

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03410

研究課題名（和文）担体界面・電子状態制御による高活性燃料電池用先進的電極触媒の開発

研究課題名（英文）Development of high active catalyst for fuel cell by controlling interface and electronic state of interface

研究代表者

柿沼 克良（KAKINUMA, Katsuyoshi）

山梨大学・大学院総合研究部・特任教授

研究者番号：60312089

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000 円

研究成果の概要（和文）：既存触媒より電気伝導度・触媒活性が高く、高耐久性を備える先進的新規固体高分子形燃料電池用電極触媒の創製と、新規機能の創出に成功した。貴金属から担体への電子ドネーションにより触媒-担体相互作用が生じるメカニズムを解明し、触媒活性と電子伝導度の向上を実現させたほか、触媒表面の親水性を積極的に利用したPt/担体/気相の新たな三相界面を提唱した。これらは、固体高分子形燃料電池の電極触媒層における新たな設計指針となった。酸化物担体のガス吸着性能を利用した“大気抵抗スイッチングメカニズム”を見出し、起動停止時の高電位発生時でもカソードの劣化を抑制する新たな触媒の開発にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

触媒活性及び耐久性を格段に向上させた電極触媒の開発すると共に、Pt/担体/気相による新たな三相界面の設計方法や“大気抵抗スイッチングメカニズム”を提唱し、家庭用・自動車用固体高分子形燃料電池の耐久性、性能向上に大きく貢献した。また、触媒の電子輸送特性と酸素還元活性の向上要因となる触媒-担体相互作用のメカニズム及びその学理の解明に成功した。

研究成果の概要（英文）：The highly active and durable electrocatalysts for polymer electrolyte fuel cells were invented. The innovative electrocatalysts showed the higher electronic conductivity and oxygen reduction reaction activity rather than those of commercial electrocatalysts. These improvements relies on the metal-support interactions induced by the electronic donation from noble metal to oxide supports. The three phase boundary of Pt/support/gas was constructed by applying the hydrophilic surface of the supports, which improved the catalyst layer performances. The atmospheric resistive switching mechanism of the Pt catalyst supported on oxides were also invented to mitigate the degradation of the cathode catalysts under the high potential at the startup/shutdown process.

研究分野：電気化学 固体化学

キーワード：電極触媒 固体高分子形燃料電池 触媒活性 耐久性 相互作用 電気伝導性 電子構造 微細構造

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化対策・脱炭素化が求められる中、我が国では世界に先駆けて水素社会を実現するため「水素基本戦略」が策定された。この戦略において自家用車からトラック・バスに至る様々な車種にて水素による低炭素化を掲げ、将来的には船舶含めたモビリティ全体の低炭素化を求めている。固体高分子形燃料電池はその基幹技術の一つであり、その電極触媒において性能・耐久性の一層の向上が必要である。しかし、現在の電極触媒はPtナノ粒子をカーボン上に高分散担持したものであり、耐久性・活性共にその向上が求められている。

2. 研究の目的

本研究は熱力学的に高い安定性があり、カーボンと同様な微細構造(連珠構造)をもつ導電性酸化物ナノ粒子を担体及びその電極触媒を創製し、高い触媒活性と高耐久性を兼ね備え、担持体効果も付与した革新的な高活性新規電極触媒を提案、開発する。さらに、担体表面、Pt-担体界面のもつ化学的性質を積極的に利用して、触媒活性と耐久性に寄与する新たな機能を創出することを目的とする。

3. 研究の方法

導電性酸化物ナノ粒子を合成するビルドアッププロセスと、酸化物ナノ粒子の表面構造を活用したPt合金のエピタキシャル成長させるプロセスにより、微細構造・結晶構造を精密に制御したPt合金/導電性酸化物ナノ粒子触媒を合成する。得られた電極触媒について、電気化学的活性を回転ディスク電極(RDE)法及び単セルにて評価する。STEMによる触媒の界面構造解析とPt合金の配向性評価、HAXPESとTEM-EELSによるPt合金及び導電性酸化物ナノ粒子の表面・界面、電子状態解析、ラマン分光測定による酸素欠陥・吸着物の解析を通じて、活性向上の要因と相関を解明する。

4. 研究成果

・Pt担持セラミックス触媒の開発

燃料電池の電極には、酸素・水素との反応場・電子輸送・ガス輸送の機能が求められる。高活性な触媒だけでなく、それらを高分散担持させるための高比表面積・高い電気伝導性・

水素及び酸素を拡散させるための空隙が必要となる。一般的にはPt及びPt合金をカーボンで担持した触媒が利用されるが、高電位にてカーボンが腐食しやすく、耐久性に課題があった。本研究ではそのカーボンを電気伝導性のあるセラミックスに注目し、図1に示す設計コンセプトにて、新規なセラミックス担体の開発及びそのPt合金担持触媒の開発を試みている。セラミックスナノ粒子はナノ粒子にすると粒界抵抗・量子サイズ効果・ガス吸着の影響により抵抗が高くなる。それに対し、本研究ではナノ粒子(粒子径: 10-40 nm)を部分的に融着結合させ、カーボンに類似した三次元的なネットワーク構造(融着連珠構造)にした。このネットワーク構造は電子伝導パスとして働き、結晶化カーボンより大きな比表面積を有しながら、高い電気伝導度を発現する性質がある。そのため、Ptなどの触媒ナノ粒子を高分散担持する共にそれらへの電子輸送も容易に行うことができる。さらに、この微細構造にはセラミックスナノ粒子で囲まれた一次孔(一次孔: 直径 40 nm 未満)及びナノ粒子の凝集体で囲まれたより大きな空隙(二次孔: 直径 40 nm 以上)があり、それらはガス拡散パスとして働く。

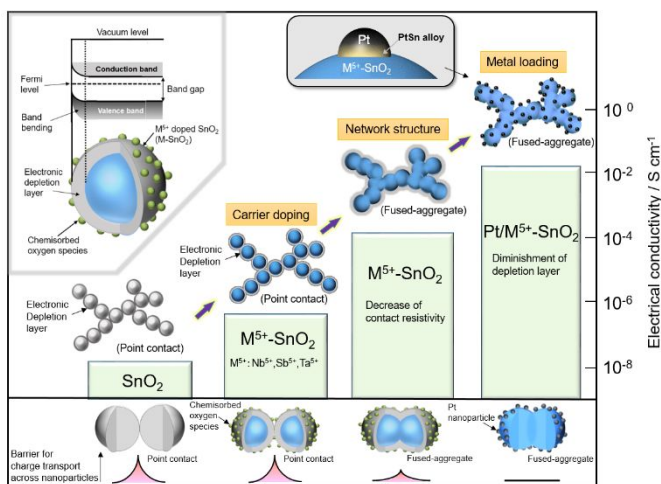


図1 セラミックス担体及びPt担持触媒の設計

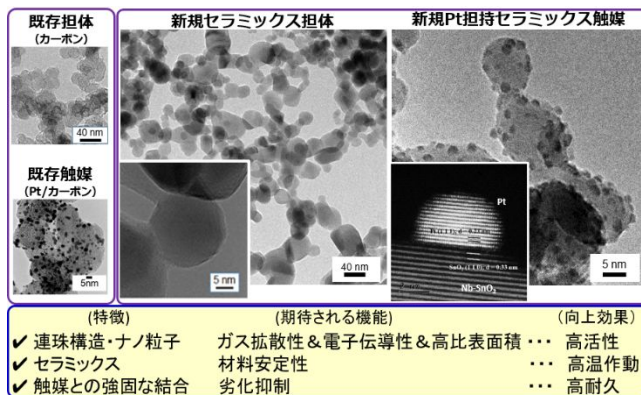


図2 セラミックス担体・触媒の電子顕微鏡像

Pt 担持セラミックス触媒の一例として Pt/Nb-SnO₂ 触媒の透過電子顕微鏡像を図 2 に示す。Pt 触媒は Nb-SnO₂ 上にて配向担持しており、発電環境下にて移動・凝集が抑制され、担体との相互作用から触媒活性の向上が見込まれる。さらに、このセラミックス担体表面には水酸基等の吸着物があり、高分子電解質バインダー(アイオノマー)との相互作用で均一な被覆が可能となり、Pt の利用率も向上した。

一方、一般的にセラミックスナノ粒子は表面に大気

中の分子種を吸着する性質がある。これら吸着分子種はナノ粒子中の電子を吸引して絶縁性の電子空乏層をナノ粒子表面に形成する(図 3 右)。界面抵抗も大きいことから、セラミックスナノ粒子の電気伝導性は低い。これに対し、界面抵抗の低減を目的にセラミックスナノ粒子を連珠構造にすることが本研究で開発した担体の特徴の一つである(図 1、2)。さらにこのセラミックス担体に Pt を担持した場合、その界面は金属/半導体界面となりショットキー障壁が形成される。本研究でその障壁の影響を緩和させる目的で Pt 等の触媒とセラミックス触媒を相互反応させている。相互反応により形成される Pt 系触媒とセラミックスナノ粒子界面での中間層の形成により、Pt 触媒からセラミックス担体への電子供与が可能となる。Pt/Nb-SnO₂ 触媒の電気伝導度を図 3 に示す。Pt の担持量の増加に伴い Pt/Nb-SnO₂ 触媒の電気伝導度が増加しており、セラミックスナノ粒子の微細構造制御及び触媒-担体界面設計のコンセプトに基づき Pt/カーボンに匹敵する電気伝導性を発現させている。

既存の Pt 担持カーボン触媒では劣化に伴いカーボン表面が親水性となりフラッシングの要因となる。当初、セラミックス担体の表面には水酸基等の分子種が吸着して親水性であることから、フラッシングの影響は大きいと予想されていた。本研究では Pt/Nb-SnO₂ 触媒の表面について低加速電圧の透過電子顕微鏡にて詳細に観察した。その結果、高分子電解質バインダー(アイオノマー: ナフィオン)が触媒・担体表面を均一に被覆することを明らかにした。これは Nb-SnO₂ 触媒ナノ粒子表面の親水基とアイオノマー中のスルホン酸基との相互作用によるものと思われる。このように表面を制御した Pt/Nb-SnO₂ 触媒をカソードに用いた単セルの見かけの質量活性(@0.80 V)はアイオノマーと Nb-SnO₂ 担体の混合比(I/S: アイオノマーと Pt/Nb-SnO₂ 担体の混合比)を下げると共に向上した。特に、I/S が 0.20 まで低下することで見かけの質量活性は急激に増加し、I/S=0.10 付近にて市販 Pt 担持結晶化カーボン触媒をカソードに用いた単セルの 2 倍まで向上した。I/S 0.20 においてアイオノマーの厚さは Pt の粒子径(3nm)より小さくなるため、Pt/アイオノマー/気相の三相界面が形成され、Pt 触媒に吸着するスルホン酸の数が減少することも影響すると予想される。Pt/Nb-SnO₂ 触媒層を用いた単セルの性能や耐久性を確認したところ、市販 Pt/GCB をカソードに用いた場合より向上しており、活性と耐久性を両立していることを明らかにした。

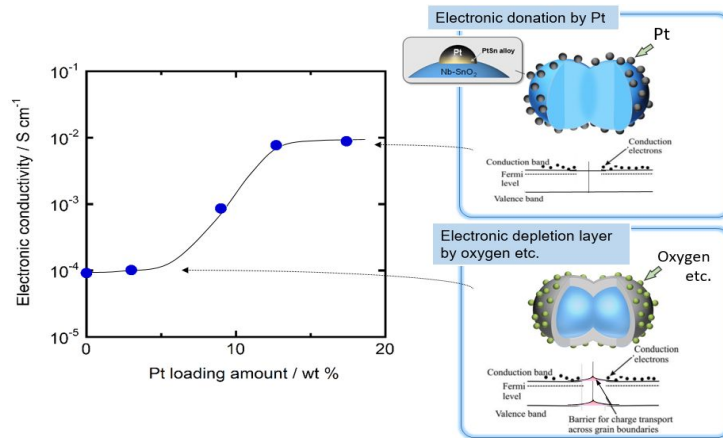


図 3 Pt 担持セラミックス触媒の電気伝導度と Pt 担持量との相関

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Katsuyoshi Kakinuma, Ryo Kobayashi, Akihiro Iiyama, Makoto Uchida	4. 巻 165
2. 論文標題 Influence of Ionomer Content on Both Cell Performance and Load Cycle Durability for Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 J3083-J3089
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/2.0141815jes	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 Katsuyoshi Kakinuma, Naoki Hirayama, Akihiro Iiyama, Masahiro Watanabe, and Makoto Uchida	4. 巻 164
2. 論文標題 Electrochemical Oxidation of Hydrolyzed Poly-Oxymethylene-Dimethylether by Pt and PtRu Catalysts on Ta-Doped SnO ₂ Supports for Direct Oxidation Fuel Cells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 F1226-F1233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/2.1461712jes	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 Ryosuke Nishikawa, Katsuyoshi Kakinuma, Hanako Nishino, Manuel E. Brito, Srikanth Gopalan, and Hiroyuki Uchida	4. 巻 7
2. 論文標題 Synthesis and Evaluation of Ni Catalysts Supported on BaCe _{0.5} Zr _{0.3-x} Y _{0.2} Ni _x O ₃ with Fused-Aggregate Network Structure for the Hydrogen Electrode of Solid Oxide Electrolysis Cell	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/catal7070223	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 Ryosuke NISHIKAWA, Hanako NISHINO, Manuel E. BRITO and Katsuyoshi KAKINUMA	4. 巻 126
2. 論文標題 Synthesis and evaluation of double-layer electrodes using a NiBaCe _{0.50} Zr _{0.27} Y _{0.20} Ni _{0.0303} network structure as the hydrogen electrode of solid oxide cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 208-213
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.17258	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 Katsuyoshi Kakinuma, Kohei Suda, Ryo Kobayashi, Tetsuro Tano, Chisato Arata, Isao Amemiya, Sumitaka Watanabe, Masashi Matsumoto, Hideto Imai, Akihiro Iiyama, Makoto Uchida	4. 巻 11
2. 論文標題 Electronic States and Transport Phenomena of Pt Nanoparticle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 34957-34963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b11119	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 Ryosuke Nishikawa, Hanako Nishino, Manuel E Brito, Katsuyoshi Kakinuma,	4. 巻 126
2. 論文標題 Synthesis and evaluation of double-layer electrodes using a Ni-BaCe0.50Zr0.27Y0.20Ni0.03O3-cermet with a fused-aggregate network structure as the hydrogen electrode of solid oxide cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 208-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 11.1149/2.0141815jes	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 Katsuyoshi Kakinuma, Akihiro Iiyama, Makoto Uchida	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis and Evaluation of High Durable Electrocatalysts Using Oxide Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan	6. 最初と最後の頁 84-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.84	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 Katsuyoshi Kakinuma, Akihiro Iiyama, Makoto Uchida, Isao Amemiya, Chisato Arata, Sumitaka Watanabe, Minoru Ishida, Maki Li, Tomohiro Akiyama, Fumiaki Ogura, Koichi Matsutani	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis and Evaluation of High Durable Electrocatalysts Using Oxide Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of Society of Automotive Engineers of Japan	6. 最初と最後の頁 1549-1553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1549	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 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 13件 / うち国際学会 16件）

1. 発表者名 R. Kobayashi, K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Influence of Ionomer Content on Cell Performance and Load Cycle Durability of Membrane-Electrode Assemblies Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers
3. 学会等名 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Kobayashi, K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Relationship between Ionomer Content and Load Cycle Durability of Membrane-Electrode Assemblies Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers
3. 学会等名 The 7th International Seminar “Green Energy Conversion Science and Technology” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kakinuma, M. Hayashi, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Enhancement of the Catalytic Activity and Durability of Pt and Pt Alloy Catalysts on SnO ₂
3. 学会等名 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kakinuma, R. Kobayashi, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Effects of Ionomer Content on Both Performance and Load Cycle Durability for PEFCs Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers
3. 学会等名 234th Meeting of the Electrochemical Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kakinuma
2. 発表標題 Highly active and durable PEFC cathode catalyst of Pt supported on SnO ₂ nanoparticles with fine-controlled microstructure and interfaces
3. 学会等名 2nd International Workshop on Phase Interfaces for Highly Efficient Energy Utilization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柿沼克良, 内田誠, 飯山明裕
2. 発表標題 Synthesis and Evaluation of High Durable Electrocatalysts using Oxide Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells
3. 学会等名 公益社団法人 自動車技術会 2018年春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 Pt系触媒用酸化物担体の検討
3. 学会等名 一般社団法人触媒学会第11回新電極触媒シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 PEFC用高活性・高耐久性触媒の実用化への挑戦
3. 学会等名 電気化学セミナー1 「最先端電池技術-2019」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 筒井慎一郎, 柿沼克良, 内田誠, 飯山明裕
2. 発表標題 Pt担持酸化チタンをアノードに用いたPEFCの性能評価
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 K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Watanabe, M. Uchida
2. 発表標題 New Developments in Structured Oxide Supports for Exceptionally Durable Anode and Cathode Pt and Pt Alloy Catalysts
3. 学会等名 CARISMA 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Uchida, K. Takahashi, K. Kakinuma
2. 発表標題 Improvement of Cell Performance in Low-Pt-Loading PEFC Cathode Catalyst Layers with Pt/Ta-SnO ₂ Prepared by the Electrospray Method
3. 学会等名 21th International Conference on Solid State Ionics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Uchida, K. Takahashi, K. Kakinuma
2. 発表標題 Improvement of Cell Performance in Low-Pt-Loading PEFC Cathode Catalyst Layers with Pt/Ta-SnO ₂ Prepared by the Electrospray Method
3. 学会等名 68th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kakinuma, M. Hayashi, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Pt and PtCo Alloy Catalysts Supported on SnO ₂ with Fused-Aggregate Network Structure for PEFC Cathodes
3. 学会等名 68th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Ohno, S. Nohara, K. Kakinuma, M. Uchida, H. Uchida
2. 発表標題 Effect of Heat Treatment of IrO _x /Sb-SnO ₂ Catalysts on Oxygen Evolution Activity in Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolysis
3. 学会等名 The 6th International Seminar for Special Doctoral Program 'Green Energy Conversion Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Kobayashi, K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Evaluation of the Cell Performance and Load Cycle Durability for Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers with Various Ionomer Contents
3. 学会等名 The 6th International Seminar for Special Doctoral Program 'Green Energy Conversion Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Kobayashi, K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 Evaluation of the Cell Performance and Load Cycle Durability for Membrane Electrode Assemblies Using Pt/Nb-SnO ₂ Cathode Catalyst Layers with Various Ionomer Contents
3. 学会等名 232nd ECS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Iiyama, K. Kakinuma, M. Uchida, H. Yano, J. Inukai, J. Miyake, K. Miyatake, H. Uchida
2. 発表標題 Recent R & D of Electrocatalysts and Polymer Electrolytes to Realize Superlative, Stable, and Scalable Performance Fuel Cells
3. 学会等名 International Symposium on Novel Energy Nanomaterials, Catalysts and Surfaces for Future Earth (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kakinuma, A. Iiyama, M. Uchida
2. 発表標題 High Durable and Active Pt and PtCo Alloy Catalysts Supported on SnO ₂ with Fused-Aggregated Network Structure for Polymer Electrolyte Fuel Cells
3. 学会等名 ICAE 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柿沼克良、飯山明裕、内田誠
2. 発表標題 高耐久性・高活性を有するPt・PtCo担持SnO ₂ 触媒の評価
3. 学会等名 第24回燃料電池シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Iiyama, M. Watanabe, K. Kakinuma, M. Uchida, H. Yano, K. Miyatake, H. Uchida
2. 発表標題 Recent R&D of Electrocatalysts and Polymer Electrolytes for Superlative, Stable, and Scalable Performance Fuel Cell
3. 学会等名 第24回燃料電池シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 飯山明裕、内田誠、柿沼克良、矢野啓、宮武健治、三宅純平、内田裕之
2. 発表標題 自動車用燃料電池材料の最先端
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内田誠
2. 発表標題 PEFC用MEAの高性能化・高耐久化の取り組み
3. 学会等名 公益社団法人高分子学会水素・燃料電池材料研究会 2017年度水素・燃料電池材料研究会講座（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内田誠
2. 発表標題 静電スプレー(ES)法によるPEFC 用低白金担持Pt/GCB
3. 学会等名 第16回燃料電池基盤技術研究懇話会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林諒、柿沼克良、飯山明裕、内田誠
2. 発表標題 Pt/Nb-SnO ₂ カソード触媒層を用いたMEAの発電性能及び微細構造との関係
3. 学会等名 電気化学会第85回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 セラミックス担体を用いたPEFC用高耐久・高活性触媒の開発
3. 学会等名 FC-EXPO (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Katsuyoshi Kakinuma
2. 発表標題 Highly Durable and Active Electrocatalysts using Ceramic Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells
3. 学会等名 ACEPS-10 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 Pt・Pt合金担持セラミックス触媒を用いた固体高分子形燃料電池の性能
3. 学会等名 第17回 燃料電池基盤技術研究懇話会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿沼克良, 飯山明裕, 内田誠, 雨宮功, 荒田知里, 渡辺純貴
2. 発表標題 Pt担持セラミックス触媒を用いた固体高分子形 燃料電池用カソード触媒の性能
3. 学会等名 第60回電池討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 燃料電池の基礎及び開発動向
3. 学会等名 電気化学会・普及委員会・電気化学セミナー4 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 PEFCの高温作動に伴う課題とPt担持セラミックス触媒の挑戦
3. 学会等名 高分子学会 2019年度水素・燃料電池材料研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsuyoshi Kakinuma, Ryo Kobayashi, Tetsuro Tano, Takayuki Asakwawa, Isao Amemiya, Chisato Arata, Sumitaka Watanabe, Akihiro Iiyama, and Makoto Uchida
2. 発表標題 Improvement of the performance of Pt catalysts supported on Nb-doped SnO ₂ via well-controlled interfaces
3. 学会等名 236th, ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柿沼克良
2. 発表標題 次世代燃料電池に向けた材料開発の方向性
3. 学会等名 水素機器用エラストマー材料研究分科会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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	内田 誠 (UCHIDA MAKOTO) (10526734)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	