

令和 4 年 4 月 25 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05172

研究課題名(和文) カーボンナノチューブと好熱菌酵素からなるナノバイオ融合デバイスの開発

研究課題名(英文) Development of nanobio device with carbon nanotube and enzyme from thermophile

研究代表者

六車 仁志 (Muguruma, Hitoshi)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：20309719

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)：再生可能エネルギーや二酸化炭素削減に資する創エネルギー技術として、長寿命、室温～高温動作、安全、高出力なナノバイオ融合酵素燃料電池および自己電源型バイオセンサを開発することである。そのために、応募者がすでに開発した基盤技術、すなわち、長時間安定な好熱菌由来の酵素、単層カーボンナノチューブの水溶液中へ分散方法、簡便なバイオナノ界面作製手法、を活用した。その結果、高機能単層カーボンナノチューブの開発、酵素燃料電池および酵素バイオセンサのプロトタイプを開発、という研究成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートウォッチの登場でウェアラブル端末が身近となり、さらに先を行くものとして注目されているのが人体に直接埋め込んだり貼り付けたりするIoT・ウェアラブル端末である。現在までGoogleによるコンタクトレンズ型血糖センサ等が開発段階にあり、既に医療用体内埋め込み型インシュリンポンプ、血糖モニタリング等が実用化されている。生体埋込機器で課題となるのは、長期間連続使用可能な電源の確保およびその安全性である。このようなデバイスは数年～数十年以上にわたり交換なしでの電源供給が必要である。この要請に応えうる研究成果を得た。

研究成果の概要(英文)：As energy-creating technologies that contribute to the reduction of renewable energy and carbon dioxide, we will develop long-life, room temperature to high temperature operation, safety, and high output nanobiofusion enzyme fuel cells and self-powered biosensors. For that purpose, we utilized the basic technology already developed by the applicant, that is, an enzyme derived from thermophile that is stable for a long time, a method of dispersing single-walled carbon nanotubes in an aqueous solution, and a simple bio-nano interface preparation method. As a result, we obtained research results such as the development of high-performance single-walled carbon nanotubes and the development of enzyme fuel cells and enzyme biosensor prototypes.

研究分野：バイオナノエレクトロニクス

キーワード：カーボンナノチューブ バイオセンサ 酵素燃料電池

1．研究開始当初の背景

スマートウォッチの登場でウェアラブル端末が身近となり、さらに先を行くものとして注目されているのが人体に直接埋め込んだり貼り付けたりするIoT・ウェアラブル端末である。現在までグーグルによるコンタクトレンズ型血糖センサ等が開発段階にあり、既に医療用体内埋め込み型インシュリンポンプ、血糖モニタリング等が実用化されている。生体埋込機器で課題となるのは、長期間連続使用可能な電源の確保およびその安全性である。このようなデバイスは数年～数10年以上にわたり交換なしでの電源供給が必要である。そのため生体内のグルコース等を燃料として電気エネルギーを得る酵素燃料電池が有望視されている。またバイオ燃料電池は再生可能エネルギーや二酸化炭素削減に資する創エネルギー等環境発電技術としても注目されており、稲わら等農業残さ、家畜排泄物、食品廃棄物等の農業、食品系未利用資源を原料とした循環型資源再生技術の開発が求められている。さらに実用化のためには、量産性のある製造技術の開発も求められている。

現在の酵素燃料電池や酵素バイオセンサは、酵素の失活が原因となり数か月程度しか連続使用できない。コンポストやバイオマス発電等の環境発電技術としての利用を想定した場合、上記に加え発酵等高温環境下での安定動作が必要とされる。また現在は酵素反応で発生したエネルギーの一部しか電力として取り出せておらず、大部分のエネルギーは未利用のままである。酵素の活性中心が持つ酸化還元電位で電圧を取得し、抵抗ロスのない高効率な電力を取得する技術が確立できれば本来のエネルギー取得が可能となる。

2．研究の目的

本研究の目的は、先に述べた研究課題の核心をなす学術的「問い」の解答として、再生可能エネルギーや二酸化炭素削減に資する創エネルギー技術として、長寿命、室温～高温動作、安全、高出力なナノバイオ融合酵素燃料電池および自己電源型バイオセンサを開発することである。そのために、応募者がすでに開発した基盤技術を活用し、以下の研究へと展開する。

1. 長時間安定な好熱菌由来の酵素を使用することである。電子伝達媒介物質使用の他に、酵素自体の不安定性が問題となる。応募者の研究グループは、好熱菌由来のフラビンアデニンジヌクレオチド(FAD)依存グルコース脱水素酵素(GDH)を初めて、スクリーニングし、生産した。この酵素を利用することで、使い捨てだけでなく、連続使用、連続モニタリング可能な自己電源型血糖値センサを実現できる。溶存酸素に依存しないので、信頼度も高い。さらに、FAD-GDHは、グルコース酸化酵素と異なり過酸化水素を発生しないためシステム損傷や出力低下を起こさない。

2. 単層カーボンナノチューブ(CNT)と酵素を組み合わせることである。酵素の分子識別能力を利用した市販のバイオセンサでは、酵素からの高効率なエネルギー取得法として、電子伝達媒介物質が用いられている。電子伝達媒介物質は、酵素反応によって生じた酵素の活性中心に存在する電子を電極に媒介する役割があり、センサの高感度・再現性には不可欠であるが、長時間保存していると電子伝達媒介物質が自然還元されるため、センサが動作しなくなる。さらに、酵素の不安定さでもセンサが動作しなくなる。毒性のために生体内に埋め込むことはできない。上記の問題点をCNTを使用することで解消できる。この技術は酵素内

部に活性中心が存在する他の多くの酵素に適用可能な基盤技術でもある。

3. 簡便なバイオナノ界面作製手法を用いることである。応募者の開発したバイオナノ界面技術、すなわち、大気圧プラズマとプラスチック基板上にすべてを印刷工程によって、燃料電池、バイオセンサを作製できる。本研究で使用する CNT 分散化技術は、インクに転用可能である。また、高熱性菌由来の酵素を使用しているために、酵素の失活を意識することなく、「酵素インク」も可能であり、全印刷工程による安価で効率よい生産プロセスを実現できる。すなわち、煩雑で逐次的な処理を一切必要としない簡便な技術となっており、量産化、実用化に最適であり、得られた成果は、幅広い応用が見込まれる。

3. 研究の方法

応募者が開発した 3 点の技術を種として、集約発展させ、CNT と好熱菌酵素からなるナノバイオ融合デバイス、具体的には、酵素燃料電池と酵素バイオセンサの開発を行う。

4. 研究成果

2 点の課題に対して次のような結果を得た。

課題 1 高機能単層カーボンナノチューブの開発：CNT と酵素を組み合わせるためには、疎水的な CNT 表面を親水性化し、CNT の凝集状態から孤立させ、薄膜形成させることである。そのための有効な方法として、分散剤を利用した。分散剤は、コール酸ナトリウム(SC)を使用した。CNT のパラメータは、直径、長さ、カイラリティ、があり、さらに、それぞれの平均値と分布がある。これらのパラメータをすべて完全に制御することはできない。また、純度も重要なパラメータであるが、炭素の純度を評価することはできるが CNT の純度を評価することはできない。不純物も成分や量によって CNT の物性に影響を与える。そのため CNT は代表的な 4 種類の製造法、eDIPS(改良直噴熱分解合成法)、CoMoCAT(Co と Mo を触媒とした一酸化炭素の不均一法)、アーク放電法、Hipco(触媒にペンタカルボニル鉄を用いて、一酸化炭素を高圧で熱分解する高圧一酸化炭素法)、によって作製されたものを調べた。

課題 2 酵素燃料電池のプロトタイプを開発：金電極上に CNT 液を滴下し、自然乾燥させた。酵素を電極に滴下し、自然乾燥させた。本実験で使用した好熱菌由来酵素は、*Pichia pastoris* により発現した *Talaromyces emersonii* GDH である。最後にナフィオン溶液を滴下して乾燥させた。作製した電極は、図 4 に示すようにアノードとして利用し、カソードにラッカーゼを使用した燃料電池を作製した。電流密度と電圧、電力密度と電流の関係より、酵素燃料電池として動作していることがわかる。最大起電力は、0.6 V、最大電流密度は、0.8 mA/cm²、最大電力は、0.09 mW/cm² が得られた。また、50 度で動作することも確認した。

課題 3 酵素バイオセンサのプロトタイプを開発：酵素バイオセンサのプロトタイプを作製した。測定用基板の試薬構成手順は以下の通りである。CNT、酵素、増感剤を混合し、金電極上に滴下する。乾燥した後、保護膜を必要に応じて滴下する。使用したチップは以下の手順で作製した。CO₂ レーザー機を用いて、Au 蒸着 PET (ベース層)・両面熱圧着シート (スパーサー層)・透明 PET(カバー層)を基板レイアウトに切断する。切断した基板の表面を O₂ プラズマ機で表面処理 10 分を行う。熱圧着機を用いて、ベース層・スパーサー層・

カバー層を 150°C又は 120°Cで 1 枚ずつ熱圧着を行う。作製した閉鎖系ストリップは、1 シート上に 60 個ある。これをはさみで切り、電極に装着して使用する。側面から測定液を毛細管現象を利用して挿入する。挿入後電圧をかけて測定する。電位+0.6 V のクロノアンペロメトリー測定でグルコース濃度の直線範囲は 50-600 mg/dL であった。使用したセンサは、グルコースのみに反応し類似の糖であるマルトース、ガラクトース、キシロース、には応答しなかった。血清を用いた測定では、市販の血糖値センサと同等の値を示した。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文]

T. Fukuda, H. Muguruma, H. Iwasa, A. Hiratsuka, T. Tanaka, K. Tsuji, T. Kishimoto, “Direct Electron Transfer between Single-Walled Carbon Nanotube and Fructose Dehydrogenase,” *IEEE Transactions on Nanotechnology*, 20 (2021) 610-618. <https://doi.org/10.1109/TNANO.2021.3100817> 2021 年 7 月 25 日

R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, “Electrochemical Analysis of Coffee Extractions at Different Roasting Levels Using a Carbon Nanotube Electrode,” *Analytical Sciences*, 37 (2021) 377-380. <https://doi.org/10.2116/analsci.20N021> 2021 年 2 月 10 日

H. Iwasa, A. Hiratsuka, T. Tanaka, K. Tsuji, T. Kishimoto, Y. Watanabe, Y. Hoshino, H. Muguruma, “Xylose-Insensitive Direct Electron Transfer Biosensor Strip with Single-Walled Carbon Nanotubes and Novel Fungal Flavin Adenine Dinucleotide Glucose Dehydrogenase,” *IEEE Sensors Journal*, 2020, 20, 12522-12529. doi.org/10.1109/JSEN.2020.3001606 2020 年 10 月 15 日

R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, “Electrochemical Detection of Curcumin in Food with A Carbon Nanotube-Carboxymethylcellulose Electrode,” *Analytical Sciences*, 2020, 36, 1113-1118. doi.org/10.2116/analsci.20P021 2020 年 9 月 10 日

R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, “New perspective on ECE mechanism of monohydroxycinnamic acid oxidation with carbon nanotube electrode,” *Electrochimica Acta*, 2020, 359, 136964. doi.org/10.1016/j.electacta.2020.136964 2020 年 8 月 20 日

S. Takahashi, R. Wada, H. Muguruma, N. Osakabe, “Analysis of Chlorogenic Acids in Coffee with A Multi-walled Carbon Nanotube Electrode,” *Food Analytical Methods*, 2020, 13, 923-932. doi.org/10.1007/s12161-020-01714-6 2020 年 4 月 3 日

T. Fukuda, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, T. Shimizu, K. Tsuji, T. Kishimoto, “Electrochemical determination of uric acid in urine and serum with uricase/carbon nanotube /carboxymethylcellulose electrode,” *Analytical Biochemistry*, 2020, 590, 113533. 2020 年 2 月 15 日 doi.org/10.1016/j.ab.2019.113533

S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, “Selective Detection of Rutin in The Presence of Ascorbic Acid with A Carbon Nanotube Electrode,” *Japanese Journal of Applied Physics*, 2020, 59, SDD02. 2019 年 10 月 16 日 doi.org/10.7567/1347-4065/ab4ee4

他 5 件

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 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Toya Fukuda, Hitoshi Muguruma, Hisanori Iwasa, Atsunori Hiratsuka, Takeshi Tanaka, Katsumi Tsuji, Takahide Kishimoto	4. 巻 20
2. 論文標題 Direct Electron Transfer between Single-Walled Carbon Nanotube and Fructose Dehydrogenase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 610-681 ^{^^} 18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNANO.2021.3100817	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 Ryotaro Wada, Shota Takahashi, Hitoshi Muguruma, Naomi Osakabe	4. 巻 37
2. 論文標題 Electrochemical Analysis of Coffee Extractions at Different Roasting Levels Using a Carbon Nanotube Electrode	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 377-380
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.20N021	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 H. Iwasa, A. Hiratsuka, T. Tanaka, K. Tsuji, T. Kishimoto, Y. Watanabe, Y. Hoshino, H. Muguruma,	4. 巻 20
2. 論文標題 Xylose-Insensitive Direct Electron Transfer Biosensor Strip with Single-Walled Carbon Nanotubes and Novel Fungal Flavin Adenine Dinucleotide Glucose Dehydrogenase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 12522-12529
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JSEN.2020.3001606	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 R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe	4. 巻 36
2. 論文標題 Electrochemical Detection of Curcumin in Food with A Carbon Nanotube-Carboxymethylcellulose Electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1113-1118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.20P021	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 R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma,	4. 巻 359
2. 論文標題 New perspective on ECE mechanism of monohydroxycinnamic acid oxidation with carbon nanotube electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 136964
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2020.136964	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 S. Takahashi, R. Wada, H. Muguruma, N. Osakabe	4. 巻 13
2. 論文標題 Analysis Chlorogenic Acids in Coffee with A Multi-walled Carbon Nanotube Electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Analytical Methods	6. 最初と最後の頁 923-932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12161-020-01714-6	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 T. Fukuda, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, T. Shimizu, K. Tsuji, T. Kishimoto	4. 巻 590
2. 論文標題 Electrochemical determination of uric acid in urine and serum with uricase/carbon nanotube /carboxymethylcellulose electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Biochemistry	6. 最初と最後の頁 113533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ab.2019.113533	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 S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa	4. 巻 59
2. 論文標題 Selective Detection of Rutin in The Presence of Ascorbic Acid with A Carbon Nanotube Electrode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDD02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ee4	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 S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa	4. 巻 300
2. 論文標題 Electrochemical determination with a long-length carbon nanotube electrode of quercetin glucosides in onion, apple peel, and tartary buckwheat	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 125189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodchem.2019.125189	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 S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa	4. 巻 87
2. 論文標題 Simultaneous Electrochemical Determination of Isoquercitrin and Epigallocatechingallate at A Carbon Nanotube Electrode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 242-244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.19-00020	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 S. Murakami, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa	4. 巻 35
2. 論文標題 Polyphenol analysis in black tea with carbon nanotube electrode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 529-534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18P516	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 A. Suzuki, K. Ishida, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, K. Tsuji, T. Kishimoto	4. 巻 58
2. 論文標題 Diameter dependence of single-walled carbon nanotubes with flavin adenine dinucleotide glucose dehydrogenase for direct electron transfer bioanodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 51015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab14fb	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12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 鈴木和志、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、清水哲夫、平塚淳典、星野陽子、辻勝巳、岸本高英
2. 発表標題 ケトン体を検出するバイオセンサ
3. 学会等名 2022年春季第69回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 斗米太一、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、星野陽子、辻勝巳、岸本高英
2. 発表標題 カーボンナノチューブとフラビンアデニンジヌクレオチドグルコース脱水素酵素を用いる直接電子伝達型バイオセンサストリップ
3. 学会等名 2021年秋季第82回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関光洋、和田遼太郎、六車仁志
2. 発表標題 カーボンナノチューブ電極を用いたドーパミンとノルアドレナリンの同時定量
3. 学会等名 2021年秋季第82回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田遼太郎、松島大秀、六車仁志、越坂部奈緒美
2. 発表標題 カーボンナノチューブ電極を用いるコーヒー中のクロロゲン酸類の定量
3. 学会等名 2021年秋季第82回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田遼太郎、松島大秀、六車仁志、越坂部奈緒美
2. 発表標題 カーボンナノチューブ/カルボキシメチルセルロース電極を用いるコーヒー焙煎度の判定
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Suzuki, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, K. Tshiji, T. Kishimoto
2. 発表標題 Diameter dependence of single-walled carbon nanotube with flavin adenine dinucleotide glucose dehydrogenase for direct electron transfer biosensor
3. 学会等名 32st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa
2. 発表標題 Electrochemical determination of quercetin glucosides in food with a carbon nanotube electrode
3. 学会等名 32st International Microprocesses and Nanotechnology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa
2. 発表標題 Simultaneous Electrochemical Determination of Isoquercitrin and Epigallocatechingallate Electrode with A Carbon Nanotube Electrode
3. 学会等名 10th International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Suzuki, H. Muguruma, H. Iwasa, A. Hiratsuka, H. Uzawa
2. 発表標題 A Biological Ink Composed by Glycan Chain Rich Enzyme and Single-Walled Carbon Nanotube/Surfactant Aqueous Solution for Printable Biosensor
3. 学会等名 10th International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE10) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田冬弥、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、清水哲夫、辻勝巳、岸本高英
2. 発表標題 ウリカーゼ/カーボンナノチューブ/カルボキシメチルセルロース電極を用いる血中および尿中の尿酸の検出
3. 学会等名 2020年春季第67回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋翔太、六車仁志、越阪部奈緒美、井上均、大澤達也
2. 発表標題 カーボンナノチューブ電極を用いる食品中のケルセチン配糖体の定量
3. 学会等名 2019年秋季第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木敦哉、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、辻勝巳、岸本高英
2. 発表標題 フラビンアデニンジヌクレオチドグルコース脱水素酵素と単層カーボンナノチューブからなる直接電子伝達バイオセンサの直径依存性
3. 学会等名 2019年秋季第80回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 酵素－電極間電子伝達増強作用の有無の予測方法	発明者 岩佐尚徳、平塚淳 典、六車仁志	権利者 東洋紡株式会 社、国立研究開 発法人産業技術
産業財産権の種類、番号 特許、6891372	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

研究者データベース https://shibaura.pure.elsevier.com/en/persons/hitoshi-muguruma
--

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	平塚 淳典 (Hiratsuka Atsunori) (70392652)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・研 究グループ長 (82626)	

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