

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14813

研究課題名（和文）トカラ列島を中心とする火山活動の地球化学的解析と全球物質循環・環境への影響の評価

研究課題名（英文）Geochemical analyses of volcanic activity around Takara Strait and assessment of its influence to global material cycles and environment

研究代表者

鹿児島 涉悟（Kagoshima, Takanori）

富山大学・学術研究部理学系・特命助教

研究者番号：70772284

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：地球の大気海洋は、火山活動によって地球内部から放出された揮発性物質が蓄積して形成したと考えられている。火山活動は地球表層環境を支配しており、その物質循環に関する知見は、表層環境の変遷およびこれからの進化過程を推定する上で重要である。本研究では、その規模や表層環境への影響を評価することを目的として、トカラ列島周辺の火山活動等に関する化学的な調査を実施した。2019から2020年度にかけて薩摩硫黄島の観測および試料分析、2021年度に鹿児島湾・トカラ列島周辺の海底熱水系の観測を実施するとともに、研究期間を通して他の陸上火山地域等における観測・データ収集を並行して実施し、火山活動の評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球の大気海洋は、火山活動によって地球内部から放出された揮発性物質が蓄積して形成したものと考えられている。本研究では、トカラ列島などの火山地域の調査を通じて化学観測データ等を収集することにより、地球表層環境の変遷・進化過程を解明する上で有用な火山活動の規模や物質循環を制約した。これは、地球科学・環境学などの分野に貢献する重要な学術的成果である。また、火山活動の評価に有用なデータを収集したことから、噴火災害などに対する防災的な側においても意義の高い成果である。

研究成果の概要（英文）：Volatiles in Earth's atmosphere and ocean are thought to be accumulated by volcanic activity. Since volcanic activity controls Earth's surface environment, information of geochemical cycles through volcanic activity is important to investigate its evolution. In this research, chemical observations at volcanic-hydrothermal system such as the region around Tokara Straits were conducted in order to assess their scales and influence to surface environment. In first and second years of the research duration, observations at Satsuma-Iwojima and sample analyses were conducted. In third year, observations at hydrothermal system around Kagoshima Bay-Tokara Straits were conducted. In addition, observations at other volcanic-hydrothermal system were conducted during research durations, and volcanic activity was assessed based on the obtained datasets.

研究分野：地球化学

キーワード：火山活動 物質循環 地球化学 質量分析

## 【研究成果】

### 1. 研究開始当初の背景

現在の地球大気・海洋は、火山活動によって地球内部から放出された水などの揮発性物質が蓄積して形成したと考えられている。この点で火山活動は地球表層環境を支配しており、その活動規模や物質フラックスに関する知見は重要である。沖縄トラフの海底火山活動によって膨大な量の  $\text{CO}_2$  が地球表層へと放出されていることが指摘されており、その一部であり陸上・海底火山が混在するトカラ列島の火山活動もグローバル物質循環に大きく影響している可能性があるが、規模については観測が不十分でありよく分かっていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、火山活動による物質循環の規模と大気海洋環境への影響を解明するため、マントル・マグマ成分の混合に敏感なトレーサーであるヘリウム同位体などを用いて、トカラ列島などにおける火山活動の規模や物質循環を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

3年間を通じて、トカラ列島などの火山熱水系における観測を実施した。火山熱水系において、ヘリウムの拡散を防ぐため鉛ガラス製サンプラーや銅管に流体・ガス試料を採取し、実験室に持ち帰り分析を行った。試料は、東京大学・大気海洋研究所の希ガス用質量分析計・安定同位体質量分析計などを用いて分析し、ヘリウムを含む希ガス・炭素・窒素等の揮発性元素の濃度・同位体組成を決定した。ガス試料は一部を分取、水試料からは溶存ガスを抽出して真空ラインで精製後、質量分析計に導入して同位体分析を行った。ヘリウムの同位体比を測定することにより、その起源を精密に決定し、他の元素と比較して物質循環を議論することが可能となった。また  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  比、 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  比、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  比を測定することで各元素の起源推定に活用した。このようにして得られたデータを基に、観測対象の火山熱水系における揮発性元素の起源と物質循環などを推定した。

### 4. 研究成果

2019年度はガス・水試料用のサンプラーの準備を進めるとともに、薩摩硫黄島における観測を実施して温泉水試料などを採取した。それらを精製し質量分析計を用いて測定することによって、ヘリウム・ネオンの同位体組成などを測定したところ、薩摩硫黄島の温泉水試料からマグマ起源と考えられるヘリウム同位体比異常が検出された。これは、トカラ列島周辺の火山活動・物質循環の規模を制約する上で有用なデータである。また、他の火山地域との物質循環・活動規模の比較を目的として、木曾御嶽山における観測や箱根山火山活動の解析を実施した。木曾御嶽山では薩摩硫黄島と同様に、温泉水や遊離ガスを採取し、化学組成やヘリウムなどの希ガス・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。また、箱根山の化学データを用いて噴火に関連する火山現象を解析し国際誌に報告する(図1; Kagoshima et al., 2019, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*) など、火山活動の調査・解析における有用な知見を発信した。加えて、学術研究船新青丸を用いたKS-19-13, KS-19-14次研究航海を通じて、日本海溝近傍プルススポット火山周辺における流体循環を調査した。

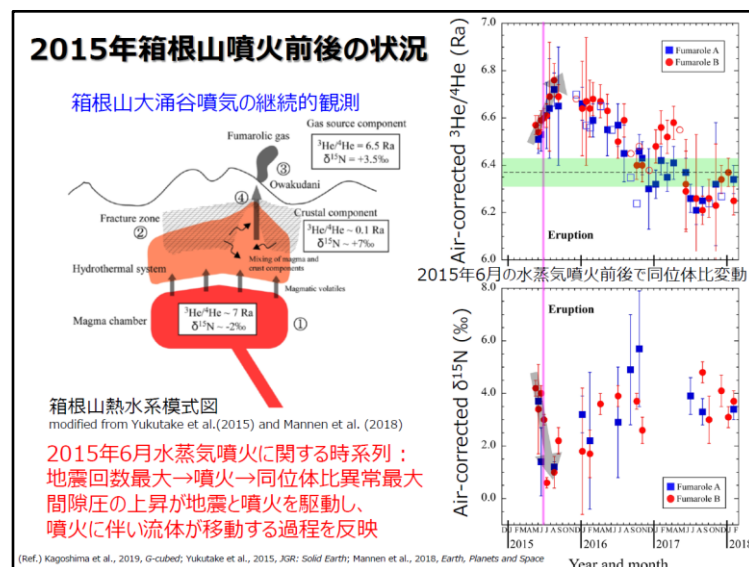


図1. 2015年の噴火前後における箱根山の活動状況 (Geochemistry, Geophysics, Geosystems誌に成果を報告) (Kagoshima et al., 2019, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*; Yukutake et al., 2015, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*; Mannen et al., 2018, *Earth, Planets and Space*)

2020年度は、2019年度に薩摩硫黄島で採取した試料の分析を継続し、炭素・窒素の同位体組成などを測定したところ、温泉水試料に含まれる炭素同位体比は、典型的な沈み込み帯における火山性流体の値を持つことが分かった。この結果は、2019年度に検出されたヘリウム同位体比異常とあわせて、薩摩硫黄島の温泉におけるマグマ・マントル起源物質の混入を示唆する。これはトカラ列島周辺地域の火山活動・物質循環の規模を解明する上で有用なデータである。また、他の火山地域との物質循環・活動規模の比較を目的として、弥陀ヶ原などにおける観測を実施した。弥陀ヶ原では遊離ガスや温泉水を採取し、化学組成やヘリウム・炭素・窒素等の同位体データを基にして火山活動の評価を行った。加えて白鳳丸 KH-20-8 次研究航海に参加し、2019年度から引き続き日本海溝近傍プチスポット火山周辺における流体循環を調査した。また、2019年度の新青丸航海で得られた当該地域のデータを基にプチスポット火山周辺の物質循環を解析して、研究成果を学会で報告した (Kagoshima et al., 2020, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 招待講演)。

2021年度においては、2022年2-3月に実施された白鳳丸 KH-22-4 次研究航海に参加し、鹿児島湾—トカラ列島周辺の海底熱水系における観測を通じて海水試料を採取した。研究期間内には間に合わなかったが、今後得られた試料の希ガス同位体等を測定し、本研究や先行研究においてこれまで得られたデータと比較することによって、鹿児島湾—トカラ列島域における火山活動の変動・規模や物質循環を制約する計画である。また、他の火山地域の物質循環・活動規模との比較を目的として、木曾御嶽山や弥陀ヶ原における観測を実施した。これらの地域で遊離ガスや温泉水を採取し、化学組成やヘリウム同位体データ等を基にして火山活動の評価を行った。加えて、2019—2020年度に参加した新青丸・白鳳丸航海で得られた、プチスポット火山周辺を含む日本海溝近傍海域のデータを基に物質循環を解析して、研究成果を国際誌や国際学会 (図 2; Kagoshima et al., 2021, Goldschmidt Conference 2021) で発表した。

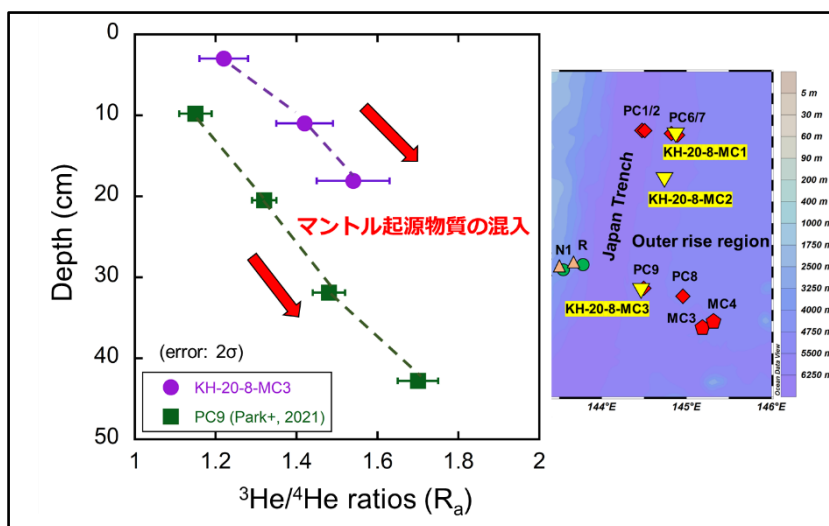


図 2. 日本海溝アウターライズ断層間隙水のヘリウム同位体比鉛直分布 (Kagoshima et al., 2021, Goldschmidt Conference 2021; Park et al., 2021, Scientific Reports): 同一観測点における 2019 年, 2020 年の傾向が同じであり、深部起源物質の継続的な寄与を示唆

本研究では、以上のようにトカラ列島等の火山地域で観測を実施し、火山活動や物質循環の解明に取り組み成果を報告した。2021 年度の鹿児島湾—トカラ列島周辺における海底熱水系観測は研究期間終了直前であったため、試料の分析は間に合わなかったが、今後分析を進めることで当該地域の火山活動規模・物質循環の解明に貢献していく。

## 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 12件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sano Yuji, Kagoshima Takanori, Takahata Naoto, Shirai Kotaro, Park Jin-Oh, Snyder Glen T., Shibata Tomo, Yamamoto Junji, Nishio Yoshiro, Chen Ai-Ti, Xu Sheng, Zhao Dapeng, Pinti Daniele L.	4. 巻 8
2. 論文標題 Groundwater Anomaly Related to CCS-CO2 Injection and the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 611010 - 611010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2020.611010	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 Mejean Pauline, Pinti Daniele L., Kagoshima Takanori, Roulleau Emilie, Demarets Laura, Poirier Andre, Takahata Naoto, Sano Yuji, Larocque Marie	4. 巻 545
2. 論文標題 Mantle helium in Southern Quebec groundwater: A possible fossil record of the New England hotspot	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116352 ~ 116352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2020.116352	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 Kim Heejun, Lee Hyunwoo, Lee Jaemin, Lee Hyun A., Woo Nam Chil, Lee Youn-Soo, Kagoshima Takanori, Takahata Naoto, Sano Yuji	4. 巻 2020
2. 論文標題 Mantle-Derived Helium Emission near the Pohang EGS Site, South Korea: Implications for Active Fault Distribution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geofluids	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2020/2359740	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 SANO Yuji, ONDA Satoki, KAGOSHIMA Takanori, MIYAJIMA Toshihiro, TAKAHATA Naoto, SHIBATA Tomo, NAKAGAWA Chika, ONOUE Tetsuji, KIM Nak Kyu, LEE Hyunwoo, KUSAKABE Minoru, PINTI Daniele L.	4. 巻 96
2. 論文標題 Groundwater oxygen anomaly related to the 2016 Kumamoto earthquake in Southwest Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Japan Academy, Series B	6. 最初と最後の頁 322 ~ 334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2183/pjab.96.024	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 Lee Hyunwoo, Kim Heejun, Kagoshima Takanori, Park Jin-Oh, Takahata Naoto, Sano Yuji	4. 巻 9
2. 論文標題 Mantle degassing along strike-slip faults in the Southeastern Korean Peninsula	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-51719-3	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 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 Escobar Ma Teresa, Takahata Naoto, Kagoshima Takanori, Shirai Kotaro, Tanaka Kentaro, Park Jin-Oh, Obata Hajime, Sano Yuji	4. 巻 3
2. 論文標題 Assessment of Helium Isotopes near the Japan Trench 5 Years after the 2011 Tohoku-Oki Earthquake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 581 ~ 587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.8b00190	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 Shibata Tomo, Takahashi Ryo, Takahashi Hiroaki, Kagoshima Takanori, Takahata Naoto, Sano Yuji, Pinti Daniele L.	4. 巻 72
2. 論文標題 Coseismic changes in groundwater level during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-020-01152-y	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 Chang, Jih-Hsin, Park, Jin-Oh, Chen, Tzu-Ting, Yamaguchi, Asuka, Tsuru, Tetsuro, Sano, Yuji, Hsu, Ho-Han, Shirai, Kotaro, Kagoshima, Takanori, Tanaka, Kentaro, Tamura, Chiori	4. 巻 -
2. 論文標題 Structural-morphological and sedimentary features of forearc slope off Miyagi, NE Japan: implications for development of forearc basins and plumbing systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geo-Marine 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) 10.1007/s00367-020-00636-w	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 Nakajima Ma, Teresa Escobar, Takahata Naoto, Shirai Kotaro, Kagoshima Takanori, Tanaka Kentaro, Obata Hajime, Sano Yuji	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 Park Jin-Oh, Tsuru Tetsuro, Fujie Gou, Jamali Hondori Ehsan, Kagoshima Takanori, Takahata Naoto, Zhao Dapeng, Sano Yuji	4. 巻 9
2. 論文標題 Seismic Reflection Images of Possible Mantle-Fluid Conduits and Basal Erosion in the 2011 Tohoku Earthquake Rupture Area	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 687382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2021.687382	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 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

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Kagoshima, T., Takahata, N., Yamano, M., Yamaguchi, A., Park, J.O. and Sano, Y.
2. 発表標題 3He/4He ratios in pore fluids and bottom seawater around the Japan Trench
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

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 Kagoshima, T., Sano, Y. and Tanaka, A.
2. 発表標題 Variation of helium isotope compositions at Lake Mashu
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 Kagoshima, T., Sano, Y. and Tanaka, A.
2. 発表標題 Variation of helium isotopic compositions around Mashu, Japan
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kagoshima, T., Sano, Y., Takahata, N., Lee, H., Lan, T. and Ohba, T.
2. 発表標題 Temporal variations of He and N isotopes related to the 2015 hydrovolcanic eruption at Hakone volcano, central Japan
3. 学会等名 DINGUE VI 2019 (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 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 Kagoshima, T., Park, J.O., Yamano, M., Sano, Y.
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 2021 (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
--	---------------------------	-----------------------	----

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