

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03344

研究課題名（和文）発汗成分モニタリングのためのウェアラブルセンサの創成と熱中症との相関解析

研究課題名（英文）Creation of a wearable sensor for monitoring perspiration components and analysis of correlation with heat stroke

研究代表者

四反田 功 (Shitanda, Isao)

東京理科大学・創域理工学部先端化学学科・准教授

研究者番号：70434024

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、生体親和性が高く、汗を連続サンプリングできるウェアラブル発汗センシングシステムの構築を目指した。汗の成分と熱中症の相関解析を行った。従来の方法では発汗成分の正確な評価が困難であり、新たに発汗量をリアルタイムで測定可能な流路とイオンセンシングを組み合わせたセンサを開発した。さらに、汗中の乳酸から発電するバイオフィューセルと一体化したマルチセンサを開発した。熱中症予兆を非侵襲的に検出するセンサ技術を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「熱中症を防ぐためには、塩飴をなめる、首元を冷やす」などいろいろな対策が取られてきた。しかし、どの程度の処置が適切で、どのような効果を心身にもたらすのか？強いていえば、個人によってその効果は異なるため、「熱中症の個人ごとの質的評価」については未だ科学的手法が確立されていなかった。そこで本研究では、暑熱環境下における熱中症の予兆を体液中のバイオマーカーから評価する新たな手法について研究した。特に、脱水症状と疲労のマーカーであると想定される、ナトリウムイオン、塩化物イオン、アンモニウムイオン、乳酸イオンと熱中症との相関について検証した。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to construct a wearable perspiration sensing system with high biocompatibility and continuous sweat sampling. Correlation analysis between sweat components and heat stroke was conducted. Since accurate evaluation of perspiration components is difficult with conventional methods, we developed a new sensor that combines a flow path and ion sensing to enable real-time measurement of perspiration volume. Furthermore, we developed a multi-sensor integrated with a biofuel cell that generates electricity from lactate in sweat. A sensor technology for non-invasive detection of signs of heat stroke was established.

研究分野：電気分析化学

キーワード：バイオセンサ ウェアラブル 熱中症

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「熱中症を防ぐためには、塩飴をなめる、首元を冷やす」などいろいろな対策が取られてきた。しかし、どの程度の処置が適切で、どのような効果を心身にもたらすのか？強いといえば、個人によってその効果は異なるため、「熱中症の個人ごとの質的評価」については未だ科学的手法が確立されていない。そこで本研究では、暑熱環境下における熱中症の予兆を体液中のバイオマーカーから評価する新たな手法について研究する。

特に、脱水症状と疲労のマーカーであると想定される、ナトリウムイオン、塩化物イオン、アンモニウムイオン、乳酸イオンと熱中症との相関について詳細に検証する。また、脱水症と相関がないとされているカリウムイオンの濃度変化を用いた新奇な発汗量測定の要素技術検証を行う。

熱中症とは、体内の水分・塩分バランスが崩れることで、体内の調整機能が破綻するなどして発症する障害の総称であり、熱失神、熱けいれん、熱疲労、熱射病などの症状が現れる。

熱中症予防のためには、I度(めまいや手足のしびれ)の症状が現れたとき、もしくは現れる直前の状態を正確に捉えることで、適切な処置を行い、症状が重篤化すること防ぐことが重要である。このため、心拍や表皮体温を測ることによって、現場の暑熱ストレインの評価を行い、熱中症の初期症状を把握する試みがなされている。しかしながら、心拍や表皮体温を測ることのみでは未だ熱中症を正確に判定することはできていない。

一方で正常時において熱中症の予兆を検知するためには、発汗量や汗の成分を測定することが有効であるという仮説が成り立つ。それにも関わらず、これらの測定が熱中症の予兆判定には用いられていない。これは発汗量や汗の成分を計測する技術が未だ未確立である、発汗量や汗の成分の経時変化と熱中症との相関が未だ未解明である、という2つの課題が挙げられる。

研究代表者と分担者(辻村,美川)は、JST-ASTEPの戦略重点テーマ課題(2016-2021年度、テーマ名「バイオ燃料電池を搭載したウェアラブルヘルスケアデバイスの創成」)において、スポーツ用途向けの環境発電技術としてウェアラブルバイオ燃料電池の開発に取り組んできた。一方、近年ウェアラブル・デバイスは、健康管理だけでなく、高齢者や子供の見守り等、コミュニティ再生への貢献が期待してきたが、既存のセンシングテクノロジーは電力の供給が常に問題となっている。体液から発電可能なバイオ燃料電池を用いたウェアラブル・デバイスは、エネルギー供給と様々な生体センシング機能との両方を同時に兼ね備え、既存技術に比べて極めて高い優位性を有すると期待されている。また、研究代表者と分担者(辻村)は、科研費基盤研究(B)(2017-2019年度)において、汗中のイオン種をモニタリングする要素技術の研究をおこなってきた。

上記の研究は、産官学の幅広い分野から注目をされ、様々な意見を頂戴した。このなかで、現在工事現場やスポーツの現場などにおいて熱中症をウェアラブルデバイスによって集中管理したいが、熱中症の評価手法は未だ研究途上であるという知見を得た。また、発汗量や発汗成分から得られるバイタルデータと熱中症との相関を解明した事例はほぼ皆無であるということから、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では生体親和性が高く、汗を定量的かつ自発的に連続サンプリング可能な流路を有するウェアラブル発汗センシングシステムを構築することを目的とする。また、発汗成分の時間変化と熱中症との相関解析を行う。

発汗量や発汗成分はこれまでは活動後に、汗をサンプリングして機器分析を行うことで評価されてきたが、この手法では経時的に変化する体調との相関はとれない。また、発汗量を評価できないと、目的の発汗成分の濃度が正確に定まらない。このため、発汗中の成分モニタリングにおいては、汗腺から効率よく汗を採取・排出可能な流路の作製が必要となる。発汗量のモニタリングにおいては、流路とカリウムイオンセンシングを利用した新規発汗量計を開発する。発汗量のリアルタイム測定は、現在湿度計を利用したものが開発されているが、未だ小型かつ汎用性の高いものがない。申請者らは、暑熱順化しても発汗によるカリウムイオン濃度は変化がほぼないという点に注目することで、薄膜かつフレキシブルな流路を有するイオンセンサを利用し、汗の蒸散と共にイオン種が濃縮されて濃度が増加することを捉えることで発汗量の連続モニタリングが可能になると考えている。汗腺から出る数 mL min^{-1} のごく微量の発汗量を半日連続計測することを目指す。これは従来にはない計測概念であり独創性が非常に高い。

また、汗中のイオンや乳酸を連続的に長期間モニタリング可能かつ体液成分を燃料として駆動するウェアラブルバイオセンサの開発を行い、開発した流路と組み合わせることでセンシングシステム化する。乳酸センサは、さまざまな研究例があるが、数時間安定に汗中の乳酸濃度をモニタリング可能な自己駆動型乳酸センサデバイスは未だ確立されていない。これは汗中のpH付近で高い活性を示す乳酸酸化酵素の取得や、新奇の酵素の固定化法の確立によって解決できると考えている。人汗中の乳酸濃度は $5\text{-}100 \text{ mmol dm}^{-3}$ の範囲で変化するとされていて、熱中症になると乳酸アシドーシスと呼ばれる、血中・汗中の乳酸値が増加する現象が起こる。この現

象を開発したシステムを実装して、熱中症を模擬した環境下で評価解析を行い有用性の確認を行う。

また、ゲルに皮膚を接触させるだけで非侵襲的に間質液の抽出と検出を連続的に行うセンサ技術を用いて、発汗量が十分でない場合にも間質液成分の中で、熱中症の予兆を顕著に反映し得る物質を選定する。本手法は、これまでに類をみないセンシングシステムであると共に、熱中症の初期症状との相関を見いだせれば、学術的に非常に意義がある。

3. 研究の方法

(1) 汗中の成分のマルチセンシング法の確立

イオノフォアを担持したインクを調製し、不織布や PET 基板上に印刷することでフレキシブルなイオンセンサ (Na⁺や K⁺, Cl⁻, NH₄⁺) を作製する。発汗中のイオン濃度をセンサ間の誤差を ±5%以内に抑え、かつ 12 時間連続使用可能なセンサを開発する。

(2) 汗の連続供給、排出手法の検証および発汗量センサの開発

汗は発生量が数 $\mu\text{L}/\text{min}$ 程度と微量なため、正確な発汗量の評価手法は未確立であり、そのため、汗センサ内での連続的な供給機構は手法が確立されていない。本研究では、気泡の滞留がない効果的な送液機構を検証し、シミュレーションと実験によってその効果を確認する。センサ部でのイオン輸送を妨げない排出機構も重要であり、併せて開発を行う。

また、発汗量の定量的評価が可能になると、イオンセンシングと組み合わせることで、より精緻な熱中症の検知につながる。本研究では、0.1~10 $\mu\text{L}/\text{min}$ レンジの極微量発汗量の評価が可能なウェアラブル流量センサを開発し、マルチセンサに組み込む。

(3) 汗中の乳酸から発電可能なウェアラブルバイオ燃料電池の開発と、マルチセンサとの一体化技術の確立

強度と柔軟性を併せ持つ布や紙素材を基板とした新たな薄膜型バイオ燃料電池の設計・製造を行う。転写印刷による新たな電池形成技術の確立を目指す。

(4) 間質液分析を目指したウェアラブル間質液センサの開発

皮下の血管周囲に染み出した血液成分、すなわち間質液成分を利用できると、汗成分の代替として熱中症リスクを管理できる可能性がある。本研究では、センサシグナルの微分値（蓄積速度）を指標とした間質液成分のゲル内蓄積速度モニタリング、およびセンサのウェアラブル化を目指す。間質液成分 (Na⁺, K⁺, Cl⁻, NH₄⁺のいずれか) を含む生理食塩水をゲル表面に人為的に供給しながら（流路系の使用を想定）その経時的濃度変化（0.1~100mM の範囲）をシグナルの微分値としてモニタリング可能とする。

(5) 実装評価試験による有用性の確認とデータ解析

上記(1)~(4)の評価結果をフィードバックし、最適な自己駆動型センシングデバイスを構築し、熱中症を想定した負荷実験中の汗中の乳酸・糖・電解質成分のマルチモニタリングを行い、他のバイタルパラメータとの相関性・疲労度との関連性について詳細に検証する。被験者に対して、暑熱環境下における実装の可能性を評価する。運動条件は、有酸素運動条件（中程度の長時間運動）、高強度間欠的運動のモニタリングを行い、総合的な実装評価を行う。

4. 研究成果

(1) 汗中の成分のマルチセンシング法の確立

汗中のイオンをリアルタイムでモニタリングするウェアラブルイオンセンサーを開発した。センサーは熱転写印刷技術を用いて製作され、不織布に転写可能である。これにより、様々な衣類に簡単に取り付けることができる。センサーは -59.5 mV/log C のネンスト応答を示し、ポラントニアによる運動試験で効果が確認された。また、精度はおおよそ ±5%以内に抑えられた（ラボテスト）。センサーはワイヤレス送信機と組み合わせて、汗中のイオンをリアルタイムで無線モニタリング可能であることが示された。また、運動試験中の汗の量と運動強度に対して有意な反応を示した。

(2) 汗の連続供給、排出手法の検証および発汗量センサの開発

微小な発汗量を測定できるウェアラブルセンサの開発に焦点を当てた。このセンサは予防医療における健康管理技術の一環として、個々の健康状態を詳細にモニタリングすることを目的としている。従来のセンサは低い発汗量を検出できないため、この研究では新たに三線式センサを導入し、単線式センサと組み合わせて使用することで、広範囲の流量測定が可能となるよう工夫されている。センサの基本原理として、単線式センサはヒータと周囲温度センサを使用し、加熱部の温度低下を流量として測定する。一方、三線式センサはヒータとその上下流に配置された温度センサを用いて、温度差を抵抗値の差として測定し、それを流量に換算する。これにより、微小な流量の検出が可能となり、逆流も測定できるため、運動時のノイズの原因を特定しやすくなる。

デバイスの構造は、接着層、マイクロ流路層、基板層、上面層の4層で構成されている。汗が収集部から微小流路へ流れ、流路壁面のセンサが発汗量を検出する仕組みである。従来のデバイスで発生していた汗の漏れを防ぐため、収集部にチューブを挿入し、漏れを防ぐ改良も行われた。

実験では、シリンジポンプを用いて送液流量と測定流量を比較し、広範囲で正確な測定が可能であることが確認された。また、運動時のノイズ調査では、流路内の水の移動がノイズの原因であることが示され、三線式センサを用いることでノイズの影響を軽減できることがわかった。

発汗試験では、上腕部にデバイスを貼り付け、ランニング運動中の発汗量を測定した結果、発汗量の増減が正確に捉えられた。ノイズもフィルタを用いて除去され、センサの有効性が確認された。

結論として、本研究で開発されたセンサは、広範囲の流量測定が可能であり、運動によるノイズの影響を軽減し、正確な発汗量測定ができることが示された。

(3) 汗中の乳酸から発電可能なウェアラブルバイオ燃料電池の開発と、マルチセンサとの一体化技術の確立

イオンセンサを駆動させるための乳酸電池との融合回路について検証した。乳酸電池の出力を調整し、イオンセンサの駆動に必要な電力を算出した。省電力無線伝送回路と組み合わせることで、マルチセンサの駆動に目途がたった。

(4) 間質液分析を目指したウェアラブル間質液センサの開発

本研究ではアンモニウムイオンおよび塩素イオンを同時にモニタリング可能なウェアラブルマルチイオンセンサを作製し、被験者試験でその性能を評価した。マルチイオンセンサはスクリーン印刷法を用いて作製した。得られたセンサはアンモニウムイオンおよび塩素イオンに対しそれぞれ0.01-10 mM、0.14-100 mMの範囲で電位応答を示した。これらの濃度範囲は、予備実験で把握した、被験者からの抽出汗中アンモニウムイオン (0.15 ± 0.07 mM, $n=6$) および塩素イオン (3.7 ± 3.2 mM, $n=3$) の濃度をカバーした。本マルチイオンセンサを自作の小型電圧計に接続し、体表に装着可能とした。PBSを含浸したセルロース紙を介して感応部を皮膚に接触させることで汗成分を常時抽出可能とした。エルゴメーターによる運動(約12分間)と休憩(30分)を繰り返したところ、アンモニウムイオンは運動後半に増加し、塩素イオンは運動直後の休憩時に増加し始めた。また、当初は抽出液内に両イオンが蓄積するため微分を取らないとその変化を明らかにできないと予想していたが、実際は検出される濃度が増減した。この成果は、本センシング原理で抽出汗成分を動的に追跡可能であることを示唆しており、連続測定に向けた大きな成果を得た。

(5) 実装評価試験による有用性の確認とデータ解析

自己駆動型乳酸センサ、乳酸センサ、イオンセンサ、発汗量センサなどを実際に人に装着した実装試験を行った。これまでに、エアロバイクを用いた運動を行い、血中乳酸と汗中乳酸の間に相関がある傾向がみられている。また、脱水量と塩化物イオン濃度の間にも相関があることがわかってきている。これらの成果はACS Sensors (業績1, 2, top 10 most read, 表紙に採択)などに掲載されて、高い注目を浴びた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14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 0件）

1. 著者名 Noya Loew, Hikari Watanabe, Isao Shitanda, Masayuki Itagaki	4. 巻 421
2. 論文標題 Electrochemical impedance spectroscopy: Simultaneous detection of different diffusion behaviors as seen in finite element method simulations of mediator-type enzyme electrodes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 140467-140472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2022.140467	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 Isao Shitanda, Rina Nogami, Noya Loew, Hikari Watanabe, Masayuki Itagaki	4. 巻 34
2. 論文標題 Heat-transfer-printed Glucose Biosensor for Use in Diapers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SENSORS AND MATERIALS	6. 最初と最後の頁 3185-3190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM3943	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 Noya Loew, Isao Shitanda, Himeka Goto, Hikari Watanabe, Tsutomu Mikawa, Seiya Tsujimura, Masayuki Itagaki	4. 巻 12
2. 論文標題 High-Performance Paper-based Biocathode fabricated by Screen-printing an improved Mesoporous Carbon Ink and by Oriented Immobilization of Bilirubin Oxidase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14649-14656
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-19052-4	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 Noya Loew, Tomohiro Tanaka, Hikari Watanabe, Isao Shitanda, Masayuki Itagaki	4. 巻 440
2. 論文標題 Electrochemical impedance simulation of porous electrodes with variously shaped pores using 3-dimensional finite element method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 141723-141730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2022.141723	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 Izabela Kondratowicz, Ibrahim Shalayel, Malgorzata Nadolska, Seiya Tsujimura, Yoshifumi Yamagata, Isao Shitanda, Abdelkader Zebda	4. 巻 31
2. 論文標題 Impact of Lactic Acid and Genipin Concentration on Physicochemical and Mechanical Properties of Chitosan Membranes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JOURNAL OF POLYMERS AND THE ENVIRONMENT	6. 最初と最後の頁 1221-1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10924-022-02691-z	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 四反田功, 辻村清也	4. 巻 74
2. 論文標題 体液から発電可能な自己駆動型バイオセンサの開発とヘルスマニタリングへの応用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 38-42
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 四反田功, 辻村清也	4. 巻 91
2. 論文標題 酵素に適したメソ孔/マクロ孔を有する多孔質炭素を用いたバイオセンサ・バイオ燃料電池	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電気化学	6. 最初と最後の頁 10-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/denkikagaku.23-FE0002	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 四反田功, レーヴ ノヤ, 辻村清也	4. 巻 11
2. 論文標題 糖や乳酸を基質とする紙基板バイオ燃料電池	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BIOINDUSTRY	6. 最初と最後の頁 7-15
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 四反田功, 辻村清也	4. 巻 142
2. 論文標題 ウェアラブルバイオ電池の開発とヘルスマニタリングデバイスへの応用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会誌	6. 最初と最後の頁 572-575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjournal.142.572	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 Kuniaki Nagamine, Ryota Izawa, Isao Shitanda, and Shizuo Tokito	4. 巻 33
2. 論文標題 Stable Immobilization of Mediator in Porous Carbon Material via Capping Technique for Fabricating Sensitive Enzyme-based Glucose Sensor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SENSORS AND MATERIALS	6. 最初と最後の頁 3245-3253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2021.3583	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 Isao Shitanda, Yuki Fujimura, Tatsuya Takarada, Ryo Suzuki, Tatsuo Aikawa, Masayuki Itagaki, and Seiya Tsujimura	4. 巻 6
2. 論文標題 Self-Powered Diaper Sensor with Wireless Transmitter Powered by Paper-Based Biofuel Cell with Urine Glucose as Fuel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sensors	6. 最初と最後の頁 3409-3415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssensors.1c01266	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 Isao Shitanda, Kanako Oda, Noya Loew, Hikari Watanabe, Masayuki Itagaki, Seiya Tsujimura, Abdelkader Zebda	4. 巻 11
2. 論文標題 Chitosan-Based Enzyme Ink for Screen-Printed Bioanodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 20550-20556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA03277A	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 Shitanda Isao, Hirano Kai, Loew Noya, Watanabe Hikari, Itagaki Masayuki, Mikawa Tsutomu	4. 巻 498
2. 論文標題 High-performance, two-step/Bi-enzyme lactate biofuel cell with lactate oxidase and pyruvate oxidase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Power Sources	6. 最初と最後の頁 229935 ~ 229935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpowsour.2021.229935	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 Shitanda Isao, Tsunaga Motoki, Watanabe Hikari, Itagaki Masayuki, Tsujimura Seiya, Mikawa Tsutomu	4. 巻 50
2. 論文標題 High Capacity Lactate Biofuel Cell using Enzyme Cascade without NAD	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1160-1163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210064	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77件 (うち招待講演 18件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Isao Shitanda, Mizuki Satake, Yuko Yoshihara, Hikari Watanabe, Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Development of a Self-Driven Lactate Biosensing System Based on Paper-based Lactate Biofuel Cell
3. 学会等名 2022 MRS Spring Meeting and Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 バイオ燃料電池で自己発電
3. 学会等名 東京理科大学オープンカレッジ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 ウェアラブル電気化学センサを用いた運動時の発汗成分のリアルタイムモニタリング
3. 学会等名 IWANN 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 初心者のための電気化学測定法 - 実習編 2. 三種の神器
3. 学会等名 電気化学セミナーB (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功, 水野真希, Loew Noya, 渡辺日香里, 辻村清也, 板垣昌幸
2. 発表標題 バイオセンサの高感度化に向けた電極構造の有限要素シミュレーション
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Loew Noya, 渡辺日香里, 四反田 功, 板垣昌幸
2. 発表標題 Simulation of Fuel & Oxygen Supply Methods in Enzyme Biofuel Cells
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 汗中乳酸によるバイオ発電と自己駆動型センサへの応用
3. 学会等名 次世代センサ 総合シンポジウム 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noya Loew
2. 発表標題 Paper-based, Wireless, Self-powered Biosensor for Real-Time Monitoring of Sweat Lactate in Athletes
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of ISE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 IoTを実現するための酵素電池を用いた自立電源型センシング
3. 学会等名 応用物理学会2022年度有機分子・バイオエレクトロニクス分科会講習会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Isao Shitanda
2. 発表標題 Development of a Self-Powered Diaper Glucose Sensor Combining a Low Power Wireless Transmission Device and a Paper Substrate Biofuel Cell
3. 学会等名 Diabetes Technology Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功, 馬場 智大, 菅谷 和真, レーブ ノヤ, 山縣 義文, 宮本 圭介, 新延 信吾, 駒月 恵一, 渡辺 日香里, 板垣 昌幸
2. 発表標題 レオ・インピーダンス測定によるカーボン分散液の評価
3. 学会等名 第63回 電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 電気化学インピーダンス評価法の新たな用途展開 (HP掲載×)
3. 学会等名 第7回 先端ナノ科学・ナノ材料ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noya LOEW, Hikari WATANABE, Isao SHITANDA, Masayuki ITAGAKI
2. 発表標題 Fuel & Oxygen Supply in (Simulated) Enzyme Biofuel Cells
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功, 山縣 義文, Noya LOEW, 馬場 智大, 菅谷 和真, 渡辺 日香里, 板垣 昌幸
2. 発表標題 レオインピーダンス測定によるバイオ燃料電池およびバイオセンサに用いる多孔質炭素インクの評価
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 省電力無線伝送デバイスとバイオ電池を組み合わせた自己駆動型バイオセンシングシステムの開発
3. 学会等名 第32 回基礎及び最新の分析化学講習会と愛知地区講演会 - 遠くても近くても、センシング・ハンドリング - (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 バイオ燃料電池で自己発電
3. 学会等名 東京理科大学オープンカレッジ (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 電気化学インピーダンスによる電気化学デバイスの解析
3. 学会等名 JAIST 物質化学フロンティアシンポジウム 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 ウェアラブルバイオセンサ・バイオ燃料電池による運動時の汗中成分のリアルタイムモニタリング
3. 学会等名 第14回 遠隔産業衛生研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Rahul Bhardwaj, Isao Shitanda, Yuki Nagao
2. 発表標題 Influence of Reactant Gases on Ionomer 's Proton Conductivity on Quartz
3. 学会等名 The 83rd JSAP Autumn Conference
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功、櫛場 千宏、レーブ ノヤ、小倉 卓、山縣 義文、宮本 圭介、渡辺 日香里、板垣 昌幸
2. 発表標題 ラメラ/ベシクル相転移に伴うレオ・インピーダンスの挙動評価
3. 学会等名 電気化学会第90 回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Loew Noya、三浦 ちか、澤原 千晶、半澤将希、小倉 卓、高崎 祐一、渡辺 日香里、四反田 功、板垣 昌幸
2. 発表標題 Structural Analysis of Bilirubin Oxidase in its Reduced and Oxidized Form using Small Angle X-Ray Scattering
3. 学会等名 電気化学会第90 回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoki Muramatsu, Hikari Watanabe, Noya Loew, Isao Shitanda, Masahiro Motosuke, Takahiro Mukaimoto, Momoko Kobayashi, Kensuke Matsuo, Shinya Yanagita, Tatsunori Suzuki, and Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Development of a Transfer-Printed Chloride Ion Sensor and Ion Monitoring in Human Sweat
3. 学会等名 第4回フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス若手研究者の会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Oshimoto, H. Watanabe, N. Loew, M. Motosuke, T. Mikawa, I. Shitanda, and M. Itagaki
2. 発表標題 Fabrication and Evaluation of Printable Gas Biosensor for Determination of ppb Levels of Acetaldehyde in Skin Gases
3. 学会等名 第4回フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス若手研究者の会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Ozone, N. Loew, T. Mikawa, M. Motosuke, M. Kobayashi, T. Suzuki, K. Matsuo, T. Mukaimoto, S. Yanagita, H. Watanabe, Shitanda, M. Itagaki
2. 発表標題 Development of a lactate sensor with microfluidic channels for real-time monitoring of lactate in sweat
3. 学会等名 第4回フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス若手研究者の会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大首根優朗, Loew Noya, 美川務, 元祐昌廣, 小林桃子, 鈴木立紀, 松尾健右, 向本敬洋, 柳田信也, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 汗中に含まれる乳酸のリアルタイムモニタリングに向けた乳酸センサとマイクロ流路の検討
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 押本大誠, 渡辺日香里, Loew Noya, 元祐昌廣, 美川務, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 S-ADHと多孔質炭素を組み合わせた印刷型アセトンバイオセンサの作製と評価
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村松直季, 渡辺日香里, Noya Loew, 四反田功, 元祐昌廣, 向本敬洋, 小林桃子, 松尾健右, 柳田信也, 鈴木立紀, 板垣昌幸
2. 発表標題 人汗中の塩化物イオン連続モニタリングのためのセンサ素子の組成および構造の検討
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田紗織, Loew Noya, 美川務, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 多段階酵素反応の有限要素法による電気化学シミュレーション
3. 学会等名 2022年電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chika Miura, Noya Loew, Taku Ogura, Hikari Watanabe, Isao Shitanda, Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Small angle X-ray scattering study of oxidized and reduced bilirubin oxidase in electrolyte solution
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of ISE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Saori Fujita, Kai Hirano, Tsutomu Mikawa, Hikari Watanabe, Isao Shitanda, Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Electrochemical impedance evaluation of porous carbon cloth-based bioanode modified with LOx/PDC/ALDH
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of ISE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki MIZUNO, Noya LOEW, Hikari WATANABE, Isao SHITANDA, Masayuki ITAGAKI, Seiya TSUJIMURA
2. 発表標題 Evaluation of Diffusion Profile of Glucose Sensor Strips by Finite Element Simulation
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of ISE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chihiro BABA, Natsumi TOKUMITSU, Noya LOEW, Hikari WATANABE, Isao SHITANDA, Seiya TSUJIMURA, Masayuki ITAGAKI
2. 発表標題 Fabrication and Electrochemical Evaluation of Organic Radical Battery Operating in Neutral Aqueous Solutions
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of ISE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 紗織, Loew Noya, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 多段階酵素反応を利用したバイオ燃料電池の高容量化
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 馬場 智大, Loew Noya, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸, 辻村 清也
2. 発表標題 中性水溶液で駆動する有機ラジカル二次電池の作製と電気化学評価
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野 真希, Loew Noya, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸, 辻村 清也
2. 発表標題 有限要素法を用いたストリップ型バイオセンサのシミュレーション
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦 ちか, Loew Noya, 小倉 卓, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 小角 X 線散乱と電気化学測定を用いた電解液中のピリルピンオキシダーゼの形態評価
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 馬場 智大, Loew Noya, 渡辺 日香里, 四反田 功, 辻村 清也, 板垣 昌幸
2. 発表標題 4-Hydroxy-TEMPO Benzoate/Heptyl viologenを用いた中性水溶液で駆動する有機ラジカル二次電池の作製と電気化学評価
3. 学会等名 第63回 電池討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 紗織, Noya LOEW, 美川 務, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 有限要素法による多段階酵素反応の電気化学シミュレーション
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野 真希, Noya LOEW, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸, 辻村 清也
2. 発表標題 有限要素シミュレーションによるバイオセンサの高感度化
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大曾根 優朗, Noya LOEW, 美川 務, 松井 弘之, 森下 裕樹, 元祐 昌廣, 小林 桃子, 鈴木 立紀, 松尾 健右, 向本 敬洋, 柳田 信也, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 印刷型乳酸バイオセンサとPDMS流路を用いた汗中の乳酸のモニタリング
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石水 航大, 横井 亨哉, 片山 昇, Noya LOEW, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 おむつへの装着を想定したバイオ燃料電池用バインダーの検討
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 馬場 智大, レーブ ノヤ, 四反田 功, 渡辺 日香里, 辻村 清也, 板垣 昌幸
2. 発表標題 中性水溶液で駆動する有機ラジカル二次電池の作製と電気化学評価
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 押本 大誠, 渡辺 日香里, Noya LOEW, 元祐 昌廣, 美川 務, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 s-ADHと多孔質炭素を組み合わせた印刷型アセトンガスバイオセンサの作製と評価
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村松 直季, 渡辺 日香里, Noya Andrea Maren LOEW, 四反田 功, 松井 弘之, 森下 裕樹, 元祐 昌廣, 向本 敬洋, 小林 桃子, 柳田 信也, 鈴木 立紀, 板垣 昌幸
2. 発表標題 人汗中の塩化物イオン連続モニタリングのための転写印刷型センサの応答性向上を目的とした膜組成および構造の検討
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦 ちか, 奥田 光美, 安田 優人, Noya LOEW, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 紙基板バイオカソードの性能向上のためのBOD配向性制御の検討
3. 学会等名 第32回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 ウェアラブルセンサやウェアラブルバイオ電池の話題
3. 学会等名 第2回 SPIRITS生物-無機-有機融合化学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 体液を連続モニタリングするためのフレキシブルバイオセンサおよびバイオ電池の開発
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会総合大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 汗や尿を用いた自己発電型バイオセンサーの開発と未来の暮らし
3. 学会等名 未来の暮らしと水の科学研究会第4回定例研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 次世代ヘルスケアデバイスを指向した ウェアラブルバイオセンシングデバイスの開発
3. 学会等名 第 1 回ウォーターフロンティアシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 バイオ燃料電池を搭載した自己駆動型バイオセンサの開発と体液成分センシングへの応用
3. 学会等名 広島大学スマートバイオセンシング融合研究拠点セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 LOEW Noya, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 Unusual Shape of Electrochemical Impedance Spectra due to Local Variation of Diffusion Layer Thickness in Mediator-type Enzyme Electrodes Confirmed by Simulations using Finite Element Method
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 ウェアラブル酵素バイオ燃料電池を高出力で実現するための様々な取り組みと実装評価試験
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 四反田 功
2. 発表標題 酵素を用いたバイオ燃料電池の開発と自己駆動型センサへの応用
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田 紗織, 平野 快, 美川 務, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 LOx/PDC/ALDHを利用したバイオアノードの電気化学インピーダンス評価
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦 ちか, ノヤ レーヴ, 小倉 卓, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸
2. 発表標題 小角X線散乱法による電解液中のピリルピンオキシダーゼの形態評価
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野 真希, ノヤ レーヴ, 渡辺 日香里, 四反田 功, 板垣 昌幸, 辻村 清也
2. 発表標題 有限要素法によるグルコースセンサストリップの電気化学シミュレーション
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石水航大, 横井亨哉, 片山昇, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 紙基板おむつ電池の安定性向上に向けた 3D電気化学インピーダンス評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野快, 渡辺日香里, LoewNoya, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 2段階酵素反応のファラデーインピーダンスシミュレーション
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 押本大誠, 渡辺日香里, NoyaLoew, 元祐昌廣, 美川務, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 多孔質フィルム上にスクリーン印刷によって形成したアセトアルデヒドガスバイオセンサの作製と評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐竹泉紀, 吉原由布子, NoyaLoew, 美川務, 小林桃子, 鈴木立紀, 松尾健右, 向本敬洋, 柳田信也, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 LOx/チオニンを用いた紙基板自己駆動型乳酸バイオセンサの開発と実装評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大首根優朗, 吉原由布子, NOYALoew, 美川務, 元祐昌廣, 小林桃子, 鈴木立紀, 松尾健右, 向本敬洋, 柳田信也, 長峰邦明, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 印刷型乳酸センサを用いた汗および間質液の乳酸モニタリングと血中乳酸との相関評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村理央, 元祐昌廣, 鈴木立紀, 松尾健右, 向本敬洋, 柳田信也, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 イオン選択性電極の固体接触としてPEDOT / PSSを使用した熱転写印刷型カリウムイオンセンサの評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村松直季, 渡辺日香里, LoewNoya, 四反田功, 元佑昌廣, 向本敬洋, 小林桃子, 松尾健右, 柳田信也, 鈴木立紀, 板垣昌幸
2. 発表標題 転写印刷を用いたウェアラブル塩化物イオンセンサを用いた実装評価試験
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮崎開士, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 液絡付参照電極を有する印刷型3電極式ステッカーデバイスの開発
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳光夏海, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸, 辻村清也
2. 発表標題 中性水溶液で作動するキノン誘導体を使用した印刷可能な有機二次電池の製造と評価
3. 学会等名 第31回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki MURAMATSU, Hikari WATANABE, Noya LOEW, Isao SHITANDA, Masahiro MOTOSUKE, Takahiro MUKAIMOTO, Momoko KOBAYASHI, Kensuke MATSUO, Shinya YANAGITA, Tatsunori SUZUKI, and Masayuki ITAGAKI
2. 発表標題 Development of Chloride Ion Sensor by Heat Transfer Printing and Monitoring Chloride Ion in Sweat
3. 学会等名 ICFPE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuhiro Ishigoori, Yukiya Yokoi, Noboru Katayama, Hikari Watanabe, Noya Loew, Isao Shitanda, and Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Improvement of Output Power of Paper-based Diaper Biofuel Cell using Poly-GMA-modified Porous Carbon Electrodes
3. 学会等名 ICFPE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taisei Oshimoto, Yuko Yoshihara, Hikari Watanabe, Noya Loew, Masahiro Motosuke, Tsutomu Mikawa, Isao Shitanda, Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Fabrication and Evaluation of Acetaldehyde Biosensor using PQQ-ALDH and 1-Methoxy PMS
3. 学会等名 ICFPE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuro Ozone, Yuko Yoshihara, Noya Loew, Tsutomu Mikawa, Masahiro Motosuke, Momoko Kobayashi, Tatsunori Suzuki, Kensuke Matsuo, Takahiro Mukaimoto, Shinya Yanagita, Hikari Watanabe, Isao Shitanda, and Masayuki Itagaki
2. 発表標題 Development of the Lactate Biosensor using the Poly-GMA-modified Porous Carbon and Chitosan Film
3. 学会等名 ICFPE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳光夏海, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸, 辻村清也
2. 発表標題 スクリーン印刷を用いた中性電解液型有機二次電池の作製および電気化学評価
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村松直季, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 転写印刷型塩化物イオンセンサの開発および人汗中のイオンモニタリング
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大曾根優朗, 吉原由布子, LoewNoya, 美川務, 元祐昌廣, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 Poly-GMA修飾多孔質炭素とキトサン膜を用いた汗中乳酸センサの開発
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石水航大, 横井亨哉, 片山昇, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 Poly-GMA修飾多孔質炭素を用いた紙基板おむつ電池の性能向上と電気化学インピーダンス評価
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 押本大誠, 吉原由布子, 渡辺日香里, LoewNoya, 元祐昌廣, 美川務, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 PQQ依存性ALDHと1-Methoxy PMSを用いたアセトアルデヒドセンサの作製と評価
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮崎開士, 渡辺日香里, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 液絡付参照電極を有するステッカーデバイスの開発及び腐食モニタリングへの応用
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐竹泉紀, LoewNoya, 吉原由布子, 渡辺日香里, 美川務, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 チオニンと酵素をグラフト重合により固定化した紙基板バイオ燃料電池の開発
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野快, 渡辺日香里, LoewNoya, 美川務, 四反田功, 板垣昌幸
2. 発表標題 乳酸オキシダーゼ/ピルビン酸オキシダーゼを用いた乳酸バイオ燃料電池の電気化学インピーダンスによる評価
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 辻村清也, 四反田功	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 410
3. 書名 近未来のデジタルヘルスを支える酵素バイオ技術	

1. 著者名 向井千秋, 東京理科大学 スペース・コロニー研究センター	4. 発行年 2021年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 256
3. 書名 スペース・コロニー 宇宙で暮らす方法(ブルーバックス)	

〔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	長峯 邦明 (Nagamine Kuniaki) (00551540)	山形大学・大学院有機材料システム研究科・准教授 (11501)	
研究分担者	美川 務 (Mikawa Tsutomu) (20321820)	国立研究開発法人理化学研究所・生命機能科学研究センター・専任研究員 (82401)	
研究分担者	辻村 清也 (Tsujiura Seiya) (30362429)	筑波大学・数理物質系・准教授 (12102)	
研究分担者	元祐 昌廣 (Motosuke Masahiro) (80434033)	東京理科大学・工学部機械工学科・教授 (32660)	
研究分担者	柳田 信也 (Yanagita Shinya) (80461755)	東京理科大学・教養教育研究院野田キャンパス教養部・教授 (32660)	

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