

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2011～2015

課題番号：23226015

研究課題名(和文) 燃料電池高耐久性電極触媒設計工学の構築

研究課題名(英文) Fuel Cell Electrocatalysts with Extended Durability

研究代表者

佐々木 一成 (SASAKI, KAZUNARI)

九州大学・工学研究院・主幹教授

研究者番号：80322296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 166,000,000円

研究成果の概要(和文)：燃料電池・水素エネルギー技術への期待が高まっている。本研究では、自動車用などの燃料電池の本格普及のために欠かせない、固体高分子形燃料電池の電極触媒の設計指針の構築を目指した。特に、燃料電池電極触媒の高耐久化と高活性化、燃料電池セルでの高性能化に注力した。酸化物担体の熱力学的安定性のデータベース化、高耐久性と高性能を両立する新規電極触媒の開発に成功し、電顕観察研究はNature系学術誌であるScientific Reports(計2報)に掲載されるなど高く評価された。関連部材の最適化、水電解や水素センサーへの応用にもつなげ、固体高分子形燃料電池の電極触媒設計指針を構築することができた。

研究成果の概要(英文)：Fuel cells and related hydrogen technologies are promising energy technologies. We focus to establish materials design principles of electrocatalysts for polymer electrolyte fuel cells, which is important for the wide-spread commercialization of fuel cell vehicles. We set our focus on the durability and activity of electrocatalysts and the electrochemical performance of the cells. Materials thermochemical stability database was constructed, and electrocatalysts with both durability and activity were developed. Electron microscopic studies have been published in a Nature-family Journal, Scientific Reports (2 papers). Related materials optimization and applications to electrolyzers and sensors were also made. Materials design principles of fuel cell electrocatalysts and related materials and devices have been established.

研究分野：固体酸化物形および固体高分子形燃料電池の材料・プロセス研究

キーワード：燃料電池 電極触媒 電気化学 酸素還元 SnO₂ 導電性酸化物 耐久性 Pt

1. 研究開始当初の背景

2015年の燃料電池自動車市販開始など、燃料電池・水素エネルギー技術への期待が高まっている。自動車用などの燃料電池の本格普及のための大きな課題が、電極触媒担体として広く用いられているカーボン担体の酸化腐食である。当研究代表者らは、導電性酸化物を電極触媒担体として用いることで、触媒レベルで、車の寿命に相当する6万回の高電位サイクルへの耐久性を、世界に先駆けて達成することに成功している。

2. 研究の目的

本基盤(S)プロジェクトでは、この当研究室オリジナルの高耐久性「カーボンフリー電極触媒」を基盤技術として、電池セルを開発して実作動条件下で性能と耐久性を検証・実証するとともに、関連する固体電気化学、化学熱力学、触媒化学、材料プロセス工学、機械工学を融合した電極触媒設計工学を構築し、燃料電池や関連する電気化学デバイスの設計論への展開を図ることを目的としている。

3. 研究の方法

化学熱力学と溶出速度論、電極触媒設計と材料プロセッシング工学、電極触媒の固体電気化学、燃料電池設計工学、電気化学デバイス工学の5項目について研究を行った。

4. 研究成果

(1) 熱力学的安定性と溶出の速度論：超強酸環境下の安定性同定とデータベース化、溶出速度定量化

熱力学平衡計算によって、高温 Pourbaix 図データベースとしてまとめた。また ICP 分析で、高電位サイクル後の Pt および MoO_3 、 SnO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 WO_3 からの溶出量を定量的に明らかにした。これらの成果をさらに発展させて、重要な電気化学デバイスである、酸性およびアルカリ性の電解質を用いた燃料電池および高分子形水電解の作動条件下での材料の熱力学的安定性を全元素について調べて、体系化している。 SnO_2 のみならず、図1に示すような TiO_2 系の担体材料の作製にもつなげている。

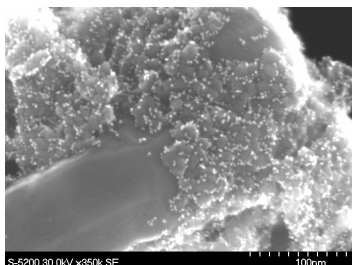


図1：Pt/Ti_{0.95}Nb_{0.05}O₂/VGCF-Hの電顕写真

(2) 電極触媒設計と材料プロセッシング工学：新規担体材料を用いた電極触媒材料創製

とナノ構造制御

Nbドープ SnO_2 に着目し、白金触媒の電気化学表面積と酸素還元活性を詳細に評価し、担体酸化物の表面積、塩素や硫黄系不純物を含まない白金原料の使用、担体導電率の重要性が明らかになった。 SnO_2 の各種調製方法のうち、マイクロ波加熱を用いた均一沈殿法で高い活性を得ることができた。 SnO_2 上への選択的な Pt 担持も確認した。電気化学的な起動停止耐久試験結果から、製法を最適化した Pt/ SnO_2 /VGCF 電極触媒 (VGCF: 気相成長炭素繊維) の初期値は Pt/C に匹敵するほどであり、起動停止耐久試験、負荷応答耐久試験のいずれにおいても試験後に既存の標準材料である Pt/C を大きく上回る結果となった。 SnO_2 はカーボン腐食電位において安定に存在できるために担体腐食による性能低下がなく、また Pt と SnO_2 の結合エネルギーを計算したところ、Pt とカーボンの3倍 (Daio, Sasaki et al., *Scientific Reports*, 2015) であることから、Pt のモビリティが Pt/C よりも抑制されているためにこのような結果になったものと示唆された。

(4) 燃料電池設計工学：高耐久性燃料電池の試作・開発と実作動条件下での実証

燃料電池セル (Membrane-Electrode-Assembly) を作製し、燃料電池自動車の寿命に相当する6万サイクル (1.0~1.5V) の耐久試験を行った結果、初期のセル電圧の9割以上が保持され、無視できるほど低い劣化率を示すことが明らかになった。ナフィオン電解質の混合割合を変化させた際、最も性能の高いセルは23wt%のものであった。ナフィオン混合割合を減らした場合は性能が低下しているものの差は小さかった。しかし、ナフィオン混合割合を増やした場合は、過電圧が大きくなり性能の低下が顕著となった。これは、ナフィオンの増大によりガス拡散パスの役割を持つ気孔がふさがれ、カソード側電極触媒層内へガスの供給が十分に行われなかったためであると考えられた。

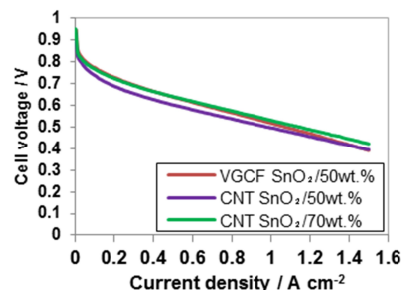


図2：異なる導電補助材を用いたセルの電流電圧 (IV) 特性

また、導電補助材や SnO_2 担持率を変更した際の IV 性能評価結果を図2に示す。導電補助材をカーボンナノチューブ (CNT) に変更したセルでは性能の低下が見られた。一方、

SnO₂ 担持率を増加させたセルでは性能の向上が見られ、低電流密度域では VGCF を導電補助材に用いたセルよりセル性能は高くなった。これは、CNT 上に SnO₂ が均一担持されておらず Pt が密集してしまい Pt の表面積が小さくなってしまったが、SnO₂ の表面積が増したことでより高分散に Pt が担持されることで解消されたからだと考えられた。今回の実験で、標準触媒 46.4wt.%Pt/KB(TKK) を用いたセルと比較して、SnO₂ 担持率 50wt.% の導電補助材 VGCF 担持セルと SnO₂ 担持率 70wt.% の導電補助材 CNT 担持セルで 0.2A/cm² においてはどちらも 95% , 1.0A/cm² においてはそれぞれ 88% ,94% のセル電圧と高い性能が確認できた。

また、並行して、ガス拡散層 (GDL) とマイクロポラス層 (MPL) 親水・撥水複合 MPL 付き拡散層、燃料電池内 3 次元温度分布計測手法も開発できた。

(5) 電気化学デバイス工学：関連する電気化学デバイスへの新規電極触媒の応用

水素センサーについては試作機を開発した。また水電解については、酸化物担体の上に酸化イリジウムを高分散担持させた触媒の開発に成功している。セパレータの一部にガラス窓を組み込んだ可視化用水電解セルも開発している。

このように計画どおり、中核となる、耐久性と触媒活性を両立した革新的な電極触媒材料の創製に成功し、燃料電池自動車の寿命に相当する 6 万回の高電位サイクル耐久性を電極触媒と電池セルの両方で実証することにも成功した。また、燃料電池関連成果を水電解技術や水素センシング技術などに展開することができ、電極触媒の設計指針に発展している。現在、これらの指針を踏まえて、更なる革新的な電極触媒開発にチャレンジしている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(合計では 28 件)

1. T. DAIO, A. STAYKOV, L. GUO, J. LIU, M. TANAKA, S. M. LYTH, K. SASAKI, “Lattice Strain Mapping of Platinum Nanoparticles on Carbon and SnO₂ Supports”, *Sci.Rep.*, 査読有, **5**, 13126(1-10) (2015)
DOI : 10.1038/srep13126
2. T. DAIO, T. BAYER, T. IKUTA, T. NISHIYAMA, K. TAKAHASHI, Y. TAKATA, K. SASAKI, S. M. LYTH, “In-Situ ESEM and EELS Observation of Water Uptake and Ice Formation in Multilayer Graphene Oxide”, *Sci. Rep.*, 査読有, **5**, 11807(1-8) (2015)
DOI: 10.1038/srep11807
3. M. IWAMI, D. Horiguchi, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Pt-decorated TiO₂ Electrocatalysts for PEFCs”, *ECS Trans.*, 査読有, **69**(17), 603-609 (2015)

DOI: 10.1149/06917.0603ecst

4. M. OKUMURA, Y. NAGAMATSU, Z. NODA, Y. TACHIKAWA, T. DAIO, A. HAYASHI, K. SASAKI, “A FIB-SEM Study on Correlations between PEFC Electrocatalyst Microstructure and Cell Performance”, *ECS Trans.*, 査読有, **69**(17), 709-714 (2015)

DOI: 10.1149/06917.0709ecst

5. T. HOSOI, T. YONEKURA, K. SUNADA, K. SASAKI, “Exchange Current Density of SOFC Electrodes: Theoretical Relations and Partial Pressure Dependencies Rate-Determined by Electrochemical Reactions”, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **162** (1), F136-F152 (2015)

DOI: 10.1149/2.0561501jes

6. T. TSUKATSUNE, Y. TAKABATAKE, Z. NODA, T. DAIO, A. ZAITSU, S. M. LYTH, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Platinum-Decorated Tin Oxide and Niobium-Doped Tin Oxide PEFC Electrocatalysts: Oxygen Reduction Reaction Activity”, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **161**(12), F1208-F1213 (2014)

DOI: 10.1149/2.0431412jes

7. Y. NAGAMATSU, K. KANDA, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Electrochemical Performance of MEAs with Pt/SnO₂ Mixed with Conductive Fillers”, *ECS Trans.*, 査読有, **64**(3), 207-213 (2014)

DOI: 10.1149/06403.0207ecst

8. D. Horiguchi, T. TSUKATSUNE, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Pt/SnO₂ Electrocatalysts on Conductive Fillers”, *ECS Trans.*, 査読有, **64**(3), 215-220 (2014)

DOI: 10.1149/06403.0215ecst

9. K. SASAKI, Z. NODA, T. TSUKATSUNE, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, Y. NAGAMATSU, T. DAIO, S. M. LYTH, A. HAYASHI, “Alternative Oxide-Supported PEFC Electrocatalysts”, *ECS Trans.*, 査読有, **64**(3), 221-227 (2014)

DOI: 10.1149/06403.0221ecst

10. 水谷千晶、北原辰巳、中島裕典、佐々木一成、伊藤衡平、[▽]極細熱電対群を用いた PEFC 内部の 3 次元温度分布計測と水挙動の解析、日本機械学会論文集、査読有, **80**(820), TEP0364、1-12 (2014)

DOI: 10.1299/transjsme.2014tep0364

11. K. KANDA, Z. NODA, Y. NAGAMATSU, T. HIGASHI, S. TANIGUCHI, S. M. LYTH, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Negligible Start-Stop-Cycle Degradation in a PEFC Utilizing Platinum-Decorated Tin Oxide Electrocatalyst Layers with Carbon Fiber Filler”, *ECS Electrochem. Lett.*, 査読有, **3** (4), F15-F18 (2014)

DOI: 10.1149/2.005404eel

12. Y. TAKABATAKE, Z. NODA, S. M. LYTH, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Cycle Durability of Metal Oxide Supports for PEFC Electrocatalysts”, *Intl. J. Hydrogen Energy*, 査読有, **39**,

5074-5082 (2014)
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2014.01.094
13. K. SASAKI, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, T. TSUKATSUNE, T. HIGASHI, F. TAKASAKI, Z. NODA, A. HAYASHI, “Alternative Electro catalyst Support for PEFCs: SnO₂-supported Carbon-free Electro catalysts”, *Proc. 4th European PEFC and H₂ Forum 2013*, 査読有, pp. B07_5/109-B07_10/109 (2013)
DOI: -
14. T. HOSOI, T. YONEKURA, K. SASAKI, “Exchange Current Density of SOFC Anodes”, *ECS Trans.*, 査読有, **57** (1), 1585-1592 (2013)
DOI: 10.1149/05701.1585ecst
15. T. TSUKATSUNE, Y. TAKABATAKE, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Electrochemical Properties and Durability of Electro catalysts Supported on SnO₂”, *ECS Trans.*, 査読有, **58** (1), 1251-1257 (2013)
DOI: 10.1149/05801.1251ecst
16. T. HIGASHI, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Pulse Laser Deposition and Sputtering of Carbon-free Pt/SnO₂ Electro catalysts for PEFC”, *ECS Trans.*, 査読有, **58** (1), 1293-1299 (2013)
DOI: 10.1149/05801.1293ecst
17. 高園康隼、清水慧、中島裕典、北原辰巳、
『サーペンタインハイブリッド形流路を有する PEFC に関する研究 (第 5 報 電気化学インピーダンス分光法による内部抵抗解析)』、*日本機械学会論文集(B 編)* **79** (808)、
査読有、2774-2785 (2013)
DOI: 10.1299/kikaib.79.2774
18. H. NAKAJIMA, T. KITAHARA, K. TSUDA, “Water Vapor Exchange Flow Channels to Enhance the Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells without Cathode Humidification”, *ECS Trans.*, 査読有, **58** (1), 1799-1805 (2013)
DOI: 10.1149/05801.1799ecst
19. H. NAKAJIMA, T. KITAHARA, Y. TAKAZONO, S. MIYAHARA, A. SHIMIZU, “In-plane Liquid Water Distribution at the Interface Between the Gas Diffusion Layer and Catalyst Layer in the Cathode of a Polymer Electrolyte Fuel Cell with a Hybrid Pattern Flow Field”, *ECS Trans.*, 査読有, **50**(2), 291-299 (2012)
DOI: 10.1149/05002.0291ecst
20. F. TAKASAKI, S. MATSUIE, Y. TAKABATAKE, Z. NODA, A. HAYASHI, Y. SHIRATORI, K. ITO, K. SASAKI, “Carbon-Free Pt Electro catalysts Supported on SnO₂ for Polymer Electrolyte Fuel Cells: Electro catalytic Activity and Durability”, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, **158** (10), B1270-B1275 (2011)
DOI: 10.1149/1.3625918
21. K. KANDA, S. HAYASHI, F. TAKASAKI, Z. NODA, S. TANIGUCHI, Y. SHIRATORI, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Electrochemical Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells

using Carbon-free SnO₂-supported Pt Electro catalysts”, *ECS Trans.*, 査読有, **41** (1), 2325-2331 (2011)
DOI: 10.1149/1.3635766

〔学会発表〕(合計では 81 件)

1. T. KITAHARA, “Hydrogen Combustion Engine and Fuel Cell”, World NAOE Forum 2015, Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers, Hotel Glanvia Hiroshima (Hiroshima, Japan), December 7, 2015. (Invited)
2. T. KITAHARA, H. NAKAJIMA, K. OKAMURA, “Influence of Hydrophilic and Hydrophobic Triple MPL Coated GDL on the Oxygen Transport Resistance in a PEFC under High Humidity Conditions”, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center and Hyatt Regency Phoenix (Phoenix, AZ, USA), October 11-15, 2015. (Oral: October 15, 2015)
3. K. SASAKI, Y. NAGAMATSU, D. HORIGUCHI, M. IWAMI, M. OKUMURA, Z. NODA, T. DAIO, S. M. LYTH, A. HAYASHI, “Oxide-Supported PEFC Electro catalysts”, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center and Hyatt Regency Phoenix (Phoenix, AZ, USA), October 11-15, 2015. (Oral: October 15, 2015)
4. M. IWAMI, D. HORIGUCHI, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Pt-decorated TiO₂ Electro catalysts for PEFCs”, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center and Hyatt Regency Phoenix (Phoenix, AZ, USA), October 11-15, 2015. (Poster: October 13, 2015)
5. D. HORIGUCHI, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, “Preparation Procedures of Pt-Decorated SnO₂ Electro catalysts on Conductive Fillers”, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center and Hyatt Regency Phoenix (Phoenix, AZ, USA), October 11-15, 2015. (Poster: October 13, 2015)
6. M. OKUMURA, Y. NAGAMATSU, Z. NODA, Y. TACHIKAWA, T. DAIO, A. HAYASHI, K. SASAKI, “A FIB-SEM Study on Correlations between PEFC Electro catalyst Microstructure and Cell Performance”, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center and Hyatt Regency Phoenix (Phoenix, AZ, USA), October 11-15, 2015. (Poster: October 13, 2015)
7. C. MIZUTANI, T. MATSUMOTO, H. NAKAJIMA, T. KITAHARA, K. ITO, “Analysis of MPL Impact in PEFC with In-situ Temperature Measurement in through-Plane Direction”, ECS Conference on Electrochemical Energy Conversion & Storage with SOFC-XIV, Scottish Exhibition and Conference Centre (Glasgow, Scotland), July 26-31 (Oral: July 30, 2015)
8. K. SASAKI, T. DAIO, Y. TACHIKAWA, S. M. LYTH, M. NISHIHARA, A. ZAITSU, A. HAYASHI, Y. SHIRATORI, S. TANIGUCHI, “Fuel Cell Durability: SOFC vs. PEFC”, 2014

MRS Fall Meeting & Exhibit, Hynes Convention Center (Boston, MA, USA), November 30 - December 5, 2014. (Invited: December 1, 2014)

9. K. SASAKI, Z. NODA, T. TSUKATSUNE, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, Y. NAGAMATSU, T. DAIO, S. M. LYTH, A. HAYASHI, "Alternative Oxide-Supported PEFC Electrocatalysts", 2014 ECS and SMEQ Joint International Meeting, Moon Palace Resort (Cancun, Mexico), October 5-9, 2014 (Oral: October 8, 2014)

10. D. Horiguchi, T. TSUKATSUNE, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Pt/SnO₂ Electrocatalysts on Conductive Fillers", 2014 ECS and SMEQ Joint International Meeting, Moon Palace Resort (Cancun, Mexico), October 5-9, 2014 (Poster: October 7, 2014)

11. Y. NAGAMATSU, K. KANDA, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Electrochemical Performance of MEAs with Pt/SnO₂ Mixed with Conductive Fillers", 2014 ECS and SMEQ Joint International Meeting, Moon Palace Resort (Cancun, Mexico), October 5-9, 2014 (Poster: October 7, 2014)

12. K. SASAKI, Z. NODA, T. TSUKATSUNE, T. HIGASHI, Y. NAGAMATSU, D. Horiguchi, S. M. LYTH, A. HAYASHI, "Electrocatalyst Support Durability", 225th ECS Meeting, Hilton Orland Bonnet Creek (Orland, FL, USA), May 11-15, 2014. (Oral: May 12, 2014)

13. K. SASAKI, Y. TAKABATAKE, K. KANDA, T. TSUKATSUNE, T. HIGASHI, F. TAKASAKI, Z. NODA, A. HAYASHI, "Alternative Oxide-Supported Electrocatalysts for PEFCs", 224th ECS Meeting, Hilton San Francisco Union Square (San Francisco, CA, USA), October 27-November 1, 2013. (Oral: November 1, 2013)

14. H. NAKAJIMA, T. KITAHARA, K. TSUDA, "Water Vapor Exchange Flow Channels to Enhance the Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells without Cathode Humidification", Hilton San Francisco Union Square (San Francisco, CA, USA), October 27-November 1, 2013. (Oral: November 1, 2013)

15. T. HIGASHI, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Pulse Laser Deposition and Sputtering of Carbon-free Pt/SnO₂ Electrocatalysts for PEFC", 224th ECS Meeting, Hilton San Francisco Union Square (San Francisco, CA, USA), October 27-November 1, 2013. (Poster: October 30, 2013)

16. T. TSUKATSUNE, Y. TAKABATAKE, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Electrochemical Properties and Durability of Electrocatalysts Supported on SnO₂", 224th ECS Meeting, Hilton San Francisco Union Square (San Francisco, CA, USA), October 27-November 1, 2013. (Poster:

October 30, 2013)

17. K. SASAKI, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, T. TSUKATSUNE, T. HIGASHI, F. TAKASAKI, Z. NODA, A. HAYASHI "Alternative Electrocatalyst Support for PEFCs: SnO₂-supported Carbon-free Electrocatalysts", 4th European PEFC and H₂ Forum 2013, Kultur- und Kongresszentrum Luzern (Lucerne, Switzerland), July 2-5, 2013. (Oral: July 4, 2013)

18. K. KANDA, T. HIGASHI, S. HAYASHI, Z. NODA, S. TANIGUCHI, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Electrochemical Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Carbon-free SnO₂-supported Pt Electrocatalysts", 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Hynes Convention Center (Boston, MA, USA), November 25-30, 2012. (Oral: November 28, 2012)

19. T. HIGASHI, K. KANDA, Z. NODA, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Alternative Preparation Procedures of Carbon-free Pt/SnO₂ Electrocatalysts for PEFC", 2012 MRS Fall Meeting & Exhibit, Hynes Convention Center (Boston, MA, USA), November 25-30, 2012. (Poster: November 27, 2012)

20. K. SASAKI, S. HAYASHI, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, T. TSUKATSUNE, T. HIGASHI, F. TAKASAKI, Z. NODA, A. HAYASHI, "Alternative Electrocatalyst Support Materials for Polymer Electrolyte Fuel Cells", PRiME2012, Hawaii Convention Center and the Hilton Hawaiian Village (Hawaii, USA), October 7-12, 2012. (Oral: October 12, 2012)

21. H. NAKAJIMA, T. KITAHARA, Y. TAKAZONO, S. MIYAHARA, A. SHIMIZU, "In-plane Water distribution at the Interface Between the Gas Diffusion Layer and Catalyst Layer in the Cathode of a Polymer Electrolyte Fuel Cell with a Hybrid Pattern Flow Field", PRiME2012, Hawaii Convention Center and the Hilton Hawaiian Village (Hawaii, USA), October 7-12, 2012. (Oral: October 10, 2012)

22. T. TSUKATSUNE, Y. TAKABATAKE, Z. NODA, S. TANIGUCHI, Y. SHIRATORI, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Oxygen Reduction Reaction Activity and Durability of Electrocatalysts Supported on SnO₂", PRiME 2012, Hawaii Convention Center and the Hilton Hawaiian Village (Hawaii, USA), October 7-12, 2012. (Poster: October 9, 2012)

23. Y. TAKABATAKE, F. TAKASAKI, Z. NODA, Y. SHIRATORI, S. TANIGUCHI, A. HAYASHI, K. SASAKI, "Pt Dissolution Behavior of SnO₂-Supported PEFC Electrocatalysts", 2011 MRS Fall Meeting & Exhibit, Hynes Convention Center (Boston, MA, USA), November 28-December 2, 2011. (Poster: November 29, 2011)

24. K. SASAKI, F. TAKASAKI, Y.

TAKABATAKE, K. KANDA, S. HAYASHI, Z. NODA, Y. SHIRATORI, A. HAYASHI, S. TANIGUCHI, “Carbon-Free Pt Electrocatalysts Supported on SnO₂ for Polymer Electrolyte Fuel Cells: Durability up to 60000 Cycles”, 220th ECS Meeting, Westin Boston Waterfront and the Boston Convention and Exhibition Center (Boston, MA, USA), October 9-14, 2011. (Oral: October 14, 2011)
25. K. SASAKI, F. TAKASAKI, K. KANDA, Y. TAKABATAKE, S. HAYASHI, Z. NODA, Y. SHIRATORI, A. HAYASHI, S. TANIGUCHI, “SnO₂-supported Carbon-free PEFC Electrocatalysts with Durability against Voltage Cycling”, The 62nd Annual Meeting of the ISE, Toki Messe (Niigata, Japan), September 11-16, 2011. (Oral: September 12, 2011)

〔図書〕(計3件)

1. 北原辰巳(ほか27名) 『PEFCの内部現象・反応機構と評価・解析技術』、S&T出版、247(119-128)、(2015)
2. 北原辰巳(ほか40名) 『エレクトロニクス・エネルギー分野における超撥水・超親水化技術』、技術情報協会、418(305-314)、(2012)
3. 北原辰巳(ほか31名) 『燃料電池要素技術』、情報機構、271(261-271)、(2011)

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称：燃料電池自動車に適した燃料電池高性能電極触媒およびその製造方法

発明者：佐々木一成、堀口大、野田志云、林灯

権利者：九州大学

種類：特許

番号：特願 2014-58691

出願年月日：2014年3月20日

国内外の別：国内

名称：燃料電池用電極及びその製造方法、並びに膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池

発明者：佐々木一成、東雄大、野田志云、林灯

権利者：九州大学

種類：特許

番号：特願 2014-30949

出願年月日：2014年2月20日

国内外の別：国内

〔その他〕

水素利用プロセス研究室ホームページ

<http://www.mech.kyushu-u.ac.jp/~hup/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐々木 一成 (SASAKI, Kazunari)

九州大学・大学院工学研究院・主幹教授

研究者番号：80322296

(2)研究分担者

伊藤 衡平 (ITO, Kohei)

九州大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：10283491

北原 辰巳 (KITAHARA, Tatsumi)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：50234266

谷口 俊輔 (TANIGUCHI, Shunsuke)

九州大学・水素エネルギー国際研究センター・教授

研究者番号：60590065

中島 裕典 (NAKAJIMA, Hironori)

九州大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：70432862

林 灯 (HAYASHI, Akari)

九州大学・水素エネルギー国際研究センター・教授

研究者番号：60443214

周 致霆 (CHOU, Jyh-Tyng)

久留米工業高等専門学校・材料工学科・准教授

研究者番号：90420596

白鳥 祐介 (SHIRATORI, Yusuke)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：00420597

(平成26年度から連携研究者)