

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26390002

研究課題名(和文) フォトクロミック分子架橋型金属ナノロッドを用いた光応答性キラル組織体の創製

研究課題名(英文) Fabrication of chiral assembled metal nanorods linked by photochromic compounds

研究代表者

新森 英之 (SHINMORI, Hideyuki)

山梨大学・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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：フォトクロミック分子を導入した異方性金属ナノロッドの光応答性及びタンパク質を不斉源としたキラル金属ナノロッド組織体の創製について検討した。チオール基修飾光異性化分子を金属ナノロッドコロイド分散液に添加して光照射を行ったところ、ネットワーク状の組織体が確認された。これは光応答性を有する金属ナノロッド組織体が形成されたことを意味する。また、金属ナノロッドコロイド分散液へ天然不斉源の一種として働くタンパク質を添加した結果、大きな異方性因子を示すキラル組織体の構築が明らかとなった。以上より、光異性化分子導入や不斉分子との相互作用によってキラル金属ナノロッド組織体が創出できることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The light-triggered assembling of gold nanorods (AuNRs) modified with photochromic compounds and the fabrication of chiral AuNR assemblies using proteins were investigated. We synthesized a thiolated spiropyran and azobenzenes, and then introduced onto the AuNRs surface as photoresponsive moieties. The AuNRs used were prepared by a seed-mediated growth method. The AuNRs linked by azobenzene dithiols were assembled without photoirradiation, whereas those modified spiropyran with a dithiolane were formed networked assemblies under UV irradiation. These mean that the assembly of AuNRs is constructed by the photoisomerization of spiropyran moieties. Also, we successfully fabricated the chiral assemblies of AuNRs utilizing electrostatic interaction with proteins. The chiral assemblies have record level of chiroptical activity, indicating the strongly plasmonic circular dichroism. Thus the assemblies of AuNRs can be controlled by photoisomerizable ligands and interaction with proteins.

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 キラル組織体 光応答性 フォトクロミック分子 スピロピラン タンパク質

1. 研究開始当初の背景

ナノスケールのビルディングブロックの集合様式はマクロ材料における様々な機能を決定付ける上で非常に重要である。このようなあらゆる機能性材料の基礎と成り得るナノ会合挙動は多くの科学者によって研究がなされている。その際に使用されるナノサイズのビルディングブロックで最近注目されているもののひとつに金属ナノ粒子がある。金属ナノ粒子は多種多様な形状・サイズが存在し、巨大な表面積などにより特異な界面特性を示す。粒子径が約 100nm 以下の金属ナノ粒子は付着・凝集性が著しく高く、材料として利用する上でその凝集状態のコントロールは極めて重要な基盤技術となる。このナノ粒子会合挙動制御技術における鍵因子として重要な性質が異方性である。様々な金属ナノ粒子の中で、金属ナノロッドは棒状であるが故に長軸と短軸の存在により幾何学および化学的に異方性を有している。さらに金属ナノロッドは、実践的及び実用的目的に適した可視・近赤外光波長領域に局在表面プラズモン共鳴に由来する強い光吸収を持っている。これまでに金(Au)ナノロッドにおける集合様式のコントロールは研究されてきている。例えば Xu と Kotov らは抗体を粒子界面に導入して長軸同士の会合 (side-by-side 型) と短軸同士の会合 (end-to-end 型) をコントロールしている (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2010**, *49*, 5472-5475.)。また Nakashima らはクラウンエーテルのサンドイッチ錯体架橋を利用して会合挙動をコントロールしている (*Chem. Commun.* **2007**, 1080-1082.)。しかしながら、これらはキラリティ情報の獲得には至っていない。一方、ピナフチル修飾アゾベンゼンで保護された Au ナノロッドが Li らによって合成されており、光異性化学挙動が確認されている (*Langmuir* **2011**, *27*, 98-103.)。しかし、ナノロッドがモノマー分散状態であったため、そのキラリティーはピナフチル吸収帯の紫外光領域のみに反映されるに留まっていた。ごく最近、研究代表者らはタンパク質と Au ナノロッドとの粒子界面での相互作用により、キラリな side-by-side 型組織体が構築できることを発見し、円二色性(CD)スペクトル法を用いて証明した(第7回バイオ関連化学シンポジウム(2013)で発表済)。この side-by-side 型キラリ Au ナノロッド組織体は Au ナノロッド特有の吸収帯である近赤外光波長領域の 800nm 付近において CD 活性であり、研究代表者らが金属ナノロッドの局在表面プラズモン共鳴における CD 応答を世界に先駆けて実証した。さらに、このキラリ組織体形成がタンパク質選択性を示したことから、タンパク質のキラリシグナルを金属ナノロッド組織体へ選択的に伝達・転写できることが分かった。また、研究代表者らはここ数年間にわたり金属ナノ粒子界面の機能化に関する研究を行っており、様々な金属ナノ粒子の

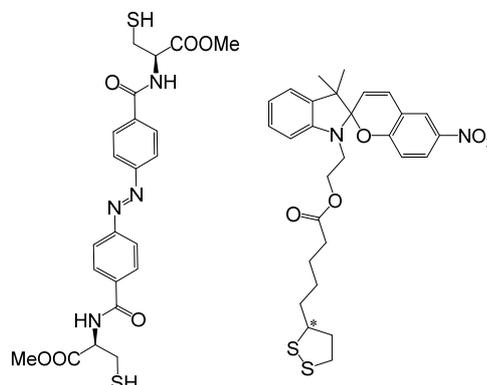
合成・物性評価に加えて、金属界面と親和性を持つ硫黄原子を含んだチオール基を機能性分子に導入した化合物群の設計・合成のノウハウを持っている。過去に研究代表者は、九州大学の新海研究室にてボロン酸修飾色素化合物を用いた糖質検知に関する研究に従事していた際、また京都大学の須賀研究室にて光機能性ポルフィリン研究の際、フォトクロミックなアゾベンゼンやスピロピラン、ジアリールエテン骨格を利用していたために光応答性化合物の合成や光異性化学挙動の評価、さらには糖質がキラリ源であったためナノ会合体のキラリティー解析に長けている。

2. 研究の目的

本研究では、まず光異性化機能を有するフォトクロミック分子に、金属親和性のためのチオール基を導入したフォトクロミック分子を設計・合成し、金属ナノロッドへ導入することで、光応答性を有する金属ナノロッド組織体を構築する。次いで、金属ナノロッド組織体にキラリ源となるタンパク質を相互作用させることでキラリな金属ナノロッド組織体を創製することを目的とする。これらにより、キラリ金属ナノロッド組織体のナノ構造をクリーンな光エネルギーによってスイッチングできる手法の基礎的知見が得られ、不斉情報の一次元方向への伝達・転写機能の人工的コントロールが可能となると期待される。

3. 研究の方法

(1) 両末端にチオール基を有する Au ナノロッドを架橋できるフォトクロミック分子を設計・合成する。本研究では Au ナノロッド組織体の光応答性を目指しているため、架橋剤として用いるフォトクロミック分子では光異性化反応に伴って距離・方向が大きく変化するものが適している。フォトクロミック分子の 1 種であるアゾベンゼンは、4,4'位の距離と角度がシス・トランス異性化によって約 4°, 120 度ほど大きく変化し、照



金親和性を有するアゾベンゼン及びスピロピラン誘導体

射光の波長を変えることで可逆性が良く、且つ繰り返し安定性が高いことが知られている(*Nature* **1937**, *140*, 281.)。従って、まずはアゾベンゼン骨格を組み込んだ光学活性フォトクロミック分子を設計する。ここでキラル源としては、金に対する親和性を有するチオール基を持つアミノ酸であるシステインを採用する。一方、その他のフォトクロミック分子として、光異性化によって分子内極性や色調が大きく変化するものにスピロピランがある(*Chem. Commun.* **2009**, 287-288.)。そこでスピロピランにはキラル源として金親和性の硫黄原子を含んだジチオランを持った β -リポ酸を導入する。その後、これらシステイン修飾アゾベンゼン誘導体及び β -リポ酸修飾スピロピラン誘導体の光異性化挙動を光学的手法により評価する。

(2) 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た Au ナノロッドへのシステイン修飾アゾベンゼン誘導体と β -リポ酸修飾スピロピラン誘導体の導入方法を確立する。Au ナノロッドは界面活性な CTAB が粒子表面に存在しているために水にコロイド分散可能である。一方で、システイン部位はアミノ酸であるが故に水溶性に寄与するが、 β -リポ酸部位は疎水性であることから、導入反応は水と有機溶媒との混合系を利用する。ここではフォトクロミック分子の Au ナノロッドへの導入率や導入位置についても併せて検討する。

(3) 上記で得られるシステイン修飾アゾベンゼン及び β -リポ酸修飾スピロピランが導入された Au ナノロッドの組織化に関する評価をスペクトル的手法によって検討する。次いで、光照射における Au ナノロッド組織体の配列形態の変化をスペクトル的手法に加えて電子顕微鏡観察等を用いて確認する。ここでは、フォトクロミック分子を導入した段階で Au ナノロッド組織体が形成される場合にはアゾベンゼン骨格のシス-トランス体及びスピロピラン骨格のスピロラン-メロシアンニン型それぞれの状態での Au ナノロッドへの導入反応を個別に行う。さらに、Au ナノロッド組織体におけるアゾベンゼンやスピロピランに修飾したシステインや β -リポ酸のキラリティーの反映を CD スペクトルを用いて評価する。

(4) キラルな Au ナノロッド組織体の創製のために、多様なキラル源として魅力的なタンパク質を活用する。様々な条件下で Au ナノロッドのコロイド分散液にタンパク質を添加して、光学スペクトル変化を確認する。タンパク質は pH や有機溶媒等によって変性等に伴う高次構造の変化が予測できる。また Au ナノロッドの粒子界面に存在する界面活性剤の表面保護状態も外部環境によって変動すると示唆される。そこで、Au ナノロッド

組織体のキラル情報を CD スペクトルで、また配列形態を電子顕微鏡観察で検討すると同時に、Au ナノロッド界面のゼータ電位の変化やタンパク質の高次構造変化についても調査する。

4. 研究成果

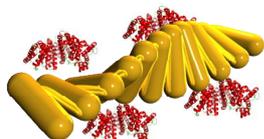
(1) 金親和性官能基を有するアゾベンゼン誘導体はシステインのカルボキシル基及びチオール基を保護した化合物を 4,4' 位にて縮合反応させ、その後脱保護することで得た。また、 β -リポ酸修飾スピロピラン誘導体は 2,3,3-トリメチル-3*H*-インドールを出発原料として *N*-四級化、分子内環化及びサリチルアルデヒドとの縮合反応を経て、 β -リポ酸を用いたエルテル化反応により合成に成功した。得られたシステイン修飾アゾベンゼン誘導体及び β -リポ酸修飾スピロピラン誘導体の水-有機溶媒混合溶媒中で光照射実験を行った結果、紫外光と可視光の反復照射に伴ってトランス-シス体及びスピロラン-メロシアンニン型の異性化が数分以内に生じた。

(2) Au ナノロッドコロイド分散液に光異性化挙動が確認されたシステイン修飾アゾベンゼン及び β -リポ酸修飾スピロピランをそれぞれ添加し、一定時間静置させることで粒子界面への導入反応を行った。 β -リポ酸修飾スピロピラン添加時は Au ナノロッド由来の吸収帯にほとんど変化がなかったのに対して、システイン修飾アゾベンゼンの場合は近赤外領域の吸収帯の明らかな長波長シフトが観測された。これらの結果は、スピロピラン系では金に対して 1 座官能性であることと、アゾベンゼン系では 2 座官能性となっていることに起因する。また、Au ナノロッドの吸収帯の波長シフトは end-to-end 型組織体形成を示すものであった。従って、システイン修飾アゾベンゼンは添加するのみで粒子界面導入され、効率的に Au ナノロッド組織体を形成させることができることが分かった。

(3) β -リポ酸修飾スピロピランを添加した Au ナノロッドは、詳細な吸収スペクトル測定によって粒子界面に導入されていることが確認できたため、紫外線照射下でのスペクトル変化を測定した。その結果、メロシアンニン型由来の吸収帯の増加と同時に、Au ナノロッド由来の吸収帯の長波長シフトが観測された。これは光照射による end-to-end 型 Au ナノロッド組織体の創出を意味し、電子顕微鏡観察でも立証できた。また、システイン修飾アゾベンゼン添加の場合には、導入直後の Au ナノロッド組織体形成となった。そのため、トランス体とシス体それぞれにおける組織化速度を比較したところ、トランス体添加時で明らかな速度の増大が見られた。これらの結果より、光異性化による架橋剤の構造変化が Au ナノロッド組織体形成に大きく

影響することが確認できた。

(4) 中性条件下、Au ナノロッドへヒト血清アルブミン(HSA)を添加したところ、吸収スペクトルの短波長シフトが観測された。このCD スペクトルを測定した結果、大きなCD シグナルを持った負のコットン効果が示された。これらの結果より、Au ナノロッドとHSA との相互作用は、side-by-side 型キラル Au ナノロッド組織体を形成させる要因となることが分かった。この side-by-side 型組織体は電子顕微鏡観察でも確認できた。さらに、様々なタンパク質を添加してみると、アルブミンタンパク質に選択的 CD 応答が見られることが確かめられた。また、CD スペクトルや電子顕微鏡観察を用いて Au ナノロッドとHSA との相互作用を様々な溶媒条件や pH で検討した結果、コットン効果の反転現象やキラル Au ナノロッド組織体の形態変化が確認できた。以上のことより、形態スイッチ機能を有するキラルな Au ナノロッド組織体が構築可能であることが明らかとなった。



キラルな Au ナノロッド組織体の模式図

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

- 1) H. Shinmori, C. Mochizuki, “Strong chiroptical activity from achiral gold nanorods assembled with proteins”, *Chem. Commun.* **2017**, 印刷中. (査読有) DOI: 10.1039/C7CC03089D
 - 2) C. Mochizuki, H. Shinmori, “Light-triggered Assembly of Gold Nanorods based on Photoisomerization of Spiropyran”, *Chem. Lett.* **2017**, 46, 469-472. (査読有) DOI: 10.1246/cl.161131
 - 3) A. Shinohara, H. Shinmori, “Controlled Generation of Singlet Oxygen by Porphyrin-Appended Gold Nanoparticles”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2016**, 89, 1341-1343. (査読有) DOI: 10.1246/bcsj.20160254
 - 4) H. Takase, K. Sasaki, H. Shinmori, A. Shinohara, C. Mochizuki, H. Kobayashi, G. Ikoma, H. Saito, H. Matsuo, S. Suzuki, R. Takata, “Cytochrome P450 CYP71BE5 in grapevine (*Vitis vinifera*) catalyzes the formation of the spicy aroma compound (-)-rotundone”, *J. Exp. Bot.* **2016**, 67, 787-798. (査読有) DOI: 10.1093/jxb/erv496
 - 5) H. Takase, K. Sasaki, H. Shinmori, A. Shinohara, C. Mochizuki, H. Kobayashi, H. Saito, H. Matsuo, S. Suzuki, R. Takata, “Analysis of Rotundone in Japanese Syrah Grapes and Wines using Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE) with Heart-Cutting Two-Dimensional GC/MS”, *Am. J. Enol. Vitic.* **2015**, 66, 398-402. (査読有) DOI: 10.5344/ajev.2015.14118
- 〔学会発表〕(計33件)
- 1) C. Mochizuki, H. Shinmori, “Seed-mediated growth approach using various phenolic reductants for shape-controlled synthesis of gold nanoparticles”, 日本化学会第97春季年会、2017年3月16日、慶應義塾大学(東京都千代田区)
 - 2) C. Mochizuki, H. Shinmori, “Fabrication of silica coated chiral gold nanorod assemblies using protein conjugation”, 第26回日本MRS年次大会、2016年12月19日、産業貿易センタービル(神奈川県横浜市)
 - 3) 望月ちひろ、新森英之、「タンパク質を不斉源とした金ナノロッド組織体へのキラル転写」、細胞を創る研究会9.0、2016年11月21-22日、早稲田大学(東京都新宿区)
 - 4) 徳丸佳奈、新森英之、「金ナノロッド用保護剤としてのシリカ系コーティング膜」、第6回CSJ化学フェスタ2016、2016年11月16日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 5) 望月ちひろ、新森英之、「光応答性金ナノロッドを用いた金属ナノワイヤの創製」、第6回CSJ化学フェスタ2016、2016年11月15日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 6) 望月ちひろ、新森英之、「キラル配座を保持したシリカコート金ナノロッド超構造体の創製」、日本農芸化学会関東支部2016年度大会、2016年10月15日、日本獣医生命科学大学(東京都武蔵野市)
 - 7) 徳丸佳奈、新森英之、「高分散性を有するシリカコート金ナノロッドの開発」、日本農芸化学会関東支部2016年度大会、2016年10月15日、日本獣医生命科学大学(東京都武蔵野市)
 - 8) 望月ちひろ、新森英之、「スピロピラン修飾金ナノロッドを用いた光異性化による集合体制御」、第67回コロイドおよび界面化学討論会、2016年9月24日、北海道教育大学旭川校(北海道旭川市)
 - 9) 徳丸佳奈、新森英之、「シリカ被膜による高分散性金ナノロッドの合成」、第67回コロイドおよび界面化学討論会、2016年9月24日、北海道教育大学旭川校(北海道旭川市)
 - 10) H. Takase, K. Sasaki, H. Shinmori, A. Shinohara, C. Mochizuki, H. Kobayashi, G. Ikoma, H. Saito, H. Matsuo, S. Suzuki, R.

- Takata, "Cytochrome P450 CYP71BE5 from grapevine (*Vitis vinifera*) catalyzes the formation of the spicy aroma compound, (-)-rotundone", *Macrowine* 2016, June, 29, 2016, Changins (Switzerland)
- 11) 井上克枝、新森英之、長田誠、白井俊光、望月ちひろ、小嶋聡一、斎藤臣雄、佐々木知幸、井上修、尾崎由基男、「ポドブニン結合阻害能を持つ CLEC-2 結合低分子化合物リガンド」、第 38 回日本血栓止血学会学術集会、2016 年 6 月 17 日、奈良春日野国際フォーラム(奈良県奈良市)
 - 12) A. Shinohara, H. Shinmori, "Surface modification of gold nanoparticles with porphyrins through a covalent and a topological linkage", MANA International Symposium 2016, 2016 年 3 月 9-10 日、つくば国際会議場(茨城県つくば市)
 - 13) C. Mochizuki, H. Shinmori, "Light-triggered assembly of spiropyran modified gold nanorods", MANA International Symposium 2016, 2016 年 3 月 9-10 日、つくば国際会議場(茨城県つくば市)
 - 14) C. Mochizuki, H. Shinmori, "Controllable Side-by-Side and End-to-End Assembly of Gold Nanorods by Protein", 第 25 回日本 MRS 年次大会、2015 年 12 月 8 日、産業貿易センタービル(神奈川県横浜市)
 - 15) A. Kikuchi, H. Shinmori, "Multi-shaped Gold Nanoparticles as Hyperthermia Agents", 第 25 回日本 MRS 年次大会、2015 年 12 月 8 日、産業貿易センタービル(神奈川県横浜市)
 - 16) 新森英之、望月ちひろ、菊地亮喜、「異方性金ナノ粒子の特異な配列によるキラル超構造体形成」、第 16 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム、2015 年 10 月 26 日、物質・材料研究機構(茨城県つくば市)
 - 17) 望月ちひろ、新森英之、「金ナノロッド超構造体のタンパク質による形態制御」、第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015、2015 年 10 月 14 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 18) 菊地亮喜、新森英之、「金ナノマテリアルを用いた温熱療法における粒子形状効果」、第 5 回 CSJ 化学フェスタ 2015、2015 年 10 月 14 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 19) 望月ちひろ、新森英之、「金ナノロッド界面でのアルブミンタンパク質の挙動による組織化制御」、日本農芸化学会関東支部 2015 年度大会、2015 年 9 月 26 日、お茶の水女子大学(東京都文京区)
 - 20) 菊地亮喜、新森英之、「温熱療法のための金ナノ粒子型光熱変換剤の探索」、日本農芸化学会関東支部 2015 年度大会、2015 年 9 月 26 日、お茶の水女子大学(東京都文京区)
 - 21) 篠原英、新森英之、「ポルフィリン修飾[2]ロタキサンを有する金クラスターのシャトリングによる光増感機能制御」、第 66 回コロイドおよび界面化学討論会、2015 年 9 月 12 日、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)
 - 22) 望月ちひろ、新森英之、「タンパク質による金ナノロッドのキラル組織体形成と選択的エッチング挙動」、第 66 回コロイドおよび界面化学討論会、2015 年 9 月 12 日、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)
 - 23) 篠原英、新森英之、「動的共有結合を有する 2 級アンモニウム塩/クラウンエーテル系[3]ロタキサンの脱プロトン化挙動」、日本化学会第 95 春季年会、2015 年 3 月 28 日、日本大学(千葉県船橋市)
 - 24) 望月ちひろ、新森英之、「蛍光性金ナノロッド集合体を利用したアミノ酸の選択的検出」、日本化学会第 95 春季年会、2015 年 3 月 27 日、日本大学(千葉県船橋市)
 - 25) 菊地亮喜、新森英之、「可視光照射により抗腫瘍活性を発現する機能性金ナノキューブの探索」、日本化学会第 95 春季年会、2015 年 3 月 27 日、日本大学(千葉県船橋市)
 - 26) 篠原英、新森英之、「ナノマシン機能を有するロタキサン修飾金クラスターの活性酸素発生能」、日本農芸化学会関東支部 2014 年度大会、2014 年 10 月 18 日、埼玉大学(埼玉県さいたま市)
 - 27) 望月ちひろ、新森英之、「金ナノロッドのキラル組織体を利用したアミノ酸センシングシステムの開発」、日本農芸化学会関東支部 2014 年度大会、2014 年 10 月 18 日、埼玉大学(埼玉県さいたま市)
 - 28) 菊地亮喜、新森英之、「動物培養細胞に対する機能性金ナノキューブの抗がん活性」、日本農芸化学会関東支部 2014 年度大会、2014 年 10 月 18 日、埼玉大学(埼玉県さいたま市)
 - 29) 藤巻慶弘、新森英之、「金ナノ粒子形成過程を利用したカテコールアミン類の比色検出法の開発」、第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014、2014 年 10 月 15 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 30) 篠原英、新森英之、「ポルフィリン修飾[3]ロタキサンのシャトリング挙動と光増感活性制御」、第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014、2014 年 10 月 15 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 31) 望月ちひろ、新森英之、「キラル金ナノロッド組織体を用いたアミノ酸の選択的検出」、第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014、2014 年 10 月 15 日、タワーホール船堀(東京都江戸川区)
 - 32) 篠原英、新森英之、「金微粒子上でのポルフィリン修飾ロタキサンの構築と光化学的挙動」、第 65 回コロイドおよび界面化学討論会、2014 年 9 月 5 日、東京理科大学(東京都新宿区)
 - 33) 望月ちひろ、新森英之、「アゾベンゼンを

利用した金ナノロッド-タンパク質複合体の光応答性」第 65 回コロイドおよび界面化学討論会、2014 年 9 月 5 日、東京理科大学（東京都新宿区）

(3) 連携研究者
なし

(4) 研究協力者
なし

〔産業財産権〕

出願状況（計 4 件）

- 1) 名称：シリカコーティングされた高分散性金ナノロッドの合成方法及び合成された金ナノロッドの分散液
発明者：新森英之、徳丸佳奈、望月ちひろ
権利者：国立大学法人山梨大学
種類：特許
番号：特願 2017-022728
出願年月日：2017 年 2 月 10 日
国内外の別：国内
- 2) 名称：CLEC-2 拮抗剤、血小板凝集抑制剤、抗血栓薬、及び抗転移薬、並びにポルフェリン骨格を有する化合物、及びその製造方法
発明者：井上克枝、長田誠、小嶋聡一、斉藤臣雄、佐々木知幸、白井俊光、新森英之、望月ちひろ
権利者：国立大学法人山梨大学
種類：特許
番号：PCT/JP2017/000059
出願年月日：2017 年 1 月 4 日
国内外の別：外国
- 3) 名称：CLEC-2 拮抗剤、血小板凝集抑制剤、抗血栓薬、及び抗転移薬、並びにポルフェリン骨格を有する化合物、及びその製造方法
発明者：井上克枝、長田誠、小嶋聡一、斉藤臣雄、佐々木知幸、白井俊光、新森英之、望月ちひろ
権利者：国立大学法人山梨大学
種類：特許
番号：特願 2016-000267
出願年月日：2016 年 1 月 4 日
国内外の別：国内
- 4) 名称：キラル金ナノロッド組織体を用いたアミノ酸の検出方法
発明者：新森英之、望月ちひろ
権利者：国立大学法人山梨大学
種類：特許
番号：特願 2015-020817、特開 2016-142699
出願年月日：2015 年 2 月 5 日
国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新森 英之 (SHINMORI, Hideyuki)
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：40311740

(2) 研究分担者

なし