

令和 2 年 4 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04858

研究課題名(和文) 原生代前期海水中的銅、亜鉛濃度の推定

研究課題名(英文) Constraints on Cu and Zn concentrations in Paleoproterozoic seawater.

研究代表者

澤木 佑介 (Sawaki, Yusuke)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：00635063

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,900,000円

研究成果の概要(和文)：海水中の遷移金属元素の濃度は生物生産を制限する重要な要素である。原生代前期に起きたとされる大酸化事変時の表層環境変動を明らかにする事を目的とし、当該時代の地層が良好に保存されているガボン共和国において前期原生代地層から掘削試料を採取した。その岩石を用いて分析を行った結果、(1) 真核生物化石の出現は22億年前まで遡る事、(2)局所的には酸化環境が存在していた事、(3)真核生物は原核生物に比べて多量の亜鉛を必要とする。海水中の亜鉛濃度は前期原生代に増加していた事、等が新たに明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果により、まずは真核生物の出現時期が従来考えられていたよりも1億年古く、22億年前まで遡る事が新たに明らかになった。また、前期原生代に大気海洋が酸化環境になった事により、海洋中の亜鉛が溶存態として存在できるようになったはずである。本研究による分析結果は海水亜鉛濃度が増加した事を示している。前期原生代の地層から真核生物化石が見つかるようになるのは、海水亜鉛が上昇し、亜鉛を多量に必要とする真核生物の個体数が増加したからであると考え事ができる。

研究成果の概要(英文)：Trace element concentration in seawater is a crucial component in regulating marine biological productivity. Purpose of this study is elucidating surface environmental changes, especially focusing on marine Zn concentration, during the Paleoproterozoic. We conducted on-land drilling to collect fresh sedimentary rocks in Gabonese Republic, where Paleoproterozoic strata well crop out. As a consequence of analyses, we obtained new understandings as follows. (1) Appearance of eukaryote-like fossils dates back to approximately 2.2 Ga. (2) Oxidic conditions locally existed in paleo-ocean in the Gabonese Republic. (3) Eukaryotes require more Zn than prokaryotes. Marine Zn concentration was elevated in association with the Great Oxidation Event during the Paleoproterozoic.

研究分野：地球史

キーワード：前期原生代 掘削試料 銅同位体比 亜鉛同位体比 真核生物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海水中の遷移金属元素の濃度は海洋の酸化還元状態に強く依存し、現在～過去に渡って生物生産を制限する重要な要素である。地球史を俯瞰してみると、原生代は太古代の還元的环境から顕生累代の酸化的环境への移行期間と捉える事ができる。中でも原生代前期に起きたとされる Great Oxidation Event と称される大気海洋の酸化は地球史上最大の環境変動であった(図 1a)。

原生代前期の地層からは真核生物と解釈される化石が数例報告されている。真核生物と原核生物の違いの一つに遷移金属の利用が挙げられる。例えば Superoxide Dismutase(SOD)と呼ばれる活性酸素を分解する酵素を見ると、原核生物は鉄(Fe)やマンガン(Mn)など還元的海洋に溶存する元素が補因子として含まれる(Fe-Mn-SOD)のに対し、全ての真核生物が持つ SOD には銅や亜鉛などの酸化的环境に溶存する元素が含まれる(Cu-Zn-SOD)。このことから、真核生物の出現(繁栄)が海洋の酸化及び遷移金属元素濃度変化と関連していた事が示唆される(図 1b)。

近年の先行研究に基づくと、原生代前期の大気海洋は現在に比肩するほど酸化的环境であり(図 1a)、モリブデン(Mo)などの酸化的环境に溶存可能な元素濃度が高かった事が主張されている。しかし、銅や亜鉛といった真核生物に必須な元素の溶存濃度変化は十分に制約されていない。これまでに鉄鉱床や頁岩中の Zn 濃度から制約が試みられたが、各時代の平均濃度に推移が見られない事から地球史を通じてほぼ不変であると考えられてきた(図 1c, d)。これらの研究に欠けている点は(a)海洋中の上記元素濃度は千年単位で変化するにも関わらず、各地域の層序に対する(経時)変化が考慮されていない事、(b)岩石中の遷移金属元素濃度が必ずしも海水の濃度を反映しない事に集約される。特に(b)に関して、一般に Cu や Zn を高濃度で含む硫化物が分析点に含まれるか否かで濃度が大きく左右される。

2. 研究の目的

端的に言って「岩石中の微量元素濃度 \propto 海洋中の濃度」では無い。堆積岩中の濃度を見ていだけでは、Cu や Zn が海洋から除去された事が分かるだけで、海洋内の生物が利用可能な Cu や Zn の存在量は議論できない。そこで本研究では Cu-Zn-Mo 同位体比に注目する。これら 3 元素の酸化還元状態に対する挙動は似ているが、同位体比に関しては差異がある。上記 3 元素はいずれも還元環境下では海水に溶存できずに低濃度となり、堆積岩中の同位体比は河川などから供給される値と同じになる。一方で、海洋が酸化になると海洋に蓄積され始め、濃度が増加し同位体比が変化する。海洋の Cu と Zn の同位体比は主に(A)鉄マンガン酸化物への吸着と(B)真核生物による取り込みという 2 要素によって変化する。一方で海洋の Mo 同位体比(は上記(A)のみによって変化するため、鉄マンガン酸化物の寄与のみを見積もれる。これらの同位体比

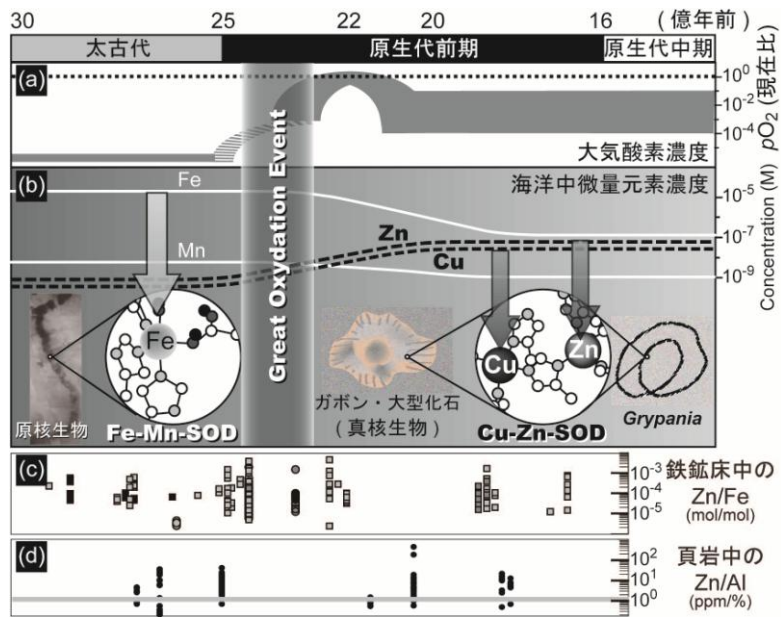


図 1. 原生代前期・大気海洋の酸化還元状態の変遷。

と比較する事によって、上記(A)と(B)をそれぞれ独立に見積もる事ができる。つまり、Cu と Zn 濃度の増加を検知できると共に、化石の有無に関わらず真核生物の痕跡や活動度を見積もる事ができ、これを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1) ガボン共和国での陸上掘削による岩石採取

本研究では (a)約 22-20 億年前の地層が露出し、(b)真核生物と解釈される化石が他地域よりも早い時期の地層に含まれ、(c)同位体比測定に有用な炭酸塩岩や黒色頁岩を豊富に含み、(d) Fe-Mn 鉱床も含有する、という利点を持ったガボン共和国に産出する原生代前期の地層を対象とする。ガボン共和国は熱帯雨林気候に属するために連続露頭に乏しく、岩石の風化・変質も著しい。一般に微量元素の同位体比は変質に弱いため、これは致命的な問題である。そこでガボン共和国国内において陸上掘削によって岩石を採取した。



(2) 岩石記載と岩石粉末の作成

採取した陸上掘削試料から岩石薄片の作成を行った。SEM-EDS を用いた鉱物記載を行い、構成鉱物の同定と Cu, Zn, Mo のホスト鉱物の特定を行った。その後、有機物に富んだ層、炭酸塩岩部分などを狙い、ハンドドリルを用いて粉末試料を作成した。



図 2. 採取した掘削試料。

(3) 同位体比、濃度測定

作成した粉末試料をテフロン容器内で王水を用いて酸分解を行った。AG-MP-1(陰イオン交換樹脂)を使用して Cu, Zn, Mo を共存元素から分離する。同位体比分析には UC Davis・Qing-zhu Yin 教授保有の高感度マルチコレクター・誘導結合プラズマ質量分析計 (NEPTUNE) を使用した。これに加え、東京大学駒場に既設の誘導結合プラズマ質量分析計 (ELEMENT-XR) を使用し、岩石中の微量・希土類元素 (REE) 濃度測定を行った。

4. 研究成果

(1) 前期原生代の亜鉛濃度上昇

SEM-EDS を用いた薄片観察によると、岩石中の銅と亜鉛のほとんどは黄鉄鉱や黄銅鉱、閃亜鉛鉱等の硫化物に含まれている事が明らかになった。そのため、岩石中の銅と亜鉛の抽出を目的として王水での酸分解を選択した。酸分解後、イオン交換の過程で同位体分別が起きている事が確認された。特に銅同位体比に関してはその分別に由来してほぼ全ての試料で分析結果の再現性が確保されなかった。これは(a)岩石試料中の銅が鉄に比べて圧倒的に少なく、同位体比測定に必要な銅のために試料を大量投入すると鉄が多すぎるために破過を起こしてしまう事、

(b) 岩石中の有機物の分解が不完全であり、有機物がイオン交換樹脂中で反応を起こし、溶離曲線が変化した事、などが原因として考えられる。イオン交換を各試料について2回行うなどを試みたが、銅同位体比の再現性を担保する事はできなかった。

亜鉛同位体比については試料数としては少ないながらもいくつかの分析点を得る事ができた。それらのデータに基づくと、前期原生代海洋中に溶存する亜鉛化学種の同位体比は河川から流入する値に比べて高い事が明らかになった(図3)。この事は前期原生代の海水亜鉛濃度が太古代に比べると上昇していた事を意味する。

上記研究成果に付随した、その他の研究成果に関して以下に報告する。

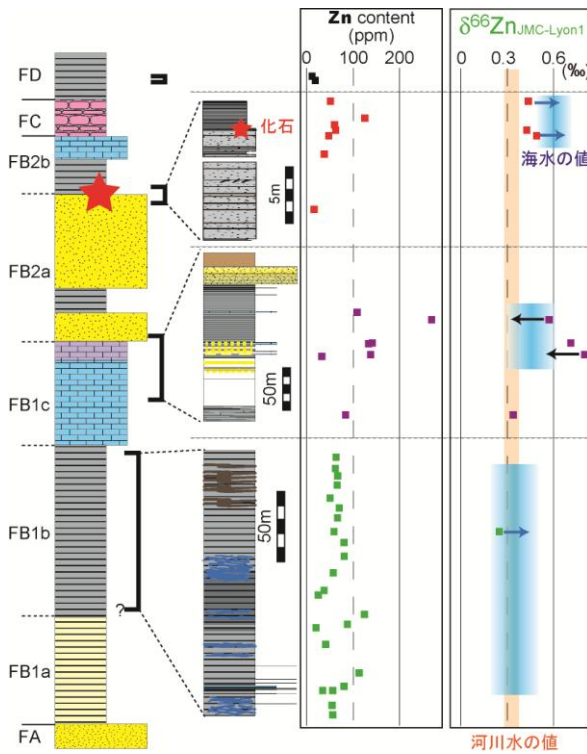


図3. 亜鉛同位体比測定結果。

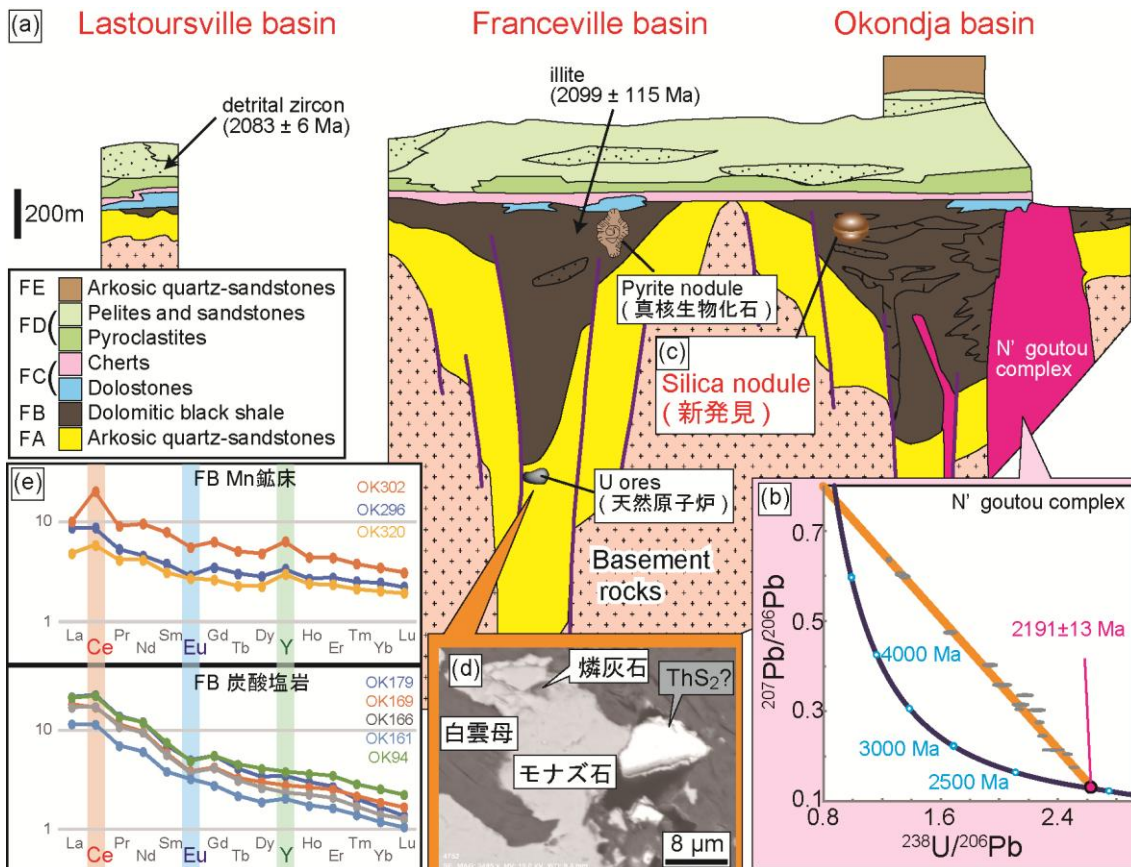


図4. ガボンの前期原生代堆積盆の断面図と研究成果。

(2) 堆積年代の制約

ガボン共和国内北部のOkondja盆地の地層にはN' Goutou複合岩体が貫入しており(図4a)、その貫入年代がガボン共和国の前期原生代堆積岩の重要な年代制約となっている。先行研究に

よる年代制約はジルコンが非放射改変起源の Pb を多量に含み、その Pb を上手く補正できていなかったために年代の誤差が大きかった。N' Goutou 複合岩体から花崗岩を採取し、ジルコンを分離して年代測定を行った。先行研究同様に非放射改変起源の Pb が多かったが、混合曲線を引く事によってその影響を除外し、2191 +/- 13Ma という年代を得る事ができた(図 4b)。この誤差は先行研究の 1/10 程度である。また、本研究結果により従来提唱されてきた真核生物化石の出現が 1 億年古くなり、約 22 億年前に出現していたことが明らかになった。

(3) 新種化石の記載

Okondja 盆地の前期原生代堆積岩から新たに生物が創り出したと思しき構造(Akouemma hemisphaeria)を発見した(図 4c)。この構造はフランスヴィル盆地の真核生物と解釈される構造が発見される地層よりも下位の層準から発見された。微生物コロニーもしくは真核生物が創り出した構造かもしれない(詳細は Edou-Minko et al., 2017a, b を参照)。

(4) 新種鉱物の記載

Oklo 湖の天然原子炉付近の砂岩中に、トール石(ThSiO_4)などと共に、自然に存在する鉱物としては未記載の Th の硫化物を発見した(図 4d)。Th の水への溶解度を考えると、海水から自生的に沈殿したとは考えにくく、微生物などによる作用によってトール石から Th が抽出されて形成されたと考えられる。

(5) 局所的酸化的環境の特定

ガボン共和国内の前期原生代地層に含まれる炭酸塩岩の希土類元素(REE)濃度を測定した。これらは海洋の情報を保持していると考えられ、Ce から見て酸化的な環境が局所的に存在していた事が明らかになった(図 4e)。また、今は炭酸塩として存在する Mn 鉱床も元々は酸化物として沈殿した証拠を得る事ができた(図 4f)。これらはいずれも前期原生代の海洋にも現在に類するほどの酸化的環境が局地的に存在していた事を意味する(図 5)。

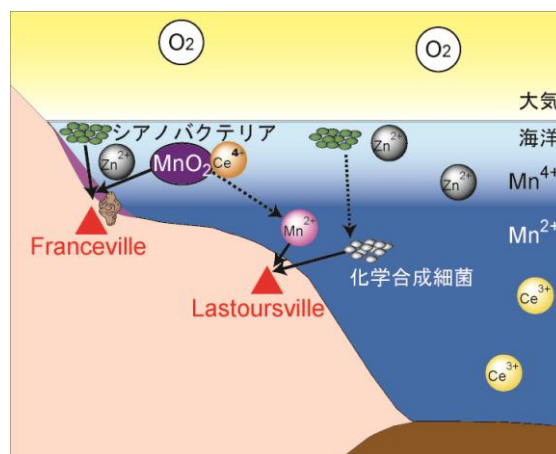


図 5. 前期原生代海洋の模式図。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件／うち国際共著 12件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sawaki, Y., Sato, T., Fujisaki, W., Ueda, H., Asanuma, H., Maruyama, S.	4. 巻 128
2. 論文標題 Geology around Natural Reactors and Birthplace of Eukaryotes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geography (地学雑誌)	6. 最初と最後の頁 549-569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5026/jgeography.128.549	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 Ueda, H., Sawaki, Y.	4. 巻 128
2. 論文標題 Serpentinite-hosted hydrothermal system on the early Earth	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geography (地学雑誌)	6. 最初と最後の頁 491-511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5026/jgeography.128.491	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 Fujisaki, W., Sawaki, Y., Matsui, Y., Yamamoto, S., Isozaki, Y., Maruyama, S.	4. 巻 172
2. 論文標題 Redox condition and nitrogen cycle in the Permian deep mid-ocean: A possible contrast between Panthalassa and Tethys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Global and Planetary Change	6. 最初と最後の頁 179-199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.09.015	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 Lan, Z., Sano, Y., Yahagi, T., Tanaka, K., Shirai, K., Papineau, D., Sawaki, Y., Ohno, T., Abe, M., Yang, H., Liu, H., Jiang, T., Wang, T.	4. 巻 320
2. 論文標題 An integrated chemostratigraphic (^{13}C - $^{180-87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - ^{15}N) study of the Doushantuo Formation in western Hubei Province, South China	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Precambrian Research	6. 最初と最後の頁 232-252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.precamres.2018.10.018	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 Sawada, H., Isozaki, Y., Aoki, S., Sakata, S., Sawaki, Y., Hasegawa, R., Nakamura, Y.	4. 巻 169
2. 論文標題 The Late Jurassic magmatic protoliths of the Mikabu greenstones in SW Japan: a fragment of an oceanic plateau in the Paleo-Pacific Ocean	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 228-236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.08.018	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 Maruyama, S., Kurokawa, K., Ebisuzaki, T., Sawaki, Y., Suda, K., Santosh, M.	4. 巻 10
2. 論文標題 Nine requirements for the origin of Earth's life: Not at the hydrothermal vent, but in a nuclear geyser system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 1337-1357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gsf.2018.09.011	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 Sawada, H., Mugandani, E. T., Sato, T., Sawaki, Y., Sakata, S., Isozaki, Y., Maruyama, S.	4. 巻 31
2. 論文標題 Age constraints on the Palaeoproterozoic Lomagundi-Jatuli Event in Zimbabwe: zircon geochronology of the Magondi Supergroup	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Terra Nova	6. 最初と最後の頁 438-444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1111/ter.12407	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 Bold, U., Isozaki, Y., Aoki, S., Sakata, S., Ishikawa, A., Sawaki, Y., Sawada, H.	4. 巻 75
2. 論文標題 Precambrian basement, provenance implication, and tectonic evolution of the Gargan block of the Tuva-Mongolia terranes, Central Asian Orogenic Belt	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Gondwana Research	6. 最初と最後の頁 172-183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gr.2019.05.003	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 Nishizawa, M., Tsuchiya, Y., Du, W., Sawaki, Y., Matsui, Y., Wang, Y., Han, J., Komiya, T.	4. 巻 530
2. 論文標題 Shift in limiting nutrients in the late Ediacaran-early Cambrian marine systems of South China	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 281-299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.05.036	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 Sawaki, Y., Tahata, M., Komiya, T., Hirata, T., Han, J., Shu, D.	4. 巻 9
2. 論文標題 Redox history of the Three Gorges region during the Ediacaran and Early Cambrian as indicated by the Fe isotope	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 155-172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2017.02.005	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 Asanuma, H., Sawaki, Y., Sakata, S., Obayashi, H., Suzuki, K., Kitajima, K., Hirata, T., Maruyama, S.	4. 巻 27
2. 論文標題 U-Pb zircon geochronology of the North Pole Dome adamellite in the eastern Pilbara Craton	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1111/iar.12248	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, D., Aoki, K., Komiya, T., Yamamoto, S., Sawaki, Y., Asanuma, H., Sato, T., Tsuchiya, Y., Shozugawa, T., Matsuo, M., Windley, B. F.	4. 巻 315
2. 論文標題 Constraints on the P-T conditions of high-pressure metamorphic rocks from the Inyoni shear zone in the mid-Archean Barberton Greenstone Belt, South Africa	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Precambrian Research	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.precamres.2018.06.018	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 Fujisaki, W., Matsui, Y., Asanuma, H., Sawaki, Y., Suzuki, K., Maruyama, S.	4. 巻 500
2. 論文標題 Global perturbations of carbon cycle during the Triassic-Jurassic transition recorded in the mid-Panthalassa	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 105-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.epsl.2018.07.026	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 Fairchild, I. J., Spencer, A. M., Ali, D. O., Anderson, R., Anderton, R. P., Anderton, R., Boomer, I., Dove, D., Evans, J. D., Hambrey, M., Howe, J., Sawaki, Y., Shields, G. A., Skelton, A., Tucker, M. E., Wang, Z., Zhou, Y.	4. 巻 319
2. 論文標題 Tonian-Cryogenian boundary sections of Argyll, Scotland	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Precambrian Research	6. 最初と最後の頁 37-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.precamres.2017.09.020	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 Sawaki, Y., Moussavou, M., Sato, T., Suzuki, K., Ligna, C., Asanuma, H., Sakata, S., Obayashi, H., Hirata, T., Edou-Minko, A.	4. 巻 8
2. 論文標題 Chronological constraints on the Paleoproterozoic Francevillian Group in Gabon	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 397-407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gsf.2016.10.001	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 該当する

1. 著者名 Sawaki, Y., Suzuki, K., Asanuma, H., Okabayashi, S., Hattori, S., Saito, T., Hirata, T.	4. 巻 26
2. 論文標題 Geochemical characteristics of zircons in the Ashizuri A-type granitoids: An additional granite topology tool for detrital zircon studies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1111/iar.12216	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 Koniya, T., Yamamoto, S., Aoki, S., Koshida, K., Shimojo, M., Sawaki, Y., Aoki, K., Sakata, S., Yokoyama, T. D., Maki, K., Ishikawa, A., Hirata, T., Collerson, K. D.	4. 巻 8
2. 論文標題 A prolonged granitoid formation in Saglek Block, Labrador: Zonal growth and crustal reworking of continental crust in the Eoarchean	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 355-385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gsf.2016.06.013	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 Ueda, H., Sawaki, Y., Maruyama, S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Reactions between olivine and CO ₂ -rich seawater at 300 °C: Implications for H ₂ generation and CO ₂ sequestration on the early Earth	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geoscience Frontiers	6. 最初と最後の頁 387-396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.gsf.2016.10.002	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 Edou-Minko, A., Moussavou, M., Sato, T., Tchikoundzi, C., Sawaki, Y., Ndong Ondo, S., Ortega, R., Maire, R., Kaestner, A., Mbina Mounguengui, M., Roudeau, S., Fleury, G., Carmona, A., de Parseval, Ph., Mvoubou, M., Moussavou, B. M., Agondjo, M. O., Sasaki, O., Maruyama, S.	4. 巻 6
2. 論文標題 An Akouemma hemisphaeria organic macrofossils colony hosting biodiversity assemblage on the seafloor of Okondja Basin (Gabon) dated at 2.2 Ga	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geology and Geophysics	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.4172/2381-8719.1000281	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 Asanuma, H., Fujisaki, W., Sato, T., Sakata, S., Sawaki, Y., Aoki, K., Okada, Y., Maruyama, S., Hirata, T., Itaya, T., Windley, B. F.	4. 巻 706-707
2. 論文標題 New isotopic age data constrain the depositional age and accretionary history of the Neoproterozoic-Ordovician Mona Complex (Anglesey-Llwyn, Wales)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 164-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.tecto.2017.03.017	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 Edou-Minko, A., Moussavou, M., Sato, T., Sawaki, Y., Ndong Ondo, S., Maire, R., Fleury, G., Mbina-Mounguengui, M., Kaestner, A., Ortega, R., Roudeau, S., Carmona, A., Mvoubou, M., Moussavou, B. M., Sasaki, O., Maruyama, S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Growth, Duplication and Lateral Mutual Compressive Deformation of Akouemma hemisphaeria on the Seafloor of Okondja Basin at 2.2 Ga (Gabon)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Geosciences (IJG)	6. 最初と最後の頁 1172-1191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.4236/ijg.2017.89067	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

〔学会発表〕 計45件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 澤木佑介
2. 発表標題 Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China
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 Sawaki, Y., Asanuma, H., Sakata, S., Ohno, T.
2. 発表標題 Trace element composition of zircon in Kofu granites: Quantitative indicator of sediment involved in parent magma
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
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 Constraint on the origin of methane from serpentinite-hosted Hakuba Happo hot spring by using ^{14}C and noble gas isotope
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 Yoshida, S., Yasukawa, K., Kato, Y., Sawaki, Y., Komiya, T.
2. 発表標題 地質学的産状と化学組成を用いたグリーンランド・イスア表成岩帯の変成炭酸塩岩の起源の解明と初期太古代海洋環境の復元
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 Murakami, A., Sawaki, Y., Ueda, H., Orihashi, Y., Machida, H., Komiya, H.
2. 発表標題 Behavior of phosphorus during hydrothermal alteration of basalt under CO ₂ -rich condition
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 Asanuma, H., Sawaki, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales
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 Sato, T., Sawaki, Y., Asanuma, H., Ueda, H., Maruyama, S.
2. 発表標題 ガボン前期原生代フランスヴィル層群の炭酸塩炭素同位体層序
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (招待講演)
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 serpentinite-hosted hot spring: 14C and noble gas study
3 . 学会等名 Goldschmidt 2019 Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nishizawa, M., Tsuchiya, Y., Du, W., Sawaki, Y., Matsui, Y., Wang, Y., Han, J., Komiya, T.
2 . 発表標題 Shift in limiting nutrients in late Ediacaran-early Cambrian oceans
3 . 学会等名 Goldschmidt 2019 Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takei, Y., Ueda, H., Sawaki, Y., Ohno, T., Sakata, S.
2 . 発表標題 Magnesium and strontium isotopic fractionations during experimental water-rock interactions at 300 °C, 500 bars
3 . 学会等名 Goldschmidt 2019 Conference (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yoshida, S., Yasukawa, K., Kato, Y., Sawaki, Y., Komiya, T.
2 . 発表標題 Occurrence and chemical composition of metamorphic carbonate rocks in the Isua supracrustal belt, West Greenland: Implications for the origin of the metacarbonate rocks and transitional trace element compositions of the Eoarchean seawater
3 . 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Anzai, M., Matsui, Y., Nishizawa, M., Sawaki, Y., Komiya, T.
2. 発表標題 Carbon and nitrogen isotope signals of organic matter in the Cap Carbonate rock: Recovery of biological activity during deglaciation of the Marinoan Snowball Earth
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, T., Sawaki, Y., Matsui, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 The end of the positive carbon isotope excursion and the appearance of eukaryotes in the Paleoproterozoic
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Asanuma, H., Sawaki, Y., Sakata, S., Maruyama, S.
2. 発表標題 Revised U-Pb zircon geochronology in the Archean North Pole area
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ueda, H., Sawaki, Y., Takei, Y., Ohno, T., Shibuya, T.
2. 発表標題 二酸化炭素に富んだ蛇紋岩熱水 系のMg 同位体比
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takei, Y., Sawaki, Y., Ueda, H., Ohno, T.
2. 発表標題 Magnesium and strontium isotopic fractionations during water-rock interactions in seafloor hydrothermal systems
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ohno, T., Sakata, S., Ijichi, Y., Nakabayashi, K., Fukami, Y., Sawaki, Y., Yamamoto, S.
2. 発表標題 Development of new analytical methods for promoting research on Earth Metallomics
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤木佑介
2. 発表標題 Quantitative estimation of continental weathering rate in the Ediacaran and Cambrian evidenced from radiogenic and stable Sr isotope ratios
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 澤木佑介
2. 発表標題 初期地球の熱水から供給される溶存成分
3. 学会等名 日本進化学会年大会 第20回東京大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suda, K., Gilbert, A., Ueda, H., Saito, T., Sato, T., Sawaki, Y., Yamada, K., Yoshida, N., Ueno, U., Matsui, Y., Nakai, R., Tamaki, H., Kaneko, M., Takahashi, H., Morikawa, N.
2. 発表標題 Geochemical study for serpentinite-hosted hyperalkaline hot spring in Hakuba Happo, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Geng, Y., Ohno, T., Sawaki, Y., Aoki, S., Matsu'ura, F., Komiya, T.
2. 発表標題 Copper chemostratigraphy of the Ediacaran and Early Cambrian in the Three Gorges area, South China:
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 Fujisaki, W., Sawaki, Y., Matsui, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Global perturbations of carbon cycle in the mid-Panthalassa during the Triassic-Jurassic transition
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 Asanuma, H., Fujisaki, W., Sato, T., Sawaki, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Re-interpretation of Anglesey-Lleyn geotectonic framework in terms of the Pacific-type orogenic evolution
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 Sato, T., Sawaki, Y., Maruyama, S., Matsui, Y.
2. 発表標題 ガボン・フランスヴィル堆積盆における大型化石出現前後の前期原生代有機炭素・窒素同位体層序
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 Fujisaki, W., Sawaki, Y., Matsui, Y., Yamamoto, S., Isozaki, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Redox condition and nitrogen cycle in the Permian deep mid-Panthalassa: A possible contrast between Panthalassa and Tethys
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takei, Y., Ueda, H., Sawaki, Y., Sakata, S., Ohno, T.
2. 発表標題 Magnesium and strontium isotopic fractionations during water-rock interactions in seafloor hydrothermal systems
3. 学会等名 2018年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤木佑介、佐藤友彦、丸山茂徳
2. 発表標題 Toward a better understanding of trace element availability in Paleo-proterozoic seawater
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 澤木佑介
2. 発表標題 87Sr/86Sr chemostratigraphy of Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China
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 澤木佑介、佐藤友彦、丸山茂徳
2. 発表標題 Elevated Zn concentration in Paleoproterozoic seawater
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 青木一勝、山本伸次、澤木佑介、浅沼尚、小宮剛
2. 発表標題 Mid-Aechean low geothermal gradient metamorphism: constraints from phase relationships in metamorphosed BIF from the Inyoni shear zone of the Barberton granite-greenstone belt, South Africa
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 Ueda, H., Shibuya, T., Sawaki, Y., Saitoh, M., Takai, K., Maruyama, S.
2. 発表標題 Experimental study on chemical nature of fluids in komatiite-hosted hydrothermal system on the early Earth
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松浦史宏、斎藤誠史、澤木佑介、上野雄一郎
2. 発表標題 Oceanic sulfate increase events in the Ediacaran 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 Asanuma, H., Obayashi, H., Sawaki, Y., Sakata, S., Suzuki, K., Kitajima, K., Hirata, T., Maruyama, S.
2. 発表標題 U-Pb zircon geochronology of the North Pole Dome adamellite in the eastern Pilbara Craton
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 Sato, T., Sawaki, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Biodiversity in the Paleoproterozoic Francevillian Group, Gabon
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 Fujisaki, W., Sawaki, Y., Yamamoto, S., Matsui, Y., Nishizawa, M., Isozaki, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 The redox history and nitrogen cycle in the pelagic Panthalassic deep ocean during the double-phased extinction interval across Paleozoic-Mesozoic transition
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 Saitoh, M., Kurosawa, K., Usui, Y., Okumura, T., Onoue, T., Sato, H., Ishida, Y., Shibuya, T., Nishizawa, M., Matsui, Y., Sawaki, Y., Sato, T., Ueno, Y.
2. 発表標題 An oxidation event caused by a bolide impact?: Stratigraphy of the late Archean carbonates in western Australia
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮沢真盛, 青柳美里, 北沢蒼生, 原一熙, 田中俊博, 上田修裕, 澤木佑介
2. 発表標題 A hydrothermal experiment using serpentinites exposed at Hakuba area
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Taniguchi, H., Kinoshita, K., Morade, S., Hirabayashi, M., Sato, T., Sawaki, Y., Sakata, S.
2. 発表標題 Zircon U-Pb age of the Kurobegawa Granite in Omachi, Nagano: Towards the discovery of outcrops of the youngest granite on the Earth
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ueda, H., Shibuya, T., Sawaki, Y., Saitoh, M., Takai, K., Maruyama, S.
2. 発表標題 Chemical nature of fluids in komatiite-hosted hydrothermal system on the early Earth
3. 学会等名 2017年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, T., Sawaki, Y., Saitoh, M., Matsui, Y., Maruyama, S.
2. 発表標題 Paleoproterozoic carbon isotopic stratigraphy in Gabon
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 Fujisaki, W., Ueda, H., Suda, K., Sato, T., Matsui, Y., Sawaki, Y., Yokoyama, T.
2. 発表標題 The possible linkages between carbon perturbations during the Toarcian Oceanic Anoxic Event and the Karoo-Ferrar volcanism in the central Panthalassa
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 Sawada, H., Isozaki, Y., Sawaki, Y., Sakata, S., Fujisaki, W., Sato, T., Saito, T., Ueda, H., Maruyama, S.
2. 発表標題 Zircon chronology of the Shurugwi greenstone belt in the Zimbabwe Craton and implication for the history of continental growth
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 Saitoh, M., Kurosawa, K., Usui, Y., Okumura, T., Onoue, T., Sato, H., Ishida, Y., Shibuya, T., Nishizawa, M., Matsui, Y., Sawaki, Y., Sato, T., Ueno, Y.
2. 発表標題 An oxidation event caused by a bolide impact?: Stratigraphy of the late Archean carbonates in western Australia
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 Sawada, H., Isozaki, Y., Sawaki, Y., Fujisaki, W., Sakata, S., Maruyama, S., Ueda, H., Saito, T., Sato, T.
2. 発表標題 The oldest age limit of the Lomagundi-Jatuli event: zircon geochronology of the Paleoproterozoic Magondi Supergroup in Zimbabwe
3. 学会等名 GSA Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, T., Sawaki, Y., Saitoh, M., Matsui, Y., Maruyama, S., Bakakas, K., Ligna, C., Moussavou, M., Edou-Minko, A.
2. 発表標題 Paleoproterozoic organic carbon and nitrogen isotopic stratigraphy across the appearance of macrofossils in the Francevillian Basins, Gabon
3. 学会等名 GSA Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

澤木佑介のホームページ https://y-sawaki.jimdofree.com/

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