

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K14567

研究課題名（和文）鉱石試料への応用のための簡便な金属元素のマルチ安定同位体分析手法の開発

研究課題名（英文）Development of rapid preparation procedures for isotope analysis of multiple metal elements in ore samples

研究代表者

荒岡 大輔 (Araoka, Daisuke)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号：60738318

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：鉱石中の酸素や水素の安定同位体比は、鉱化流体の起源や温度を解析するツールとして鉱床学では一般的な手法である。一方、金属元素の安定同位体比は、元素の起源や鉱床の成因を明らかにする上で有用なことが明らかになってきているが、鉱石中の難溶性鉱物の分解や目的元素の分離など煩雑な前処理作業がネックとなり、利用・普及が進んでいない。そこで本研究により、ホウ酸塩溶融とイオンクロマトグラフィーを用いた鉱石試料からの迅速・簡便な多元素同時前処理手法の開発を試みた。その結果、アルカリ金属・アルカリ土類金属元素の簡便な同位体比分析が可能となり、鉱床学分野だけでなく地球科学に関する様々な分野での応用展開を推進できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉱石試料の金属元素同位体比分析の前処理部分さえ改善されれば、酸素同位体比のように利用・普及が進み、新しい鉱物資源に関する研究・探査手法の創出に繋がる可能性が高い。初心者でも利用できるような迅速・簡便かつ多元素を同時に分離できる前処理手法を開発・確立することで、隕石や化石などの貴重な試料でも無駄なく複数の目的元素を同時に分離・回収できるため、今後はマルチ同位体比指標による詳細な解析が可能となる可能性がある。近年は大量データや多元素の安定同位体比による高解像度・多次元解析が行われるようになってきているため、本手法の迅速性・多元素同時性により、安定同位体比の様々な研究分野への波及も期待される。

研究成果の概要（英文）：Oxygen and hydrogen isotopes of ore samples are conventional tools for estimating the origin and temperature of ore-forming fluid. Although stable isotopic compositions of alkali and alkaline-earth elements also attract a great deal of attention for studies on ore genesis, the use of these isotopes is not widespread due to the difficulties on pretreatment for isotopic analysis such as the chemical purification of the target elements and decomposition of the refractory minerals in the ore samples. Here, I developed a semi-automated, high-throughput pretreatment procedure that uses a borate fusion method and an ion chromatography for multi-elements in the ore samples. As a result, rapid and easy isotopic analysis can be performed for various studied not only on economic geology but also on earth sciences.

研究分野：地球化学、鉱床学

キーワード：安定同位体比 前処理 鉱石 ホウ酸塩溶融 イオンクロマトグラフ アルカリ金属 アルカリ土類金属 標準物質

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

鉱物資源の探査や開発には、鉱床タイプや鉱床形成モデルの推定が欠かせない。そこで、鉱床・鉱山を研究する際の手法として、地表踏査による地層・岩石の分類、肉眼・電子顕微鏡観察による鉱物同定の他に、酸素・水素同位体比による流体の起源や温度の推定等が行われる。これら非金属元素の安定同位体比分析は、前処理手法や測定法が古くから確立しており、前処理や測定が自動化された汎用品が市販されているため、慣例的に用いられている。しかし、これらの同位体比やその鉱床学における解釈は 1990 年代にはおおよそ確立しており、近年は上記の手法・解釈に基づいた個別の鉱床を対象とするケーススタディ要素の強い研究が多く、新しく先端的な化学分析手法を導入している研究例は乏しい。

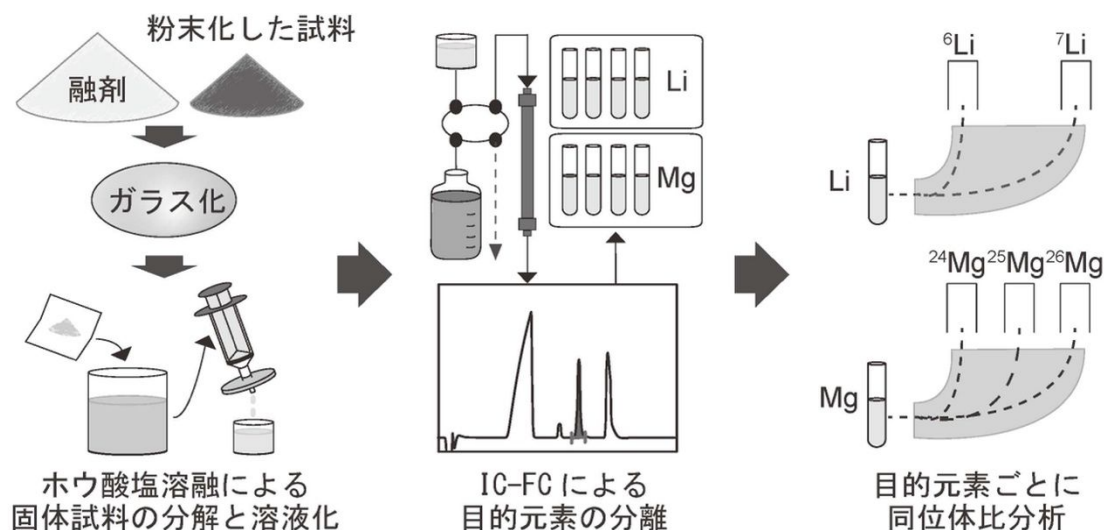
一方で地球化学分野では、1990 年代後半からの多重検出器型 ICP 質量分析計(MC-ICP-MS)の発展により、2 つ以上の安定同位体をもつ多くの金属元素において、高精度同位体比測定が行われるようになってきた。例えば申請者は、Li 同位体比により塩湖かん水型 Li 鉱床の成因が熱水性であることを明らかにするなど(Araoka et al., 2014)、鉱床学においても金属元素の安定同位体比の有用性が示されている。特に金属鉱床の場合、採掘対象の元素の安定同位体比を分析することで、その元素の起源や濃集プロセスを直接的に明らかにすることができる。MC-ICP-MS において測定時の同重体干渉等を防ぎつつ高精度測定を行うためには、固体試料の場合は溶液化が必須であり、さらに目的元素のみを他の元素から分離する必要がある。しかし、この前処理作業は複雑で長時間かかる上に、ジルコン等の難溶性鉱物を含んだ鉱石試料の場合は処理が難しい。そのため、化学分析に不得手な鉱床学においては、分析の部分で金属元素の安定同位体比を扱うためのハードルが高い。特に、地表踏査がメインで化学分析に不得手な鉱床学においては、分析の部分で金属元素の安定同位体比を扱うためのハードルが高い。一方で、鉱石試料の分解・溶液化および元素分離からなる前処理部分さえ改善されれば、酸素同位体比のように利用・普及が進み、新しい研究・探査手法の創出に繋がる可能性が高い。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究では初心者でも利用できるように迅速・簡便かつ多元素を同時に分離できる前処理手法を開発する。具体的には、ホウ酸塩溶融法を用いた鉱石試料の自動分解と、イオンクロマトグラフィー(IC)とフラクションコレクタ(FC)を組み合わせた自動元素分離・回収装置(IC-FC)を用いた前処理手法を確立する。

3. 研究の方法

IC による定量分析で一般的かつ MC-ICP-MS で分析可能な Li、Mg、K、Ca、Sr 等のアルカリ金属・アルカリ土類金属元素を対象にする。従来法により同位体比既知の鉱石標準試料から、開発したシステムを用いて目的元素を分離し、測定した同位体比を比較することで、この前処理手法が有効であることを検証する。



4. 研究成果

初年度には、当該研究課題を進める上で必須となる IC-FC の導入を進めた。他機関で既に導入済みの従来品からの仕様などを見直し、導入に向けた実験室の整備などを実施した。導入後、IC の基本的な使用方法を確認・確立するとともに、アルカリ金属・アルカリ土類金属元素分離用のルーチンを立ち上げた。これにより、同位体比分析のための自動前処理を当ラボで実際に行うことができるようになった。さらに、遷移金属元素用のカラム等を IC-FC に接続し、各種元素標準液を用いて遷移金属元素の分離可能性について検討を行なった。その結果、一部の遷移金属元素については IC-FC による自動元素分離が可能であることが確かめられた。今後は鉱石試料などの様々なマトリックスを含んだ標準物質を対象に、本手法の有効性を検証し、自動分離手法の拡張を行い、その結果を国際誌へ投稿していく予定である。

また、現在までに確立した部分の前処理手法を用いて、地球表層環境から採取された実試料への金属元素安定同位体比の適用を行った。具体的には、海底熱水中の Mg 同位体比や (Eom et al. 2020)、河川水中の Li・Sr 同位体比 (Yoshimura et al. 2021)、湖沼中の水や堆積物試料の Sr 同位体比 (Dekov et al., 2021) などを分析し、それぞれ他の分析項目と合わせて考察されることで、それぞれの成果について国際誌へ公表することができた。他にも本手法を用いた複数の共同研究が進行中であり、今後さらに様々な分野・試料への応用を推進していく予定である。

開発した本手法では、隕石や化石などの貴重な試料でも無駄なく複数の目的元素を同時に分離・回収できるため、今後はマルチ同位体比指標による詳細な解析が可能となる可能性がある。近年は大量データや多元素の安定同位体比による高解像度・多次元解析が行われるようになってきているため、本手法の迅速性・多元素同時性により、安定同位体比の様々な研究分野への波及も期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Simandl George J., Paradis Suzanne, Savard Johnathan, Miller Deanna, D'Souza Rameses, Araoka Daisuke, Akam Carlee, Hoshino Mihoko, Kon Yoshiaki	4. 巻 21
2. 論文標題 Mineral control on the geochemistry of the Rock Canyon Creek REE-F-Ba deposit, British Columbia, Canada	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis	6. 最初と最後の頁 geochem2020 ~ 010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1144/geochem2020-010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Iwasaki Yuichi, Fukaya Keiichi, Fuchida Shigeshi, Matsumoto Shinji, Araoka Daisuke, Tokoro Chiharu, Yasutaka Tetsuo	4. 巻 786
2. 論文標題 Projecting future changes in element concentrations of approximately 100 untreated discharges from legacy mines in Japan by a hierarchical log-linear model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 147500 ~ 147500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.147500	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimura Toshihiro, Araoka Daisuke, Kawahata Hodaka, Hossain H. M. Zakir, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 9
2. 論文標題 The Influence of Weathering, Water Sources, and Hydrological Cycles on Lithium Isotopic Compositions in River Water and Groundwater of the Ganges?Brahmaputra?Meghna River System in Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 668757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2021.668757	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 荒岡大輔	4. 巻 92
2. 論文標題 かん水に伴うリチウム資源	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 17-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Eom Jiwon, Yoshimura Toshihiro, Araoka Daisuke, Gamo Toshitaka, Kawahata Hodaka	4. 巻 551
2. 論文標題 Magnesium isotopic composition of submarine vent fluids from arc and back-arc hydrothermal systems in the western Pacific	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 119767 ~ 119767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2020.119767	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimura Toshihiro, Wakaki Shigeyuki, Ishikawa Tsuyoshi, Gamo Toshitaka, Araoka Daisuke, Ohkouchi Naohiko, Kawahata Hodaka	4. 巻 8
2. 論文標題 A Systematic Assessment of Stable Sr Isotopic Compositions of Vent Fluids in Arc/Back-Arc Hydrothermal Systems: Effects of Host Rock Type, Phase Separation, and Overlying Sediment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 591711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2020.591711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Dekov V.M., Gu?guen B., Yamanaka T., Moussa N., Okumura T., Bayon G., Liebetrau V., Yoshimura T., Kamenov G., Araoka D., Makita H., Sutton J.	4. 巻 568
2. 論文標題 When a mid-ocean ridge encroaches a continent: Seafloor-type hydrothermal activity in Lake Asal (Afar Rift)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 120126 ~ 120126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2021.120126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 田中 善章、佐藤 登、菅原 秀一、鹿島 理、小野田 弘士、荒岡 大輔ほか	4. 発行年 2022年
2. 出版社 情報機構	5. 総ページ数 260
3. 書名 車載用LiBのリユース/リサイクル技術と規制動向	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
カナダ	British Columbia Geological Survey	Geological Survey of Canada	