

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01895

研究課題名(和文) 活性酸素駆動による自己再生型ディーゼル・パティキュレート・マターセンサ

研究課題名(英文) A self-regenerable particulate matter sensor using active oxygen

研究代表者

日比野 高士 (Hibino, Takashi)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：10238321

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)：本技術は小型サイズの全固体センサをディーゼル車の排気マニホールドに設置し、排ガス中のPM濃度をその場で瞬時に測定するものである。具体的には、プロトン導電性電解質と電極触媒から成る電気化学デバイスを使用し、排ガス中で活性酸素を電気化学的に生成する、活性酸素とPMを100%の効率で反応させる、の過程で大きな電気信号を発生する、といったプロセスで作動する。これによって、センサ自体が自己再生能力を持つため、これまで報告されているセンサでは不可能であったPMの連続モニタリングが可能になる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

活性酸素を in-situ で生成し、積極的に活用する化学センサの開発は革新的であり、しかも検知極に自己浄化能力を付与する技術はこれまでにない発想である。それ故、その他の PM センサと異なり、被検物をリアルタイムで連続的にモニタすることが可能になった(独創的な点)。ディーゼル車は大型車を中心に普及しており、PM センサは排ガス制御システムに不可欠な部品である(経済的意義)。しかも、PM が人体に与える影響は大であるので、そのような PM を完全に除去できれば、大気・都市環境の改善にも貢献できる。

研究成果の概要(英文)：In the present technology, a small-sized all-solid-state sensor is installed in the exhaust manifold of a diesel vehicle to instantly measure the PM concentration in the exhaust gas. Specifically, an electrochemical device, consisting of a proton conducting electrolyte and an electrode catalyst, is operated through the following processes: (1) active oxygen species are electrochemically produced in the exhaust gas; (2) the PM is oxidized by the active oxygen with 100% efficiency; (3) a large electrical signal is generated in the process of (2). This sensor enables continuous monitoring of PM, which is not possible for sensors reported so far, because it has self-regeneration ability.

研究分野：環境学

キーワード：パティキュレートマター センシング 排ガス浄化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ディーゼル排ガス中の PM を高感度・高選択的に連続モニタできれば、PM 捕集のために使用されているディーゼル・パティキュレート・フィルター (DPF) の性能、効果、並びに診断向上に大きく貢献する。具体的には、DPF の再生タイミングを正確に知ることができるため、(燃費の約 5% を占める) 燃料噴射の無駄を避けることが可能になる。また、DPF 細孔を通り抜ける微粒 PM も検知できるため、大気中への PM 流出を未然に防ぐこともできる。さらには、DPF の一部が破損した場合、PM 濃度の異常な増加を監視することで、DPF 動作状況の on-board 診断にも役立つ。

車載用 PM センサについて平成 29 年度まで報告された事例は研究論文で 26 報 (Web of Science)、特許で 149 (Google Scholar) 件と意外に少なく、その開発は基礎研究レベルの段階である。報告されたセンサは、(1) DPF 細孔の目詰まりによる差圧型、(2) 素子のヒーターまたは電極表面に PM が付着することによる温度または電気抵抗変化型、(3) PM がレーザー光を散乱することによる光学式型技術がある。(1) は準連続的に PM (の濃度でなく捕集状態) を観察できるが、信頼性が低いため、現在開発がストップしている。(2) は搭載性に優れているものの、センサ信号が堆積した PM の影響を受け続けるため、PM 濃度をリアルタイムで検知できない。(3) は連続性・信頼性が高い反面、素子を小型化し難く、また高価になる欠点がある。

2. 研究の目的

本技術は全固体センサをディーゼル車の排気マニホールドに設置し、排ガス中のパティキュレート・マター (PM) 濃度をその場で瞬時に計測するものである。このようなセンサは未だ実用化されておらず、数種類の素子が報告されているに過ぎない。これに対して、本技術はプロトン伝導性電解質と電極触媒から成る電気化学セルを使用し、排ガス中で活性酸素を電気化学的に生成する、活性酸素と PM を 100% の効率で反応させる、の過程で大きな電気信号を発生させる、ことが特長である。これによって、センサ自体が自己再生能力を持つため、これまで報告されているセンサでは不可能であった PM の連続モニタが可能になる。加えて、活性酸素の PM 燃焼活性が特異的に高いため、作動温度が制限されず、低温から高温まで幅広く使用できる。

3. 研究の方法

我々は、プロトン導電体 ($\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$) から成る電気化学セルにおいて、水蒸気酸化反応の過程で活性酸素を電位制御と電極設計の組み合わせで高効率に生成し、いろいろな反応基質を室温から 300 °C で部分もしくは完全酸化できることを見出した： $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \text{O}^*$; $\text{R} + \text{O}^* \rightarrow \text{RO}$ 。[$\text{R}=\text{CH}_4$ (J. Catal., 2011, 279, 233), $\text{R}=\text{C}_6\text{H}_6$ (Angew. Chem., Int. Ed., 2012, 51, 440), $\text{R}=\text{Carbon}$ (Sens. Actuators B, 2012, 162, 159)] 特に白金アノードの場合、カーボンを室温でも上式に従って完全燃焼することができ、最先端のセリア系触媒でもその燃焼には 250 °C 以上の温度が必要であることを考えると、この活性酸素の酸化力は驚異的に高いと判断される。また、興味深いことに、カーボン燃焼の電流効率は温度上昇とともに増加し、200 °C で 100% に到達し、しかもセルの電気抵抗はカーボン燃焼中に低減し、燃焼完了後には燃焼前の初期値までに速やかに回復していた。加えて、アノード電位を +2V (vs. SHE) 以上にセットすれば、カーボン酸化は進行するが、一酸化炭素や炭化水素酸化は抑制されることも判明した。従って、この現象を利用すれば、センサの電極が自己浄化能力を持ち、これまで報告されているセンサでは不可能であった PM の連続モニタが可能になると考えた。

4. 研究成果

4 - 1. センシングコンセプトの実証

センサの電解質に $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 粉体を加圧成型したプロトン導電体を使用し、その表面に Pt とカーボンの物理混合物を作動極として塗布した。対極としては Pt のみを電解質の裏面に取り付けた。センサ温度 200 °C で、作動極に 3% 水蒸気と 10% 酸素の混合ガスを導入し、作動極がプラスになるように通電した。通電を行っていくと、作動極出口ガスから二酸化炭素の生成が確認され、しかも電流が 20mA までは二酸化炭素生成量に対する電流効率がほぼ 100% であった。これは次式に示すように、水蒸気が電解される際に生成した活性酸素によって、カーボンが燃焼されたことを示している。



しかし、電流が 22mA になると、作動極での二酸化炭素生成が抑制される反面、酸素の発生が確認された。また、この際に作動極の電位が約 0mV から 1000mV 以上へ急激に変化することも観察された。これは電解質と電極界面に存在していたカーボンが燃焼されつくして、電極反応が(1)式から(2)式に変化したことを意味する。



続いて、カーボン燃焼とセンサ特性との関係を詳しく調べるため、作動極中のカーボン量をいろいろ変化させ、電流 - 電位曲線を測定した。図 1 が示すように、(1)式から(2)式の変化に由来する電位ジャンプの起る電流値がカーボン量とともに高電流側にシフトした。従って、電極中のカーボン量とセンサの電流値には良い相関性があることが分かり、もしセンサの電極電位を例えば+1000mV に保持しておけば、センサの電流値からカーボン量を推定できる可能性が示唆される。

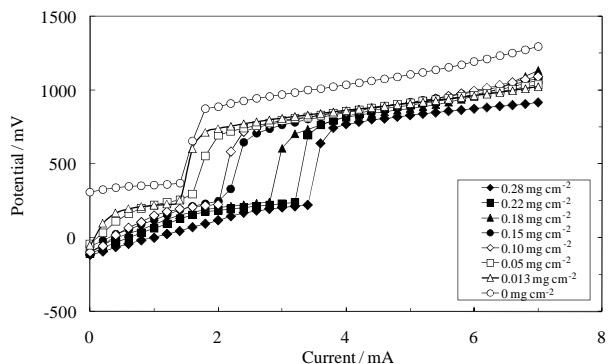


図 1 . いろいろなカーボン量から成る作動極の電流 - 電位曲線 : 温度 200

4 - 2 . センサの高感度化

1 のセンサ素子で通電前後の SEM/EDX 断面写真を測定したところ、電解質と電極の界面にあるカーボンは通電によって焼失していたが、電極の外表面に近いカーボンはそのまま残存していた。この理由として、(1)式の反応が進行するためには、電解質 (プロトン) 、Pt (電子) とカーボンの三つが合わさっていることが必要であり、この条件を満たす電解質と電極界面にあるカーボンだけが燃焼したためであると考えられる。これは本センサを実際の排ガスで使用する場合、パティキュレートマター (PM) のほとんどが電極外表面付近に堆積することが予想されるため、実用上大きな課題となる。そこで、この課題を解決するために、作動極内に電解質成分である $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子を複合化し三次元的にネットワーク化することで、電極内部にプロトン伝導性を付与することを試みた。 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子の粒径や量を最適化した結果、ある一定量のカーボンを(1)式によって燃焼させるのに必要な電流値が予想される理論値にかなり近づいた。これによって、図 2 が示すようにセンサの感度が Pt 単独の作動極使用のセンサに比べて 1 . 4 倍向上した。

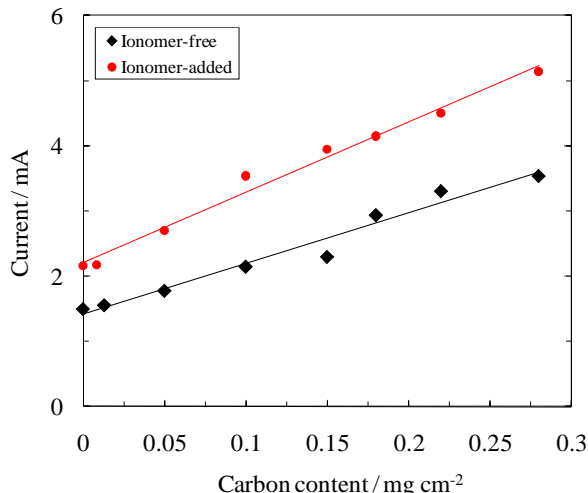


図 2 . カーボン量とセンサ電流信号との関係 : 温度 200

4 - 3 . センサの高応答性化

2 の電極設計はそのままセンサの高応答性化にも大きく貢献する。これまでの実験ではカーボンを電極内部に予め混入していたが、実際の応用では PM が電極外部から飛来し蓄積する。そこで、飛来するカーボンに対するセンサの応答性を評価するため、カーボンフリーの作動極から構成されるセンサをピーカーに入れ、ピーカーの底にあるカーボンをスタラーで回転させることによって、カーボンをピーカー内に噴霧させた。このときのセンサの応答を図 3 に示す。センサの電流信号は作動極が Pt のみの場合にはスタラーの on と off で僅かに応答を示しただけであったが、Pt に $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子を複合化することによって on 時に電流が瞬時に高まり、off 時に比較的速く元の値に回復することが確認された。

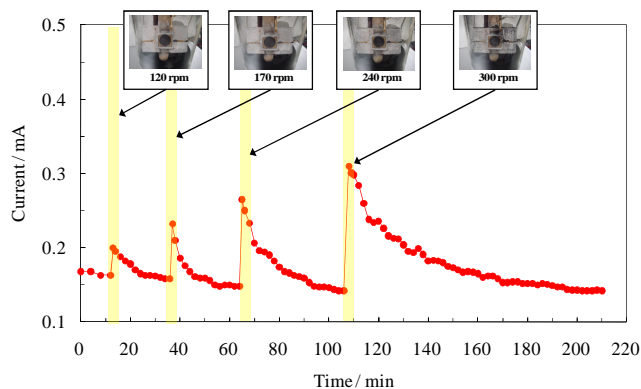


図 3 . 飛来カーボンに対するセンサ電流信号の応答性 : 温度 200

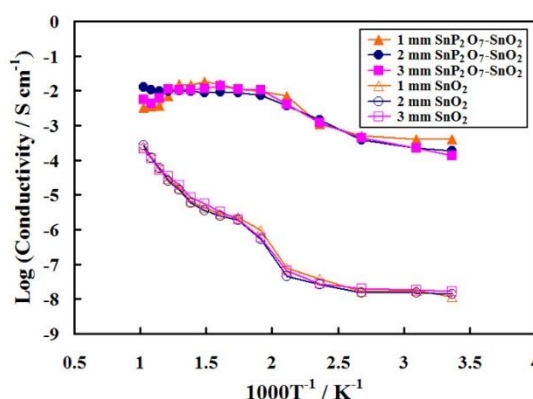
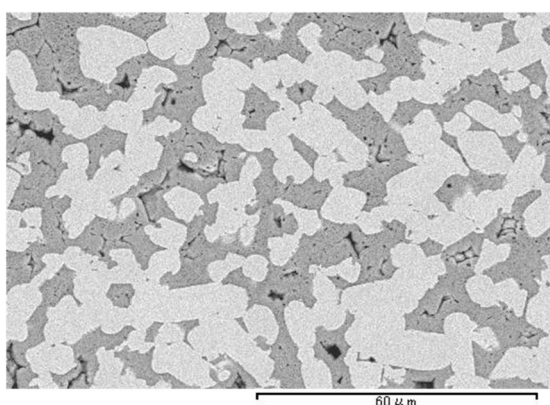
4 - 4 . センサの高耐久性化

3 の実験ではセンサの電解質として、 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 粉体を加圧成型した錠剤状試料を用いていたが、これは機械的強度が無く、また耐水性に乏しいため、実際の応用には使用できない。この

対策として、緻密で頑丈な $\text{Sn}_0\text{P}_2\text{O}_7 - \text{SnO}_2$ コンポジットセラミックスを設計することを試みた。始めに SnO_2 とカーボンを混合したグリーン体を 1500 で焼成することで、多孔質の SnO_2 セラミックスを合成した。これを液体リン酸に浸して高温に加熱することによって、次式の反応をセラミックスの内外表面で進行させた。



ここで興味深いことに、 SnO_2 のモル体積は $21.6\text{cm}^3\text{mol}^{-1}$ であるのに対して、 SnP_2O_7 のモル体積は $76.4\text{cm}^3\text{mol}^{-1}$ であるので、セラミックス内部で SnP_2O_7 が成長することによって細孔が埋められ、セラミックスが緻密化することである (図4参照)。その結果の導電率は、図5が示すように 300 から 700 で 0.007S cm^{-1} に達した。また、多孔質 SnP_2O_7 セラミックスに予め低原子価カチオン、例えば Sm^{3+} を固溶させることによって、コンポジットセラミックスの導電率が増大し、7mol の Sm ドーピングでセンサの作動温度である 200 でプロトン導電率が 0.01S cm^{-1} に達した。このセラミックスの機械的強度は約 3GPa であり、加圧成型体より 2 桁ほど高い値であった。また、ガス濃淡電池法でセラミックスのプロトン輸率を算出したところ、この試料はほぼ純粋なプロトン導電体であることが判明した。加えて、このコンポジットセラミックスをセンサの電解質に使用しても先の 2 及び 3 と同様にカーボンへの感度と応答性に優れていることも確認され



た。

図4 . $\text{Sn}_0\text{P}_2\text{O}_7 - \text{SnO}_2$ コンポジットセラミックスの SEM 像

図5 . $\text{Sn}_0\text{P}_2\text{O}_7 - \text{SnO}_2$ コンポジットセラミックスのプロトン導電率

4 - 5 . センサ素子の試作

PM センサ素子としては、外部からの飛来 PM に対する検出精度を確保し、検出極上で反応せずに堆積した PM を除去し、エンジン排気中での耐久性を確保する必要がある。の検出については 2 と 3 の技術である、Pt 電極への $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子の複合化、さらに電極の膜厚低減及び多孔化を行った。の PM 燃焼再生については堆積した PM を内層ヒーターで加熱し、燃焼除去できるようにした。の信頼性については 4 の技術である、 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7 - \text{SnO}_2$ コンポジットセラミックスを使用することで対応した。

4 - 6 . ベンチ試験評価装置の試作

本装置は主に PM 発生器と PM 分析計から構成される。PM 発生器はプロパンガスの不完全燃焼を利用して、実機アイドル相当の PM 排出量 ($3.5 \sim 55 \mu\text{g s}^{-1}$) を再現可能にした。PM 分析計は EEPS (Engine Exhaust Particle Sizer) により、発生 PM の粒径分布をリアルタイムに計測し、またその結果を積算することで PM 排出量の算出を実現した。

4 - 7 . センサのベンチ評価

5 で試作した素子を用い、6 のベンチ試験評価装置にて、外部からの飛来 PM に対するセンサ応答特性を評価した。その結果、図6に示すように、飛来 PM 量に応じてリアルタイムに反応するセンサ信号を初めて確認し、本センサの実現可能性を示す

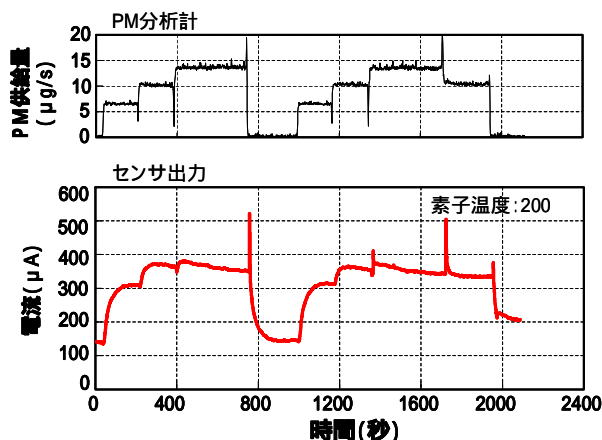


図6 . ベンチ評価での応答特性

ことができた。ただし、検出精度（定量性、再現性含む）については不足していると考えられ、実用化に向けては今後改善していく必要がある。

結論として、以下のようにまとめられる。 センシング原理の確立：プロトン導電性 $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 電解質に Pt 電極触媒とカーボン試験体の混合物を取り付け、その電極がプラスになるように通電した。その結果、カーボンが電流効率 100% で燃焼されるとともに、燃焼後に大きな抵抗変化が生じることを確認できた。また、カーボン試験体量を変えると、セルの抵抗変化がそれに追従することも実現できた。

センサの高感度化：研究内容とその成果：電極内に電解質成分である $\text{Sn}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{P}_2\text{O}_7$ 微粒子を高分散で複合化し、カーボン燃焼を高効率化することによって、センサ感度を μg レベルのカーボン量まで引き上げることに成功した。

センサの高耐久性化：電解質を従来までの加圧成型体からコンポジットセラミックスにしたことによって、機械的強度が約二桁向上し、耐水性も大幅に改善された。また、このコンポジットセラミックスを電解質に使用しても、従来通りのカーボンセンシング特性が発揮されることを確認した。

センサのシステム化：センサ素子の製造プロセスを検討し、サーベイセンサを小型化するとともに、保護カバーと内層ヒーターを装着可能にした。さらに、このセンサ素子は PM ベンチ評価試験で μg レベルの PM に連続的に応答することができた。

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 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Shinya Teranishi, Takuma Hitomi	4. 巻 9
2. 論文標題 Solid oxide fuel cell using municipal solid waste directly as fuel: biomass, resin, plastic, and food waste	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 3124-3136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.0c07657	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 Masahiro Nagao, Kazuyo Kobayashi, Yongcheng Jin, Ippei Maruyama, Takashi Hibino	4. 巻 8
2. 論文標題 Ionic conductive and photocatalytic properties of cementitious materials: calcium silicate hydrate and calcium aluminoferrite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 15157-15166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TA04866F	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 Masahiro Nagao, Kazuyo Kobayashi, Tetsuya Hori, Yaorong Li, Takashi Hibino	4. 巻 12
2. 論文標題 Humidity driven transition from insulator to ionic conductor in Portland cement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 3701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma12223701	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 Tetsuya Hori, Kazuyo Kobayashi, Shinya Teranishi, Masahiro Nagao, Takashi Hibino	4. 巻 102
2. 論文標題 Fuel cell and electrolyzer using plastic waste directly as fuel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Waste Management	6. 最初と最後の頁 30-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wasman.2019.10.019	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 Yaorong Li, Masahiro Nagao, Kazuyo Kobayashi, Yongcheng Jin, Takashi Hibino	4. 巻 10
2. 論文標題 A cellulose electrolysis cell with metal-free carbon electrodes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal10010106	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 Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Masaya Ito, Qiang Ma, Masahiro Nagao, Mai Fukui, Shinya Teranishi	4. 巻 6
2. 論文標題 Efficient Hydrogen Production by Direct Electrolysis of Waste Biomass at Intermediate Temperatures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 9360-9368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.8b01701	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 Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Masaya Ito, Masahiro Nagao, Mai Fukui, Shinya Teranishi	4. 巻 231
2. 論文標題 Direct electrolysis of waste newspaper for sustainable hydrogen production: an oxygen-functionalized porous carbon anode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B : Environmental	6. 最初と最後の頁 191-199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2018.03.021	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 Masaya Ito, Tetsuya Hori, Shinya Teranishi, Masahiro Nagao, Takashi Hibino	4. 巻 8
2. 論文標題 Intermediate-temperature electrolysis of energy grass Miscanthus sinensis for sustainable hydrogen production	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-34544-y	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 Tetsuya Hori, Qiang Ma, Kazuyo Kobayashi, Masahiro Nagao, Shinya Teranishi, Takashi Hibino	4. 巻 44
2. 論文標題 Electrolysis of humidified methane to hydrogen and carbon dioxide at low temperatures and voltages	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 2454-2460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2018.12.044	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 Masahiro Nagao, Kazuyo Kobayashi, Peiling Lv, Shinya Teranishi, Takashi Hibino	4. 巻 164
2. 論文標題 NOx sensing characteristics of semiconductor gas sensors under controlled oxygen activity conditions using a proton-conducting electrolyte	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B397-B402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0361709jes	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 Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Peiling Lv, Masahiro Nagao, Shinya Teranishi	4. 巻 90
2. 論文標題 High performance anode for direct cellulosic biomass fuel cells operating at intermediate temperatures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1017-1026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170163	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 Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Masahiro Nagao, Shinya Teranishi	4. 巻 4
2. 論文標題 Hydrogen production by direct Lignin electrolysis at intermediate temperatures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 3032-3036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201700917	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7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Tetsuya Hori, Shiya Teranishi, Masahiro Nagao, Takashi Hibino
2. 発表標題 Direct conversion of plastic wastes into electricity in an intermediate-temperature fuel cell
3. 学会等名 APCChE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤雅哉, 堀 哲也, 寺西真哉, 長尾征洋, 日比野高士
2. 発表標題 草本およびその構成成分の直接電解による水素生成と電気化学特性評価
3. 学会等名 第49回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀 哲也, 伊藤雅哉, 寺西真哉, 長尾征洋, 日比野高士
2. 発表標題 廃棄プラスチックを直接使用した燃料電池発電
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺西真哉, 堀 哲也, 伊藤雅哉, 長尾征洋, 日比野高士
2. 発表標題 廃棄バイオマスの直接電解による水素生成
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Nagao, Takashi Hibino, Kazuyo Kobayashi, Peiling Lv, Shinya Teranishi, Toshiyuki Mori
2. 発表標題 Direct biomass fuel cell using wood sawdust and pulp as fuels at intermediate temperature
3. 学会等名 IUMRS-LCAM2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaya Ito, Peiling Lv, Masahiro Nagao, Kazuyo Kobayashi, Yanbai Shen, Takashi Hibino
2. 発表標題 Electrochemical Reaction of Nano-Carbons for PM Monitoring in Diesel Engine Exhaust
3. 学会等名 ICMaSS2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長尾征洋、伊藤雅哉、呂佩玲、小林和代、福井舞、日比野高士
2. 発表標題 バイオマスの電解による水素生成
3. 学会等名 電気化学会第85回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 水素生成装置	発明者 寺西真哉、日比野高士他	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-201673	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電気化学装置	発明者 寺西真哉、日比野高士他	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-056474	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 NOxセンサ素子及びNOxセンサ	発明者 原田 敏彦、日比野高士他	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-173109	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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			
中国	中国海洋大学			