

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360356

研究課題名(和文) シングルサイト光触媒をプラットフォームにする金属ナノ粒子の調製と応用

研究課題名(英文) Design of Nano Metal Catalysts Using Single-site Photocatalysts

研究代表者

山下 弘巳 (Yamashita, Hiromi)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40200688

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円、(間接経費) 4,230,000円

研究成果の概要(和文)：サイズ・形状・組成が高次制御された金属ナノ粒子・合金ナノ粒子の固体表面上での創成は、活性な金属触媒を設計する上で不可欠な技術である。本研究では、規則性ナノ多孔体の壁面に孤立した遷移金属イオン種を組み込むことで、“シングルサイト光触媒”を調製した。“シングルサイト光触媒”を紫外光またはマイクロ波照射で選択励起し、その還元作用を利用してサイズと形の制御された種々の金属ナノ粒子・合金ナノ粒子を調製することに成功した。このようにして得られた金属ナノ粒子は種々の選択反応に高い触媒活性を示した。また、金属ナノ粒子の持つ表面プラズモン共鳴特性を活かすことでユニークな発光体・光触媒の開発にも成功した。

研究成果の概要(英文)：Fabrication of metal nano-particles (NPs) and metal alloy NPs with controlled size, morphology and composition is an essential technology for the design of active metal catalysts. In this project, we prepared "Single-site photocatalysts" as platform materials by embedding various transition metal species into the framework of nanoporous materials. By utilizing the reduction ability of "Single-site photocatalysts" which is induced by ultraviolet light or microwave irradiations, various types of metal NPs and metal alloy NPs with controlled size, morphology and composition were successfully synthesized. The thus synthesized metal NPs exhibited high catalytic activities in particular selective reactions. In addition, by utilizing the surface plasmon resonance property of metal NPs, unique luminescent nanomaterials and photocatalysts were also developed.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学・触媒・資源化学プロセス

キーワード：シングルサイト光触媒 規則性ナノ多孔体 メソポーラスシリカ 金属ナノ粒子 合金触媒 ワンポット反応 表面プラズモン共鳴

1. 研究開始当初の背景

金属ナノ粒子は、バルクやコロイド状態の金属と単分子の金属錯体との中間のサイズを有し、特異な表面構造に由来する独特な触媒活性や表面プラズモン共鳴励起に基づくユニークな光化学特性を発現する。特に、PdやPtなどの金属は自動車用排ガス処理触媒、燃料電池電極触媒、医薬品・農薬などの合成用触媒に用いられている実用性の高い触媒であり、そのサイズ・形状の均一な単分散金属ナノ粒子の合成法の確立が切望されている。サイズ・形状・組成を高次制御された金属ナノ粒子・合金ナノ粒子の固体表面上での創成は、活性な金属触媒を設計する上で不可欠な技術である。

申請者はこれまでに、ナノ細孔を有するゼオライト、メソポーラスシリカに組み込んだ孤立四配位酸化チタン種などの“シングルサイト光触媒”の特異な局所構造と光触媒特性に着目し、従来の半導体光触媒と全く異なる励起構造と反応特性を見出してきた。近年では、このシングルサイト光触媒のユニークな光触媒能を利用して金属イオン源を還元固定化する光析出法により、均一なサイズの金属ナノ粒子触媒の合成に成功している。光触媒を反応でなくナノレベルでの“もの作り”に応用しようとする研究課題は、世界に先駆けた独創性の高い試みである。本研究では、この独創的な技術をさらに発展させ、目的とする触媒反応に最適なサイズと構造を有する金属ナノ粒子・合金ナノ粒子の調製とその応用を目指すこととした。

2. 研究の目的

シングルサイト光触媒を紫外光またはマイクロ波照射により選択的に光励起し、その還元作用を利用してサイズと形の制御された金属ナノ粒子・合金ナノ粒子触媒の調製すること、および調製した触媒を選択反応へ応用することを目的とし、以下の項目を検討した。

- 1) 多様なナノ多孔体の壁面に組み込んだ新規シングルサイト光触媒の調製
- 2) サイズ・形態・組成を高次制御した金属・合金ナノ触媒(コア・シェル型や固溶体型)の調製
- 3) 各種分光学的手法による金属ナノ粒子のキャラクタリゼーション
- 4) 金属ナノ触媒とシングルサイト触媒を利用したワンポット触媒反応系の設計
- 5) 金属ナノ粒子表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体・高活性光触媒の設計

3. 研究の方法

- 1) 多様なナノ多孔体の壁面に組み込んだ新規シングルサイト光触媒の調製:
シングルサイト光触媒として、各種孤立四配位金属酸化物種(チタン、バナジウム、モリブデン、タングステン、希土類など)を骨格内に組み込んだゼオライト、メソポーラスシリカ、金属有機構造体(MOF)を合成した。粉末X線回折(XRD)、X線吸収微細構造(XAFS)、紫外可視吸収スペクトル(UV-vis)、赤外吸収分光法(IR)による四配位金属酸化物種の構造解析、また、細孔分布測定や透過型顕微鏡観察(TEM)によるナノ細孔生成(0.5-5nm)の確認も同時に行った。
- 2) サイズ・形態・組成を高次制御した金属・合金ナノ触媒(コア・シェル型や固溶体型)の調製:
光析出法により、触媒活性金属種を還元固定化した。すなわち、シリカマトリックス内

で孤立状態で高分散しているシングルサイト光触媒を紫外光照射によりサイト選択的に光励起状態にし、その還元作用を利用して金属前駆体を析出させ、サイズと形が制御された状態で固定化した。固定化した金属種は、例えばPt、Pd、Au、Ag、Cu、Niおよびその合金系である。シングルサイト光触媒の特性を利用して、光析出プロセスにおける光量や波長、照射時間、金属前駆体の組成を変えることによって、サイズ・形態(コア・シェル型や固溶体型)・組成を高次制御した金属ナノ粒子を合成することを試みた。また紫外光照射の他にマイクロ波照射によっても局所励起状態を作りだし、サイズ・形状の制御されたPtやAu、Agナノ粒子の合成を試みた。

3) 各種分光学的手法による金属ナノ粒子のキャラクタリゼーション:

金属ナノ粒子・合金ナノ粒子の粒子径、電子状態、分散状態を、種々の分光学的手法を駆使して解明した。用いた手法は粉末X線回折(XRD)、X線吸収微細構造(XAFS)、透過型電子顕微鏡(TEM)、高分解能透過型電子顕微鏡(HR-TEM)、X線光電子分光法(XPS)、CO吸着試験である。

4) 金属ナノ触媒とシングルサイト触媒を利用したワンポット触媒反応系の設計:

得られた種々の金属ナノ触媒・合金ナノ触媒を用いて水素・酸素から有機合成の分野で利用価値の高い酸化剤である過酸化水素の直接合成を試み、触媒活性の比較を行った。同時に反応最適条件(溶媒、温度、触媒量等)も検討した。また、実用化において不可欠な大量合成への可能性、再使用実験による触媒耐久性についても評価した。

更に、開発した金属ナノ触媒・合金ナノ触媒を利用して、水素・酸素からの過酸化水素合成、シングルサイト触媒上における過酸化水素を酸化剤とした逐次的な有機物の選択酸化反応、を可能とするワンポット触媒反応系の設計を行った。対象とした反応は、メチルフェニルスルフィドからのメチルフェニルスルホキシド合成反応、シクロヘキサンからのシクロヘキサノン・シクロヘキサノール合成反応、ベンゼンからのフェノール合成反応、フェノールの酸化反応などである。各種反応において触媒構造の最適化を図るとともに、反応最適条件(溶媒、温度、触媒量等)についても検討した。

5) 金属ナノ粒子表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体・高活性光触媒の設計:

本手法によりゼオライトやメソポーラスシリカ細孔内に光析出した金属ナノ粒子に色素分子や金属錯体を共存させることにより、金属ナノ粒子の表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体・高活性光触媒系を設計した。金属ナノ粒子の構造制御と、近接する色素分子や金属錯体とのスペースの最適化により、より顕著なプラズモン増強電場を実現し、新しい光機能材料を創製することを試みた。

4. 研究成果

ゼオライトやメソポーラスシリカ、金属有機構造体(MOF)などといった規則性ナノ多孔体の壁面にTiをはじめとする遷移金属イオン種を孤立四配位状態で組み込むことで、各種シングルサイト光触媒を調製した。シングルサイト光触媒を紫外光またはマイクロ波照射によって選択励起し、その還元作用を利用してサイズと形の制御された金属ナノ粒子・合金ナノ粒子(コア・シェル型、固溶体型)を光析出させ調製した。そのようにして

得られた金属ナノ粒子の高選択性触媒としての応用と、金属ナノ粒子の表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体・高活性光触媒の設計とを行った。得られた結果は以下のとおりである。

1) シングルサイト光触媒として種々の金属種(チタン、バナジウム、モリブデン、タングステン、希土類など)を高分散に含むメソポーラスシリカを調製し、照射によって金属ナノ粒子の還元固定化を行った。中でも、良好な光誘起還元特性と安定的な金属ナノ粒子合成の観点から、Ti を壁面に組み込んだ規則性ナノ多孔体(Ti 含有ゼオライト、Ti 含有メソポーラスシリカ)がシングルサイト光触媒として好適であった。

また、金属種と有機リガンドから成る規則性ナノ多孔体(MOF)についてもシングルサイト光触媒としての利用性を評価した。2-アミノテレフタル酸と孤立 Ti 種から成る MOF(NH₂-MIL-125)を用いて、紫外光照射下で孤立 Ti 種上に Pd ナノ粒子を固定化することを検討した。TEM 観察より、粒子径 20 nm 以下の Pd ナノ粒子が孤立 Ti 種上に固定化されていることを確認した。MOF 上に固定化された Pd ナノ粒子はエネルギーキャリアとして期待されているアンモニアボランからの水素生成反応に高い触媒活性を示すことを見出した。

2) Ti 含有メソポーラスシリカをシングルサイト光触媒として利用し、例えば、Pd と Au の前駆体溶液を混合攪拌し、紫外光照射することで、均一な Pd-Au 合金ナノ粒子が合成でき、従来の触媒よりも高い過酸化水素生成能を有することを見出した。得られた知見を更に発展させ、水素・酸素からの過酸化水素合成、その後の過酸化水素を酸化剤とした逐次的選択酸化反応を可能とするワンポット触媒反応系の設計を行った。ヘテロ原子として Ti を有するシングルサイト光触媒と析出させた Pd ナノ粒子とを構造制御されたシリカ多孔質体内で高次に複合化することで、チオアニソールからメチルフェニルスルホキシドへの選択酸化反応に高活性を示すワンポット触媒系を創製することに成功した。また、シリカマトリクス内のヘテロ原子を Fe に置き換えることで、フェノールの選択酸化反応を可能にするワンポット触媒系の構築を達成することができた。

3) Ti 含有メソポーラスシリカと Pt の前駆体溶液を混合攪拌し、マイクロ波照射を行うことで、Pt ナノ粒子を固定化できることを見出した。X 線吸収微細構造や発光測定などにより、得られる Pt 粒子は狭い粒子径分布を示し、孤立 Ti 種上に固定化されることを確認した。ニトロベンゼン水素化反応の触媒活性を評価し、マイクロ波を用いて調製した触媒は、従来法で調製した触媒よりも高活性を有することを明らかにした。

4) シングルサイト光触媒の特性を利用して得られた金属ナノ粒子の表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体・高活性光触媒の設計を行った。紫外光またはマイクロ波照射によりメソポーラスシリカ細孔内に光析出した Ag(Au)ナノ粒子の近傍に色素分子や金属錯体を共存させることにより、Ag(Au)ナノ粒子の表面プラズモン共鳴励起を利用する強発光体を得ることができた。また、マイクロ波照射を利用した調製法によりメソポーラスシリカ細孔内で形状と色彩を制御した Ag(Au)ナノ粒子の合成にも成功し、これを触媒に用いることで照射する可視光の波長により反応速度が変化するユニークな光触

媒系を設計することに成功した。

以上、シングルサイト光触媒をプラットフォームとすることでサイズや構造を制御した金属ナノ粒子・金属合金粒子が合成可能であり、それら金属粒子が逐次的な有機物の選択酸化反応を可能とするワンポット反応触媒や、高機能光触媒として様々な化学反応に利用可能であることが明らかとなった。今後、シリカ多孔質体や MOF の構造を目的に応じて最適化・高次元化することで、触媒や光機能性材料としての性能は一桁以上向上することが見込める。更に、本技術を貴金属・貴金属合金の合成だけでなく貴金属・単金属合金の合成へと拡張することで、貴金属使用量の低減につながるだけでなく、シングルサイト光触媒を使用した新しいケミストリーが展開できるものと期待される。

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16件)

1. Y. Horiuchi, K. Fujiwara, T. Kamegawa, K. Mori, and H. Yamashita

“An Efficient Method for the Creation of a Superhydrophobic Surface: Ethylene Polymerization over Self-assembled Colloidal Silica Nanoparticles Incorporating Single-site Cr-oxide Catalysts”
Journal of Materials Chemistry, **21**, 8543-8546 (2011) 査読：有

2. S. Okada, K. Mori, T. Kamegawa, and H. Yamashita

“Active Site Design in a Core-Shell Nanostructured Catalyst for a One-Pot Oxidation Reaction”
Chemistry - A European Journal, **17**, 9047-9051 (2011) 査読：有

3. Y. Horiuchi, H. Ura, T. Kamegawa, K. Mori, and H. Yamashita

“Controlled Synthesis and Surface Hydrophilic Properties of Ti-Containing Mesoporous Silica Thin Films Using Various Structure-Directing Agents”
Journal of Physical Chemistry C, **115**, 15410-15415 (2011) 査読：有

4. T. Kamegawa, Y. Masuda, N. Suzuki, Y. Horiuchi, and H. Yamashita

“Design of Single-Site Ti Embedded Highly Hydrophilic Silica Thin Films with Macro-Mesoporous Structures”
ACS Applied Materials & Interfaces, **3**, 4561-4565 (2011) 査読：有

5. Y. Horiuchi, Y. Shimizu, T. Kamegawa, K. Mori, and H. Yamashita

“Design of Superhydrophobic Surfaces by Synthesis of Carbon Nanotubes over Co-Mo Nanocatalysts Deposited under Microwave Irradiation on Ti-containing Mesoporous Silica Thin Films”
Physical Chemistry & Chemical Physics, **13**, 6309-6314 (2011) 査読：有

6. T. Kamegawa, N. Suzuki, M. Che, H. Yamashita

“Synthesis and Unique Catalytic Performance of

Single-site Ti-containing Hierarchical
Macroporous Silica with Mesoporous
Frameworks”
Langmuir, **27**, 2873-2879 (2011) 査読：有

7. K. Mori, H. Yamashita, and M. Anpo
“Photocatalytic Reduction of CO₂ with H₂O on
Various Titanium Oxide Photocatalysts”
RSC Advances, **2**, 3165-3172 (2012) 査読：有

8. K. Fuku, T. Sakano, T. Kamegawa, K. Mori,
and H. Yamashita
“Enhanced Hydrogenation Activity of
Nano-sized Pd-Ni Bimetal Particles on
Ti-containing Mesoporous Silica Prepared by
Photo-Assisted Deposition”
Journal of Materials Chemistry, **41**, 16243-16247
(2012) 査読：有

9. K. Fuku, S. Takakura, T. Kamegawa, K. Mori,
and H. Yamashita
“Preparation of Size-controlled
Copper-nanoparticle-supported Catalyst Using
Rapid and Uniform Heating under Microwave
Irradiation”
Chemistry Letters, **41**, 614-616 (2012) 査読：有

10. S. Okada, S. Ikurumi, T. Kamegawa, K. Mori,
and H. Yamashita
“Structural Design of Pd/SiO₂@Ti-Containing
Mesoporous Silica Core-Shell Catalyst for
Efficient One-Pot Oxidation Using in Situ
Produced H₂O₂”
Journal of Physical Chemistry C, **116**,
14360-14367 (2012) 査読：有

11. M. Che, K. Mori, and H. Yamashita
“Elaboration, Characterization and Properties of
Silica-based Single-site Heterogeneous
Photocatalysts”
Proceedings of the Royal Society A, **468**,
2113-2128 (2012) 査読：有

12. K. Fuku, R. Hayashi, S. Takakura, T.
Kamegawa, K. Mori, and H. Yamashita
“The Synthesis of Size- and Color-Controlled
Silver Nanoparticles by Using Microwave
Heating and their Enhanced Catalytic Activity by
Localized Surface Plasmon Resonance”
Angewandte Chemie International Edition, **52**,
7446-7450 (2013) 査読：有

13. T. Kamegawa, D. Yamahana, H. Seto, and H.
Yamashita
“Preparation of Single-site Ti-containing
Mesoporous Silica with a Nanotube Architecture
and its Enhanced Catalytic Activities”
Journal of Materials Chemistry A, **1**, 891-897
(2013) 査読：有

14. S. Ikurumi, S. Okada, K. Nakatsuka, T.
Kamegawa, K. Mori, H. Yamashita
“Enhanced Activity and Selectivity in the
One-pot Hydroxylation of Phenol by
Pd/SiO₂@Fe-containing Mesoporous Silica
Core-shell Catalyst”
Journal of Physical Chemistry C, **118**, 575-581
(2014) 査読：有

15. M. Martis, W. Meicheng, K. Mori, and H.
Yamashita
“Fabrication of Metal Nanoparticles in metal

Organic Framework NH₂-MIL-125 by UV
photo-assisted Methods for Optimized Catalytic
Properties”
Catalysis Today, in press (2014), DOI:
10.1016/j.cattod.2014.02.046 査読：有

16. X. Qian, K. Fuku, Y. Kuwahara, T.
Kamegawa, K. Mori, and H. Yamashita
“Design and Functionalization of Photocatalytic
System with Mesoporous Silica”
ChemSusChem, in press (2014) 査読：有

〔学会発表〕(計32件)

1. The 13th Korea-Japan Symposium on
Catalysis
Seogwipo Kal Hotel (Jeju, Korea) (2011年5月
24日)

Takashi Kamegawa, Norihiko Suzuki, and
Hiromi Yamashita

「Preparation of Single-site Ti-containing
Siliceous Materials with 3D Hierarchical Porous
Structure and their Unique Catalytic Activities」

2. North American Catalysis Society 22nd North
American Meeting (22nd NAM)
Detroit Marriott Hotel (Detroit, USA) (2011年6
月8日)

Takashi Kamegawa, Norihiko Suzuki, and
Hiromi Yamashita

「Design of Single-site Ti-containing
Hierarchical Porous Silica Materials with
Enhanced Catalytic Performances」

3. 活躍するナノ触媒-21世紀の人間生活を豊
かにする小さな主役-

神戸大学(兵庫)(2011年7月8日)

山下弘巳(招待講演)
「シングルサイト触媒・光触媒の設計と応
用」

4. 第196回応用セラミックス研究所講演会
第28回ソフト溶液プロセス研究会講演会
東京工業大学(東京)(2011年7月20日)

山下弘巳(招待講演)
「シングルサイト光触媒の設計と応用」

5. 第2回ナノ理工学情報交流会
大阪大学(大阪)(2011年8月3日)

山下弘巳(招待講演)
「ナノ構造制御によるマテリアルの創成と
新規機能探索：光触媒・ナノ触媒・光機能薄
膜への応用」

6. The 6th National Conference on
Environmental Chemistry
Shanghai University (Shanghai, China) (2011年
9月23日)

山下弘巳(招待講演)
「Applications of Single-site Photocatalysts
Designed Using Nanoporous Materials」

7. 元素戦略ワークショップ「ケイ素酸素系機
能材料の応用」

早稲田大学(東京)(2011年10月12日)

山下弘巳(招待講演)
「ナノ細孔材料を利用するシングルサイト
光触媒の設計と応用」

8. Global Frontiers in Catalysis and Adsorption
Symposium (Invited)
Inha University (Incheon, Korea) (2011年10月
27日)

山下弘巳 (招待講演)

「Design and Applications of Single-site Photocatalysts」

9. The 16th International Conference on TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications Town&Country Resort (San Diego, USA) (2011年11月9日)

Hiromi Yamashita, Kohsuke Mori, Takashi Kamegawa, Shusuke Okada, and Kojiro Fuku(招待講演)

「Design and Applications of Single-site Photocatalysts Using Nano-porous Materials」

10. 第4回次世代光触媒応用研究会 長野市ものづくり支援センター(長野)(2011年11月22日)

山下弘巳 (招待講演)

「光触媒の設計と応用」

11. 第10回太陽エネルギー化学研究センターシンポジウム

大阪大学(大阪)(2012年2月3日)

山下弘巳 (招待講演)

「ナノ多孔体を利用するシングルサイト光触媒の設計と応用」

12. 日本化学会第92春季年会

慶應義塾大学(神奈川)(2012年3月25日)

亀川孝、鈴木紀彦、山下弘巳

「シングルサイト Ti 種を含有した高次ナノ構造多孔性シリカの液相酸化触媒反応特性」

13. 第109回触媒討論会

東京工業大学大岡山キャンパス(東京)(2012年3月28日)

亀川孝、鈴木紀彦、山下弘巳

「シングルサイト Ti 種を含有した高次ナノ構造多孔性シリカの触媒反応特性」

14. The First International Conference on Photocatalysis and Solar Energy Conversion: Development of Materials and Nanomaterials

Deajeon Convention Center (Daejeon, Korea) (2012年5月31日)

Hiromi Yamashita, Kohsuke Mori, Takashi Kamegawa, Shusuke Okada, and Kojiro Fuku(招待講演)

「Single-site Photocatalysts Designed Using Nano-porous Materials」

15. 15th International Congress on Catalysis International Congress Center Munich (Munich, Germany) (2012年7月1~7日)

Takashi Kamegawa, Norihiko Suzuki, Hiromi Yamashita

「Design of single-site Ti-containing hierarchical porous silica and their applications in the epoxidation reactions」

16. The International Symposium on Photocatalysis

Kyoto Univ.(Kyoto, Japan)(2012年7月19日)

Hiromi Yamashita (招待講演)

「Design of Super Hydrophilic and Hydrophobic Surfaces Using Nanostructured Thin Film Photocatalysts」

17. 2012OPU-KIST-ECUST Joint Symposium on Advanced Materials and their Applications Osaka Prefecture Univ. Conference Hall (Osaka)

(2012年9月10日)

Hiromi Yamashita

「Application of Photocatalyst Designed Using Nanoporous Materials」

18. 第110回触媒討論会

九州大学伊都キャンパス(福岡)(2012年9月24日)

山下弘巳

「ナノ構造制御による超親水性・超撥水性表面の設計」

19. International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN)

The University of Queensland (Brisbane, Australia) (2012年10月24日)

Hiromi Yamashita

「Design and Applications of Single Site Photocatalysts using Nanoporous Materials」

20. 触媒学会西日本支部九州地区講演会

九州工業大学戸畑キャンパス(福岡)(2012年11月13日)

山下弘巳 (招待講演)

「ナノ多孔体を利用するシングルサイト触媒・光触媒の設計と応用」

21. 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium

Osaka Univ. (Osaka, Japan) (2012年12月11日)

Kojiro Fuku, Ryunosuke Hayashi, Takashi Kamegawa, Kohsuke Mori, and Hiromi Yamashita

「Enhancement of catalysis by localized surface plasmon resonance of color-controlled Ag prepared using microwave and mesopore structure」

22. MANA/NIMS-Osaka University Joint Symposium on Advanced Structural and Functional Materials Design 2013

National Institute for Materials Science (NIMS) (Tsukuba, Japan) (2013年3月18日)

Hiromi Yamashita (招待講演)

「Design and applications of single-site Photocatalysts」

23. The 7th World Congress on Oxidation Catalysis (7th WCOC)

Washington University (Missouri, USA) (2013年6月10日)

Hiromi Yamashita

「Design and application of single-site Ti-containing macro-and meso-porous silica for selective oxidations」

24. 10th Congress on Catalysis Applied to Fine Chemicals (CAFC10)

Abo Akademi University (Turku, Finland) (2013年6月16日)

Shusuke Okada, Shohei Ikurumi, Takashi Kamegawa, Kohsuke Mori, and Hiromi Yamashita

「Efficient one-pot oxidation reaction using Pd/SiO₂@Ti-containing mesoporous silica core-shell type catalyst」

25. 17th International Zeolite Conference (17th IZC)

Congress Center of the Izmailovo complex (Moscow, Russia) (2013年7月8日)

Hiromi Yamashita, Koujiro Fuku, Ryunosuke Hayashi, Takashi Kamegawa, Kohsuke Mori
“Enhancement of catalysis by the localized surface plasmon resonance of size and color-controlled Ag prepared using microwave and mesostructure”

26. The Sixteenth International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-16)
Hokkaido Univ. (Japan) (2013年8月7日)

Hiromi Yamashita

“Enhancement of Catalytic Performance in One-Pot Oxidation Reaction Using Pd/SiO₂@Ti-Containing Mesoporous Silica Core-shell Type Catalyst”

27. 第3回新機能無機物質探索研究センターシンポジウム
東北大学多元物質科学研究所(宮城)(2013年8月19日)

山下弘巳(招待講演)

「ナノ構造制御した触媒の設計と機能開発」

28. XIth European Congress on Catalysis (EuropaCat XI)

Lyon Convention Center (France) (2013年9月4日)

Koujiro FUKU, Ryunosuke HAYASHI, Takashi KAMEGAWA, Kohsuke MORI, Hiromi YAMASHITA

“Catalytic enhancement using localized surface plasmon resonance of color-controlled Ag nanoparticles deposited on mesoporous silica under microwave”

29. The 6th Asia-Pacific Congress on Catalysis (APCAT-6)

Taipei International Convention Center (Taiwan) (2013年10月14日)

Hiromi Yamashita(招待講演)

“Efficient Photocatalytic Degradation of Organics Diluted in Water and Air Using TiO₂ Designed with Nanoporous Silica Materials”

30. The 9th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience-2013 (KJFP2013)

Seoul National University (Seoul, Korea) (2013年11月25日)

Hiromi Yamashita(招待講演)

“Catalytic Enhancement Using Localized Surface Plasmon Resonance of Ag Nanoparticles Deposited on Mesoporous Silica by Microwave Heating”

31. 日本エネルギー学会関西支部 第58回研究発表会・石油学会関西支部 第22回研究発表会合同研究発表会

近畿大学東大阪キャンパス(大阪)(2013年12月6日)

山下弘巳(招待講演)

「ナノ多孔体を利用するシングルサイト光触媒・金属ナノ触媒の設計」

32. One Day Workshop on Chemical Reactions at Surfaces and Interfaces

Osaka Univ. (Osaka, Japan)(2014年1月20日)

Hiromi Yamashita(招待講演)

“Design of Single-site Photocatalysts using Nanoporous Materials”

[図書](計4件)

1. 亀川孝, 森浩亮, 山下弘巳(共著)
「触媒調製ハンドブック:シングルサイト光触媒(Ti-ゼオライト・メソ多孔体)」
(執筆代表:亀川孝)(NTS), pp.484-485 (2011,4)

2. 山下弘巳

「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」
(情報技術協会)(2012,5)

3. 亀川孝, 山下弘巳(共著)

「ナノ多孔体を用いたシングルサイト光触媒の設計と反応特性」
(情報技術協会)(2013,4)

4. 亀川孝, 山下弘巳(共著)

「Solar Energy Conversion Using Single-site Photocatalysts, New and Future Developments in Catalysis, in Solar Photocatalysis」(Steven Suib編)(Elsevier)(2013,9)

[産業財産権]

出願状況(計2件)

1.

名称:撥水性薄膜およびその製造方法

発明者:亀川孝, 山下弘巳

権利者:大阪大学

種類:特許

番号:特願2011-243722

出願年月日:2011年11月7日

国内外の別:国内

2.

名称:遷移金属成分および界面活性剤がメソ細孔に担持された多孔体、およびそれを用いた6員脂環族ケトン化合物の製造方法

発明者:森浩亮, 山下弘巳, 古林賢, 岡田周祐

権利者:大阪大学

種類:特許

番号:特願2012-086565

出願年月日:2013年2月14日

国内外の別:国内

取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ:

<http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp1/MSP1-HomeJ.htm>

6. 研究組織

(1)研究代表者

山下弘巳(YAMASHITA HIROMI)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号:40200688

(2)研究分担者

森浩亮(MORI KOHSUKE)

大阪大学・工学研究科・准教授

研究者番号:90423087

亀川孝(KAMEGAWA TAKASHI)

大阪大学・工学研究科・助教

研究者番号:50525136

大道徹太郎(OHMICHU TETSUTARO)

大阪大学・工学研究科・技術専門職員

研究者番号:10379141