が残ってしまうとイオン交換樹脂での落下位置がずれる可能性があるため、すべてのFeを Fe_2O_3 の形にする。
- 4) 6Nの塩酸を加えた後、再びホットプレート上で蒸発乾固させる。テフロンジャーが常温に戻ったら、2.5N塩酸を1~1.5ml加え、蓋をして半日以上放置する。
- 5) テフロンジャー内の溶液を遠沈管に移し、遠心分離器にかけて上澄み液と白濁物（白濁物は必ずしも生じない）に分離する。上澄み液を1mlチップでファーストカラムに移し入れる。ファーストカラムは2.5Nの塩酸を流した時に樹脂の高さが9cmになるよう調整している（第3図）。また、本研究では6本のファーストカラムを乗せられるカラム台を2つ用いている。すなわち、最大で12個の試料の処理を同時に行うことが可能である。なお、ファーストカラムに樹脂を封入していない時は、前述のように2.5Nの塩酸を入れたテフロンボトル内で樹脂を保存している。これは、樹脂をファーストカラムに入れたまま放置すると痛めてしまい、各元素の回収位置が大きくなるためである。また、溶液化した試料をローディングする際、樹脂を攪拌してしまうと元素の回収位置がずれるので、可能な限り攪拌しないよう（動かさないよう）に試料をロー

ディングしなくてはならない。

6) 溶液試料が完全に樹脂に吸着されたこと（樹脂の上に溶液がなくなったこと）を確認後、2.5N 塩酸を適量流し、Rb と Sr を、さらに 6 N 塩酸を流し、REEs を分離・回収する。回収の際はカラムの下に50ml のテフロンビーカーを置き、そこに落下させる。各元素回収に用いる2.5N と 6 N 塩酸の量はカラムに入れている樹脂の量によって変化する。第4図に、立正大学で行っている同位体比測定用、及び定量用の各塩酸の回収位置を示した。なお、黒雲母やアブライトなど、極端に Rb が多く Sr が乏しい試料についてはファーストカラムでの抽出作業を2回行い、完全に Rb を除去するようにしているが、通常は1度カラムに通すだけで Rb を除去し、Sr を回収することが可能である。同位体比測定用と定量用試料における抽出手順の違いは、



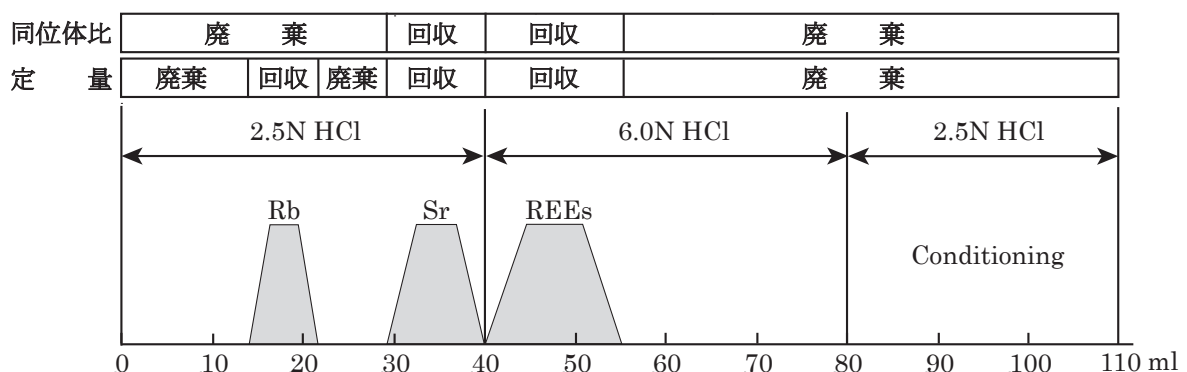
第3図 ファーストカラムの形状

図に示したように Rb を回収するか否かである。つまり、同位体比測定用の分解試料を樹脂に注入後は、29ml の2.5N 塩酸を流し、Rb は回収しない。その後の手順は同位体比用・定量用に違いはない。

7) 50ml テフロンビーカーに回収した Rb、Sr、REEs はホットプレート上で濃縮し、7ml のパイレックス製ビーカーに移して蒸発乾固させる。パイレックス製ビーカーが完全に冷却した後、パラフィルムで蓋をして、測定直前試料とする。このうち、REEs を乾固したビーカーからは後述の方法によって Sm と Nd を分離する。

4.2 Sm、Nd の分離

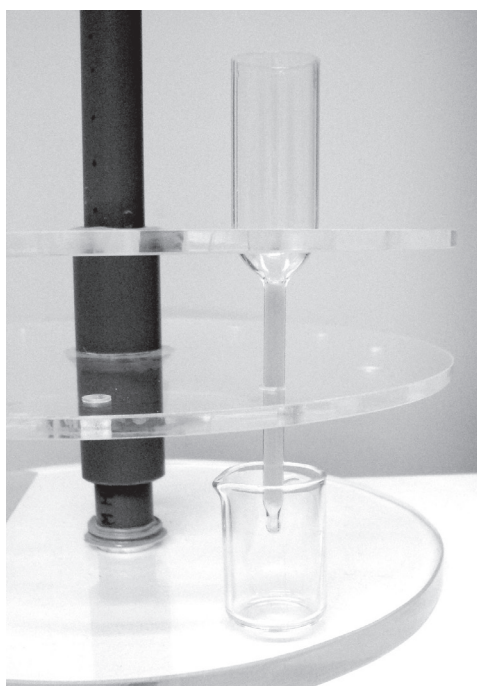
- 1) REEs を回収し、乾固したパイレックス製ビーカーに2.5N 塩酸50 μ l を加え、半日以上放置し溶解する。
- 2) セカンドカラムは抽出毎に新しい樹脂を詰め直している。パイレックス製セカンドカラムの先端に少量のガラスウールを挿入し、樹脂（Bio-Rad AG 50W-X8型 200–400メッシュ）の高さが5cm になるように詰めていく（第5図）。樹脂を詰めた後、コンディショニングのためにおよそ9 ml の HIBA を流す。なお、本研究では、12本のセカンドカラムを1つのカラム台に乗せて抽出している。
- 3) 溶解した REEs 試料は50 μ l チップを用いてセカンドカラムに移し入れる。Sm と Nd の回収位置は HIBA の液温によってずれることが知られている（佐野・田崎, 1994 ; Kagami et al., 1987）。第6図では川野ほか（1999）で示された回収曲線に、本学での実験結果を合わせて示した。Sm の落下位置は川野ほか（1999）の結果とほぼ一致するものの、Nd は僅かに後方にずれている。
- 4) ファーストカラムでは、同位体比測定用試料の抽出時において分解試料注入後、Sr 回収直前の29ml まで



第4図 Rb、Sr および REEs の回収位置

塩酸を一気に流している。しかし、セカンドコラムでの同位体比測定用試料抽出時に、Nd 回収直前まで一気に HIBA を流入した場合、Nd 回収位置が後方に移動してしまう。したがって、たとえ Nd 同位体比測定用試料の抽出であっても、Sm 回収後（実際には Sm を廃棄する）と Nd 回収直前に、一旦 HIBA の流入を止めて作業を行わなければならない。

- 5) 7 ml のパイレックス製ビーカーに回収した Sm、Nd は、ホットプレート上で蒸発乾固し、パラフィルムで蓋をして測定直前試料とする。ただし、HIBA はアンモニアによって pH を調整しているため、塩酸を含んだ試料と同時に乾固すると、塩化アンモニウムの結晶



第5図 セカンドコラムの形状

が生成される。この結晶は、抽出した Sm や Nd を含んだまま飛散し、汚染を生じてしまう。そのため、HIBA を用いて抽出した Sm、Nd を蒸発乾固する際は、ホットプレート上の塩酸を完全に除去しておく必要がある。

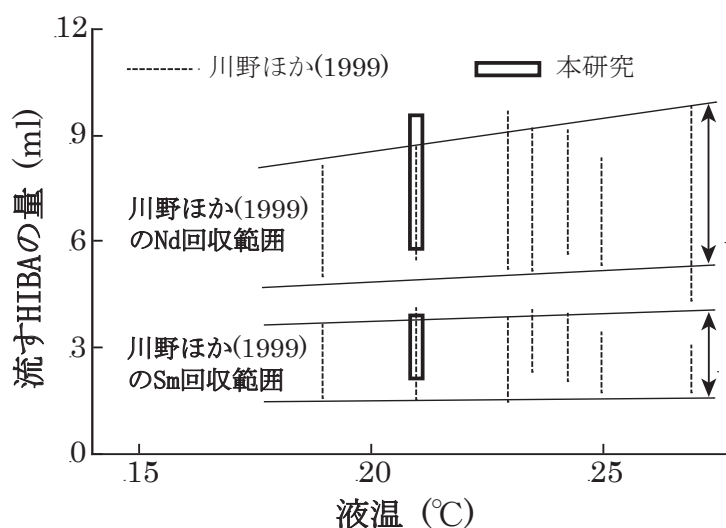
5. 測定結果および考察

5.1 測定機器

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比の測定および Rb、Sr、Sm、Nd の定量は、新潟大学自然科学研究科の TIMS (Finnigan 社製 MAT262) を使用して実施した。パイレックス製ビーカーに抽出した試料を酸によって溶解し、マイクロピペットによってタンタルフィラメントに塗付する。そしてレニウムフィラメントを装着したマガジンに、試料を塗付したタンタルフィラメントを取り付け質量分析計にセットする。レニウムフィラメント (Ionization) の電流値を適正值に設定し、タンタルフィラメント (Evaporation) に徐々に電流をかけ目的とする同位体のビームを上げていく。測定に適したビームが得られれば測定を開始する。なお、測定した $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比は $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ で、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比は $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$ でそれぞれ規格化している。

5.2 ブランクの測定結果

今回、クリーンルーム内で抽出実験を行うに当たって 5 回の総ブランク量測定を行った。ただし、ブランク 1 の Sr は電流値を上げていく際に全て蒸発してしまったため測定できなかった。ブランクの測定結果を第 1 表に示す。立正大学でのブランクは Rb が 59~82pg、Sr が 86~



第6図 Sm および Nd の回収曲線

第1表 Rb、Sr、Sm、Nd の総ブランク量

	Rb (pg)	Sr (pg)	Sm (pg)	Nd (pg)
Blank-1	64	n.d.	67	620
Blank-2	72	107	24	431
Blank-3	59	152	19	112
Blank-4	82	86	37	133
Blank-5	62	146	17	185
average	67	122	32	296

n.d., not determined

第2表 ブランクによる同位体比測定値への影響

$<^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}>$		試料の同位体比 = 0.702000		ブランクの同位体比 = 0.70912	
試料(ng)		500	1000	2000	3000
ブランク (0.1 ng)		0.702001	0.702001	0.702000	0.702000
ブランク (0.5 ng)		0.702007	0.702004	0.702002	0.702001
ブランク (1 ng)		0.702014	0.702007	0.702004	0.702002

$<^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}>$		試料の同位体比 = 0.513300		ブランクの同位体比 = 0.512200	
試料(ng)		100	200	500	1000
ブランク (0.1 ng)		0.513299	0.513299	0.513300	0.513300
ブランク (0.5 ng)		0.513295	0.513297	0.513299	0.513299
ブランク (1 ng)		0.513289	0.513295	0.513298	0.513299

試料の同位体比としてMORBの値を採用した時のブランクの影響

152pg、Sm が17~67pg、Nd が112~620pg であった。同じ器具を使用してブランクを求めた川野ほか（1999）の結果と比較した場合、今回のブランクの量はSr が大きく下回り、Rb は同程度、Sm や Nd はやや上回っている。ただし、ブランク 1 と 2 の Nd は極端に高くなっているため、測定時に使用したフィラメントやイオン源のエクストラクションプレートの洗浄が不十分だった可能性もある。あるいは、塩酸の希釈や HIBA 作成時に使用した超純水の影響も考慮しておかねばならない。

佐野・田崎（1994）はブランクの量を変えた時に、同位体比測定値への影響がどのように変化するかを議論している。本報告でも佐野・田崎（1994）と同様に試料の同位体比を MORB の値（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.702000$ 、 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.513300$ ）として検討を行う。ただし、ブランクの Sr と Nd 同位体比は、それぞれ海水の同位体比である0.70912（伊藤，1993）と0.512200（周藤，2009）を仮定した。これは加々美ほか（1982）で議論されている薬品ブランクの Sr 同位体比が海水のそれとほぼ同じであったため、海水からの飛沫が大気中に拡散し、影響を及ぼしていると推定されるからである。

さらに、試料中の Sr 量を500ng、1000ng、2000ng、3000ng、Nd 量を100ng、200ng、500ng、1000ng、ブラ

ンク量を0.1ng、0.5ng、1 ng と仮定して計算した。計算結果を第2表に示す。

Sr のブランク量が1 ng（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70912$ と仮定）の時、500ng 程度の測定試料への影響は0.000014程度であり、同位体比測定精度（ 2σ ）とほぼ同じと言える。今回測定したSrのブランク量は0.2ng以下であることから、立正大学での抽出過程においてはブランクの影響はほとんど無いと考えられる。一方、Sm と Nd のブランクは特に大きな値を示すブランク 1 や 2 を除けば、佐野・田崎（1994）や川野ほか（1999）のブランク量と同程度である。Nd のブランク量が1 ng（ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512200$ と仮定）で、試料中の Nd が100ngであったとすると、測定試料の同位体比への影響は0.000011だけである。これは分解する粉末試料が100mgのときに、Ndの濃度が1 ppm だった場合に相当し、極端に Nd に乏しい試料でなければ、ブランクの影響を考えずに測定が可能であることを示している。

5.3 標準試料の測定結果

産業技術総合研究所が発行する標準試料のうち、JB-1a について Sr、Nd 同位体比を測定した。抽出した試料について、Sr 同位体比は3回、Nd 同位体比は4回測定を

第3表 地質標準試料 (JB-1a) の Sr 同位体比測定結果

	本研究	公表値	引用文献
JB-1a	0.704130(14)	0.704348(15)	倉沢 (1984)
	0.704068(15)	0.704083(16)	Kagami et al.(1989)
	0.704078(13)	0.704133(07)	Iizumi et al.(1994)
	Ave. 0.704092(14)	0.704106(12)	山元・丸山 (1996)
		0.704115(17)	Orihashi et al.(1998)
		0.704107(13)	Miyazaki & Shuto(1998)
		0.704074(13)	川野ほか (1999)
		0.704136(05)	Shibata et al.(2003)

測定値末尾の()の数値は2 σ の最終2桁を表す

第4表 地質標準試料 (JB-1a) の Nd 同位体比測定結果

	本研究	公表値	引用文献
JB-1a	0.512772(14)	0.512784(11)	Kagami et al.(1989)
	0.512766(13)	0.512780(09)	Arakawa(1992)
	0.512789(14)	0.512768(09)	Iizumi et al.(1995)
	0.512775(11)	0.512785(34)	山元・丸山 (1996)
	Ave. 0.512776(13)	0.512780(11)	Orihashi et al.(1998)
		0.512782(07)	Miyazaki & Shuto(1998)
		0.512783(13)	川野ほか (1999)
		0.512750(04)	Shibata et al.(2003)
		0.512764(06)	Hirahara et al.(2009)

測定値末尾の()の数値は2 σ の最終2桁を表す

行った。測定結果を第3表および第4表に示した。

立正大学で抽出した JB-1a の Sr 同位体比の測定平均値は、 0.704092 ± 0.000014 ($n = 3$) であった。平均値を既存の公表値と比べると、低い方の公表値 (0.704083 : Kagami et al., 1989) と類似している。また、Miyazaki and Shuto (1998) は同じ質量分析計を用いて JB-1a の Sr 同位体比を測定しており、0.704107 ($n = 8$) を得ている。すなわち、本研究で得られた Sr 同位体比は、Miyazaki and Shuto (1998) の報告値よりも0.000015ほど低くなっている。通常、Sr 同位体比を低い方へ変動させるには、測定試料よりも低い同位体比をもつ物質が混入しなければならない。しかしながら、薬品や水の Sr 同位体比は一般に0.709程度であるため (加々美ほか, 1982)、それらの影響で試料の同位体比が低く変動したとは考えられない。本研究で得られた Sr 同位体比が低いことは、使用した標準試料そのものに同位体比の違いがあるためかもしれない。いずれにせよ、立正大学で抽出した JB-1a の測定値は低いものの、従来の報告値の範囲内に納まっている。

一方、立正大学で抽出した JB-1a の Nd 同位体比の平均値は 0.512775 ± 0.000013 ($n = 4$) であり、同じ TIMS で測定された既報値0.512782 ($n = 9$) (Miyazaki and Shuto, 1998) と比較すると僅かに低い。しかしながら、既報の Nd 同位体比の平均値 (0.512775) とほぼ一致しており、前述のブランクの影響はほとんどないと考えられる。

6. まとめ

本論では、立正大学地球環境科学部環境システム学科環境岩石学研究室における Sr、Nd 同位体比測定用試料の抽出方法について検討した。本学のクリーンルーム内で同位体比測定用試料を調整した結果、Sm や Nd のブランクは既報の研究例よりもやや大きいものの、Rb や Sr のブランクはほぼ同程度もしくは低くなっている。この違いは実験に用いる薬品および水の影響や、測定時のフィラメントの状態などに原因があるのかもしれない。今後、定期的にブランクの測定を行い、原因を明らかにする必要がある。標準試料の測定結果をみると、本研究で測定した Sr、Nd 同位体比はいずれも公表値の組成範囲内に収まり、大きな差異は認められない。

以上の結果から、極端に Sr や Nd に乏しい岩石や鉱物からの抽出に際しては十分な注意が必要だが、通常の岩石からの抽出には特に問題はないと判断される。

謝 辞

立正大学における同位体比測定用試料の抽出は、本学地球環境科学部環境システム学科の清水 洋教授、本学地球環境科学研究科の大久保悠花氏の協力に依るところが大きい。また、TIMS の使用については、新潟大学理学部のサティッシュ・クマール教授、高橋俊郎准教授、今中里華子氏に便宜を図って頂いた。以上の方々に謹ん

でお礼申し上げます。

引用文献

- Arakawa, Y. (1992) $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios of twelve GSJ rock reference samples and reproducibility of the data. *Geochem. J.*, 26, 105-109.
- 藤巻宏和・王 成玉・青木謙一郎・加藤祐三 (1992) 北部北上山地の階上深成岩体の Rb-Sr 年代. 岩鉱, 87, 187-196.
- Hirahara, Y., Takahashi, T., Miyazaki, T., Vaglarov, B. S., Chang, Q., Kimura, J.-I. and Tatsumi, Y. (2009) Precise Nd isotope analysis of igneous rocks using cation exchange chromatography and thermal ionization mass spectrometry (TIMS). *JAMSTEC-R IFREE Special Issue*, 65-71.
- 池田保夫 (2006) 小規模岩石化学実験室における Sr・Nd 同位体比分析試料の調整. 北海道教育大学紀要自然科学編, 57, 33-39.
- 飯泉 滋 (1996) 表面電離型質量分析計, MAT262 による岩石・鉱物試料の Sr・Nd 同位体組成の測定. 島根大学地球資源環境学研究報告, 15, 153-159.
- Iizumi, S., Maehara, K., Morris, P. A. and Sawada, Y. (1994) Sr isotope data of some GSJ rock reference samples. *Mem. Fac. Sci., Shimane Univ.*, 28, 83-86.
- Iizumi, S., Morris, P. A. and Sawada, Y. (1995) Nd isotope data for GSJ reference samples JB1-a, JB-3 and JG-1a and the La Jolla standard. *Mem. Fac. Sci., Shimane Univ.*, 29, 73-76.
- 伊藤 孝 (1993) 新生代海水 Sr 同位体組成データの評価と Sr 同位体層序学. 地質雑, 99, 739-753.
- Kagami, H., Iwata, M., Sano, S. and Honma, H. (1987) Sr and Nd isotopic compositions and Rb, Sr, Sm and Nd concentrations of standard samples. *Tech. Rept. ISEI, Okayama Univ., Ser. B.*, No.4, 1-16.
- 加々美寛雄・岡野 修・須藤 宏・本間弘次 (1982) MAT260 による Sr 同位体比測定及び Rb・Sr 定量分析. 岡山大温研報, no.52, 51-70.
- 加々美寛雄・周藤賢治 (1977) Sr 同位体岩石学. 地学団体研究会, pp.274.
- 加々美寛雄・周藤賢治・永尾隆志 (2008) 同位体岩石学. 共立出版, pp.304.
- Kagami, H., Yokose, H. and Honma, H. (1989) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios of GSJ rock reference samples; JB-1a, JA-1 and JG-1a. *Geochem. J.*, 23, 209-214.
- 川野良信・西奈保子・石坂岳士 (1999) 岩石化学実験室における Sr・Nd 同位体比試料の調整. 佐賀大学文化教育学部研究論文集, 4, 1, 139-146.
- 倉沢 一 (1984) ストロンチウム同位体比からみた富士・箱根・伊豆地域火山岩類. 地質調査所月報, 35, 637-659.
- Miyazaki, T. and Shuto, K. (1998) Sr and Nd isotope ratios of twelve GSJ rock reference samples. *Geochem. J.*, 32, 345-350.
- 大和田正明・赤崎英里・亀井淳志・今岡照喜・村上良子 (2001) イオン交換樹脂を用いた岩石中の Rb, Sr および希土類元素の分離と ICP-AES による希土類元素の測定. 山口大学機器分析センター報告, 9, 13-18.
- Orihashi, Y., Maeda, J., Tanaka, R., Zeniya, R. and Niida, K. (1998) Sr and Nd isotopic data for the seven GSJ rock reference samples; JA-1, JB-1a, JB-2, JB-3, JG-1a, JG-1b and JR-1. *Geochem. J.*, 32, 205-211.
- 佐野 栄・田崎耕市 (1994) 岩石・鉱物の Sr・Nd 同位体比測定用試料の調製法および標準試料 JB-1 の測定結果. 愛媛大学教育学部紀要第Ⅲ部自然科学, 15, 1, 55-65.
- Shibata, T., Yoshikawa, M. and Tatsumi, Y. (2003) An analytical method for determining precise Sr and Nd isotopic compositions and results for thirteen rock standard materials. *Frontier Research on Earth Evolution*, 1, 363-367.
- 新藤智子・杉内由佳・嶋田有里奈・福岡孝昭 (2009) レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析 (LA-ICP-MS) 法によるガラスビード試料の定量分析. 地球環境研究, 11, 103-119.
- 周藤賢治 (2009) 東北日本弧-日本海の拡大とマグマの生成. 共立出版, pp.252.
- 山元正継・丸山孝彦 (1996) MAT261 による Sr, Nd 同位体比の測定と Rb, Sr の定量分析. 秋田大学鉱山学部資源地学研究施設報告, 61, 17-30.

Preparation of rock samples for Sr and Nd isotopic analysis at Rissho University

SHIMIZU Ryuichi* and KAWANO Yoshinobu**

*Graduate School of Geo-environmental Science, Rissho University

**Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

Abstract:

Separation methods of Rb, Sr, Sm and Nd from rocks and minerals at Rissho University are discussed in this paper. Results of blank test for Rb, Sr, Sm and Nd during the whole separation procedure are 59~82 pg, 86~152 pg, 17~67 pg and 112~620 pg, respectively. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ isotope ratios for JB-1a of GSJ rock sample processed under clean room in the University are consistent with previously published data. From these results, the Sr and Nd separation methods at Rissho University are highly reliable.

Key words: isotopic ratio, Sr isotope, Nd isotope, ion exchange resin, rock powdered sample

