

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04967

研究課題名（和文）可視・赤外光を有効利用する金プラズモニック光触媒による高度物質変換反応

研究課題名（英文）Surface Plasmon Resonance of gold nanoparticles for Photoinduced chemical transformations under Visible-Light Irradiation

研究代表者

田中 淳皓 (TANAKA, ATSUHIRO)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：50748390

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 17,900,000円

研究成果の概要（和文）：可視光に応答する光触媒の合成に関する研究が精力的に行われている。これまで、申請者らは、Auナノ粒子の表面プラズモン共鳴（SPR）を利用した光触媒反応を実施した。本研究ではAuおよび金属酸化物間の接合状態を制御することで、光吸収波長が長波長シフトすることを見いだした。また、この材料を赤色光照射下における芳香族アルコールの選択酸化反応に用いたところ、焼成前の試料に比べ、高い活性となった。加えて、酸化チタンの伝導帯下端位置よりも卑な電位の金属酸化物にAu粒子を修飾した。この調製した触媒を用いた助触媒フリー条件下における可視光水素生成を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SPRを利用する光触媒反応はわずかであり、未開拓の分野である。また、Auプラズモニック光触媒への異種金属の導入による機能化に成功しているのは、おおむね申請者のグループに限られる。金属酸化物表面に固着させる金粒子と金属酸化物の接合状態が光応答性および光触媒作用に大きく影響することが明らかになっており、これらを実現するためには触媒調製化学を高度に駆使する必要があった。本研究で得られた成果はAuプラズモニック光触媒の作動機構を理解するためには重要な視点であり、学際的な意味合いが強い。

研究成果の概要（英文）：Many efforts have been devoted to synthesis of photocatalysts that respond to visible light. In previous study, Au nanoparticles supported on metal oxide have been applied as a new type of photocatalysts responding to visible light. We found that action spectra in photocatalytic reactions over Au/metal oxide were in good agreement with their absorption spectra, which suggested that photocatalytic reactions were induced by photoabsorption due to surface plasmon resonance (SPR) of the supported Au nanoparticles. In this study, we reported (1) the change in the shape of Au particles loaded on TiO₂ and the redshift of SPR of the Au particles and (2) the selective oxidation of alcohols under irradiation of visible light in aqueous suspensions of Au/TiO₂ before and after post-calcination. In addition, we examined H₂ evolution over Au/MO_x (CeO₂:Sr and Ta₂O₅) without a Pt cocatalyst under visible light irradiation and found that Au/MO_x produced H₂ without the aid of a cocatalyst.

研究分野：触媒化学，光触媒

キーワード：金属ナノ粒子 表面プラズモン共鳴 光触媒 可視光 金属酸化物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究に関連する国内・国外の研究動向

酸化チタン(TiO_2)などの半導体粒子に光を照射すると、電子と正孔が生成し、それぞれ、還元反応、酸化反応が進行する。1990 年台より、 TiO_2 などの光触媒作用を利用して、環境汚染物質などを分解・無害化する研究が精力的に行われてきた。また、近年では太陽光を有効利用するために、可視光に応答する光触媒材料の研究が実施され、一部は実用化されている。可視光応答型光触媒はいくつかタイプに分類できる。

タイプ 1 (ドープ型): N ドープ TiO_2 , Rh ドープ SrTiO_3 など

タイプ 2 (バンドギャップ励起型): 助触媒担持 WO_3 , BiVO_4 , Ta_3N_5 , $(\text{Ga}_{1-x}\text{Zn}_x)(\text{Ni}_{1-x}\text{O}_x)$ など

タイプ 3 (有機半導体型): 窒化炭素 (C_3N_4)

タイプ 4 (界面電荷移動型): 銅イオン担持 TiO_2 , クロムイオン担持 TiO_2 など

タイプ 5 (増感剤修飾型): Rh^{3+} 修飾 TiO_2 , 有機基修飾 TiO_2 など

Tatsuma らは、 TiO_2 粉末を固定化した電極に金 (Au) ナノ粒子を担持すると、可視光照射下において光電流が得られることを見いだした (*J. Am. Chem. Soc.*, 127, 7632 (2005))。また、Ohtani らは、可視光照射下、Au 担持 TiO_2 (Au/TiO_2) によりアルコールのケトンへの酸化反応が進行することを報告している (*Chem. Commun.*, 2009, 241)。これらは、Au ナノ粒子の SPR により誘起される新しいタイプ (タイプ 6) の光触媒であるとみることができる。

申請者は、Au 担持酸化セリウム (Au/CeO_2) が、緑色光 (中心波長: 530 nm) 照射下において有機酸の無機化反応 (*Chem. Commun.*, 46, 1287 (2010))、およびベンジルアルコールのベンズアルデヒドへの選択酸化反応 (*Chem. Commun.*, 47, 10446 (2011)) に高い活性を示すことを見いだした。また、易酸化性であるアミノ基をもつベンジルアルコールが定量的にアミノベンズアルデヒドへ変換されることを見いだした (*J. Am. Chem. Soc.*, 134, 14526 (2012))。以上より、Au プラズモニック光触媒が特異な酸化特性を示すことを明らかにした。

強い SPR 吸収を示す Au/CeO_2 の設計・合成に関する知見を Au/TiO_2 の合成に展開して、Au コロイド光電着法を開発し、非常に高活性な Au/TiO_2 の合成に成功した (*Langmuir*, 28, 13105 (2012))。さらに、Au プラズモニック光触媒の機能化 (functionalization) をめざし、光析出法と Au コロイド光電着法を組み合わせることで、助触媒 (M) と Au を個別に担持した Au/TiO_2 -M の調製に成功した。これが可視光照射下における水素生成 (M: Pt) (*ACS Catal.*, 3, 79 (2013)) や酸素生成 (M: Pt) (*ACS Catal.*, 3, 1886 (2013))、ニトロベンゼンのアニリンへの変換 (M: Ag) (*Chem. Commun.*, 49, 2551 (2013)) において、M 未担持 Au/TiO_2 比べ、著しく高い活性を示すことを見いだした。

2. 研究の目的

以下の 3 点を明確にする。

- 1) Au プラズモニック光触媒の熱処理による接触状態変化がおよぼす光応答性の制御 (長波長応答化: 赤色光応答)
- 2) Au 粒子と金属酸化物との接触状態変化による高活性化 (水の完全分解反応)
- 3) Au 粒径および Au 粒子と金属酸化物との接触状態変化による光触媒反応性 (酸化還元特性, 選択性) の精密制御

3. 研究の方法

- 1) 金属源の種類, 還元剤, 反応温度, 各種濃度, 還元方法などの条件が金属ナノ粒子の粒径や形状におよぼす影響を検討し, その合成法の確立を目指した。材料の評価には, 可視紫外分光計, 透過型電子顕微鏡, X 線電子分光法などを用いた。
- 2) 2 種類の金属限を用いて, 複合粒子 (合金型, コア-シェル型など) を金属酸化物表面に固定化することを目指した。
- 3) 可視光照射下, 有機化合物の無機化反応や選択酸化反応等を検討した。

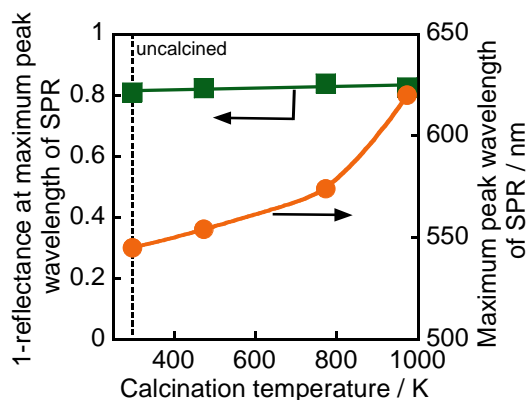


Fig. 1 Influence of calcination temperature on 1-reflectance at maximum wavelength of SPR (left axis) and maximum peak wavelength of SPR (right axis)

4. 研究成果

(1) 後焼成による Au/TiO₂ の光応答制御

【Au 粒子と金属酸化物間の接合状態・光学特性】

固定化された Au ナノ粒子が 550 nm 付近に吸収を示すことは広く知られている。コロイド光電着法を用いて 13 nm の Au 粒子を TiO₂ 上に固定

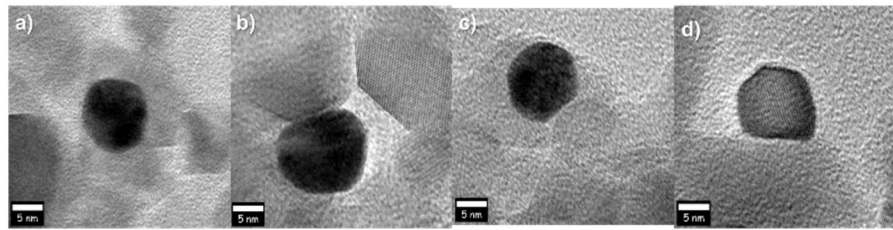


Fig. 2 TEM images of (a) Au/TiO₂(uncal.), (b) Au/TiO₂(473), (c) Au/TiO₂(773) and (d) Au/TiO₂(973).

化した。調製した Au/TiO₂ を様々な温度 (473, 773, 973 K) で後焼成することで、光吸収強度はほとんど変わらなかったが、焼成温度の上昇にともない光吸収波長が長波長化した (Fig. 1)。TEM 観察をしたところ、Au 粒子は凝集することなく、後焼成温度の上昇にともない Au 粒子の形状が変化し、Au 粒子と TiO₂ の接合界面長が上昇した (Fig. 2)。これらの結果から、光吸収波長の長波長化は Au 粒子の形状もしくは Au 粒子と TiO₂ 界面、また、その両方が影響していることが示唆された。

【有機化合物の選択酸化反応】

アルコールの酸化反応は医薬・香料中間体として有用なアルデヒドおよびケトンなどのカルボニル化合物を合成する反応として重要である。従来のアルコールの酸化反応では、酸化剤として有害な重金属試薬が使用されており、反応簿に副生する廃液の環境負荷が高い。本研究では、2 種のカットフィルター (Y-46, R-60) を装着した Xe ランプ照射下における、後焼成した Au/TiO₂ を用いたベンジルアルコールのベンズアルデヒド (BAD) への選択酸化反応を行った結果を Fig. 3 に示した。Y-46 カットフィルターを用いた場合、いずれの焼成温度のサンプルも BAD 生成速度は一定となった。他方で R-60 カットフィルターを用いた場合、焼成温度の上昇にともない、BAD 生成速度は上昇した。これらの結果から、比較的高温で焼成した試料の吸収波長と R-60 カットフィルターの照射波長の重なりが大きくなることで生成速度が上昇したと考えた。以上より、Au 粒子と TiO₂ の接合状態を変化させることで、長波長駆動することが明らかとなった。

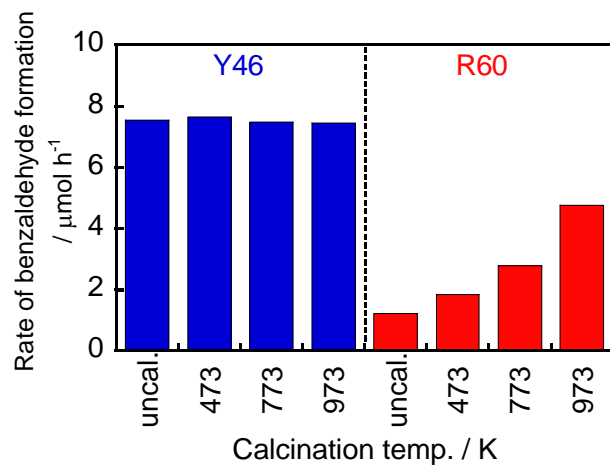


Fig. 3 Rates of formation of benzaldehyde from benzyl alcohol in aqueous suspensions of Au/TiO₂(uncal.), Au/TiO₂(473), Au/TiO₂(773) and Au/TiO₂(973) under irradiation of visible light from the Xe lamp with Y46 and R60 cut-off filters.

(2) Au 粒子および金属酸化物間の電子移動

Au 粒子および金属酸化物粒子間の電子移動の理解および精密な制御が重要である。これらの課題や興味を解決するためには、これまでに多くの例で用いられてきた TiO₂ よりも卑な伝導帯位置 (E_{CB}) を持ち、かつ、E_{CB} が連続的に変化する金属酸化物を固定化材料に選定する必要がある。この条件を満たす材料として、CeO₂:Sr に着目した。この材料は調製時に、CeO₂ に混合するストロンチウムのモル分率を変化させることで E_{CB} を制御できることが知られている。CeO₂ に異なるモル分率 (x = Sr/(Sr+Ce)) で炭酸ストロンチウムを混合し、焼成することで CeO₂:Sr(x) を調

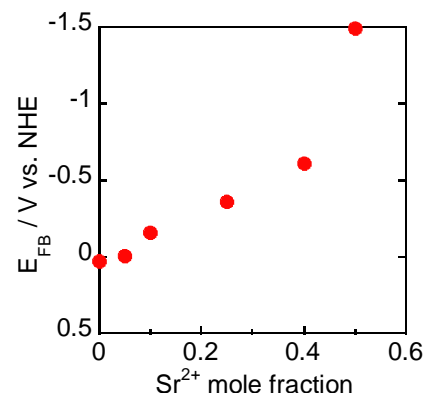


Fig. 4 Effect of Sr²⁺ mole fraction (x) on flatband potential (E_{FB}) of CeO₂:Sr(x).

製した・調製した $\text{CeO}_2:\text{Sr}(x)$ のフラットバンド電位 (E_{FB}) をインピーダンス測定によって求めた・Mott-Schottky プロットの傾きから $\text{CeO}_2:\text{Sr}(x)$ は n 型半導体であることがわかった・n 型半導体の E_{FB} は伝導帯の下端に一致することが知られているため、本稿では E_{FB} を E_{CB} と見なすことにする・調製した触媒の Sr モル分率に対する E_{FB} を Fig. 4 に示す・Sr モル分率を大きくすることで E_{FB} が卑な方向にシフトし、+0.031 V から -1.49 V vs. NHE までの E_{FB} を有する $\text{CeO}_2:\text{Sr}$ が得られた・コロイド光電着法を用いて Au ナノ粒子を $\text{CeO}_2:\text{Sr}(x)$ に担持し、可視光 (Xe ランプ + Y48 カットフィルター) 照射下、2-プロパノール水溶液からの H_2 生成反応を行った・ H_2 生成速度に対する E_{FB} の影響を調べた結果を Fig. 5 に示す・図中の値は調製時に混合した Sr のモル分率 (x) を示している・ E_{FB} が貴 (プラス) あるいは 0 に近い場合 ($x=0$ および 0.05), H_2 は生成しなかった・ E_{FB} が卑 (マイナス) になることで H_2 が発生するようになり、 E_{FB} の卑側への移動にともなってその速度は増加した ($x=0.10$ および 0.25)・助触媒不使用条件下で H_2 が生成することは触媒調製の簡素化・単純化という視点においても好ましい・ E_{FB} がさらに卑側へ移動して -0.61 V ($x=0.40$) になると、 H_2 生成速度は減少した・また、 $E_{\text{FB}} = -1.49$ V のとき ($x=0.50$), H_2 は生成しなくなった・このように H_2 生成速度は山型の傾向を示し、 E_{FB} が -0.36 V ($x=0.25$) の時に最大値を示した・この山型の傾向は、 E_{FB} が卑な方向へ変化することによる、 H_2 生成が起こりやすくなるという正の効果と Au ナノ粒子からの電子注入が困難になるという負の効果の足し合わせの結果であると考えられる・Fig. 5 の結果は、Au ナノ粒子から伝導帯への電子注入には限界があること、言い換えれば、Au プラズモニック光触媒の還元ポテンシャルの上限が -0.61 から -1.49 V vs. NHE の間に存在することを示している・

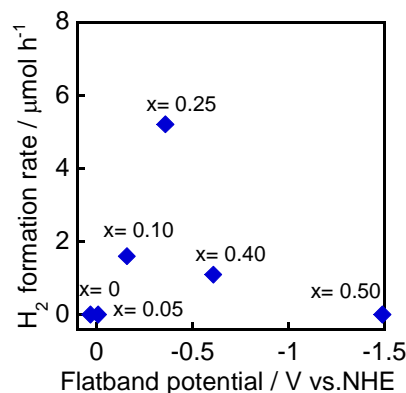


Fig. 5 Effect of E_{FB} on H_2 formation rate of an Pt-free Au(1.0)/ $\text{CeO}_2:\text{Sr}(x)$ plasmonic photocatalyst. Values in the figure show mole fractions of $\text{Sr}^{2+}(x)$.

(3) Au 粒子修飾金属酸化物を用いた可視光水素生成

Au/ $\text{CeO}_2:\text{Sr}$ の結果は、適切なバンド構造を持つ半導体化合物を Au の固定化材料として用いれば助触媒不使用条件においても H_2 が生成することを示している・これを確認するために、市販されている 7 種の金属酸化物上に Au ナノ粒子を担持した後、2-プロパノール水溶液に懸濁させて可視光を照射した・結果を Table 1 にまとめた・ E_{CB} がほとんど +0.3 である SnO_2 を用いた場合、 H_2 は生成

Table 1 H_2 production from 2-propanol over Au/ MO_x under irradiation of visible light.

| Entry | MO_x | E_{CB} / V vs. NHE | H_2 formation rate / $\mu\text{mol h}^{-1}$ |
|-------|-------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | SnO_2 | ca. 0.3 | trace |
| 2 | TiO_2 | - 0.19 | 0.91 |
| 3 | SrTiO_3 | ca. - 0.30 | 0.99 |
| 4 | Ta_2O_5 | - 0.47 | 3.3 |
| 5 | ZrO_2 | ca. - 2.8 | trace |
| 6 | SiO_2 | ca. - 5.7 | trace |
| 7 | Al_2O_3 | ca. - 5.9 | trace |

しなかったのに対し、 E_{CB} が少し卑側にあるアナタース型 TiO_2 やチタン酸ストロンチウム (それぞれ、- 0.19 V, 約 - 0.30 V) においては H_2 が生成した・ E_{FB} がさらに卑側 (- 0.47 V) にある Ta_2O_5 においては、 H_2 生成速度が大きくなった・ E_{CB} が非常に卑な位置にあるジルコニア、シリカ、およびアルミナを用いた場合、 H_2 は生成しなかった・これらの結果は Au/ $\text{CeO}_2:\text{Sr}$ で得られた結果とほぼ整合し、全く同じ理由 (電子注入の可否と伝導帯電子のポテンシャル) で説明できる・ H_2 生成反応を半導体化合物の E_{CB} で整理する考え方はかなり汎用性が高いと思われる・また、Au プラズモニック光触媒の設計と Au プラズモニック光触媒による反応設計に大いに役立つと考えている・

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Fukui Makoto, Omori Yuya, Kitagawa Shin-ya, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 374 |
| 2. 論文標題 Visible light-induced diastereoselective semihydrogenation of alkynes to cis-alkenes over an organically modified titanium(IV) oxide photocatalyst having a metal co-catalyst | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Catalysis | 6. 最初と最後の頁 36 ~ 42 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.jcat.2019.04.022 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Fudo Eri, Tanaka Atsuhiko, Kominami Hiroshi | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Effect of conduction band potential on cocatalyst-free plasmonic H ₂ evolution over Au loaded on Sr ²⁺ -doped CeO ₂ | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 3047 ~ 3054 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cy00673g | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Fudo Eri, Tanaka Atsuhiko, Kominami Hiroshi | 4. 巻 48 |
| 2. 論文標題 Cocatalyst-free Plasmonic H ₂ Production over Au/Ta ₂ O ₅ under Irradiation of Visible Light | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 939 ~ 942 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190379 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Imai Shota, Nakanishi Kousuke, Tanaka Atsuhiko, Kominami Hiroshi | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Accelerated Semihydrogenation of Alkynes over a Copper/Palladium/Titanium?(IV) Oxide Photocatalyst Free from Poison and H ₂ Gas | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemCatChem | 6. 最初と最後の頁 1609 ~ 1616 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201902175 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Fukui Makoto, Koshida Wakiko, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 268 |
| 2. 論文標題 Photocatalytic hydrogenation of nitrobenzenes to anilines over noble metal-free TiO ₂ utilizing methylamine as a hydrogen donor | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental | 6. 最初と最後の頁 118446 ~ 118446 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2019.118446 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Kojima Yasumi, Fukui Makoto, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Additive-free Semihydrogenation of an Alkynyl Group to an Alkenyl Group over Pd/TiO ₂ Photocatalyst Utilizing Temporary In-situ Deactivation | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 ChemCatChem | 6. 最初と最後の頁 3605 ~ 3611 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201800663 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Kominami Hiroshi, Shiba Misaki, Hashimoto Akimi, Imai Shota, Nakanishi Kousuke, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Imamura Kazuya | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Titanium(IV) oxide having a copper co-catalyst: a new type of semihydrogenation photocatalyst working efficiently at an elevated temperature under hydrogen-free and poison-free conditions | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics | 6. 最初と最後の頁 19321 ~ 19325 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP02316F | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Yamamoto Yuhei, Fukui Makoto, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Hydrogen- and noble metal-free conversion of nitro aromatics to amino aromatics having reducible groups over an organically modified TiO ₂ photocatalyst under visible light irradiation | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 966 ~ 973 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CY02135J | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Kinoshita Atsufumi、Nakanishi Kousuke、Tanaka Atsuhiko、Hashimoto Keiji、Kominami Hiroshi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Photocatalytic Selective Ring Hydrogenation of Phenol to Cyclohexanone over a Palladium Loaded Titanium(IV) Oxide under Hydrogen Free Conditions | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ChemPhotoChem | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.201900069 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Fukui Makoto、Tanaka Atsuhiko、Hashimoto Keiji、Kominami Hiroshi | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 Visible light-induced heterogeneous Meerwein-Ponndorf-Verley-type reduction of an aldehyde group over an organically modified titanium dioxide photocatalyst | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 4215 ~ 4218 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC00645D | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Tanaka Atsuhiko、Hashimoto Keiji、Kominami Hiroshi | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 A very simple method for the preparation of Au/TiO ₂ plasmonic photocatalysts working under irradiation of visible light in the range of 600-700 nm | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 4759 ~ 4762 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC01444A | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Nakanishi Kousuke、Tanaka Atsuhiko、Hashimoto Keiji、Kominami Hiroshi | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Photocatalytic hydrogenation of furan to tetrahydrofuran in alcoholic suspensions of metal-loaded titanium(iv) oxide without addition of hydrogen gas | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics | 6. 最初と最後の頁 20206 ~ 20212 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP02891A | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Nakanishi Kousuke, Yagi Ryosuke, Imamura Kazuya, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Ring hydrogenation of aromatic compounds in aqueous suspensions of an Rh-loaded TiO ₂ photocatalyst without use of H ₂ gas | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 139 ~ 146 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CY01929G | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Nakanishi Kousuke, Tanaka Atsuhiko, Hashimoto Keiji, Kominami Hiroshi | 4. 巻 47 |
| 2. 論文標題 Photocatalytic selective hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol over titanium(IV) oxide under metal-free and hydrogen-free conditions at room temperature | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 254 ~ 256 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.171053 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計42件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件)

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 調製法の異なる金プラズモニック光触媒の特性比較 |
| 3. 学会等名 第124回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 今井翔太、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 パラジウム担持酸化チタン光触媒の水素化特性に対するシエル金属の導入効果 |
| 3. 学会等名 第124回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuki Hayami, Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Hydrogen evolution from alcohol over copper species modified tungsten(VI) oxide photocatalyst under visible light irradiation |
| 3. 学会等名 SP7 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Eri fudo, Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Effect of conduction band potential on cocatalyst-free plasmonic hydrogen evolution over gold particles loaded on strontium ion-doped cerium dioxide |
| 3. 学会等名 SP7 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Preparation of gold particles loaded on titania particles plasmonic photocatalysts working under irradiation of visible light in the range of 600-700 nm |
| 3. 学会等名 SP7 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小嶋友也、八木稜祐、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 可視光照射下における金ナノロッドプラズモニック光触媒を用いた水素生成 |
| 3. 学会等名 第13回触媒道場 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 不動愛理, 田中淳皓, 古南博 |
| 2. 発表標題 Water oxidation over gold core-chromium oxide shell plasmonic photocatalyst under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 第10回触媒科学研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 金プラズモニック光触媒による水素生成反応に対する金属酸化物伝導帯準位の影響 |
| 3. 学会等名 第37回光がかかわる触媒化学シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 速見一輝、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 二波長光同時照射によるSrTiO ₃ :Rh光触媒の水素生成挙動と励起機構考察 |
| 3. 学会等名 第37回光がかかわる触媒化学シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Preparation of gold nanoparticles supported on titanium(IV) oxide with cocatalysts exhibiting strong surface plasmon resonance effective for visible light-induced water splitting |
| 3. 学会等名 PREPA12 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kohki Okabayashi, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Preparation of Cu/TiO ₂ with Cr species exhibiting strong surface plasmon resonance effective for photoinduced selective oxidation under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 PREPA12 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takumi Nagai, Atsuhiko Tanaka, Syo Kitano, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Preparation of rhodium-modified titanium oxide for hydrogen formation under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 PREPA12 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Atsuhiko TANAKA, Hiroshi KOMINAMI |
| 2. 発表標題 Selective photocatalytic oxidation of aromatic alcohols to aldehydes over Ag-Au/TiO ₂ , Au/TiO ₂ and Cu-Au/TiO ₂ under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 TOCAT8 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 速見一輝、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 銅化合物修飾酸化タングステン(VI)光触媒を用いた水素生成反応 |
| 3. 学会等名 第122回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 可視光照射下における金プラズモニック光触媒を用いた水の酸化反応 |
| 3. 学会等名 第122回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Eri Fudo, Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Water oxidation over gold plasmonic photocatalyst under visible light irradiation |
| 3. 学会等名 OKCAT2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuki Hayami, Atsuhiko Tanaka, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Hydrogen formation over copper species modified tungsten(VI) oxide under visible light irradiation |
| 3. 学会等名 OKCAT2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Atsuhiko Tanaka |
| 2. 発表標題 Photocatalytic Reactions over Metal Plasmonic Photocatalyst under Irradiation of Visible Light |
| 3. 学会等名 OKCAT2018 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 金プラズモニック光触媒を用いた水の酸化反応に対する金粒径の影響 |
| 3. 学会等名 第28回キャラクタリゼーション講習会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小嶋友也、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 金ナノロッド修飾酸化チタン光触媒を用いた可視光水素生成反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99回春期年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、古南博 |
| 2. 発表標題 金コア - 酸化クロムシェル型プラズモニック光触媒 による水の酸化反応 |
| 3. 学会等名 第123回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 八木稜祐、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 Stable loading of Au nanorods and evaluation of their performance as plasmonic photocatalysts |
| 3. 学会等名 触媒学会西日本支部第8回触媒科学研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 幸田秀紀、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 Photocatalytic semi-hydrogenation of alkynes in the solid-gas flow-type reactor |
| 3. 学会等名 触媒学会西日本支部第8回触媒科学研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊章太郎、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 窒化炭素光触媒を用いるアルキンのジアステレオ選択的部分水素化反応 |
| 3. 学会等名 第36回光がかかわる触媒化学シンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 武久昂憲、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 銀担持有機基修飾酸化チタンを用いたエポキシドの脱酸素反応 |
| 3. 学会等名 第36回光がかかわる触媒化学シンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 重村航介、嶋津勇哉、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 可視光照射下におけるオキシハロゲン化ビスマス(III)光触媒を用いた選択酸化反応 |
| 3. 学会等名 第36回光がかかわる触媒化学シンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Control of surface plasmon resonance of Au/SnO ₂ by modification with Ag and Cu for photoinduced reactions under visible-light irradiation |
| 3. 学会等名 28th International Conference on Photochemistry (ICP2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kousuke Nakanishi, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Photocatalytic hydrogenation of furan over palladium-loaded titanium dioxide without addition of H ₂ gas |
| 3. 学会等名 28th International Conference on Photochemistry (ICP2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryosuke Yagi, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Preparation of Au nanorod/TiO ₂ composites and evaluation of their performance as plasmonic photocatalyst |
| 3. 学会等名 28th International Conference on Photochemistry (ICP2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中西康介、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 酸化チタン光触媒上への二元素担持による新規助触媒機能の発現 |
| 3. 学会等名 第120回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 永井巧、田中淳皓、北野翔、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 可視光照射下におけるロジウム修飾酸化チタンを用いた水素生成反応 |
| 3. 学会等名 第120回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 八木稜祐、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 赤色光照射下における金ナノロッドプラズモニック光触媒を用いた水素生成反応 |
| 3. 学会等名 第120回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 福井誠、大森優也、北川慎也、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 可視光応答型有機基修飾酸化チタン(IV)光触媒によるアルキンのジアステレオ選択的部分水素化反応 |
| 3. 学会等名 第120回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮田直倫、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 金属担持酸化タングステン(VI)光触媒による可視光スルフィド酸化における反応温度依存性 |
| 3. 学会等名 第120回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naomichi Miyata, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Reaction temperature dependence in sulfide oxidation over metal-loaded WO ₃ photocatalyst under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 第10回触媒表面化学研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takumi Nagai, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Hydrogen production over rhodium-modified titanium oxide under irradiation of visible light |
| 3. 学会等名 第10回触媒表面化学研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takanori Takehisa, Atsuhiko Tanaka, Keiji Hashimoto, Hiroshi Kominami |
| 2. 発表標題 Selective photocatalytic oxidation of alcohol by palladium-modified titanium oxide under visible light irradiation |
| 3. 学会等名 第10回触媒表面化学研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 岡林浩希、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 Cuプラズモニック光触媒材料による化学反応 |
| 3. 学会等名 日本エネルギー学会関西支部 第62回研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 八木稜祐、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 白金担持金ナノロッド光触媒による長波長光を利用した水素生成反応 |
| 3. 学会等名 日本エネルギー学会関西支部 第62回研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 不動愛理、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 金プラズモニック光触媒に対する金属酸化物伝導帯準位の影響 |
| 3. 学会等名 日本化学会第98春季年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 速見一輝、田中淳皓、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 二波長光照射によるSrTiO ₃ :Rh光触媒の評価 |
| 3. 学会等名 日本化学会第98春季年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中淳皓、殿村涉、北野翔、橋本圭司、古南博 |
| 2. 発表標題 芳香族アルコールの可視光選択酸化反応に対するRh ³⁺ /TiO ₂ の焼成の影響 |
| 3. 学会等名 第121回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

近畿大学工学部応用化学科 表面設計化学研究室Webサイト
<http://www.apch.kindai.ac.jp/surface-folder/surface-index.html>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|