

機関番号：12601

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19049008

研究課題名（和文） ナノ構造界面に基づく光電気化学的エネルギー変換システムの構築

研究課題名（英文） Development of Photoelectrochemical Energy Conversion Systems Based on Nanostructured Interfaces

研究代表者

立間 徹 (TATSUMA TETSU)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：90242247

研究成果の概要（和文）：金や銀のナノ粒子と酸化チタンの界面で光誘起電荷分離が可能であることを見出した。電荷分離は局在表面プラズモン共鳴により励起した金属ナノ粒子から酸化チタンへの電子移動により達成され、電子移動はプラズモン近接場により誘起または促進されることを明らかにした。この系は、光電変換デバイスや可視光応答光触媒、光電気化学アクチュエータなどに応用できる。また、近赤外および偏光フォトクロミズムやサイズ・形状・配向を制御したナノ粒子の析出にも利用できる。

研究成果の概要（英文）：We have found that photoinduced charge separation is possible at the interfaces between Au or Ag nanoparticles (NPs) and TiO₂. The charge separation is based on the localized surface plasmon resonance (LSPR) of the NPs, and electron transfer from photoexcited metal NPs to TiO₂, which is induced or promoted by plasmonic near field, is responsible for the charge separation. We have also found that the present system can be applied to photovoltaic devices, photocatalysis, and photoelectrochemical actuators, as well as near infrared and polarization-selective photochromism and morphology and orientation control of NPs.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	9,300,000	0	9,300,000
2008年度	12,700,000	0	12,700,000
2009年度	18,700,000	0	18,700,000
2010年度	15,300,000	0	15,300,000
年度			
総計	56,000,000	0	56,000,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学、機能材料・デバイス

キーワード：金属ナノ粒子、プラズモン共鳴、酸化チタン、光電変換、フォトクロミズム

1. 研究開始当初の背景

(1) 金や銀などのナノ粒子は局在表面プラズモン共鳴を示し、その共鳴波長はナノ粒子のサイズや形状、周囲の屈折率などに依存する。共鳴により光吸収や散乱を示したり、粒子近傍に局在電場を生じることから、センサーや表面増強ラマン散乱、色素の蛍光増強などに応用され、非常に注目されていた。

(2) 銀ナノ粒子を含むナノポーラス酸化チタン膜に任意の単色可視光を照射するとその色に着色し、紫外光照射により元の褐色に戻る現象（マルチカラーフォトクロミズム）が見出された。その原理は未解明であったが、プラズモン共鳴により励起された銀ナノ粒子が電子を失い、銀イオンに酸化するために

起こることが判明しつつあった。

(3) 酸化チタン電極に金ナノ粒子を担持した電極に可視光を照射するとアノード光電流や負の光電位が観測され、照射光波長依存性から金ナノ粒子のプラズモン共鳴に基づく光吸収により金ナノ粒子と酸化チタンの界面で電荷分離が生じることが明らかとなっていた。

2. 研究の目的

我々は、プラズモン共鳴により光を吸収する金属ナノ粒子を酸化チタンなどのn型半導体と組み合わせた系において、光誘起電荷分離が可能であることを見出した。この系は、ナノ粒子の吸収断面積が大きく、またナノ粒子のモルフォロジーによって光学特性を制御できる、といった特徴がある。本研究では、この電荷分離の機構を解明し、光電変換、光触媒、多色フォトクロミズム、光電気化学アクチュエータなどへの応用を試みることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 光電変換、光触媒への応用に関する検討

① 金や銀のナノ粒子はそれらの塩を用いて電解析出や光触媒析出によりITO透明電極に担持させ、酸化チタン膜で被覆した。これと対極を向かい合わせて光電気化学セルを構成し、さまざまな電子ドナー/アクセプターを含む電解液中で開回路光電圧や短絡光電流を測定した。光電流の照射光波長依存性を測定し、金属ナノ粒子のプラズモン共鳴による吸収スペクトルと比較、検討した。

② アルミナナノマスクを用いた検討では、ポリマーを含有したアルミナ前駆体溶液をITO電極上にディップコートし、焼成することによりナノマスクを形成させた。得られたポアに金や銀ナノ粒子を電解析出させ、さらに酸化チタン膜で被覆して電極を作製した。

③ ナノシートを用いた検討では、層状チタン酸化物を単層剥離して得たナノシートをカチオン性ポリマーを接着層として金ナノ粒子上に被覆した。

④ 光触媒への応用では、還元エネルギー貯蔵材料である酸化タングステン膜を、金ナノ粒子を吸着させた酸化チタン膜と組み合わせ、可視光照射による還元エネルギーの貯蔵を電極の吸光度や電位の測定により検討した。

(2) 多色フォトクロミズムに関する検討

① 光触媒析出法により酸化チタン単結晶上に銀ナノ粒子を還元析出させた。湿度の制御

下、さまざまな波長の単色可視光を照射し、原子間力顕微鏡による銀ナノ粒子の直接観察により銀ナノ粒子のサイズ変化と光学特性変化との相関について調べた。また、酸化チタン単結晶上に銀ナノ粒子を光触媒析出させる際に、紫外光と同時に照射する可視光の波長や偏光・非偏光を変え、析出した銀ナノ粒子の光学特性とサイズ・形状を評価した。

② 酸化チタン単結晶や多孔膜に硝酸銀のエタノール溶液をキャストして銀ナノ粒子を光触媒還元析出させた。硝酸銀や添加剤の濃度、照射光強度、照射時間などを制御した。プラズモン誘起電荷分離により変化する銀ナノ粒子の光学特性およびモルフォロジーを分光光度計や暗視野顕微鏡、原子間力顕微鏡により検討した。また、離散化双極子法による計算により光学特性を詳細に検討した。

(3) アクチュエータの開発では、銀イオンと酸化チタンナノ粒子を内包させたポリアクリル酸ゲルを合成した。水中でゲルに紫外光や可視光を照射し、その膨潤・収縮挙動を観察した。

(4) 金クラスターは保護剤であるグルタチオン存在下、テトラクロロ金酸をテトラヒドロホウ酸ナトリウムにより還元させて得た。電気泳動法などにより構成原子数に応じて分離し、Au₂₅クラスターなどを得た。これを酸化チタン電極に担持し、光電気化学測定や光触媒反応に関する検討を行った。

4. 研究成果

(1) 光電変換、光触媒への応用

① 電極構造と光電気化学応答

酸化チタン上に金ナノ粒子を吸着させたITO/TiO₂/AuNP電極でプラズモン共鳴による光吸収によりアノード光電流および負の光電位が得られることがわかっていたが、金ナノ粒子と酸化チタンの積層順序を逆にした電極(ITO/AuNP/TiO₂)について検討したところ、カソード光電流および正の光電位が得られ、積層順序により光電流および光電位の極性が反転した。プラズモン共鳴による光吸収により金ナノ粒子から酸化チタンへの電子移動が起こることが確かめられた。

② アルミナナノマスクの導入

ITO電極上に担持した金ナノ粒子を酸化チタンで被覆した電極(ITO/AuNP/TiO₂)では、金ナノ粒子から酸化チタンに移動した電子がITOに戻るパスが効率を下げている可能性があるため、ITO上に絶縁性のアルミナナノマスクを形成し、そのナノポア内に金ナノ粒子を電解析出して、酸化チタンで被覆した。この場合、金ナノ粒子の量は減るが、サイズな

どの分散を抑えることができ、熱による融合なども抑制できた。吸収あたりの光電流値も改善することができた。また、アルミナナノマスクを用いることで、熱による融合がより顕著であった銀ナノ粒子も使用できるようになった。また、銀ナノ粒子を用いた場合は1000 nm以上、金ナノ粒子の場合は900 nm以上の波長でも電荷分離が可能だと判明した。

③チタニアナノシートによる被覆

ITO/TiO₂/AuNP電極を厚さ1 nmのチタニアナノシートで被覆することにより、金ナノ粒子の光吸収が強まり、可視光照射下での光電変換特性の向上に成功した。

④光触媒への応用

金ナノ粒子と酸化チタンを組み合わせたデバイスは可視光応答光触媒に応用でき、AuNP-TiO₂電極に酸化タングステンを組み合わせることにより、可視光で機能する還元エネルギー貯蔵型光触媒を開発した。

(2) 多色フォトクロミズム

①機構解明に関する検討

酸化チタン上での銀ナノ粒子の光電気化学的挙動について詳細に検討した。酸化チタン単結晶に担持した銀ナノ粒子にさまざまな波長の単色光を照射すると、照射波長に選択的な吸光度の減少とそれ以外の波長域での吸光度の増大が起こり、銀ナノ粒子の粒径分布が変化することを明らかにした。ある粒径の粒子数の増減と、対応する共鳴波長での吸光度の増減には相関が見られ、多色フォトクロミズムの着消色機構を説明する重要な知見が得られた。また、本現象の発現には酸化チタン表面上に銀イオン伝導性を付与できるだけの吸着水が必要であることを明らかにし、銀ナノ粒子の光誘起サイズ変化が光電気化学的機構に基づいていることを確かめた。さらに、酸化チタン上への銀ナノ粒子の析出時に紫外光と同時に任意波長の可視光や赤色直線偏光を照射すると、銀ナノ粒子の光触媒還元析出とプラズモン誘起酸化溶解が同時に起こり、銀ナノ粒子の粒径や形状を制御できることを明らかにした。

②銀ナノロッドの配向析出とプラズモン共鳴に基づく溶解・再析出挙動に関する検討

アセトアルデヒドを添加した硝酸銀の水エタノール混合溶液をキャストし、紫外光を照射することにより酸化チタン単結晶(100)面上に二軸に配向した銀ナノロッドが光触媒析出することを見出した。この銀ナノロッドにさまざまな波長の単色光を照射すると、照射波長に選択的な吸光度の減少が起こり、銀ナノロッドの形状が変化し、周囲に微小銀ナノ粒子が析出することを明らかにした。銀

ナノロッドの配向方向に沿って可視～近赤外偏光を照射すると、ナノロッドの長軸モードを励起したときには両端付近に、短軸モードを励起したときには側面付近で再析出ナノ粒子が高い頻度で観察され、プラズモン誘起電荷分離が起こりやすいことが確認された。このことから、局在電場が電荷分離を誘起または促進している可能性が高いことがわかり、プラズモン誘起電荷分離の機構を解明する上で重要な、また電荷分離効率を向上させるための指針となる知見が得られた。

③銀ナノプレートの析出とプラズモン共鳴に伴う光学特性変化に関する検討

銀ナノ粒子を光触媒析出させる際の紫外光強度や銀イオン濃度により、凹凸のある酸化チタン膜に直立した三角形や六角形の銀ナノプレートが得られることを見出した。可視光照射によりナノプレートは転倒し、散乱光の波長が大きくシフトすることをスペクトル観察および計算によるシミュレーションにより明らかにした。また、酸化チタン上に直立配向した銀ナノプレート一粒子の光学特性を暗視野顕微鏡を備えた原子間力顕微鏡により検討することに成功した。さらにそれを、可視偏光または近赤外偏光を用いることにより、配向選択的に転倒させることができた。転倒によりプラズモン共鳴波長が可視光域から近赤外域にシフトすることも明らかにした。この変化は離散化双極子法によるスペクトル計算による検討と合致した。偏光選択的に応答する光学素子・光電気化学素子などに応用できる可能性がある。

(3) 光電気化学アクチュエータへの応用

銀イオンと酸化チタンナノ粒子を内包したポリアクリル酸ゲルに紫外光を照射すると膨潤し、可視光を照射すると収縮することを見出し、新規な光電気化学アクチュエータの開発に成功した。この膨潤・収縮は、紫外光照射による銀イオンの光触媒還元とプラズモン励起による銀ナノ粒子の酸化溶解により、ポリアクリル酸のカルボキシル基に配位する銀イオンの量を制御できることに基づく。ゲルの一部に光照射を行うことで部分的にゲルを膨潤・収縮することもできた。

(4) 金クラスターへの展開

直径が1 nm程度の金クラスターを酸化チタンに担持することにより可視光～近赤外光に応答して光電流や光電位が生じることを見出した。特に、Au₂₅クラスターを用いると光電変換の内部量子収率は40-60%に達した。Au₂₅クラスターを担持した酸化チタンはまた可視光～近赤外光に応答する光触媒としても機能することを明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計19件)

- 1) X. Wu, T. Tatsuma, Photoelectrochemical Control of Silver Nanoparticle Orientation on the Basis of Plasmon Resonance, *Electrochemistry*, 印刷中, 査読有
- 2) A. Kasuya, Y. Itoh, T. Okada, M. Osawa, Y. Takahashi, E. Kazuma, T. Tatsuma, T. Hasegawa, Anisotropic Light Absorption by Localized Surface Plasmon Resonance in a Thin Film of Gold Nanoparticles Studied by Visible Multiple-Angle Incidence Resolution Spectrometry, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 13, 9691-9696 (2011) 査読有
- 3) E. Kazuma, N. Sakai, T. Tatsuma, Nanoimaging of Localized Plasmon-Induced Charge Separation, *Chem. Commun.*, 47, 5777-5779 (2011) 査読有
- 4) I. Tanabe, K. Matsubara, N. Sakai, T. Tatsuma, Photoelectrochemical and Optical Behavior of Single Upright Ag Nanoplates on a TiO₂ Film, *J. Phys. Chem. C*, 115, 1695-1701 (2011) 査読有
- 5) Y. Takahashi, T. Tatsuma, Electrodeposition of Thermally Stable Gold and Silver Nanoparticle Ensembles through a Thin Alumina Nanomask, *Nanoscale*, 2, 1494-1499 (2010) 査読有
- 6) A. Kogo, N. Sakai, T. Tatsuma, Photocatalysis of Au₂₅-Modified TiO₂ under Visible and Near Infrared Light, *Electrochem. Commun.*, 12, 996-999 (2010) 査読有
- 7) N. Sakai, T. Sasaki, K. Matsubara, T. Tatsuma, Layer-by-layer Assembly of Gold Nanoparticles with Titania Nanosheets: Control of Plasmon Resonance and Photovoltaic Properties, *J. Mater. Chem.*, 20, 4371-4378 (2010) 査読有
- 8) N. Sakai, T. Tatsuma, Photovoltaic Properties of Glutathione-Protected Gold Clusters Adsorbed on TiO₂ Electrodes, *Adv. Mater.*, 22, 3185-3188 (2010) 査読有
- 9) K. Matsubara, K. L. Kelly, N. Sakai, T. Tatsuma, Plasmon Resonance-Based Photoelectrochemical Tailoring of Spectrum, Morphology and Orientation of Ag Nanoparticles on TiO₂ Single Crystals, *J. Mater. Chem.*, 19, 5526-5532 (2009) 査読有
- 10) I. Tanabe, K. Matsubara, S. D. Standridge, E. Kazuma, K. L. Kelly, N. Sakai, T. Tatsuma, Photocatalytic Growth and Plasmon Resonance-Assisted Photoelectrochemical Toppling of Upright Ag Nanoplates on a Nanoparticulate TiO₂ Film, *Chem. Commun.*, 3621-3623 (2009) 査読有
- 11) E. Kazuma, K. Matsubara, K. L. Kelly, N. Sakai, T. Tatsuma, Bi- and Uni-axially Oriented Growth and Plasmon Resonance Properties of Anisotropic Ag Nanoparticles on Single Crystalline TiO₂ Surfaces, *J. Phys. Chem. C*, 113, 4758-4762 (2009) 査読有
- 12) N. Sakai, Y. Fujiwara, M. Arai, K. Yu, T. Tatsuma, Electrodeposition of Gold Nanoparticles on ITO: Control of Morphology and Plasmon Resonance-Based Absorption and Scattering, *J. Electroanal. Chem.*, 628, 7-15 (2009) 査読有
- 13) N. Sakai, Y. Fujiwara, Y. Takahashi, T. Tatsuma, Plasmon Resonance-Based Generation of Cathodic Photocurrent at Electrodeposited Gold Nanoparticles Coated with TiO₂ Films, *ChemPhysChem*, 10, 766-769 (2009) 査読有
- 14) Y. Takahashi, T. Tatsuma, Visible Light-Induced Photocatalysts with Reductive Energy Storage Abilities, *Electrochem. Commun.*, 10, 1404-1407 (2008) 査読有
- 15) K. Yu, K. L. Kelly, N. Sakai, T. Tatsuma, Morphologies and Surface Plasmon Resonance Properties of Monodisperse Bumpy Gold Nanoparticles, *Langmuir*, 24, 5849-5854 (2008) 査読有
- 16) K. Matsubara, K. L. Kelly, N. Sakai, T. Tatsuma, Effects of Adsorbed Water on Plasmon-Based Dissolution, Redeposition and Resulting Spectral Changes of Ag Nanoparticles on Single-Crystalline TiO₂, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 10, 2263-2269 (2008) 査読有
- 17) K. Yu, N. Sakai, T. Tatsuma, Plasmon Resonance-Based Solid-State Photovoltaic Devices, *Electrochemistry*, 76, 161-164 (2008) 査読有
- 18) K. Matsubara, T. Tatsuma, Morphological Changes and Multicolor Photochromism of Ag Nanoparticles Deposited on Single-crystalline TiO₂ Surfaces, *Adv. Mater.*, 19, 2802-2806 (2007) 査読有
- 19) T. Tatsuma, K. Takada, T. Miyazaki, UV Light-Induced Swelling and Visible Light-Induced Shrinking of a TiO₂-Containing Redox Gel, *Adv. Mater.*, 19,

[学会発表] (計56件)

- 1) 高橋幸奈、立間徹、プラズモン誘起電荷分離に基づくセルの全固体化、電気化学会第78回大会、2011年3月31日、横浜
- 2) 立間徹、坂井伸行ほか、光電気化学と化学センシングの接点、電気化学会第78回大会、2011年3月29日、横浜
- 3) 立間徹ほか、プラズモン共鳴による電荷分離とナノ粒子の構造制御、日本化学会第91春季年会、2011年3月27日、横浜
- 4) 立間徹、金属ナノ粒子の光誘起酸化還元反応に基づく機能材料、日本化学会第91春季年会、2011年3月26日、横浜
- 5) 田邊一郎、立間徹ほか、酸化チタン微粒子膜上に析出した直立銀ナノプレートの偏光特性とその光電気化学的制御、日本化学会第91春季年会、2011年3月26日、横浜
- 6) 坂井洋子、立間徹ほか、酸化チタン微粒子膜上に析出した直立銀ナノプレートのサイズおよび配向選択的除去、日本化学会第91春季年会、2011年3月26日、横浜
- 7) 数間恵弥子、坂井伸行、立間徹、TiO₂上のAg ナノロッドにおける高次モードプラズモンによる電荷分離、日本化学会第91春季年会、2011年3月26日、横浜
- 8) 坂井伸行、立間徹、グルタチオン保護金属クラスターの合成と光電気化学への応用、日本化学会第91春季年会、2011年3月26日、横浜
- 9) 田邊一郎、松原一喜、坂井伸行、立間徹、Photoelectrochemical Behavior of Ag Nanoplates Photocatalytically Deposited on TiO₂ Films, Pacificchem 2010、2010年12月16日、米国・ホノルル
- 10) 坂井伸行、立間徹ほか、Visible and Near Infrared Light Induced Charge Separation at Au₂₅ Cluster- TiO₂ Interfaces、61st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry、2010年9月28日、フランス・ニース
- 11) 高橋幸奈、立間徹ほか、金属ナノ粒子のプラズモン共鳴による色素増感光電流の増強に関する検討、2010年電気化学秋季大会、2010年9月3日、厚木
- 12) 三浦則男、坂井伸行、立間徹ほか、酸化チタン被覆金ナノ粒子電極の光電流における粒子サイズ依存性、2010年電気化学秋季大会、2010年9月3日、厚木
- 13) 田邊一郎、立間徹ほか、AFMによる銀ナノ粒子の電気化学的成形法の検討、2010年電気化学秋季大会、2010年9月2日、厚木
- 14) 数間恵弥子、坂井伸行、立間徹、Morphological and Spectral Changes of Anisotropic Ag Nanoparticles Induced by Localized Surface Plasmon Resonance、240th ACS National Meeting、2010年8月23日、米国・ボストン
- 15) 坂井伸行、古郷敦史、立間徹、金クラスター担持酸化チタンを用いた光電変換および光触媒反応、第10回光触媒研究討論会、2010年7月14日、東京
- 16) 数間恵弥子、松原一喜、坂井伸行、立間徹、Polarization Dependent Morphological Changes of Ag Nanorods on TiO₂(100) Induced by Longitudinal and Transverse Plasmon Modes、7th Asian Conference on Electrochemistry (ACEC2010)、2010年5月20日、熊本
- 17) 立間徹、坂井伸行ほか、Charge Separation Induced by Near-Infrared Light at the Anisotropic Ag Nanoparticle-TiO₂ Interface、217th Meeting of The Electrochemical Society、2010年4月28日、カナダ・バンクーバー
- 18) 坂井伸行、立間徹、金クラスターを用いた光電変換デバイスの開発(2)、電気化学77回大会、2010年3月31日、富山
- 19) 田邊一郎、松原一喜、坂井伸行、立間徹、酸化チタン薄膜上に光触媒析出させた直立銀ナノプレートの光電気化学的挙動、電気化学77回大会、2010年3月31日、富山
- 20) 数間恵弥子、立間徹ほか、TiO₂上に二軸配向したAg ナノロッドの局在表面プラズモン共鳴による酸化溶解挙動、日本化学会第90春季年会、2010年3月28日、東大阪
- 21) 立間徹、Photoelectrochemical Tailoring of Spectrum, Morphology, and Orientation of Ag Nanoparticles on TiO₂、The 3rd Japan-Taiwan Joint Symposium on Organized Nanomaterials and Nanostructures Related to Photoscience、2010年3月23日、台湾・花蓮
- 22) 立間徹、坂井伸行ほか、Plasmon-Based Photoelectrochemistry at Noble Metal-Metal Oxide Nanocomposites、7th International Workshop on Oxide Surfaces (IWOX-VII)、2010年1月14日、越後湯沢
- 23) 唐澤秀幸、松原一喜、立間徹、高分子で保護した銀ナノ粒子のpH変化による光学特性の制御、第59回高分子討論会、2009年9月18日、熊本
- 24) 坂井伸行、立間徹、金クラスターを用いた光電変換デバイスの開発、2009年電気化学秋季大会、2009年9月10日、小金井
- 25) 数間恵弥子、松原一喜、坂井伸行、立間徹、配向析出した異方性Agナノ粒子の光誘起酸化に伴う形状変化、2009年電気化学秋季大会、2009年9月10日、小金井
- 26) 高橋幸奈、立間徹、薄膜多孔質Al₂O₃を鋳型とした金属ナノ粒子の電解析出とその光電気化学的挙動、2009年電気化学秋季大会、2009年9月10日、小金井

- 27) 立間徹、坂井伸行、高橋幸奈、松原一喜、
ナノ粒子界面における光誘起電荷分離と多
彩な光機能、第 70 回応用物理学会学術講演
会、2009 年 9 月 9 日、富山
- 28) 立間徹、坂井伸行、高橋幸奈、松原一喜、
金属ナノ粒子のプラズモン共鳴に基づく光
誘起電荷分離とその応用、第 3 回日本化学
会関東支部大会、2009 年 9 月 5 日、東京
- 29) 立間徹、坂井伸行、高橋幸奈、松原一喜、
Plasmon Resonance-Based Charge
Separation at Metal Nanoparticle-
Semiconductor Interfaces、215th Meeting
of The Electrochemical Society、2009 年
5 月 25 日、米国・サンフランシスコ
- 30) 田邊一郎、松原一喜、坂井伸行、立間徹、
酸化チタン多孔膜上への銀ナノプレートの
垂直成長とプラズモン共鳴に基づく光電気
化学的挙動、電気化学 76 回大会、2009 年 3
月 31 日、京都
- 31) 高橋幸奈、立間徹、TiO₂被覆電析 Au ナノ
粒子の光電気化学応答、電気化学 76 回大会、
2009 年 3 月 31 日、京都
- 32) 松原一喜、立間徹ほか、TiO₂ 単結晶上
における異方性 Ag ナノ粒子のプラズモン共
鳴特性を利用した配向制御、電気化学 76
回大会、2009 年 3 月 31 日、京都
- 33) 立間徹、坂井伸行ほか、ナノ構造界面に
基づく光電気化学的エネルギー変換システ
ムの構築、日本化学会第 89 春季年会、2009
年 3 月 27 日、船橋
- 34) 立間徹、Photoelectrochemistry and
Applications of Metal Nanoparticle-
Semiconductor Composites、The 2nd
Japan-Taiwan Joint Symposium on
Organized Nanomaterials and Nano-
structures Related to Photoscience、2008
年 11 月 5 日、京都
- 35) 高橋幸奈、立間徹、Plasmon
Resonance-Based Photocathodic Responses
of Au Nanoparticles Coated with TiO₂、
Pacific Rim Meeting on Electrochemical
and Solid-State Science (PRiME) 2008、
2008 年 10 月 15 日、米国・ホノルル
- 36) 松原一喜、坂井伸行、立間徹ほか、
Photoelectrochemical Control of Plasmon
Resonance-Based Coloration and
Morphologies of Ag Nanoparticles on TiO₂
Single Crystals、Pacific Rim Meeting on
Electrochemical and Solid-State Science
(PRiME) 2008、2008 年 10 月 15 日、米国・
ホノルル
- 37) 坂井伸行、立間徹、Plasmon
Resonance-Based Photoelectrochemical
Properties of Size and Shape-Controlled
Gold Nanoparticles on TiO₂、Pacific Rim
Meeting on Electrochemical and
Solid-State Science (PRiME) 2008、2008
年 10 月 14 日、米国・ホノルル
- 38) 立間徹、酸化チタン光触媒の新しい展開、
第 102 回触媒討論会、2008 年 9 月 25 日、
名古屋
- 39) 数間恵弥子、坂井伸行、立間徹ほか、TiO₂
単結晶上への Ag ナノロッドの配向析出と
プラズモン共鳴特性、2008 年光化学討論会、
2008 年 9 月 11 日、堺
- 40) 藤原祐輔、坂井伸行、立間徹ほか、ITO
上に電解析出させた Au ナノ粒子のプラズ
モン吸収に基づく電荷分離(2)、電気化学
75 回大会、2008 年 3 月 31 日、甲府
- 41) 立間徹、坂井伸行、ナノ構造界面に基
づく光電気化学的エネルギー変換システ
ムの構築、日本化学会第 88 春季年会、2008 年 3
月 30 日、東京
- 42) 松原一喜、坂井伸行、立間徹、Correlated
Analyses between Multicolor
Photochromism and Morphological Changes
of Ag Nanoparticles Photocatalytically
Deposited on Single-crystalline TiO₂
Surfaces、212th ECS Meeting、2007 年 10
月 8 日、米国・ワシントン DC
- 43) 于克鋒、坂井伸行、立間徹、金ナノ粒子
のプラズモン共鳴を利用した光電変換の粒
子形状依存性、2007 年光化学討論会、2007
年 9 月 27 日、松本
- 44) 藤原祐輔、坂井伸行、立間徹ほか、ITO
上に電解析出させた Au ナノ粒子のプラズ
モン吸収に基づく電荷分離、2007 年光化学
討論会、2007 年 9 月 26 日、松本
- 45) 立間徹、有機高分子ゲルを用いた電気化
学および光電気化学アクチュエータ、2007
年電気化学秋季大会、2007 年 9 月 20 日、
東京
- 46) 今後徹、立間徹ほか、光触媒含有ナノコ
ンポジットゲルの光誘起膨潤および収縮、
第 56 回高分子討論会、2007 年 9 月 20 日、
名古屋
- 47) 立間徹、金属ナノ粒子-半導体複合系が示
す光電気化学機能、第 68 回応用物理学会
学術講演会、2007 年 9 月 5 日、札幌

[その他]

ホームページ等

<http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~tatsuma/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

立間 徹 (TATSUMA TETSU)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：90242247

(2) 連携研究者

坂井 伸行 (SAKAI NOBUYUKI)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：70431822