

令和 3 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H00777

研究課題名（和文）高解像度炭酸塩分析による巨大噴火・物質循環・表層環境変動の時系列復元

研究課題名（英文）Reconstruction of past environment and volcanic eruption by high-resolution analysis of carbonate samples

研究代表者

佐野 有司 (Sano, Yuji)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：50162524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、古環境試料の年代測定と元素・同位体分析を組み合わせることで、過去の巨大噴火履歴の復元を目指した。U-Th放射非平衡年代測定法を駆使して、過去の大規模噴火時期の年代を持つ石筍試料を入手した。LIBS（レーザーを用いた元素分析装置）を導入し、過去の大規模噴火・火山活動の情報を記録していると考えられる石筍等の炭酸塩試料の分析手法を開発した。そして、微小領域を分析可能な他の装置と組み合わせて微量元素を測定し、濃度分布・異常と火山活動の関係を調査した。また、過去と現在の火山活動を比較するため、箱根山などの火山を観測して活動を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、火山活動や巨大噴火は大気海洋へ物質を供給し、生物の繁栄・絶滅などに影響してきた。その活動履歴を復元することは、地球環境や生物の進化史を紐解く上で重要な意義を持つ。本研究では炭酸塩試料の分析手法を開発して、いくつかの強力な手法と組み合わせることで、火山活動の活発化に関する可能性がある元素濃度の異常などを検出した。また、過去の火山活動と比較するため現在活発な火山の調査も行った。得られた研究成果は、過去・現在の火山活動の地球環境への影響を解明するために役立つ、学術的・社会的意義の高いものであり、学術誌や学会において随時報告を行った。

研究成果の概要（英文）：In order to reconstruct records of volcanic activity and significant eruptions, ages and chemical/isotopic compositions of samples reflecting paleoenvironmental information were measured. Ages of speleothem samples were precisely determined by the U-Th disequilibrium dating method. The analytical technique for measuring carbonate samples such as speleothem were established with the LIBS. Thus analyses of trace elements in the samples were conducted using the LIBS, the NanoSIMS and the LA-ICPMS. Records of volcanic activity were investigated based on the observed distributions and anomalies of chemical/isotopic compositions. Moreover, geochemical observations at volcanoes such as Mt. Hakone were conducted in order to compare volcanic activity in paleoenvironment and the present environment.

研究分野：地球化学

キーワード：火山活動 炭酸塩 地球化学 質量分析

1. 研究開始当初の背景

地球の大気と海洋は、火山活動によって固体地球内部から表層へと放出された物質の蓄積によって形成したと考えられる。そのため過去の大規模な火山噴火の年代とそれによる物質フラックスは、地球表層環境の進化史を紐解く上で重要な知見となる。現在の火山活動であれば、噴気に対する分光学的観測手法や採取した火山ガス試料の化学組成・同位体比の測定によってデータを獲得し、物質フラックスを推定することができる。しかしながら、過去の火山活動については直接観測することができないため、有史以降であれば歴史文書の解析、または地質時代であれば火山噴出物の年代測定などの手法を取る必要がある。しかし、前者は詳細な情報が得られるもののせいぜい数百年程度しかさかのぼれず、後者は大規模なものに限られ時間解像度は数百年程度であった。

このような状況において、炭酸塩分析による地震や火山噴火の復元はまさに黎明期にあった。サンゴの年代測定によりスマトラの過去の地震周期を復元したり、サンゴの炭素同位体比から過去の地震履歴を復元する手法が報告されるなど、鍾乳石やサンゴ骨格を用いた火山研究・地震研究の報告例がインパクトファクターの高い国際誌に掲載される例が増加傾向にあった。しかし、日本は火山災害が多いにも関わらず、火山噴火復元の研究は従来の手法を用いたものにほぼ限られていた。本研究組織は、地震火山研究と炭酸塩分析による高解像度古環境復元の両分野で大きな研究成果をあげており、それらを融合させる事で極めて独自性の高い研究を進める事が可能と考えた。

研究を遂行するにあたり、炭酸塩を用いて火山噴火復元を行うために、火山噴火による微量元素や同位体組成の変化と炭酸塩組成の変化の関連性を明らかにする必要があると考えた。本研究組織は火山・地震に関わる揮発成分や流体の化学組成変化の研究を長年継続してきた(Sano et al., 1984, Science; Sano et al., 1986, Nature; Igarashi et al., 1995, Science; Sano et al., 2014, NatureComm)。さらに、研究代表者らは、科学研究費助成事業課題(基盤研究S「NanoSIMSを用いた超高解像度海洋古環境復元」)において、炭酸塩中の硫黄・ハロゲンなどの元素が持つ環境記録を解析する成果をあげており、これら蓄積されたノウハウを活用する事で独自性の高い研究を遂行可能と考えた。

2. 研究の目的

鍾乳石やサンゴの化石を使った炭酸塩研究により過去の火山噴火の規模や年代、頻度を探ることを目的とした。火山噴火の発生する基礎的メカニズムを、現在の火山の地球化学的観測と二次イオン質量分析計(Cameca NanoSIMS)やLA-ICPMSによる炭酸塩の高解像度微量元素分析を合わせて地球化学の観点から研究することを目指した。

炭酸塩試料の微量元素・安定同位体の高解像度分析と高精度の年代測定法(U-Th放射非平衡年代測定法やU-Th-He年代測定法など)を組み合わせる事で、過去の火山噴火の記録を地質時代を通して復元する手法を確立することを目指した。火山噴火により近隣の地下水や温泉水の組成が事後に変化する事はよく知られていた。そこで、鍾乳石やサンゴ骨格など炭酸塩に記録された揮発性物質や流体組成変動の記録を過去にさかのぼって分析する事で、過去の火山噴火の情報を復元する事が可能になると考えた。この手法の利点は、既に履歴がわかっている噴火を対象として研究する事ができるため、現在活動している火山の観測的手法と比較して対象とするイベントの数を飛躍的に増やす事が可能であり、網羅的な解析への発展につながることである。また、現在の火山の観測的研究により、揮発成分・流体組成の変動パターンと火山噴火タイプの類型化を行い、そのデータを炭酸塩地球化学の知見に基づき解析する事で、火山噴火が炭酸塩組成の変動としてどのように記録されているのか制約することを目指した。

本研究組織は、生物が作る炭酸塩のNanoSIMS分析により、過去の海洋環境の復元に成功しており(Sano et al., 2012, NatureComm; Hori et al., 2015, SciRep)、この技術・知見を本研究に役立てることができると考えた。炭酸塩試料はU-Th放射非平衡年代測定法などにより非常に高精度で形成年代を明らかにできる。炭酸塩に含まれる多様な微量元素・同位体組成を分析し年代測定と組み合わせる事で、過去の火山噴火の年代を明らかにし、組成の変動パターンから活動規模や物質フラックス・循環などを評価することを目指した。そして、過去の火山活動履歴を復元するとともに、現在の火山活動を調査して比較することで、過去-現在における火山活動の表層環境への影響や物質循環について制約を与えることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では過去の火山噴火の影響を受けていると思われる古環境試料を用いて、その年代測定と元素・同位体分析とを組み合わせることで、過去の巨大噴火の記録を復元することを目指した。そのために、U-Th非平衡年代測定法などにより精密に年代が決定された鍾乳石やサンゴ骨格といった炭酸塩試料について、二次イオン質量分析計(NanoSIMS)で高解像度の微量元素分析

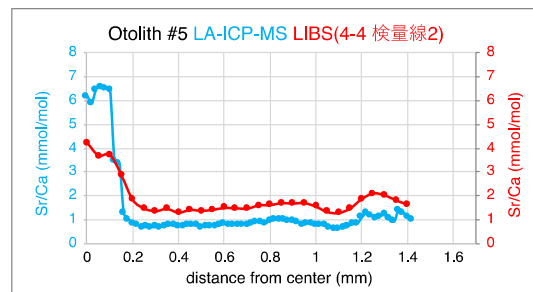
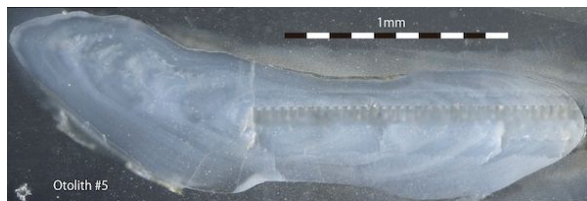
を行なった。また、LA-ICPMS や LIBS を用いて、試料中の微量元素の分布を効率的に測定した。これらの手法を組み合わせることで多様な元素・同位体のデータを獲得して、過去の噴火イベントの痕跡を検出することを試みた。また、現在と過去の火山活動を比較することを目的として、現在活動的である様々な火山地域の観測を行って、地球化学データを収集した。

4. 研究成果

本研究では LIBS を導入し、過去の大規模噴火・火山活動の情報を記録していると考えられる鍾乳石等の炭酸塩試料の分析手法を開発した。そして、NanoSIMS や LA-ICPMS による分析と組み合わせて微量元素を測定し、濃度や同位体の分布・異常と火山活動の関係を調査した。また、過去と現在の火山活動を比較するため、現在活動的な火山を観測してデータを収集した。得られた研究成果について随時、国際誌や国内外の学会で発表を行った。

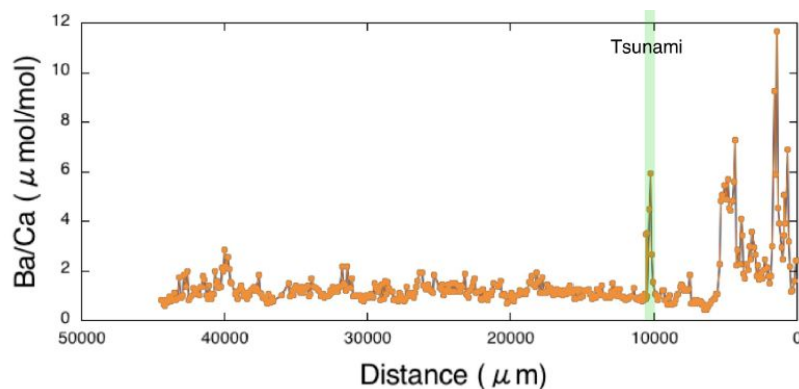
(1) LIBS 分析システムの構築

LIBS(レーザー誘起ブレイクダウン分光装置)を用いて炭酸塩試料分析の最適測定条件を検討し検出限界を評価した。当初の目的は石筍中の火山由来物質だと考えられる硫黄やハロゲンといった微量元素の濃集を検出するためであったが、ハロゲンも硫黄も炭酸カルシウムの測定でピークが検出されなかった。そのため、生物源炭酸塩の研究で生息環境の指標として重要とされる Mg/Ca, Sr/Ca 比の定量方法の確立を目指した。炭酸カルシウムや炭酸マグネシウムから成る種々の濃度既知試料を用いて、測定条件を変えながら測定を繰り返し、レーザー出力やピーク波長などの最適条件を得た。その後、複数の濃度既知の炭酸塩試料を用いて検量線を作成し、ウナギ耳石試料を用いて LIBS による定量再現性の検証を行なった。ウナギは成長するにしたがって生育環境を変えることが知られており、耳石はその環境情報を記録していると考えられている。図の青線は成長軸に沿った 20 μ m ごとの Sr/Ca 比の変化を LA-ICPMS によって分析したものであり、赤線は LIBS により 50 μ m ごとに測定した Sr/Ca 比で、耳石中心部と外縁部の値の違いを概ね再現できており、精度は 1~3mmol/mol 程度で測定できることがわかった。



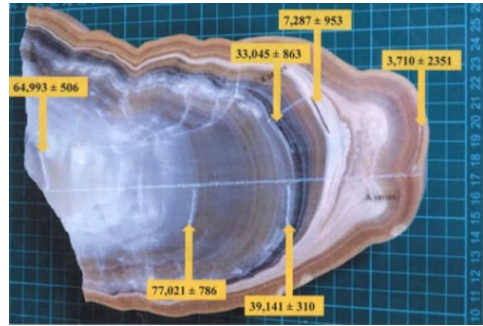
(2) NanoSIMS を用いた炭酸塩試料の分析手法の検討

濃度既知の炭酸塩標準試料と貝殻を用いて、分析手法の検討を行なった。生物源炭酸塩に多く含まれる Mg, Sr, Ba に着目し、2011 年の大津波を経験したと考えられる試料を分析した。試料は岩手県大槌湾で 2011 年 9 月に採取した二枚貝である。図はビーム径 10 μ m で 100 μ m 間隔に分析した Ba/Ca 比の時間変化を表しており、貝殻の年輪から推定される大津波の位置で明らかな異常が見られた。さらにビーム径を 2 μ m に絞り 3 μ m 間隔で分析したところ、Mg/Ca 比に周期的な変化が見られ、潮汐変化と関係があると考えられた。このように数 μ m スケールの元素分布を明らかにできるようになった。



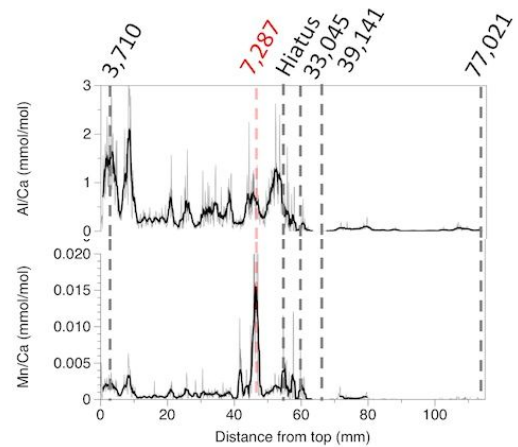
(3)炭酸塩試料の U-Th 放射非平衡年代測定法による鍾乳石の年代測定

沖縄県南大東島の星野洞から得られた石筍試料の様々な層の年代が、国立台湾大学の Chuan-Chou Shen 博士の研究室において U-Th 放射非平衡年代測定法を用いて測定された。年代測定のために、試料のいくつかの層をドリルで削り粉末を収集した。粉末を硝酸で分解し、高精度の同位体分析を行うため、ウラン・トリウム同位体スパイクを添加した。その後、酸とイオン交換カラムを用いてウラン・トリウムを精製した。精製の過程で、過塩素酸溶液を加えて還流することにより有機物を除去した。精製されたウラン・トリウムを硝酸・フッ酸混合液に溶解させ、国立台湾大学の MC-ICPMS (Thermo Fisher NEPTUNE) を用いて溶液中のウラン・トリウム同位体を測定し、データを基に試料の持つ年代を推定した。その結果、石筍試料の年代幅は 3 万年前の始良火砕噴火や、鬼界カルデラを作った約 7300 年前の大噴火の期間を含むことが明らかとなった。これにより、過去の火山活動・噴火履歴を記録すると期待される試料の入手と、該当する層の特定に成功した。当該試料は大気海洋研究所において、LA-ICPMS や NanoSIMS などを用いて精密に分析された。



(4)LA-ICPMS を用いた鍾乳石試料の分析

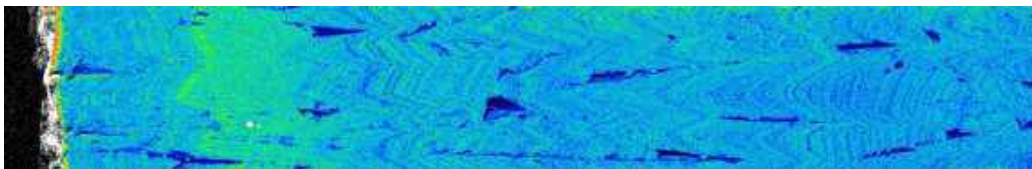
LA-ICPMS(レーザーアブレーション ICP 質量分析装置)と NanoSIMS(二次元高分解能二次イオン質量分析装置)を用いて、沖縄県南大東島の星野洞から得られた石筍試料の微量元素濃度を石筍の成長軸に沿って測定した。これら測定用の試料は成長軸に沿って幅 7mm、厚さ 2mm の薄い板状に切断したものを 2 本用意し、LA-ICPMS 用の試料は新たに切り出した面を上向きにしてガラス板に貼り付け研磨を行なった。NanoSIMS 用には直径 1 インチの樹脂に包埋するためにさらに分割し、試料を包埋して研磨し、金で蒸着した。LA-ICPMS では全長 19cm のうち縞構造の明瞭な現在~3 万 9 千年前までの箇所を中心に 100 μ m 間隔で連続的に測定を行なった。この試料には最終氷期から間氷期にいたる期間が含まれ、約 3 万年前の始良大噴火や鬼界カルデラを作った約 7300 年前の大噴火の期間も含まれる。得られた結果のうち、Al/Ca 比と Mn/Ca 比の変化の様子を図に示す。全体の傾向を見ると、酸素・炭素同位体比および U-Th 年代から推定される氷期-間氷期境界(55mm 前後)で低濃度から高濃度への大きな変化が多く元素で見られた。これは地表の環境変化(植生や降水量、二酸化炭素量など)を反映していると考えられる。一方 Mn に特有のピークが 7300 年前付近に見られ、火山噴火との関連が示唆された。



全体の傾向を見ると、酸素・炭素同位体比および U-Th 年代から推定される氷期-間氷期境界(55mm 前後)で低濃度から高濃度への大きな変化が多く元素で見られた。これは地表の環境変化(植生や降水量、二酸化炭素量など)を反映していると考えられる。一方 Mn に特有のピークが 7300 年前付近に見られ、火山噴火との関連が示唆された。

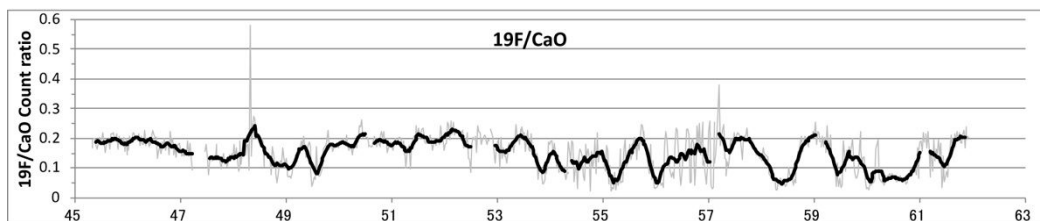
(5)EMPA を用いた鍾乳石試料の分析

LA-ICPMS で分析したのちに同じ試料を EPMA で元素マッピングを行なった。図は石筍頂部から約 2mm までの Mg/Ca 比の分布を示している。この時の成長速度は 1mm/1000 年程度であり、約 2000 年の情報が含まれている。太い幅の濃淡の他に、非常に細かい縞が見え、周期的に変化している様子が捕らえられた。この周期変化の理由として気温や降水量の変化が考えられるがこれから詳しく検討する必要がある。マイクロドリリング法や LA-ICPMS では空間分解能はせいぜい 100 μ m 程度であるので、従来法では見えなかった情報が得られた。



(6) NanoSIMS を用いた鍾乳石試料の分析

LA-ICPMS で Mn 濃度が大きな異常の出た 55mm 付近を中心に高解像度での NanoSIMS 測定を試みた。まず 100 μm ステップで広く低解像度分析を行ない、異常を示した部分について 10 μm または 20 μm ステップで高解像度分析を行なった。LA-ICPMS で見えた幅の広い異常は見つからず、スパイク的なピークはあるもののどれが対応しているかは特定できなかった。LA-ICPMS と NanoSIMS ではビーム径が大きく異なり、用いた試料も異なることから、異常を示す部分に偏りがあることが考えられる。図は 55mm 付近の F/Ca 比の変化を示しており、変動幅は大きいものの大きな異常は見られていない。48mm 付近に大きな異常が見られ、硫黄も同じ場所で異常を示すものの、平均化すると幅の広い大きな異常にはならず、LA-ICPMS での低解像度分析では検知できないほどの大きさであった。また EPMA での Mg の周期的な変化のように、硫黄やハロゲンでも周期的な変化が見られた。このように高解像度分析により明らかになる元素分布があり、その解明は今後の課題である。



(7) 現在の火山活動の化学的観測

炭酸塩に含まれる化学データから火山活動履歴を復元する際の参考とするため、現在の火山における化学データと活動の関係を調査した。箱根山や木曾御嶽山など近年の活動が活発な火山でガス試料等を採取し、化学組成や希ガス・炭素・窒素等の同位体を分析することによって、火山活動の評価を行った。これにより、箱根山の噴火前後に熱水系で発生した現象を解明するなど、化学データを基にした成果が得られた。現在の火山活動の観測によって得られた成果は、炭酸塩のデータを基に過去の火山活動履歴を解釈する上で役立った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計41件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 26件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Kagoshima, T., Sano, Y., Takahata, N., Lee, H., Lan, T. and Ohba, T.	4. 巻 20
2. 論文標題 Secular variations of helium and nitrogen isotopes related to the 2015 volcanic unrest of Mt. Hakone, central Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 4710 ~ 4722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/ 2019GC008544	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 Murakami-Sugihara Naoko, Shirai Kotaro, Hori Masako, Amano Yosuke, Fukuda Hideki, Obata Hajime, Tanaka Kiyoshi, Mizukawa Kaoruko, Sano Yuji, Takada Hideshige, Ogawa Hiroshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Mussel Shell Geochemical Analyses Reflect Coastal Environmental Changes Following the 2011 Tohoku Tsunami	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 1346 ~ 1352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.9b00040	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 Takahata Naoto, Shirai Kotaro, Ohmori Kazuto, Obata Hajime, Gamo Toshitaka, Sano Yuji	4. 巻 29
2. 論文標題 Distribution of helium-3 plumes and deep-sea circulation in the central Indian Ocean	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences	6. 最初と最後の頁 331 ~ 340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3319/TAO.2017.10.21.02	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 Sano Yuji, Kinoshita Naoya, Kagoshima Takanori, Takahata Naoto, Sakata Susumu, Toki Tomohiro, Kawagucci Shinsuke, Waseda Amane, Lan Tefang, Wen Hsinyi, Chen Ai-Ti, Lee Hsiaofen, Yang Tsanyao F., Zheng Guodong, Tomonaga Yama, Roulleau Emilie, Pinti Daniele L.	4. 巻 7
2. 論文標題 Origin of methane-rich natural gas at the West Pacific convergent plate boundary	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-15959-5	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 Tashiro Takayuki, Ishida Akizumi, Hori Masako, Igisu Motoko, Koike Mizuho, Mejean Pauline, Takahata Naoto, Sano Yuji, Komiya Tsuyoshi	4. 巻 549
2. 論文標題 Early trace of life from 3.95 Ga sedimentary rocks in Labrador, Canada	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 516 ~ 518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature24019	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 Shirai Kotaro, Kubota Kaoru, Murakami-Sugihara Naoko, Seike Koji, Hakozaki Masataka, Tanabe Kazushige	4. 巻 133
2. 論文標題 Stimpson's hard clam <i>Mercenaria stimpsoni</i> ; A multi-decadal climate recorder for the northwest Pacific coast	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Environmental Research	6. 最初と最後の頁 49 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marenvres.2017.10.009	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 -

1. 著者名 Tanabe Kazushige, Mimura Toshihiro, Miyaji Tsuzumi, Shirai Kotaro, Kubota Kaoru, Murakami-Sugihara Naoko, Schone Bernd R.	4. 巻 157
2. 論文標題 Interannual to decadal variability of summer sea surface temperature in the Sea of Okhotsk recorded in the shell growth history of Stimpson's hard clams (<i>Mercenaria stimpsoni</i>)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Global and Planetary Change	6. 最初と最後の頁 35 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gloplacha.2017.08.010	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 Fullenbach Christoph S., Schone Bernd R., Shirai Kotaro, Takahata Naoto, Ishida Akizumi, Sano Yuji	4. 巻 205
2. 論文標題 Minute co-variations of Sr/Ca ratios and microstructures in the aragonitic shell of <i>Cerastoderma edule</i> (Bivalvia) - Are geochemical variations at the ultra-scale masking potential environmental signals?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 256 ~ 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2017.02.019	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 該当する

1. 著者名 Kubota Kaoru, Shirai Kotaro, Murakami-Sugihara Naoko, Seike Koji, Hori Masako, Tanabe Kazushige	4. 巻 465
2. 論文標題 Annual shell growth pattern of the Stimpson's hard clam <i>Mercenaria stimpsoni</i> as revealed by sclerochronological and oxygen stable isotope measurements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 307 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.palaeo.2016.05.016	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 Muirhead James D., Fischer Tobias P., Oliva Sarah J., Laizer Amani, van Wijk Jolante, Currie Claire A., Lee Hyunwoo, Judd Emily J., Kazimoto Emmanuel, Sano Yuji, Takahata Naoto, Tiberi Christel, Foley Stephen F., Dufek Josef, Reiss Miriam C., Ebinger Cynthia J.	4. 巻 582
2. 論文標題 Displaced cratonic mantle concentrates deep carbon during continental rifting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 67 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2328-3	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 Tanabe Kazushige, Miyaji Tsuzumi, Murakami-Sugihara Naoko, Shirai Kotaro, Moriya Kazuyoshi	4. 巻 167
2. 論文標題 Annual shell growth patterns of three venerid bivalve mollusk species in the subtropical northwestern Pacific as revealed by sclerochronological and stable oxygen isotope analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-019-3637-7	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28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 佐野有司, 鹿児島涉悟, 高畑直人, 尾上哲治, 柴田智郎, Fischer, T.
2. 発表標題 Helium isotope variations in subduction-type volcanic hydrothermal systems
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sano, Y., Shirai, K., Takahata, N. and Ishida, A.
2. 発表標題 High resolution analysis of bivalve shell by NanoSIMS
3. 学会等名 The 29th Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鹿兒島涉悟, 三木翼, 高畑直人, 佐野有司
2. 発表標題 2014年噴火後の御嶽山におけるヘリウム・炭素同位体比の変動
3. 学会等名 2019年度 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木翼, 高畑直人, 杉原奈央子, 白井厚太郎, 植村立, Chuan-Chou Shen, 佐野有司
2. 発表標題 沖縄県南大東島の石筍の高解像度微量元素分析によるイベント記録解析
3. 学会等名 2019年度 日本地球化学会第66回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sano, Y., Kagoshima, T., Takahata, N., Onoue, T., Shibata, T., Lee, H. and Fischer, T.P.
2. 発表標題 Helium isotope variation around a caldera-type volcano
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sano Yuji、Kagoshima Takanori、Takahata Naoto、Ohba Takeshi
2. 発表標題 Secular variations of helium and nitrogen isotopes related to the 2015 volcanic unrest of Mt Hakone, central Japan
3. 学会等名 European Geosciences Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sano Yuji、Takahata Naoto、Kagoshima Takanori、Yokochi Reika
2. 発表標題 Sub-surface fluid cycling in volcanic-hydrothermal system
3. 学会等名 International Workshop on Tracer Applications of Noble Gas Radionuclides (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sano Yuji、Tomonaga Yama、Pinti Daniele L. et al.
2. 発表標題 Geochemistry of natural gas at the West Pacific convergent plate boundary
3. 学会等名 Developments In Noble Gas Understanding and Expertise V (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sano Yuji、Amamiya Yui、Sugihara Naoko、Tanaka Kentaro、Higuchi Tomihiko、Takahata Naoto、Shirai Kotaro
2. 発表標題 Environmental Variability near Hydrothermal Vent Recorded in Deep-sea Mussel Shells
3. 学会等名 2018 Ocean Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tanaka K., T. Miki, N. Takahata, R. Uemura, C.-C. Shen, K. Shirai, N. Murakami-Sugihara, K. Toyama, Y. Sano
2. 発表標題 Speleothem as archive of past volcanism: Impact of Kikai volcano eruption (7.3 ka) on a remote oceanic island
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020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	白井 厚太郎 (Shirai Kotaro) (70463908)	東京大学・大気海洋研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	鹿児島 涉悟 (Kagoshima Takanori) (70772284)	富山大学・学術研究部理学系・特命助教 (13201)	
研究分担者	高畑 直人 (Takahata Naoto) (90345059)	東京大学・大気海洋研究所・助教 (12601)	

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