

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06520

研究課題名(和文)無機ナノ結晶によるアシンメトリー化学の展開

研究課題名(英文) Novel Development of Asymmetry Chemistry in Inorganic Nanocrystals

研究代表者

寺西 利治 (Teranishi, Toshiharu)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：50262598

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 88,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、多彩なアキラル無機ナノ結晶を集積したアシンメトリーナノ結晶構造体を構築し、構造に特有の特性を発現させるアシンメトリー化学を展開した。バンド位置を緻密に制御して近赤外プラズモニックナノ結晶とキャリアアクセプターナノ結晶を非対称に異方集積化し、プラズモニックナノ結晶のトラップ準位等を巧みに利用することにより、近赤外光誘起指向性電荷分離において、高い量子収率とマイクロ秒を超える長い電荷分離寿命を達成した。また、ポルフィリン誘導体4分子が平面配位した擬正四面体Auナノ結晶の合成にも成功し、ポルフィリンからAuコアへの電荷移動により電気化学水素発生反応活性が増強されることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘテロ界面やバンド位置を緻密に制御することにより、これまでに得ることができなかった近赤外プラズモニックナノ結晶とキャリアアクセプターナノ結晶を非対称に異方集積化したヘテロ構造ナノ結晶の合成法を開発した。このヘテロ構造体の近赤外光誘起指向性電荷分離における高い量子収率とマイクロ秒を超える長い電荷分離寿命を利用することで、近赤外光を用いた水分解水素生成や光電変換を実証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we develop a new field of chemistry, asymmetry chemistry, by fabricating the asymmetric structures composed of various inorganic nanocrystals. An anisotropic assembly of near-infrared plasmonic nanocrystals and carrier acceptor nanocrystals was successfully achieved while controlling their band positions. Then we achieved high quantum yield and charge separation lifetime exceeding microseconds in near-infrared light-induced directional charge separation by utilizing trap levels etc. of plasmonic nanocrystals. We also succeeded in synthesizing pseudo-tetrahedral Au nanocrystals planarly coordinated with four porphyrin derivatives, and demonstrated that the electrochemical hydrogen evolution reaction activity is enhanced by the charge transfer from porphyrin to the Au core.

研究分野：無機合成化学

キーワード：ナノ材料 アシンメトリー イオン結晶 結晶系変化 異方構造

1. 研究開始当初の背景

自然界の生体高分子(タンパク質、核酸、酵素)の高次機能発現には、構成要素(アミノ酸、糖)の非対称性・キラリティーの厳密な制御の上に成り立っている。この基盤となっている不斉炭素の化学は、我が国の有機化学分野において著しく発展し、成熟の域に達している。一方、2配位から12配位までの配位数を許容する金属元素は、キラル中心になる可能性を秘めているにもかかわらず、金属元素の不斉配位化学は未開拓領域である。生命化学や有機化学分野において発展してきた構成要素の非対称性・キラリティー制御を、金属元素が主役となる物質科学に展開することにより、反応場や物性・機能発現の起源となる電子状態の非対称性・キラリティー(電子系アシンメトリー)構築が可能になると大いに期待される。本研究では、新規キラル無機ナノ結晶の合成(分子アシンメトリー)、ならびに、多彩なアキラル無機ナノ結晶を集積したアシンメトリーナノ結晶構造体の構築(ナノアシンメトリー)を推進し、構造に特有の特性を発現させるアシンメトリー化学を展開する(図1)。

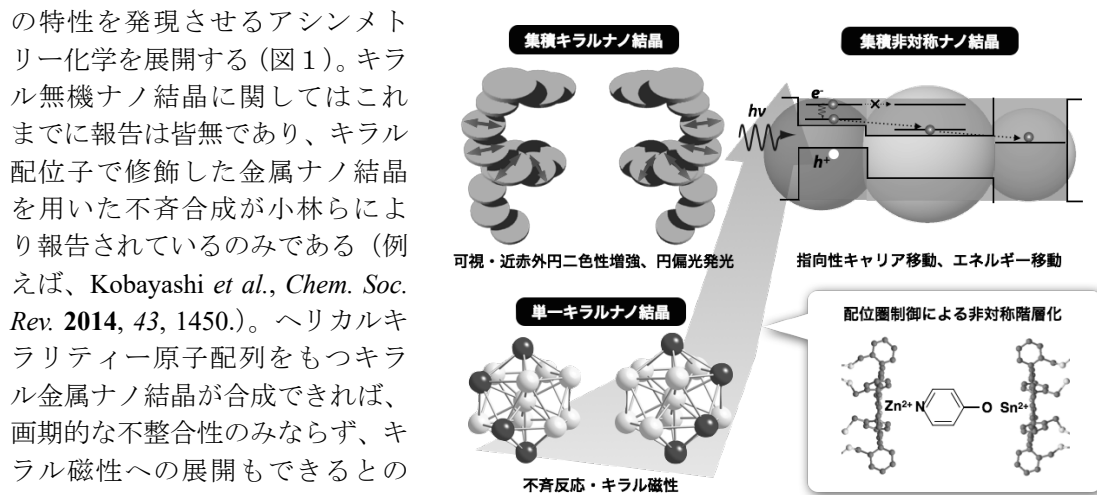


図1. 無機ナノ結晶を基盤としたアシンメトリー化学の展開

せん集積体を構築している(Klajn et al., *Science* **2014**, *345*, 1149.). 申請者は、自身が作り上げてきた大環状 π 共役分子の配位化学(*Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, *47*, 307; *JACS* **2012**, *134*, 816; *Chem. Sci.* **2014**, *5*, 2007.)等を駆使することで、プラズモンナノ結晶をはじめとする種々のナノ結晶のヘリカル集積体が構築でき、キラルプラズモンなどの構造特異物性が発現できると考えた。また、ナノ結晶の形状に依存した異方集積体の構築には多くの報告があるが(例えば、Nie et al., *Science* **2010**, *329*, 197; Yang et al., *Nat. Mater.* **2012**, *11*, 131.),異種ナノ結晶1個1個を緻密に集積する手法は未だ開発されていない。

2. 研究の目的

本研究では、新規キラル無機ナノ結晶の合成(分子アシンメトリー)、ならびに、多彩なアキラル無機ナノ結晶を集積したアシンメトリーナノ結晶構造体の構築(ナノアシンメトリー)を推進し、構造に特有の特性を発現させるアシンメトリー化学を展開する。具体的には、以下の4項目を検討する。(1)ヘリカルキラリティー原子配列をもつキラル金属クラスターを合成し、不斉触媒能やキラル磁性の探索を行う。(2)らせん高分子やキラル空間を利用することでプラズモニックナノ結晶をヘリカル集積し、キラルプラズモンによる円偏光二色性増強や円偏光発光を発現させるとともに、選択不斉反応に展開する。(3)ヘテロ界面やバンド位置を緻密に制御したアシンメトリーナノ結晶を合成し、可視・近赤外光誘起電荷分離の高効率・長寿命化を行う。(4)ナノ粒子に対する π 共役分子の空間配置を制御し配位結合で低対称集積することにより、従来にない高効率な指向性エネルギー移動系を構築する。以上の独自の研究と融合バーチャルラボ研究を通し、配位アシンメトリー化学ならではの不斉反応場構築や物性発現を行う。

3. 研究の方法

具体的には、次の4点を研究期間内に明らかにし、配位アシンメトリー化学ならではの不斉反応場構築やアシンメトリー物性発現を行う。

(1) キラル金属ナノ結晶の合成とキラル物性・不斉触媒能の探索

ヘリカルキラリティー原子配列をもつキラル金属ナノ結晶を合成し、不斉触媒能やキラル磁性の探索を行う。

(2) プラズモニックナノ結晶のヘリカル集積とキラル物性・不斉触媒能の探索

らせん高分子やキラル空間を利用することでプラズモニックナノ結晶をヘリカル集積し、キラルプラズモンによる円偏光二色性増強や円偏光発光を発現させるとともに、選択不斉反応に展開する。

(3) 集積非対称ナノ結晶の合成と可視・近赤外光誘起電荷分離特性の解明

ヘテロ界面やバンド位置を緻密に制御したアシンメトリーナノ結晶を合成し、可視・近赤外光誘起電荷分離の高効率・長寿命化を行う。

(4) ナノ結晶の配位集積と指向性エネルギー移動系の構築

種々の金属・半導体ナノ結晶に対する大環状 π 共役分子の空間配置を制御し配位結合で低対称集積することにより、従来にない高効率な指向性エネルギー移動系を構築する。

4. 研究成果

(1) キラル金属ナノ結晶の合成とキラル物性・不斉触媒能の探索

金属ナノ結晶原子配列制御のため、元素間相溶性利用した等方性規則化合物から異方性規則化合物への構造変態について検討した。FePd₃規則化合物への微量 In 添加により、等方性規則化合物から異方性規則化合物への構造変態に成功したが、ヘリカルキラリティー原子配列は達成できなかった。

(2) プラズモニックナノ結晶のヘリカル集積とキラル物性・不斉触媒能の探索

近赤外領域に局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) を示すディスク状 Cu_{1.8}S ナノ結晶のヘリカル集積を行うため、溶液中のナノ結晶間の van der Waals 引力による集積を行ったところ、カラム状の異方集積体の形成には成功したが、ヘリカル集積には至らなかった。

(3) 集積非対称ナノ結晶の合成と可視・近赤外光誘起電荷分離特性の解明

ヘテロ界面やバンド位置を緻密に制御して無機ナノ結晶を非対称に異方集積化すると、高効率な指向性キャリア、エネルギー移動が可能になる。自由キャリア数制御により近赤外領域 (700~2500 nm) での LSPR 波長が制御可能なヘビードープ半導体 (*p*-CuS、*n*-ITO、*p*-Cu₇S₄) を光吸収体として着目した。これらヘビードープ半導体に他の半導体相をヘテロ接合したヘテロ構造ナノ結晶 (例えば、CuS/CdS) において、近赤外プラズモン誘起による高効率キャリア移動が進行することを見出した。一般に、局在表面プラズモン振動の緩和は極めて早いため、外部にキャリアを取り出すことは困難であるが、トラップ準位 (図2) や *p-n* 接合を巧みに利用することにより、近赤外光誘起指向性電荷分離において、高い量子収率とマイクロ秒を超える長い電荷分離寿命を達成した。

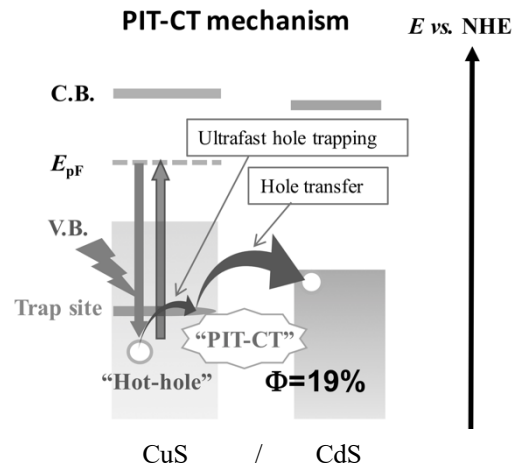


図2. CuS/CdS ヘテロ構造ナノ結晶における近赤外プラズモン誘起ホール移動機構

次に、空間電荷分離の高効率化による可視光誘起水素発生効率向上を目的に、可視領域に LSPR 吸収のある Ag ナノ結晶、Ag₂S 相、CdS 相が非対称に接合した Ag-Ag₂S-CdS ヘテロ構造ナノ結晶を合成した。CdS 相で LSPR 誘起キャリア分離が起こり、Ag と CdS の間に挟まれた Ag₂S 相は CdS から Ag への電子移動を妨げホールのみを受け取るキャリア選択的ブロッキング層として働く。Ag-Ag₂S-CdS ナノ結晶は、Ag-CdS ナノ結晶と比べて13倍高い光触媒水素生成触媒活性を示すと同時に、ホールによる自己溶解が抑制され、CdS ナノ結晶に比べて光安定性が大きく向上することが分かった (図3a)。さらに、タイプIバンド構造をもつCdS@メソポー

ラス ZnS コアシェル構造ナノ結晶における ZnS 相の欠陥準位を利用した可視光誘起水素生成 (図 3b)、 $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}/\text{Ni}_3\text{Se}_4$ ヘテロ構造ナノ粒子の酸素生成助触媒能を実証した。

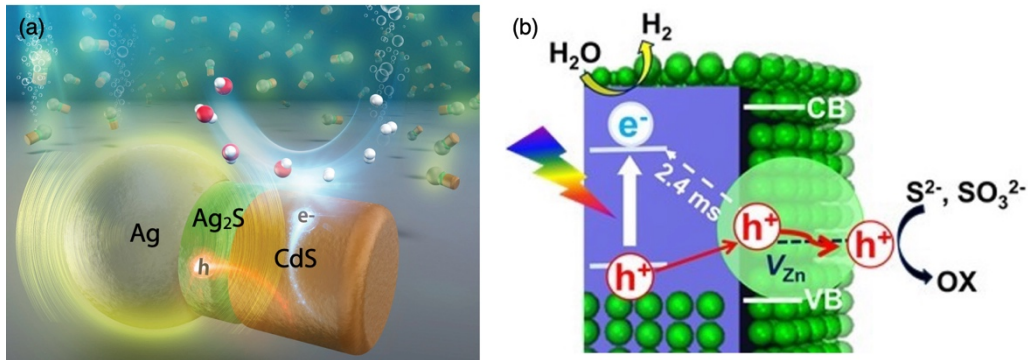


図 3. (a) Au- Ag_2S -CdS ナノ結晶を用いた可視 LSPR 誘起水素生成、(b) CdS@メソポーラス ZnS コアシェル構造ナノ結晶における ZnS 相の欠陥準位を利用した可視光誘起水素生成

(4) ナノ結晶の配位集積と指向性エネルギー移動系の構築

配位結合によるナノ結晶の低対称集積の構成要素として、これまでに 6 分子および 14 分子のポルフィリン誘導体が平面配位した 1.2 nm 擬正六面体および 1.9 nm 擬立方八面体 Au ナノ結晶の合成に成功している。ナノ結晶集積体の対称性をさらに低下させる構成要素として、ポルフィリン誘導体 4 分子が平面配位した擬正四面体 Au ナノ結晶の合成について検討した (図 4a)。Au ナノ結晶は、メタノール中ポルフィリン誘導体配位子 $\text{ZnSC}_2\text{P-SS}$ (図 4b) 存在下、 $-80\text{ }^\circ\text{C}$ で $[\text{AuCl}_4]$ の NaBH_4 還元により合成した。得られた金ナノ結晶の粒径は $1.0 \pm 0.2\text{ nm}$ であり、MALDI-TOF MS および ICP-AES 測定から $\text{Au}_{58}(\text{ZnSC}_2\text{P-SS})_4$ の組成を有することを明らかにした。

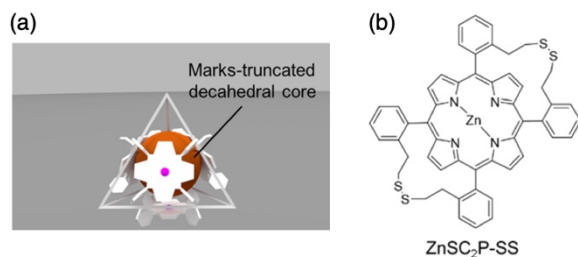


図 4. (a) 異方性結合サイトをもつ擬正四面体 Au ナノ結晶の模式図、(b) ポルフィン誘導体配位子 $\text{ZnSC}_2\text{P-SS}$ の化学構造

これら構成要素である Au ナノ結晶は、表面積対体積比が大きいため有機配位子によって量子化された電子構造が摂動を受けやすく、その触媒活性が大きく影響を受ける可能性がある。そこで、電気化学水素発生反応 (HER) における Au ナノ結晶の触媒活性に及ぼすポルフィリン誘導体の配位子効果を系統的に検討した。電気化学的 HER において、 -0.4V vs RHE におけるポルフィリン誘導体保護 1.3 nm Au ナノ結晶の電流密度がフェニルエタンチオール (PET) 保護 Au ナノ結晶の電流密度より 460%高いことが分かった。XPS 分析により、ポルフィリンの Au 表面への接近がポルフィリンから Au コアへの電荷移動を誘起し、その結果 HER 活性が増強されることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Z. Li, M. Saruyama, T. Asaka, Y. Tatetsu, and T. Teranishi	4. 巻 373
2. 論文標題 Determinants of Crystal Structure Transformation in Cation Exchange Reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 332-337
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/science.abh2741	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 J. Zhang, H. Sakai, K. Suzuki, T. Hasobe, N. V. Tkachenko, I. Chang, K. Hyeon-Deuk, H. Kaji, T. Teranishi, and M. Sakamoto	4. 巻 143
2. 論文標題 Near-Unity Singlet Fission on a Quantum Dot Initiated by Resonant Energy Transfer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 17388-17394
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/jacs.1c04731	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 該当する
1. 著者名 M. Saruyama, R. Sato, and T. Teranishi	4. 巻 54
2. 論文標題 Transformations of Ionic Nanocrystals via Full and Partial Ion Exchange Reactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acc. Chem. Res.	6. 最初と最後の頁 765-775
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.accounts.0c00701	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 J. Zhang, H. Kouno, N. Yanai, D. Eguchi, T. Nakagawa, N. Kimizuka, T. Teranishi, and M. Sakamoto	4. 巻 7
2. 論文標題 Number of Surface-Attached Acceptors on a Quantum Dot Impacts Energy Transfer and Photon Upconversion Efficiency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1876-1884
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsp Photonics.0c00771	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. Kawawaki, M. Sakamoto, T. Nakagawa, and T. Teranishi	4. 巻 141
2. 論文標題 Carrier-selective Blocking Layer Synergistically Improves the Plasmonic Enhancement Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8402-8406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b01419	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 Z. Lian, M. Sakamoto, Y. Kobayashi, N. Tamai, J. Ma, T. Sakurai, S. Seki, T. Nakagawa, M. Lai, M. Haruta, H. Kurata, and T. Teranishi	4. 巻 13
2. 論文標題 Anomalous Photo-Induced Hole Transport in Type-I Core/Mesoporous-Shell Nanocrystals for Efficient Photocatalytic H ₂ Evolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 8356-8363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.9b03826	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 M. Sakamoto, H.-D. Kim, D. Eguchi, I.-Y. Chang, D. Tanaka, H. Tahara, A. Furube, Y. Minagawa, Y. Majima, Y. Kanemitsu, and T. Teranishi	4. 巻 123
2. 論文標題 Impact of Orbital Hybridization at Molecular-Metal Interface on Carrier Dynamics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 25877-25882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b04231	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. Kim, H. Mizuno, M. Saruyama, M. Sakamoto, M. Haruta, H. Kurata, T. Yamada, K. Domen, and T. Teranishi	4. 巻 11
2. 論文標題 Phase Segregated Cu ₂ -xSe-Ni ₃ Se ₄ Bimetallic Selenide Nanocrystals Formed through Cation Exchange Reaction for Active Water Oxidation Catalyst	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 1523-1530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9sc04371c	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 Z. Lian, M. Sakamoto, Y. Kobayashi, N. Tamai, J. Ma, T. Sakurai, S. Seki, T. Nakagawa, M. Lai, M. Haruta, H. Kurata, and T. Teranishi	4. 巻 9
2. 論文標題 Durian-Shaped CdS@ZnSe Core@Mesoporous-Shell Nanoparticles for Enhanced and Sustainable Photocatalytic Hydrogen Evolution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2212-2217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b00789	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 Z. Lian, M. Sakamoto, H. Matsunaga, J. J. M. Vequizo, A. Yamakata, M. Haruta, H. Kurata, and T. Teranishi	4. 巻 9
2. 論文標題 Near Infrared Light Induced Plasmonic Hot Hole Transfer at a Nano-Heterointerface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-04630-w	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 M. Saruyama, S. Kim, T. Nishino, M. Sakamoto, M. Haruta, H. Kurata, S. Akiyama, T. Yamada, K. Domen, and T. Teranishi	4. 巻 9
2. 論文標題 Phase-Segregated NiPx@FePyOz Core@Shell Nanoparticles: Ready-to-Use Nanocatalysts for Electro- and Photo-Catalytic Water Oxidation through in-situ Activation by Structural Transformation and Spontaneous Ligand Removal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 4830-4836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8sc00420j	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 M. Sakamoto, T. Kawawaki, M. Kimura, J. J. M. Vequizo, H. Matsunaga, C. S. K. Ranasinghe, A. Yamakata, H. Matsuzaki, A. Furube, and T. Teranishi	4. 巻 10
2. 論文標題 Clear and Transparent Nanocrystals for Infrared-Responsible Carrier Transfer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 406
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-08226-2	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 Z. Lian, M. Sakamoto, J. J. M. Vequizo, C. S. K. Ranasinghe, A. Yamakata, T. Nagai, K. Kimoto, Y. Kobayashi, N. Tamai, and T. Teranishi	4. 巻 141
2. 論文標題 Plasmonic p-n Junction for Infrared Light to Chemical Energy Conversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2446-2450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b11544	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 M. Yamamoto, Y. Azyrna, M. Sakamoto, T. Teranishi, H. Ishii, Y. Majima, and Y. Noguchi	4. 巻 7
2. 論文標題 Molecular Floating-Gate Single-Electron Transistor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 1589(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-01578-7	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 S. Kim, T. Nishino, M. Saruyama, M. Sakamoto, H. Kobayashi, S. Akiyama, T. Yamada, K. Domen, and T. Teranishi	4. 巻 3
2. 論文標題 Formation of Layer-by-Layer Assembled Cocatalyst Films of S ₂ -stabilized Ni ₃ S ₄ Nanoparticles for Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemNanoMat	6. 最初と最後の頁 764-771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cnma.201700220	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 D. Eguchi, M. Sakamoto, and T. Teranishi	4. 巻 9
2. 論文標題 Ligand Effect on the Catalytic Activity of Gold Clusters in the Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 261-265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7sc03997b	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 T. Yoshinaga, M. Saruyama, A. Xiong, Y. Ham, Y. Kaung, R. Niishiro, S. Akiyama, M. Sakamoto, T. Hisatomi, K. Domen, and T. Teranishi	4. 巻 10
2. 論文標題 Boosting Photocatalytic Overall Water Splitting by Co doping into Mn3O4 Mixed Oxide Nanoparticles as Oxygen Evolution Cocatalysts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 10420-10427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8nr00377g	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 Y. Azuma, M. Sakamoto, T. Teranishi, Y. Majima	4. 巻 109
2. 論文標題 Memory Operations in Au Nanoparticle Single-electron Transistors with Floating Gate Electrodes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 223106(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4971190	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 D. Eguchi, M. Sakamoto, D. Tanaka, Y. Okamoto, T. Teranishi	4. 巻 121
2. 論文標題 Porphyrin Derivative-Protected Gold Cluster with a Pseudotetrahedral Shape	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 10760-10766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.6b10972	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26件 (うち招待講演 26件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノ元素置換科学：未踏構造ナノ粒子の合成と構造特異機能
3. 学会等名 光・量子デバイス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshiharu Teranishi
2. 発表標題 Nanoscale Element Replacement Science: Structural Transformation of Nanocrystalline Phases and Development of Novel Functions
3. 学会等名 Seminar on Low-dimensional Physics and Devices (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 近赤外プラズモニクスの開拓と水素生成触媒への展開
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会中長期企画(人工光合成)(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Nanomaterials for Near Infrared Light Energy Conversion
3. 学会等名 235rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Nanoparticles for Near Infrared Light Energy Conversion
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Nanomaterials for Near Infrared Light Energy Conversion
3. 学会等名 ChinaNano (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Plasmon-induced Hot Carrier Chemistry
3. 学会等名 ASNANO-2 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 新しい可視・近赤外プラズモン合金ナノ粒子
3. 学会等名 第68回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Plasmon-induced Hot Carrier Chemistry
3. 学会等名 KU-UNIST Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Plasmon-induced Hot Carrier Chemistry in Inorganic Nanoparticles
3. 学会等名 12th China Japan Joint Symposium on Metal Cluster Compounds (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Nanomaterials for Near Infrared Light Energy Conversion
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Nanomaterials for Near Infrared Light Energy Conversion
3. 学会等名 8th International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Near Infrared Plasmon-Induced Charge Separation in Heterostructured Nanoparticles
3. 学会等名 233rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノプラズモニクスの新展開
3. 学会等名 第3回固体化学フォーラム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Pseudomorphic Transformation of Nanocrystals by Element Replacement
3. 学会等名 ISMANAM2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 New Plasmonic Chemistry of Nanocrystals toward Photoenergy Conversion
3. 学会等名 北京大学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノ仮晶化学：元素置換による新しいナノ粒子の創り方 - プラズモニクスにおける錬金術 -
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Novel Plasmonic Alloy Nanocrystals formed by Pseudomorphic Reaction
3. 学会等名 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノ仮晶化学の開拓と近赤外プラズモニクスへの展開
3. 学会等名 錯体化学若手の会夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノ仮晶化学：元素置換による新しいナノ粒子の創り方 - プラズモニクスにおける錬金術 -
3. 学会等名 第3回精密無機有機合成化学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ナノ結晶の特異構造がもたらす高効率光エネルギー変換特性
3. 学会等名 第22回名古屋大学VBLシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 ヘテロ構造ナノ粒子の近赤外プラズモン励起キャリアダイナミクス計測
3. 学会等名 2019 OCUシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Anisotropic Assembly of Nanoparticles for Photoenergy Conversion
3. 学会等名 The 2nd Japan-US Bilateral Meeting on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 原子を集めて入れ替える ~新しいナノ粒子の創り方と使い方~
3. 学会等名 第7回CSJフェスタ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Teranishi
2. 発表標題 Efficient Charge Separation in Heterostructured Nanoparticles
3. 学会等名 5th CMS International Symposium on Photofunctional Chemistry and Molecular Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺西利治
2. 発表標題 無機ナノ粒子：設計の重要性と偶発の面白さ
3. 学会等名 日本セラミックス協会資源・環境関連材料部会講演会（招待講演）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 寺西利治 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 196
3. 書名 CSJ Current Review 32 プラズモンと光圧が導く物質科学	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 テトラフェニルポルフィリン誘導体	発明者 坂本雅典、寺西利治、川脇徳久	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-101193	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

寺西研 https://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~teranisi/ 新学術領域webページ http://www.asymmetallic.jp/
--

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
研究協力者	江口 大地 (Eguchi Daichi)		
研究協力者	廉 孜超 (Lian Zichao)		
研究協力者	川脇 徳久 (Kawawaki Tokuhisa)		
連携研究者	坂本 雅典 (Sakamoto Masanori) (60419463)	京都大学・化学研究所・准教授 (14301)	
連携研究者	佐藤 良太 (Sato Ryota) (80629890)	京都大学・化学研究所・助教 (14301)	
連携研究者	猿山 雅亮 (Saruyama Masaki) (50636628)	京都大学・化学研究所・特定助教 (14301)	

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0件

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

フィンランド	Tampere University			
オーストラリア	RMIT University			
スペイン	University of Castilla-La Mancha			