

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04724

研究課題名(和文) 不斉記憶されたコアシェル型キラル金ナノロッド複合材料の創製

研究課題名(英文) Fabrication of gold nanorod composites with chiral core-shell structure

研究代表者

新森 英之 (Shinmori, Hideyuki)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：40311740

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：タンパク質によってキラルに配列された異方性金ナノロッドの界面シリカコーティング及びその不斉記憶について検討した。金ナノロッドに血漿タンパク質を添加し、自己組織的に負のキラリティーを有するキラル組織体を構築した後に、その界面をシランカップリング剤で被膜した。その結果、複数個の金ナノロッドをコア部に内包したコアシェル型ナノ粒子が得られ、それはキラル源のタンパク質は除去されていた。更にシリカ被膜化がコアシェル型ナノ粒子のキラリティーの熱安定性を向上させていた。以上のことより、タンパク質をキラル源とした不斉を記憶した無機系複合ナノ材料の創出が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学活性を有する複合ナノ材料は安定性が高く、多くの情報を記憶でき、実用化が十分期待される物質である。そこで本研究では、多様性を持つタンパク質によって棒状の金微粒子をらせん状に配列させ、そのナノ界面を無機系シリカでコーティングすることで頑丈で安定的に光学的不斉シグナルを発する、即ち不斉記憶された複合ナノ材料を創出した。これは、光学的マルチ情報を組み込んだ新たなナノマテリアルと成り得るために学術的に意義深い。

研究成果の概要(英文)：The synthesis of a silica shell over chiral gold-nanorod assemblies produced using proteins as chiral sources and their thermal stabilization for chirality were investigated. We successfully prepared chiroptical core-shell nanoparticles by the surface silica coating onto chiral-organized arrays of gold nanorods by plasma proteins in colloidal solution. The core-shell nanoparticles contained plural gold nanorods in the core and were removed chiral proteins. Also, the chiroptical activity of the core-shell nanoparticles was thermally stabilized by the silica coating. Thus, stable silica-coated chiral gold-nanorod assemblies with plasmonic circular dichroism response, which crucial for practical application of chiral nanomaterials, can be fabricated by the core-shell nanostructures.

研究分野：生物有機化学

キーワード：金ナノロッド 自己組織化 タンパク質 キラル組織体 シリカコーティング コアシェル構造 熱安定性 CD活性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

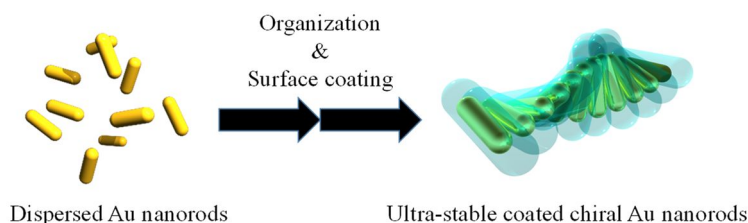
1. 研究開始当初の背景

金属ナノ粒子は、ナノメートルサイズの局所場での電子の集団振動に由来する局在表面プラズモン共鳴(Localized Surface Plasmon Resonance; LSPR)という光学および電子的特性を有するために最近注目されているナノ材料のひとつである。この材料の実用化という観点において、基板等のテンプレートを活用する試みが進められている。しかしながら、微小サイズであるが故の配列・配向の制御に課題があることに加え、作製過程での鑄型物質等の異物混入の問題も抱え抜本的解決方法が望まれている。もし、金属ナノ粒子自体を自在且つ安定に組織化させることができれば、汎用的バイオセンサ等の光学デバイスの小型化や高度濃密情報化ばかりでなく、高分解能プラズモンチップ並びにテーラメードで純度の高い新規光ナノ治療薬や光触媒への応用が可能となる。これらの研究分野においては、これまでラマン散乱増強等を含む増強分光、近接場光ホットスポット、プラズモン光熱変換等、異なるプラズモンモードの光特性に関する研究に注目が集まってきたが、生体系の最大の特徴の1つである光学活性という視点からのキラルプラズモニクスについての報告例は極めて少なく数例のみに留まっているのが現状である。

一方、金属ナノ粒子の形状については等方性の球状粒子が研究対象として主流であるが、非対称性が重要な要素となるキラリティーという観点からは、異方性ナノ粒子の利用がキラルプラズモニクスには有益であることが期待できる。中でも、金(Au)ナノロッドと呼ばれる棒状ナノ粒子は幾何学的な異方性を有し、2つのLSPRに由来する可視光および近赤外光の両波長域での強いスプリット型光吸収を示す。この特徴ある物性を持ったAuナノロッド単体にはもちろんキラリティーは存在せず、アキラルではあるが、らせん状等に自己組織化できればキラル超構造体となり、集団的Auナノロッドとなることでナノロッド間の多極子相互作用に基づく不斉シグナル増幅が期待できる。しかしながら、そのキラル組織化形成時の最大の問題点は、分子間相互作用が鍵現象であるが故に周囲の溶媒種や夾雑物および熱やその他の刺激等の外部環境に対して安定性に欠けることにあり、Auナノロッドのキラル超構造体の安定性という課題を克服できれば汎用的な新規不斉ナノ材料の開拓の道を開くことができる。

2. 研究の目的

上述した金属ナノ粒子組織体への不斉増幅・記憶に関する学術的背景に基づき、本研究では、増強したキラルプラズモンシグナルを持つ金属ナノ粒子組織体を創製し、キラリティーを保持した状態で強固に固定できる界面安定(記憶)化技法の確立を目的とする。実際には、異方性形状である故に組織化によって不斉シグナルが増強できるAuナノロッドを用いて、生体系で最も多様性を有する有機物ライブラリーのひとつであるタンパク質を不斉源とした多種多様なキラルAuナノロッド組織体を創製し、それら組織体群の界面でのシリカコーティングによる被膜を行うことで、外部環境に左右されない安定なキラルプラズモンを有する組織体の開発を目指す(右図)。このキラル組織体は、有機的特性のキラリティーを保持した状態で無機材料



のAuナノロッド組織体が安定に固定化されることで、これまで使用できなかった幅広い環境下で利用可能な不斉を記憶した新規ナノ材料と成り得る。この固定化ではシリカによるAuナノロッド組織体の包接に伴うコアシェル構造が形成されており、これまでに例が無い独自のキラル複合ナノ材料である。しかもシリカコーティング反応では、タンパク質変性等に伴う不斉源除

去が期待でき、最終的には不斉源無しのキラルナノ材料構築が可能となる。また、シリカ被膜層はメソポーラス(*Chem. Lett.* **2005**, *34*, 918.)であることが予想されるため、コア金属へアクセスが容易となることによる触媒活性発現や分子センサとして不可欠なシグナル変化を効率的に生じることが期待でき、新たな不斉触媒やバイオセンサ等の様々な分野に応用できる可能性がある。さらに本研究で掲げたキラルプラズモニクスは、光学活性体が必須要素であるライフサイエンスへのナノ複合材料への展開に極めて重要であり、バイオテクノロジーとナノテクノロジーの強い架け橋と成り得るため、今後の融合研究領域を担うナノバイオ分野への波及効果が大きいと期待できる。

3. 研究の方法

(1) タンパク質を不斉源としてキラル Au ナノロッド組織体を調製する。この組織体の形成においては分子間相互作用が鍵現象となり、超分子化学的に超構造化されることを利用する。ここで使用するタンパク質としては、血中でホルモンや脂肪酸さらには薬物等と相互作用できるアルブミンを中心とした血漿タンパク質を主に選択する。原材料となる Au ナノロッドは臭化トリメチルアンモニウム(CTAB)中でのシード成長法によって調製し、このコロイド分散液にヒト血清アルブミン(HSA)やグロブリン等の複数種のタンパク質を添加し、その相互作用を検討する。この際、キラリティーの有無を確認するために円二色性(CD)スペクトルを主な分析手法として用いる。

(2) 上記で得られる Au ナノロッド組織体の中でキラリティーを有するものを CD スペクトルの結果から選別し、それ界面でのシリカコーティングを行う。シリカ被膜層の形成反応は TEOS(Tetraethyl orthosilicate)を用いた Stöber 法を用いる。この際には、Au ナノロッド組織体のキラリティーの維持を確認しながら反応条件を検討する。また、形成されるシリカ被膜層が均一となるような反応条件の改良を行う。

(3) シリカコーティングを施したキラル Au ナノロッド組織体の形態学的評価を行う。光学的手法により CD 活性であることを確かめた上で電子顕微鏡観察を行い、シリカ被膜組織体の 1 粒子中でのコア Au ナノロッドの配列形態と数を調査する。さらに、最初に不斉源として用いたタンパク質や界面活性剤の存在の有無についても IR 等を活用して詳細に検討する。これにより、コアシェル型シリカ被膜 Au ナノロッド組織体中の Au ナノロッドの配向や数とキラリティー保持、つまり不斉記憶との相関関係の明確化を目指す。

(4) キラリティーを保持したシリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体の安定性を評価する。まずは分散状態にある Au ナノロッドの様々な溶媒への分散性や乾固の影響、および熱安定性を調べたところ、Au ナノロッドの形状に変化をもたらすものは加温であった。そのことより、シリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体の熱安定性を吸収および CD スペクトルにより検討する。

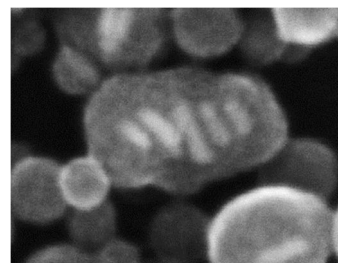
4. 研究成果

(1) まずは不斉源として HSA を Au ナノロッドコロイド分散液へ一定条件下で添加して吸収スペクトルを測定した。その結果、10 μ M までの HSA 濃度において極大吸収波長の 734 nm から 707 nm への短波長シフトが観測された。また、同一 HSA 濃度範囲での CD スペクトルでは Au ナノロッドに由来する 550 nm から 1100 nm の波長域で CD 活性を示した。これらの事実より、HSA との相互作用によって Au ナノロッドの長軸同士の会合による side-by-side 型(*J. Phys. Chem. B* **2006**, *110*, 18243.)のキラル Au ナノロッド組織体が形成されることが分かった。さらにコロイド分散の溶媒を水と有機溶媒を用いて検討したところ、CD 強度に関して最適混合比が

存在していた。従って、HSA との相互作用によって Au ナノロッドはキラル組織体を形成するが、外部環境によってその超構造は変化することが立証できた。次いで、グロブリンを含むその他のタンパク質を添加して検討したところ、血漿タンパク質であるウシ血清アルブミン(BSA)とグロブリンの場合のみ CD 活性であったが、最大 CD 強度を示すものは HSA であった。これらの結果は、キラル Au ナノロッド組織体形成において選択性が存在することを意味する。

(2) 上記で得られた side-by-side 型キラル Au ナノロッド組織体を塩基性条件下で TEOS を用いた脱水縮合ゾル - ゲル反応を 18 時間室温で行い、組織体界面でシリカコーティングを施す手法を確立した。組織体の原材料である Au ナノロッドは CTAB 保護層が存在しているために、キラル組織体の界面で有効にシリカ被膜形成が生じた(*Macromol. Chem. Phys.* **2013**, *140*, 148.)と示唆された。このシリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体の IR スペクトルを測定した結果、シリカコーティング前に見られた C - H 伸縮振動に由来するピークが消失し、1080 cm^{-1} 付近に Si - O 伸縮振動に帰属されるピークの発現が観測された。この結果はシリカコーティングの工程で HSA や CTAB 等の有機分子が取り除かれたことを意味する。

(3) HSA によるキラル Au ナノロッド組織体のシリカコーティング後の CD スペクトル測定を行った結果、Au ナノロッドの吸収波長域に明らかな分裂型コットン効果を示した。その CD 帯より、このシリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体は負のキラリティーを持つことが分かった。また、その CD 帯はシリカコーティング前のスペクトルと比較したところ、負のピーク部位の 16 nm 長波長シフトが観測された。これは周囲環境がシリカに変換したことで屈折率の変化が生じたことに起因する。さらに、シリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体の電子顕微鏡観察を行った。FE-SEM 測定の結果、2 - 6 個の Au ナノロッドが 1 粒子内のコア部に存在しており、マイナスのらせん形状に固定されていた(代表的 SEM 像を右図に示す)。これは既に除去された HSA のキラリティーを反映したことを意味する。



(4) シリカ被膜キラル Au ナノロッド組織体の熱安定性を、吸収および CD スペクトル測定によって評価した。この際、シリカコーティング前のキラル Au ナノロッド組織体を用いて同一条件にて比較検討を行った。実際には、60 度で 1 時間加熱した後に吸収および CD スペクトルを測定した結果、シリカコーティング前のキラル組織体は吸収ピークと CD 帯の明らかな減少が見られたのに対して、シリカ被膜キラル組織体の場合は吸収ピークおよび CD 帯の変化は殆ど観測されなかった。以上のことより、シリカコーティングはタンパク質により誘発された Au ナノロッドのキラル配列を固定化できることを意味し、安定に不斉記憶されたコアシェル型ナノ材料が構築可能であることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Y. Nakamura, T. Sasaki, C. Mochizuki, K. Ishimaru, S. Koizumi, H. Shinmori, K. Suzuki-Inoue, A. Nakao | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Snake venom rhodocytin induces plasma extravasation via toxin-mediated interactions between platelets and mast cells | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 15958 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-52449-2 | 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 A. Shinohara, C. Pan, L. Wang, H. Shinmori | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Acid-base controllable singlet oxygen generation in supramolecular porphyrin-gold nanoparticle composites tethered by rotaxane linkers | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Porphyrins and Phthalocyanines | 6. 最初と最後の頁 171-180 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S108842461950086X | 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 S. Hino, S. Satake, H. Shinmori, S. Kawabata, K. Koumoto, T. Suzuki, T. Nagasaki, K. Sugikawa, R. Kawasaki, A. Ikeda | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Improved Stability and Photodynamic Activity of Water-Soluble 5,15-Diazaporphyrins Incorporated in -(1,3-1,6)-D-Glucan with On-Off Switch | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal | 6. 最初と最後の頁 365-370 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201901582 | 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. Mao, X. Yang, S. Mizutani, Y. Huang, Z. Zhang, H. Shinmori, K. Gao, J. Yao | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Hydrogen Sulfide Mediates Tumor Cell Resistance to Thioredoxin Inhibitor | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Oncology | 6. 最初と最後の頁 252 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fonc.2020.00252 | 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 新森英之, 望月ちひろ | 4. 巻 2020 |
| 2. 論文標題 アキラルな金ナノロッドより創出される巨大な光学活性 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 プラズモニク化学研究会 Newsletter | 6. 最初と最後の頁 5-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 新森英之 | 4. 巻 71 |
| 2. 論文標題 酒石酸を用いた金ナノ粒子の合成とアミノ酸の色調変化によるキララル識別 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 化学工業 | 6. 最初と最後の頁 345-350 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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. Tsukiji, M. Osada, T. Sasaki, T. Shirai, K. Satoh, O. Inoue, N. Umetani, C. Mochizuki, T. Saito, S. Kojima, H. Shinmori, Y. Ozaki, K. Suzuki-Inoue | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Cobalt hematoporphyrin inhibits CLEC-2-podoplanin interaction, tumor metastasis, and arterial/venous thrombosis in mice | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Blood Advances | 6. 最初と最後の頁 2214-2225 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1182/bloodadvances.2018016261 | 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 新森英之, 徳丸佳奈, 望月ちひろ | 4. 巻 71 |
| 2. 論文標題 シリカ被膜によって安定化された高分散性金ナノ粒子の開発 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 鉱山 | 6. 最初と最後の頁 225-232 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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. Yanagiba, K. Masaki, H. Shinmori, T. Naganuma | 4. 巻 65 |
| 2. 論文標題 Screening for Lipomyces strains with high ability to accumulate lipids from renewable resources | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of General and Applied Microbiology | 6. 最初と最後の頁 80-87 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2323/jgam.2018.05.006 | 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. Yanagiba, H. Shinmori, T. Naganuma | 4. 巻 68 |
| 2. 論文標題 Investigation of Liquid Culture Conditions for Triacylglycerol Production from Waste Peach by Lipomyces Wild-type Strain | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Oleo Science | 6. 最初と最後の頁 245-249 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess18168 | 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. Satake, H. Shinmori, S. Kawabata, K. Sugikawa, H. Funabashi, A. Kuroda, A. Ikeda | 4. 巻 17 |
| 2. 論文標題 High photodynamic activities of water-soluble inclusion complexes of 5,15-diazaporphyrins in cyclodextrin | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry | 6. 最初と最後の頁 3141-3149 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9OB00101H | 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 新森英之, 望月ちひろ, 篠原英 | 4. 巻 63 |
| 2. 論文標題 バイオ関連キラル超構造化や光学的触媒能が付与された金ナノ粒子の創製 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 触媒 | 6. 最初と最後の頁 27-32 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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. Oishi, N. Tsukiji, S. Otake, N. Oishi, T. Sasaki, T. Shirai, Y. Yoshikawa, K. Takano, H. Shinmori, T. Inukai, T. Kondo, K. Suzuki-Inoue | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Heme activates platelets and exacerbates rhabdomyolysis-induced acute kidney injury via CLEC-2 and GPVI/FcR | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Blood Advances | 6. 最初と最後の頁 2017-2026 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1182/bloodadvances.2020001698 | 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21件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件)

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 新森英之 |
| 2. 発表標題 キラルに配列制御された金ナノロッド集合体の光学特性 |
| 3. 学会等名 第16回プラズモニク化学シンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新森 英之、篠原 英 |
| 2. 発表標題 光線力学的療法に向けたポルフィリン修飾金ナノ粒子型光増感物質の機能制御 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2019年度大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 町田有希、新森英之 |
| 2. 発表標題 アミノ酸修飾シランカップリング剤を用いた金ナノロッドのシリカコーティング |
| 3. 学会等名 平成30年度やまなし産学官連携研究交流事業 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 酒井皓大、新森英之 |
| 2. 発表標題 酒石酸還元金ナノ粒子を用いたアミノ酸の選択的認識 |
| 3. 学会等名 平成30年度やまなし産学官連携研究交流事業 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山崎圭、新森英之 |
| 2. 発表標題 生体プローブとして有用な金ナノロッドの化学的界面改変 |
| 3. 学会等名 令和元年度やまなし産学官連携研究交流事業 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 水谷彩由美、新森英之 |
| 2. 発表標題 光化学的機能を有するコアシェル型金ナノロッドの開発 |
| 3. 学会等名 令和元年度やまなし産学官連携研究交流事業 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 町田有希、新森英之 |
| 2. 発表標題 金ナノロッドのシリカコーティングにおけるアミノ酸の影響 |
| 3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Shinmori, A. Shinohara |
| 2. 発表標題 Photoinduced Singlet Oxygen Generation Regulated by Ligand Exchange Reactions of Porphyrin-appended Gold Nanoparticles |
| 3. 学会等名 29th Annual Meeting of MRS-J (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新森英之 |
| 2. 発表標題 酒石酸を用いた金ナノ粒子の合成とアミノ酸の色調変化によるキラル識別 |
| 3. 学会等名 JST新技術説明会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山崎圭、新森英之 |
| 2. 発表標題 階層的合成による発光性シリカコート金ナノロッドの構築 |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新森英之 |
| 2. 発表標題 シリカ被膜によって安定化された高分散性金ナノ粒子の開発 |
| 3. 学会等名 金属鉱山会 平成30年度 第1回講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 伏見麻奈美、新森英之 |
| 2. 発表標題 ダンベル型金ナノ粒子の熱力学的安定性における界面シリカ被膜の影響 |
| 3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新森英之、酒井皓大 |
| 2. 発表標題 L-酒石酸還元金ナノ粒子を用いたアミノ酸の選択的検知と不斉識別 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2018年度大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 酒井皓大、新森英之 |
| 2. 発表標題 選択的アミノ酸認識能を有する酒石酸修飾金ナノ粒子の合成 |
| 3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 村松俊夫、新森英之 |
| 2. 発表標題 Forever and ever-未来永劫-2015年ノーベル医学・生理学賞受賞記念モニュメント |
| 3. 学会等名 環境芸術学会第19回大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 新森英之、徳丸佳奈、望月ちひろ |
| 2. 発表標題 シリカコート金ナノロッドの分散性と熱安定性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 新森英之 |
| 2. 発表標題 微粒子界面で発光ラベル化されたシリカコート金ナノロッドの構築 |
| 3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2020（招待講演） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 水谷彩由美、新森英之 |
| 2. 発表標題 光化学的機能を有するコアシェル型チタニアコート金ナノロッドの開発 |
| 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 山崎圭、新森英之 |
| 2. 発表標題 発光性を有するコアシェル型シリカコート金ナノロッドの階層的合成 |
| 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 新森英之、徳丸佳奈 |
| 2. 発表標題 生体関連化学での利用に向けた金ナノロッドの分散安定性の改良法 |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会関東支部2020年度大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 新森英之、山崎圭 |
| 2. 発表標題 タンシル基を界面導入した発光性シリカコート金ナノロッドの合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 新森英之 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 サイエンス&テクノロジー株式会社 | 5. 総ページ数 印刷中 |
| 3. 書名 金属ナノ粒子・微粒子の合成技術と応用 | |

〔出願〕 計3件

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 産業財産権の名称 標識化シリカコート金ナノロッド及びその製造方法 | 発明者 新森英之、山崎圭、 篠原英 | 権利者 国立大学法人山梨大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-209844 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|------------------|-------------------|
| 産業財産権の名称 ヒドロキシ酸還元型金ナノ粒子を用いたアミノ酸の色調変化による選択的検出と不斉識別 | 発明者 新森英之、酒井皓大 | 権利者 国立大学法人山梨大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-178008 | 出願年 2018年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|---|---------------------------|-------------------|
| 産業財産権の名称 LABELED SILICA-COATED GOLD NANORODS AND A METHOD FOR PRODUCING THE SAME | 発明者 H. Shinmori et al. | 権利者 国立大学法人山梨大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、US17/144877 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 外国 |

〔取得〕 計0件

〔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 |
|---------|---------|
|---------|---------|