

令和 6 年 5 月 10 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03700

研究課題名（和文）高性能水素吸蔵合金を用いた質量分析装置内の水素除去に関する研究

研究課題名（英文）Hydrogen Removal in Mass Spectrometers Using Hydrogen Storage Alloys

研究代表者

柴田 智郎（Shibata, Tomo）

福岡大学・理学部・教授

研究者番号：80446369

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：深部流体起源を含んだ火山ガスや地下水などの試料中のヘリウムは、実験室の超高真空精製ラインと同位体質量分析計を組み合わせた装置を用いて測定しているが、火山ガスや温泉噴気の試料には水素が少なからず付随しており、ヘリウム同位体比の分析に影響を及ぼす。本研究では、分析中の残留水素濃度を下げるために、水素吸蔵合金を用いて水素を除去することを可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で使用した水素吸蔵合金は、従来から用いているもの（約600℃）に比べ、比較的低温（100℃から200℃）から室温で水素を吸蔵することから、取り扱いが容易で、実験室での分析やオンサイトでの観測など多くの人に役立つことが期待される。温泉水や火山ガスなど多くの水を含んだ試料の分析において、分析装置内の水素分圧の低減が期待できる。

研究成果の概要（英文）：To analyze helium in the samples such as volcanic gases and groundwater containing deep fluid origins, we combine a vacuum purification line with an isotopic mass spectrometer for laboratory measurements. However, the samples from volcanic gases and hot spring fumaroles contain water, and the water is partially converted to molecular hydrogen in the vacuum line, which affects the analysis of helium isotope ratios. In this study, some hydrogen storage alloys could reduce the partial hydrogen pressure during the analysis.

研究分野：地球化学

キーワード：水素吸蔵合金 水素 ヘリウム 地下水 火山ガス

1. 研究開始当初の背景

日本列島はプレートの収束域に位置し、海洋リソスフェアの沈み込みに伴う爆発的火山噴火や巨大地震が多数発生している。過去 10 年に限っても火山では御嶽山や箱根、阿蘇山が噴火し、地震では東北地方太平洋沖地震や熊本地震、大阪北部地震、胆振東部地震が発生し、多数の被災者と複数の死傷者が出ている。歴史文書に記載されているように火山噴火や地震発生に伴い地下水や温泉水が変化することは知られており、これまでも地球物理学のおよび地球化学的な手法を用いて精力的な研究が行われ、成果をあげてきた。

近年になり、火山噴火の駆動源であるマグマ上昇はマントルからの深部流体フラックスの増大に起因していることや、地震発生を促進する断層面のまさつ強度の低下は深部流体が断層面に流入することによる間隙水圧の増加であることが報告され、マントル起源の深部流体が火山噴火や地震発生に関係していることが考えられるようになった。

これまで地球内部の低速度、もしくは低比抵抗領域を探索し、火山直下やプレート境界、断層周辺に地殻流体が局在的に賦存していることを明らかにしてきたが、その起源が何かの判別が困難であった。一方、地球化学的な手法は火山ガスや温泉水中を直接採取し、溶存しているヘリウムや窒素、二酸化炭素などの化学組成・同位体組成を測定することでその起源を知ることができる。特に、ヘリウム同位体比は深部流体の挙動を明らかにできる数少ない直接的な情報を提示し、これまでも火山噴火や地震発生に伴い地下水・温泉水中のヘリウム同位体比に顕著な変化が観測されている。

深部流体起源を含んだ火山ガスや地下水などの試料中のヘリウムは、実験室の超高真空精製ラインと同位体質量分析計を組み合わせた装置を用いて測定しているが、火山ガスや温泉噴気の試料には水分や水素が少なからず付随しており、測定する際に試料を真空中に導入すると装置内の水素分圧が高くなる。水素分圧が高いと質量数 3 のヘリウムに影響を及ぼし、ヘリウム同位体比の分析精度が悪くなる。また、四重極質量分析計での測定では、質量数 4 のヘリウムに分子量 3 の水素分子のピークの一部が重なり、シグナル/ノイズ比が低下する。また、真空中の水素は物理的、化学的な性質から超高真空用ポンプを用いても排気するのが困難であるため、測定終了後に適切な管理が必要となり分析できる試料数が限られる。さらに水素は二酸化炭素、窒素などの測定にも影響を与えるため、装置内に残留している水素分子を取り除く必要がある。

本研究では、近年水素吸着性能が高くなっている水素吸蔵合金に用いて装置内に残留している水素を除去できる手法を確立することである。特に、現地での火山ガス、地下水の溶存ガスのオンサイトでの連続観測に普及させるためには、簡易かつ迅速な手法とすることである。

2. 研究の目的

マントル起源流体に鋭敏なヘリウムには質量数 3 と 4 の同位体がある。質量数 4 のヘリウムは主にウランやトリウムの変遷で生じる粒子起源であるため、自然界においてヘリウム 3 と 4 の ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比は大きく変動する。大気中のヘリウム同位体比は (約 1.4×10^{-6}) で、その値を $1R_A$ とすると、上部マントル物質では約 $8R_A$ 、下部マントル物質では $35R_A$ 以上、大陸地殻物質では $0.02R_A$ 以下である。また質量数 3 のヘリウム存在量は、大気では質量数 4 のヘリウムの約 71 万分の 1、大陸地殻物質では約 3570 万分の 1 と極端に少ない。このような同位体比を正確に測定するためには、採取した試料を精製し、ヘリウムのみに分離してから測定する必要がある。

ヘリウム同位体比は、超高真空精製ラインと同位体磁場型質量分析計を組み合わせた質量分析装置を用いて測定する。しかし、火山ガスや温泉噴気ガスのように水素が多量に含まれている試料では、質量数 3 のヘリウムの質量電荷比に影響を及ぼすため、シグナル/ノイズ比が低くなる。

本研究の目的は、このような測定上の問題点を解決するために、最近、水素エネルギーや燃料電池の分野において急速に研究・開発が進んでいる水素吸蔵合金を用いて、質量分析装置内の水素を除去することを目的とした。これらの水素吸蔵合金は、通常、水素分圧が高い状態で用いられているが、真空装置内で吸着性能を得られるか検証する。

本研究で使用した水素吸蔵合金は、(1) 400~700 以下で水素を吸着するジルコニウム-バナジウム-鉄の合金 (Zr-V-Fe Alloy)、(2) 常温で吸着するランタン-ニッケル-アルミニウムの合金



図 1 3 種類の水素吸蔵合金 . 左から (1) Zr-V-Fe Alloy、(2) La-Ni-Al Alloy、(3) Ti Sheet である。

(La-Ni-Al Alloy)、(3) 現行の分析で使用しているチタンシート (Ti Sheet) の3種類である (図1)。

3. 研究の方法

既存の四重極質量分析システムに新しく真空ラインを作成し (図2左) 3種類の水素吸蔵合金はステンレス箔に包み、真空配管に入れ、真空ラインに接続した (図2右)。

接続後、合金を加温・冷却を繰り返し、水素吸着性を活性化させた。その後、真空中で水素吸蔵合金のガス吸着・放出量が定常状態になるまで、加温・冷却を繰り返した。なお、合金の種類によるが平衡状態になるまで、1週間から1ヶ月ほど必要であった。

水素吸蔵合金は温度を上げるとガスを放出、温度を下げるとガスを吸着する。将来的にオンサイトでの連続観測に応用するため、加温温度を90~200前後とした。加温後、室温 (約30) まで冷却して水素吸着率を求めた。その際の温度変化と図3に示す。なお、200まで加温した際のデータは欠測したため、図3に示していない。また、(1)Zr-V-Fe Alloyと(3)Ti Sheetは自然冷却を、(2)La-Ni-Al Alloyは水冷による強制冷却をしてガス吸着を調べた。自然冷却では約1時間 (3600秒) で室温に、強制冷却では数分 (200秒) で室温に下がった。

吸着試験は、真空ポンプで排気しながら加温し、ガス放出が安定し、平衡状態になることを確認し、排気を停止し、冷却した。1つの合金に対し、3回実験を行った。その間の真空ライン中の水素分子、窒素分子の分圧の時間変化を求めた。

4. 研究成果

(1)Zr-V-Fe Alloy の試験

井上ほか (1983) によれば、本合金は500で活性化されることが知られている。本実験では約100~200まで加温し、ガス放出が安定した後の変化を調べた (図4)。その結果、加温温度が100程度であると吸着が認められず、時間とともに放出するため、真空ライン中の水素分圧の上昇が認められるが、140~200まで加温してから冷却すると水素分圧が低下することが明らかになった。

一方、窒素分子の分圧の変化はほとんどないことが明らかになった。

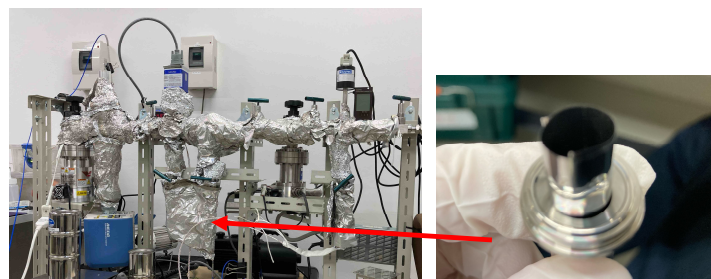


図2 作成した真空 (左) と水素吸蔵合金を入れた容器 (右)。

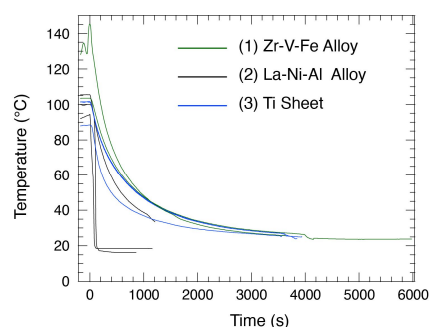


図3 吸着試験の温度変化。

(2)La-Ni-Al Alloy の試験

合金製造メーカーの報告によれば (日本重化学工業 (株))、活性化温度は30で低いことから、加温後、水冷による強制冷却を行った (図3および図5)。

排気停止し、急激に温度低下すると、真空ライン中の水素分圧は低下するが、その後上昇することがわかった。このことは、一度吸着したものが室温で再び、真空中に放出

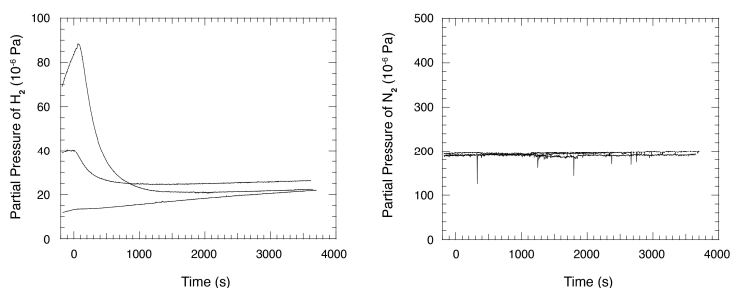


図4 Zr-V-Fe Alloy の吸着試験結果 (左: 水素分圧、右: 窒素分圧)

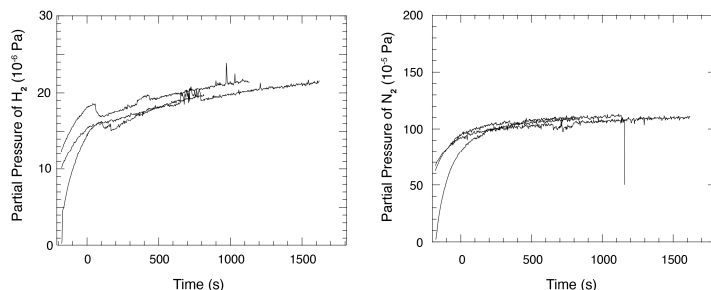


図5 La-Ni-Al Alloy の吸着試験結果 (左: 水素分圧、右: 窒素分圧)

されたものと思われる。

一方、窒素分圧は真空ポンプでの排気停止後、急激に上昇し、10分後には 10^{-3} Pa で安定した。

(3)Ti Sheet の試験

排気停止後、水素分圧は1時間弱でも徐々に上昇していることから、吸着していた水素分子が放出しているかと思われる。

一方、窒素分圧は低下し、10分で安定した。

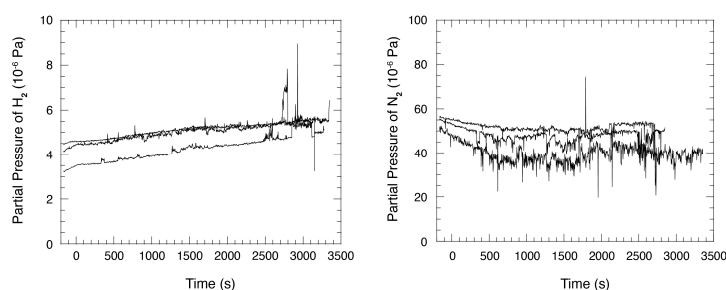


図 6 Ti Sheet の吸着試験結果(左：水素分圧、右：窒素分圧)

本研究において Zr-V-Fe Alloy は 150 以上に加熱後に冷却すると十分水素を吸着することがわかった。一方、La-Ni-Al Alloy は吸着するものの、冷却温度を室温以下にする必要がある。現行で使用している Ti Sheet は窒素分圧を下げるのには役立っているが、水素分圧を下げることはできないことがわかった。

以上のことから、研究・開発が進展している水素吸蔵合金は真空中でも、吸着特性があり、それぞれの吸着特性を活かすことで、質量分析装置内に残留している水素を減らすことができ、オンサイトでの連続観測に普及させることに役立つと思われる。

引用文献

井上直哉・市村憲司・渡辺国昭・竹内豊三郎(1983) Zr-V-Fe ゲッターの活性化過程および水素同位体の吸蔵-脱離きこうと同位体効果. 富山大学トリチウム科学センター研究報告, 3, 33-44.

日本重化学工業(株)水素吸蔵合金ハンドブック. [URL:<https://www.jmc.co.jp/pdf/service/battery-material/hydrogen-storage-alloy/hydrogen-storage-alloy.pdf>]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Teresa Nakajima Ma, Takahata Naoto, Obata Hajime, Kagoshima Takanori, Sano Yuji	4. 巻 58
2. 論文標題 An easier approach for helium isotope flux estimation in a submerged caldera	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 46 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.GJ24004	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 Hong Jungpyo, Kim Heejun, Lee Wonhee, Yu Jeongyeon, Fischer Tobias P., Takahata Naoto, Sano Yuji, Lee Hyunwoo	4. 巻 231
2. 論文標題 Fault-related basins as carbon reservoirs: Soil CO2 emissions in the SE Korean Peninsula	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 CATENA	6. 最初と最後の頁 107300 ~ 107300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.catena.2023.107300	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 G.T. Snyder, A. Yatsuk, N. Takahata, R. Shakirov, H. Tomaru, K. Tanaka, A. Obzhirov, A. Salomatin, S. Aoki, E. Khazanova, E. Maryina, Y. Sano, R. Matsumoto	4. 巻 10
2. 論文標題 Ocean dynamics and methane plume activity in Tatar Strait, far eastern federal district, Russia as revealed by seawater chemistry, hydroacoustics, and noble gas isotopes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 3389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2022.825679	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 M. Zhang, W. Liu, L. Guan, N. Takahata, Y. Sano, Y. Li, X. Zhou, Z. Chen, C. Cao, L. Zhang, Y.-C. Lang, C.-Q. Liu, S. Xu	4. 巻 49
2. 論文標題 First estimates of hydrothermal helium fluxes in continental collision settings: Insights from the Southeast Tibetan Plateau margin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2022GL098228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098228	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 柴田智郎, 高橋 良, 秋田藤夫	4. 巻 131
2. 論文標題 北海道有珠山の火山活動と洞爺湖温泉の水位・温度・化学組成の変動	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地学雑誌	6. 最初と最後の頁 585-595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5026/jgeography.131.585	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 Y. Sano, T. Kagoshima, M. Zhang, N. Takahata, T. Onoue, T. Shibata, Y. Nishio, A.-T. Chen, H. Lee, T.P. Fischer, D. Zhao	4. 巻 4
2. 論文標題 Older magma at Aso caldera than at Unzen stratovolcano in south west Japan as recorded through helium isotopes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-022-00649-6	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 S. Giroud, Y. Tomonaga, M.S. Brennwald, N. Takahata, T. Shibata, Y. Sano, R. Kipfer	4. 巻 4
2. 論文標題 New experimental approaches enabling the continuous monitoring of gas species in hydrothermal fluids	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Water	6. 最初と最後の頁 1032094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frwa.2022.1032094	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 M. Nakajima-Escobar, N. Takahata, K. Shirai, T. Kagoshima, K. Tanaka, H. Obata, Y. Sano	4. 巻 317
2. 論文標題 Monitoring the magmatic activity and volatile fluxes of an actively degassing submarine caldera in southern Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 106-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2021.10.023	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 S. Xu, L. Guan, M. Zhang, J. Zhong, W. Liu, X. Xie, C. Liu, N. Takahata, Y. Sano	4. 巻 65
2. 論文標題 Degassing of deep-sourced CO ₂ from Xianshuihe-Anninghe fault zones in the eastern Tibetan Plateaus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science China Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 139-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11430-021-9810-x	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 梁熙俊、柴田智郎	4. 巻 63
2. 論文標題 別府扇状地南部域における不圧地下水位の長期変動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地下水学会誌	6. 最初と最後の頁 151 - 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5917/jagh.63.151	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 Park Jin-Oh, Takahata Naoto, Jamali Hondori Ehsan, Yamaguchi Asuka, Kagoshima Takanori, Tsuru Tetsuro, Fujie Gou, Sun Yue, Ashi Juichiro, Yamano Makoto, Sano Yuji	4. 巻 11
2. 論文標題 Mantle-derived helium released through the Japan trench bend-faults	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-91523-6	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 M. Escobar, N. Takahata, H. Obata and Y. Sano	4. 巻 77
2. 論文標題 Observation of the deep Indonesian throughflow using helium isotopes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 93-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-020-00560-8	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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 H. Lee, M.J. Lee, T.P. Fischer, J. Park, N. Takahata, Y. Sano
2. 発表標題 Geochemistry of diffuse gas emissions in Mount Melbourne, Antarctica
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Nakajima, N. Takahata, H. Obata, T. Kagoshima, Y. Sano
2. 発表標題 Seasonal overturn and volcanic emissions in Wakamiko submerged caldera
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Sano, T. Kagoshima, M. Zhang, N. Takahata
2. 発表標題 Gas geochemistry of caldera and stratovolcano in Japan
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 N. Takita, T. Shibata, K. Sawayama
2. 発表標題 Relationship between permeability and resistivity change to shear displacement and vertical stress in fractured rock
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 服部匠哉、柴田智郎
2. 発表標題 地震波に起因する地下水中二酸化炭素気泡の成長と水位変化
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 G. Snyder, N. Takahata, S.A. Bowden, N. Zhang, R.B. Shakirov, H. Tomaru, F. Shiraishi, Y. Sano, R. Matsumoto
2. 発表標題 Hydrocarbon seep dynamics revealed by noble gas and stable isotope analysis of gas inclusions of authigenic carbonates: A comparison of samples from Tatar Strait, Russia; Joetsu Basin, Japan; and Brejo do Espinho, Brazil
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Zhang, S. Xu, Y. Sano, N. Takahata, Z. Guo, P.H. Barry, A. Caracausi
2. 発表標題 Deeply-sourced volatile emissions in the continental collision setting of the Tibetan Plateau and adjacent region
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Tomonaga, M.S. Brennwald, E. Engelhardt, S.B. Wirth, J.-O. Park, J. Ashi, N. Takahata, Y. Sano, R. Kipfer
2. 発表標題 Noble-gas geochemistry in the pore fluids of unconsolidated sediments: potential and challenges
3. 学会等名 JpGU meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高畑直人, Nakajima-Escobar Teresa, 鹿児島涉悟, 小畑元
2. 発表標題 鹿児島湾における冬季の海水入れ替わりを利用した熱水性ヘリウムフラックスの見積もり
3. 学会等名 GEOTRACES-Japanシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 服部匠哉、柴田智郎
2. 発表標題 地震波により誘発される地下水中二酸化炭素の気泡成長シミュレーション
3. 学会等名 日本地球化学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梁 熙俊、柴田智郎
2. 発表標題 別府南部地域における不圧地下水位の周期変動について
3. 学会等名 日本地下水学会2021年秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T.J. Yang, I. Chambeftort, A. Mazot, M. Rowe, C. Werner, T. Fischer, N. Takahata, J. Seastres, T. Brakenrig, N. MacDonald, L. Coup
2. 発表標題 CO2 Emissions of the Tauhara Geothermal Systems, Taupo Volcanic Zone, New Zealand
3. 学会等名 Geoscience Society of New Zealand, Annual Conference
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 満留由来、土岐知弘、鹿児島涉悟、高畑直人、佐野有司、Tomonaga Yama
2. 発表標題 種子島沖海底泥火山における表層堆積物中の希ガスの起源
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Escobar, N. Takahata, K. Shirai, T. Kagoshima, K. Tanaka, H. Obata, Y. Sano
2. 発表標題 Monitoring the magmatic activity and volatile fluxes of Wakamiko Caldera in southern Japan
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Mitsutome, T. Toki, T. Kagoshima, N. Takahata, Y. Sano, Y. Tomonaga, A. Ijiri
2. 発表標題 The roots of helium in surface sediments of submarine mud volcanoes off Tanegashima
3. 学会等名 AGU fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A.-T. Chen, Y. Sano, C.-H. Chen, N. Takahata, C.-H. Lo, T.F. Yang, T.-K. Liu, Y. Wang
2. 発表標題 Helium isotopic signature in the Ilan Plain, NE Taiwan: geochemical evidences of a magmatic source
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Kim, H. Lee, J. Hong, J.-H. Song, N. Takahata and Y. Sano
2. 発表標題 Latent magmatism in non-volcanic areas in South Korea
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Sano, T. Kagoshima, N. Takahata, K. Shirai, J.-O. Park, G.T. Snyder, T. Shibata, J. Yamamoto, Y. Nishio, A.-T. Chen, S. Xu, D. Zhao and D.L. Pinti
2. 発表標題 Groundwater anomaly related to CCS-CO injection and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake in Japan
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Kagoshima, J.-O. Park, N. Takahata, M. Yamano, Y. Sano
2. 発表標題 High $3\text{He}/4\text{He}$ ratios in pore fluids at the outer slope of the Japan Trench
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
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	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
---------	---------