

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：32606

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K14259

研究課題名（和文）10の13乗 抵抗付増幅器を用いたピコグラムレベルの極微量鉛高精度同位体分析

研究課題名（英文）Precise isotope analysis of ultra trace lead using high resistance amplifiers.

研究代表者

深海 雄介（Fukami, Yusuke）

学習院大学・理学部・助教

研究者番号：10754418

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）：年代測定法に利用される鉛同位体比をピコグラムレベルの極微量で高精度分析するための測定手法の改良を行った。検出器に接続する増幅器に従来よりも高抵抗の増幅器を用いると信号ノイズ比が改善され、強度の低い信号に対して高精度が得られる一方、信号強度の時間変化に対する応答性の違いが問題となる。高抵抗増幅器を使用した場合の信号の時間応答性の違いによる同位体比測定値への影響を評価し、極微量鉛の高精度同位体分析法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉛同位体は年代測定を行うツールとして、宇宙地球化学のみならず考古学等の種々の分野の研究にも広く利用されている。隕石等の地球外試料や歴史的遺構等の希少性の高い試料等、限られた微量試料を用いて分析を行う必要がある試料は少なくない。本研究で確立した極微量鉛の高精度同位体分析手法は、分析に用いる試料量が限られた試料の分析へと適用することにより、これらの試料のより高精度な年代分析を可能にすることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：Improvements have been made to the measurement method for the high-precision analysis of lead isotope ratios at ultra trace amount. Using an amplifier with a higher resistance than conventional amplifiers connected to the detector improves the signal-to-noise ratio and provides precise measurement for signals of low intensity, but the differences in response to time variations in signal intensity are problematic. The influence of the different time response of the signal when using a high-resistance amplifier on the isotope ratio measurements was evaluated, and a high-precision isotope ratio analysis method for ultra trace amounts of lead was developed.

研究分野：同位体地球化学

キーワード：鉛同位体 表面電離型質量分析計 ダブルスパイク トータルエバポレーション 極微量分析 TIMS

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

宇宙・地球の形成・進化過程や人類の歴史を明らかにする上で、「その物質がいつできたのか」という最も根本的な問いに答えるためには年代決定法は必要不可欠である。鉛 (Pb) 同位体は年代測定を行うツールとして宇宙地球化学のみならず考古学等の種々の分野の研究にも広く利用されている。隕石等の地球外試料や歴史的遺構等の希少性の高い試料等、限られた微量試料中の高精度鉛同位体分析のためには微量分析手法の開発が求められる。ピコグラム (pg) レベルの極微量鉛の同位体比測定において、低い信号強度の測定に専ら用いられる検出器はイオン1個から検出可能な二次電子増倍管 (SEM) である。しかしながら、SEM は検出器個々の性能のばらつきが大きく、SEM を複数個使用した多重検出は高精度同位体分析には適さない。一方で、ファラデーカップ検出器は個々の性能差が小さく、多重検出による高精度同位体分析に適している。しかし、信号検出下限が 10^4 倍程度高いため、従来の分析法では信号強度の低い微量試料の分析は難しい。ファラデーカップにより微量鉛試料について精度の高いデータを得るためには、(i) 得られる信号強度を増大させる、あるいは、(ii) 強度の低い信号を安定して測定する、といった分析法の開発が必要となる。

代表者らは(i)のアプローチにより微量鉛を分析するべく、表面電離型質量分析計(TIMS)による新しい高精度鉛同位体分析手法(TE-DS-TIMS法)を開発した(Fukami et al., 2014)。従来の分析では、安定した信号強度を得ることが高精度を達成する上で重要であったが、一方で信号の総検出量を犠牲にしているという欠点があった。そこで、代表者らは信号の総検出量を最大化する方法としてトータルエバポレーション法(TE法)を採用した。しかし、TE法のみでは測定値の確度に問題があるため、濃縮同位体スパイクを用いた測定値の補正法であるダブルスパイク法(DS法)を併用することで解決した。一方、強度の低い信号を安定して測定するという(ii)のアプローチとしては、検出器に接続する増幅器の改良が挙げられる。TIMSにおいて信号を検出するファラデーカップに接続される増幅器は、 10^{11} の抵抗を持つものが現在広く普及している。近年、微量試料の高精度同位体分析を行うために、ファラデーカップと接続される 10^{13} の高抵抗を持つ増幅器が開発され、ストロンチウム、ネオジウム、オスミウム、鉛等の元素に適用した報告例が挙がりつつある。これら高抵抗増幅器を使用することで、信号ノイズ比が改善され、強度の低い信号に対して 10^{11} 抵抗を使用した場合よりも高精度が得られるとの報告がある。しかしながら、これら高抵抗値を持つ増幅器は、信号強度の時間変化に対する応答性が抵抗値間で異なり、高精度を得る上での問題であると指摘されている。これらの高抵抗値の増幅器の性能を十分に活かし、より高精度を達成するためには、この時間応答性を考慮した補正法あるいはこの特性に適した測定法が必要である。

2. 研究の目的

10^{13} 抵抗付増幅器を TE-DS-TIMS 法に適用し、極微量の鉛について複数のファラデーカップを用いた多重検出による高精度同位体分析手法を確立することを目指す。高抵抗値を持つ増幅器を複数同時に使用した場合に起こると予想される、増幅器間の信号応答時間差による同位体比変動の特性について明らかにし、その補正法を確立するとともに測定精度の限界を明らかにする。

3. 研究の方法

Pb 同位体比測定時には同位体存在度の違いから、存在度の低い ^{204}Pb に 10^{13} 、他の Pb 同位体には 10^{11} や 10^{12} 抵抗のように、抵抗値の異なる増幅器を併用して測定する。抵抗値の異なる増幅器間では信号に対する時間応答性が異なるため、TE 法の様な大きく時間変化する信号を測定する場合には、時間応答性の違いによる同位体比測定値への影響を評価する必要がある。Pb 標準物質 NIST981、および ^{204}Pb - ^{207}Pb DS を用いて、 10^{13} 抵抗を適用した場合の TE-DS-TIMS による分析精度の評価を行った。測定はすべて TIMS (TRITON plus) を用いた。1 μL のコロイド状ケイ酸をイオン化促進剤として使用し、試料はレニウムフィラメント上に 2.1 mm 幅で塗布した。測定中のフィラメント電流値制御は 450 mA/min の変化率で行った。

4. 研究成果

2ng の Pb を使用した測定について 10^{13} 、 10^{11} の抵抗付き増幅器の信号時間変化を比較すると、 10^{13} 抵抗の増幅器は時間応答が遅く、信号強度が最大となる時間に 0.5 秒程の差異が生じた。信号積分値比を同位体比測定値として DS 法により補正を適用すると、 10^{11} 抵抗付き増幅器のみで測定した同位体比と分析誤差の範囲で一致し、TE-DS 法においては 2ng 程度の Pb 量の場合、抵抗値の異なる増幅器間の時間応答性の差が分析結果に大きく影響せず、精度にも違いは見られないことが分かった。使用する Pb 量を 100pg、10pg と低減した場合の測定では、繰り返し再現性の大きさについて、100 pg の鉛量の測定においては時定数による補正の有無で顕著な違いは見られず、増幅器間の時間応答性が異なることによる影響は小さいことが確認できた。一方で、10 pg の極微量における測定結果では、時定数を用いた補正を行っていない場

合と比較して、補正を適用した場合には繰り返し再現性が1割程度改善した。10 pg 程度以下のような信号強度の小さい測定においては、信号強度が大きい場合には確認できなかった増幅器間の時間応答性の違いによる影響は無視できず、時定数を用いた補正により繰り返し再現性が改善できることがわかった。また、測定時の鉛の信号ピークの後半にかけて 5×10^{-16} A 程度のピークをもつ極微小な信号ではあるが ^{202}Hg の信号が検出された。試料塗布時に使用している溶媒中やイオン源に使用している金属フィラメント中にごくわずかに存在している Hg に由来する可能性がある。100pg 程度以上の測定時には問題とならなかった ^{204}Hg による同重体干渉が、10pg 程度以下の測定においては鉛の信号強度が小さくなるため影響が無視できない程度になることが分かった。そのため、 ^{202}Hg の信号強度から ^{204}Hg の信号強度を推定することで ^{204}Pb の信号強度について補正を行った。その結果、10pg の測定において Hg の同重体干渉の補正を行った場合には、補正しない場合と比較して繰り返し再現性が 0.3%程度向上することが分かった。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の繰り返し再現性 (2SD) として、100 pg、10 pg の Pb 量に対して、それぞれ 0.59%、1.2%が得られた。10pg の測定において 10^{13} 抵抗を使用した場合の繰り返し再現性は 10^{11} 抵抗のみを使用した場合と比較して約 10 分の 1 程度に精度が改善された (図 1) 10pg 程度以下のような信号強度の小さい場合の測定について、 10^{13} 抵抗を使用した場合に必要な補正方法を検証し、高抵抗付増幅器を使用した TE-DS-TIMS による極微量の高精度 Pb 同位体分析を確立した。

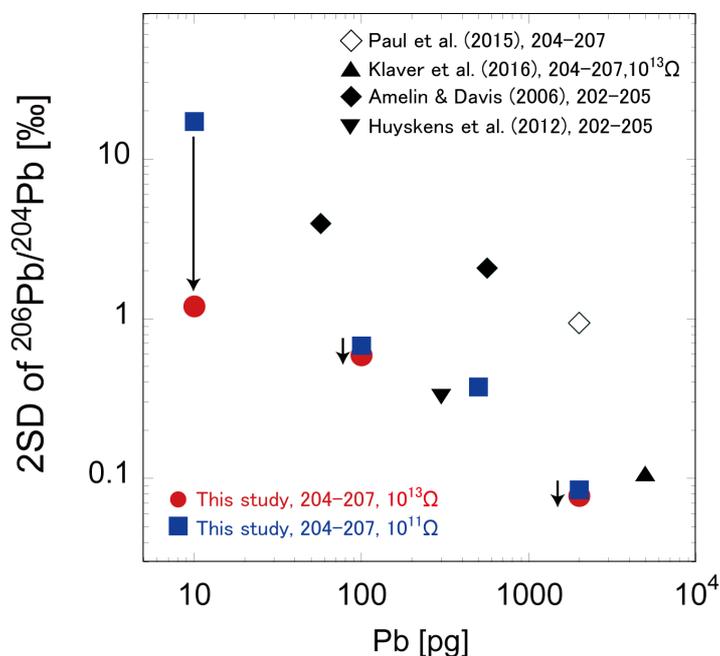


図 1 Pb 同位体比分析精度と測定時の Pb 使用量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Fukami, J.-I. Kimura and K. Suzuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Precise isotope analysis of tellurium by an inductively coupled plasma mass spectrometry using a double spike method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Analytical Atomic Spectrometry	6. 最初と最後の頁 1233-1242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/C8JA00010G	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 A. Takamasa, K. Suzuki, Y. Fukami, T. Iizuka, M. L. G. Tejada, W. Fujisaki, Y. Orihashi and T. Matsumoto	4. 巻 54
2. 論文標題 Improved method for highly precise and accurate 182W/184W isotope measurements by multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry and application for terrestrial samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 117-127
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2343/geochemj.2.0594	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 W. Fujisaki, Y. Fukami, Y. Matsui, T. Sato, Y. Sawaki and K. Suzuki	4. 巻 204
2. 論文標題 Redox conditions and nitrogen cycling during the Triassic-Jurassic transition: A new perspective from the mid-Panthalassa	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 103173
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.earscirev.2020.103173	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 S. Takano, M. Tsuchiya, S. Imai, Y. Yamamoto, Y. Fukami, K. Suzuki and Y. Sohrin	4. 巻 55
2. 論文標題 Isotopic analysis of nickel, copper, and zinc in various freshwater samples for source identification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geochemical Journal,	6. 最初と最後の頁 171-183
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2343/geochemj.2.0627	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 T. Ohno, N. Sato, J. Shikimori, Y. Ijichi, Y. Fukami and Y. Igarashi	4. 巻 810
2. 論文標題 Temporal change of 236U/238U and 235U/238U isotopic ratios in atmospheric deposition in Tokyo and Akita from 1963 to 1979	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science of Total Environment	6. 最初と最後の頁 151292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2021.151292	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 Y. Fukami, T. Kashiwabara, H. Amakawa, T. Shibuya, A. Usui and K. Suzuki	4. 巻 318
2. 論文標題 Tellurium stable isotope composition in the surface layer of ferromanganese crusts from two seamounts in the Northwest Pacific Ocean	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 279-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2021.12.005	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 A. Yoshida, J. Shikimori, T. Ohno, Y. Ijichi, Y. Fukami, M. Sakata and T. Hirata	4. 巻 255
2. 論文標題 Historical changes of 236U/238U and 235U/238U isotopic ratios in Tokyo Bay from the 1960s to the 2000s	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Radioactivity	6. 最初と最後の頁 107011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvrad.2022.107011	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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 深海雄介、飛田南斗、横山哲也、鈴木勝彦
2. 発表標題 10 ¹³ 抵抗付増幅器を使用したTE-DS-TIMSによる極微量鉛同位体分析における時定数補正について
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Fukami, M. Tobita, T. Yokoyama, K. Suzuki
2. 発表標題 Lead Isotope Analysis for Picogram Size Samples by TE-DS-TIMS using Amplifier equipped with 1013 Ohm Resistor
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深海雄介、飛田南斗、横山哲也、鈴木勝彦
2. 発表標題 1013 抵抗付増幅器を使用したTE-DS-TIMSによる極微量鉛同位体分析手法の開発
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深海雄介、飛田南斗、横山哲也、森脇涼太、臼井寛裕
2. 発表標題 宇宙地球化学における高精度鉛同位体分析手法
3. 学会等名 NINS分野融合型共同研究ワークショップ『量子ビームを用いた次世代非破壊分析技術とその応用 惑星物質科学との可能性』(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深海雄介
2. 発表標題 核スピンおよび分子の対称性に起因する非質量依存同位体分別の基本原則と地球化学への応用
3. 学会等名 第20回同位体科学研究会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 深海雄介、柏原輝彦、天川裕史、臼井朗、鈴木勝彦
2. 発表標題 鉄マンガングラスト表面のテルル濃度・安定同位体同位体組成の水深変化と海洋環境との関連性
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 賞雅 朝子、深海 雄介、飯塚 毅、鈴木 勝彦
2. 発表標題 地球岩石の高精度 $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体組成
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高野 祥太郎、辻阪 誠、土屋 真緒、申 基澈、深海 雄介、鈴木 勝彦、宗林 由樹
2. 発表標題 南極海，南太平洋の西経170度測線における溶存Ni, Cu, Zn同位体比鉛直断面 分布の解明
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中林 賢一、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 光還元反応における水銀同位体分別のpH依存性と環境中での水銀循環経路の推定
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井 悠太郎、大野 剛、深海 雄介、鶴野 光、平山 簾
2. 発表標題 生体試料におけるマグネシウム・ストロンチウム同位体分別と化石試料への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大野 剛、坂田 周平、伊地知 雄太、中林 賢一、深海 雄介、澤木 祐 介、山本 伸次
2. 発表標題 地球メタロミクス研究を推進するための新規分析手法の開発
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 勝彦、賞雅 朝子、深海 雄介、飯塚 毅、折橋 裕二、新城 竜一
2. 発表標題 エチオピア玄武岩とアデン湾MORBの高精度182W/184W比: コア-マントル相互作用検出の試み
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 龍三、大野 剛、深海 雄介、鈴木 勝彦
2. 発表標題 結晶成長速度とホウ素同位体分別の関係性評価のための炭酸塩沈殿実験法の開発
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 翔一、柵木 彩花、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 炭酸カルシウム沈殿反応におけるストロンチウム同位体分別のpH及び沈殿速度依存性
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 妃奈、深海 雄介、大野 剛
2. 発表標題 ICP-MS/MS を用いた酸化気化導入法による高感度放射性ヨウ素分析法の開発及び環境放射能研究への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飾森 順子、大野 剛、深海 雄介、五十嵐 康人
2. 発表標題 大気降下物及び東京湾海底堆積物中の $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$ 経年変化からみる環境中のウラン起源の変遷
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星野 友里、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 キレート樹脂を用いた微量水銀濃縮法の検討と同位体分析への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第67回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 海底堆積物中の ²³⁶ U/ ²³⁸ U分析法の検討と東京湾海底堆積物への応用
2. 発表標題 飾森順子、大野 剛、深海雄介
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 星野友里、大野 剛、深海雄介
2. 発表標題 金アマルガム法を用いた微量水銀同位体分析法の開発
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川龍三、大野 剛、深海雄介、鈴木勝彦
2. 発表標題 無機炭酸塩沈殿実験におけるホウ素同位体分別の結晶成長速度及びpH依存性
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中康介、大野 剛、深海雄介
2. 発表標題 溶媒抽出実験におけるSnの質量非依存型同位体分別
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横山 晶、坂田周平、澤木祐介、山本伸次、深海雄介、大野 剛
2. 発表標題 LA-ICP-MS/MSを用いたジルコン中の微量元素測定における高確度化の検討
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大野 剛、實初佑哉、佐藤妃奈、深海雄介
2. 発表標題 ICP-MS/MSを用いた極微量放射性同位体分析法の開発と環境放射能研究への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第67回オンライン年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 勝彦、賞雅 朝子、土屋 卓久、深海 雄介、折橋 裕二、新城 竜一
2. 発表標題 第一原理計算による溶融鉄-溶融ケイ酸塩間の Hf-W 分配とそのエチオピア玄武岩の182W 同位体に対する示唆
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横山 晶、坂田 周平、仁木 創太、平田 岳史、澤木 佑介、山本 伸次、深海 雄介、大野 剛
2. 発表標題 冥王代ジルコン中の微量元素から読み取る初期地殻生成過程の変遷
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 有泉 涼子、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 化学交換反応系におけるタングステン同位体分別の原子核体積効果の推定と宇宙化学への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野 隼、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 光化学反応における水銀同位体分別の波長依存性
3. 学会等名 日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 深海 雄介、柏原 輝彦、天川 裕史、渋谷 岳造、臼井 朗、鈴木 勝彦
2. 発表標題 北西太平洋2海山の鉄マンガングラスト表面のテルル安定同位体組成
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋 真里花、横山 晶、坂田周平、澤木佑介、山本 伸次、深海 雄介、大野 剛、小宮 剛
2. 発表標題 冥王代ジルコン中の Sc/Yb の評価法の検討
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平野 隼、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 光化学反応における水銀同位体分別の波長依存性
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 有泉涼子、田中康介、伊地知 雄太、深海 雄介、大野 剛、平田 岳史
2. 発表標題 クラウンエーテルを用いた溶媒抽出反応における非質量依存型同位体分別へ及ぼすSn 濃度効果
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野 剛、吉田 亜実、伊地知雄太、深海雄介、五十嵐 康人、平田 岳史
2. 発表標題 ICP-MS/MS を用いた ²³³ U/ ²³⁶ U 同位体比測定法の開発と環境放射能研究への応用
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長岡 壮太、福本 学、鈴木 正敏、木野 康志、岡 部 宣章、大野 剛、深海 雄介
2. 発表標題 福島原発事故を起源とする放射性核種 ¹²⁹ I および ¹³⁷ Csによる環境汚染実態の解明
3. 学会等名 日本地球化学会第69回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katz Suzuki, Asako Takamasa, Taku Tsuchiya, Yusuke Fukami, Yuji Orihashi and Ryuichi Shinjo
2. 発表標題 Hf and W fractionation between liquid metal and liquid silicate and resultant core-mantle interaction signature on the 182W isotope of the Ethiopian basalts
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Asako Takamasa, Katz Suzuki, Yusuke Fukami, Tsuyoshi Iizuka, Maria Luisa Garcia Tejada, Wataru Fujisaki, Yuji Orihashi and Takuya Matsumoto
2. 発表標題 An improved method for 182W/184W isotope measurements with high precision and accuracy using multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry and its application for terrestrial samples
3. 学会等名 Goldschmidt Virtual 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takamasa A, Suzuki K, Fukami Y & Iizuka T
2. 発表標題 High Precision 182W/184W of Ocean Island and LIP Basalts from Deep Mantle
3. 学会等名 Goldschmidt 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fukami Y, Kashiwabara T, Amakawa H, Shibuya T, Usui A & Suzuki K
2. 発表標題 Tellurium Isotope Analysis for the Surface Layer of the Ferromanganese Crusts from Two Seamounts in Northwest Pacific
3. 学会等名 Goldschmidt 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------