

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：82706

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18815

研究課題名(和文) 超高精度希土類元素安定同位体比測定に基づく新たな古海洋pH指標の確立

研究課題名(英文) Establishment of a new paleo-pH proxy based on the high precision stable isotope analyses of REE

研究代表者

中田 亮一 (NAKADA, Ryoichi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・技術研究員

研究者番号：50726958

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：ダブルスパイク法を用いてネオジウム(Nd)およびイッテルビウム(Yb)安定同位体比測定条件を検討し、Ndは質量数145と150の組み合わせが、Ybは質量数172と176の組み合わせが最も分析誤差が小さくなることが明らかとなった。また、Nd、Yb共にリン酸をアクチベーターとしてダブルフィラメントで行った場合に最も安定したビーム強度が得られた。

また、将来的に必要な天然試料からの元素分離法の検討も行い、効率的なカラム分離法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生命は海洋や湖のような水圏環境で進化したことから、古海洋環境の解明は生命の進化を考察する上で必須である。これまでは海洋の酸化還元状態が着目されてきた。と言うのも、酸化還元状態は溶存元素濃度を支配し、生物の代謝系に影響を与えるためである。しかし、水圏では酸化還元状態だけでなく、pHによっても元素の挙動が支配されるが、現在までに汎用的に利用可能な古海洋pH指標は確立されていない。また、本研究で着目したREEは大気CO₂分圧とも密接に関連する、溶存炭酸濃度にも依存する。従って、本研究は大気-海洋相互作用を含めた地球環境変遷史の解明を大きく進展させ得る。

研究成果の概要(英文)：Examination on the analytical conditions of stable isotope ratios of neodymium (Nd) and ytterbium (Yb) based on the double-spike method indicated that the least analytical uncertainty would be achieved by the combination of 145Nd and 150Nd, and 172Yb and 176Yb. The most stable ion beam was available when phosphoric acid was used for the activator for both Nd and Yb measurement.

We have also examined the method of separation of REE, which is necessary when using the natural samples in future, and established more efficient method.

研究分野：地球化学

キーワード：安定同位体 ネオジウム イッテルビウム 吸着

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生命は海洋や湖のような水圏環境で進化したことから、古海洋環境の解明は生命の進化を考察する上で必須である。これまでは、海洋の酸化還元状態が着目されてきた。というのも、酸化還元状態は溶存生体必須元素濃度を支配し、生物の代謝系に影響を与えることから、酸化還元状態の変化は生物の進化や絶滅と密接に関連していると考えられているためである(Kirschvink et al., 2000 他)。しかし、水圏では酸化還元状態だけでなく pH によっても元素の挙動が支配されるが、現在までに汎用的に利用可能な古海洋 pH 指標は確立されていない。

現在、唯一の海洋 pH 指標はホウ素 (B) の安定同位体比である。B は pH に依存して $B(OH)_3$ もしくは $B(OH)_4^-$ として存在する。この 2 種類の B 化学種割合の pH 依存性は同位体分別と関連しており、pH 7.5 ~ 10 の範囲で明瞭な同位体分別を示すため pH 指標として提唱されてきた (Hemming and Hanson, 1992)。しかし、生命の進化を考察する上で重要となる太古代の海水及び海底熱水の pH は熱力学計算から、それぞれ 6 ~ 8、10 ~ 12 と予想されており (Grotzinger and Kasting, 1993; Shibuya et al., 2010)、大部分が B 同位体比の適応範囲外である。このようなこともあり、現在までに太古代海水の pH を岩石試料から直接測定した研究例はない。理論的に予想されているとはいえ、実際に当時の岩石から測定されていないため古海洋環境に関する議論が停滞しているのが現状である。加えて、現世の非生物起源炭酸塩の B 安定同位体比測定の結果、B 安定同位体比が海洋の pH を記録していない可能性が指摘されている (Zhang et al., 2016)。これらの事実から、古海洋環境の理解、さらには生命の進化を考察する上で、全 pH 範囲に適応可能な古海洋 pH 指標の確立は必須である。

これまで研究代表者が行ってきた研究から、希土類元素 (REE) の安定同位体分別は吸着構造が大きく影響していることが示された (Nakada et al., 2013a; 2013b)。一方で、クロム (Cr)、カドミウム (Cd)、亜鉛 (Zn) 同位体の研究では溶存錯体種変化が同位体分別に影響を与える事が示唆されており (Zink et al., 2010; Wasylenki et al., 2014; Bryan et al., 2015)、研究代表者らもセリウム (Ce) 安定同位体分別が溶存錯体種によっても支配されることを示した (Nakada et al., 2017)。ここで研究代表者は、(i) REE が相互に類似した化学的性質を持っていること、(ii) REE は pH と炭酸濃度に応じて 4 つの化学種をとるという特徴に着目した。溶存錯体種変化が同位体分別に影響を与え、かつ pH と炭酸濃度が溶存錯体種を支配していると言うことは、換言すれば REE のうち 2 元素の安定同位体分別を測定し、pH と炭酸濃度を含んだ同位体分別式を連立方程式として解くことで pH と炭酸濃度が得られることを意味する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、REE の安定同位体分別を用いて新たな古海洋 pH 指標を確立することである。特に、古海洋環境を推定する上で鍵となる、全 pH 領域に適応可能な古海洋 pH 指標の確立という、地球史及び生命進化の解明に向けて欠かすことの出来ない課題に挑戦するものである。REE の溶存化学種は pH と炭酸濃度に依存し、pH と炭酸濃度は大気 CO₂ 分圧と密接に関連している。したがって、本研究で確立する指標を太古代や原生代の地質試料へと応用することで、海水の pH のみならず大気 CO₂ 分圧の推定も可能となる。様々な指標に基づく太古代の CO₂ 濃度は報告値に 2 桁以上ばらつきがあることを考慮すると、本研究は大気 - 海洋相互作用を含めた地球環境変遷史の解明と、それに伴う生命進化の考察を飛躍的に進展させる可能性を有している。

3. 研究の方法

本研究は、将来的には岩石試料へと応用し、地球史における海洋 pH 変動の解明へと発展させる挑戦的研究である。天然試料への応用を考えると、REE の中でも天然での存在度が高い元素で、同じ pH 条件下で溶存種の割合が異なる 2 元素であることが重要な条件となる。また、本研究では超高精度での同位体比分析のために 2 種類の濃縮同位体を加える「ダブルスパイク法」を行うため、4 種類以上の安定同位体を持つ必要がある。これらの条件を満たす最適な REE はネオジウム (Nd) とイッテルビウム (Yb) である。例えば、pH 7.5 において Nd は $NdCO_3^+$ が優勢であるのに対し、Yb は $Yb(CO_3)_2^-$ が主要な溶存種である。このように Nd と Yb は幅広い pH 範囲において溶存錯体種の割合が異なることから、古海洋 pH 指標に適している。

海洋での REE は(水)酸化鉄やマンガン酸化物が主要な吸着媒体であるため (Piper, 1974 他)、これらの酸化物を固相として様々な条件下での吸着実験を行う。REE の溶存錯体種は pH と炭酸濃度に依存して変化することから、pH を 4 ~ 12 まで 1 ずつ変動させることで溶存種の割合が異なる際の同位体分別について詳細な検討を行う。太古代は現在よりも大気 CO₂ 濃度が高かったために溶存炭酸濃度も現在の海水 (2.25 mM) よりも高いと予想されることから、溶存炭酸濃度は 1 mM ~ 10 mM まで 1 mM ずつ変動させる。実験後は固液分離を行い、固相・液相それぞれに 2 種類の濃縮同位体スパイクを加えた後、陽イオン交換樹脂 (AG50W-X12; Bio-rad) を用いて REE のみを抽出する。超高精度での同位体比測定のため、本研究ではマルチコレクター (MC)-ICP-MS ではなく、高知コアセンター所有の表面電離質量分析計 (TIMS) を用いて行う。

4. 研究成果

高精度での同位体比測定のため、本研究ではダブルスパイク法を用いる。Yb の安定同位体は質量数 168, 170, 171, 172, 173, 174, 176 の 6 種類が存在する。このうち最も分析精度の良くなる 2

同位体の組み合わせを検討したところ、質量数 172 と 176 の組み合わせが最も高精度で測定できることが判明した。次に、2 種の同位体スパイク溶液の混合比およびスパイク混合溶液と試料との混合比を検討したところ、 ^{176}Yb と ^{172}Yb のスパイク溶液は質量比 1.19 となるように調整すると最も誤差が小さくなり、スパイク混合溶液と試料溶液は質量比 1.60-1.65 となるように混合した場合に最小誤差が得られることが分かった(下図 1)。同様に Nd についても検討を行い、質量数 145 と 150 の組み合わせが最も誤差が小さくなると計算された。

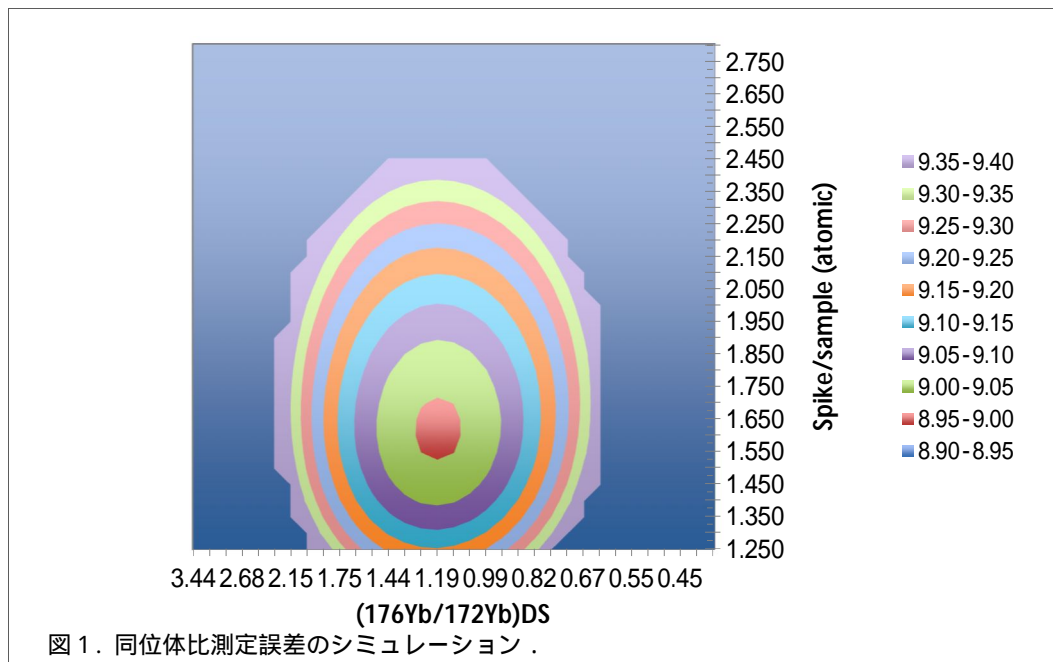


図 1. 同位体比測定誤差のシミュレーション .

TIMS を用いた同位体比測定において、Nd, Yb 共にリン酸をアクチベーターに用いてダブルフィラメントで行った場合に最も安定したイオンビームが得られた。塗布するリン酸の濃度と量を最適化し、標準物質として、 YbCl_3 試薬、NIST3166 試薬、Aldrich Yb_2O_3 試薬の Yb 同位体比測定を行ったところ、 $\pm 0.013\text{‰}$ での分析精度を達成した(右図 2)。

吸着反応時間を最長 2 週間変化させた実験において、6 時間以降は同位体比が誤差の範囲内で一定であったため、実験は 6 時間の吸着実験で良いことが確認された。既に吸着実験を行っているが、装置の不具合の影響により測定には至っていない。

本研究では新たな古海洋 pH 指標の確立が目的であるが、将来的には本研究で確立した指標を用いて古海洋環境の変遷を解明することが目標である。天然試料中の Nd および Yb 濃度を考慮すると、MC-ICP-MS で測定することが現実的に必要となる。そこで、MC-ICP-MS についても分析精度向上に取り組み、Nd および Yb と同じ化学的性質を持つ希土類元素のセリウム (Ce) に関して分析条件の最適化を検討し、最高分析精度 $\pm 0.020\text{‰}$ を達成した(右図 3)。これは、トリプルスパイク TIMS 法で Ce 同位体比分析を行った分析精度 ($\pm 0.028\text{‰}$; Bonnand et al., 2019) を上回る世界最高精度となる。

以上、トラブルにより Nd および Yb 同位体比の測定までは行えていないものの、将来的な天然試料の分析手法についての検討を行ったことで、本研究が達成されたのちに古海洋環境の変遷の解明をより実現可能とする道筋が得られた。

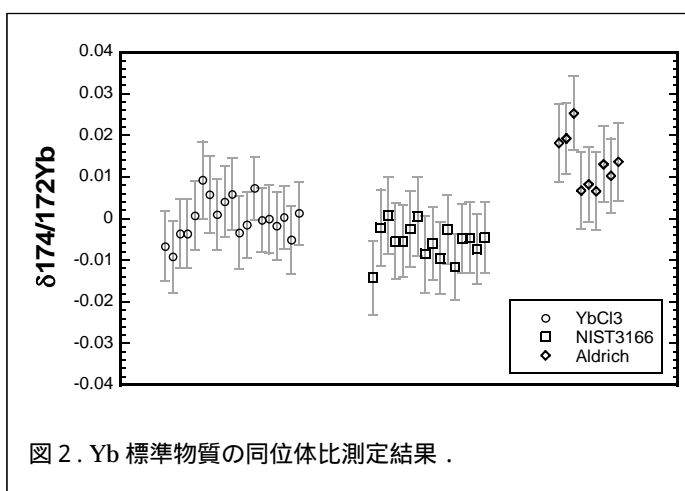


図 2. Yb 標準物質の同位体比測定結果 .

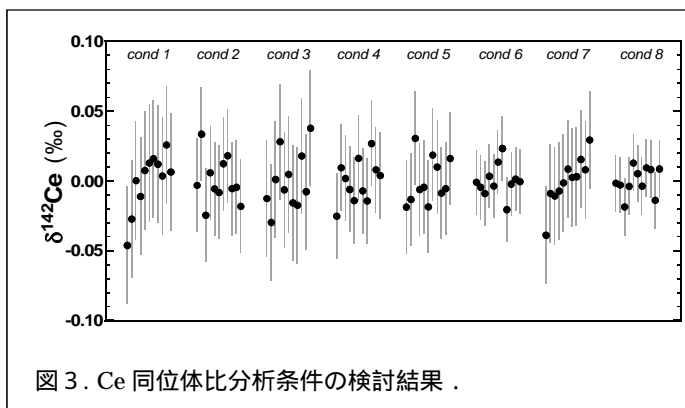


図 3. Ce 同位体比分析条件の検討結果 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10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 Sato M., Yamamoto Y., Nishioka T., Kodama K., Mochizuki N., Ushioda M., Nakada R., Tsunakawa H.	4. 巻 45
2. 論文標題 Constraints on the Source of the Martian Magnetic Anomalies Inferred From Relaxation Time of Remanent Magnetization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 6417 ~ 6427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL077498	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 Kuwahara Hideharu, Nomura Ryuichi, Nakada Ryoichi, Irifune Tetsuo	4. 巻 284
2. 論文標題 Simultaneous determination of melting phase relations of mantle peridotite and mid-ocean ridge basalt at the uppermost lower mantle conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 36 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2018.08.012	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 Takahashi Satoshi, Nakada Ryoichi, Watanabe Yusuke, Takahashi Yoshio	4. 巻 516
2. 論文標題 Iron-depleted pelagic water at the end-Permian mass extinction inferred from chemical species of iron and molybdenum in deep-sea sedimentary rocks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 384 ~ 399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.palaeo.2018.12.014	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 Uramoto Go-Ichiro, Morono Yuki, Tomioka Naotaka, Wakaki Shigeyuki, Nakada Ryoichi, Wagai Rota, Uesugi Kentaro, Takeuchi Akihisa, Hoshino Masato, Suzuki Yoshio, Shiraishi Fumito, Mitsunobu Satoshi, Suga Hiroki, Takeichi Yasuo, Takahashi Yoshio, Inagaki Fumio	4. 巻 10
2. 論文標題 Significant contribution of subseafloor microparticles to the global manganese budget	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08347-2	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 Wakaki Shigeyuki, Kawai Tatsuya, Nagaishi Kazuya, Ishikawa Tsuyoshi	4. 巻 27
2. 論文標題 Sequential chemical separation of Sr, Nd and Pb from geological samples using multi-step extraction column chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JAMSTEC Report of Research and Development	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5918/jamstecr.27.1	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 Nakada R., Shibuya T., Suzuki K., Takahashi Y.	4. 巻 55
2. 論文標題 Europium anomaly variation under low-temperature water-rock interaction: A new thermometer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochemistry International	6. 最初と最後の頁 822~832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1134/S001670291709004X	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 Nakada Ryoichi, Tanaka Masato, Tanimizu Masaharu, Takahashi Yoshio	4. 巻 218
2. 論文標題 Aqueous speciation is likely to control the stable isotopic fractionation of cerium at varying pH	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 273~290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2017.09.019	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 Shigeyuki Wakaki, Hajime Obata, Hirofumi Tazoe, Tsuyoshi Ishikawa	4. 巻 51
2. 論文標題 Precise and accurate analysis of deep and surface seawater Sr stable isotopic composition by double-spike thermal ionization mass spectrometry	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 227~239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0461	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 Wakaki Shigeyuki, Ishikawa Tsuyoshi	4. 巻 424
2. 論文標題 Isotope analysis of nanogram to sub-nanogram sized Nd samples by total evaporation normalization thermal ionization mass spectrometry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 40 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijms.2017.11.014	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 Myojo Kunihiro, Yokoyama Tetsuya, Okabayashi Satoki, Wakaki Shigeyuki, Sugiura Naoji, Iwamori Hikaru	4. 巻 853
2. 論文標題 The Origin and Evolution of Nucleosynthetic Sr Isotope Variability in Calcium and Aluminum-rich Refractory Inclusions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 48 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa9f2e	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32件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 佐藤雅彦, 潮田雅司, 中田亮一
2. 発表標題 Comprehensive study of the relationship between exsolved magnetite inclusions and host plagioclase crystal in gabbroic rocks
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 四垂将志, 中田亮一, 白井寛裕, 飛田南斗, 横山哲也
2. 発表標題 Geochemical Constraints on the Evolution of Ancient Water Reservoirs on Mars from Sulfur Speciations in Impact Glasses of Shergottites
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木翔吾, 大野剛, 中田亮一, 柏原輝彦, 高橋嘉夫, Tsikos Harilaos, 小宮剛
2. 発表標題 古原生代Hotazel Formationの縞状鉄鉱層およびMn堆積物の遷移金属元素分布
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浦本豪一郎, 諸野祐樹, 富岡尚敬, 若木重行, 中田亮一, 和穎朗太, 上杉健太郎, 竹内晃久, 星野真人, 鈴木芳生, 光延聖, 白石史人, 菅大暉, 武市泰男, 高橋嘉夫, 稲垣史生
2. 発表標題 南太平洋環流域の堆積物に含まれるマンガン鉱物塊の鉱物学的・地球化学的特徴について
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑原秀治, 伊藤正一, 中田亮一, 入船徹男
2. 発表標題 Metal-silicate partitioning of carbon in a shallow magma ocean: Implications for the distribution of carbon in the Earth during core formation
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤元雄, 大東琢治, 中田亮一, 菅大暉, 兒玉優, 奈良岡浩
2. 発表標題 In-situ analysis of sulfur speciation and isotopic compositions of organics in Murchison CM2 chondrite
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田亮一
2. 発表標題 火星隕石のXAFS
3. 学会等名 SPRUC合同研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田亮一
2. 発表標題 セリウム安定同位体と有機物 - 金属相互作用に関する希土類元素の地球化学的研究
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永石一弥, 中田亮一, 石川剛志, 松原由奈, 則末和宏
2. 発表標題 MC-ICP-MSを用いた海水試料中のサブナノグラムレベルの鉛同位体分析
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川合達也、永石一弥、若木重行、石川剛志
2. 発表標題 ファラデーカップ検出効率の管理に基づく表面電離型質量分析計の安定運用
3. 学会等名 2018年度地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 若木重行・椋本ひかり・南雅代
2. 発表標題 放射起源・安定Sr同位体分析により明らかになった出土人骨の続成変質作用
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Nakada, T. Usui, M. Ushioda, and Y. Takahashi
2. 発表標題 Micro-XANES Determination of Oxidation States of V, Cr, and Fe in Olivine-Hosted Glass Inclusion and Groundmass Glasses of Martian Primitive Basalt Yamato 980459
3. 学会等名 The 28th Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SHIGEYUKI WAKAKI, HAJIME OBATA, HIROFUMI TAZOE AND TSUYOSHI ISHIKAWA
2. 発表標題 Precise and accurate analysis of stable Sr isotope ratios by DS-TIMS and its application to paleoenvironmental studies
3. 学会等名 The 28th Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋聡, 中田亮一, 渡辺勇輔, 高橋嘉夫
2. 発表標題 深海相ベルム紀-三疊紀境界層に記録された鉄・モリブデンの化学種記録
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木翔吾, 坂田周平, 中田亮一, 柏原輝彦, 大野剛, 高橋嘉夫, Tsikos Harilaos, 小宮剛
2. 発表標題 古原生代Transvaal超層群Hotazel層の縞状鉄鉱層およびMn堆積物の地質学・地球化学的研究 : 希土類元素組成から示唆される堆積環境の酸化還元と熱水の影響の変化
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木翔吾, 坂田周平, 中田亮一, 柏原輝彦, 大野剛, 高橋嘉夫, Tsikos Harilaos, 小宮剛
2. 発表標題 縞状鉄鉱層の遷移金属元素濃度の空間分布 : 海洋生命必須元素濃度の経年変化と生物進化への影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤元雄, 中田亮一, 大東琢治, 兒玉優, 奈良岡浩
2. 発表標題 STXM-XANESを用いた硫黄の化学種別高解像度イメージング法の開発 : 地球外有機物の形成環境の解明に向けた第一歩
3. 学会等名 2017年度地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 四垂将志, 中田亮一, 臼井寛裕, 清水健二, 高橋嘉夫, 横山哲也
2. 発表標題 X線吸収端近傍構造分析による火星隕石衝撃ガラス中の硫酸塩成分の検出
3. 学会等名 2017年度地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田辺学, 中田亮一, 白井寛裕, 四垂将志, 横山哲也
2. 発表標題 X線吸収微細構造分析による火星隕石中の炭酸塩の鉄化学種解析
3. 学会等名 2017年度地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永石一弥, 中田亮一, 石川剛志
2. 発表標題 多重検出器型ICP質量分析計と脱溶媒試料導入装置を用いた極微量鉛同位体比分析
3. 学会等名 2017年度地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中田亮一, 佐藤雅彦, 潮田雅司
2. 発表標題 斜長石単結晶での鉄化学種分析: 斜長石中でのマグネタイト離溶条件解明に向けて
3. 学会等名 日本鉱物科学会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中田亮一, 早稲田周, 奥村文章, 高橋嘉夫
2. 発表標題 泥火山から採取した原油の希土類元素地球化学
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤雅彦, 潮田雅司, 中田亮一
2. 発表標題 Precise determination of Fe species in plagioclase crystals
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会第142回総会・講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Nakada, Y. Takahashi, and M. Tanimizu
2. 発表標題 Cerium stable isotope ratio in ferromanganese deposits and its potential as a paleoredox proxy
3. 学会等名 The 27th Goldschmidt Conference, (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shidare, R. Nakada, T. Usui, M. Tobita, and T. Yokoyama
2. 発表標題 Sulfur K-edge XANES Analyses of Shergottites: Implication for Aqueous Alteration Processes on Mars
3. 学会等名 49th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉村寿紘、若木重行、黒田潤一郎、石川剛志、大河内直彦
2. 発表標題 ストロンチウム安定同位体比から探る第四紀の化学風化と海洋の炭酸塩収支 の変化
3. 学会等名 2017年度地球化学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若木重行、棕本ひかり、南雅代
2. 発表標題 放射起源および安定Sr同位体比を用いた出土骨アパタイトにおける続成作用 の影響評価
3. 学会等名 2017年度地球化学学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 明星邦弘、横山哲也、若木重行、杉浦直治
2. 発表標題 CV コンドライト中の CAI の核合成起源 Sr 同位体の起源と進化
3. 学会等名 2017年度地球化学学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浦本豪一郎、諸野祐樹、富岡尚敬、若木重行、和穎朗太、上杉建太郎、竹内晃久、星野真人、鈴木芳生、光延聖、菅大暉、宮本千尋、高橋嘉夫、稲垣史生
2. 発表標題 南太平洋環流域の堆積物に含まれる微小金属粒の鉱物学的・地球化学的特徴について (IODP Exp. 329)
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤千尋、宮崎隆、若木重行、鈴木勝彦、高貝慶隆
2. 発表標題 表面電離型質量分析計を用いる放射性ストロンチウム分析への挑戦
3. 学会等名 日本質量分析学会2017年度同位体比部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 下出凌也、宮崎隆、若木重行、鈴木勝彦、高貝慶隆
2. 発表標題 表面電離型質量分析計のSr分析におけるフィラメント表面の状態変化の観察~Srイオン化のTaアクチベーターの効果~
3. 学会等名 日本質量分析学会2017年度同位体比部会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Wakasugi, Koki Ichino, Yudai Tanioka, Shigeyuki Wakaki, Motohiro Tsuboi, Tsuyoshi Ishikawa
2. 発表標題 The effect of secondary apatite for the initial 87Sr/86Sr ratio determination in granitic rocks: a case study for the Tadami-gawa pluton, northeastern Japan
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究代表者のホームページ http://resg.jamstec.go.jp/res/ress/nakadar/

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
研究分担者	若木 重行 (Wakaki Shigeyuki) (50548188)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・技術研究員 (82706)	