

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25281066

研究課題名(和文)原子力発電依存低下に資するナノヘテロ組織構造制御による発電・蓄電デバイスの設計

研究課題名(英文) Design of device for electric generation and energy saving which can contribute to the decreasing dependency on atomic power generation

研究代表者

森 利之(MORI, Toshiyuki)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・エネルギー・環境材料研究拠点・上席研究員

研究者番号：80343854

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究を通して以下の成果を得た。1. 800 を超える高温域では、従来問題となっていた酸素欠陥構造の変化が、アノード環境中において現れることを明確化した。2. アノード環境中で現れる酸素欠陥構造は、C形希土類類似構造であることを明らかにした。3. 同時に実施した、燃料電池反応を促進する活性金属/欠陥蛍石酸化物界面をもつ電極触媒創製研究では、白金と蛍石酸化物界面に形成されるC形希土類構造が、活性向上に寄与することを明らかにした。上記の結果をもとに、酸化物形燃料電池内アノード層及び水蒸気電解セル水素極層内に、白金カチオンをドープしたところ、性能向上に資する界面創製が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：The important results which were obtained by the present work are summarized as follows; It was clarified that oxygen defect structure with C type rare earth structure was formed in the anodic condition, although the formation of aforementioned oxygen defect structure was not so important for development of high temperature operation solid oxide fuel cells. In the present work, a development of high quality electrode which includes active metal/ defect fluorite interface was performed in order to design the functional interface which can promote the fuel cell reaction below 100 degree C. This challenge tells us that Pt-defect fluorite interface with C type rare earth structure has promotion effect in the fuel cell reaction. On the basis of all experimental results, we successfully fabricated the functional interface by doping small amount Pt cation in the anode layer of solid oxide fuel cells and hydrogen electrode of solid oxide electrolysis cells.

研究分野：燃料電池材料

キーワード：燃料電池 水蒸気電解 中温作動 ステンレス・スチール 高効率

1. 研究開始当初の背景

環境・エネルギー問題に関心が集まる中、燃料電池と燃料電池が生み出す余剰電気を水素として回収再利用する為に、水蒸気を水素に変える高温水蒸気電解槽を組み合わせた『発電・蓄電デバイス』用材料 研究開発が求められている。特に、燃料電池の発電をステンレス鋼の使用が可能な 650 から 700 の温度で行い、その排熱を利用する水蒸気電解槽は 500 程度で運転を行い、いずれも高い効率（発電効率 50%以上、電解効率 90%以上）における発電や水蒸気電解が可能になれば、環境低負荷と高効率を両立する新規デバイスの創製が可能になることが期待される。

2. 研究の目的

本課題提案者は、世界に先駆けて「通常の X 線回折試験では検出しにくい、酸化物燃料電池中の固体電解質や固体電解質/電極界面において、通常の簡便な分析方法では検知することが難しい、うもれた欠陥構造の制御により、固体電解質・燃料電池の高性能化が可能である」ことを示してきた。そこで本基盤研究 B では、これまで本課題提案者が行ってきた、バルク固体及び薄膜における研究成果を発展させ、電極活物質と酸化物固体電解質（つまり、セリア やイットリア安定化ジルコニア）間の界面のもつ機能を最大限に引き出すことで、酸化物燃料電池の発電においては、700 の動作温度で、発電効率 50%以上の条件で、従来のイットリア安定化ジルコニア固体電解質を用いた酸化物形燃料電池の発電性能を大きく超え、水蒸気電解反応においては、これまでのイットリア安定化ジルコニア固体電解質を用いた水蒸気電解活性を超える活性を、500 程度の動作温度で示すデバイスの作成を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

本課題提案者が、これまで実施してきた、活性金属と酸化物界面における機能性界面創製研究成果を基盤にして、分析電子顕微鏡観察、光電子分光分析結果と、それらから得られる電極/固体電解質界面における欠陥構造の特徴に関する部分的な解析結果を、合理的に解釈するためのモデルを作成することを目的とした欠陥構造シミュレーションを組み合わせ、機能性界面の創製を行うことを、本研究手法の特徴とした。

本研究で行った分析電子顕微鏡観察では、電極/電解質の界面の特徴がわかりやすい、STEM-EELS モードにおける元素分析や、EELS を用いた酸素や Ni 周囲の電子状態変化に着目することに加えて、光電子分光分析を用いて、最表面だけではなく、最表面からバルクに至る表面の平均的情報を、SPRING8 を用いた硬 X 線光電子分光法を用いて行った。

得られた情報は、GULP コードを用いた欠陥構造シミュレーションを行うことで考察を行い、その結果をもとに、高機能性界面の創製を行った。

燃料電池発電性能及び水蒸気電解性能は、

すべて定常法により評価を行った。本研究で採用した定常法の条件は、設定温度、一定電流において、電位の時間変化が 5mV 以内に収まった時点をもって定常状態に近づいたと仮定し、そのときのセル電圧と電流値をグラフに記載した。

また燃料電池発電性能評価は、酸素及び水素（室温飽和）ともに 80sccm の流量をセルに流し、燃料電池内電極性能評価においては電流遮断法により IR-free(V)を見積り、セル電圧 0.8V（発電効率：54%程度）における電流密度値を比較することで、アノード層内欠陥構造設計の有用性を評価した。

水蒸気電解性能評価は、燃料電池反応の逆反応になることから、燃料電池性能評価と同じく、上述の定常法によりその活性の評価を行った。なお、研究の目的でも記載したように、燃料電池発電性能評価は 700 において、水蒸気電解性能評価は 500 で実施した。

4. 研究成果

本研究では、中温域（700 以下）においてはじめて、大きな問題となる可能性のあるアノード層内酸素欠陥構造の変化について、検討を行った。

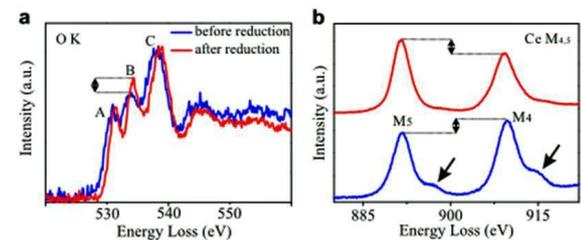


図 1. 水素還元前後におけるイットリウムドープセリアの酸素 K 吸収端(a)とセリウム M 吸収端ピーク(b)の変化。

図 1 に、イットリウムドープセリア系固体電解質内における水素還元前後における EELS による分析結果を示す。この図から分かることは、加熱環境下において水素還元を行うことで、酸素欠陥の秩序化が進行するということである。

800 以上の高温域においては、こうした酸素欠陥構造の秩序化による影響は、固体電解質特性（つまり酸化物イオン伝導）にも、アノード性能（つまりアノード層内電荷移動）においても、大きな影響は出ないと思われるが、700 以下の温度において、図 1 に示したような酸素欠陥構造の変化は、固体電解質特性をはじめ、酸化物形燃料電池電極性能及び、燃料電池の逆反応を利用した水蒸気電解性能にも大きな影響を与えるものと考察した。

次に、図 1 に現れた EELS 酸素 K 吸収端におけるピーク強度変化が、酸素欠陥の秩序化に対応することを確認するべく、純粋なセリアとイットリウムドープセリア中のイットリウム量を変化させた際の酸素 K 吸収端の B ピークと C ピーク強度比に注目し整理した結果を図 2 に示す。

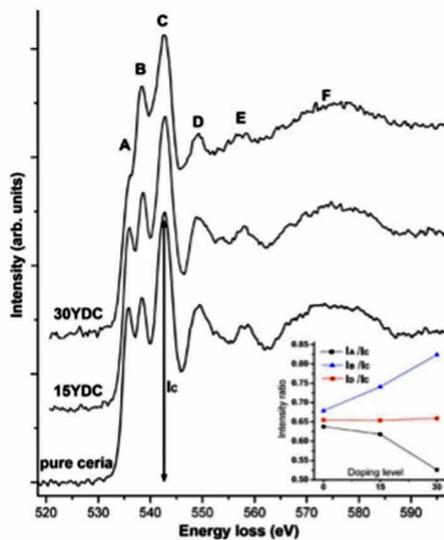


図2 イットリウムドープセラミクス中のイットリウム量の変化が、EELS酸素K吸収端に与える変化。

この図からも、イットリウムドープ量が過剰になると、酸素K吸収端のBピークとCピーク強度比に大きな変化が現れること。イットリウムドープ量が過剰な領域（酸素欠陥の秩序化がすすんでいる領域）の酸素K吸収端のBピークとCピーク強度比に対応した変化が、アノード環境において現れることが確認された。

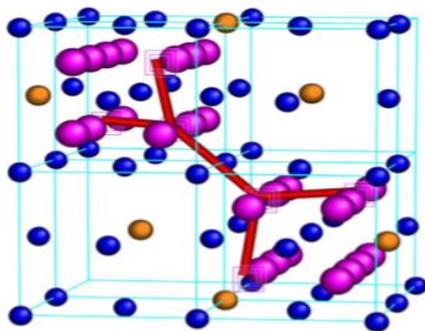


図3 酸素欠陥の秩序化が顕著に現れた試料における酸素欠陥の秩序化構造に関するモデル。二重線でしめした印が酸素欠陥を表し、水素還元により生じると考えられる最小の酸素欠陥複合クラスター構造を示す。

図3には、分析TEM観察結果ならびに光電子分光分析結果を基に、そのキャラクター化結果の合理的解釈を行うことを目的に実施した欠陥構造シミュレーション(GULPコード使用)により示された酸素欠陥複合クラスターを示す。

この結果から、アノード環境中に生じた酸素欠陥構造は、C形希土類似構造であると考察した。

C形希土類似構造は、蛍石構造の関連構造ではあるものの、低いイオン伝導度と低い電荷移動現象を生じさせる結晶構造であることが知られている。よって、水素還元後の酸素欠陥の秩序化は、電荷移動現象や酸化イオン

拡散現象を大幅に阻害するものと考察された。

本研究者は、酸化物形燃料電池用アノード層内活性金属/酸化物界面において、燃料電池反応を促進する欠陥構造が存在する可能性を同時に検討した。その結果、白金/セラミクス界面の形成が、高分子形燃料電池動作環境において、燃料電池反応を促進する可能性があること、および、界面の酸素欠陥構造はC形希土類似構造であることを、この研究期間内に見出した。(5.主な発表論文のリスト内 No.1 及び No.8 参照)

さらに、複数のドープメントを用いると、前述の複合酸素欠陥クラスターの安定性は、いっそう高まる可能性があることも、欠陥構造シミュレーションにより確認した。(5.主な発表論文のリスト内 No.11 参照)

こうして得られたすべての知見を活用し、酸化物形燃料電池アノード層内に存在するニッケル/欠陥蛍石酸化物界面に、白金カチオンを固溶させることで、中温域における水蒸気電解性能や、燃料電池発電性能が向上する可能性があるかと考察した。

この考察にもとづき検討した水蒸気電解活性評価結果を、図4に示す。

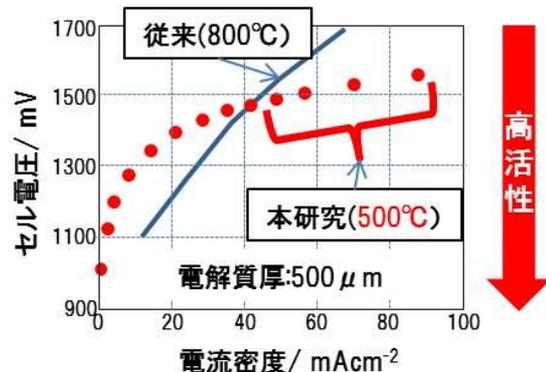


図4 水蒸気電解活性の比較。従来(800)という試料は、固体電解質に8モル%イットリウム安定化ジルコニア(8YSZ)を用い、水素極にはNiO-8YSZを、酸素極には(La,Sr)MnO₃を用いた試料であり、活性評価は800において行った。一方、本研究(500)という試料には、固体電解質にGdドープセラミクスを用いた。この試料の水素極には、白金をドープしたサーメット電極を、酸素極にはLSMを用いて500の温度において水蒸気電解活性の評価を行った。

図4の結果から分かるように、中温領域において高い酸化物イオン伝導度を示す固体電解質を用いて、さらに水素極に白金をドープすることで、8YSZを用いた従来形の水蒸気電解セルが800において示す活性を超える高い活性を、500という温度において得ることができることが分かった。

さらに、この結果を、燃料電池の発電性能向上に応用した結果を図5に示す。

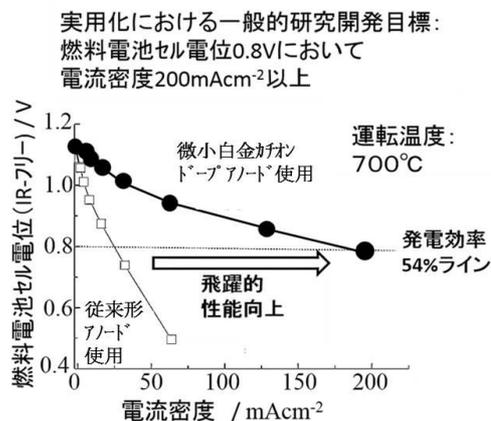


図5 微量白金カチオンをドープしたアノードを使用した試料と従来型アノードを使用した試料の性能比較。電解質はともに 8YSZ を使用。

図 5 に示した比較から明らかなように、微量の白金カチオンを、サーメットアノード層内にドープすることで、大きな性能の改善が可能であることが分かった。

以上の実験結果をまとめると、

1. 800 を超える高温域では、従来、大きな問題となっていた酸素欠陥構造の変化が、アノード環境中において現れることをはじめて明確化した。
2. アノード環境中で現れる酸素欠陥構造は、C 形希土類似構造であることを、分析 TEM 観察及び光電子分光分析結果と、その結果を合理的に解釈する目的で実施した欠陥構造シミュレーションを行うことにより明らかにした。
3. 上記検討と平行して実施した、燃料電池反応を促進する活性金属/欠陥蛍石酸化物界面をもつ電極触媒創製研究では、白金と蛍石酸化物界面に形成される C 形希土類構造が、活性向上に寄与することを明らかにした。
4. 上記 1 から 3 までの結果をもとに、酸化物形燃料電池内アノード層及び水蒸気電解セル水素極層内に、白金カチオンをドープしたところ、期待どおり、高活性な界面が形成され、水蒸気電解活性及び燃料電池性能向上に資する界面創製が可能であることを示した。

また、燃料電池性能評価で用いた白金量は、アノード層全体の成分量に比して、わずか 1 ppm 程度から、その効果が顕著に現れることを、世界にさきがけて示すことに成功した。

以上のように、酸素欠陥構造に関するキャラクタリゼーションと、その結果を合理的に解釈するための欠陥構造シミュレーションを用いて、高機能界面のモデルをたて、酸化物燃料電池および水蒸気電解セルの高性能化を試みた結果、ステルスの使用を可能にする温度において、大きな性能改善効果を確認することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 12 件)

1. Fugane K, Mori T, Yan P. F., Masuda T, Yamamoto S, Ye F, Yoshikawa H,

Auchterlonie G and Drennan J, 'Defect structure analysis of hetero-interface between Pt and CeO_x promoter on Pt electro-catalyst', ACS Applied Materials & Interfaces, Vol.7(4), pp.2698-2707(2015). (査読あり) DOI: 10.1021/am507754w

2. Zahoranova T, Mori T, Yan P. F., Ševčíková K, Václavů M, Matolin V, and Nehasil V, 'Study of the character of gold nanoparticles deposited onto sputtered cerium oxide layers by deposition-precipitation method: influence of the preparation parameters', Vacuum, Vol.114, pp.86-92(2015). (査読あり) Doi:10.1016/j.pnsc.2014.01.007
3. Ye F, Yin C C, Ou D R, and Mori T, 'Relationship between lattice mismatch and ionic conduction of grain boundary in YSZ', Progress in Natural Science Materials International, Vol.24, pp.84-86(2014). (査読あり) Doi:10.1016/j.pnsc.2014.01.007
4. Vorokhta M, Matolinova I, Dubau M, Haviar S, Khalakhan I, Sevcikova K, Mori T, Yoshikawa H, and Matolin V, 'HAXPES study of CeO_x thin film - silicon oxide interface', Applied Surface Science, Vol.303(1), pp.46-53 (2014). (査読あり) <http://iopscience.iop.org/1757-899X/54/1/012010>
5. Mori T, Fugane K, Chauhan S, Ito M, Masuda T, Noguchi H, and Uosaki K, Design of Pt-CeO_x hetero-interface on electrodes in polymer electrolyte membrane fuel cells, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, article number: 012010, 54 (2014). (査読なし) <http://iopscience.iop.org/1757-899X/54/1/012010>
6. Yin C, Ye F, Yin C Y, Ou D R, and Mori T, An assessment of interatomic potentials for yttria-stabilized zirconia, Applied Mechanics and Materials, Vol.492, pp.239-247(2014). (査読あり) Doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.492.239
7. Yan P. F., Mineshige A., Mori T, Wu Y. Y., Auchterlonie G. J., Zou J., and Drennan J., 'Microanalysis of grain boundary's blocking effect in lanthanum silicate electrolyte for intermediate-temperature solid oxide fuel cells', ACS Applied Materials & Interfaces, Vol.5(11), pp.5307-5313(2013). (査読あり) DOI: 10.1021/am401195e
7. Chauhan S, Richards G J, Mori T, Yan P. F., Hill J P, Ariga K, Zou J and Drennan J, 'Fabrication of a nano-structured Pt-loaded cerium oxide nanowire and its anode performance in the methanol electro-oxidation reaction', Journal of Materials Chemistry A, Vol.1(20),

- pp.6262-6270(2013). (査読あり), DOI: 10.1039/C3TA10652G
8. Mane G P, Dhawale D S, Anand C, Ariga K, Ji Q, Wahab M A, Mori T, and Vinu A, 'A selective sensing performance of mesoporous carbon nitride with highly ordered porous structure prepared from 3-amino-1, 2, 4-triazine', *Journal of Materials Chemistry A*, Vol.1(8), pp.2913-2920(2013). (査読あり), DOI: 10.1039/c2ta01215d
 10. Yan P F, Mori T, Wu Y Y, Li Z M, Auchterlonie G J, Zou J, and Drennan J, 'Microstructural and chemical characterization of ordered structure in yttrium doped ceria', *Microscopy and Microanalysis*, Vol.19(1), pp.102-110(2013). (査読あり), http://onlinedigeditions.com/article/Microstructural_And_Chemical_Characterization_Of_Ordered_Structure_In_Yttrium_Doped_Ceria/1317506/146944/article.html
 11. Li Z P, Mori T, Zou J, and Drennan J, 'Defects clustering and ordering in di- and trivalently doped ceria', *Materials Research Bulletin*, Vol.48(2), pp.807-812(2013). (査読あり)
Doi:10.1016/j.materresbull.2012.11.073
 12. Li Z P, Mori T, Auchterlonie G J, Zou J, and Drennan J, 'Microstructure evolution of yttria-doped ceria in reducing atmosphere', *Renewable Energy – an international journal-*, Vol.50, pp.494-497 (2013). (査読あり), DOI: 10.1016/j.renene.2012.07.019Renewable [学会発表] (計 19 件)
 1. Mori T, Rednik A., Suzuki A., Yamamoto S., Chauhan S., and Isaka N., 'Design of active sites in the interface of anode layer of solid oxide fuel cell by ultra-low amount PtO_x sputtering', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 2. Takahashi K., Mori T., Suzuki A., Chauhan S., Maekawa Y., Hiroki A., Yoshimura K., and Yamamoto S., 'Effect of gamma-ray irradiation on enhancement of charge transfer in the interface between less Pt loaded CeO_x nanowire/C and Nafion ionomer in membrane electrode assembly of PEMFC', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 3. Nakamura T., Morinaga T., Honma S., Shomura R., Sato T., and Mori T., 'Synthesis of phosphoric acid - containing polymethacrylate as an ionomer for polymer electrolyte fuel cell using phosphoric acid doped polybenzimidazole electrolyte', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 4. Chauhan S., Mori T., Isaka N., and Drennan J., 'Designing of hetero-interface between Pt and ceria nanowire for development of Pt less cathode with high ORR activity', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 5. Chauhan S., Mori T., Kobayashi T., Yamamoto S., and Isaka N., 'Interface design of ultra-low amount Pt loaded ceria nanowire/C with high ORR activity by proton beam irradiation at solid-liquid interface', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 6. Morinaga T., Honma S., Shomura R., Sato T., Takahashi K., Mori T., Ohno K., and Tsujii Y., 'Development of protic ionic liquid based polymer electrolytes with toughness using ionic liquid-type binder copolymer', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 7. Ito S., Morinaga T., Sato T., and Mori T., 'Effect of co-doping Zn, Zr and electrical properties in Ba₂In_{2-x}(Zn_{0.5}Zr_{0.5})O₅', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 8. Yamamoto S., Sugimoto M., Miyashita A., Hakoda T., Yamaki T., and Mori T., 'Precipitation of Pt nanoparticles on CeO₂ films using electron beams and γ -rays', 第 25 回日本 MRS 年次大会, 2015 年 12 月 08 日から 2015 年 12 月 10 日, 神奈川県民ホール会議室, 横浜.
 9. Mori T., Chauhan S., Fugane K., Kobayashi T., and Yamamoto S., 'Design of Pt-CeO_x nanowire interface in less Pt electrode with high performance for fuel cell applications', International conference of advanced materials 2015, 2015 年 10 月 26 日から 2015 年 10 月 29 日, Jeju International Convention Center, Jeju island, Korea
 10. 諸星翔平, 佐治俊輔, 松元慶一郎, 森利之, 鈴木 彰, 近藤剛弘, 中村潤児, '窒素ドーピンググラフェンカソード電極触媒の燃料電池性能評価', 第 116 回触媒討論会, 2015 年 09 月 16 日から 2015 年 9 月 18 日, 三重大学, 三重県津市.
 11. 松元慶一郎, 諸星翔平, 森利之, 鈴木 彰, 近藤剛弘, 中村潤児, '白金担持グラフェン燃料電池触媒の発電特性', 第 116 回触媒討論会, 2015 年 09 月 16 日から 2015 年 9 月 18 日, 三重大学, 三重県津市.
 12. Chauhan S., and Mori T., 'Fabrication and characterization of Pt loaded ceria

- nanowire/C for improvement of MOR and ORR activities', International conference FiMPART' 15, 2015年06月12日から2015年06月15日, Hyderabad International Convention Centre, Hyderabad, India.
13. Mori T., 'Design of high quality less Pt electrode for development of high quality compact fuel cells', 2015年03月26日から2015年03月27日, Delegation of the European Union, 東京.
14. 伊藤滋哲, 森永隆志, 佐藤貴哉, 森 利之, '新規 $Ba_2In_{2-x}(Zn,Zr)_xO_5$ 化合物における二元固溶効果とその電気的特性', 日本セラミックス協会 年次大会, 2015年03月18日から2015年03月20日, 岡山大学(津島キャンパス), 岡山.
15. Smid B., Chauhan S., and Mori T., 'Design of a novel Pt-loaded cerium oxide material and measurement of its oxygen reduction reaction activity for fuel cell applications', The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014), 2014年08月24日から2014年08月30日, 福岡大学, 福岡市.
16. Chauhan S., Mori T., Yan P. F., Zou J., and Drennan J., 'Design of Pt and ceria nanowire interface with the help of atomistic simulation method for improvement of anode and cathode property on Pt', The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014), 2014年08月24日から2014年08月30日, 福岡大学, 福岡市.
17. Chauhan S., Mori T., Yan P. F., Zou J., and Drennan J., 'Fabrication and characterization of Pt and ceria nanowire interface for improvement of CO tolerance and ORR on Pt', The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014), 2014年08月24日から2014年08月30日, 福岡大学, 福岡市.
18. Fugane K., Mori T., Takeguchi T., and Ueda W., 'Electrochemical Activity of Non-precious Metal Tungsten Loaded Ceria cathodes for Polymer Electrolyte Fuel Cell Application', 224th ECS Meeting, 2013年10月27日から2013年11月01日, Hilton San Francisco, San Francisco, USA.
19. Yan P. F., Mineshige A., Mori T., Wu Y.Y., Auchterlonie G., Zou J., Drennan J., 'Microanalysis of grain boundary's blocking effect in lanthanum silicate electrolyte for intermediate-temperature solid oxide fuel cells', The 19th International Conference on Solid State Ionics, 2013年06月02日から2013年06月07日, Kyoto International Conference Center, 京都府.
- [図書](計 2件)
1. 森 利之, 'XAFS/EELS による局所構造解析', (株)情報機構, 東京都, ISBN: 978-4-86502-071-7 第4章4節, EELS によ

- る燃料電池材料の解析, pp.163-173(2014).
2. Mori T., and Drennan J., Handbook of Sustainable Engineering, editors in chief: Prof. Kauffman Joanne, Prof. Lee Kun-Mo, Spriger Publishing Company, (New York, NY 10036), ISBN: 978-1-4020-8940-4 Section No.60, 'Advanced materials for fuel cells', pp.1175-1187 (2013).
http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-8939-8_100
- [産業財産権]
出願状況(計3件)
1. 名称: 微量白金担持セリアナノワイヤ及びその製造方法、並びにその用途
発明者: 森 利之, チャウハンシプラ, 鈴木彰, 小林知洋, 山本春也, 箱田照幸, 八巻徹也 / 権利者: 物質・材料研究機構 理事長, 量子科学技術研究開発機構 理事長, 理化学研究所 理事長
種類: 特許
番号: 特願 2016-004627 (国内優先権出願)
出願年月日: 2016年1月13日
(ただし権利化後の権利は、特願 2015-009968/ 出願年月日: 2015年1月22日から有効となる。)
国内外の別: 国内
2. 名称: 固体酸化物形燃料電池のアノード材料及びその製造方法、並びに固体酸化物形燃料電池
発明者: 森 利之, チャウハンシプラ, 鈴木彰, 小林知洋, 山本春也, 箱田照幸, 八巻徹也 / 権利者: 物質・材料研究機構 理事長, 量子科学技術研究開発機構 理事長, 理化学研究所 理事長
種類: 特許
番号: 特願 2015-119900
出願年月日: 2015年6月15日
国内外の別: 国内
3. 名称: 燃料電池カソード用非白金触媒及びその製造方法
発明者: 森 利之, シドゥルナイドゥタラパネニ, 府金慶介 / 権利者: 物質・材料研究機構 理事長
種類: 特許
番号: 特願 2014-551054
出願年月日: 2013年11月27日
国内外の別: 国内
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
森 利之 (MORI Toshiyuki)
国立研究開発法人物質・材料研究機構・IIR
-- 環境材料研究拠点・上席研究員
研究者番号: 80343854
- (2) 研究分担者
ヤン ペンフェイ (YAN Pengfei)
国立研究開発法人物質・材料研究機構 ナノ材料科学環境拠点(GREEN) 固体酸化物形燃料電池材料設計グループ ポストドク研究員
研究者番号: 20596556