

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H03310

研究課題名(和文) ナノ地球微生物学：酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解を駆動する微生物から紐解く元素循環

研究課題名(英文) Nanogeomicrobiology

研究代表者

加藤 真悟 (Shingo, Kato)

国立研究開発法人理化学研究所・バイオリソース研究センター・上級研究員

研究者番号：40554548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、微生物の分離培養を通じて、地球表面環境における酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解プロセスの実態を解明することを目的とした。様々な環境から、系統的に新規かつ多様な鉄酸化微生物および鉄還元微生物の分離株の獲得およびリソース化に成功した。中性pH付近で、単独で鉄を酸化も還元もできる微生物が存在することを、世界で初めて報告した。培養実験により、これらの鉄酸化・還元微生物が酸化鉄ナノ鉱物を生成・溶解することを実証した。以上、自然界における鉄および関連元素の循環への微生物による貢献の一端を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、鉄循環を駆動する新規微生物の存在を実証しただけでなく、まだ同定されていない鉄駆動微生物が自然界には多種存在していることを示唆している。本研究で獲得した新規微生物は、公的菌株保存機関に寄託され、一部は一般の研究者にすでに公開されているため、さらなる基礎・応用研究に利用可能である。本研究によって得られた成果は、自然界の元素循環に対する新たな視点を提示するものであり、さらには資源枯渇や環境汚染問題解決へ向けた応用バイオ技術の飛躍的な発展に貢献する可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to elucidate the formation and dissolution of iron oxide nanominerals in the Earth's surface environment through the isolation and cultivation of microorganisms. We obtained phylogenetically novel and diverse isolates of iron-oxidizing and iron-reducing microorganisms from various environments. For the first time, we report the existence of microorganisms capable of oxidizing and reducing iron at circumneutral pH. Through culture experiments, we demonstrated that these iron-oxidizing and iron-reducing microorganisms produce and dissolve iron oxide nanominerals. Thus, we showed the contributions of microorganisms to the biogeochemical cycling of iron and related elements in natural environments.

研究分野：微生物学

キーワード：鉄酸化菌 鉄還元菌 分離培養 メタゲノム バイオミネラル 生物地球化学的循環

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

鉄(Fe)は、地球表層環境に普遍的に存在し、主に Fe(II)と Fe(III)の状態では酸化還元を繰り返しながら環境中を巡っている。地球表層環境での鉄の酸化還元サイクルを駆動しているのは、主に微生物である。微生物による Fe(II)の酸化によって生成する酸化鉄ナノ鉱物は、銅や亜鉛などの重金属やヒ素など様々な元素を吸着する。酸化鉄ナノ鉱物に吸着する元素の多くは、生物にとって生体必須元素であり、高濃度になれば増殖を妨げる毒になる。そのため、微生物による鉄の酸化・還元及び酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解、そしてそれに伴う様々な元素の吸着・溶脱は、地球規模での物質循環や生態系の成り立ちを理解する上で、鍵となる反応である。

Fe(II)を酸化する微生物(以下、鉄酸化菌)と Fe(III)を還元する微生物(以下、鉄還元菌)は、いくつかの分離培養種が報告されており、バクテリア・アーキア問わず系統分類学的に幅広く存在する。研究代表者はこれまで、酸化鉄ナノ鉱物を生成する新規の鉄酸化菌を報告してきた(Kato et al., 2013, *Appl. Environ. Microbiol.*; Kato et al., 2015, *Front. Microbiol.*; Chiu, Kato, et al., 2017, *Front. Microbiol.*)。酸化鉄ナノ鉱物を溶解する鉄還元菌の報告例もある。一方で、これまでに分離培養されている微生物は、地球上の全微生物のうち1%にも満たないと推定されており、鉄酸化菌と鉄還元菌も同様に未培養種が多数存在することは間違いない。実際に、培養に依存しない分子生物学的手法によって、鉄酸化菌もしくは鉄還元菌と推定される多様な未培養種が、酸化鉄ナノ鉱物を豊富に含む環境に存在することが明らかにされている(Kato et al., 2009, *Environ. Microbiol.*; Kato et al., 2018, *Environ. Microbiol.*)。しかしながら、これら多様な未培養鉄酸化菌・鉄還元菌を分離培養によって網羅的に同定したという報告例は皆無であり、微生物による鉄の酸化還元サイクルと、それに伴う酸化鉄ナノ鉱物の生成溶解サイクルに関するこれまでの知見は、ごく少数の分離培養種の研究に依存した極めて限定的なものであると言わざるを得ない。

2. 研究の目的

本研究では、「多種多様な未培養微生物が酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解を駆動し、地球表層環境における様々な元素の挙動・循環を支配している」という作業仮説の検証を通じて、それらの未培養微生物を分離培養により網羅的に同定し、地球表層環境における「酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解プロセスの実態」を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ショットガンメタゲノム解析

本研究では、水辺公園協調整池(茨城県)の鉄マット試料を採取した。またこれまでに採取済みであった奥塩原温泉(栃木県)の堆積物試料、片瀬温泉(静岡県)の堆積物試料、南マリアナトラフの硫化物デッドチムニー試料、拓洋第5海山のマンガンクラスト試料も対象とした。各試料からDNAを抽出し、Illumina MiSeqを用いて、ショットガンシーケンシングを実施した。得られたリードを系統分類し、微生物群集構造を決定した。硫化物デッドチムニー試料および拓洋第5海山のマンガンクラスト試料については、Metagenome-assembled genome (MAG)を構築し、その代謝機能を推定した。さらに片瀬温泉試料から抽出したDNAについては、PacBio Sequel IIを用いてロングリードメタゲノム解析を行った。

(2) 分離培養

水辺公園試料について、96wellプレートを用いた限界希釈法(Kato et al., 2013, *Appl. Environ. Microbiol.*)を用いて、微好気性鉄酸化微生物の分離培養を行なった。また、同試料においては、シングルセルソーターMoFlo XDPを用いて、96wellプレートに1細胞/1wellずつソーティングして、鉄還元微生物を対象とした分離培養も行なった。以前、奥塩原温泉試料から分離培養した新規鉄還元アーキアNAS02株(Kato et al., 2019, *ISME J.*)の詳細な性状・系統解析も行なった。

4. 研究成果

(1) 単独で鉄を酸化も還元もできるバクテリアの発見

鉄酸化微生物を標的にした培養実験の結果、複数の微生物の分離培養に成功した(図1)。そのうち、MIZ03株について全ゲノム解読を行い、系統解析をした結果、これまで鉄酸化をするとは予想されていなかった *Rhodoferax* 属に属する新種レベルのバクテリアであることが明らかになった。性状解析の結果、MIZ03株は(微)好気条件下において、鉄のほかにも、水素やチオ硫酸を酸化してエネルギーを獲得し、炭素固定をして独立栄養的に増殖できることがわかった(図2左)。さらに、MIZ03株の鉄還元能を調べたところ、MIZ03株は嫌気条件下において、溶存Fe(III)に加え、フェリハイドライドという不溶性Fe(III)鉱物も還元できることが示された(図2右)。以上の培養実験により、MIZ03

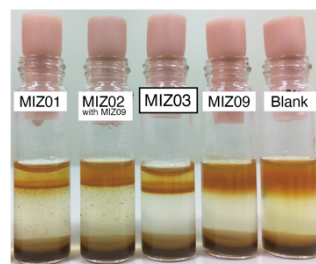


図1 鉄酸化微生物の分離株

株は、中性 pH 条件下において、単独で鉄を酸化も還元もできる微生物であることが明らかになった。

鉄の酸化・還元に関わる遺伝子がゲノム中にあるかどうかを調べた結果、鉄酸化に関わると推定される *foxEY* 遺伝子と、鉄還元に関わると推定される *mtrABC* 遺伝子が見つかった。続いて、*Rhodoferax* 属の中で、同遺伝子を両方持ち合わせている微生物がいるのかを調べたところ、*R. ferrireducens* を含む既知の培養種では、どちらか片方を持っている種は確認できなかった。しかし、培養に依存しないメタゲノム解析によって解読された未培養種のゲノム中では、両方の遺伝子を持つものがいくつか確認できた。この結果は、MIZ03 株のほかにも、まだ培養されていない鉄酸化還元微生物が存在することを示唆している。MIZ03 株は、公的菌株保存機関に寄託されており、各研究機関で研究材料として利用可能である (=JCM 34246)。本成果は、*Microbiology Spectrum* 誌に掲載された。また、新種記載論文を投稿中である。

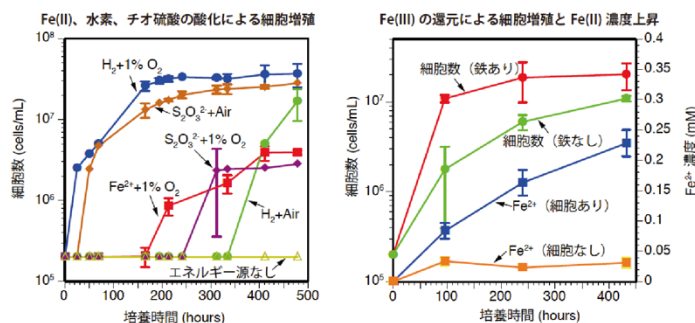


図2 鉄の酸化(左)と還元(右)によるMIZ03株の増殖

本成果に関連するプレスリリースや解説：

https://www.riken.jp/press/2021/20210902_2/
https://www.riken.jp/pr/closeup/2021/20211201_1/

(2) 属レベルで新規の鉄酸化バクテリアの分離培養

微好気性鉄酸化バクテリア MIZ01 株の分離培養に成功した。本株は、鉄の他にもチオ硫酸の酸化からエネルギーを獲得し、炭酸固定して増殖できる化学合成独立栄養性バクテリアであった。全ゲノム配列を決定し、系統解析をした結果、新属であることがわかったため(図3)、*Sideroxyarcus emersonii* と命名し、正式に承認された。本株は、粒子状の鉄酸化鉱物を細胞外に形成するが、ストックやドレッドのような特徴的な形態は示さなかった。本株は、公的菌株保存機関に寄託されており、各研究機関で研究材料として利用可能である (=JCM 39089)。本成果は、*International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 誌に掲載された。

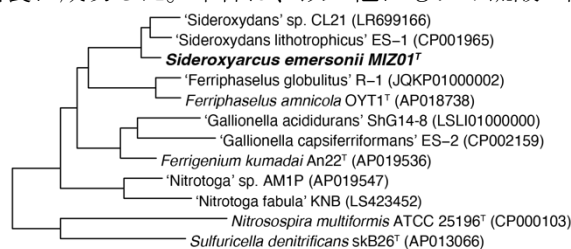


図3 MIZ01株の系統学的位置

(3) 予想外の系統に属する新規鉄還元バクテリアの分離培養

シングルセルソーターを用いた鉄還元微生物の分離培養の結果、複数の鉄還元バクテリア株を獲得した。そのうちの一つ、MIZ14 株について全ゲノム配列を決定し、系統解析をした結果、鉄還元能を持つとはまったく予想されていなかった系統群に属することがわかった。ゲノム中には既知の鉄還元遺伝子が含まれないことから、新規の鉄還元メカニズムの存在が示唆された。MIZ14 株および別の鉄還元バクテリア分離株 MIZ13 株についても、種レベルで新規であることがわかった。本成果は、国内学会にて発表し、現在論文準備中である。

(4) 鉄代謝能を有すると推定される未培養系統のゲノム再構築

片瀬温泉試料のロングリードメタゲノム解析の結果、14個の完全 MAG を含む計 61 個の高品質 MAG の再構築に成功した。その中で、温泉環境からしばしば検出される *Armatimonadota* 門の未培養系統の MAG の詳細解析を行ったところ、既知の鉄酸化・鉄還元遺伝子が見つかったことから(図4)、これらの MAG 由来のバクテリアは鉄を酸化もしくは還元できることが示唆された。本成果は、*Frontiers in Microbiology* 誌に掲載された。

南マリアナトラフの硫化物デッドチムニー試料および拓洋第5海山のマンガンクラスト試料のメタゲノム解析により、それぞれ複数の未培養系統の MAG の構築に成功した。これらの MAG のなかにも、既知の鉄酸化・鉄還元遺伝子を有するものが含まれており、各環境中での鉄循環への貢献が示唆された。本成果は、それぞれ *Microbes and Environments* 誌、*PLOS ONE* 誌に掲載された。

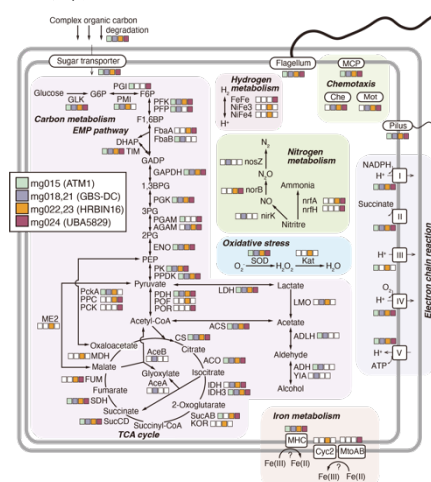


図4 Armatimonadota 門に属する MAG の代謝機能予測

(5) 新規鉄還元アーキアが属する新綱の提唱

奥塩原温泉試料から分離培養した新規鉄還元アーキア NAS-02 株について、詳細な系統解析の結果、本アーキアは綱レベルで新規の系統群に属することが明らかになった (図5)。そこで、さらに詳細な記載を追加して、NAS-02 株を新属新種として *Conexivisphaera calida* と命名し、さらに高次分類群として、新科 *Conexivisphaeraceae*、新目 *Conexivisphaerales*、新綱 *Conexivisphaeria* を提唱し、これらが正式に認められた。本株は、公的菌株保存期間に寄託されており、各研究機関で研究材料として利用可能である (=JCM 31663)。本成果は、*International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 誌に掲載された。

本成果に関連するプレスリリースや解説：

https://www.riken.jp/press/2019/20190611_1/

<https://academist-cf.com/journal/?p=12746>

以上、(1) ~ (5) の成果によって、「多種多様な未培養微生物が酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解を駆動し、地球表層環境における様々な元素の挙動・循環を支配している」という仮説を支持した。本研究によって、地球表層環境における「酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解プロセスの実態」の理解が飛躍的に進んだ。

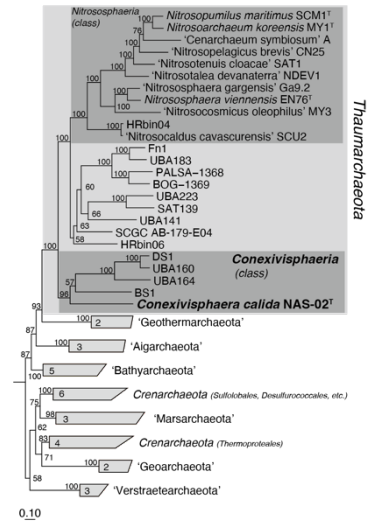


図5 NAS-02 株の系統学的位置

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Kato Shingo, Masuda Sachiko, Shibata Arisa, Shirasu Ken, Ohkuma Moriya | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Insights into ecological roles of uncultivated bacteria in Katase hot spring sediment from long-read metagenomics | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology | 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） 10.3389/fmicb.2022.1045931 | 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 Kato Shingo, Itoh Takashi, Iino Takao, Ohkuma Moriya | 4. 巻 72 |
| 2. 論文標題 Sideroxyarcus emersonii gen. nov. sp. nov., a neutrophilic, microaerobic iron- and thiosulfate-oxidizing bacterium isolated from iron-rich wetland sediment | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology | 6. 最初と最後の頁 5347 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1099/ijsem.0.005347 | 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, Ohkuma Moriya | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 A Single Bacterium Capable of Oxidation and Reduction of Iron at Circumneutral pH | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Microbiology Spectrum | 6. 最初と最後の頁 e00161-21 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1128/Spectrum.00161-21 | 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 Kato Shingo, Ohnishi Masafumi, Nagamori Mai, Yuki Masahiro, Takashina Tomonori, Ohkuma Moriya, Itoh Takashi | 4. 巻 71 |
| 2. 論文標題 Conexivisphaera calida gen. nov., sp. nov., a thermophilic sulfur- and iron-reducing archaeon, and proposal of Conexivisphaeraceae fam. nov., Conexivisphaerales ord. nov., and Conexivisphaeria class. nov. in the phylum Thaumarchaeota | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology | 6. 最初と最後の頁 4595 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1099/ijsem.0.004595 | 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, Itoh Takashi, Ohkuma Moriya | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Complete Genome Sequence of <i>Athalassotoga saccharophila</i> Strain NAS-01, a Deep-Branching Thermophilic Lineage in the Phylum Thermotogae | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements | 6. 最初と最後の頁 e00322-20 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.00322-20 | 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 Itoh Takashi, Miura Tatsuki, Sakai Hiroyuki D., Kato Shingo, Ohkuma Moriya, Takashina Tomonori | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 <i>Sulfuracidifex tepidarius</i> gen. nov., sp. nov. and transfer of <i>Sulfolobus metallicus</i> Huber and Stetter 1992 to the genus <i>Sulfuracidifex</i> as <i>Sulfuracidifex metallicus</i> comb. nov. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology | 6. 最初と最後の頁 1837 ~ 1842 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1099/ijsem.0.003981 | 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, Nakano Shinsaku, Kouduka Mariko, Hirai Miho, Suzuki Katsuhiko, Itoh Takashi, Ohkuma Moriya, Suzuki Yohey | 4. 巻 34 |
| 2. 論文標題 Metabolic Potential of As-yet-uncultured Archaeal Lineages of <i>Candidatus</i> Hydrothermarchaeota Thriving in Deep-sea Metal Sulfide Deposits | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Microbes and Environments | 6. 最初と最後の頁 293 ~ 303 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1264/jsme2.ME19021 | 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 Kato Shingo, Hirai Miho, Ohkuma Moriya, Suzuki Katsuhiko | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Microbial metabolisms in an abyssal ferromanganese crust from the Takuyo-Daigo Seamount as revealed by metagenomics | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 PLOS ONE | 6. 最初と最後の頁 e0224888 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0224888 | 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 Kato Shingo, Itoh Takashi, Yuki Masahiro, Nagamori Mai, Ohnishi Masafumi, Uematsu Katsuyuki, Suzuki Katsuhiko, Takashina Tomonori, Ohkuma Moriya | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Isolation and characterization of a thermophilic sulfur- and iron-reducing thaumarchaeote from a terrestrial acidic hot spring | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 The ISME Journal | 6. 最初と最後の頁 2465 ~ 2474 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41396-019-0447-3 | 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 Itoh Takashi, Miura Tatsuki, Sakai Hiroyuki D., Kato Shingo, Ohkuma Moriya, Takashina Tomonori | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 Sulfuracidifex tepidarius gen. nov., sp. nov. and transfer of Sulfolobus metallicus Huber and Stetter 1992 to the genus Sulfuracidifex as Sulfuracidifex metallicus comb. nov. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology | 6. 最初と最後の頁 1837 ~ 1842 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1099/ijsem.0.003981 | 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 Usui A., Hino H., Suzushima D., Tomioka N., Suzuki Y., Sunamura M., Kato S., Kashiwabara T., Kikuchi S., Uramoto G.-I., Suzuki K., Yamaoka K. | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Modern precipitation of hydrogenetic ferromanganese minerals during on-site 15-year exposure tests | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 3558 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-60200-5 | 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 - |

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shingo Kato, Ohkuma Moriya |
| 2. 発表標題 Novel bacterial players driving iron cycle in freshwater sediments |
| 3. 学会等名 JpGU 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Sora Sakasai, Takashi Itoh, Shingo Kato, Moriya Ohkuma, Tomonori Takashina |
| 2. 発表標題 Exploration of Iron Reducing, Thermoacidophilic Archaea in Oku-Shiobara Hot Spring |
| 3. 学会等名 13th International Congress on Extremophiles (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shingo Kato, Takashi Itoh, and Moriya Ohkuma |
| 2. 発表標題 Oxidation and reduction of iron by a single Rhodoferrax isolate at circumneutral pH |
| 3. 学会等名 JpGU2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤真悟, 大熊盛也 |
| 2. 発表標題 淡水性環境中の鉄サイクルを駆動する新規鉄酸化・還元細菌の探索 |
| 3. 学会等名 日本微生物資源学会第27回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤真悟 |
| 2. 発表標題 シングルセルソーティングの威力-鉄サイクルを駆動する微生物生態の新展開- |
| 3. 学会等名 新学術領域シンポジウム「ポストコッホ型の生態を見る・知る」(招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤真悟、増田幸子、柴田ありさ、白須賢、大熊盛也 |
| 2. 発表標題 ロングリードメタゲノミクスによる未培養性温泉微生物の完全ゲノム再構築 |
| 3. 学会等名 日本微生物生態学会第34回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤真悟 |
| 2. 発表標題 鉄代謝微生物研究の最前線とアストロバイオロジーへの展開 |
| 3. 学会等名 2021年度 ISAS宇宙生命探査シンポジウム（招待講演） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shingo Kato, Takashi Itoh and Moriya Ohkuma |
| 2. 発表標題 Research and resource development of archaea/extremophiles in RIKEN-JCM |
| 3. 学会等名 生物工学Webシンポジウム2020（招待講演） |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>単独で鉄を酸化も還元もできる微生物の発見 -微生物による鉄代謝の新たな一面-</p> <p>https://www.riken.jp/press/2021/20210902_2/index.html</p> <p>“微生物ダークマター”を追え!</p> <p>https://www.riken.jp/pr/closeup/2021/20211201_1/index.html</p> <p>研究成果等を紹介するホームページ</p> <p>https://www.jcm.riken.jp/JCM/staff/skato/index.html</p> <p>https://jcm.brc.riken.jp/ja/</p> |
|--|

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 | 鈴木 庸平 (Suzuki Yohey) (00359168) | 東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授 (12601) | |
| 研究分担者 | 伊藤 隆 (Itoh Takashi) (80321727) | 国立研究開発法人理化学研究所・バイオリソース研究センター・特別嘱託研究員 (82401) | |

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 |
|---------|---------|
| | |