

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25288083

研究課題名(和文)機能分担型ナノ複合粒子の酸素貯蔵能を活用した排ガス浄化技術の開発

研究課題名(英文) Study of exhaust treatment technology using oxygen storage capacity of multi-functional nanocomposite particles

研究代表者

小澤 正邦(OZAWA, MASAKUNI)

名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授

研究者番号：30252315

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：機能分担型ナノ複合粒子とこれを触媒とする排ガスなど環境浄化技術の開発をめざした研究を行った。まずセリア系の酸素貯蔵能(Oxygen Storage Capacity: OSC)を活かした触媒などで、成分配置により複合構造とする粒子形態制御、複合ナノ粒子触媒の作製方法を研究した。種々の条件検討によって複合形態(コアシェル型)で制御できることがわかった。また展開として、異なる元素間の相互作用をねらい、鉄-セリア系複合触媒、複合TiO₂系光触媒、さらには貴金属ナノ粒子の合成と複合化についても研究を行い、機能分担型複合化を通じて環境触媒の微細構造制御と性能向上の確立に向けた成果を得た。

研究成果の概要(英文)：Exhaust treatment technology using oxygen storage capacity in multi-functional nanocomposite particles was studied. Oxygen storage capacity (OSC) is one successful example of the established design concept which is based on novel materials invention and their combination using ceria zirconia composite and other complex oxides system. CeO₂ and related nanoparticles (NPs) show the high activities in redox behavior, however, NPs cannot be effectively stabilized at elevated temperatures in general. This report has proposed novel support of CeO₂-NPs based multifunctional composite with thermal stability and demonstrated its application to three way catalysts and other catalysis.

研究分野：環境触媒 無機材料 酸素貯蔵能

キーワード：酸素貯蔵能 CeO₂ 環境触媒 自動車排ガス浄化触媒 セリアジルコニア コアシェル 光触媒 ナノ粒子

1. 研究開始当初の背景

エネルギーシステムには各種の燃焼器や動力源としてのエンジンがあり、それらの排気処理には総合的な環境対策が要求される。エンジン等燃焼排ガス、工場からの VOC (揮発性有機化合物) および大気中の希薄汚染物の浄化技術は、大気環境保全の観点から不可欠な技術であり、この要求に応えるような高効率の浄化触媒技術に対する関心は高い。その実現のための触媒システムは複雑な制御を必要としないで使用でき、効率的な処理ができるように、使用される触媒には反応基質がナノ空間で最適に反応が進むような固体触媒の状態、とくに触媒ナノ粒子構造を活かして複合化した触媒設計が必要となる。

2. 研究の目的

エンジン排ガス、燃焼排ガス、VOC 等の浄化技術において広く利用できる触媒システムにおいて、触媒金属および助触媒成分の分散性と相互作用最適化、ならびに酸素貯蔵能 (Oxygen Storage Capacity: OSC) を活かした触媒設計を可能にするような触媒性能向上の研究を行い、材料が各種機能が分担して性能向上を達成するような研究開発を行う。とくに、高効率浄化のための貴金属高分散担持状態と燃焼条件変動時の性能維持のため、格子酸素の高効率利用を満たすような触媒材料の開発をねらいとする。

この中でナノ粒子材料はサイズや形状に応じて特異な触媒特性や光学電磁気的性質を示すことから近年注目を集めている。一方、ナノ粒子は高温下においてシタリングしやすく、ナノ粒子の維持と耐熱性の向上法が求められている。一般的には高分散状態を維持するために触媒担体を用い、触媒種を担体上で分散させることにより、凝集を防止し触媒活性の維持をはかっている。しかし、高温下では担体もシタリングをおこすので、理想的なナノ粒子/担体間の形態や相互作用の最適化に向けた研究が必要である。

本研究では、ナノ粒子を分散させた担体、基材をナノレベルで形成した触媒材の作製を基本としてその性能を触媒反応により評価し可能性あるいくつかの触媒系を見出すことを目標とした。

3. 研究の方法

複合触媒の精密制御と合成法の確立するため、いくつかの作製法の検討を行い、機能分担を可能にするコアシェル型並びにその他の複合形態の触媒試料を作製した。均一沈殿法、水熱法、中和沈殿法、水系ゾル添加法等を適用し、これらの技術確立により、さらにナノ空間制御、濃度 (粒子数、形態等) の精密制御に向けて合成条件の精密化を行った。さらに、ナノ構造化触媒材

の解析、基礎物性の解明には、合成した複合触媒粒子の構造を物理的な諸手法により詳細に調べた。電子顕微鏡やラマン分光法、蛍光分光法を併用し、局所構造と活性の間関係性を調べた。このような 10~20nm 程度の空間に反応、機能の分担を担うナノレベル材料に向け設計通り触媒材が合成できたかを検証した。このほかにも、細孔分布測定、XRD、UV-VIS および IR 等を併用して物性を調べた。具体的な組成系としてセリア系、セリア-ジルコニア (CZ) 系、アルミナ系の複合化、また一部は光触媒のチタニア系に展開した。

4. 研究成果

ナノ結晶の合成について CeO₂ 系を例に結果を説明する。保護剤を添加したセリウム塩水溶液にアンモニア水を加えて沈殿を形成し、その後水熱処理を行うことにより CeO₂ ナノ結晶を作製した。ジルコニア、アルミナ、チタニア等に分散し担持した複合触媒を作製した。水熱処理で得られた CeO₂ の TEM 観察像を図 1 に示す。CeO₂ 粒子は、3~8nm で粒径分布があるが、平均粒径約 4 nm のシングルナノメーターサイズの粒子が形成されることがわかった。図 2 にこの粒子の XRD 図形を示す。

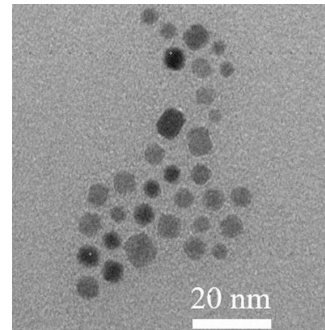


図 1 合成した CeO₂ ナノ結晶の例

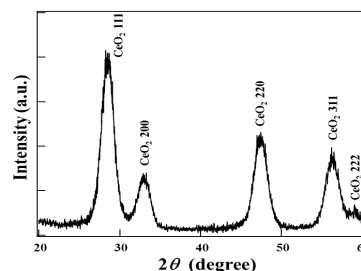


図 2 CeO₂ ナノ結晶の XRD

XRD からの CeO₂ の結晶子サイズと TEM 像の粒子径とほぼ同程度で平均 5nm であったのでこれらは粒子が単結晶と考えられ、本手法によって CeO₂ ナノ結晶が合成された。水素昇温還元 (H₂-TPR) 測定による触媒評価を行ったところ、1000 焼成の CeO₂ 粒子では、700 付近で反応速度が最大になる水素消費ピークを示した。一方、アルミナ

やジルコニアに分散した CeO₂ では、それより低温で反応がおり相対的な活性化を示唆した。Al₂O₃ 上の CeO₂ ナノ粒子層は高温下でも独立したナノ粒子形態を維持することから、低温での酸素放出などのナノ粒子 CeO₂ 特有の高い酸素活性特性を示すことが期待できる。

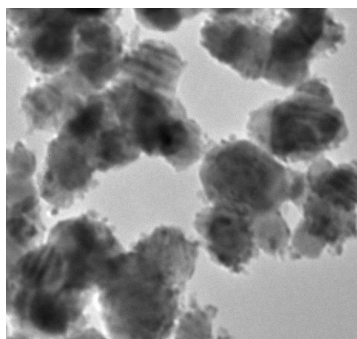
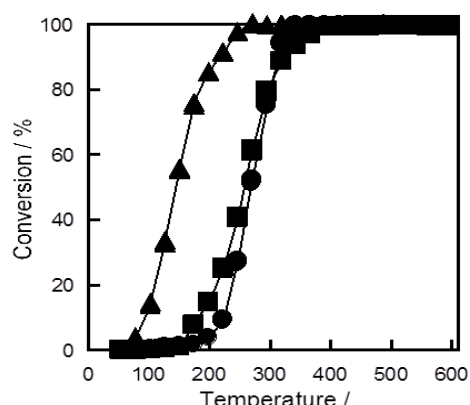


図3 CeO₂ / ZrO₂ 系複合化触媒の TEM 像

図3は CeO₂ / ZrO₂ 系の複合化触媒の1例でその透過型電子顕微鏡 (TEM) 像を示す。CeO₂ 相が ZrO₂ 上に分布し高温焼成後もナノ粒子を維持して、さらに界面での活性化により OSC 機能が拡張される効果が見込まれる。CeO₂ / ZrO₂ 系複合化試料の H₂-TPR 測定の結果を解析すると、550 と 750 に大きな水素消費ピーク (CeO₂ / ZrO₂ からの酸素との反応) が確認でき、また低温側では複数のピークの重なりが観測された。この担体では活性化エネルギーが異なるので 4 つの活性部位を持つことが考えられた。CeO₂ と同様な、またそれより低い活性化過程による酸素放出が示唆され、これらの TPR によれば時間または温度の関数として異なる反応性を示すことが原理的に示された。



CeO₂ / ZrO₂ 系複合化担体を用いた三元触媒 (昇温活性 ▲CO, ■ C₃H₆, ● NO)

このように、従来の酸素貯蔵能 (OSC) を有するセリアジルコニア (CZ) 触媒の固溶体としての特性を活かしながら、さらに

Ce / Zr 組成を有効に材料機能分担に活用するための材料作製を行うことができたと考えている。

上記のような基本特性をもとに、本研究では、エンジン排ガス浄化や VOC 浄化技術をねらいとして、セリアジルコニア系のコアシェル化した触媒を開発した。その組織がもたらす効果を狙って材料の精密合成を行い、一つの複合粒子 (一体化) 上で、複数の機能を分担して担わせる、すなわち CZ 材の酸素貯蔵能 (OSC) と有効な触媒活性 (貴金属触媒作用) の協奏効果により、高性能化を図るべく研究を進めた。

図4に CeO₂ / ZrO₂ 系複合化担体を用いた Pt 担持 3 元触媒のモデル排ガス浄化特性 (CO、プロピレン、NO の昇温活性) を示す。CO の低温浄化活性の向上と、NO-C₃H₆ 系による浄化活性の発現が予想できる性能であり、新たな機能化が示唆されるものであると考えている。

セリアジルコニア系 (OSC) 触媒で各成分配置をコアシェル構造とする複合ナノ粒子ならびにその貴金属担持触媒を合成し、表面層での貴金属 / セリウム相互作用の最適化による浄化活性と耐久性の向上に加え、粒子内部の界面層の OSC 作用を同時に利用できるような、複合微細構造制御、浄化反応の基礎研究とその最適化による排ガス浄化触媒の高性能化した。

多機能化、高性能化された触媒の開発は、現行の排ガス浄化技術や将来のエネルギー分野での触媒開発に結びつくのでその社会的意義が大きいと考えて、さらにその展開として、セリア系以外にジルコニア、チタニア、アルミナをベースとする触媒における機能分担の効果を調べた。その結果、アルミナ系での複合酸化物複合化触媒や TiO₂ 高分散による光触媒 (アセトアルデヒド分解) 活性向上の効果も合わせて見出した。

本研究では、一つの複合粒子 (ナノ粒子の複合構造) 上で複数の機能を分担して担わせる効果、例えば CZ 材の OSC と担体 / 貴金属触媒作用の複合効果により、高性能化を図り、その浄化性能を確認した。多機能化、高性能化された OSC 触媒の開発は、現行の排ガス浄化技術や将来のエネルギー分野での触媒開発に結びつくような社会的意義のある成果が得られたと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件): すべて審査有り
 [1] Masakuni Ozawa, Masahiro Takahashi-Morita, Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, "Core-shell type ceria zirconia support for platinum and rhodium three way

catalysts”, Catalysis Today, in press

[2] Masakuni Ozawa, Yoshitoyo Nishio, “Thermal stability and microstructure of catalytic alumina composite support”, Applied Surface Science, in press

[3] Takashi Hattori, Katsutoshi Kobayashi, and Masakuni Ozawa, “Preparation and catalytic behavior of CeO₂ nanoparticles on Al₂O₃ crystal”, Japanese Journal of Applied Physics, in press

[4] Masakuni Ozawa, Yusuke Yoshimura, Katsutoshi Kobayashi, “Photoluminescence and properties of CeZrO₄:Eu³⁺ Nanoparticles Synthesized by hydrothermal Method”, Japanese Journal of Applied Physics, in press

[5] Masakuni Ozawa, Hidetomo Matui, Suguru Suzuki, “Preparation and photocatalytic properties of TiO₂/mica composite for acetaldehyde degradation”, Japanese Journal of Applied Physics, vol.55, 01AG04, 2016

[6] Masakuni Ozawa, Takahiro Okouchi, Masaaki Haneda, “Three way catalytic activity of thermally degenerated Pt/Al₂O₃ and Pt/CeO₂-ZrO₂ modified Al₂O₃ model catalysts”, Catalysis Today B vol.242, pp329-337, 2015

[7] Masakuni Ozawa, Kenichi Araki, “Effect of La modification on stability of coating alumina layer on Fe-Cr-Al alloy substrate”, Surface and Coatings Technology, vol.271, pp80-86, 2015

[8] Masakuni Ozawa, Hidetomo Matui, Suguru Suzuki, “Preparation of TiO₂ Pillared Mica for forming Composite Sheet with Photocatalytic Properties”, Journal of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, vol.62, pp524-526, 2015

[9] Kongzhai Li, Masaaki Haneda, Peihong Ning, Hua Wang, Masakuni Ozawa, “Microstructure and oxygen evolution of Fe-Ce mixed oxides by redox treatment”, Applied Surface Science, vol.289, pp378-383, 2014

[10] Masakuni Ozawa, K. Imura, “Oxygen relaxation and oxide ion conduction of Zr_{0.8-x}Ce_xY_{0.201.9}”, Solid State Ionics vol.262, pp526-529, 2014

[11] 網本正哉, 羽田政明, 小澤正邦, “酸化鉄を導入したセリアジルコニア材料の合成と光学的特性の評価”, 材料 vol.63, pp432-436, 2014

[12] Masakuni Ozawa, Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, “Synthesis and Deposition of Catalytic CeO₂ Nanocrystals via Aqueous Solution Process”, Proceedings of The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing (Edited by

Fernand Marquis, TMS series); Environmental Materials, pp307-313, 2013

[学会発表](計46件)

[1] M.Ozawa (**Keynote lecture**), “Materials aspects of ceria zirconia catalyst for effective oxygen storage capacity”, 7th China-Japan Workshop on Environmental Catalysis and Eco-Materials, November 6 -9, 2015, Guangzhou, China,

[2] M.Ozawa, A.Okouchi, M.Haneda, “Oxygen storage capacity and three way catalytic properties of platinum supported by ceria-zirconia-alumina”, 9th international conference on f-elements, Oxford, Sept.6-9, 2015, Oxford, UK

[3] M.Ozawa, T.Noguchi, M.Haneda, “Nanostructural development and oxidation catalysis over metal oxides supported on Lanthanum modified alumina composite”, 9th international conference on f-elements, Oxford, Sept.6-9, 2015, Oxford, UK

[4] M.Ozawa, Y.Kaneko, “Surface structure and properties of CeO₂-ZrO₂ composite for oxygen storage capacity catalyst”, The 10th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials, Sept.13-16, 2015, Manchester, UK

[5] M.Ozawa, T.Inagaki “Surface modification and phase development of -alumina nanoparticles with rare earths”, The 10th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials, Sept.13-16, 2015, Manchester, UK

[6] Y. Yoshimura, K. Kobayashi, M. Ozawa, “Local structure and oxygen storage capacity of Eu-doped Ce-ZrO_x nanoparticles”, ISETS 2015, Nov.27-29, 2015, Nagoya

[7] T. Hirose, T. Hattori, K. Kobayashi, M. Ozawa “Oxygen evolution behavior by temperature programmed reduction profile of ceria based catalysts”, ISETS 2015, Nov.27-29, 2015, Nagoya (Best Presentation Award)

[8] T.Hattori, K.Kobayashi, M.Ozawa, “Size effect of Raman scattering on CeO₂ nanocrystal by hydrothermal method”, 8th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, March 7-10, 2016, Nagoya

[9] R.Hashimoto, K.Kobayashi, M.Ozawa, “Grain growth behavior of CeO₂ nanoparticles during modified hydrothermal treatment”, ISETS 2015, Nov.27-29, 2015, Nagoya

[10] Y.Yoshimura, K.Kobayashi,

M.Ozawa, " Luminescence study of Eu doped catalytic nanoparticles in the system of ceria and zirconia solid solution ", 7th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, March 26-31, 2015, Nagoya

[11] 岩川昌樹, 小林克敏, 小澤正邦, 「セリアジルコニアナノ粒子の酸素貯蔵能の白金担持効果」, 日本材料学会第 64 期学術講演会, 2015 年 5 月 22-24 日 山形

[12] 吉村悠佑, 小林克敏, 小澤正邦 「Eu ドープセリアジルコニア触媒の発光特性と局所構造」 第 54 回セラミックス基礎科学討論会 2016 年 1 月 7-8 日 佐賀

[11] 廣瀬琢哉, 小林克敏, 小澤正邦 「昇温還元法によるセリアジルコニア複合材の酸素放出特性の評価」 第 54 回セラミックス基礎科学討論会 2016 年 1 月 7-8 日 佐賀

[13] 網本正哉, 小澤正邦 「セリア-ジルコニア-酸化鉄系材料による黄赤色顔料の可能性検討」 日本材料学会東海支部 第 10 回学術講演会 2016 年 3 月 9 日 岐阜

[14] 服部隆志, 唐井利賢, 小林克敏, 小澤正邦 「Al2O3 基板上への CeO2 ナノ粒子層形成とその反応特性評価」 日本材料学会東海支部 第 10 回学術講演会 2016 年 3 月 9 日 岐阜 (優秀講演賞)

[15] 廣瀬琢哉, 小林克敏, 小澤正邦 「セリア粒子表面による酸素貯蔵能の水素昇温還元スペクトル解析」 第 117 回触媒討論会 2016 年 3 月 21-22 日 大阪

[16] 唐井利賢, 服部隆志, 小林克敏, 小澤正邦 「CeO2 ナノ粒子による薄膜の作製と評価」 日本金属学会 2016 春期大会 2016 年 3 月 23-24 日 東京 (優秀発表賞)

[17] 橋本陵, 小林克敏, 小澤正邦 「水熱合成法による CeO2 ナノ粒子の形態制御」 日本金属学会 2016 春期大会 2016 年 3 月 23-24 日 東京

[18] M.Ozawa, H.Yuzuriha, M.Haneda, " Oxygen storage capacity and oxidation activity of nanoparticle zirconia-modified ceria zirconia catalyst ", the 9th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials, Sept. 8-12, 2014, Doblin, Ireland

[19] M.Ozawa, H.Yuzuriha, M.Haneda, K.Kobayashi, " Effect of ZrO2 additive on total oxidation of toluene and oxygen storage capacity over CeO2-ZrO2 composite catalyst ", The 7th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology, June 1-6, 2014, Kyoto

[20] M.Ozawa, " Nanostructure and dynamic oxygen storage properties of CeO2 nanocomposite ", European Materials Research Society 2014 Fall meetings, Sept.15-18, 2014, Warsaw, Poland

[21] M.Ozawa, H.Matui, " Effect of microstructures on photocatalytic acetaldehyde decomposition over TiO2/mica composite material ", European Materials Research Society 2014 Fall meetings, Sept.15-18, 2014, Warsaw, Poland

[22] M.Ozawa, K.Araki, " Coating and thermal behavior of alumina layer on alloy substrate at elevated temperature ", the 9th International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials, Sept. 8-12, 2014, Doblin, Ireland

[23] H.Kato, K.Kobayashi, M.Ozawa, " Oxygen and hydrogen storage-release properties of Pd and ceria-zirconia nanoparticles composite ", 7th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, March 26-31, 2015, Nagoya

[24] Y.Yoshimura, K.Kobayashi, M.Ozawa, " Luminescence and Raman Spectroscopic Study of Eu-doped ceria zirconia catalytic Nanoparticles ", 7th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, March 26-31, 2015, Nagoya

[25] 小澤正邦, " 自動車排ガス浄化触媒の酸素貯蔵能とセリウム有効利用 ", 第 114 回触媒討論会 2014 年 9 月 23-24 日 東広島 (招待講演)

[26] 小澤正邦 「ナノ環境材料としてのセリアジルコニア触媒とその展開」 第 52 回セラミックス基礎科学討論会, 第 52 回セラミックス基礎科学討論会 2014 年 1 月 9 - 10 日 名古屋 (招待講演)

[27] Masakuni Ozawa, " Environmental catalytic function of oxygen storage capacity material and its design with nanometer scale ", ISET2013-AMD14, December 13-15, 2013, Nagoya (招待講演)

[28] Masakuni Ozawa, Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, " Synthesis and Deposition of Catalytic CeO2 Nanocrystals ", The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing, August 4-9, 2013 Hawaii, USA

[29] Masakuni Ozawa, Kei Fujimoto, Masaaki Haneda, " Formation of nanometer-sized platinum particles by aqueous solution processing ", The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing, August 4-9, 2013 Hawaii, USA

[30] Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, Masakuni Ozawa, " Hydrothermal processing and dispersion of nanometer-sized ceria crystals with

organic modification”, 12th International Conference on Ceramic Processing Science, August 4-7, 2013 Portland USA

[31] Masaya Amimoto, Masakuni Ozawa, Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, “Raman Scattering and Optical Properties of Cerium Dioxide and Related Complex Oxides via Solution Process”, 12th International Conference on Ceramic Processing Science, August 4-7, 2013 Portland USA

[32] Katsutoshi Kobayashi, Kiyotaka Kato, Masaaki Haneda, Masakuni Ozawa, “Formation of CeO₂ Nanocrystal-Pd Nanoparticle Composite Materials”, The 7th International Conference on Rare Earth Development and Application, August 11-13, 2013, Ganzhou, China

[33] Masakuni Ozawa, Takahiro Okouchi, Masaaki Haneda, “Oxygen storage capacity, oxidation and three way catalysis of sol-driven ceria zirconia catalyst”, The 20th European Congress of Catalysis, September 1-6, 2013 Lyon, France

[34] Masahiro Takahashi, Katsutoshi Kobayashi, Kiyotaka Kato, Takashi Fuwa, Masaaki Haneda, Masakuni Ozawa, “Comparative study of oxygen storage capacity and three way catalysis over ceria and zirconia nanoparticle catalysts”, the 6th Japan-China Workshop on Environmental Catalysis and Eco-Materials, December 4-5, 2013, Mastuyama

[35] Takashi Fuwa, Masahiro Takahashi, Katsutoshi Kobayashi, Hiroki Yuzuriha, Masaaki Haneda, Masakuni Ozawa, “Oxygen storage capacity and three way catalysis of sol-modified ceria-zirconia supported noble metal catalysts”, The 6th Japan-China Workshop on Environmental Catalysis and Eco-Materials, December 4-5, 2013, Mastuyama

[36] Masakuni Ozawa, Takahiro Okouchi, Katsutoshi Kobayashi, Masaaki Haneda, “Three way catalytic activity and thermal sintering behavior of Pt/CeO₂-ZrO₂-Al₂O₃ catalysts”, The 6th Japan-China Workshop on Environmental Catalysis and Eco-Materials, December 4-5, 2013, Mastuyama

[37] 不破 隆司, 神内直人, 小林克敏, 羽田政明, 小澤正邦, 「セリア系ナノ複合担体を用いた Rh 触媒の作製と排ガス浄化特性」第 153 回日本金属学会第 153 回講演大会, 2013 年 9 月 17 - 19 日 金沢

[38] 小澤正邦, 藤本 啓, 加藤 聖崇, 小林 克敏, 羽田 政明, 「パラジウムナノ結晶の生成と担持触媒の排ガス浄化特性」第

153 回日本金属学会第 153 回講演大会, 2013 年 9 月 17 - 19 日 金沢

[39] 小林克敏, 羽田政明, 小澤正邦, 「オレイン酸修飾セリアナノ結晶の水熱合成と形態制御」, 第 30 回希土類討論会, 2013 年 5 月 23 - 24 日 北九州

[40] 小澤正邦, 日比寿之, 「均一沈殿法によるセリアナノ粒子合成と焼結性」, 第 30 回希土類討論会, 2013 年 5 月 23 - 24 日 北九州

[41] 不破 隆司, 小林克敏, 羽田政明, 小澤正邦, 「セリアジルコニア系ナノ複合担体の作製と排ガス浄化特性」, 第 57 回日本学術会議材料工学連合講演会, 平成 25 年 11 月 25 - 26 日 京都

[42] 高橋将大, 羽田政明, 小澤正邦, 「ゾル混合法により調製した白金/セリア系触媒の三元活性」石油学会学術講演大会 2013 年 11 月 14 日 北九州

[43] 小林克敏, 加藤聖崇, 神内直人, 羽田政明, 小澤正邦, 「セリアナノ結晶の水熱合成と複合化プロセス」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会 2013 年 12 月 7 日 名古屋 (優秀講演賞受賞)

[44] 高橋俊一, 不破隆司, 高橋将大, 小林克敏, 羽田政明, 小澤正邦, 「ジルコニアナノ粒子の合成と触媒担体材料の評価」, 日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2013 年 12 月 7 日 名古屋

[45] 小澤正邦, 小林克敏, 藤本 啓, 羽田政明, 「白金ナノ粒子の生成とアルミナ担持触媒活性」, 第 57 回日本学術会議材料工学連合講演会 2013 年 11 月 25 - 26 日 京都

[46] 小澤正邦, 高橋俊一, 高橋将大, 羽田政明, 小林克敏 「ナノ粒子ジルコニア担持白金触媒の排ガス浄化特性」, 第 113 回触媒討論会 2014 年 3 月 27 - 30 日 豊橋

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件) 取得状況(計 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小澤 正邦 (OZAWA, Masakuni)
名古屋大学・未来材料システム研究所・教授
研究者番号: 30252315

(2) 研究分担者() 研究者番号:

(3) 連携研究者

羽田 政明 (HANEDA, Masaaki)
名古屋工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 70344140

小林 克敏 (KOBAYOASHI, Katsutoshi)
名古屋大学・未来材料システム研究所・助教
研究者番号: 80626010

神内直人 (KAMIUCI, Naoto) 平成 25 年 4 月~9 月)
名古屋大学・未来材料システム研究所・PD
研究者番号: 00626012