

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：82108

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04969

研究課題名(和文) 発酵代謝を加速する電極触媒細菌のハイブリッド呼吸の分子機構解明と制御

研究課題名(英文) Control of extracellular Electron Transport to Enhance the Rate of Fermentation-hybrid Respiration

研究代表者

岡本 章玄 (OKAMOTO, Akihiro)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・グループリーダー

研究者番号：70710325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、発見した「電気細菌Shewanellaによる電極上での発酵代謝の高速駆動」において鍵となる「細胞外プロトン排出」の多角的解析を行い、その機構の解明、ならびに電子移動速度の制御を達成した。さらに、バイオプロセスのモデル系(大腸菌)での電極による代謝反応の高速化を実現した。本成果は、薬剤やバイオプラスチック等の微生物による物質・材料生産の高速化に対して新しい方法論を提供した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年のバイオエンジニアリングの発展は薬剤やバイオプラスチック等のより多彩な物質・材料生産への展開をもたらしている。その一方で、例えば新規な発酵反応を大規模・実用化する際、反応速度や分離・精製によるコストが本質的な障壁となる。本研究成果は、微生物による物質・材料生産の高速化に寄与するものであり、革新的なバイオプロセスへの展開が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We conducted a multifaceted analysis of "extracellular proton efflux", which we found as a key factor in the fast drive of fermentation metabolism on electrodes by the electrophilic bacterium Shewanella. We clarified the mechanism and achieved control of the electron transfer rate. In addition, we have realized a fast metabolic reaction by electrodes in a model bacteria of bioprocess (Escherichia coli). Our achievement provide a novel strategy to speed up the production of microbial substances and materials such as drugs and bioplastics.

研究分野：電気化学バイオテクノロジー

キーワード：細胞外電子移動 電気細菌 微生物電気化学 フラビン

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

近年のバイオエンジニアリングの発展は薬剤やバイオプラスチック等のより多彩な物質・材料生産への展開をもたらしている。その一方で、例えば新規な発酵反応を大規模・実用化する際、反応速度や分離・精製によるコストが本質的な障壁となる。近年、細胞外の電極と電子のやり取りをすることで呼吸する「電気細菌」を電極触媒として用いる不均一系プロセスが盛んに研究・開発されている。電極システムであるため、生成物分離にかかるコストを大幅に削減できることに加え、電池の様に電極のアノード・カソード反応をうまく組み合わせれば創電も可能である。しかし、電極上で電気細菌が触媒できる呼吸代謝反応は限られており、発酵反応へは本質的に展開できないと考えられていた。

申請者は、開発した細菌への精密電気化学解析法によって、モデル電気細菌 *Shewanella* の電子移動機構を世界に先駆け分子レベルで解明してきた [A. Okamoto *et al.*, *PNAS*, **2013**, 110(19), 7856]。最近、その手法を発展させる形で、電極上での嫌気呼吸を詳しく調べると、驚くべきことにプロトン排出が律速となるような高速な電子移動が進行する条件下では、発酵的な基質レベル ATP 合成が高速駆動されることが見出された [A. Okamoto *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, 56, 9082]。これは電子伝達系を速く駆動することで NAD⁺再生を加速し、発酵反応を高速駆動する、いわば「発酵的呼吸」過程である。さらに、*Shewanella* の外膜電子伝達系 (外膜シトクロム) をモデル系である大腸菌へ導入すると電気細菌として機能するため [Cheryl, P. G. *et al.* *ACS Synth. Biol.* **2013**]、この発酵的呼吸を用いることで様々な発酵物質生産を電極プロセスとしてしかも高速に駆動する革新的なバイオプロセスへの展開が期待できる。

Shewanella の発酵的呼吸は、高速な NAD⁺の再生 (NADH 酸化) によって保たれているため、電極上であれば常に駆動するわけではなく、電子・プロトン排出速度が低下すると NAD⁺の再生速度も低下し、基質レベルから酸化的 ATP 合成経路へと切り替わる。これまで、電子移動速度を高い状態に保つために、例えば外膜シトクロムが高発現される変異株の網羅的探索が行われてきた。しかし、発酵的呼吸における電子移動はプロトン排出律速であるため、外膜酵素量に加えてプロトン排出を加速させる全く新しいアプローチが発酵的呼吸の駆動・維持には鍵となる。しかし、長年研究されている電子伝達に対して、申請者が見出した電子移動共役したプロトン排出機構は未知であり、研究の方法論すら皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、プロトン移動を制御することで細胞外電子移動を加速させる方法論を開拓し、大腸菌と言った物質生産のモデル細菌において代謝速度を電気化学的に加速させることが可能になる技術へと繋げる。

3. 研究の方法

モデル EET 菌である *Shewanella oneidensis* MR-1 株は、自己分泌したフラビン分子によって外膜シトクロムを介した EET を数十倍まで加速させることが知られている。これまでフラビンは溶存状態で外膜シトクロムから電子を受け取る間接型 2 電子反応を媒介すると考えられてきたが (E. Marsili *et al.*, *PNAS*, **2008**, 105(10), 3968)、最近当研究室ではフラビンを介した直接型の電子移動過程が速度論的に重要であることを見出した (A. Okamoto *et al.*, *PNAS*, **2013**, 110(19), 7856)。すなわち、フラビン分子は外膜シトクロムに結合する補酵素として機能し、直接型 1 電子反応を大幅に加速する。しかし、補酵素フラビンが外膜シトクロムのヘム鉄から電子を受け取る反応は、約 200 mV 程度の吸熱反応であり、フラビン分子による電子移動加速と矛盾する。そこで本研究では、フラビン分子を介してプロトン排出機構が加速されていると考え、フラビンの代替補酵素として働く複素環式化合物 (図 1) を用い、補酵素の酸化還元特性が与える EET への速度論的影響を検討した。

4. 研究成果

異なる酸化還元特性を有する小分子の EET 加速効果を比較するため、図 1 に示した各複素環式化合物添加時の *S. oneidensis* MR-1 生成電流値を測定した (図 2(a))。いずれの分子においても、電流値はフラビンと同等、もしくはそれ以上に上昇しており、微生物-電極界面電子移動が電流生成における律速過程であることを示している。観測された最大電流値を、電気化学的に推定した各補酵素分子の解

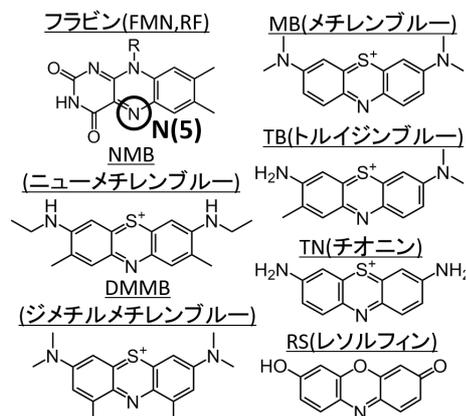


図 1 本研究で見出している補酵素として働く複素環式化合物。

離定数を用いて単位補酵素当たりの電流値に換算し、補酵素の酸化還元電位に対してプロットした(図 2(b): Inset)。補酵素が外膜シトクロムのヘム鉄反応中心から電子を受け取る吸熱反応が律速である場合は、電位が正であるほど電流値は増加すると考えられるが、予想に反して、酸化還元電位の高い RS や TN を添加した際の EET 速度は低く、各補酵素分子の酸化還元電位と EET 速度の間に相関は見られなかった。ここで、複素環を有する図 1 の補酵素分子は、1 電子還元と共役して N(5)部位のプロトン引き抜き反応が進行する。そこで、共役したプロトン移動反応の影響を検討するために、各補酵素の EET 促進能を pK_a に対してプロットした。すると、両者の間に pK_a 約 4~11 までの広い範囲で正の相関が確認され(図 2(b))、補酵素のプロトン引き抜き能に対応する pK_a の増加に伴い EET 速度が上昇した。さらに、立体障害により水合を行うプロトン供与体の接近が阻害される DMMB(図 1)では、大幅に低い電流値が得られた。これらの結果は、補酵素 N(5) 部位のプロトン引き抜き反応がフラビン補酵素を介した EET の律速過程であることを示唆している。

そこで、EET の律速段階がプロトン移動であり、フラビン分子によって加速されることを検証するため、フラビン添加前後で重水による速度論的同位体効果(Kinetic Isotope Effect, KIE)を測定した。ここで、重水は様々な代謝反応速度を変化させうることから、KIE 測定は *S. oneidensis* MR-1 の単層バイオフィルムを用い、微生物-電極界面電子移動が電流生成における律速となる条件で行った (J. Saito, K. Hashimoto, A. Okamoto, *Electrochim. Acta* 2016, 216, 261)。フラビンを含まない系において重水を添加すると、大幅に電流値が減少し(図 3(a)破線)、4.0 %の重水添加による電流値の低下は約 70 %に達した(図 3(b)破線)。観測された極めて大きな KIE は、プロトン移動反応が EET の律速過程であることを示している。次に、2 μ M のフラビン (Riboflavin) を含む系に重水を添加した場合にも KIE は観測されたが大幅に減少し(図 3(a)黒実線)、4.0 %の重水添加による電流値の低下は約 7.0 %に留まった(図 3(b)黒実線)。以上の結果は、フラビンを添加した後も律速過程はプロトン移動であるが、フラビンが存在することで EET に伴ったプロトン移動経路ならびに移動速度が変化したことを示している。この結果は、外膜シトクロムに結合したフラビン補酵素によってプロトン移動が加速されていること、ならびにフラビン補酵素を持つ外膜シトクロムがプロトン移動経路となっていることを示唆している。実際、外膜シトクロムの一部欠損株 ($\Delta mtrC$)を用いた場合、フラビン存在下における KIE は約 3 倍に増大した(図 3 灰色線)。MtrC が欠損しても RF は補酵素として働くため、外膜シトクロム複合体構造の変化が KIE 増加に寄与していると考えられる。以上の結果は、フラビン補酵素 N(5)部位のプロトン引き抜き過程が EET の律速過程であるモデルとよく一致する。

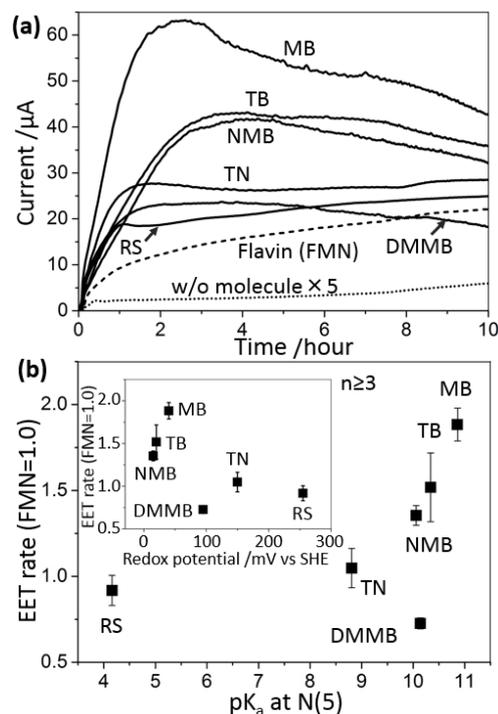


図 2 (a) *S. oneidensis* MR-1 に 2 μ M の複素環式化合物を添加した際の生成電流値(+0.4 V vs SHE, DM-L)。複素環式化合物を添加していない系の電流値は 5 倍に拡大した。(b) 補酵素 N(5)部位 pK_a と EET 速度。Inset: 補酵素の酸化還元電位と EET 速度。外膜シトクロムに対する結合分子数を解離定数で規格化し、FMN 添加時の EET 速度を 1.0 とした。

本研究から、*S. oneidensis* MR-1 における EET の律速過程は外膜シトクロム結合フラビン N(5) 部位のプロトン引き抜き過程であり、フラビンはプロトン移動を促進させることにより EET を加速させるという機構が示唆された。これまで電子の自由エネルギーのみが注目されていた EET 速度論に対して、プロトンという新たな因子を用いて EET を加速させた初の事例である。得られた知見は、外膜シトクロムを発現した大腸菌の系でも検討した。その結果、大腸菌の系においてもフラビン類を用いた電子移動の高速化が達成された (論文投稿中)。今後他の EET 菌においてもプロトンの速度論的影響が明らかになれば、本研究で *S. oneidensis* MR-1 の EET 速度制御を達成したように、プロトン速度制御という全く新しいアプローチによる、EET に関連した様々な微生物現象の制御技術へと発展することが期待できる。特にモデル EET 菌である *Geobacter* は、フラビン結合外膜シトクロムにより EET 加速を行う似た機構を有しているため (A. Okamoto *et al.*, *Energy. Environ. Sci.* **2014**, *7*, 1357)、同様の速度制御機構が期待出来る。

中に、膜組成や膜表面での外膜シトクロム間のメカニカルな相互作用といった新しい EET 速度論の制御法についても見出され、膜組成の制御によって 16 倍の EET 速度増加が確認された (A. Okamoto *et al.*, *Bioresour. Technol.* **2021**, *320*, 124290)。以上の成果は、EET の速度論へと寄与する工学的重要性に加え、生体エネルギー概念の拡張に繋がる重要な基礎的知見を与えるものだとと言える。

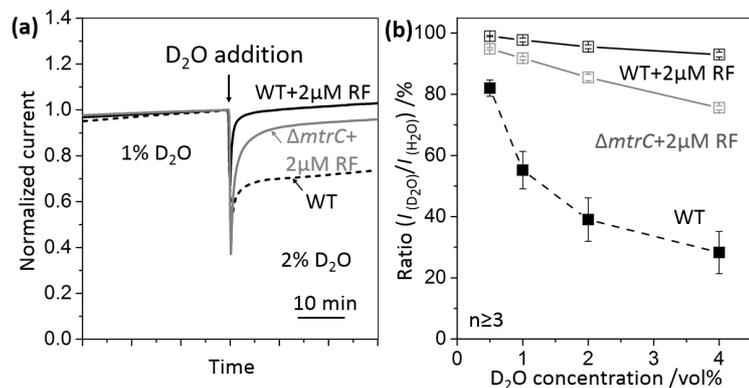


図 3 (a) 重水添加による *S. oneidensis* MR-1 生成電流値の変化 (添加直前の電流値を 1.0 に規格化) と (b) 4.0 vol% までの D₂O を添加した際の *S. oneidensis* MR-1 生成電流値が減少した割合。黒破線: WT、黒実線: WT に 2μM RF を添加した場合、灰色線: ΔmtrC に 2μM RF を添加した場合。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Xiao Deng Akihiro Okamoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Extracellular Electron Uptake Mechanisms in Sulfate-Reducing Bacteria	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electron-Based Bioscience and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 43-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-4763-8	査読の有無 無
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 Tokunou Yoshihide, Okamoto Akihiro	4. 巻 35
2. 論文標題 Geometrical Changes in the Hemes of Bacterial Surface c-Type Cytochromes Reveal Flexibility in Their Binding Affinity with Minerals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7529 ~ 7537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b02977	査読の有無 無
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 Naradasu Divya, Guionet Alexis, Okinaga Toshinori, Nishihara Tatsuji, Okamoto Akihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Electrochemical Characterization of Current Producing Human Oral Pathogens by Whole Cell Electrochemistry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 2012 ~ 2019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.202000117	査読の有無 無
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 Naradasu Divya, Miran Waheed, Okamoto Akihiro	4. 巻 25
2. 論文標題 Metabolic Current Production by an Oral Biofilm Pathogen <i>Corynebacterium matruchotii</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 3141 ~ 3141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules25143141	査読の有無 無
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 Vieira Lemos Rita, Tsujimura Seiya, Ledezma Pablo, Tokunou Yoshihide, Okamoto Akihiro, Freguia Stefano	4. 巻 137
2. 論文標題 Extracellular electron transfer by <i>Microcystis aeruginosa</i> is solely driven by high pH	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioelectrochemistry	6. 最初と最後の頁 107637 ~ 107637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bioelechem.2020.107637	査読の有無 無
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 Long Xizi, Okamoto Akihiro	4. 巻 320
2. 論文標題 Outer membrane compositions enhance the rate of extracellular electron transport via cell-surface MtrC protein in <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 124290 ~ 124290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2020.124290	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 Junki, Deng Xiao, Okamoto Akihiro	4. 巻 92
2. 論文標題 Single-Cell Mass Spectroscopic Analysis for Quantifying Active Metabolic Pathway Heterogeneity in a Bacterial Population on an Electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 15616 ~ 15623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c03869	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 Deng Xiao, Saito Junki, Kaksonen Anna, Okamoto Akihiro	4. 巻 144
2. 論文標題 Enhancement of cell growth by uncoupling extracellular electron uptake and oxidative stress production in sediment sulfate-reducing bacteria	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environment International	6. 最初と最後の頁 106006 ~ 106006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envint.2020.106006	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 La Cava Eugenio, Guionet Alexis, Saito Junki, Okamoto Akihiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Involvement of Proton Transfer for Carbon Dioxide Reduction Coupled with Extracellular Electron Uptake in <i>Shewanella oneidensis</i> MR 1	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electroanalysis	6. 最初と最後の頁 1659 ~ 1663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/elan.201900686	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 Shiibashi Marina, Deng Xiao, Miran Waheed, Okamoto Akihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Mechanism of Anaerobic Microbial Corrosion Suppression by Mild Negative Cathodic Polarization on Carbon Steel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology Letters	6. 最初と最後の頁 690 ~ 694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.estlett.0c00383	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 Little B.J., Blackwood D.J., Hinks J., Lauro F.M., Marsili E., Okamoto A., Rice S.A., Wade S.A., Flemming H.-C.	4. 巻 170
2. 論文標題 Microbially influenced corrosion - Any progress?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 108641 ~ 108641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2020.108641	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 Naradasu Divya, Guionet Alexis, Miran Waheed, Okamoto Akihiro	4. 巻 162
2. 論文標題 Microbial current production from <i>Streptococcus mutans</i> correlates with biofilm metabolic activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 112236 ~ 112236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bios.2020.112236	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 ZHANG Shu, MIRAN Waheed, NARADASU Divya, GUO Siyi, OKAMOTO Akihiro	4. 巻 88
2. 論文標題 A Human Pathogen Capnocytophaga Ochracea Exhibits Current Producing Capability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 224 ~ 229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00021	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 La Cava Eugenio, Guionet Alexis, Saito Junki, Okamoto Akihiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Involvement of Proton Transfer for Carbon Dioxide Reduction Coupled with Extracellular Electron Uptake in Shewanella oneidensis MR 1	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electroanalysis	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) 10.1002/elan.201900686	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 HIRANO Seiya, SAITO Junki, YUKAWA Tomoki, SANO Daisuke, OKAMOTO Akihiro, OKABE Satoshi, KITAJIMA Masaaki	4. 巻 88
2. 論文標題 Improvement of Electrochemical Conditions for Detecting Redox Reaction of K3 [Fe (CN) 6] toward the Application in Norovirus Aptasensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 205 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00017	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 Deng Xiao, Dohmae Naoshi, Kaksonen Anna H., Okamoto Akihiro	4. 巻 132
2. 論文標題 Biogenic Iron Sulfide Nanoparticles to Enable Extracellular Electron Uptake in Sulfate Reducing Bacteria	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 6051 ~ 6055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ange.201915196	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 Garber Arkadiy I., Nealsen Kenneth H., Okamoto Akihiro, McAllister Sean M., Chan Clara S., Barco Roman A., Merino Nancy	4. 巻 11
2. 論文標題 FeGenie: A Comprehensive Tool for the Identification of Iron Genes and Iron Gene Neighborhoods in Genome and Metagenome Assemblies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2020.00037	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 Saito Junki, Murugan Muralidharan, Deng Xiao, Guionet Alexis, Miran Waheed, Okamoto Akihiro	4. 巻 na
2. 論文標題 Electrochemical Techniques and Applications to Characterize Single and Multicellular Electric Microbial Functions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bioelectrochemical Interface Engineering	6. 最初と最後の頁 37~53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/9781119611103.ch3	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 Rowe Annette R., Rajeev Pournami, Jain Abhiney, Pirbadian Sahand, Okamoto Akihiro, Gralnick Jeffrey A., El-Naggar Mohamed Y., Nealsen Kenneth H.	4. 巻 9
2. 論文標題 Tracking Electron Uptake from a Cathode into Shewanella Cells: Implications for Energy Acquisition from Solid-Substrate Electron Donors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 mBio	6. 最初と最後の頁 e02203-17-1~19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/mBio.02203-17	査読の有無 無
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 岡本章玄, Deng Xiao	4. 巻 16
2. 論文標題 Energy Acquisition via Electron Uptake by the Sulfate-Reducing Bacterium Desulfovibrio ferrophilus IS5	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Society for Extremophiles	6. 最初と最後の頁 66-74
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 無
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 Deng Xiao, Dohmae Naoshi, Nealson Kenneth H., Hashimoto Kazuhito, Okamoto Akihiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Multi-heme cytochromes provide a pathway for survival in energy-limited environments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eao5682-1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aao5682	査読の有無 無
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 Tokunou Yoshihide, Hashimoto Kazuhito, Okamoto Akihiro	4. 巻 134
2. 論文標題 Electrochemical Detection of Deuterium Kinetic Isotope Effect on Extracellular Electron Transport in <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 e57584-1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/57584	査読の有無 無
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 岡本 章玄	4. 巻 35
2. 論文標題 微生物燃料電池によるエネルギーと物質生産の同時実現へ向けて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊バイオインダストリー	6. 最初と最後の頁 75から83
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 無
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 Okamoto Akihiro, Rowe Annette, Deng Xiao, Nealson Kenneth H.	4. 巻 137
2. 論文標題 Self-standing Electrochemical Set-up to Enrich Anode-respiring Bacteria On-site	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 e57632-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/57632	査読の有無 無
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 Zhang Shu, Merino Nancy, Okamoto Akihiro, Gedalanga Phillip	4. 巻 11
2. 論文標題 Interkingdom microbial consortia mechanisms to guide biotechnological applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microbial Biotechnology	6. 最初と最後の頁 833 ~ 847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1751-7915.13300	査読の有無 無
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 Deng Xiao, Okamoto Akihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Electrode Potential Dependency of Single-Cell Activity Identifies the Energetics of Slow Microbial Electron Uptake Process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 27441-27448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2018.02744	査読の有無 無
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 Murugan Muralidharan, Miran Waheed, Masuda Takuya, Lee Dae S., Okamoto Akihiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Biosynthesized Iron Sulfide Nanocluster Enhanced Anodic Current Generation by Sulfate Reducing Bacteria in Microbial Fuel Cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 4015 ~ 4020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201801086	査読の有無 無
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 Tokunou Yoshihide, Chinotaikul Punthira, Hattori Shingo, Clarke Thomas A., Shi Liang, Hashimoto Kazuhito, Ishii Kazuyuki, Okamoto Akihiro	4. 巻 54
2. 論文標題 Whole-cell circular dichroism difference spectroscopy reveals an in vivo-specific deca-heme conformation in bacterial surface cytochromes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 13933 ~ 13936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8cc06309e	査読の有無 無
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 Naradasu Divya, Miran Waheed, Sakamoto Mitsuo, Okamoto Akihiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Isolation and Characterization of Human Gut Bacteria Capable of Extracellular Electron Transport by Electrochemical Techniques	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 3267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2018.03267	査読の有無 無
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 Okamoto Akihiro, Tokunou Yoshihide, Kalathil Shafeer, Hashimoto Kazuhito	4. 巻 56
2. 論文標題 Proton Transport in the Outer-Membrane Flavocytochrome Complex Limits the Rate of Extracellular Electron Transport	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9082 ~ 9086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201704241	査読の有無 無
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 Rowe Annette R., Yoshimura Miho, LaRowe Doug E., Bird Lina J., Amend Jan P., Hashimoto Kazuhito, Nealson Kenneth H., Okamoto Akihiro	4. 巻 19
2. 論文標題 In situ electrochemical enrichment and isolation of a magnetite-reducing bacterium from a high pH serpentinizing spring	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 2272 ~ 2285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1462-2920.13723	査読の有無 無
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 Junki, HASHIMOTO Kazuhito, OKAMOTO Akihiro	4. 巻 85
2. 論文標題 Nanoscale Secondary Ion Mass Spectrometry Analysis of Individual Bacterial Cells Reveals Feedback from Extracellular Electron Transport to Upstream Reactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 444 ~ 446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.85.444	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計60件（うち招待講演 22件 / うち国際学会 27件）

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Extracellular Electron Transfer by an oral plaque pathogen: Streptococcus mutans UA159
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Extracellular Electron Transfer by oral plaque pathogen: A plausible cariogenesis mechanism
3. 学会等名 つくば医工フォーラム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 生細胞内酵素反応速度の電気化学的測定法の開発
3. 学会等名 つくば医工フォーラム2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 硫酸還元細菌から発見された外膜シトクロムは直接電子移動を媒介する
3. 学会等名 Extracellular Electron Transfer: Mechanisms and Opportunities（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 鉄還元細菌Shewanellaによる細胞外 電子移動と共役した嫌気アンモニア酸化
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 エネルギー欠乏環境において膜シトクロムはエネルギー生産を可能にする
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 円二色偏光を用いた外膜シトクロム構造のその場追跡法
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 高分解能二次イオン質量分析法による電気細菌代謝の一細胞レベル追跡
3. 学会等名 第55回 日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 フラビン反応中心の細胞外電子移動を加速させる重要な構造要因
3. 学会等名 International society for microbial electrochemistry and tech (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 微生物の電気代謝速度を制御する小分子の役割
3. 学会等名 IGER International Symposium on Cell Surface 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Ubiquitous Transmembrane Electric Conduit in Microbial World
3. 学会等名 MANA- i-MATE Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Extracellular electron transport mechanism for microbial electrode catalysis
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Colloid & Interface Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 口腔内細菌叢における細胞外電子移動に関する研究
3. 学会等名 第92回日本生化学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Good and bad living electrode catalysts: Interfacial electron transfer mechanisms between bacteria and electrodes
3. 学会等名 5th International Water Industry Conference 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 発電細菌・固体界面における膜タンパクを介した電子とイオン移動研究の最前線
3. 学会等名 第15回固体イオニクスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Transmembrane Electric Wire Synthesized in Living Bacteria
3. 学会等名 MANA International Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 「運び屋」ではなく「触媒」として働く細菌膜小胞
3. 学会等名 第93回日本細菌学会総会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 電気細菌による嫌気鉄腐食反応機構と応用へ向けた課題
3. 学会等名 NIMSインフラ構造材料パートナーシップ 2020年度第1回研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 「生体における微粒子の機能と制御」多様な細胞外微粒子の生体機能を探る
3. 学会等名 第58回 日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 「健全性崩壊をもたらす微生物による視認不可腐食の分子生物・電気化学的診断及び抑制技術の開発」
3. 学会等名 2020年10月20日第1回腐食分科会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 MICROBIAL CATION AND ELECTRON OUTFLOW ACROSS THE OUTER MEMBRANE PROMOTES FERMENTATIVE ATP FORMATION
3. 学会等名 International union of microbiological societies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 発電する細菌のサイエンスとその利用の新展開
3. 学会等名 愛媛県バイオマス利活用促進連絡協議会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 ハイスループット電極微生物培養は電気細菌の普遍性を示せるか？
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度仙台大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 環境や人体に棲むブラック電気細菌
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度仙台大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄 ロン シズ
2. 発表標題 Mechanobiological Control of Electron Flow via Transmembrane Electric Wire in Living Bacteria
3. 学会等名 MANA international symposium 2021 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Extracellular Electron Transport Mechanisms by Sulfate-reducing Bacteria
3. 学会等名 2020KSBB Fall Meeting and International Symposium: Hybrid Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Perspective for fundamentals and applications in Microbially-induced Corrosion
3. 学会等名 Biocorrosion any progress in reality? A Conceptual Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 ナラダス ディピア
2. 発表標題 Extracellular electron transport(EET) Recovers Fermentation suppressed by Highly Reductive Potential in Streptococcus mutans
3. 学会等名 32nd ANNUAL MEETING of JAPANESE SOCIETY for MICROBIAL ECOLOGY & 10th ASIAN SYMPOSIUM on MICROBIAL ECOLOGY(ASME) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 齋藤 淳貴
2. 発表標題 Analysis on the single-cell metabolic pathway of dual isotope labeled bacteria with nanoscale secondary ion mass spectrometry
3. 学会等名 日本微生物生態学会第 32 回沖縄大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 ムルガン ムラリダハラシ
2. 発表標題 Long-range electron transfer in the conductive dual species aggregates of sulphate reducing bacteria and iron reducing bacteria
3. 学会等名 10th Asian Symposium on Microbial Ecology
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本章玄 鄧 駿
2. 発表標題 Membrane Cytochromes Enable Energy Acquisition in Energy-limited Environments
3. 学会等名 2018 JSME annual meeting & 10th ASME (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Synergetic extracellular electron transfer from dual species in anaerobic conductive sediment
3. 学会等名 Synergetic extracellular electron transfer from dual species in anaerobic conductive sediment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 齋藤 淳貴
2. 発表標題 Simultaneous analysis of single-cell metabolic pathways and bacterial activity with nanoscale secondary ion mass spectrometry (NanoSIMS)
3. 学会等名 17th International Symposium on Microbial Ecology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 微生物鉄腐食研究が与える異分野融合のチャンス
3. 学会等名 日本生物工学会2018年度大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 Proton-Coupled Extracellular Electron Transport via Microbial Outer Membrane Flavocytochromes
3. 学会等名 2018 MRS Fall Meeting & Exhibit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 ナラダス ディビア
2. 発表標題 Low pH induced Extracellular Electron Transfer by an oral pathogen
3. 学会等名 Interdisciplinary Science & Technology for Safety and Quality of Life 9th Annual ISAJ Symposium
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄
2. 発表標題 微生物鉄腐食研究が進める異分野融合の近況
3. 学会等名 微生物腐食分科会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄 Deng Xiao
2. 発表標題 Potential Mechanism of Subsurface Life Fuelled by Extracellular Electron Uptake
3. 学会等名 Australian Microbial Ecology Conference AusME (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本章玄
2. 発表標題 Electron transport between microorganisms and electrodes kinetically controlled by coupled proton transport
3. 学会等名 Recent Progress on Interfacial Energy Conversion
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 徳納吉秀、岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Proton transfer in outer-membrane flavocytochromes limit the rate of bacterial electron transport
3. 学会等名 2017 International Workshop on Electrified Interfaces for Energy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀、橋本和仁
2. 発表標題 Proton Transfer in Outer-Membrane Flavocytochromes Coupled with Extracellular Electron Transport
3. 学会等名 24th International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenerg (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁、Xiao Deng
2. 発表標題 Outer Membrane Multi-heme Cytochromes Enable Extracellular Electron Uptake by Sulfate Reducing Bacteria
3. 学会等名 International union of microbiological societies 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 徳納吉秀、岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 MICROBIAL CATION AND ELECTRON OUTFLOW ACROSS THE OUTER MEMBRANE PROMOTES FERMENTATIVE ATP FORMATION
3. 学会等名 International union of microbiological societies 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Ammonium Oxidation with Nitric Oxide Production by <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1
3. 学会等名 International union of microbiological societies 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀、橋本和仁
2. 発表標題 Microbial Electrocatalysts towards Environmental Technologies: Microbial Current Production Controlled by Coupled Proton Transfer
3. 学会等名 Interdisciplinary Symposium for Up-and-coming Material Scientist
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁、Xiao Deng
2. 発表標題 Multi-heme Cytochromes Found In Oxidized Sulfur Reducing Bacteria Mediate Direct Extracellular Electron Uptake
3. 学会等名 Extracellular Electron Transfer: Mechanisms and Opportunities (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀、橋本和仁
2. 発表標題 Ligation of riboflavin functionalizes outer-membrane cytochromes complex as biological diode in Geobacter sulfurreducens PCA
3. 学会等名 Extracellular Electron Transfer: Mechanisms and Opportunities (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁、Xiao Deng
2. 発表標題 Membrane Cytochromes Enable Energy Acquisition in Energy- limited Environments
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Ammonium Oxidation Coupled with Extracellular Electron Transport by <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 NanoSIMS Analysis of Single Electrogenic Cell Reveals Feedback from Extracellular Electron Transport to Upstream Reactions
3. 学会等名 第55回 日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀、橋本和仁
2. 発表標題 Circular Dichroism Spectroscopy of Living Microbe Reveals Redox-Triggered Conformational Change of Heme Cofactors in Cytochromes
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Critical molecular structure in bound flavin cofactor to enhance the rate of extracellular electron transport
3. 学会等名 International society for microbial electrochemistry and tech (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 徳納吉秀、岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Whole-cell Circular Dichroism Spectroscopy Reveals Inter-Heme Interactions in Cell Surface Cytochrome c
3. 学会等名 IGER International Symposium on Cell Surface Structures 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄
2. 発表標題 How do small molecules govern the rate of microbial electrogenic respiration?
3. 学会等名 IGER International Symposium on Cell Surface 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀
2. 発表標題 Whole-cell Circular Dichroism Spectroscopy Reveals Redox-Triggered Conformational Change of Multi-Hemes Conduit in Cytochromes c
3. 学会等名 MANA International Symposium 2018 Towards Perceptive Nanomaterials, Devices and Systems
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 章玄、Shu ZHANG
2. 発表標題 Currents in human mouth: Oral pathogen Capnocytophaga ochracea proceeds extracellular electron transportation
3. 学会等名 MANA International Symposium 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄、齋藤 淳貴
2. 発表標題 Electrochemical ammonium oxidation with an electroactive microbe
3. 学会等名 MANA International Symposium 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 章玄、ナラダス ディビア
2. 発表標題 Acid stress induced Extracellular Electron Transfer by an oral pathogen Streptococcus Mutans UA159
3. 学会等名 MANA International Symposium 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本章玄、徳納吉秀
2. 発表標題 Conformational change of multi-heme electron conduit in cytochromes c in whole-cell
3. 学会等名 JSPS 10th HOPE meeting
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳納吉秀、岡本章玄、橋本和仁
2. 発表標題 Molecular design of electrocatalysts towards enhancement of interfacial electron transport between microorganism and electrode
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計23件

産業財産権の名称 ゲノム解析方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-208026	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 細胞で産生された膜小胞に由来する塩基配列を解析する方法、その装置、及び、そのプログラム	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-187670	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 ウイルス核酸の測定方法、ウイルス核酸測定装置、プログラム、センサ、積層電極、及び、電極付き基板	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-172265	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 感受性測定装置、及び、感受性測定方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-127100	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 電気細菌回収用の複合粒子、電気細菌回収用の複合粒子の製造方法、及び、電気細菌の回収方法	発明者 岡本章玄・李 偉鵬	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-127101	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 プローブ分子探索装置、及び、プローブ分子の探索方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-096780	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 検出装置、及び、データ収集方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/019026	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 診断装置、及び、プログラム	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-070820	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 薬剤感受性測定方法、及び、薬剤感受性測定装置	発明者 岡本章玄・グイヨネ アレクシ・ナラダス ディビア	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/015037	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 測定装置、測定方法、プログラム、及び、バイオセンサ	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/012673	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 微生物汚染の評価方法、洗浄方法の評価方法、洗浄方法、プログラム、微生物汚染の評価装置、洗浄方法の評価装置、及び、洗浄装置	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-016032	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 測定装置	発明者 岡本章玄・李 偉鵬	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-016030	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 微生物汚染の評価方法、洗浄方法の評価方法、洗浄方法、微生物汚染の評価装置、洗浄方法の評価装置、洗浄装置、及び、プログラム	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-016031	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 システム、サーバ装置、クライアント装置、バイオセンサ、バイオセンサセット、データ取得装置、及び、プログラム	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-202181	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 スクリーニング装置、スクリーニング方法、及び、マルチウェルプレート	発明者 岡本章玄・齋藤 淳貴	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-159439	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 測定装置、及び、評価方法	発明者 岡本章玄・李 偉鵬	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/030791	出願年 2019年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 診断装置、分析方法、及び、プログラム	発明者 岡本章玄・ナラダス ディビア	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/026797	出願年 2019年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 検知方法、及び、配管保守方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-070306	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 微生物培養方法、微生物培養装置、及び、二酸化炭素還元装置	発明者 岡本章玄・トウ ギョ ウ	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-054000	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 細胞外電子移動作用に関する酵素及びその利用	発明者 岡本章玄・トウ ギョ ウ	権利者 物質材料研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-532139	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 口腔バイオフィルムの内部に存在する病原性細菌の活性を低減させる方法および口腔用組成物	発明者 岡本章玄・ナラダス ディビア・西原達 次・沖永敏則	権利者 物質材料研究機 構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-000022	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 容器の製造方法、硫化水素収容体の製造方法、及び、硫化水素の充填方法	発明者 岡本章玄	権利者 物質材料研究機 構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-206466	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電流発生菌の活性調整剤および微生物燃料電池システムの出力調整方法	発明者 岡本章玄・北島 正 章・石原 令梧・岡 部 聡	権利者 物質材料研究機 構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-140039	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>SAMURAI https://samurai.nims.go.jp/profiles/okamoto_akihiro 研究室ホームページ http://www.nims.go.jp/nanointerface/iecmc_nims/index.html SAMURAI NIMS Researchers Directory Service https://samurai.nims.go.jp/profiles/okamoto_akihiro?locale=ja SAMURAI NIMS Researchers Directory Service https://samurai.nims.go.jp/profiles/okamoto_akihiro?locale=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
---------------------------	-----------------------	----

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