

令和 3 年 4 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13645

研究課題名(和文) 初期原生代生命圏の高解像度復元を目指した酵素金属微小領域分析の地質試料への応用

研究課題名(英文) Nano-scale analysis of enzymatic metals in organic matter and its application on geological sample: high resolution reconstruction of Paleoproterozoic biosphere

研究代表者

石田 章純 (Ishida, Akizumi)

東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：10633638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：初期原生代ガンフリント層から採取した微生物化石および有機物を対象に、透過型電子顕微鏡や2次イオン質量分析計を用いた微小領域分析法により、モリブデンなど特定の生物の酵素に由来する金属元素を見出し、他の地球化学的分析と比較することで生物種を特定する要素として使用できることを明らかにした。これを通して同層に新種の微生物化石を発見した。さらに生物がリンを利用した代謝様式をこの時代までに確立させていたことを明らかにした。また同時代の別の地層の分析から、ガンフリント層と同様に陸域、海域の生命圏が存在した証拠が見出され、この時代の多様化した全球的な生命圏の実態が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、初期原生代における原核生物から真核生物への進化など生命の多様化がなぜ起こったかに関して、国際的な注目が高まっている。この時代には最古の超大陸形成に伴う全球規模の火成活動が起こったことが報告されており、これに伴う地熱により大量の有機物が石油化し、生命圏栄養源となることで、生命の進化、多様化のきっかけとなった可能性がある。こうした“地球の内の営力が生命圏に影響を与えたい”地質的証拠は太古代の地層にも報告されている。本研究の成果は極微量にしか残らない太古代地質試料の分析に適用可能であり、地球史を通じた生命進化史の解明のみならず、生命起源という第一級の問題の解決に貢献することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The original purpose of this study, detection of trace metal element in organic matter which was used as an enzymatic metal in specific microbe, was successfully achieved by applying microscale analyses using NanoSIMS and TEM to organic matter from Paleoproterozoic sedimentary rocks. New species of microfossils were discovered by the combination of this method and microscale observations. Also, phosphorus was detected from the microfossil, was the first report in Paleoproterozoic microfossil, indicating that life in this age used a similar metabolic system to modern life based on phosphorus. Geochemical analyses on the same aged sedimentary formation revealed that there existed land-type and ocean-type ecosystems in this age which is the same as those reported in the Gunflint formation. These results above suggest the global model of the Paleoproterozoic biosphere.

研究分野：地球化学，アストロバイオロジー

キーワード：初期原生代 NanoSIMS 微化石 代謝 生命圏 TEM 酵素金属

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

約 24 億年前に起こった大気大酸化事変を境に大気酸素濃度は上昇し、生命圏における元素循環が一変した。酸素の増加により生命は嫌氣的代謝よりも多くのエネルギーを獲得できる好氣的代謝に移行し、後の時代の大型・高等進化に繋がった。初期原生代(約 19 億年前)のカナダ、ガンフリント層はそのような転換期の生態系を微生物化石(=微化石)という保存の良い状態で記録する貴重な堆積層であり、この時代の生命圏を理解することは生命進化の研究において重要な意味を持つ。微化石は 1950 年代にガンフリント層から初めて発見されて以降、最も古いものでは約 38 億年前の地層からも報告されている。そうした微化石研究の際、“標準的”微化石として比較分析されているのが、ガンフリント層の微化石(ガンフリント微化石)である。ガンフリント微化石に対しては、形態や同位体比、鉱物の共存関係等の証拠から、酸素発生型光合成細菌や鉄酸化細菌と“思われる”微生物の存在が示唆されており、堆積環境や生態系を解釈する上で鍵とされている。一方で、複雑なテクトニクス史や酸化還元環境が混在した約 19 億年前の海洋環境に対応して、複数の微生物種がどんな環境下で棲み分けていたのかなど不明な点は多く、特に生物種の特定には疑問が残る。このことは“標準的”とされるガンフリント微化石の解釈次第で現在の微化石に基づいた生命進化の研究が一変する可能性を示している。したがって、微生物の種や生息環境(=生命圏)を示唆する新たな指標を提唱し、従来の地球化学的痕跡に基づいて有用性を評価することが急務である。

堆積岩中有機炭素や窒素の同位体比は、元となる生物の代謝様式あるいは海洋環境に依存し、特有の同位体比值を取ることが知られている。酵素は代謝における熱力学的に不利な反応を促進するために極めて重要な存在である。微生物が用いる酵素が、種や生息環境に応じてユニークな中心金属(以下、酵素金属：例えばシアノバクテリアなら Mo, V, Fe など)を持つことを利用し、地質試料中の微量元素含有量を特定の生物の指標として用いることで太古代生命圏に制約を与えようとする研究が注目されている。一方で、過去の研究では全岩の微量元素含有量や有機物の軽元素同位体比を強引に酵素の活量と代謝活動の変化の結果(=生物種の変化)であると解釈しており、微量元素元素のホストが真に有機物であるかなど実証的な研究例は無く、推測の域を出ていない。したがって、生物起源が明らかなガンフリント微化石においてマイクロメートルスケールで酵素金属の検出を試み、酵素金属の微生物指標としての実証的研究を地質試料で行うことが重要である。

2. 研究の目的

初期原生代ガンフリント層を対象に、微化石を含む堆積層を対象に地質調査を行い、全岩や有機物、鉱物を対象としたいわゆる従来型の地球化学的分析による堆積環境の推定を行う。さらに透過型電子顕微鏡(TEM)や高空間分解能二次イオン質量分析計(NanoSIMS)を用いた微小領域分析による微化石中酵素金属の検出という独自の手法に挑戦する。これにより酵素金属の生物指標としての有用性を実証することを目的とする。また、同地層に見られる不定形有機物にも

手法を拡張し、酵素金属と共存鉱物の関係や堆積構造との比較検証を通して、高解像度な初期原生代生命圏の復元を試みる。

3. 研究の方法

微化石を含む堆積岩(ストロマトライトや黒色チャート)を対象に、岩相の違いによる微化石種の区分け、造岩鉱物の化学組成による海洋環境の評価など従来型の地球化学的分析を行った。採取した微化石について TEM および東京大学大気海洋研究所の共同利用装置である NanoSIMS を使用し、微化石のマイクロスケールの構造に対応した共存鉱物の同定、および元素分布のイメージ化を試みた。微化石種の同定においては従来の光学顕微鏡による観察のみならず酸処理による分離、NanoSIMS による元素イメージなど多角的な評価を行った。ガンフリント層と並行して同地質年代の堆積層であるロシアのザオネガ層試料も対象とし化学分析を行った。ただしザオネガ層は黒色頁岩を主体とした層で微化石は見出せないため、従来の分析に加え段階燃焼法によるホスト別に分けた窒素同位体比の評価を行った。

4. 研究成果

初年度に行った地質調査の結果により、約 19 億年前のガンフリント層において浅海部、深海部の地域に応じた堆積環境の差が明らかになり、これに対応した微化石の産状の記載を行なった。有機物に富む黒色のストロマトライトが多く産出する地域では保存の良い様々な形状の微化石が見つかった。その中で、現生のシアノバクテリアの休眠細胞に似た構造やコロニー型構造など、これまでにガンフリント層で報告されていない新しい種類の微化石を含む 10 種類以上の微化石を発見した。これに対し、鉄を含む赤色のストロマトライトが産出する地域では微化石の種類が 2 種類と極端に減少し、さらに微化石自体が鉱物化し、有機物がほとんど残されないことが明らかとなった。発見された新種を含むガンフリント微化石について NanoSIMS による元素マッピングを行なった。その結果、保存状態の良い微化石では、炭素、窒素、硫黄のマイクロスケールの元素マッピングで新種の一部が従来発見されていた種とは異なる元素分布を有していた可能性を示した。これらは全て本研究による新規の発見である。初期原生代微化石に従来の種類に加えて“新種”微化石が存在したという本研究の経過に加え、近年報告された「ガンフリント層堆積時には石油性の有機物が堆積場に供給されていた」という研究結果から、当時は光合成を代謝の基礎とする第一次生産者の他に、石油を栄養源とする複数の生物種が存在したことを明らかにした。この結果は “Evolutionary Diversification of Paleoproterozoic Prokaryotes: New Microfossil Records in 1.88 Ga Gunflint Formation” として国際誌へ投稿準備を進めている (Sasaki et al., 2021)。

この研究結果を発展させる形で、研究目標であった酵素金属のバイオマーカーとしての利用法の確立を行った。ガンフリント微化石の NanoSIMS 分析により、光合成微生物と思われる個体から窒素固定酵素の代表的金属元素であるモリブデンを見出すなど生物種と酵素金属が対応した結果を初めて地質試料から得ることができた。一連の分析では副次的に、初期原生代の微化石としては初めてリ

ンが検出されることも明らかにした。これは初期原生代当時の生命が現代と同様にリンを基本としたエネルギー循環，あるいはリン脂質による細胞膜を獲得していたという直接的な地質証拠を初めて報告するものである。以上の成果をまとめ Ishida et al. (2021)として国際誌へ投稿準備中である。

ウィスコンシン大学マディソン校との国際共同研究により，二次イオン質量分析計(IMS-1280)による微化石の炭素-窒素同位体比同時分析を，同大学で行なった。これは報告者が2018年度に開発した「IMS-1280による有機物炭素窒素同位体比の高精度同時分析法」を微化石試料に適用した初めての例である。初期原生代ガンフリント微化石試料を対象に分析を行い，微化石1個体単位での炭素と窒素の同位体比が初めて明らかにされた。一方で微化石試料に対応した標準試料が十分に検討されておらず，精度が十分でないという課題も明らかになった。本研究成果を土台とし，今後分析手法の改良を継続する。

不定形有機物(=ケロジェン)を対象としたTEM観察ではケロジェンのグラフェン構造のなかにナノスケールの硫化鋇物を発見した。本研究課題で検出を目標とする酵素には，鉄硫黄クラスターやモリブデン硫黄クラスターなど特徴的な金属-硫黄化合物が含まれる。今回発見した硫化鋇物が真に生物由来か，あるいは無機的な成因を考えるべきか，普遍性や共存する他の無機的鋇物との産状の違い，結晶構造の解析など詳細な鋇物学的観察が求められる。TEM観察は初年度，二年目中旬に観察を行って以降，新型感染症対策による機器利用制限が生じ，分析を行うことができなかった。そこで，TEM分析に代わり走査型電子顕微鏡，およびIMS-1280による有機物中の黄鉄鋇の観察と硫黄同位体比分析の比較を行った。その結果，初期原生代の堆積物としては初めて有機物脈中に5種の形状の違いを持つフランボイダル黄鉄鋇を発見し，さらにそれらの同位体比が異なることを見出した。これは，有機物脈自体の起源や元となった生物の代謝に迫る発見であり，2021年度中の国際誌投稿を目指し準備を進めている。

ノルウェー地質調査所のAivo Lepland博士との国際共同研究として，約21億年前ザオネガ層堆積物における窒素同位体比の測定に取り組み始めた。ザオネガ層はガンフリント層と同じく初期原生代に分類される堆積層でshungiteを含む。Shungiteは炭素含有量95%を超える初期原生代最大の炭素含有鋇石であり，その成因が議論されている。ガンフリント層に報告されている石油脈の成因とともに，初期原生代の元素循環を知る上で極めて重要な地層である。本研究ではザオネガ層から分離した有機物を対象に段階燃焼法による窒素同位体比の分析に取り組んだ。その結果，当時の陸域と海域で異なる生命圏が築かれていた可能性を示すことができた。申請者のガンフリント層における過去の研究(Ishida et al., 2017)と整合的なこの結果は，初期原生代当時に全球的に陸域，海域それぞれに生命圏が拡大していたことを示している。

以上の成果から，本研究課題により初期原生代の全球的な環境推定と関連した生物活動を明らかにできた。NanoSIMSを用いた微小領域分析による微化石中の軽元素比の分布，および酵素金属の検出という独自の手法により，新種の微化石を報告するだけでなく，酵素金属の生物指標としての有用性を実証することができた。初期原生代における原核生物から真核生物への進化，その後続く生物の大型化など，生命の多様化がなぜ起こったかに関して，近年国際的な注目が高

まっており、Nature, Science 誌などで議論が交わされている。初期原生代には「最古の超大陸形成」という地球規模の環境変動が起こっており、これに伴い全球規模で火成活動が活性化した。火成活動の活性化は地温の上昇を招き、この地熱により大量の有機物が短期間で石油化した可能性が報告されている。こうした大量の有機物が生命圏に供給され栄養源となることで、生命の進化、多様化のきっかけとなった可能性がある。初期原生代は「地球の内的営力が生命圏に影響を与えた」ことが地質記録として残る、生命進化を考える上で極めて重要な時代である。さらに、こうした石油化した有機物と生命圏の証拠は、約 35 億年前など太古代の地層からも報告されている。本研究で確立した微小・微量の有機物を対象とした手法は、極微量にしか残らない太古代地質試料の分析にも適用可能であり、地球史を通じた生命進化史の解明のみならず、生命起源という地球科学における第一級の問題の解決に貢献することが期待される。

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 8件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tsukamoto Y., Nonaka K., Ishida A., Kakegawa T.	4. 巻 121
2. 論文標題 Geochemical and mineralogical studies of ca.12 Ma hydrothermal manganese-rich rocks in the Hokuroku district in Japan.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ore Geology Reviews	6. 最初と最後の頁 000-000
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.oregeorev.2020.103539	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 Jon M. Husson, Benjamin J. Linzmeier, Kouki Kitajima, Akizumi Ishida, Adam C. Maloof, Blair Schoene, Shanan E. Peters, John W. Valley	4. 巻 538
2. 論文標題 Large isotopic variability at the micron-scale in 'Shuram' excursion carbonates from South Australia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 000-000
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.epsl.2020.116211	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 Erik L. Haroldson, Philip E. Brown, Akizumi Ishida, John W. Valley	4. 巻 533
2. 論文標題 Phanerozoic fluids permeating a Precambrian gold deposit examined by SIMS: implications for remobilization of gold	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 000-000
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.chemgeo.2019.119429	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 石田章純	4. 巻 17
2. 論文標題 生命の起源と進化の地球化学：太古代の生命の痕跡をめぐる研究と近年の研究について.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 極限環境生物学会誌	6. 最初と最後の頁 69-76
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 -

1. 著者名 Ishida A., Koike M., Takahata N., Morita T., David J., Pinti D.L., Sano Y.	4. 巻 52
2. 論文標題 Hydrogen isotope analysis of microscale apatite inclusions in Archaean zircon grains.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 457-466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0534	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 Terada K., Sano Y., Takahata N., Ishida A., Tsuchiyama A., Nakamura T., Noguchi T., Karouji Y., Uesugi M., Yada T., Nakabayashi M., Fukuda K., Nagahara H.	4. 巻 8
2. 論文標題 Thermal and impact histories of 25143 Itokawa recorded in Hayabusa particles.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-30192-4	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 Toyokawa M., Shirai K., Ishida A., Takahata N., Sano Y.	4. 巻 40
2. 論文標題 Growth and formation of statoliths in Aurelia coerulea examined by using 34S- and Sr-labels.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Plankton Research	6. 最初と最後の頁 619-626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plankt/fby034	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 Chapman J.B., Dafov M.N., Gehrels G., Ducea M.N., Valley J.W., Ishida A.	4. 巻 130
2. 論文標題 Lithospheric architecture and tectonic evolution of the southwestern U.S. Cordillera: Constraints from zircon Hf and O isotopic data.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 GSA Bulletin	6. 最初と最後の頁 2031-2046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1130/B31937.1	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 Ishida A., Kitajima K., Williford K.H., Tuite M.L., Kakegawa T., Valley J.W.	4. 巻 42
2. 論文標題 Simultaneous In situ analysis of carbon and nitrogen isotope ratios in organic matter by secondary ion mass spectrometry.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geostandards and Geoanalytical Research	6. 最初と最後の頁 189-203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ggr.12209	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 Cui H., Kitajima K., Spicuzza M.J., Fournelle J.H., Ishida A., Brown P.E., Valley J.W.	4. 巻 18
2. 論文標題 Searching for the great oxidation event in North America: A reappraisal of the Huronian Supergroup by SIMS sulfur four-isotope analysis.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 519-538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2017.1722	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 Hori M., Shirai K., Kimoto K., Kurasawa A., Takagi H., Ishida A., Takahata N., Sano Y.	4. 巻 140
2. 論文標題 Chamber formation and trace element distribution in the calcite walls of laboratory cultured planktonic foraminifera (<i>Globogerina bullies</i> and <i>Globigerinoides ruber</i>).	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Micropaleontology	6. 最初と最後の頁 46-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marmicro.2017.12.004	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 Cui H., Kitajima K., Spicuzza M.J., Fournelle J.H., Ishida A., Denny, A., Zhang, F., Valley, J.W.	4. 巻 103
2. 論文標題 Questioning the biogenicity of Neoproterozoic superheavy pyrite by SIMS.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Mineralogist	6. 最初と最後の頁 1362-1400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2138/am-2018-6489	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21件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 A. Ishida, K. Sasaki, K. Hashizume, T. Kakegawa, A. Lepland.
2. 発表標題 Two distinct sources for microbial activities in the 2.0 Ga Zaonega Formation.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sasaki, A. Ishida, T. Kakegawa, N. Takahata, Y. Sano.
2. 発表標題 New discovered microfossils and their activities recorded in the 1.9 Ga Gunflint Formation.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Melai C., Frost D., Furukawa Y., Ishida A., and Suzuki A.
2. 発表標題 Nitrogen contents and nitrogen isotope fractionation in subduction zones.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sasaki, A. Ishida, N. Takahata, Y. Sano, T. Kakegawa.
2. 発表標題 New morphotypes, cell-wall structures, and elemental distribution of the Gunflint microfossils.
3. 学会等名 JpGU-AGU joint international meeting 2020. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Ishida, K. Sasaki, K. Hashizume, T. Kakegawa, A. Lepland.
2. 発表標題 Heterogeneity in nitrogen sources for microbial activity recorded in 2.0 Ga Zaonega Formation, NW Russia.
3. 学会等名 JpGU-AGU joint international meeting 2020. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 齊藤光, 石田章純, 掛川武
2. 発表標題 32億年前のパーバートン海域での一次生産者に対する制約：パーバートン, シバヒルズ地域チャートに対する地質学的地球化学的研究
3. 学会等名 JpGU-AGU joint international meeting 2020. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sasaki, A. Ishida, T. Kakegawa, N. Takahata, Y. Sano.
2. 発表標題 Discovery of new morphotypes in ca. 1.9 Ga Gunflint microfossils and their complex structure and heterogeneous chemistry.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Ishida, T. Nemoto, T. Kakegawa
2. 発表標題 Discovery of primary hematite-silica clusters in Kukatash Banded Iron Formation at 2.7 Ga Abitibi Greenstone Belt
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Sano, K. Shirai, N. Takahata, A. Ishida.
2. 発表標題 High resolution analysis of bivalve shell by NanoSIMS
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Husson, B. Linzmeier, M. Sliwinski, K. Kitajima, A. Ishida, A. Maloof, B. Schoene, S. Peters, and J.W. Valley.
2. 発表標題 Large isotopic variability at the micron-scale in Shuran excursion carbonates from South Australia.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Denny, K. Kitajima, A. Ishida, N. T. Kita, J.W. Valley.
2. 発表標題 What do sedimentary sulfide $\delta^{34}\text{S}$ values actually record? In situ SEM-SIMS analysis of framboidal and other sulfide phases in the Mississippian-Devonian Bakken Formation.
3. 学会等名 Geological Society of America annual meeting 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹木晃平, 石田章純, 掛川武.
2. 発表標題 古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学および地球化学的研究.
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 H. Cui, K. Kitajima, M. Supicuzza, J. Fournelle, A. Denny, A. Ishida, F. Zhang, J.W. Valley
2. 発表標題 Questioning the biogenicity of Neoproterozoic superheavy pyrite.
3. 学会等名 Goldschmid international conference 2018. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田章純, Kouki Kitajima, Kenneth H. Williford, Michael L. Tuite, 掛川武, and John W. Valley
2. 発表標題 二次イオン質量分析計を用いた有機物炭素窒素同位体比同時分析法の開発と地質試料への応用について
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田章純
2. 発表標題 生命の起源と進化の地球化学-初期地球生命圏の解明に向けた研究
3. 学会等名 極限環境生物学会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田章純
2. 発表標題 むかしのさいきんのきになる話
3. 学会等名 第4回慶應アストロバイオロジーキャンプ公開セミナー(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大里武, 石田章純, 掛川武.
2. 発表標題 カナダ・アピティピ緑色岩帯Potterdoal鉱床における硫化物と有機物の地球化学的研究.
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 笹木晃平, 石田章純, 掛川武
2. 発表標題 カナダ, ガンフリント層に産する約19億年前の微生物化石および共存鉱物における地球化学的研究
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 蛭田衣音, 石田章純, 掛川武.
2. 発表標題 Geological and geochemical studies on Miocene diatomaceous sedimentary rocks at Akita and Aomori in Japan: role of sulfur in maturation of organic matter and petroleum formation.
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 三木翼, 清川昌一, 高畑直人, 石田章純, 伊藤孝, 池原実, 佐野有司.
2. 発表標題 Reconstruction of the 3.2 Ga depositional environment of black shale and siderite/oxide BIF at Pilbara, Western Australia.
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 蛭田衣音, 石田章純, 掛川武
2. 発表標題 有機物分解および石油生成における硫黄の役割の解明
3. 学会等名 有機地球化学会2018年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学研究者紹介(石田章純) http://db.tohoku.ac.jp/whois/detail/98ec6945ab739bba1ba635eb6a2e70c5.html
--

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