

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00325

研究課題名（和文）プラズモン誘起正孔放出の解明と応用展開

研究課題名（英文）Fundamentals and Applications of Plasmon-Induced Hole Ejection

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

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：光の回折限界を超えた簡便な「光ナノ加工」が、プラズモン共鳴の新たな用途になり得ることが明らかになった。その際に重要なことの一つは「効率の高さ」だが、光を集めやすい粒子を「アンテナ」として組み合わせることで、効率を向上できることがわかった。また、使用できる材料の豊富さも重要だが、「ガルバニック置換」という比較的簡便な方法で、材料の種類を増やせることがわかった。さらに、プラズモン共鳴は金属などの導電性の高い物質でしか起こらないが、導電性があまり高くない半導体を用いた場合にも、類似した「光ナノ加工」が可能であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のナノ加工は主に、電子線リソグラフィーなどの手法が用いられ、コストや時間がかかるという問題があった。本研究の成果により、そうしたナノ加工の一部を、可視光による加工に置き換えられる可能性が高くなった。とくに、使用できる材料の種類を増やすための指針が複数できたため、応用の幅も広がった。この手法は、光を自在に制御する「メタマテリアル」と呼ばれる材料を、比較的簡便に作製するための技術になり得るものと期待される。

研究成果の概要（英文）：It was shown that simple “photonic nanofabrication” beyond the diffraction limit of light could be a new application for plasmon resonance. One of the important factors for the nanofabrication is “high efficiency,” and it was found that efficiency can be improved by combining particles that easily collect light as “antennae”. Another important factor is the abundance of materials that can be used, and it was found that the variety of materials can be increased by a relatively simple method, “galvanic replacement”. Furthermore, while plasmon resonance can only occur with highly conductive materials such as metals, it was found that “photonic nanofabrication” using a similar resonance phenomenon is possible with semiconductors, which are not very conductive.

研究分野：ナノ科学

キーワード：プラズモン共鳴 電荷分離 ナノ粒子 光ナノ加工

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 我々は2005年に、局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を示すナノ粒子と半導体との界面における「プラズモン誘起電荷分離(PICS)」現象を報告した(立間ら, J. Am. Chem. Soc., 127, 7632 (2005))。それまでLSPR粒子は主に、着色剤や、センシングにおけるマーカー、光エネルギーを中継するアンテナとして用いられてきたが、PICSはプラズモンにより電流を直接引き起こすことを可能にした。当初は必ずしも注目されなかったが、我々は光電変換、光触媒、バイオセンサなどへの応用を報告し、またPICSならではの多色フォトクロミズム、赤外・偏光フォトクロミズム、光変形ゲルなどへの応用を報告するにつれ、徐々に注目を集めるようになった。単層でも多くの光を吸収できる、長波長の光も利用しやすい、粒子の形状により利用波長を調節できる、波長や偏光方向に選択的な応答を示すなどの特徴がある。

(2) 特に光電変換や光触媒への応用は各国で盛んに研究されるようになり、光化学、ナノ科学などの著名な研究者も追従研究を行った。その結果、上記の論文は2,000回以上引用され、それよりはるかに多くの、PICSに関する論文が報告された(立間ら, Chem. Sci., 8, 3325 (2017)など)。しかし、研究の広がりには種々の混乱も招いた。Halasらの研究(Science, 332, 702 (2011))がPICSの端緒だとする誤解が生じ、それによってPICSを「熱電子注入」と断定的に呼ぶ風潮が生まれたほか、PICSと他の効果との混同もみられた。これらのことは、PICSに対する学術的な理解とその実用的応用を難しくした。

(3) こうした流れを踏まえ、2016年に我々の研究課題「プラズモン誘起電荷分離現象の解明と新たな応用展開」が基盤(A)として採択された。当該研究において、熱正孔による酸化反応も重要な役割を果たす場合があることが明らかとなった。当時は、熱電子に対応するものとして熱正孔という用語が使われることもある、という程度であり、ほぼ注目はされていなかった。我々は、当該研究において、酸化反応が正孔放出により進行する(図1)という「従来の電気化学の常識を覆す」機構を提唱するに至った。

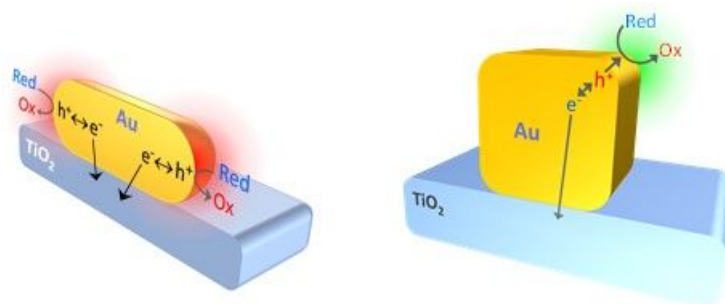


図1. プラズモン誘起電荷分離における正孔放出

2. 研究の目的

我々が初めて報告したプラズモン誘起電荷分離(PICS)は、世界で広く研究されるようになったが、同時に、機構について多くの混乱も生じた。我々は、PICSの機構と応用について詳しく研究した結果、一般に注目されてきた熱電子注入だけでなく熱正孔放出も重要であることを明らかにし、回折限界を超えた光ナノ加工への応用可能性を示した。本研究では、化学反応にまだほとんど使われていない熱正孔の挙動を解明し、有効利用する方法を確立して、応用展開を図りつつ、熱正孔放出を含むPICSがどのように応用され得るかを明らかにする。特に、従来法では困難な数十nm以下の構造の光作製技術を利用し、三次元的に作り込んだ光触媒などのナノデバイスをはじめとした、正孔放出ならではの応用を探索する。

3. 研究の方法

基本的に金などのナノ粒子を酸化チタンなどの半導体に担持し、金属イオンなどを含む溶液中で、ナノ粒子と共鳴する光を照射する。この際、適宜必要な波長を選択する。適切な直線偏光もしくは円偏光を照射する場合もある。こうして正孔放出による酸化溶解もしくは酸化析出が起きた後に、得られた構造を走査型電子顕微鏡または原子間力顕微鏡などで観察する。また、光学特性を紫外・可視・近赤外分光光度計や、円偏光二色性測定装置にて測定する。有限差分時間領域法によりスペクトルや振動電場分布のシミュレーションを行う。プラズモニック光触媒としての活性は、主として電気化学測定法により測定する。

4. 研究成果

(1) 従来は、正孔放出を利用して、ナノロッドなどへの酸化鉛の析出を行っていた。それよりも3次元的で、形状異方性の低い(対称性の高い)金ナノキューブを用いて、これに円偏光を照

射することによって、らせん構造を持つ酸化鉛を担持することができた（図2）。従来は2次元的な構造であったが、3次元的な構造に移行することで、より広い展開が期待される。

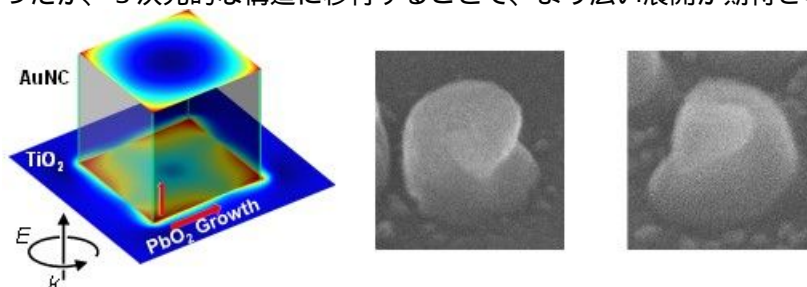


図2．正孔放出により作製した、らせん構造を有するキラルプラズモニックナノ粒子

(2) 光吸収の強いアンテナ部分と、熱電子注入効率、熱正孔放出効率の高い電荷分離部分を電磁気的にカップリングさせることでPICSの外部量子収率を高める手法を新たに開発した。具体的には、酸化チタン上に小さな金ナノスフィア（電荷分離効率は高いが光吸収効率は低い）と大きな金ナノキューブ（電荷分離効率は低い光吸収効率は高い）を担持し、それらを電磁気的にカップリングさせた。すると、後者が光捕集アンテナとして働き、捕集したエネルギーを前者に集中させ、前者は電荷分離ユニットとして働き、酸化チタンへの電子注入と正孔反応が起きた。これにより、それぞれの長所（前者の高い電荷分離効率と後者の高い光吸収効率）を活かして外部量子収率を向上できることが示された。

さらに、電荷分離ユニットとして金ナノスフィアの代わりに、より触媒活性の高い白金ナノスフィアを導入したところ、プラズモン光触媒としての活性が大きく向上することがわかった（図3）。これにより、プラズモン共鳴特性の低い材料をプラズモン光触媒に活用する指針も得られ、正孔放出現象活用の幅を広げることができた。

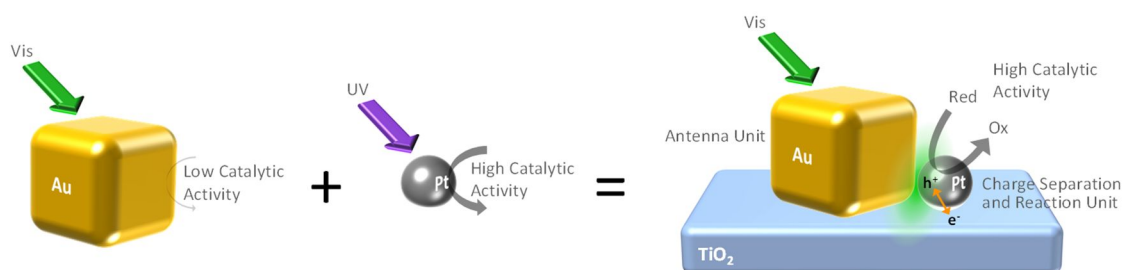


図3．金ナノアンテナユニットと白金電荷分離ユニットからなるプラズモン光触媒

(3) プラズモニックナノ材料として、PICSに酸化モリブデン(II)を利用できることを示した。酸化モリブデン(II)は高価な貴金属である金と同様の波長域で局在表面プラズモン共鳴を示すことが明らかにされていることから、PICSにおいても、金に対する代替材料の候補となり得ることがわかった。

(4) 正孔放出現象を利用した析出物の多様化も行った。これまでは析出物としては酸化鉛(IV)を利用し、回折限界を超えた部位選択的な析出が可能であることを明らかにしていたが、一方で、ポリピロールや酸化マンガン(IV)では部位選択的な析出が難しいことも明らかになった。そこで、部位選択的に析出した酸化鉛(IV)を酸化マンガン(IV)へとガルバニック置換することにより、酸化マンガン(IV)を部位選択的に導入できることを示した。また、その導入部位によって光触媒活性が大きく異なることを示した。具体的には、酸化チタン上に金ナノキューブを担持し、そのdistal mode（粒子上部で電子が振動するプラズモン共鳴モード）を励起して、金ナノキューブの上部に酸化鉛(IV)を導入した。また、distal modeの代わりにproximal mode（粒子下部で電子が振動するプラズモン共鳴モード）を励起して、金ナノキューブの下部に酸化鉛(IV)を導入した。これらの試料をマンガン(II)イオンを含む溶液に浸漬することで、酸化マンガン(IV)のマンガン(II)イオンへの還元溶解と、マンガン(II)イオンの酸化マンガン(IV)への酸化析出を起こした。

金ナノキューブの上部に酸化マンガン(IV)を担持した場合には、担持しない場合よりも高いプラズモン光触媒活性を示した。一方で、金ナノキューブの下部に酸化マンガン(IV)を担持した場合には、担持しない場合よりもプラズモン光触媒活性が低下した。前者で活性が向上したのは、酸化マンガン(IV)が酸化助触媒として機能したためだと考えられ、一方で、後者で活性が低下したのは、熱電子が酸化チタンに、正孔が酸化マンガン(IV)に注入されたとしても、酸化チタンと酸化マンガン(IV)が接触しているため、再結合が起こるためだと考えられる（図4）。これにより、プラズモン光触媒の新たな設計指標を得ることができた。

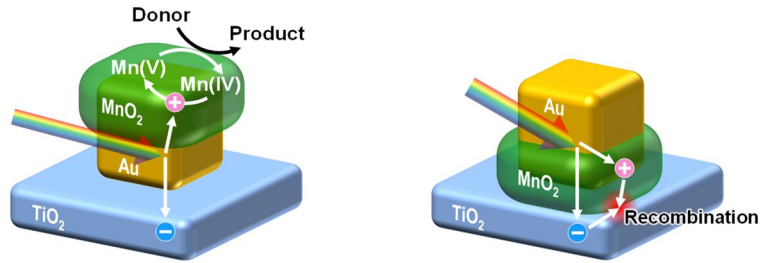


図4．酸化マンガン(IV)を導入したプラズモニック光触媒

(5) 半導体である酸化チタン上にプラズモニック金属である金ナノ粒子を担持した。金ナノ粒子を鉄(II)イオンの存在下において可視光により励起することで、正孔放出に伴う鉄(II)イオンの酸化により、オキシ水酸化鉄を金ナノ粒子上に析出できることを見出した。また、それを適切な条件下でアニーリング処理することにより、磁性体であるヘマタイトに変換できることも見出した。金ナノ粒子にヘマタイトを析出させたナノ複合体は、プラズモン共鳴により誘起される円電流に基づく磁気円偏光二色性と、磁性体に基づく磁気円偏光二色性を示し、またそれらの相互作用に基づく磁気円偏光二色性の増強効果も見られた。この増強効果は、ヘマタイトナノ粒子近傍で外部磁場が増強されることによると考えられる(図5)。このように、磁気光学効果を示す材料としての応用が可能になり、熱正孔放出プロセスの応用展開の可能性が広がった。

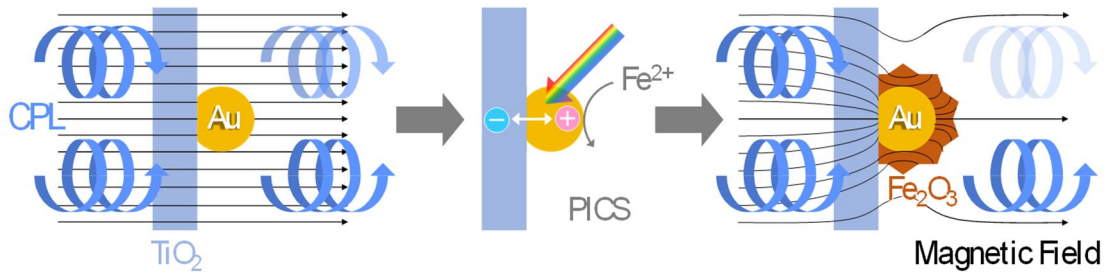


図5．正孔放出による磁性体の導入

(5) 熱正孔放出プロセスと比較するため、また、応用の幅を広げるために、熱電子放出プロセスについても検討を行った。銀ナノスフィアや金ナノキューブの上に、クエン酸存在下での熱電子放出プロセスによって、銀を部位選択的に析出させられることを確認した。これは、クエン酸による正孔の捕捉・除去に伴う、熱電子放出によるものだと考えられる。回折限界を超えた光ナノ加工の観点からは、これによって加工手段の選択肢が大幅に増え、より幅広い加工が可能になった。

(6) 局在表面プラズモン共鳴を示す金属など以外の材料においても、同様な局所反応が可能であることを示すため、半導体光触媒として用いられる酸化亜鉛の六角ナノプレートを使用した。銀イオンを含む溶液中でこれに直線偏光を照射することで、銀の局所的な還元析出反応が起こることを示した(図6)。これにより、局在表面プラズモン共鳴と同様にMie共鳴を活用することで、部位選択的反応が可能であることが示された。すなわち、材料として金属だけでなく、半導体も使用できることがわかった。

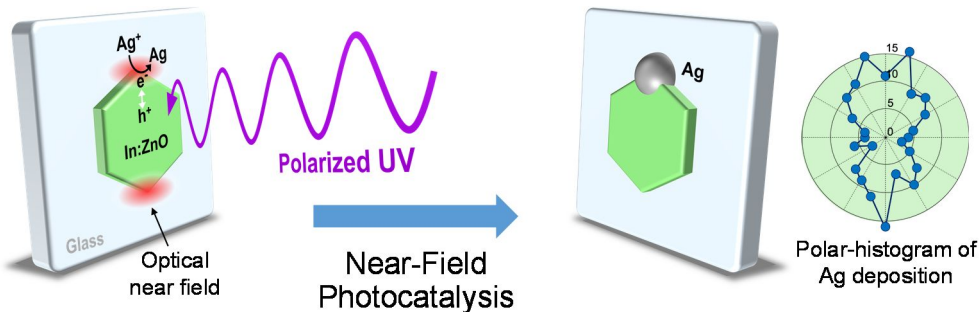


図6．半導体光触媒における部位選択的反応

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Y. Oba, S. H. Lee, and T. Tatsuma	4. 巻 128
2. 論文標題 Near Field Photocatalysis: Site-Selective Metal Deposition onto Semiconductor Nanoparticles by Linearly Polarized UV Light	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 827-831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c08237	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 N. Ichiji, T. Ishida, I. Morichika, T. Tatsuma, and Satoshi Ashihara	4. 巻 109
2. 論文標題 Rotationally Displaced Electric Field Intensity Distribution around Square Nanoantennas Induced by Circularly Polarized Light	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 35428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.109.035428	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 S. Kuroki, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 160
2. 論文標題 Effects of Plasmon Coupling on Circular Dichroism of Chiral Nanoparticle Arrays	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 64702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0185286	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 T. Ishida, R.-Z. Sun, S. H. Lee, and T. Tatsuma	4. 巻 128
2. 論文標題 Magneo-Plasmonic Response Enhancement of Au@Fe2O3 Nanocomposites Fabricated by Plasmon-Induced Charge Separation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 2561-2566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c07566	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 H. Nishi, H. Tojo, A. Kawai, and T. Tatsuma	4. 巻 7
2. 論文標題 Semitransparent Periodic Nanostructures Grown under Polarized Incoherent Light for Diffractive Applications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Appl. Nano Mater.	6. 最初と最後の頁 5426-5433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.3c06223	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 H. Nishi, T. Tojo, and T. Tatsuma	4. 巻 92
2. 論文標題 Chiral Nanoporous Structures Fabricated via Plasmon-Induced Dealloying of Au-Ag Alloy Thin Films	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 57003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.24-00027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Shimomura, Y. Nakane, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 122
2. 論文標題 Photofabrication of Chiral Plasmonic Nanospiroids	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 151109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0146579	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 T. Akiyama, H. Nagakawa, and T. Tatsuma	4. 巻 25
2. 論文標題 Well-Dispersed Au Co-Catalyst Deposited on Rutile TiO ₂ Photocatalyst via Electron Traps	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 9031-9035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CP06064G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Nagakawa and T. Tatsuma	4. 巻 5
2. 論文標題 Highly Crystalline Wurtzite CdS Prepared by a Flux Method and Application to Photocatalysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Appl. Energy Mater.	6. 最初と最後の頁 14652-14657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c03083	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 K. Kim, H. Nishi, and T. Tatsuma	4. 巻 157
2. 論文標題 Site-Selective Introduction of MnO ₂ Co-Catalyst onto Gold Nanocubes via Plasmon-Induced Charge Separation and Galvanic Replacement for Enhanced Photocatalysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 111101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0102049	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 I. Gu, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 90
2. 論文標題 One-Step Electrodeposition of Chiral Plasmonic Gold Nanostructures for Enantioselective Sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 77006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.22-00046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aoki Yukika, Ishida Takuya, Tatsuma Tetsu	4. 巻 5
2. 論文標題 Plasmon-Induced Photocatalysis Based on Pt/Au Coupling with Enhanced Oxidation Abilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 4406-4412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.2c00509	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 Rui Ogata, Hiroyasu Nishi, Takuya Ishida, and Tetsu Tatsuma	4. 巻 13
2. 論文標題 Visualization of Nano-localized and Delocalized Oxidation Sites for Plasmon-Induced Charge Separation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 681-684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NR08552A	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 X. Fu, S. H. Lee, Y. Kuroiwa, and T. Tatsuma	4. 巻 89
2. 論文標題 Near Infrared Electrochromic Smart Window with Plasmonic Compound Nanomaterials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Q. Chen, Y. Kuroiwa, and T. Tatsuma	4. 巻 89
2. 論文標題 Laser Printing of Translucent Plasmonic Multicolor Images Based on Gold Nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 230-233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-0029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Lee Seung Hyuk, Nishi Hiroyasu, Tatsuma Tetsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Plasmon-induced charge separation based on a nanocomposite containing MoO ₂ under visible light irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 6395-6398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC00887K	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72件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Site-Selective Introduction of MnO ₂ Co-Catalyst to Gold Nanocubes for Enhanced Plasmonic Photocatalysis
3. 学会等名 243rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒木、石田、立間
2. 発表標題 Fabrication of Ag Nanoparticles by Circularly Polarized Light and Control of Chiroptical Properties
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lee、印、立間
2. 発表標題 レーザーアブレーションによるプラスモニックITOナノ粒子の合成
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤田、石田、立間
2. 発表標題 Fabrication of Superparamagnetic Fe ₃ O ₄ -Chiral Ag Nanocomposites Exhibiting Asymmetric Transmission
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田、立間
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離により作製したAu@Fe ₂ O ₃ ナノコンポジットの磁気プラズモニック特性増強
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 プラズモンなどの近接場光によるナノ構造体の作製
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 有機保護剤を用いない金ナノプレートの光触媒合成
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、亀岡 ゆり、立間 徹
2. 発表標題 円偏光によるプラズモニックナノ粒子のキラリティの解析
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大場 友貴、スンヒョク イ、立間 徹
2. 発表標題 UV偏光によるZnOナノ粒子上での部位選択的な光電気化学反応
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 プラズモン共鳴の光触媒科学への応用
3. 学会等名 第132回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、立間 徹
2. 発表標題 円偏光で作製したキラルAgナノ粒子アレイにおけるプラズモンカップリングの影響
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林、澤田、石田、立間
2. 発表標題 Fe ₃ O ₄ -Agナノ複合体の円偏光による作製と磁気キラル光学応答の制御
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀内、Lee、立間
2. 発表標題 偏光UV照射によるZnOナノ粒子の位置選択的形狀制御
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山、長川、立間
2. 発表標題 銀ナノ粒子の光触媒析出形態に対する酸化チタン焼成温度の効果
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋、石田、立間
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル銀ナノ粒子のコロイド合成
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊知地 直樹、石田 拓也、森近 一貴、立間 徹、芦原 聡
2. 発表標題 Chiral electric field distribution on square nano-antennas induced by circularly polarized light
3. 学会等名 第8回フォトニクスワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊知地 直樹、石田 拓也、森近 一貴、立間 徹、芦原 聡
2. 発表標題 SPPに付随するスピン角運動量を利用したナノアンテナ構造の局所励起
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 イ スンヒョク、大場 友貴、立間 徹
2. 発表標題 UV偏光照射による半導体ナノ粒子上での部位選択的な近接場光電気化学反応
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 堀内 元稀、イ スンヒョク、立間 徹
2. 発表標題 UV偏光照射によるIn:ZnOナノプレート上での部位選択的な近接場光酸化析出
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 秋山 倫輝、長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 酸化チタン上における結晶面選択的な金属ナノ粒子の光触媒析出
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田 拓也、澤田 直樹、Lee Seung Hyuk、立間 徹
2. 発表標題 非対称光透過を示す磁気キラルプラズモニック粒子の作製
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 亀岡 ゆり、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射による金ナノディスクのキラル形状化
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 早川 亜美、立間 徹、西 弘泰
2. 発表標題 円偏光照射による酸化鉛スパイラルナノ構造の作製とその成長機構
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 高木 慧子、吉田 愛悠、青木 佑奈、立間 徹、西 弘泰
2. 発表標題 金のプラズモン誘起表面酸化を介した酸化鉛の部位選択的析出
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 張 晨、石田 拓也、Seung Hyuk Lee、立間 徹
2. 発表標題 CoPtナノ粒子およびその複合体が示す磁気光学効果
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊知地 直樹、石田 拓也、森近 一貴、立間 徹、芦原 聡
2. 発表標題 円偏光励起による正方形ナノプレート近傍電場分布の回転変位
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田 拓也、伊知地 直樹、森近 一貴、芦原 聡、立間 徹
2. 発表標題 円偏光励起によるAuナノキューブ周辺のキラルな電場分布形成機構
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 黒木 秀起、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 キラルAgナノ粒子アレイのキラル光学応答に対するプラズモンカップリングの影響
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田 拓也、澤田 直樹、イ スンヒョク、立間 徹
2. 発表標題 円偏光により作製した磁気キラルプラズモニックナノ粒子の非対称透過
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 LEE SEUNGHYUK、印 明、立間 徹
2. 発表標題 レーザーアブレーションによるプラズモニックITOナノ粒子アンサンブルの作製
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Photoelectrochemical Fabrication of Chiral Plasmonic Nanostructures by Circularly Polarized Light
3. 学会等名 241st ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Shaping Plasmonic Nanomaterials for Photocatalysis
3. 学会等名 1st International Symposium on Emerging Nanoarchitectures and Plasmonics for Energy Conversion 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Plasmon-Induced Charge Separation and Plasmonic Shaping of Nanoparticles
3. 学会等名 2nd AMU/CNRS-IIS/UTokyo mini-Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋山 倫輝、長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 電子トラップを活用した金属ナノ粒子複合型光触媒の開発
3. 学会等名 2022年電気化学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、亀岡 ゆり、井澤 哲舜、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン共鳴銀ナノ構造の光電気化学的加工
3. 学会等名 2022年電気化学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 拓也、井澤 哲舜、黒木 秀起、立間 徹
2. 発表標題 円偏光による Ag ナノ構造の作製とそのキラル光学特性
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 拓也、井澤 哲舜、黒木 秀起、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル Ag ナノ構造の作製
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒木 秀起・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル銀ナノ粒子のガラス基板上での作製
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大場 友貴・Lee Seunghyuk・立間 徹
2. 発表標題 異方性半導体ナノ粒子上への光誘起金属析出による複合ナノ材料の作製
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田 直樹・本間 徹・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 近赤外域でキラル光学応答を示すAu複合体
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 亀岡 ゆり・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起還元反応によるAgナノ粒子の成長
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 孫 瑞卓、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離により作製した金 - 酸化鉄コアシェル構造の磁気光学効果
3. 学会等名 日本化学会第103回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 溶融塩処理による高結晶性ウルツ鉱型CdS光触媒の作製
3. 学会等名 日本化学会第103回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山 倫輝、長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 電子トラップを活用したAu助触媒担持型ルチルTiO ₂ 光触媒
3. 学会等名 日本化学会第103回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 数野 真弥、イ スンヒョク、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 CoPt磁性ナノ粒子修飾電極によるエナンチオ選択的還元反応
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 イ スンヒョク、大木 峻我、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離に基づく半透明光コンダクタ
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒木 秀起、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル Agナノ粒子の作製とそのキラル光学特性
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長川 遥輝、立間 徹
2. 発表標題 硫化カドミウム光触媒の結晶面選択的な光電気化学反応
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 左 袁、西 弘泰、黒岩 善徳、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起還元析出反応による Au-Ag複合ナノ粒子の形態制御
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西 弘泰、東條 遥、川井 朱理、立間 徹
2. 発表標題 酸化鉛ナノ周期構造の光電気化学的成長機構
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroyasu Nishi, Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Light-Directed Electrochemical Reactions Based on Plasmon-Induced Charge Separation
3. 学会等名 30th International Conference on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kim Kangseok、西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離とガルバニ置換による複合ナノ構造体の作製
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 拓也、青木 千佳、立間 徹
2. 発表標題 CoPt-Auプラズモニック光触媒による磁場誘起立体選択的反応
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離効率に対する高次モードの影響
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 拓也、青木 千佳、立間 徹
2. 発表標題 CoPt-Au ナノ粒子間カップリングを利用したエナンチオ選択的触媒反応
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本間 徹、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 キラルナノ周期構造のプラズモン共鳴を用いた造形
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中根 佑真、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 プラズモニックナノ構造体におけるキラル光学特性の形態依存性
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 金属ナノキューブの高次モードプラズモン誘起 電荷分離における共鳴サイト
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西 弘泰、キム カンソク、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離とガルバニック置換による金属酸化物助触媒の部位選択的導入
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井澤 哲舜、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 2次元キラル光学応答を示す銀ナノプレートの円偏光による作製
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 光で住みよい環境にする
3. 学会等名 化学が拓く もしかする未来 シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma, Hiroyasu Nishi, Takuya Ishida
2. 発表標題 Enhancement of Plasmon-Induced Charge Separation through Plasmon Coupling
3. 学会等名 PRiME2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyasu Nishi, Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Electrochemically-Assisted Site-Selective Redox Reactions through Plasmonic Hole/Electron Ejection
3. 学会等名 PRiME2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Plasmon-Induced Charge Separation and Applications
3. 学会等名 Online workshop between MESA+ and IIS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 拓也, 青木 千佳, 立間 徹
2. 発表標題 Au-Ptナノ粒子間カップリングによるプラズモン誘起電荷分離
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yukika AOKI, Takuya ISHIDA, Tetsu TATSUMA
2. 発表標題 Plasmon-Induced Charge Separation under Visible Light through Au-Pt Heterometallic Interparticle Coupling
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 金属ナノ粒子で光と色を操る
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 付 小歎, Lee Seunghyuk, 立間 徹
2. 発表標題 化合物プラズモンナノ粒子を用いた電気化学的赤外光透過率制御
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 銀ナノキューブを用いたプラズモン誘起電荷分離の共鳴モード依存性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下 匠、スンヒョク イ、立間 徹
2. 発表標題 酸化インジウムナノキューブの形態に対するリガンドの影響
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 イ スンヒョク、西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン共鳴を示す化合物ナノ粒子の反応と電荷分離
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 金属ナノキューブの高次モードプラズモンによる電荷分離
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 The 7th International Workshop on Advanced Nanoscience and Nanomaterials 2021+1	開催年 2022年～2022年
国際研究集会 The 8th International Workshop on Advanced Nanoscience and Nanomaterials 2023	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 The 6th International Workshop on Advanced Nanoscience and Nanomaterials 2022	開催年 2022年～2022年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------