

令和 5 年 9 月 28 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02460

研究課題名（和文）微生物腐食のダイナミクスと影響因子を実証解明し診断基準と対策原理を構築する

研究課題名（英文）Elucidate the dynamics and influencing factors of bio-corrosion then establish diagnostic criteria and countermeasure principles for bio-corrosion

研究代表者

宮野 泰征（MIYANO, YASUYUKI）

秋田大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：60466589

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：微生物の直接/間接的作用により構造材料に大規模な腐食が誘導される現象（微生物腐食機構）の実証解明研究を行った。金属学的因子と微生物付着/腐食発生との相関について、材料学を基本とした腐食解析に、微生物腐食の可視化技術と最新遺伝子解析技術を連成し、革新的な微生物腐食研究へと展開し推進した。40種類以上の構造材料/材料組織を対象に、自然環境中で付着し、優占化する微生物種の知見を集積し、腐食誘導と微生物叢の動態の変遷を明らかにした。耐食鋼におこる微生物腐食機構を新規に提唱し、微生物腐食を診断する技術、さらには微生物腐食のリスクを予測し、対策/抑止する技術に展開する可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

微生物腐食を誘導する金属学的因子の影響の実証的理解を目指し、材料種、元素濃度、組織特性などを評価軸とした革新的な微生物腐食研究を展開した。最新遺伝子解析を適用し、環境を構成する微生物群、金属学的因子に局在する微生物群、バイオフィルムの構成・動態の詳細を網羅的に解析し、金属学的因子と微生物の相互作用に関わる新知見を集積した。同手法により、腐食発生、電位質化挙動といった材料劣化の経時変動と、微生物個体数/群集構造（叢）の動態との相関も明らかにした。

微生物腐食に関わる金属学的因子と微生物要因を明らかにし、微生物腐食診断技術と、微生物腐食のリスク管理のための技術の構築へ向けた研究基盤を形成した。

研究成果の概要（英文）：A research to elucidate the phenomenon in which severe corrosion is induced in structural materials by the direct / indirect action of microorganisms i.e., microbiologically influenced corrosion, have been conducted. The research was focused on the correlation between metallurgical factors and microbial adhesion/corrosion, and developed an innovative research by coupling corrosion analysis with visualization and genetic analysis. Our research team has accumulated knowledge of microbial species that adhere and dominate in the natural environment and clarified the evolution of corrosion induction and the dynamics of microflora on more than 40 structural materials/microstructure. The microbial corrosion mechanism on some corrosion-resistant steel was newly proposed, and the possibility of developing a technology to diagnose microbial corrosion and a technology to predict the risk of microbiologically influenced corrosion and to prevent/control it was demonstrated.

研究分野：微生物腐食

キーワード：微生物腐食 ステンレス鋼 溶接部 バイオフィルム 次世代シーケンス 定量PCR 電位 腐食形態

## 1. 研究開始当初の背景

腐食損失額と腐食対策費の合計は腐食コストと呼ばれる。現在、日本の腐食コスト総額は年間数兆円規模と報告され、多くの費用と労力が対策に投じられている。対策としてステンレス鋼などの耐食性材料の活用も図られているが、微生物腐食への免疫性は十分ではなく、その溶接部などはリスク要因ともなっている。微生物腐食は、材料にとって十分に温和な環境で、甚大・迅速に腐食が発生/進展する事象である。材料選定・施行に合理性を欠かない限り、腐食は想定外のアクシデントとして顕在化する。このような腐食現象の解析・評価は、構造材料/構造化技術の信頼性に直結するため、材料工学上の重要課題と位置付けられる。

微生物腐食の発生は、金属表面への微生物の着床、バイオフィーム形成、バイオフィーム近傍/直下での腐食発生という過程に従うとされる。局所的な腐食環境が金属/微生物界面に形成される可能性が指摘されているが、腐食機構および原因微生物の種類・作用などについての多くは未解明である。これに対し研究代表者らは、金属/微生物の双方を対象としたその場観察で、金属表面の微細組織と微生物局在、腐食と微生物付着の位置相関を実証的に示す斬新な研究を展開している。現在は、金属組織と微生物腐食形態との相関評価、微生物が耐食性劣化に及ぼす影響の定量的/速度論的検証など、材料学的視点からの微生物腐食研究への研究成果を精力的に公表して注目を集めている。また、材料系の学協会の活動を主導して、微生物腐食研究の学際化への推進している。

微生物腐食診断、対策/抑止に目を転じると、耐食性金属の電位貴化を指標としたリスク判定が実施されてきた経緯はあるが、材料学的因子と環境中の微生物構成・動態・機能との相関性を系統的に評価した検討は稀有である。腐食解析において微生物腐食の明確な診断基準を確立できていない現状、微生物以外の環境腐食因子や、材料選択/構造化技術などに瑕疵がない場合に、消去法的に推定される腐食類型という側面を否定できない。微生物腐食を正確に診断し、微生物腐食のリスク管理に寄与する材料学的知見も極めて少ない。

## 2. 研究の目的

微生物腐食を可視化することで腐食を誘導する金属学的因子の影響を実証的に解明する。この可視化技術に、最新遺伝子解析技術と腐食解析を連成し、微生物腐食に関わる金属学的因子と微生物要因を体系的に理解する。特に、耐食性材料の電位貴化や腐食を支配する微生物や微生物機能に関わる知見の充実を図る。上記検討をもとに、微生物腐食診断技術と、微生物腐食リスクを管理するための学理充実/技術構築を目指す。

## 3. 研究の方法

好気性淡水環境でステンレス鋼の自然電位の異常貴化が誘発され微生物腐食が疑われる事例の解析を基盤に、フィールド調査、そしてラボ実証試験を骨格とした微生物腐食機構解明研究を展開する。フィールド調査では、幾つかの金属学的因子を対象に、腐食を誘導する微生物要因の網羅的な解析を実施する。ラボ実験では、確認された腐食に関わる因子の相関を、微生物腐食モデルとして抽出する。導出された知見を整理し、既知の解析知見や微生物遺伝子情報などとの相関性を検証し、微生物腐食診断/リスク管理のための基礎を構築する。

### (1) 金属学的因子を導入した評価用試料の作製/準備

ステンレス鋼の溶接金属などは微生物の付着/局在を誘導し、腐食発生の起点となる。Crなどの合金元素濃度をパラメータに設定し、腐食を誘導する生物要因を、可視化、微生物解析、腐食工学的手法で解析していく。調査対象には、微生物腐食事例が豊富なオーステナイト系ステンレス鋼の溶接/熱影響組織なども考慮する。熱処理炉、溶接機、および熱間加工再現試験機により組織制御等を実施する。析出/鋭敏化(MnSやCr<sub>23</sub>O<sub>6</sub>など) / 分率、結晶粒径、酸化スケールなどを金属学的因子パラメータに有する試料を得る。Cr, Ni, Mn, S, P, Cu, Agなどの元素については、微生物付着/電位貴化の誘導/忌避性との相関が指摘されているため、評価のための鋼種、金属、溶接剤を適宜準備/活用を図る。

### (2) フィールド試験：微生物腐食を誘導する微生物要因の解析

<可視化> コロニーの形成位置、分布、形状と金属学的因子との相関(主に付着量)を調査する。腐食の発生位置/形態について系統的に調査する。

<微生物解析> 試料表面から、拭き取りまたは超音波洗浄により解析の対象とする微生物群を回収し、個体数は定量PCR、種の同定は次世代シーケンスを活用し迅速に解析する。トランスクリプトーム解析により腐食に関与する微生物機能/作用物質についても調査する。

<腐食解析> 試験中の自然電位変動を自動計測装置により監視する。バイオフィームのICP分析、腐食生成物、表面のX線/蛍光エックス線による評価を行う。SEM-EDXによる腐食形態/組織の解析、レーザー顕微鏡による腐食損傷の定量を実施する。

<連成解析> 電位/腐食と微生物叢構成/微生物機能の相関を検討する。バイオフィーム、腐食生成物と微生物機能評価により推定される作用物質との関連性を評価する。

### (3) ラボ試験：構築腐食モデルによる実証試験

<可視化> バイオフィームの形成位置、分布、形状と金属学的因子との相関を調査する。特に金属ミクロ組織と微生物付着/腐食との相関、腐食発生形態に対し系統的調査を実施する。

<微生物解析> 環境水サンプル/バイオフィームから回収した微生物の動態がどのように再現されるかをラボ実験で検証する。腐食再現が著しいバイオフィームの菌叢構成、微生物機能を解析し、微生物腐食診断のためのデータベースを立案する。

<腐食解析> 再現試験中の非破壊電位計測（自然電位、LPR）により評価する。微生物を要因とする耐食性劣化影響を、JIS法（孔食電位、EPR）の側面からも検討し、影響を定量的/速度論的に評価する。

<連成解析> 腐食進展/バイオフィーム形成動態と電位変動の相関を正確に把握し、腐食を駆動する生物要因明らかにする。腐食進行中の菌叢の変遷、電位変動中の微生物機能など腐食を駆動する微生物動態を実時間で解析する。最新のバイオフィーム構造解析技術で、腐食発生時のバイオフィームを構成する微生物叢の構成/空間分布を詳細に解明する。

(4) 微生物腐食診断/リスク管理のための基礎の構築

2020年度までに蓄積した知見をもとに、微生物腐食に関わる金属学的因子と微生物要因をデータベース化、あるいは主座標解析などの統計学的手法を用いて体系/類型化する。診断技術としての活用の可能性/有用性を、ラボ再現試験、既知の事例解析、遺伝子ライブラリー情報検索の結果と照合し検証する。金属学的因子（例えば溶接/熱影響組織や酸化スケール等）におこる微生物を要因とする耐食性劣化の機構を理解し、微生物腐食に免疫となる組織制御や、溶接プロセスの提案に向けた原理を構築し、実証するための検討も行う。

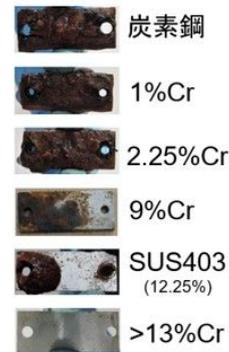


図 1. Cr 濃度に対応した腐食の様子

4. 研究成果

(1) 金属学的因子を導入した評価用試料の作製/準備

40種類以上の構造材料（組織制御材を含む）を準備し、電位測定、腐食解析、菌叢解析を実施するための試験片を作製した。用意した試験片を使用し最長22カ月におよぶフォールド試験を実施し、期間中の電位変動の調査に加えて、試験片の表面状態（腐食形態）試験片表面の菌叢などの評価を行った（図1）。

(2) フィールド試験：微生物腐食を誘導する微生物要因の解析

コロニーの形成位置、分布、形状と金属学的因子との相関（主に付着量）を調査した。腐食の発生位置/形態について系統的に調査した。試料表面から、拭き取りまたは超音波洗浄により解析の対象とする微生物群を回収し、個体数は定量PCR、種の同定は次世代シーケンスを活用し迅速に解析した。電位/腐食と微生物叢構成/微生物機能の相関を検討する。バイオフィーム、腐食生成物と微生物機能評価により推定される作用物質との関連性を評価した。図2は、鋼材の最終腐食形態と浸漬期間中の微生物叢の構成を示した結果である。このような解析により、腐食に関与する微生物の動態を明らかにした。

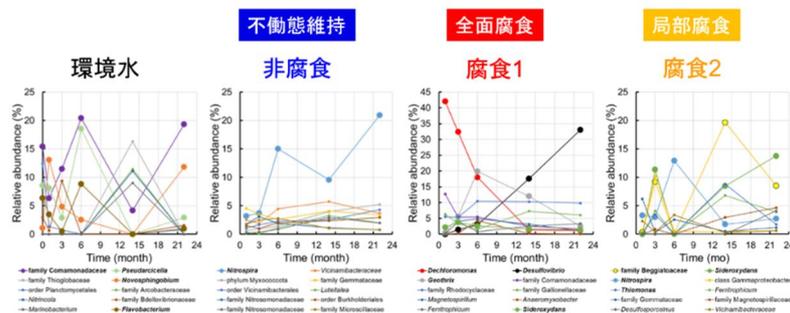


図 2. 次世代シーケンスによる試験片上の微生物のゲノム解析結果

図2は、鋼材の最終腐食形態と浸漬期間中の微生物叢の構成を示した結果である。このような解析により、腐食に関与する微生物の動態を明らかにした。

(3) ラボ試験：構築腐食モデルによる実証試験

バイオフィームの形成位置、分布、形状と金属学的因子との相関を調査した。耐食鋼の場合、アノードとカソードでの電位差が菌叢形成に関与するとの仮説をうちたて検証を行った。ラボスケールで微生物活性を維持可能なフローセルを構築し、電位モニタリング下での腐食および微生物叢形成の調査を行った。図3は、試料極（W.E.）と対極（C.E.）に電位差を形成させた状況での微生物叢を次世代シーケンスで解析した結果である。電子流入極で、電子受容型の細菌：

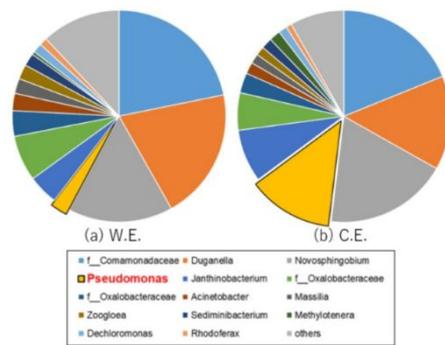


図 3. W.E. と C.E. の微生物群集の違い

*Pseudomonas sp.* が優占化する傾向を確認し、仮説を再現検証することに成功した。

(4) 微生物腐食診断/リスク管理のための基礎の構築

微生物腐食に関わる金属学的因子と微生物要因をデータベース化、あるいは主座標解析などの統計学的手法を用いて体系/類型化を行った。診断技術としての活用の可能性/有用性を、ラボ再現試験、既知の事例解析、遺伝子ライブラリー情報検索の結果と照合し検証した。金属学的因子（例えば溶接/熱影響組織や酸化スケール等）におこる微生物を要因とする耐食性劣化の機構を理解し、微生物腐食に免疫となる組織制御や、溶接プロセスの提案に向けた原理を構築し、実証するための検討を開始した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 MIYANO Yasuyuki	4. 巻 89
2. 論文標題 Bio-corrosion Study Using In-situ Observation Technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 561 ~ 565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2207/jjws.89.561	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 宮野 泰征、若井 暁、宮永 一彦、砂場 敏行、水上 裕貴、江野 七海	4. 巻 60
2. 論文標題 淡水系の微生物腐食リスク環境における銅の腐食挙動と微生物への作用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 銅と銅合金	6. 最初と最後の頁 150 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34562/jic.60.1_150	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 Satoshi Wakai, Nanami Eno, Hirotaka Mizukami, Toshiyuki Sunaba, Kazuhiko Miyanaga, Yasuyuki Miyano	4. 巻 6
2. 論文標題 Dynamics of microbial communities on the corrosion behavior of steel in freshwater environment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Materials Degradation	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/s41529-022-00254-0	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 Satoshi Wakai, Nanami Eno, Kazuhiko Miyanaga, Hirotaka Mizukami, Toshiyuki Sunaba, Yasuyuki Miyano	4. 巻 13
2. 論文標題 Microbiologically influenced corrosion of stainless steel independent of sulfate-reducing bacteria	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.2022.982047	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 若井暁, 砂場敏行, 宮野泰征	4. 巻 66
2. 論文標題 微生物腐食の新展開 : 動的解析のススメ	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 防錆管理	6. 最初と最後の頁 426-433
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 Yasuyuki Miyano, Satoshi Wakai, Kazuhiko Miyanaga, Toshiyuki Sunaba, Hirotaka Mizukami, Nanami Eno	4. 巻 10
2. 論文標題 Corrosion Behavior and Action of Microbes on Copper in a Freshwater, Microbiologically Influenced Corrosion Risk Environment	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 280-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.mt-d2022004	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 -

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 井上有人, 西川聡, 八代仁, 伊藤菜々子, 尾花望, 野村暢彦, 川村将也, 宮野泰征
2. 発表標題 SUS304 オーステナイト系ステンレス鋼の微生物腐食感受性に及ぼす粒界クロム欠乏層の影響
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第180 回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤菜々子, 尾花望, 渡辺宏紀, 稲葉知大, 宮野泰征, 野村暢彦
2. 発表標題 海洋単離株FT01 の環境変化に応じた金属腐食
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第180 回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮野泰征、若井暁、宮永一彦、砂場敏行、水上裕貴、江野七海
2. 発表標題 耐食鋼の電位貴化誘導環境下における銅・銅合金の腐食 / 対微生物挙動
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第180 回秋季講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上有人、西川聡、八代仁、伊藤菜々子、尾花望、野村暢彦、川村将也、宮野泰征
2. 発表標題 SUS304 鋼溶接熱影響部の微生物腐食感受性に及ぼす粒界クロム欠乏層の影響
3. 学会等名 2020年度 溶接学会秋季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮野泰征、内田政輝、高橋裕大、姚程巍、鴫田駿、伊藤菜々子、尾花望、宮川大、野村暢彦
2. 発表標題 微生物腐食誘導環境における SUS304鋼の腐食感受性評価
3. 学会等名 材料と環境 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江野七海、宮野泰征、若井暁、宮永一彦、鹿嶋賀実、渡邊光司、小林将、本間一平、水上裕貴、砂場敏行
2. 発表標題 工業用水環境における金属材料の微生物腐食事例と実環境浸漬試験
3. 学会等名 材料と環境 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若井 暁、江野七海、宮永一彦、宮野泰征、砂場敏行、水上裕貴、鹿嶋賀実、渡邊光司、小林 将、本間一平、高井 研
2. 発表標題 工業用水環境に浸漬した試験片上の微生物群集構造の解析
3. 学会等名 材料と環境 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wakai Satoshi, Miyanaga Kazuhiko, Eno Nanami, Mizukami Hiroataka, Sunaba Toshiyuki, Kashima Yoshimi, Watanabe Koji, Kobayashi Tasuku, Miyano Yasuyuki, Tkai Ken
2. 発表標題 Corrosion and Microbiome of Various Metal Coupons Immersed in a Metal-corrosion Fresh Water Environment
3. 学会等名 World Microbe Forum
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Miyagawa, Nozomu Obana, Nanako Ito, Tomohiro Inaba, Yasuyuki Miyano, Nobuhiko Nomura
2. 発表標題 Identification of metal-corrosive biofilm related genes in marine bacterium FT01
3. 学会等名 INTERFINISH2020
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuyuki Miyano, Satoshi Wakai, Kazuhiko Miyanaga, Toshiyuki Sunaba, Hiroataka Mizukami, Nanami Eno, Yoshimi Kashima, Koji Watanabe, Tasuku Kobayashi, Ippei Homma
2. 発表標題 Corrosion and Microbiome analysis for some structural materials exposed in an MIC risk suspected environment
3. 学会等名 INTERFINISH2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuyuki Miyano, Satoshi Wakai, Kazuhiko Miyanaga, Toshiyuki Sunaba, Hirotaka Mizukami, Nanami Eno, Yoshimi Kashima, Koji Watanabe, Tasuku Kobayashi, Ippei Homma
2. 発表標題 Corrosion study and Microbiome analysis for some structural materials exposed in an industrial water environment
3. 学会等名 NACE EAPA 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮野泰征、小代田宗一、門井浩太、川畑竣大、井上裕滋
2. 発表標題 ステンレス鋼溶接金属中のCu濃度と微生物挙動の相互作用
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第183 回春季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 砂場敏行、宮野泰征、若井暁、宮永一彦、江野七海、水上裕貴
2. 発表標題 工業用水環境における金属材料の微生物腐食事例と浸漬試験
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第183 回春季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若井暁、砂場敏行、江野七海、水上裕貴、宮永一彦、宮野泰征
2. 発表標題 淡水環境での腐食生成物中の微生物群集構造の遷移
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会 第183 回春季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮野泰征, 田井光太郎, 鴫田駿, 水上裕貴, 砂場敏行, 若井暁
2. 発表標題 オーステナイト系ステンレス鋼鋭敏化組織の微生物腐食感受性に関する検討
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会第184回秋季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 門井浩太, 宮野泰征, 川畑竣大, 小代田宗一, 井上裕滋
2. 発表標題 Cu合金/ステンレス鋼異材肉盛溶接部の組織形態と抗菌性
3. 学会等名 一般社団法人 溶接学会 2022年度秋季全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若井暁, 水上裕貴, 砂場敏行, 宮永一彦, 宮野泰征
2. 発表標題 抗菌材料を含む20種金属材料上のバイオフィルム・腐食生成物中の特徴的な微生物群集構造
3. 学会等名 第 69 回材料と環境討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮野泰征, 田井光太郎, 鴫田駿, 砂場敏行, 水上裕貴, 若井暁
2. 発表標題 深海底における各種金属材料の腐食試験と微生物群集構造
3. 学会等名 第23回極限環境生物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若井暁, 水上裕貴, 砂場敏行, 宮永一彦
2. 発表標題 同一淡水系工業用水を起源とする好気および嫌気環境での金属表面の微生物群集構造の差異
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮川大, 尾花望, 伊藤菜々子, 相沢慎一, 宮野泰征, 野村暢彦
2. 発表標題 金属腐食性海洋単離株FT01のべん毛を介した運動性と金属表面付着の解析
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮野泰征, 田井光太郎, 鴫田駿, 砂場敏行, 水上裕貴, 若井暁
2. 発表標題 ステンレス鋼表面の微生物叢形成に及ぼす電位の影響
3. 学会等名 一般社団法人日本鉄鋼協会第185回春季講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮川大, 尾花望, 伊藤菜々子, 相沢慎一, 宮野泰征, 野村暢彦
2. 発表標題 金属腐食性海洋細菌の運動性とステンレス鋼表面への付着におけるマルチコピーフラジェリン遺伝子の異なる役割
3. 学会等名 第53回ピブリオシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Wakai, Nanami Eno, Hirotaka Mizukami, Toshiyuki Sunaba, Ippei Homma, Koji Watanabe, Tasuku Kobayashi, Yoshimi Kashima, Kazuhiko Miyanaga, Yasuyuki Miyano
2. 発表標題 Microbial dynamics during corrosion in freshwater environment
3. 学会等名 EUROCORR2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Miyagawa, Nozomu Obana, Nanako Ito, Shin-ichi Aizawa, Yasuyuki Miyano, Nobuhiko Nomura
2. 発表標題 Distinct roles of multicopy flagellin genes in motility and adhesion to stainless-steel surface in a metal corrosive marine bacterium
3. 学会等名 ASM conference on biofilms
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Miyagawa, Nozomu Obana, Nanako Ito, Shin-ichi Aizawa, Yasuyuki Miyano, Nobuhiko Nomura
2. 発表標題 Role of multi-flagellins in the metal-corrosive bacterium
3. 学会等名 日本細菌学会関東支部インターラボセミナー
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Yasuyuki Miyano, Sreekumari K. R. Chapter16	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Books	5. 総ページ数 237
3. 書名 Electron-Based Bioscience and Biotechnology	

1. 著者名 宮野泰征; 第4章, 4節	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 358
3. 書名 抗菌・抗ウイルス剤の最新動向	

1. 著者名 野村暢彦著	4. 発行年 2023年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティ・エス	5. 総ページ数 372
3. 書名 バイオフィルム革新的制御技術	

〔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	尾花 望  (Obana Nozomu)  (00722688)	筑波大学・医学医療系・助教   (12102)	
研究分担者	若井 暁  (Wakai Satoshi)  (50545225)	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(超先鋭研究開発プログラム)・副主任研究員   (82706)	
研究分担者	宮永 一彦  (Miyanaga Kazuhiko)  (40323810)	東京工業大学・生命理工学院・助教   (12608)	

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