

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00845

研究課題名（和文）ナノ粒子コア型ハイブリッドデンドリマーの異方的形状動的変化に基づく協奏機能の誘起

研究課題名（英文）Inducing synergistic functions derived from dynamic change in the shape of hybrid dendrimers with a nanoparticle core

研究代表者

蟹江 澄志（KANIE, KIYOSHI）

東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・教授

研究者番号：60302767

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、複数の機能性ナノ粒子から“有機無機ハイブリッドデンドリマー”を合成し、ナノ粒子表面でのデンドロンのダイナミズムに由来したハイブリッドデンドリマーへの異方的形状の誘起に基づくナノ粒子機能の制御を目的とした。具体的には、磁性ナノ粒子、金ナノ粒子、および量子ドットへの適用を検討した。その結果、磁性粒子では、磁気誘導加熱により、低温でのナノ組織構造の制御およびその構造に由来した磁気特性の制御が可能であることが示された。金および量子ドットへの適用では、ナノ粒子表面において、オリゴチオフエンデンドロンとの強い相互作用に基づくナノ粒子機能の変化が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナノ粒子は、表面プラズモン特性に由来した着色、量子効果に基づいた蛍光、磁気モーメントに基づく磁性など、材料として魅力的な性質を示す。これらの性質は、粒子のサイズに由来することから、性質をさらに制御することは困難である。本研究では、有機無機ハイブリッド化により、機能性デンドロンをナノ粒子表面に修飾することで、形状変化や相互作用の発現を誘起することでナノ粒子の特性を制御し、革新機能材料を創成することに着目した。その結果、ナノ粒子の特性制御が可能であることが示され、ナノ粒子の新たな活用方法を切り拓く成果となった。

研究成果の概要（英文）：In this study, "organic-inorganic hybrid dendrimers with a functional nano-core" were designed and synthesized to induce synergistic functions derived from dynamic changes in the shape of the hybrid dendrimers, which are derived from the dynamics of the dendron on the surface of the nanoparticles. Specifically, the application to magnetic nanoparticles, gold nanoparticles and quantum dots was investigated. The results showed that, for magnetic particles, magnetic induction heating can be used to control the nano-structure at low temperatures, and change in the magnetic properties derived from the structure were successfully observed. In the application to gold nanoparticles and quantum dots, changes in nanoparticle functionality based on strong interactions with oligothiophene dendrons were seen on the nanoparticle surface.

研究分野：材料化学

キーワード：有機無機ハイブリッド ナノ粒子 デンドリマー 自己組織化 ナノロッド

1. 研究開始当初の背景

有機無機ハイブリッド材料は、ナノ・分子原子レベルでの有機-無機界面制御に着目した複合機能材料である。このような材料の設計・合成は、有機物と無機物の相反する機能、例えば有機物の柔軟性と無機物の高耐久性をオンデマンドに発現するような材料の開発や、全く新しい相乗機能・物性の発現・創出に繋がることが期待されている。研究代表者がこれまでに開発してきた“有機無機ハイブリッド液晶”は、無機物にない流動性と有機物単独では成し得ない高い光屈折率を兼ね備えた“相反機能発現材料”の先駆的例である。一方、研究代表者らは、“液晶性有機無機ハイブリッドデンドリマー”として、液晶性有機デンドロンの自己組織性を球状ナノ粒子に転写する手法を世界に先駆けて開拓した。本手法によれば、ナノ粒子にデンドロン由来の液晶性が付与され、ナノ粒子が自発的に二次元・三次元組織構造を形成する。ここで得られるナノ粒子の配列・組織構造は、液晶性カラム状超格子から液晶性単純立方格子構造へと動的に変化させることが可能であり、他に例を見ない成果となった。さらに、得られる自己組織構造体におけるナノ粒子の粒子間距離は十数 nm レベルとなる。この領域でのナノ粒子の規則配列はトップダウン・ボトムアップ手法のどちらを用いても極めて困難な領域であり、本手法ならではの強みである。例えば、本手法によれば、シングルナノサイズ粒子が 14 nm の粒子間距離を保ちつつ精緻に配列し、少なくともミクロンオーダーで均一ドメインからなるナノ粒子自己組織構造を構築することができる。この際、粒子表面に存在するデンドロン修飾チオール配位子は、意外にもダイナミックに振る舞う。例えば、CdS 量子ドットをコアとする“液晶性有機無機ハイブリッドデンドリマー”は、チオール配位子のダイナミズムに基づき、球状から卵状の組織体へと形状が変化する。さらにその結果、コアに存在する量子ドットの発光-消光がダイナミックかつ可逆的に ON-OFF 制御される。この自己組織構造の変化による量子ドットの発光-消光は、世界で初めて見出された現象である。すなわち、ナノ粒子が集積した自己組織体の構造制御は、ナノ粒子本来の性質すら制御できることを示唆している。このように、精密にサイズ・形状制御された機能性無機ナノ粒子表面への機能性有機分子の精密修飾は、予想を超えた相乗機能の発見、すなわちセレンディピティーにも繋がる深い学術的背景を含む研究対象である。

2. 研究の目的

本研究では、ナノ粒子表面でのデンドロンのダイナミズムに由来したハイブリッドデンドリマーへの異方的形状の誘起を目的とする。具体的には、内部シェルとしてアルキルチオール、外部シェルとしてデンドロン修飾チオールを有する球状・ロッド状ナノ粒子に対し、デンドロン分子の自己組織性に由来したナノ粒子表面での自己組織的再配列を鍵とした形状変化を誘起する。ついで、“有機無機ハイブリッド液晶”に関する実績を元に、異形状に由来したさまざまな液晶性ナノ組織構造を構築する。さらに、異形状の変化の誘起によりナノ組織構造を変化させ、ナノ粒子間相互作用の増強・消失・変換に基づくナノ粒子機能の制御を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、金属、量子ドット、強磁性ナノ粒子、および金ナノロッド表面に液晶性有機デンドロンを密に修飾することにより、機能性無機ナノ粒子をコアとする“液晶性有機無機ハイブリッドデンドリマー”を構築する。ついで、ナノ粒子表面でのデンドロンのダイナミズムに由来したハイブリッドデンドリマーへの異方的形状の誘起に由来した液晶性ナノ組織構造を構築する。得られた構造を小角 X 線散乱 (SAXS) 測定や電子密度マップ構築などにより評価すると共に、プラズモン・蛍光寿命・磁化率測定を可視・紫外光および磁場印加時に測定することで形状変化に由来した特性変化を評価する。具体的には、以下の通り、研究を遂行する。

(1) 機能性無機ナノ粒子をコアとするハイブリッドデンドリマーの設計と合成

金、量子ドット、 Fe_3O_4 、FePt 球状ナノ粒子をコアとする“液晶性有機無機ハイブリッドデンドリマー”を設計・合成する。この際、チオールの粒子表面でのダイナミズムに着目し、COOH 基含有チオールを内部シェルとした球状ナノ粒子とする。次いで、アミド化を介して外部シェルとなる自己組織性デンドロンを導入する。

(2) オリゴチオフェン型液晶性デンドロンの設計、合成、評価

本研究では、粒子間相互作用の増強を目的としてオリゴチオフェン部位を有する様々な液晶性デンドロンを設計・合成する。

(3) ハイブリッドデンドリマーからなる液晶性自己組織構造構築・制御法開拓

得られるハイブリッドデンドリマーから、さまざまな液晶性ナノ粒子自己組織構造体を構築する。磁気誘導加熱により、ナノ粒子自己組織構造の動的制御に取り組む。

(4) 先端計測によるハイブリッドデンドリマーの液晶性自己組織構造解析

ハイブリッドデンドリマーの形状変化・ナノ組織構造変化および異種ナノ粒子からなる規則配列構造の精密解析を SPring-8 SAXS, GI-SAXS 測定および cryo-TEM 観察により行う。

(5) ハイブリッドデンドリマーの材料特性解析・制御

ハイブリッドデンドリマーの異方的形状に由来した機能探索を行う。磁性ナノ粒子をコアとす

る dendrimer については、磁気誘導加熱が誘起する機能変化を、I-V 曲線取得による磁気抵抗測定および磁化率・保磁力測定により行う。一方、異種ナノ粒子間相互作用による協奏機能の発現については、量子ドットを紫外光励起しつつ金ナノ粒子に由来したプラズモン共鳴スペクトル測定を行う。

4. 研究成果

磁性ナノ粒子をコアとする有機無機ハイブリッド dendrimer を創製すべく、 Fe_3O_4 ナノ粒子表面への精密な官能基の導入を検討した。官能基としてはエステルやアミド結合を形成可能な COOH を選定し、配位子交換反応により粒子表面への導入を試みた。配位子として、 Fe_3O_4 ナノ粒子表面へ強く結合するホスホン酸を配位子として使用し、末端に COOH を有するホスホン酸、 COOH 基を有さないホスホン酸の 2 種類を使用し、そのモル比を変化させることによって後の dendrimer 修飾量の制御に繋げた。熱重量分析や核磁気共鳴スペクトルなどを組み合わせた分析によって、粒子表面の COOH 基の導入量を評価した結果、本手法において Fe_3O_4 ナノ粒子表面への COOH 基の導入およびその導入量の精密制御が可能であることが明らかになった。得られた磁性粒子は水分散系において、優れた磁気誘導加熱特性を示すことが国際共同研究により示された。

続いて、得られた Fe_3O_4 ナノ粒子を基に、液晶性 dendrimer を表面に修飾した有機無機ハイブリッド dendrimer を合成し、磁性ナノ粒子の配列制御およびそれに伴う磁気特性制御を試みた。適切な量の dendrimer を粒子表面に導入した粒子において、透過型電子顕微鏡観察によって長距離にわたる 2 次元ヘキサゴナル配列の形成が確認され、自己組織性の付与の成功が確認された。また、示唆走査熱量測定、構造解析の結果から、3 次元構造が熱相転移によって変化し、 170°C で体心立方構造を形成することが明らかとなった。さらに、相転移によって、飽和磁化やブロッキング温度などの磁気特性も変化し、粒子配列の制御による磁気特性制御が可能であることが示された。さらに本研究では、交流磁場の印加によって磁性ナノ粒子が発熱を生じる“磁気誘導加熱”を利用することで観測温度が 40°C 程度の低温でも相転移が可能であることも示された。

これらの結果から、液晶性 dendrimer による表面修飾が磁性ナノ粒子の配列および磁気特性制御に有効であるとともに、磁場の印加による磁気誘導加熱を利用した粒子配列制御も可能であることが示された。さらに、 FePt ナノ粒子をコアとした有機無機ハイブリッド dendrimer を合成し、dendrimer 修飾技術を他の磁性ナノ粒子へ展開するとともに、粒子配列や磁気特性に与える影響について精査した。 FePt ナノ粒子においても dendrimer 修飾に成功し、得られた粒子において、熱相転移による配列の変化が構造解析より明らかになった。また、 FePt をコアとした dendrimer では 90°C 程度の比較的低温での相転移が確認された。相転移温度の低温化に伴い、温度変化における磁化の変化を追跡することが可能となり、磁場 - 温度の関係性のプロットから相転移温度付近で磁気特性の変化が観測され、相転移が磁気特性を変化させることができることが明らかとなった。これら結果から、相転移が磁気特性を変化させることが強く示されたほか、dendrimer 修飾による粒子配列技術が他の磁性ナノ粒子にも応用可能であり、本手法が磁性ナノ粒子をビルディングブロックとした磁性材料開発に有用であることが示された。

さらに、オリゴチオフェン dendrimer を表面修飾させた Au ナノ粒子および CdS ナノ粒子の合成に取り組み、いずれも、チオール末端部位を有するオリゴチオフェン存在下でナノ粒子合成することで、目的としたハイブリッド dendrimer を得る手法を確立した。得られたオリゴチオフェン dendrimer 修飾 Au ナノ粒子では、 Au ナノ粒子の性質であるプラズモン共鳴が弱まることを見出し、特許出願を行った。また、オリゴチオフェン dendrimer 修飾 CdS ナノ粒子では、 CdS ナノ粒子由来のバンド端発光波長とオリゴチオフェン dendrimer の紫外線吸収波長の一致に由来し、 CdS ナノ粒子とオリゴチオフェン dendrimer との間で効率的な相互作用が発現することが見出された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 T. Yachi, M. Matsubara, C. Shen, S. Asami, N. B. Milbrandt, M. Ju, S. Wickramasinghe, A. C. S. Samia, A. Muramatsu, K. Kanie	4. 巻 4
2. 論文標題 Water-Dispersible Fe ₃ O ₄ Nanoparticles Modified with Controlled Numbers of Carboxyl Moieties for Magnetic Induction Heating	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 7395-7403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.1c01370	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 H. Mitomo, C. Takeuchi, R. Sugiyama, K. Tamada, and K. Ijio	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermo-responsive Silver Nanocube Assembled Films	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	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) 10.1246/bcsj.20220047	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. Nakamura, H. Mitomo, S. Suzuki, Y. Torii, Y. Sekizawa, Y. Yonamine, and K. Ijio	4. 巻 -
2. 論文標題 Self-Assembly of Gold Nanorods into a Highly Ordered Sheet via Electrostatic Interactions with Double-Stranded DNA	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	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) 10.1246/cl.220069	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 Chen Shen, Yasufumi Oda, Masaki Matsubara, Jun Yabuki, Shinya Yamanaka, Hiroya Abe, Makio Naito, Atsushi Muramatsu, and Kiyoshi Kanie	4. 巻 -
2. 論文標題 Magnetorheological Fluids with Surface-Modified Iron Oxide Magnetic Particles with Controlled Size and Shape	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials and Interfaces	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) 10.1021/acсами.1c03225	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 Hiroshi Nakajima, Daichi Matsuki, Yumi Fukunaga, Takaaki Toriyama, Koji Shigematsu, Masaki Matsubara, Kiyoshi Kanie, Atsushi Muramatsu, Yasukazu Murakami	4. 巻 68
2. 論文標題 Self-assembled structure of dendronized CdS nanoparticles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microscopy	6. 最初と最後の頁 342-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jmicro/dfz01	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 Chen Shen, Masaki Matsubara, Mizuho Yabushita, Sachiko Maki, Atsushi Muramatsu, and Kiyoshi Kanie	4. 巻 2
2. 論文標題 Magnetic field induced uniaxial alignment of the lyotropic liquid-crystalline PMMA-grafted Fe ₃ O ₄ nanoplates with controllable interparticle interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale Advances	6. 最初と最後の頁 814-822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9na00767a	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 松原正樹, 蟹江澄志	4. 巻 18
2. 論文標題 CdS量子ドットをコアとする液晶性有機無機ハイブリッド dendromer の開発とフォトルミネッセンス制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ナノ学会誌	6. 最初と最後の頁 37-42
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 L. Kong, L. Wang, Y. Shi, L. Peng, X. Liang, G. Wang, H. Mitomo, T. Takarada, K. Ijio, M. Maeda	4. 巻 8
2. 論文標題 DNA-Functionalized Silver Nanoparticles in an Alcoholic Solvent for Environment-Dictated Multimodal Actuation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 10321-10330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.2c01493	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. Nakano, O. Miyashita, Y. Joti, A. Suzuki, H. Mitomo, Y. Niida, Y. Yang, H. Yumoto, T. Koyama, K. Tono, H. Ohashi, M. Yabashi, T. Ishikawa, Y. Bessho, K. Ijio, Y. Nishino, F. Tama	4. 巻 9
2. 論文標題 Three-dimensional structure determination of gold nanotriangles in solution using X-ray free-electron laser single-particle analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 776-784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.457352	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 該当する
1. 著者名 J. C. Mba, H. Mitomo, Y. Yonamine, G. Wang, Y. Matsuo, K. Ijio	4. 巻 12
2. 論文標題 Hysteresis in the Thermo-Responsive Assembly of Hexa(ethylene glycol) Derivative-Modified Gold Nanodiscs as an Effect of Shape	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12091421	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 該当する
1. 著者名 H. Lin, H. Mitomo, Y. Yonamine, Z. Guo, K. Ijio	4. 巻 34
2. 論文標題 Core-Gap-Shell Nanoparticles@Polyaniline with Tunable Plasmonic Chiroptical Activities by pH and Electric Potential Dual Modulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 4062-4072
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.2c00313	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 C. Shen, M. Matsubara, T. Masui, H. Kishimoto, S. Yamanaka, A. Muramatsu, K. Kanie	4. 巻 4
2. 論文標題 Magnetorheological Elastomer Films with Controlled Anisotropic Alignment of Polystyrene-Modified Fe3O4 Nanoplates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 7240-7249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.2c01096	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. Yamada, M. Matsubara, A. Muramatsu, S. Takeda, K. Kanie	4. 巻 33
2. 論文標題 Highly concentrated solvothermal synthesis of sub-10-nm BaTiO ₃ nanoparticles for optical applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Powder Technology	6. 最初と最後の頁 103660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.appt.2022.103660	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43件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 T. Yachi, M. Matsubara, A. Muramatsu, K. Kanie
2. 発表標題 Self-Organization and Alignment Control of Liquid Crystalline Dendron-Modified Fe ₃ O ₄ Nanoparticles
3. 学会等名 The 8th Asian Particle Technology Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yachi, M. Matsubara, A. Muramatsu, K. Kanie
2. 発表標題 Liquid-Crystalline Organic-Inorganic Hybrid Dendron-Modified Fe ₃ O ₄ Nanoparticles: Characterization of the Self-organized Structure
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 堀合 理子, 谷地 昶拓, 松原 正樹, 三友 秀之, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 有機 dendron 修飾による液晶性金ナノロッドの構造評価
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 C. Shen, M. Matsubara, A. Muramatsu, K. Kanie
2. 発表標題 Stimuli Responsiveness of Lyotropic Liquid-Crystalline Polymer-Modified Fe ₃ O ₄ Nanoplates Induced by Magnetic Field
3. 学会等名 35th Conference of The European Colloid & Interface (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yachi, M. Matsubara, A. Muramatsu, K. Kanie
2. 発表標題 Dynamic Control of Fe ₃ O ₄ Nanoparticles-Based Array Structure by Modification with Liquid Crystalline Dendron
3. 学会等名 35th Conference of The European Colloid & Interface (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Size- and Shape-controlled Liquid Phase Synthesis of Inorganic Nanoparticles and Application to Organic-inorganic Hybrid Materials
3. 学会等名 Australia Japan Colloids Symposium 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Self-Organizing Liquid-Crystalline Organic-Inorganic Nanohybrid Particles
3. 学会等名 A3 Foresight & 5 Star Alliance Joint Workshop on Organic/Inorganic Hybrid Nano Materials and Bio Imaging (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie, Masaki Matsubara, Atsushi Muramatsu
2. 発表標題 Self-Organizing Liquid-Crystalline Hybrid Nanoparticles by the Precise Surface Modification
3. 学会等名 28th International Liquid Crystal Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 蟹江澄志
2. 発表標題 ナノ粒子の液相精密合成法に基づく 電子デバイス向けナノ材料開発
3. 学会等名 第31回 電子デバイス実装研究委員会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 蟹江澄志
2. 発表標題 無機機能性ナノ粒子の液相精密合成に基づく動的ハイブリッド材料の創製
3. 学会等名 公益社団法人日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀合 理子, 谷地 昶拓, 松原 正樹, 三友 秀之, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 金ナノロッドをコアとした液晶性有機無機ハイブリッド dendrimer の合成
3. 学会等名 第71回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷地 起拓, 松原 正樹, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 液晶性デンドロン修飾Fe304ナノ粒子の合成と自己組織配列評価
3. 学会等名 第71回コロナおよび界面化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀合 理子, 谷地 起拓, 松原 正樹, 三友 秀之, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 有機デンドロン修飾金ナノロッドの合成と自己組織構造評価
3. 学会等名 ナノ学会第18回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷地 起拓, 松原 正樹, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 液晶性有機デンドロン修飾Fe304ナノ粒子の合成と配列構造制御
3. 学会等名 ナノ学会第18回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Self-Assembling Organic-Inorganic Hybrid Dendrimers with a CdS Quantum Dot
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Self-Organizing Liquid-Crystalline Hybrid Nanoparticles
3. 学会等名 The 7th Asian Symposium on Advanced Materials, Beijing Institute of Petrochemical Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Organic-Inorganic Self-Organizing Hybrid Dendrimer with a Fe ₃ O ₄ Magnetic Nano-Core
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 Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Self-Organizing Organic-Inorganic Hybrid Dendrimers with a Functional Nanoparticle-Core: Dynamic Control of the Functions by the Liquid-Crystalline Phase Transition
3. 学会等名 TU-USTB Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蟹江澄志
2. 発表標題 無機ナノ粒子のサイズ・形態制御液相合成法の開発とハイブリッドナノ材料への展開
3. 学会等名 先進セラミックス第124委員会 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Gao, H. Mitomo, Y. Yonamine, K. Ijiri
2. 発表標題 Fabrication of Tunable Gold Nanoprism Array with Thermo-responsive Hydrogel for a Sensitive Plasmonic Sensor
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Mitomo
2. 発表標題 Flexibly Configurable Gold Nanorod Arrays Templated on Polymer Brush Substrates
3. 学会等名 MATCON2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Mitomo
2. 発表標題 Flexibly Configurable Gold Nanorod Arrays on Polymer Brush Substrates
3. 学会等名 2022 RIES-CEFMS Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Mitomo
2. 発表標題 Gold Nanorod Arrays with Flexible Structures on Polymer Brush Substrates
3. 学会等名 AsiaNANO 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関澤 祐侑・三友 秀之・与那嶺 雄介・磯野 拓也・田島 健次・佐藤 敏文・居城 邦治
2. 発表標題 高分子ブラシを利用した棒状金ナノ粒子の垂直配列化と配向変化
3. 学会等名 第73回コロナイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. Yang, H. Mitomo, Y. Sekizawa, Y. Yonamine, K. Ijiri
2. 発表標題 Reversible assembly of gold nanorods in a DNA brush substrate in response to temperature
3. 学会等名 第73回コロナイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三友 秀之・楊 セイケン・関澤 祐侑・与那嶺 雄介・居城 邦治
2. 発表標題 2次元平面上で構造を制御可能な金ナノロッドアレイの創製
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. C. Mba, H. Mitomo, Y. Yonamine, Y. Matsuo, K. Ijiri
2. 発表標題 Hysteresis on assembly/disassembly of gold nanodiscs coated with thermo-responsive molecules
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. C. Mba, H. Mitomo, Y. Yonamine, Y. Matsuo, K. Ijiro
2. 発表標題 Thermo-responsive assembly of gold nanodiscs functionalized with hexa (ethylene glycol) derivatives
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷地昶拓, 佐藤梨奈, 松原正樹, Xiangbing Zeng, Goran Ungar, 村松淳司, 蟹江澄志
2. 発表標題 磁性ナノ粒子をコアとした有機無機ハイブリッドデンドリマー：液晶相転移を利用した粒子配列動的制御
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田朱里, 野澤良甫, 松原正樹, 森敦紀, 村松淳司, 蟹江澄志
2. 発表標題 オリゴチオフェンデンドロン修飾 CdS 量子ドットの合成と評価
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野澤良甫, 松原正樹, 森敦紀, 村松淳司, 蟹江澄志
2. 発表標題 オリゴチオフェンデンドロン修飾Auナノ粒子の合成と光学特性評価
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takehiro Yachi, Masaki Matsubara, Xiangbing Zeng, Goran Ungar, Atsushi Muramatsu, Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Liquid-crystalline dendron-modified iron oxide nanoparticles with thermal-responsive array
3. 学会等名 ACS FALL 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Rina Sato, Takehiro Yachi, Masaki Matsubara, Atsushi Muramatsu, Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Liquid-crystalline organic-inorganic hybrid nanoparticles with a FePt nano-core and characterization of their self-organized structure
3. 学会等名 ACS FALL 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤梨奈, 松原 正樹, 三友秀之, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 液晶性デンドロン修飾 Au ナノ粒子および量子ドットからなる積層構造の構築と光学特性評価
3. 学会等名 第73回コロナイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chen Shen, Masaki Matsubara, Atsushi Muramatsu, Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Magnetorheological Elastomer Films Based on Polystyrene-Modified Magnetite Nanoplates with Controlled Anisotropic Alignment
3. 学会等名 第73回コロナイドおよび界面化学討論会 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田朱里, 野澤良甫, 松原正樹, 森敦紀, 村松淳司, 蟹江澄志
2. 発表標題 オリゴチオフェンドロン修飾 CdS 量子ドットの光学特性評価
3. 学会等名 第73回コロナおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akari Yoshida, Ryosuke Nozawa, Yuma Sakagami, Masaki Matsubara, Atsunori Mori, Atsushi Muramatsu, Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Oligothiophene dendron-modified CdS quantum dots and their optical property based on energy transfer
3. 学会等名 Tohoku-Melbourne Joint Workshop in Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masaki Matsubara, Atsushi Muramatsu, Kiyoshi Kanie
2. 発表標題 Organic-inorganic hybrid dendron-modified nanoparticles and their self-organized structure analyses
3. 学会等名 Tohoku-Melbourne Joint Workshop in Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 梨奈, 谷地 昶拓, 松原 正樹, 三友 秀之, 村松 淳司, 蟹江 澄志
2. 発表標題 液晶性デンドロン修飾無機ナノ粒子からなる積層超格子の構築と光学特性評価
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田 朱里、野澤 良甫、阪上 雄真、松原 正樹、森 敦紀、村松 淳司、蟹江 澄志
2. 発表標題 オリゴチオフェンデンドロン修飾CdS量子ドットの光学特性とその熱的挙動
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐野 公亮、谷地 昶拓、松原 正樹、三友 秀之、村松 淳司、蟹江 澄志
2. 発表標題 表面カルボキシ修飾金ナノロッドのリオトロピック液晶性評価
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 蟹江澄志
2. 発表標題 機能性ナノ粒子をコアとする 有機無機ハイブリッドデンドリマー
3. 学会等名 第71回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 蟹江澄志
2. 発表標題 ナノ粒子のサイズ・かたち・配列の制御に 由来した 色彩とその応用
3. 学会等名 芸術と粉体工学に関するワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2022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
研究 分担者	松原 正樹 (Matsubara Masaki) (40746111)	仙台高等専門学校・総合工学科・准教授 (51303)	
研究 分担者	三友 秀之 (Hideyuki Mitomo) (50564952)	北海道大学・電子科学研究所・准教授 (10101)	

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			
米国	Case Western Reserve University			
米国	Stony Brook University			
英国	Sheffield University			
中国	Xi'an Jiaotong University			