

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2019

課題番号：15KK0150

研究課題名（和文）微細包有物のマルチ揮発性元素トレーサー分析によるマントル内水循環の解明（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Tracing water cycling in the mantle by volatile tracers in micro-inclusions in mantle-derived minerals(Fostering Joint International Research)

研究代表者

角野 浩史 (SUMINO, Hirochika)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：90332593

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,500,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究は、地球表層を構成する海洋プレートがマントルへと沈み込んでいく際に、プレート中のどのような物質がマントルへと水やハロゲン・希ガスといった揮発性の高い物質を持ち込んでいるかを明らかにするために、火山活動によって地表にもたらされたマントル物質であるかんらん岩や、上昇するマグマ中で早期に晶出して深部のマグマの情報を残しているかんらん石の斑晶について、中性子照射と超高感度希ガス質量分析計を用いた希ガス・ハロゲン分析を行った。その結果沈み込み帯直下のマントルには、大気（海水）由来の希ガスや、深海底堆積物中の間隙水や海洋地殻に由来するハロゲンが注入されていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本に代表される沈み込み帯における活発な火山活動の源であるマグマは、直下のマントルに沈み込んだ海洋プレートから放出される、水をはじめとした揮発性成分がマントルの融点を下げたために生じることは分かっていたが、具体的にプレート中の何が水を運んでいるかは、天然試料の分析からは明らかになっていなかった。本研究は希ガスとハロゲンを手がかりに、沈み込むプレート中に形成した蛇紋石や、深海底堆積物と海洋地殻中の含水鉱物が水の運び手であることを明らかにし、また火山活動に伴い希ガスが水とともに地表へと戻っている一方で、ハロゲンの一部は水を失ったプレートとともに、より深部のマントルに沈み込んでいる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：We investigated isotopic/elemental compositions of noble gases and halogens in mantle-derived peridotite xenoliths and olivine phenocrysts in volcanic rocks by using neutron irradiation and ultrahigh-sensitive noble gas mass spectrometry, in order to better constrain how subducting plate brings volatiles, such as water, noble gases, and halogens into the mantle. Atmosphere/seawater-derived noble gases, sedimentary-pore-fluid-derived halogens, and oceanic-crust-derived halogens were identified in the mantle beneath subduction zones.

研究分野：同位体宇宙地球化学

キーワード：希ガス ハロゲン 水 マントル 沈み込み 質量分析 物質循環 流体包有物

## 1. 研究開始当初の背景

現在の地球は水惑星と呼ばれるように、H(水)、O、C、N、S、ハロゲン(F、Cl、Br、I)、希ガス(He、Ne、Ar、Kr、Xe)といった揮発性成分が固体地球から分離し、大気と海洋を形作っている。しかし今もなお揮発性成分の大半は内部のマントルに貯蔵されており、またプレートの沈み込みに伴い表層からマントルへと再注入されている。このような全地球規模での揮発性成分の物質循環を明らかにすることは、地球惑星科学においてきわめて重要なテーマであるが、天然試料の分析に基づく定量的な研究はあまり進んでいなかった。

研究代表者はこれまで四国・三波川変成帯のかんらん岩体や世界各地のマントル起源かんらん岩捕獲岩について、超高感度希ガス質量分析技術を応用した極微量ハロゲン分析の手法を駆使して、深海底堆積物中の間隙水とよく似た希ガス・ハロゲン組成を持つ水が沈み込み帯直下のマントルに存在していることや、大陸下マントルのハロゲン組成は平均的なマントルの組成から、塩素に欠乏するような分別をしていることを見出していた(Sumino et al., EPSL 2010; Kobayashi et al., G-cubed 2019)。更にこの研究を推進することを計画していたが、極微量ハロゲン分析に必要な不可欠な中性子照射に用いる研究用原子炉が、2011年の東日本大震災以来、国内ではほとんど稼働していないことが重大な問題となっていた。

## 2. 研究の目的

日本に代表される沈み込み帯では、海洋地殻や深海底堆積物など、異なる起源をもつ揮発性成分が異なる量比をもってマントルへと沈み込んでいると考えられる。本研究では、様々な沈み込み帯に産するマントル起源かんらん岩捕獲岩や、微小なメルト包有物を内包した火山岩中のかんらん石斑晶に含まれる極微量の希ガスやハロゲンの組成や同位体比を、最新のマルチコレクター希ガス質量分析計を用いた超精密同位体比測定をもとに決定することにより、沈み込み帯の下のマントルに存在する揮発性成分の起源と、プレートの沈み込みに伴う揮発性成分の挙動について、新たな知見を得ることを目的とした。またかんらん石などの鉱物の一粒ごとに、水の濃度と対応させてハロゲンや希ガスの濃度を求める手法の確立も目指した。

## 3. 研究の方法

本研究ではカムチャツカ半島のアバチャ火山やフィリピン・ルソン島のピナツボ火山、南米パタゴニア溶岩台地の火山岩に含まれるマントル起源かんらん岩捕獲岩と、伊豆諸島(伊豆大島、新島、鵜渡根島、三宅島、御蔵島、青ヶ島、八丈島)と伊豆半島・東伊豆単成火山群の火山岩から分離したかんらん石斑晶を試料として用いた。火山岩試料からのかんらん石分離は、国立科学博物館の所有する高電圧パルス粉碎装置 SELFRAG Lab を用いて岩石試料を数 mm 以下のサイズに粉碎し、磁石を用いて石基部分と、かんらん石・輝石・斜長石等の斑晶を選り分け、さらに実体顕微鏡で観察しながらピンセットでかんらん石を取り分けることで行った。

まず上記の試料について、東京大学・大学院総合文化研究科の研究代表者の研究室に設置の希ガス質量分析計を用いて、希ガス同位体分析を行った。試料が地表に噴出してから内部で生成した放射壊変起源希ガスや宇宙線照射起源希ガスの影響を最小限に抑え、噴出時に試料が持っていたマントルあるいはマグマ起源の希ガス同位体組成を求めるために、試料からの希ガス抽出には真空中で試料を機械的に破砕し、試料中の流体包有物やメルト包有物から選択的に希ガスを抽出できる破砕法を用いた。

また内部に流体包有物やメルト包有物が実体顕微鏡下の観察により確認できるかんらん石斑晶のいくつかについては、研磨により厚さ数百マイクロン上の平板状に整形した後、顕微赤外分光分析により水の含有量を求めた。

ついで一部の試料を取り分け、南アフリカの Safari-1 研究用原子炉に送付し、中性子照射を行い試料中のハロゲンの一部を希ガス同位体に変換した。その試料を英国マンチェスター大学に送付し、同大学の Ray Burgess 教授のもとで、マルチコレクター希ガス質量分析計(ARGUS-VI)を用いて高精度同位体分析を行い、試料中に含まれるハロゲンの組成を決定した。ハロゲンから希ガスへの変換率は、塩素濃度既知の標準試料 Hb-3gr 角閃石と、ヨウ素濃度既知の Shallowater 隕石を試料と同時に照射して分析することで求めた。臭素の変換率は塩素の変換率から求められた熱中性子束と、ヨウ素の変換率から求められた熱外中性子束から求め、それぞれの変換率に矛盾がないことを、ハロゲン組成既知の標準試料 BB1 スカポライトを同様に照射・分析して確認した。試料からの希ガス抽出には、破砕法に加え、直径 3mm 程度の均一なエネルギー分布を持つ CO<sub>2</sub> レーザーによる加熱法を用いた。

またオックスフォード大学の Chris Ballentine 教授のもとでは、流体包有物を多く含むかんらん石一粒ごとについて、レーザー加熱と最新鋭のマルチコレクター希ガス質量分析計(ARGUS-VI+HELIX SFT)を用いた希ガス同位体分析を行った。その結果を顕微分光分析により求めた水の含有量と比較することで、マントルに沈み込んだ水中の希ガスとハロゲン濃度を正確に決定することを試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 希ガス同位体組成

火山岩から分離したかんらん石斑晶のヘリウム同位体比は、伊豆弧（伊豆諸島と東伊豆単成火山群）のいずれの火山においても、中央海嶺玄武岩に見られる値とほぼ等しく、これらの地域の直下のマントルもヘリウムに関しては対流している全マントルと変わらないことが示された。カムチャツカ半島とフィリピンのマントル起源かんらん岩捕獲岩も同様であった。一方南米パタゴニアのマントル起源かんらん岩捕獲岩は、ウランやトリウムの放射壊変により生じる<sup>4</sup>Heの寄与が大きいヘリウム同位体比を示し、この地域の直下のマントルがマントル対流から隔離されており、対流しているマントルとは異なる（ウラン+トリウム）/ヘリウム比を持つことが示唆された。

アルゴン同位体比（<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比）に関しては、どの試料においても大気中アルゴンのもつ値に近い値が得られ、沈み込みによってマントルに持ち込まれた大気（海水）由来アルゴンの寄与が大きいことが示された。伊豆弧では、海溝に近い火山フロント上の火山（伊豆大島、三宅島、御蔵島、八丈島、青ヶ島）の方が海溝から遠い火山（新島、東伊豆単成火山群）と比べてより大気に近いアルゴン同位体比を示し、沈み込みによって由来する成分の寄与率が火山フロント直下で大きく、海溝から離れるにつれ下がっている様子が明らかになった。

### (2) ハロゲン組成

カムチャツカ半島とフィリピンのマントル起源かんらん岩捕獲岩について全岩を用いた分析では、ヨウ素に極めて富む、深海底堆積物中の間隙水に似たハロゲン組成を持つ成分が主に見られ、四国・三波川変成帯中のかんらん岩体（Sumino et al., 2010）とよく似ていたが、かんらん石斑晶一粒ずつを用いた分析では、塩素に富む成分と臭素に富む成分が不均質に含まれることが明らかになった。この塩素に富む成分と臭素に富む成分はそれぞれ、変質した海洋地殻の石基部分と、流体包有物に含まれていることが研究代表者らによる先行研究により示されている（Chavrit et al., GCA 2016）。一方南米パタゴニアの試料にはヨウ素に富む成分はあまり見られず、中央海嶺玄武岩の分析から求められている、平均的なマントル中のハロゲンとされる成分と、塩素に富む成分と臭素に富む成分が不均質に見られた。

カムチャツカ半島とフィリピンでは現在もプレートの沈み込みに起因する火成活動が起こっており、その直下のマントルには沈み込み由来の揮発性成分が多く供給されている。一方希ガス同位体組成からは南米パタゴニアの直下のマントルも、かつての沈み込みによる影響を受けていることが示唆されているが、Re-Os同位体比から得られた知見から、沈み込みによりマントルの化学組成が改変を受けたのは2億年より前とされている（Schilling et al., EPSL 2008）。従ってヨウ素に富む間隙水由来のハロゲンはマントル中のハロゲンで上書きされやすい一方で、海洋地殻由来の塩素あるいは臭素に富むハロゲンがマントルのハロゲン組成に与える影響はより残りやすいと考えられるが、それぞれのハロゲンがマントルかんらん岩中のどこに存在し、なぜ後者がより残りやすいかは現時点では不明である。

一方で伊豆弧のかんらん石には、ほぼマントル由来のハロゲンのみが含まれていることが分かった。この地域の火山岩の全岩化学組成からは、沈み込んだプレートに由来する水が重量濃度で2%ほど、部分溶融してメルトを生成したマントルに加わっていると推定されている（Kimura et al., G-cubed 2010）。この水がカムチャツカ半島やフィリピンのマントル起源かんらん岩捕獲岩に見られる、水に富む流体包有物と同じハロゲン組成を持っているとすると、伊豆弧のかんらん石にメルト包有物として捕獲されているマグマのハロゲン組成はほぼ間隙水と等しくなると予想される。しかし実際にはこの寄与が全く見られないということは、マグマ源に加わっている水がハロゲンをほとんど含んでいないことを意味している。ヨウ素に極めて富む間隙水由来のハロゲンは、海溝でプレートが沈み込み始める際に屈曲したことにより生じた断層を通じて、深海底堆積物中の間隙水がその下の海洋地殻とマントルリソスフェアに浸入し、リソスフェアのかんらん岩と反応して生成した蛇紋石の沈み込みに伴い、マントルに持ち込まれたと考えられる（Sumino et al., EPSL 2010; Kobayashi et al., EPSL 2017）。このような蛇紋石がマントル中で脱水分解するのは、火山フロント直下よりも更に深部までプレートが沈み込んだ時であると考えられる（van Keken et al., JGR 2011）。一方で火山フロント直下に水を供給しているのは、沈み込んだ深海底堆積物や海洋地殻と考えられているが、これらのハロゲン組成はそれぞれ特異的であるため、もしこれらの物質から水が供給される際にハロゲンも水とともに移動するのであれば、その影響はマグマ（かんらん石）のハロゲン組成に見えてしかるべきである。しかし実際にはその影響がほとんど見られていないことは、深海底堆積物や海洋地殻を構成する含水鉱物が脱水分解して他の鉱物になる際に、その鉱物にハロゲンが残りやすいことを示唆しているのかもしれない。すなわち深海底堆積物や海洋地殻に含まれているハロゲンは、沈み込み帯直下のマントルを越えた更に深部のマントルへと供給されている可能性がある。

### (3) 希ガス・ハロゲンと水の比

カムチャツカ半島とフィリピンのマントルかんらん岩捕獲岩から分離し、あらかじめ顕微分光分析により水の含有量を求めておいた、水に富む流体包有物を多く含むかんらん石斑晶について、レーザー加熱法を用いて一粒ごとに希ガスを抽出して同位体比分析を行った結果から、ハロゲンと水の比、あるいは希ガスとハロゲンの比を求めることを試みた。

かんらん石一粒ごとの希ガス分析では、試料表面あるいは試料を納めた容器の表面に吸着した大気起源希ガスの影響を除くことができず、アルゴン同位体比に関しては大気とほぼ等しい値しか得られなかった。一方でヘリウム同位体比は、数 g 程度の試料をまとめて破碎法により分析して得られた値とほぼ等しい値が得られ、マントル起源であることを示す同位体比をもつヘリウムが、流体包有物に濃縮していることを確かめることができた。またヘリウムの水の濃度により相関が認められたため、これにより求められたヘリウム/水比と、大気の吸着成分の影響を比較的受けない全岩を用いた分析で求められたヘリウム/アルゴン比から、アルゴン/水比を求めた。

一方中性子照射を行ったかんらん石一粒ごとの分析により得られた塩素濃度は、水の濃度と相関せず、海水に近い塩濃度から、50%を超える高い塩濃度を含む水が様々に含まれていることが示唆された。

これらの塩素/水比あるいはアルゴン/水比は、マイクロサーモメトリーによって流体包有物ごとに求められた塩濃度(2-8%)よりも高く、全岩のハロゲン分析によって求められたアルゴン/塩素比とマイクロサーモメトリーで得られた塩濃度から見積もられたアルゴン/水比よりも高かった。このことは塩素とアルゴンについて、水の富む流体包有物とは異なる捕獲サイトがかんらん石中に存在することを示唆している。現状ではかんらん石斑晶一粒に含まれる全ての水とハロゲン・希ガスをまとめて分析しているが、今後は斑晶中の流体包有物一粒ごとに水・ハロゲン・希ガスを分析し、これらの揮発性成分の捕獲サイトを特定しつつ量比を明らかにしていくことが重要であるが、そのためには本研究で用いた世界最新鋭の質量分析計をさらに超える高感度検出が可能な装置と、分析システムの低バックグラウンド化が必要であり、超えるべき技術的ハードルは高い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nishiyama Naoki, Sumino Hirochika, Ujiie Kohtarō	4. 巻 538
2. 論文標題 Fluid overpressure in subduction plate boundary caused by mantle-derived fluids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	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.epsl.2020.116199	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 Burgess R., Goldsmith S.L., Sumino H., Gilmour J.D., Marty B., Pujol M., Konhauser K.O.	4. 巻 -
2. 論文標題 Archean to Paleoproterozoic seawater halogen ratios recorded by fluid inclusions in chert and hydrothermal quartz	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Mineralogist	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) 10.2138/am-2020-7238	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 Bernardi M.I., Bertotto G.W., Ponce A.D., Orihashi Y., Sumino H.	4. 巻 46
2. 論文標題 Volcanology and inflation of an extensive basaltic lava flow in the Payenia Volcanic Province, extra-Andean back arc of Argentina	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Andean Geology	6. 最初と最後の頁 279-299
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 該当する
1. 著者名 Hirano Naoto, Machida Shiki, Sumino Hirochika, Shimizu Kenji, Tamura Akihiro, Morishita Taisei, Iwano Hideki, Sakata Shuhei, Ishii Teruaki, Arai Shoji, Yoneda Shigekazu, Danhara Tohru, Hirata Takafumi	4. 巻 154
2. 論文標題 Petit-spot volcanoes on the oldest portion of the Pacific plate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers	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.dsr.2019.103142	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 Bernardi Mauro Ignacio, Bertotto Gustavo Walter, Orihashi Yuji, Sumino Hirochika, Ponce Alexis Daniel	4. 巻 46
2. 論文標題 Volcanology and geochronology of very long Neogene-Quaternary basaltic flows from southeast Payenia, central-west Argentina	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Andean Geology	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) 10.5027/andgeoV46n3-3181	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 Kobayashi Masahiro, Sumino Hirochika, Burgess Ray, Nakai Shun'ichi, Iizuka Tsuyoshi, Nagao Jun, Kagi Hiroyuki, Nakamura Michihiko, Takahashi Eiichi, Kogiso Tetsu, Ballentine Chris J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Halogen Heterogeneity in the Lithosphere and Evolution of Mantle Halogen Abundances Inferred From Intraplate Mantle Xenoliths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 952 ~ 973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GC007903	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 Broadley Michael W., Sumino Hirochika, Graham David W., Burgess Ray, Ballentine Chris J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Recycled Components in Mantle Plumes Deduced From Variations in Halogens (Cl, Br, and I), Trace Elements, and 3He/4He Along the Hawaiian-Emperor Seamount Chain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 277 ~ 294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GC007959	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 Broadley M.W., Kagi H., Burgess R., Zedgenizov D., Mikhail S., Almayrac M., Ragozin A., Pomazansky B., Sumino H.	4. 巻 8
2. 論文標題 Plume-lithosphere interaction, and the formation of fibrous diamonds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Perspectives Letters	6. 最初と最後の頁 26 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7185/geochemlet.1825	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 角野浩史, 小林真大	4. 巻 40
2. 論文標題 沈み込み帯の火山岩中かんらん石斑晶とマントルかんらん岩のハロゲン・希ガスからみた水の沈み込み過程	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊 地球	6. 最初と最後の頁 260 ~ 271
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 Kobayashi Masahiro, Sumino Hirochika, Nagao Keisuke, Ishimaru Satoko, Arai Shoji, Yoshikawa Masako, Kawamoto Tatsuhiko, Kumagai Yoshitaka, Kobayashi Tetsuo, Burgess Ray, Ballentine Chris J.	4. 巻 457
2. 論文標題 Slab-derived halogens and noble gases illuminate closed system processes controlling volatile element transport into the mantle wedge	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 106 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2016.10.012	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

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Sumino H., Kobayashi M., Saito T. and Nagao K.
2. 発表標題 Determination of halogens in some standard materials using the neutron irradiation noble gas mass spectrometric technique
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sumino H., Kobayashi M., Burgess R. and Ballentine C.
2. 発表標題 Halogen heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sumino H., Alvarez-valero A.M., Okumura S., Nunez-guerrero E. and Geyer A.
2. 発表標題 Noble gases in olivine melt inclusions reveal degassing state of magmas in Deception Island (Antarctica)
3. 学会等名 29th Annual V.M. Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sumino H., Burgess R., Jalowitzki T., Kobayashi M. and Conceicao R.
2. 発表標題 Halogens in subcontinental lithospheric mantle beneath Southern Patagonia
3. 学会等名 28th Annual V.M. Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sumino H., Tago S., Kagi H. and Zedgenizov D.A.
2. 発表標題 Noble gas evidence for the common origin of diamonds and their host kimberlite from Udachnaya-east pipe kimberlite, Siberia
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 角野浩史
2. 発表標題 極微量希ガス質量分析法による地球内部揮発性物質循環の研究
3. 学会等名 第65回質量分析総合討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kobayashi M., Sumino H., Nagao K., Ishimaru S., Arai S., Yoshikawa M., Kawamoto T., Kumagai Y., Kobayashi T., Burgess R. and Ballentine C.
2. 発表標題 Volatile element transport within a closed system constrained by halogens and noble gases in mantle wedge peridotites
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sumino H., Burgess R., Kouketsu Y., Mizukami T., Kobayashi M., Endo S., Yoshida K., Hirajima T., Wallis S., and Ballentine C.
2. 発表標題 Water subduction processes constrained by halogens and noble gases in the Sanbagawa metamorphic rocks
3. 学会等名 27th Annual V.M. Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 角野浩史, Wallis S.R., 瀨藤佑衣, 遠藤俊祐, 水上知行, 吉田健太, 小林真大, 平島崇男, Burgess R., Ballentine C.J.
2. 発表標題 四国・三波川変成岩中のハロゲンと希ガスから制約される水の沈み込み過程
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 角野浩史, 小林真大, Burgess R., Ballentine C.J.
2. 発表標題 沈み込み帯の火山岩中かんらん石斑晶およびマントルかんらん岩のハロゲン・希ガス組成から制約する水の沈み込み過程
3. 学会等名 日本火山学会2017年度秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 角野浩史, 小林真大, Burgess R.
2. 発表標題 希ガス質量分析の応用による極微量ハロゲン分析
3. 学会等名 日本質量分析学会同位体比部会
4. 発表年 2017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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	バージェス レイ  (Burgess Ray)	マンチェスター大学・地球環境科学科・教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	バレンタイン クリス  (Ballentine Chris)	オックスフォード大学・地球惑星科学科・教授	