

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04580

研究課題名(和文) 熱水性石英と流体包有物から復元する太古代の海水酸素同位体比進化

研究課題名(英文) Secular change of oxygen isotopes in the Archean seawater: estimate from fluid inclusions in hydrothermal quartz deposits

研究代表者

渋谷 岳造 (SHIBUYA, Takazo)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(超先鋭研究プログラム)・主任研究員

研究者番号：00512906

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：太古代の海水の酸素同位体比を地質記録から復元するために、新生代と太古代の地質体の地質調査を行い、海洋底玄武岩の空隙を埋める熱水性石英試料の採取及び分析を行った。熱水性石英の酸素同位体比分析と石英中に存在する流体包有物の均質化温度測定を行った結果、石英を沈殿させた比較的低温の流体の酸素同位体比は、新生代と太古代ともに現在の海水の値に非常に近いことが明らかになった。したがって、海水の酸素同位体比は地球史を通じて海底熱水活動によりバッファされ、その値は現在と変わらず変動が非常に小さかったことが示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過去の海水の酸素同位体比を明らかにすることは、様々な鉱物から過去の海水温変動を定量的に推定する上で非常に重要である。本研究では、海底下の熱水性鉱物を用いて太古代の海水酸素同位体比を初めて復元することができた。本研究で用いた熱水性石英は顕生代など、より若い時代の地質体にもよく保存されており、今後本研究手法を適用することによって、より詳細な海水酸素同位体進化を推定することができるようになる。また、本研究は地球上の火成岩や変成岩に普遍的に存在する石英試料にも適用することが可能であり、様々な地質セッティングの流体の酸素同位体比を復元することで流体の起源を明らかにすることができるようになることを期待される。

研究成果の概要(英文)：To reconstruct the oxygen isotope ratio of Archean seawater, we conducted geological investigation in the Cenozoic and Archean geologic bodies and collected hydrothermal quartz precipitates in the cavities of oceanic pillow basalts. Based on the oxygen isotope analyses on the quartz samples and the measurements of homogenization temperature of fluid inclusions in the quartz samples, it was revealed that the subseafloor low-temperature fluids in the Cenozoic and Archean had oxygen isotope ratios similar to the modern seawater value. Therefore, the seawater oxygen isotope ratio has been likely buffered by seafloor hydrothermal activities to be the values close to the modern equivalent.

研究分野：地質学、地球化学

キーワード：海水 酸素同位体比 太古代 熱水系 石英 流体包有物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

古海水温は、主に炭酸塩岩やチャートといった堆積岩と海水の酸素同位体平衡に基づき復元されてきた(酸素同位体分別が大きければ温度が低く、分別が小さければ温度が高い)。しかし、そもそも「海水の酸素同位体比は地球史を通じて一定なのか?」という根本的な問題がある(例えば Webber, 1955 以来多数)。特に、炭酸塩岩は地球史を通じて普遍的に存在するため古海水温復元の研究によく用いられてきたが、炭酸塩岩の酸素同位体比は太古代から現在にかけて約 15‰ ($\delta^{18}\text{O}$ VSMOW、以下同様) から 30‰ まで上昇してきている。これを説明する主要なモデルは 2 つあり、「海水の酸素同位体比は現在まで一定 ($0 \pm 1\%$) で、時代が古いほど海水温が高かった (Muehlenbachs and Clayton, 1976; Holmden and Muehlenbachs, 1993 など)」とするモデルと、「海水温は現在まであまり変動しておらず、時代が古いほど海水の酸素同位体比が低かった (34 億年前で約 -13‰) (Veizer et al., 1986; Jaffrés et al., 2007; Kasting et al., 2006 など)」とするモデルである。このように、これらのモデルはいずれもデータを説明できるものの、解釈で完全に対立している。そして、これらの根拠はそれぞれ、「初期地球のオフィオライトの変質岩の全岩酸素同位体比の深度プロファイルは現在のものとよく似ていることから、海水酸素同位体比は現在とあまり変わらないと考えられ、海水酸素同位体比は地球史を通じて高温の海底熱水活動によりバッファされていた可能性が高い(現世の海底熱水孔から噴出する 350 °C 以上の高温熱水は約 0~1‰ であることが観測されている; Shanks, 2001 など)」というものと、「初期地球では大陸面積が小さいため海水深度が浅く、熱水は低温で沸騰してしまうため高温の熱水活動は起こらず、低い酸素同位体比の流体を発生させる低温の海底熱水活動が海水の酸素同位体比を低い値にバッファしていた可能性がある」というものである。このような議論は現在も続いており未だ決着がつかっていない。

2. 研究の目的

本申請課題では、(1) 現世及び太古代の海洋底火山岩中に形成された熱水性石英について、詳細な地質調査から保存状態の良い試料を集中的に採取すること、(2) 現世の熱水性石英の酸素同位体比と、その中に保存されている流体包有物の形成温度及びアルゴン同位体比から現世の海水酸素同位体比を復元することで本研究手法を確立すること、(3) 本研究手法を太古代の試料に適用し、太古代の海水酸素同位体比を復元すること、(4) 上記の 2 つのモデルを評価し、地質記録に基づく海水酸素同位体比進化モデルを初めて提唱すること、を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 地質調査・試料採取

米国・グアム島(新生代)及び西オーストラリア・ピルバラ地塊の複数の地質体において地質調査を行い本研究に適している地質体を選定し、選定された地質体においてさらに詳細な地質調査に基づいて保存状態の良い熱水性試料を採取した。

(2) 岩石学的記載

熱水性石英試料の両面研磨薄片を作成し、石英の組織、副鉱物の産状を記載した。また、流体包有物の産状により、採取された試料の中でも特に本研究に適した試料を選定した。

(3) 流体包有物の氷点・均質化温度測定

冷却加熱ステージを装着した顕微鏡を用いて初生的流体包有物を中心に均質化温度と氷点温度測定を行い、熱水性石英の形成温度と流体包有物の塩濃度を推定した。

(4) SIMS 酸素・ケイ素同位体比分析

流体包有物の均質化温度を測定した熱水性石英資料について、二次イオン質量分析計 (SIMS: Cameca IMS 1280-HR) を用いた局所分析を行い、シリカの酸素・ケイ素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ 及び $\delta^{30}\text{Si}$) を測定した。

4. 研究成果

(1) 地質調査

米国・グアム島(新生代)及び西オーストラリア・ピルバラ地塊のピースリーリバー地域(26 億年前)、マーブルバー地域(35 億年前)に露出する海底玄武岩を中心とした地質体において詳細な地質調査を行い、玄武岩層に産出する熱水性石英の分布と産状を記載した(図 1、2)。保存状態の良い試料を各地域それぞれ 35 個、106 個、129 個採取した。

(2) 岩石学的記載

本研究により採取された試料に加え、これまでに採取されていた南アフリカ・オンゲレック累層(24 億年



図 1. 米国・グアム島ウマタック村沿岸部に露出する枕状溶岩の空隙を埋める熱水性石英(写真右上位)。

前)の熱水性石英試料についても記載を行い、本研究に適した地質体を選定した。その結果、米国・グアム島、南アフリカ・オンゲレック累層、西オーストラリア・マーブルバー地域の熱水性石英試料が本研究に適していることがわかった。

(3) 流体包有物の氷点・均質化温度測定

地質調査と岩石学的記載により選定した地質体の熱水性石英試料について均質化温度測定を行った結果、米国・グアム島の試料については、初生的流体包有物が室温ですでに1相であることがわかった(二次的流体包有物の均質化温度は117–420 °Cであった)。このことは熱水性石英が海底熱水系の100 °C以下の温度領域で沈殿したことを示している。また、南アフリカ・オンゲレック累層の試料中の初生的流体包有物の均質化温度は66–174 °C (n=35)であり、西オーストラリア・マーブルバー地域の試料中の初生的流体包有物の均質化温度は93–284 °C (n=35)であった。



図2. 西オーストラリア・マーブルバー地域に露出する枕状溶岩上部の空隙を埋める熱水性石英(写真左上位)。

(4) SIMS 酸素・ケイ素同位体比分析

① 米国・グアム島の熱水性石英

グアム島の試料のSIMS分析の結果、試料の酸素同位体比は23.5–33.8 ‰ (n=183)の値を示した。また、酸素同位体比はシリカまたは石英の粒度にも依存し、シリカ、細粒石英、粗粒石英の酸素同位体比の平均値はそれぞれ32.6 ‰、28.8 ‰、27.7 ‰であった。一方、均質化温度は二次的包有物のみからしか得られなかったため、均質化温度から流体の酸素同位体比を推定することはできなかった。しかし、初生的流体包有物が室温で1相からなる場合の流体捕獲温度は概ね100 °C以下であること、いくつかの試料では、シリカまたは石英の粒度が大きくなるにつれて酸素同位体比が下がる傾向を示すことを考慮すると(図3)、熱水性石英は数十度程度で沈殿したと考えられる。仮に、現世の海洋地殻中の間隙水の酸素同位体比の値(-8.1–0.8 ‰; Lawrence and Gieskes, 1981)の値を用いてシリカ、細粒石英、粗粒石英の酸素同位体比の平均値から形成温度を推定すると、それぞれ6–39 °C、16–54 °C、20–60 °Cとなった。また、粗粒な石英の最も低い酸素同位体比(23.5 ‰)を用いて計算しても37–87 °Cという値を示した。このことから、流体の酸素同位体比を現世の海底下の間隙水の値の範囲で考慮しても、熱水性石英の形成温度が100 °C以下であることと調和的であった。つまり、熱水性石英は海水を起源とする海底下の流体から沈殿したと考えても矛盾は生じないことがわかった。一方、上記後者のモデルの34億年前の海水酸素同位体比(-13 ‰; Jaffrés et al., 2007)を仮定すると、最も高い酸素同位体比(33.8 ‰)を持つシリカは-11 °Cで沈殿したことになり、仮定した流体の酸素同位体比が不適切であることが明白である。このようなことから、初期地球の試料であれば上記2つモデルのどちらが正しいかを判断することができることがわかり、本研究手法の妥当性が示された。

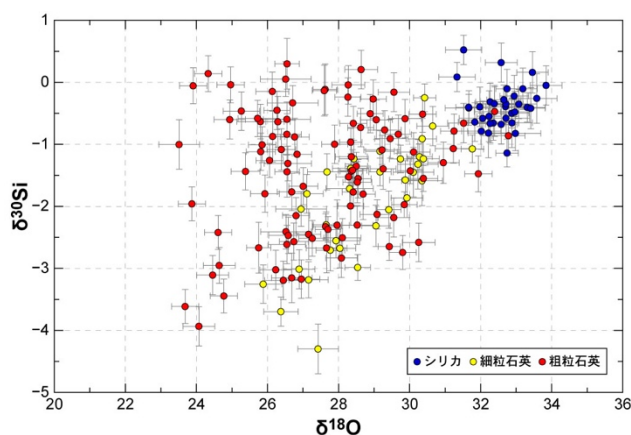


図3. 米国・グアム島に露出する熱水性石英の酸素・ケイ素同位体比。

② 南アフリカ・オンゲレック累層の熱水性石英

オンゲレック累層の熱水性石英試料の酸素同位体比は14.7–22.2 ‰の値を示し、平均値は18.6 ‰ (n=133)であった。流体包有物の均質化温度測定を行うことができた粗粒石英の酸素同位体比は平均18.4 ‰ (n=74)であり、均質化温度は平均113 °C (n=35)であった。この値を用いて流体の酸素同位体比を計算すると、その値は約-1.0 ‰となった。流体包有物の均質化温度は+1 ‰前後(0.3–2.1 ‰)の酸素同位体比を持つ高温熱水(> 250 °C;

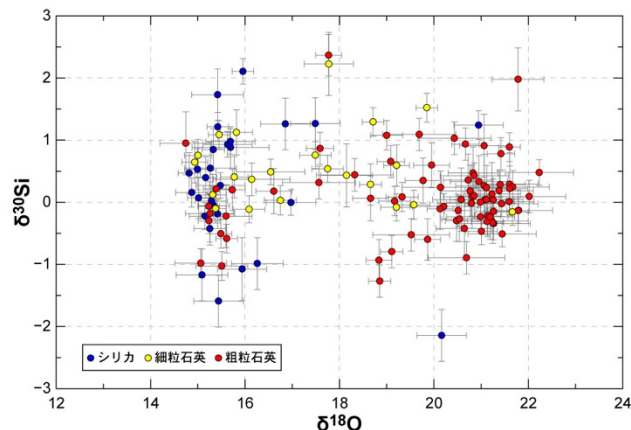


図4. 南アフリカ・オンゲレック累層に露出する熱水性石英の酸素・ケイ素同位体比。

Shanks, 2001) に比べ優位に低く、この流体の酸素同位体比は間隙水の値に近い値を反映していると考えられる。しかし、間隙水は粘土鉱物との反応により海水の酸素同位体比前後もしくはそれよりも低い値を持つことを考えると、海水の酸素同位体比はこの推定値と同程度かそれよりも高いと考えられる。このことは、24 億年前という全球凍結時においても海水の酸素同位体比は高温の海底熱水活動により 0 ‰前後にバッファされていたことを示唆している。

③西オーストラリア・マーブルバー地域の熱水性石英

マーブルバー地域の試料の酸素同位体比は 12.8–20.3 ‰の値を示し、平均値は 16.1 ‰ (n=78) であった。流体包有物の均質化温度は、93–284 °C であり、その平均値は 137 °C (n=35) であった。この値を用いて流体の酸素同位体比を計算すると、-0.8 ‰となる。このことは、オンゲレック累層の場合と同様に、35 億年前の海水の酸素同位体比が 0 ‰前後であったことを示唆している。一方で、上記後者のモデルの 34 億年前の海水酸素同位体比 (-13 ‰; Jaffrés et al., 2007) を仮定すると、石英の平均形成温度は 49 °C と計算された。この温度は、流体包有物の最低均質化温度よりもはるかに低い温度であり、取得したデータとの矛盾が生じることが明らかになった。

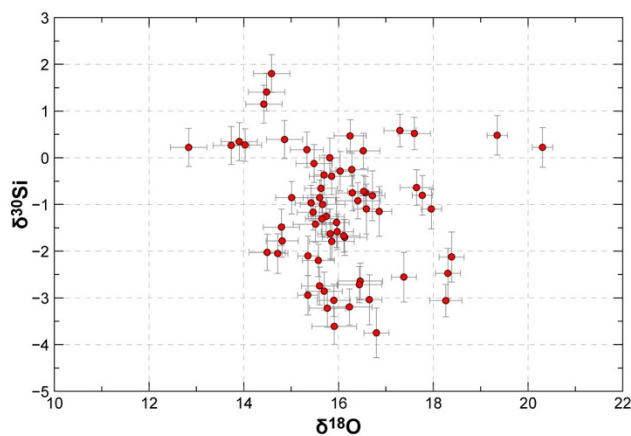


図 5. 西オーストラリア・マーブルバー地域に露出する熱水性石英の酸素・ケイ素同位体比。

(5) 地球史を通じた海水酸素同位体比

本研究において、SIMS により測定した熱水性石英の酸素同位体比及び流体包有物の均質化温度から流体の酸素同位体比を推定した結果、24 億年前と 35 億年前の海底下の流体はいずれも 0 ‰前後であることが明らかになった。このことは、地球史を通じて海水の酸素同位体比が高温の熱水活動によって 0 ‰前後にバッファされていたとする上記前者のモデルを強く示唆する。

(6) まとめと今後の展望

本研究によって、熱水性石英の酸素同位体比と流体包有物の均質化温度から海底下の流体の酸素同位体比を推定することができることがわかり、本研究手法が有効であることが明らかになった。一方で、米国・グアム島の試料など、熱水性石英の形成温度の推定には流体包有物の均質化温度測定だけでは困難な試料も少なからず存在することがわかった。将来的には、2 種類以上鉱物を利用した酸素同位体温度計や炭酸塩鉱物のクランプトアイソトープ温度計など、他の手法も適用することで海水酸素同位体比をより正確に推定することで、この問題も解決できると期待される。

<引用文献>

- ① Holmden, C., Muehlenbachs, K., 1993. The $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratio of 2-billion-year-old seawater inferred from ancient oceanic crust. *Science* 259, 1733–1736.
- ② Jaffrés, J.B.D., Shields, G.A., Wallmann, K., 2007. The oxygen isotope evolution of seawater: A critical review of a long-standing controversy and an improved geological water cycle model for the past 3.4 billion years. *Earth-Science Reviews* 83, 83–122.
- ③ Kasting, J.F., Howard, M.T., Wallmann, K., Veizer, J., Shields, G., Jaffrés, J., 2006. Paleoclimates, ocean depth, and the oxygen isotopic composition of seawater. *Earth and Planetary Science Letters* 252, 82–93.
- ④ Lawrence, J.R., Gieskes, J.M., 1981. Constraints on water transport and alteration in the oceanic crust from the isotopic composition of pore water. *Journal of Geophysical Research* 86, 7924–7934.
- ⑤ Muehlenbachs, K., Clayton, R.N., 1976. Oxygen isotope composition of the oceanic crust and its bearing on seawater. *Journal of Geophysical Research* 81, 4365–4369.
- ⑥ Shanks, W.C., III, 2001. Stable isotopes in seafloor hydrothermal systems: vent fluids, hydrothermal deposits, hydrothermal alteration, and microbial processes. In: J.W. Valley and D.R. Cole (Eds.), *Stable Isotope Geochemistry, Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. Mineralogical Society of America, Washington, D. C., pp. 469–525.
- ⑦ Veizer, J., Fritz, P., Jones, B., 1986. Geochemistry of brachiopods: oxygen and carbon isotopic records of Paleozoic oceans. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50, 1679–1696.
- ⑧ Weber, J.N., 1955. The $\text{O}18/\text{O}16$ ratio in ancient oceans. *Geokhimiya* 6, 674–680.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 White Lauren M., Shibuya Takazo, Vance Steven D., Christensen Lance E., Bhartia Rohit, Kidd Richard, Hoffmann Adam, Stucky Galen D., Kanik Isik, Russell Michael J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Simulating Serpentinization as It Could Apply to the Emergence of Life Using the JPL Hydrothermal Reactor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 307 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2018.1949	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 Taubner, R.-S., Olsson-Francis, K., Vance, S., Ramkissoon, N.K., Postberg, F., de Vera, J.-P., Antunes, A., Camprubi Casas, E., Sekine, Y., Noack, L., Barge, L., Goodman, J., Jebbar, M., Journaux, B., Karatekin, O.r., Klenner, F., Rabbow, E., Rettberg, P., Ruckriemen-Bez, T., Saur, J., Shibuya, T. and Soderlund, K.	4. 巻 216
2. 論文標題 Experimental and Simulation Efforts in the Astrobiological Exploration of Exooceans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	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/s11214-020-0635-5	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 Usui Yoichi, Saitoh Masafumi, Tani Kenichiro, Nishizawa Manabu, Shibuya Takazo, Kato Chie, Okumura Tomoyo, Kashiwabara Teruhiko	4. 巻 299
2. 論文標題 Identification of paleomagnetic remanence carriers in ca. 3.47Ga dacite from the Duffer Formation, the Pilbara Craton	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106411 ~ 106411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2019.106411	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 Takahagi Wataru, Seo Kaito, Shibuya Takazo, Takano Yoshinori, Fujishima Kosuke, Saitoh Masafumi, Shimamura Shigeru, Matsui Yohei, Tomita Masaru, Takai Ken	4. 巻 3
2. 論文標題 Peptide Synthesis under the Alkaline Hydrothermal Conditions on Enceladus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 2559 ~ 2568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.9b00108	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 Shimizu Kenji, Ushikubo Takayuki, Murai Tomokazu, Matsu'ura Fumihito, Ueno Yuichiro	4. 巻 53
2. 論文標題 <i>In situ</i> analyses of hydrogen and sulfur isotope ratios in basaltic glass using SIMS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 195 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0559	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 Isaji Y., Kawahata H., Ogawa N. O., Kuroda J., Yoshimura T., Jimenez-Espejo F. J., Makabe A., Shibuya T., Lugli S., Santulli A., Manzi V., Roveri M., Ohkouchi N.	4. 巻 9
2. 論文標題 Efficient recycling of nutrients in modern and past hypersaline environments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-40174-9	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 Kikuchi Sakiko, Kashiwabara Teruhiko, Shibuya Takazo, Takahashi Yoshio	4. 巻 251
2. 論文標題 Molecular-scale insights into differences in the adsorption of cesium and selenium on biogenic and abiogenic ferrihydrite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	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) 10.1016/j.gca.2019.02.001	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 Sekine Yasuhito, Shibuya Takazo, Kamata Shunichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Enceladus: Evidence and Unsolved Questions for an Ice-Covered Habitable World	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astrobiology - From the Origins of Life to the Search for Extraterrestrial Intelligence -	6. 最初と最後の頁 399 ~ 407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-3639-3_25	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 Saito Takuya, Qiu Hua-Ning, Shibuya Takazo, Li Yi-Bing, Kitajima Kouki, Yamamoto Shinji, Ueda Hisahiro, Komiya Tsuyoshi, Maruyama Shigenori	4. 巻 5
2. 論文標題 Ar-Ar dating for hydrothermal quartz from the 2.4 Ga Ongeluk Formation, South Africa: implications for seafloor hydrothermal circulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	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) 10.1098/rsos.180260	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 Aoyama Shinnosuke, Nishizawa Manabu, Miyazaki Junichi, Shibuya Takazo, Ueno Yuichiro, Takai Ken	4. 巻 491
2. 論文標題 Recycled Archean sulfur in the mantle wedge of the Mariana Forearc and microbial sulfate reduction within an extremely alkaline serpentine seamount	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 109 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2018.03.002	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 -

1. 著者名 Kato Shingo, Shibuya Takazo, Takaki Yoshihiro, Hirai Miho, Nunoura Takuro, Suzuki Katsuhiko	4. 巻 20
2. 論文標題 Genome-enabled metabolic reconstruction of dominant chemosynthetic colonizers in deep-sea massive sulfide deposits	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 862 ~ 877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1462-2920.14032	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 Isaji Yuta, Kawahata Hodaka, Kuroda Junichiro, Yoshimura Toshihiro, Ogawa Nanako O., Suzuki Atsushi, Shibuya Takazo, Jimenez-Espejo Francisco J., Lugli Stefano, Santulli Andrea, Manzi Vinicio, Roveri Marco, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 208
2. 論文標題 Biological and physical modification of carbonate system parameters along the salinity gradient in shallow hypersaline solar salterns in Trapani, Italy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 354 ~ 367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2017.04.013	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 Nakada R., Shibuya T., Suzuki K., Takahashi Y.	4. 巻 55
2. 論文標題 Europium anomaly variation under low-temperature water-rock interaction: A new thermometer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochemistry International	6. 最初と最後の頁 822 ~ 832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1134/S001670291709004X	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 Shibuya Takazo, Komiya Tsuyoshi, Takai Ken, Maruyama Shigenori, Russell Michael J.	4. 巻 4
2. 論文標題 Weak hydrothermal carbonation of the Ongeluk volcanics: evidence for low CO2 concentrations in seawater and atmosphere during the Paleoproterozoic global glaciation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-017-0145-6	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 -

1. 著者名 Nishizawa, M., Saitoh, M., Matsui, Y., Usui, Y. and Shibuya, T.	4. 巻 51
2. 論文標題 Removal of organic contaminants from iron sulfides as a pretreatment for mineral-mediated chemical synthesis under prebiotic hydrothermal conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 495 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0481	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 Miyazaki, J., Kawagucci, S., Makabe, A., Takahashi, A., Kitada, K., Torimoto, J., Matsui, Y., Tasumi, E., Shibuya, T., Nakamura, K., Horai, S., Sato, S., Ishibashi, J.-i., Kanzaki, H., Nakagawa, S., Hirai, M., Takaki, Y., Okino, K., Watanabe, H.K., Kumagai, H. and Chen, C.	4. 巻 4
2. 論文標題 Deepest and hottest hydrothermal activity in the Okinawa Trough: the Yokosuka site at Yaeyama knoll	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.171570	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 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 牛久保 孝行、木村 眞
2. 発表標題 タギッシュレイク隕石のコンドルールとアイソレートオリビン粒子の酸素同位体比分布
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 清水 健二、牛久保 孝行、村井 呂一、松浦 史宏、上野 雄一郎
2. 発表標題 SIMSによる玄武岩質ガラスの水素、硫黄同位体比分析法とその応用
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 西澤 学、齋藤 拓也、眞壁 明子、渋谷 岳造、高井 研
2. 発表標題 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義
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 深海 雄介、柏原 輝彦、天川 裕史、渋谷 岳造、臼井 朗、鈴木 勝彦
2. 発表標題 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性
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 渋谷 岳造
2. 発表標題 生命の起源と水素と粘土
3. 学会等名 第63回粘土科学討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西澤 学, 斎藤 拓也, 眞壁 明子, 渋谷 岳造, 高井 研
2. 発表標題 コマチアイト熱水環境における非生物学的硝酸還元と初期地球窒素循環
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木 晃, 伊藤 正一, 石川 晃, 渋谷 岳造, 上野 雄一郎
2. 発表標題 二次イオン質量分析法を用いた斑レイ岩中の輝石の水素同位体比：マンツルの水素同位体進化の解明に向けて
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬尾 海渡, 渋谷 岳造, 菊池 早希子, 眞壁 明子, 藤島 皓介, 高井 研, 富田 勝
2. 発表標題 液体二酸化炭素-海水間の元素移動に関する実験的研究
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田 修裕, 澤木 佑介, 武井 壮太, 大野 剛, 渋谷 岳造
2. 発表標題 二酸化炭素に富んだ蛇紋岩熱水系の熱水Mg同位体比
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saito, T., Qiu, H-N., Shibuya, T., Komiya, T. & Maruyama, S.
2. 発表標題 Constraints on the origin of fluid trapped in hydrothermal quartz from 2.4 Ga Ongeluk Fm., South Africa
3. 学会等名 Goldschmidt 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fukami, Y., Kashiwabara, T., Amakawa, H., Shibuya, T., Usui A. & Suzuki, K.
2. 発表標題 Tellurium isotope analysis for the surface layer of the ferromanganese crusts from two seamounts in Northwest Pacific
3. 学会等名 Goldschmidt 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suda K, Aze T, Miyairi Y, Yokoyama Y, Matsui Y, Ueda H, Saito T, Sato T, Sawaki Y, Nakai R, Tamaki H, Takahashi H & Morikawa N
2. 発表標題 Origin of Methane in Hakuba Happo Serpentine-Hosted Hot Spring: 14C and Noble Gas Study
3. 学会等名 Goldschmidt 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ushikubo, M. Kimura
2. 発表標題 Oxygen isotope systematics of chondrules and isolated olivine grains from the Tagish Lake C2 chondrite
3. 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Ushikubo, W. Fujiya
2. 発表標題 In situ oxygen three-isotope analysis of carbonates with 15um and 3um beam: Preliminary results
3. 学会等名 Hayabusa 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yagi H, Murai T, Ueno Y, Itoh S, Shibuya T
2. 発表標題 Hydrogen Isotopic Compositions of Archean Mantle Estimated from a 3.2 Ga Gabbro
3. 学会等名 Goldschmidt 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牛久保孝行、谷健一郎、R. B. Georg
2. 発表標題 伊豆・小笠原・マリアナ (IBM) 島弧と伊豆衝突帯 (ICZ) の珪質岩ジルコンの酸素と珪素同位体比の特徴
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 上田修裕、渋谷岳造
2. 発表標題 Prediction on composition of primitive seawater in the Hadean Earth
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 村居呂一、八木晃、上野雄一郎、伊藤正一、渋谷岳造、Foriel Julien
2. 発表標題 Hydrogen isotopic ratio of Archean mantle based on ion microprobe analysis of gabbro
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 Shinnosuke Aoyama, Manabu Nishizawa, Junichi Miyazaki, Takazo Shibuya, Yuichiro Ueno, Ken Takai
2. 発表標題 Recycled Archean sulfur in the mantle wedge of the Mariana Forearc
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 Takayuki Ushikubo, Kenichiro Tani, R. Bastian Georg
2. 発表標題 Oxygen and silicon isotope ratios of zircons of silicic rocks from the Izu-Bonin-Mariana (IBM) intra-oceanic arc and arc collision zone
3. 学会等名 The Geological Society of America 129th Annual Meeting (GSA2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤 誠史、黒澤 耕介、臼井 洋一、奥村 知世、尾上 哲治、佐藤 峰南、石田 湧也、渋谷 岳造、西澤 学、松井 洋平、澤木 佑介、佐藤 友彦、上野 雄一郎
2. 発表標題 天体衝突による大気の酸化仮説：後期太古代の地質記録による検証
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤 誠史、黒澤 耕介、臼井 洋一、奥村 知世、尾上 哲治、佐藤 峰南、石田 湧也、渋谷 岳造、西澤 学、松井 洋平、澤木 佑介、佐藤 友彦、上野 雄一郎
2. 発表標題 天体衝突による大気の酸化仮説：後期太古代の地質記録による検証
3. 学会等名 日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西澤 学、松井 洋平、渋谷 岳造、須田 好、高井 研、矢野 創
2. 発表標題 開放系における隕石-海水間超高速衝突現象の観測
3. 学会等名 日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渋谷 岳造、高井 研
2. 発表標題 初期地球海底熱水系における液体・超臨界 CO ₂ と化学進化
3. 学会等名 日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田 修裕、渋谷 岳造、澤木 佑介、斎藤 誠史、高井 研、丸山 茂徳
2. 発表標題 初期地球コマチアイト熱水系における流体の化学的性質
3. 学会等名 日本地球化学会第64回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上田 修裕、渋谷 岳造、澤木 佑介、斎藤 誠史、高井 研、丸山 茂徳
2. 発表標題 初期地球のコマチアイト熱水系における流体の化学的性質に関する実験的研究
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Manabu Nishizawa, Yohei Matsui, Takazo Shibuya, Konomi Suda, Ken Takai, Hajime Yano
2. 発表標題 Experimental study of hypervelocity impact of meteoritic material into liquid water in an open system for better understanding of the fate of extraterrestrial organics in the Hadean ocean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西澤 学、松井 洋平、渋谷 岳造、須田 好、高井 研、矢野 創
2. 発表標題 初期海洋への天体衝突に伴う岩石水反応の理解を目指した超高速岩石-水衝突実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
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
研究 分担者	牛久保 孝行 (Ushikubo Takayuki) (10722837)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門 (高知コア研究所)・技術研究員 (82706)	
研究 協力者	齋藤 拓也 (Saito Takuya)		