

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01316

研究課題名(和文) 主要重鉱物のマルチ同位体初生値を用いた砕屑性岩の高精度分類とその地質学的応用展開

研究課題名(英文) Precise classification of sedimentary rocks using multiple isotope measurements of heavy minerals.

研究代表者

中野 伸彦 (NAKANO, Nobuhiko)

九州大学・比較社会文化研究院・准教授

研究者番号：20452790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：本課題ではジルコン分離の際の副産物であり、従来破棄されるアパタイトおよびモナズ石からそれぞれSrおよびNd同位体比測定手法を確立し、ジルコンの年代測定とHf同位体比の測定を併せて、鉱物分離、U-Pb年代測定、Sr-Nd-Hf同位体比測定の一連のルーチン分析ルーチンを確立した。これらの測定には従来の同位体分析が必要である岩石の溶解や元素の分離を必要とせず、極めて迅速分析可能である。また、これらの同位体比は、母岩の火成岩類と類似した値をしめした。いくつかの課題は認められるものの、本研究の迅速マルチ同位体比測定システムにより、砕屑性岩中の鉱物粒子からより詳細な原岩情報が得られる結果となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

堆積岩や変成堆積岩の原岩の年代や分類は、これまでは微化石に頼ることが多かったが、2000年以降は砕屑性ジルコンの年代測定が広く用いられるようになった。本研究はそれをさらに発展させ、数種類の鉱物のマルチ同位体を用いた分類を可能とした。このことは、より詳細な堆積岩の分類、堆積物の供給源の特定、堆積環境の制約を可能とし、日本列島形成史の詳細な解析に利用できることはもちろんのこと、超大陸の復元や造山帯の発達史等、地球規模の地質現象の解明に大きく寄与するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Apatite and monazite are the waste during zircon separation, which are used for Sr and Nd measurements, respectively using laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry. In this project, we successfully set up the routine from mineral separation, U-Pb dating, and Sr-Nd-Hf isotopic measurement using zircon, apatite, and monazite. This method does not require any dissolution of rocks and wet analyses, thus, it allows quite rapid and safety measurements of multi isotopes. Additionally, the isotopic data obtained from each mineral are in good agreement with those of whole rock measured by wet analyses. Using this method, we can evaluate protolith of sedimentary and metasedimentary rocks using detrital zircon, apatite, and monazite.

研究分野：岩石学

キーワード：ジルコン モナズ石 アパタイト 同位体

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

火成岩の解析では、しばしばジルコンの U-Pb 年代と Hf 同位体比初生値、岩石の Sr・Nd 同位体比初生値が用いられる。一方、堆積岩の形成年代は、長らく微化石年代や層序から推定するしかなく、その定量的な議論が困難であった。ところが 2000 年以降、砕屑性ジルコンを用いた局所 U-Pb 年代測定の確立と普及によりその状況は激変する。本手法では、砕屑岩中に含まれるジルコンを分離し、局所分析をもちいて多数の粒子から年代値を得て、その年代頻度を評価する。これにより、堆積年代を数値として制約できるとともに、その年代頻度分布の類似性から後背地の推定や地層の延長を議論できるようになった。一方で、超大陸形成期などの地球規模での造山帯形成期には、各地で大量の火成作用・変成作用が生じ、その際形成された多量のジルコンが後に砕屑物として供給される。従って、その時期のジルコンを多量に含む砕屑性岩は、U-Pb 年代±Hf 同位体比のみでは後背地や起源の推定が困難な現状にある。本申請課題は、そのような「ジルコンのみでは識別不能な砕屑性岩の起源の解釈は可能か?」という問いへの挑戦であり、新たな分析手法の開発を目指したものである。

2. 研究の目的

砕屑性岩の解析に新たな指標として Sr や Nd 同位体比を取り入れる場合、対象となる鉱物の条件として、①多様な岩石に普遍的に産し、②Sr か Nd を多量に含み、③局所分析により 1 粒子から同位体比が得られ、④初生値の算出により現存する地質体との対比が可能なことである。一般に同位体比初生値の算出には、現在の同位体比と年代値が必要である。この条件に合致するのが、U-Th-Pb 系で年代測定が可能で、Nd 含有量の高いモナズ石である。一方、仮に年代値が得られなくとも娘/親核種比が著しく大きい鉱物であれば、得られる同位対比は初生値とみなすことができる。この条件に該当する鉱物が、高 Sr/Rb 比の特徴を持つアパタイトである。モナズ石やアパタイトは、ジルコンと同様に磁性がなく比重が大きいため、ジルコン分離の際に必ず濃集する鉱物である。本課題は、ジルコンに加えてこれまで分離の際の邪魔者であった主要かつ不要重鉱物に位置づけられるモナズ石とアパタイトに注目し、それぞれの Hf, Nd, Sr の同位体比を測定、初生値を用いることでジルコンだけでは識別困難な砕屑性岩の高精度な分類システムの確立とその地質学的有効性の検証を目的とした。

3. 研究の方法

- (1) モナズ石の局所 Nd 同位体比測定の標準試料となりうる粗粒な粒子を入手し、電界放射型電子線マイクロアナライザー (EPMA) により均質性をチェックするとともに、U-Th-Pb 年代測定を実施し、初生値の算出に必要な年代を得た。
- (2) レーザー溶出型多重検出器誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-MC-ICP-MS) の分析条件を決定し、標準試料のモナズ石の局所 Nd 同位体比の測定を実施した。また、アパタイトの Sr 同位体比測定については、空間分解能の向上を目指して分析条件を改めた。
- (3) これらの標準試料について、島根大学の表面電離型質量分析計 (TIMS) により Nd 同位体比を測定し、その初生値を LA-MC-ICP-MS の測定値と比較した。
- (4) ジルコン、アパタイト、モナズ石の全てを含む天然の火成岩から、これらの鉱物を分離し、LA-MC-ICP-MS によりそれぞれ Hf, Sr, Nd 同位体比を測定した。また、ジルコンおよびモナズ石からは U-Th-Pb 年代を測定し、これらの年代から同位体比初生値を得た。
- (5) 蛍光 X 線分析装置および ICP-MS を用いて、(4) で使用した火成岩の全岩化学組成を測定するとともに、TIMS により全岩 Sr および Nd 同位体比を測定した。得られた同位体比初生値を (4) の値と比較した。
- (6) 天然の砕屑性岩を用いた解析を行った。

4. 研究成果

- (1) 4 試料の標準試料用モナズ石から得られた LA-MC-ICP-MS を用いた局所 Nd 同位体比 (25 ミクロン径) と TIMS による Nd 同位体比から EPMA による U-Th-Pb 年代を用いて初生値を算出した。結果を以下に記す (結果は左より、モナズ石標準試料名、年代、Nd 同位体初生値。カッコ内のデータは TIMS もしくは文献のデータ)。

Bz2; 474 Ma: 0.511324 ± 0.000007 (0.511330 ± 0.000010),
NQ1; 1033 Ma: 0.511209 ± 0.000008 (0.511239 ± 0.000010),
16-F6-1; 2843 Ma: 0.508699 ± 0.000043 (0.508702 ; ref data),
44069; 425 Ma: 0.511855 ± 0.000009 (0.511852 ; ref data)

これらの結果は、ほぼ誤差の範囲で一致するとともに、25 ミクロン径で測定した局所 Nd 同位体比の値は、誤差の大きさでは TIMS とほぼ同等かそれ以下の結果となった。この結果は、本システムを用いて、非常に正確に Nd 同位体比の測定が行えていることをしめしている。

- (2) LA-MC-ICP-MS によるアパタイトの局所 Sr 同位体比の測定手法を改良し、標準試料アパタイトから 65 ミクロン径で以下の測定結果を得た (結果は左より、アパタイト標準試料名, Sr

同位体初生値. カッコ内のデータは TIMS もしくは文献のデータ).

MAD1: 0.711880 ± 0.000013 (0.711883 ± 0.000011),

MAD2: 0.711392 ± 0.000015 (0.711396 ± 0.000012)

AP1: 0.711380 ± 0.000013 (0.711370 ; ref)

これらの結果は、アパタイトの Sr 同位体比についても TIMS と同等の精度で正確に測定できていることをしめしている。

- (3) ジルコン、アパタイト、モナズ石の 3 鉱物を含む火成岩から、3 鉱物を分離、同一マウン
トに埋め込み、ジルコンの U-Pb 年代を測定、それぞれの鉱物から同位体比を測定するルーチ
ンを確立した。
- (4) 一方で、天然のアパタイトの多くは Sr 含有量が極めて微量であり、標準試料のように 65
ミクロン径での測定が困難であることがしめされた。これについては本研究外での課題とし
た。
- (5) 天然の火成岩から得られたモナズ石の局所 Nd 同位体比の測定値は、Sm の含有量が全岩と
異なるため、TIMS を用いた全岩 Nd 同位体比とは全く異なる値をしめすが、EPMA を用いた
モナザイトの U-Th-Pb 年代により初生値を算出することで、初生値は以下のようにほぼ同じ
値をしめした (結果は左より、試料名, 年代, Nd 同位体初生値. カッコ内のデータは TIMS
を用いた全岩データ)。

02B; 227 Ma: 0.511867 ± 0.000006 (0.511878 ± 0.000012)

05A; 521 Ma: 0.511768 ± 0.000008 (0.511749 ± 0.000013)

09; 150 Ma: 0.512285 ± 0.000008 (0.512277 ± 0.000012)

SR1; 494 Ma: 0.511652 ± 0.000010 (0.511640 ± 0.000012)

以上のように、得られたモナズ石の局所 Nd 同位体比初生値は、完全に全岩の同位体比初生
値と誤差の範囲で一致する結果となった。このことは、モナズ石の Nd 同位体比および U-Th-
Pb 年代を測定し、その初生値を用いてマグマの成因論を議論することが可能であることをし
めすとともに、堆積岩中のモナズ石同位体比初生値を用いて、供給源となる火成岩体を議論
できることをしめしている。

- (6) 今回、天然の碎屑性岩を用いた解析の過程において、モナズ石を全く含まない岩層が多く
存在することが明らかとなった。特に塩基性岩を主体とする岩体については、共在する碎屑
性岩にはモナズ石を含まない場合が多く解析が困難であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 30件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Bui, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I.	4. 巻 114
2. 論文標題 Geochronology and REE geochemistry of zircon and garnet in pelitic gneisses from the Higo metamorphic terrane, Kyushu, Japan: Constraints on the timing of high-temperature metamorphism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 47-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2465/jmps.181115	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 Baba, S., Osanai, Y., Adachi, T., Nakano, N., Hokada, T., Toyoshima, T.	4. 巻 113
2. 論文標題 Metamorphic P-T conditions and variation of REE between two garnet generations from granulites in the Sor-Rondane mountains, East Antarctica	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mineralogy and Petrology	6. 最初と最後の頁 821-845
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00710-019-00680-0	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 Bui, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I., Owada, M.	4. 巻 187
2. 論文標題 Timing of high-grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam: Constraints from zircon-monazite multi-geochronology and trace elements geochemistry of zircon-monazite-garnet	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 104084
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jseaes.2019.104084	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 Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I., Adachi, T., Binh, P., Tri, T.V.	4. 巻 -
2. 論文標題 Timing of magmatism and ultrahigh- to high-grade metamorphism in the Kannak Complex, Kon Tum Massif, Vietnam: Magmatic activity and its tectonic implications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jseaes.2019.104077	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 池田雄輝・大和田正明・西塚 大・亀井淳志	4. 巻 125
2. 論文標題 山口県東部, 柳井地域に産する領家帯蒲野花崗閃緑岩のマグマ過程	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 167-182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0046	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 江島圭祐・大和田正明・今岡照喜・亀井淳志	4. 巻 125
2. 論文標題 北部九州, 白亜紀香春花崗閃緑岩牛斬山岩体 (牛斬山花崗閃緑岩) のマグマ過程と成因	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 237-253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2018.0055	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 柚原雅樹・亀井淳志・川野良信・岡野 修・早坂康隆・加々美寛雄	4. 巻 125
2. 論文標題 北部九州白亜紀花崗岩類, 添田花崗閃緑岩のU-Pbジルコン年代とSr・Nd同位体比組成: 添田花崗閃緑岩の再区分	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 405-420
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2019.0013	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 TAKASU Kana, ROSER Barry, KAMEI Atsushi	4. 巻 73
2. 論文標題 Geochemical characteristics of river mouth sediments around Lake Biwa, southwest Japan: Implications for provenance, weathering and sorting of sediments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earth Science (Chikyu Kagaku)	6. 最初と最後の頁 75-92
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 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 柚原雅樹・水田史也・西 瑛莉子・清浦海里・亀井淳志・川野良信・岡野 修・早坂康隆	4. 巻 73
2. 論文標題 北部九州白亜紀花崗岩類, 真崎花崗岩の化学組成と活動時期	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地球科学	6. 最初と最後の頁 163-178
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 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 KODAMA Shogo, OWADA Masaaki, IMAOKA Teruyoshi, KAMEI Atsushi	4. 巻 114
2. 論文標題 Sr-Nd isotopic compositions of the Susuma-Nagaho Plutonic Complex in the San-yo Belt, Southwest Japan: Implications for the Cretaceous enriched mantle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 99-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.181118b	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 Bui, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I.	4. 巻 26, 2
2. 論文標題 In-situ U-Pb isotope and REE analyses for zircons from ultrahigh temperature metamorphic rocks in the Kannak Complex, Kontum Massif, Vietnam	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地球社会統合科学	6. 最初と最後の頁 1-9
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 Sinh, V.B.T., Osanai, Y., Lenz, C., Nakano, N., Adachi, T., Belousova, E., Kitano, I.	4. 巻 9
2. 論文標題 Gem-quality zircon megacrysts from placer deposits in the central highlands, Vietnam potential source and links to cenozoic alkali basalts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min9020089	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 Nagashima, M., Nishio-Hamae, D., Nakano, N., Kawasaki, T.	4. 巻 46
2. 論文標題 Synthesis and crystal chemistry of mukhinite, V-analogue of clinozoisite on the join Ca ₂ Al ₃ Si ₃ O ₁₂ (OH)-Ca ₂ Al ₂ VSi ₃ O ₁₂ (OH)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Minerals	6. 最初と最後の頁 63-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00269-018-0988-4	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 Thinh, N.V., Osanai, Y., Adachi, T., Thai, P.K., Nakano, N., Ozaki, A., Kuwahara, Y., Kato, R., Makio, M., Kurosawa, K.	4. 巻 139
2. 論文標題 Chemical speciation and bioavailability concentration of arsenic and heavy metals in sediment and soil cores in estuarine ecosystem, Vietnam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microchemical Journal	6. 最初と最後の頁 268-277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.microc.2018.03.005	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 Kitrano, I., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Fitzsimons, I.C.W.	4. 巻 156
2. 論文標題 Detrital zircon and igneous protolith ages of high-grade metamorphic rocks in the Highland and Wanni Complexes, Sri Lanka: Their geochronological correlation with southern India and East Antarctica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 122-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2018.01.017	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 Ejima, T., Osanai, Y., Akasaka, T., Adachi, T., Nakano, N., Kon, Y., Otofuji, H., Sereenen, J.	4. 巻 8
2. 論文標題 Oxidation states of Fe in constituent minerals of a spinel Lherzolite xenolith from the Tariat depression, Mongolia: The significance of Fe ³⁺ in olivine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min8050204	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 Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I., Adachi, T., Binh, P., Tri, T.V.	4. 巻 200
2. 論文標題 Timing of magmatism and ultrahigh- to high-grade metamorphism in the Kannak Complex, Kon Tum Massif, Vietnam: Magmatic activity and its tectonic implications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 104077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2019.104077	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 Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Binh, P., Hokada, T., Kaiden, H., Bui, V.T.S.	4. 巻 90
2. 論文標題 Evolution of the Indochina block from its formation to amalgamation with Asia: Constraints from protoliths in the Kontum Massif, Vietnam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Gondwana Research	6. 最初と最後の頁 47-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gr.2020.11.002	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 Hossain, H.M.Z., Hossain, Q.H., Kamei, A. Araoka, D., Sultan-UI-Islam, Md.	4. 巻 13
2. 論文標題 Geochemical characteristics of Gondwana shales from the Barapukuria basin, Bangladesh: Implications for source-area weathering and provenance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Arabian Journal of Geosciences	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) 10.1007/s12517-020-5105-6	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 Paul, P.P., Chakraborty, P.P., Shiraishi, F., Das K., Kamei, A., Bhattacharya, S.	4. 巻 115
2. 論文標題 Clue on ocean redox condition from trace element and rare earth element (REE) composition of iron formation and carbonate rocks from the late Paleoproterozoic Morar Formation, Gwalior Group	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 175-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.191011	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 袖原雅樹・亀井淳志・川野良信・岡野 修・早坂康隆・加々美寛雄	4. 巻 77
2. 論文標題 北部九州白亜紀花崗岩類, 落合花崗閃緑岩杷木岩体(杷木花崗閃緑岩)のU-Pbジルコン年代とSr・Nd同位 体 比組成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地球科学	6. 最初と最後の頁 83-98
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 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 Eshima, K., Owada, M., Kamei, A.	4. 巻 115
2. 論文標題 Assimilation and fractional crystallization of Sanukitic high-Mg andesite-derived magmas, Kyushu Island, southwest Japan: An example of the Cretaceous Shaku-dake diorite body	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 332-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.191209	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 村岡やよい・大和田正明・今岡照喜・亀井淳志・宮崎一博	4. 巻 126
2. 論文標題 北部九州白亜紀花崗岩類における低Sr花崗岩類の成因	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 679-695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0040	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 Baba, S., Hokada, T., Kamei, A., Kitano, I., Motoyoshi, Y., Nantansin, P., Setiawan, N.I., Dashbaatar, D.-O.	4. 巻 33
2. 論文標題 Tectono-metamorphic evolution and significance of shear zone lithologies in Akebono Rock, Prince Olav Coast, East Antarctica	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Antarctic Science	6. 最初と最後の頁 52-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0040	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 Nakano, N., Osanai, Y., Jargalan, S., Adachi, T., Dolzodmaa B. Kundyz, S., Owada, M., Satish-Kumar, M.	4. 巻 400-401
2. 論文標題 Petrology and geochronology of andalusite- and sillimanite-bearing kyanite metapelites from the Gobi Altai Mountains: Evidence for prolonged convergent tectonics in the Central Asian Orogenic Belt	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 106362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2021.106362	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 Vuong, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I., Adachi, T., Anh, T.T., Binh, P.	4. 巻 226
2. 論文標題 Petrology and zircon U-Pb geochronology of pelitic gneisses and granitoids from the Dai Loc Complex in the Truong Son Belt, Vietnam: Implication for the Silurian magmatic-metamorphic event	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 105070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2021.105070	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 Boldbaatar, D., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Sereenen, J., Kitano, I., Syeryekkhaan, K.	4. 巻 116
2. 論文標題 Geochronology and geochemistry of granitoids from the Mongolian Altai	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences	6. 最初と最後の頁 293-308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.210830	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 野口将志・亀井淳志・鈴木博美・小林夏子	4. 巻 127
2. 論文標題 山陰帯島根県雲南地域に分布する大東花崗閃緑岩の火成活動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 461-478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2021.0016	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 児玉省吾・大和田正明・亀井淳志・池田雄輝・井無田譲嗣	4. 巻 49
2. 論文標題 山口県南東部，屋代島に産する領家帯花崗岩類のマグマ過程	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 岩石鉱物科学	6. 最初と最後の頁 133-147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/gkk.200617	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 Baba, S., Horie, K., Hokada, H., Takehara, M., Kamei, A., Kitano, I., Motoyoshi, Y., Nantansin, P., Setiawan, N.I., Dashbaatar, D.	4. 巻 105
2. 論文標題 Newly found Tonian metamorphism in Akebono Rock, eastern DronningMaud Land, East Antarctica	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Gondwana Research	6. 最初と最後の頁 243-261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gr.2021.09.009	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 Suda, Y., Adachi, T., Shimada, K., Osanai, Y.	4. 巻 129
2. 論文標題 Archaeological significance and chemical characterization of the obsidian source in Kirigamine, central Japan: Methodology for provenance analysis of obsidian artefacts using XRF and LA-ICP-MS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Archaeological Science	6. 最初と最後の頁 105377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jas.2021.105377	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42件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 土谷信高・熊谷大和・足立達朗・中野伸彦・小山内康人
2. 発表標題 北上山地から見いだされた「ラテライト質」変成岩の化学組成とジルコン U-Pb年代について
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 馬場壮太郎・小山内康人・中野伸彦・外田智千・足立達朗・豊島剛志
2. 発表標題 東南極セール・ロンダーネ山地北部に産するFe-Alに富むグラニユライトの変成組織とザクロ石REEの相違
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 外田智千・小山内康人・中野伸彦・足立達朗・豊島剛志・馬場壮太郎
2. 発表標題 東南極セール・ロンダーネ山地の泥質片麻岩から見出されたコランダムと石英包有物の産状とその解釈
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北野一平・小山内康人・中野伸彦・足立達朗
2. 発表標題 西南日本九州北部に分布する三郡変成帯結晶片岩の碎屑性ジルコン後背地の多様性
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bui, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I., Owada, M.
2. 発表標題 Zircon-monazite-garnet behaviors during high-grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山内康人・北野一平・中野伸彦・足立達朗・Bui, V.T.S.・小松正幸
2. 発表標題 八幡浜大島に分布する大島変成岩体のLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代と地体構造上の意義
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北野一平・小山内康人・中野伸彦・足立達朗
2. 発表標題 青海地域蓮華変成岩類の記載岩石学的特徴とジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 足立達朗・小山内康人・中野伸彦・Kundyz, S., Jargalan, S., 大和田正明・Satish-Kumar, M.
2. 発表標題 モンゴル北西部・ハンホビン山地に産する泥質片麻岩に含まれるザクロ石中のクリストパライト包有物
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kundyz S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Jargalan, S., Owada, M., Satish-Kumar, M., Boldbaatar, Ch.
2. 発表標題 Pressure-temperature-time conditions of metamorphism of pelitic gneisses in the Gobi-Altai Mountains from southwestern Mongolia
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北野一平・小山内康人・中野伸彦・足立達朗・加藤涼介・Bui, V.T.S.
2. 発表標題 山口県長門構造帯に産する変成岩・深成岩類のジルコンU-Pb年代の特徴
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大和田正明・小山内康人・中野伸彦・北野一平・足立達朗
2. 発表標題 ベトナム・コンツム地塊, カンナック岩体, ペルム紀 - 三畳紀, 火成作用と変成作用の関係
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野伸彦・小山内康人・Jargalan S.・足立達朗・Kundyz, S.・大和田正明・Satish-Kumar, M.
2. 発表標題 モンゴルアルタイ山脈の泥質変成岩に記録された古生代・沈み込み一付加一大陸衝突に伴う造山帯運動
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 外田智千・堀江憲路・小山内康人・中野伸彦・足立達朗・豊島剛志・馬場壮太郎
2. 発表標題 南極セール・ロンダーネ山地の角閃岩相変成作用の再検討
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kitano, I., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T.
2. 発表標題 Zircon chronology for high temperature metamorphic rocks in the Wannu and Highland Complexes, Sri Lanka
3. 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dolzodmaa, B., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T.
2. 発表標題 LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology of granitic rocks in the Central Mongolia
3. 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wahyuandari, F.A.C., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Setiawan, N.I.
2. 発表標題 Petrology of high-grade metamorphic rocks in West Timor, Indonesia
3. 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bui, V.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I., Owada, M.
2. 発表標題 Metamorphic history of the high-grade metamorphic rocks in the Ngoc Linh Complex, Kontum Massif, Vietnam
3. 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Osanai, Y., Kitano, I., Nakano, N., Adachi, T., Toyoshima, T., Hokada, T., Owada, M., Tsunogae, T., Bui, V.T.S.
2 . 発表標題 Newly determined U-Pb zircon ages from the Napier Complex, East Antarctica International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
3 . 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nakano, N., Osanai, T., Owada, M., Binh, P., Hokada, T., Kaiden, H.
2 . 発表標題 Origin and evolution of the Kontum Massif and neighboring high-grade metamorphic terranes in Vietnam; Constraints from P-T-t path and inherited zircon signatures
3 . 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I., Adachi, T., Owada, M., Sajeev, K., Kehelpannala, W., Malaviachchi, S.
2 . 発表標題 Ultrahigh-temperature metamorphic rocks from Highland Complex, Sri Lanka
3 . 学会等名 MAESA Second International Conference on Applied Earth Sciences in Myanmar and Neighboring Regions
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Binh, P.
2 . 発表標題 Tectonic evolution of the Kontum Massif, central Vietnam
3 . 学会等名 MAESA Second International Conference on Applied Earth Sciences in Myanmar and Neighboring Regions
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I., Adachi, T.
2. 発表標題 Permo-Triassic tectonic processes in Kannak Complex, Kon Tum Massif, Vietnam
3. 学会等名 MAESA Second International Conference on Applied Earth Sciences in Myanmar and Neighboring Regions
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀井淳志・大和田正明・堀江憲路・志村俊昭・柚原雅樹・束田和弘
2. 発表標題 東南極セール・ロンダーネ山地に産する大陸衝突型の高Kアダカイト質花崗岩
3. 学会等名 日本鉱物科学会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kamei, Masaaki Owada, Kenji Horie, Toshiaki Shimura, Masaki Yuhara, Kazuhiro Tsukada
2. 発表標題 Pan-African high-K adakitic intrusion in the Sor Rondane Mountains, East Antarctica
3. 学会等名 International Association for Gondwana Research 2019 Convention and 16th International Conference on Gondwana to Asia
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Kamei, Masaaki Owada, Kenji Horie, Toshiaki Shimura, Masaki Yuhara, Kazuhiro Tsukada
2. 発表標題 High-K adakitic intrusion in the Sor Rondane Mountains, East Antarctica
3. 学会等名 The 10th Symposium on Polar Science
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 22.Bui, B.T.S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T.
2. 発表標題 U-Pb zircon geochronology on high-grade metamorphic rocks from the Higo metamorphic Belt in central Kyushu, Japan
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 Owada, M., Kamei, A., Osanai, Y., Nakano, N.
2. 発表標題 Formation of Neoproterozoic juvenile crust in Eastern Dronning Maud Land, East Antarctica
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Munkhdelger, B., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Tamir, B., Undraa, S., Jargalan, S., Dolzodmaa, B., Bolormaa, T.
2. 発表標題 Geochemistry and geochronology of granitic rocks from the Ereendavaa area in northeastern Mongolia.
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamir, B., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Jargalan, S., Dolzodmaa, B., Bolormaa, T.
2. 発表標題 REE mineralization in alkaline plutonic rocks from north-west Mongolia.
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野伸彦・小山内康人・Jargalan, S.・足立達朗・Kundyz, S.・大和田正明・Satish-Kumar, M.
2. 発表標題 モンゴルアルタイ山脈, 昇温期及び降温期の紅柱石と珪線石を含む粗粒藍晶石泥質変成岩の形成過程
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北野一平・小山内康人・中野伸彦・足立達朗
2. 発表標題 スリランカ・ハイランド岩体およびワンニ岩体に分布する変成火成岩中のインヘリテッドジルコンHf同位体組成.
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Undraa, S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Jargalan, S., Dolzodmaa, B., Bolormaa, T., Tamir, B., Munkhdelger, B.
2. 発表標題 Geochronology of assumed cratonal terranes in Mongolia.
3. 学会等名 日本鉱物科学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., Binh, P., Tran Van Tri, Charusiri, P., Tran Ngoc Nam
2. 発表標題 Tectonic evolution of extreme metamorphic rocks in the Trans Vietnam Orogenic Belt, SE-Asia
3. 学会等名 The Fifteenth Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA XV) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sinh, V.T., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T.
2. 発表標題 Zircon U-Pb ages of high-grade metamorphic rocks from the Kontum Massif, Vietnam
3. 学会等名 The Fifteenth Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA XV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakano, N., Osanai, Y., Nguyen Van Nam, Tran Van Tri
2. 発表標題 A protracted Phanerozoic history preserved in the eclogite-facies bauxites from the Red River shear zone, Northern Vietnam
3. 学会等名 The Fifteenth Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA XV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Owada, M., Osanai, Y., Nakano, N., Binh, P., Tran Van Tri
2. 発表標題 Geochronology and petrogenesis of plume-related magmatism in the collision zone, Kon Tum Massif, Central Vietnam
3. 学会等名 The Fifteenth Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA XV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kamei, A., Awata, H., Hokada, T., Baba, S., Kitano, I., Motoyoshi, Y.
2. 発表標題 Geochemical study on charnockites in Rundvagshetta, Lutzow-Holm Complex, Antarctica
3. 学会等名 The 11th Symposium on Polar Science(National Institute of Polar Research)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Owada, M., Kamei, A., Osanai, Y., Nakano, N., Kitano, I.
2. 発表標題 Magma activities in Sor Rondane, eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: Implications for amalgamation of the Gondwana supercontinent.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北野一平・小山内康人・北村圭吾・中野伸彦
2. 発表標題 中部九州阿蘇カルデラ北部合戦群地域に露出する泥質片麻岩および花崗岩のジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Boldbaatar, D., Osanai, Y., Nakano, N., Kamei, A., Adachi, T.
2. 発表標題 Petrogenesis of the Khangai granitoids, central Mongolia: Implications for the crustal generation
3. 学会等名 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zaw, H., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Khaing, N.H.
2. 発表標題 Geochronology of calc-silicate and related rocks in the Mogok Metamorphic Belt, Myanmar
3. 学会等名 日本鉱物科学会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野口将志, 亀井淳志, 鈴木博美, 小林夏子
2. 発表標題 山陰帯島根県雲南地域に分布する大東花崗閃緑岩の火成活動
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会
4. 発表年 2021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
研究分担者	足立 達朗 (ADACHI Tatsuro) (00582652)	九州大学・比較社会文化研究院・助教 (17102)	
研究分担者	亀井 淳志 (KAMEI Atsushi) (60379691)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授 (15201)	

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
---------	---------