

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02041

研究課題名（和文）積層構造を有する発光性希土類配位ナノ粒子の合成と光機能

研究課題名（英文）Preparation and photo-functional properties of lanthanide coordination nanoparticles

研究代表者

長谷川 靖哉（HASEGAWA, Yasuchika）

北海道大学・工学研究院・教授

研究者番号：80324797

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では新しい有機機能材料の創成を目的として、強発光性の希土類配位ナノ粒子の合成および三次元構造制御を検討した。具体的には、リンカー配位子でナノ粒子表面を修飾し、ナノ粒子表面上のリンカー配位子の配位部位に単核の希土類錯体を結合した。CaSおよびSiO₂ナノ粒子の表面に固定化したEu(III)錯体は赤色強発光を示し、配位高分子化できることもわかった。さらに、希土類配位高分子の三次元構造制御によって発光量子効率の向上にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この希土類錯体は色純度の高い発光を示すことから、ディスプレイや発光プラスチックに関する研究が多く報告されている。さらに、その発光寿命は数百マイクロ秒であることから生体マーカーなどの研究例も多い。セキュリティ関連分野や太陽電池および温度センシングできる希土類配位高分子の研究が活発に行われている。本研究ではナノ粒子の表面に希土類錯体および配位高分子の固定化と強発光化を実現した。さらに、希土類配位高分子のナノ立体構造制御と強発光化に関する重要な学術知見を得ることができた。ナノサイズ化された希土類配位高分子は実用的なハイブリッド機能材料として今後重要になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, preparations and three-dimensional structural control of luminescent lanthanide coordination nanoparticles have been demonstrated for creation of new molecular materials. Mono-nuclear lanthanide complexes were attached using surface-modified linker ligands on the nanoparticles. Eu(III) complexes fixed on the CaS and SiO₂ nanoparticles show bright red-luminescence. Lanthanide coordination polymers were also fixed on the nanoparticles. The three-dimensional structural control of luminescent lanthanide coordination polymers successfully promoted increase of their emission quantum yields.

研究分野：有機材料化学

キーワード：ナノ粒子 配位高分子 発光 希土類

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

21世紀における光科学および光技術の発展は目覚ましいものがある。現代の光科学技術をさらに発展させるためには、光の持つ特性を自在に操る光機能物質の学術研究および技術開発が鍵となる。21世紀社会を切り開く新しい光機能物質の研究を行うため、応募者は有機分子と希土類イオンを組み合わせさせた発光体「希土類錯体」が報告されている。この希土類錯体は色純度の高い発光（発光スペクトルの半値幅 10 nm 以下）を示すことから、ディスプレイや発光プラスチックに関する研究が多く報告されている。さらに、その発光寿命は数百マイクロ秒であることから生体マーカーなどの研究例も多い。セキュリティ関連分野や太陽電池などへの展開も検討されている。近年では有機光機能材料の観点から、希土類錯体を集積した高熱耐久性の希土類 MOF (Metal Organic Framework) や温度センシングできる希土類配位高分子の研究が活発に行われている。このように、希土類を用いた有機光機能材料の開発は世界中で活発に行われる重要な研究課題である。

2. 研究の目的

本研究では新しい有機機能材料の創成を目的として、強発光性の希土類配位高分子のナノサイズ化および三次元構造制御を行う。具体的には、強発光希土類錯体 $\text{Ln}(\text{hfa})_3$ ($\text{Ln}=\text{Eu}(\text{III}), \text{Tb}(\text{III})$ など, $\text{hfa}=\text{hexafluoroacetylacetonate}$) にリンカー分子を導入した配位高分子の階層的なナノ組織構造を構築する。

このナノ組織構造に関して、まずナノサイズの半導体粒子を合成し、有機接着分子でナノ粒子表面を修飾する（ナノ粒子核形成）。次に、ナノ粒子表面上の有機接着分子の配位部位に単核の希土類錯体を結合して希土類配位ナノ粒子の合成検討を行う。このナノ粒子表面へ固定化された希土類錯体の配位高分子化に関する検討を行う。また、ナノ粒子表面上の希土類配位高分子の多層構造に関して、希土類配位高分子の層間相互作用制御による立体構造制御と光機能との相関を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究推進の基盤として、核となる半導体ナノ粒子に CaS (硫化カルシウム) および無機ナノ粒子として SiO_2 (酸化ケイ素: シリカ) を選択した。CaS のバンド間エネルギーギャップは遠紫外領域 ($\lambda < 200\text{nm}$) であり、希土類錯体の配位子吸収 ($\pi-\pi^*$: 350nm) と重ならない。シリカも遠紫外領域に吸収を持たない。このため、CaS および SiO_2 に固定化した希土類錯体は紫外光励起によって強発光が可能である。

CaS ナノ粒子は Ca ジチオカーバマイト錯体の熱分解反応によって合成した。 SiO_2 ナノ粒子はテトラエトキシシランのアンモニア溶液中での分解反応を用いて合成した。得られた CaS および SiO_2 ナノ粒子の構造および粒径は XRD, DLS および TEM 測定によって評価した。

合成された CaS ナノ粒子の表面を 4-メルカプトピリジンで表面修飾し、その後 Eu(hfa)₃(H₂O)₂ を加えることで、CaS-Eu 錯体を合成した。合成された SiO_2 ナノ粒子の固定化に関しては、トリメトキシシリル基が導入されたホスフィンオキシド配位子 (TPPO-Si(OEt)₃) を合成し、その配位子を SiO_2 ナノ粒子上に固定化した。その後、CaS-Eu 錯体と同様の方法にて SiO_2 ナノ粒子上に Eu(hfa)₃ を固定化した。

a)

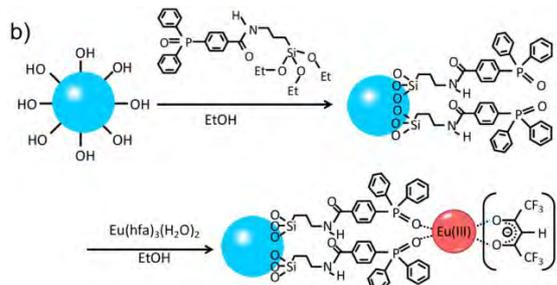
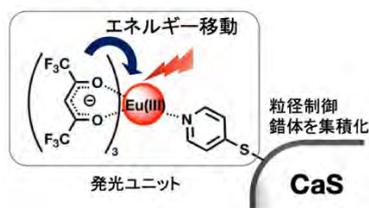


図1 a) CaS-Eu 錯体の合成, b) SiO_2 -Eu 錯体の合成

得られた生成物について、発光スペクトル、励起スペクトルおよび発光寿命測定から発光特性の評価を行った。さらに、得られた CaS-Eu 錯体および SiO₂-Eu 錯体の配位高分子化に関する検討を行った。さらに、Ln(hfa)₃ の骨格を基盤とした希土類配位高分子の三次元構造制御を行った。具体的には、様々なリンカー分子を用いて希土類配位高分子の立体構造制御を行い、光機能との相関を検討した。

4. 研究成果

(1) CaS ナノ粒子への希土類錯体の固定化

Ca ジチオカーバマイト錯体から合成したナノ粒子の PXRD パターンは CaS と一致し、Scherrer 式より見積もられる結晶子サイズは 40 nm であった。このナノ粒子の TEM 画像を調べると、cubic 状の粒子が確認され、平均粒径は 38 nm であった (図 2)。この CaS ナノ粒子を 4-メルカプトピリジンと混合することで得られた生成物は、紫外/可視吸収測定において約 290 nm 付近に新たな吸収帯を示していた。この吸収帯はナノ粒子の表面上に固定化された配位子による吸収であると考えられ、表面修飾が確認された。表面修飾を行ったナノ粒子と Eu(hfa)₃(H₂O)₂ を混合して得られた試料において、原料のナノ粒子と同サイズの粒子の存在が確認された。また、分散液は紫外光下で Eu(III) に特徴的な赤色発光を示した (図 3)。

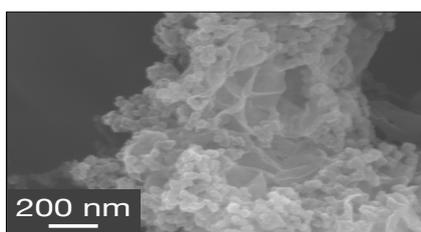


図 2 CaS-Eu 錯体の FE-SEM 像

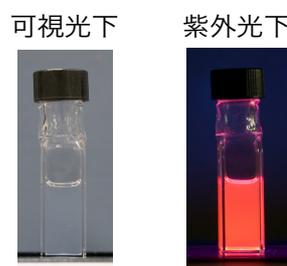


図 3 CaS-Eu 錯体のメタノール分散液

励起スペクトルより、この発光は hfa 配位子からのエネルギー移動によるものであることが確認された (図 4)。Eu(III) の ⁵D₀ から ⁷F_J (J=1, 2, 3, 4, 5, 6) の発光スペクトルを磁気双極子遷移 (J=1) のピーク面積で規格化した。その発光スペクトルにおいて、J=2 の遷移の発光強度が前駆錯体と比べて生成物で半減しており、配位幾何学構造の変化が示唆された。また、発光寿命は前駆錯体が 0.39 ms であったのに対して、生成物では 0.39 ms と 0.81 ms の二成分となっていた (図 5)。このより長寿命の成分は CaS-Eu からの発光であり、発光の長寿命化は振動失活が大きな H₂O が脱離し、ピリジン環に置換されたために生じたと考えられる。

本システムに希土類配位高分子を形成するためのリンカー配位子の導入を試みたところ、CaS ナノ粒子からの希土類錯体が外れて配位高分子を形成していることがわかった。

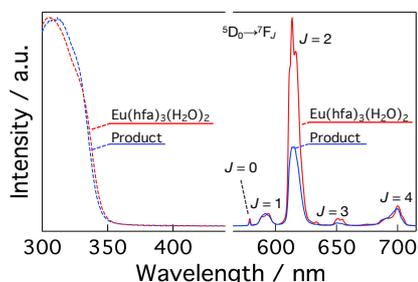


図 4 Eu(hfa)₃(H₂O)₂ および CaS-Eu の発光/励起スペクトル (λ_{Ex} = 340 nm, λ_{Em} = 613 nm)

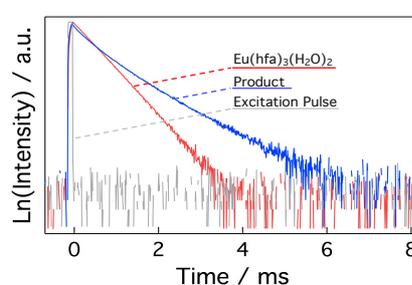


図 5 Eu(hfa)₃(H₂O)₂ および CaS-Eu の発光減衰 (λ_{Ex} = 356 nm, λ_{Em} = 613 nm)

(2) SiO₂ ナノ粒子への希土類錯体の固定化

シリカナノ粒子はテトラエトキシシランの分解反応により合成した。得られたシリカナノ粒子

の平均粒径はDLS測定により36nmと見積もられた。TEM観察により得られた平均粒径も36nmであり、メタノール中においてシリカナノ粒子は単分散していると考えられる。このシリカナノ粒子の表面にリンカー配位子(TPPO-Si(OEt)₃) (TPPO: triphenylphosphine oxide)を通してEu(hfa)₃錯体を固定化したSiO₂-Eu錯体は平均粒径53nmと見積もられた。TEMのEDS測定では、粒子表面のEu元素の存在が明らかとなり、シリカナノ粒子表面にEu(hfa)₃錯体が固定化されていることが明らかになった(図6 a-d)。

固体状態におけるEu(hfa)₃(H₂O)₂ (1), Eu(TPPO-Si(OEt)₃)₂, およびSiO₂-Eu錯体の発光スペクトルを図6 eに示す。磁気双極子遷移(*f*=1)のピーク面積で規格化した。発光スペクトルの電気双極子遷移(*f*=2)の強度はSiO₂-Eu錯体が最も大きく、Eu(III)イオン周りの配位構造が非対称化していることが明らかになった。発光スペクトルと発光寿命測定から放射速度定数を算出し、発光量子効率の計算を行ったところ、SiO₂-Eu錯体の発光量子効率は93%と見積もられた。一方、原料であるEu(hfa)₃(H₂O)₂およびEu(hfa)₃(TPPO-Si(OEt)₃)₂の発光量子効率はそれぞれ28%および58%となった。

速度解析を行なったところ、SiO₂-Eu錯体の高い発光量子効率は大きな放射速度定数と小さな無放射速度定数によって達成されていることがわかった。特に、無放射速度定数の著しい減少がSiO₂-Eu錯体の高い発光量子効率の直接要因になったと考えられる。シリカナノ粒子表面へのEu錯体の固定化がEu錯体自身の振動構造を抑制し、無放射速度定数の減少を導いたと考えられる。一方、配位子を励起することによるSiO₂-Eu錯体の光増感発光量子効率は積分球を用いて見積もられた。得られた光増感発光量子効率から得られる光増感エネルギー移動効率は29%であり、Eu(hfa)₃(H₂O)₂の光増感エネルギー移動効率(36%)とほぼ同等であった。本研究により、無機ナノ粒子表面への希土類錯体の固定化に関する基盤研究を達成することに成功した。さらに、有機添加剤を用いることにより、シリカナノ粒子表面上へ希土類配位高分子を固定化できる可能性を見出すことができた(特許出願予定)。

以上、シリカナノ粒子表面への希土類錯体の固定化は強発光材料の創成において極めて有効であることがわかった。

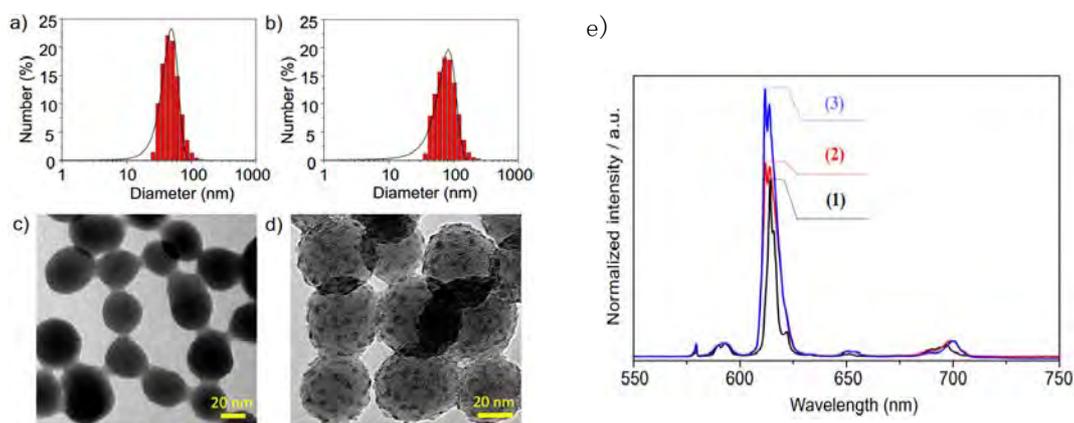


図6 a) シリカナノ粒子のDLS測定による粒径分布, b) SiO₂-Eu錯体のDLS測定による粒径分布, c) シリカナノ粒子のTEM像, d) SiO₂-Eu錯体のTEM像, e) 固体状態におけるEu(hfa)₃(H₂O)₂ (1), Eu(hfa)₃(TPPO-Si(OEt)₃)₂, およびSiO₂-Eu錯体の発光スペクトル

(3) 希土類配位高分子の三次元構造制御

無機物質であるCaSおよびSiO₂ナノ粒子への希土類錯体の固定化による強発光実現に成功した。第二段階として、取り付けられた希土類錯体の配位高分子の三次元構造制御を行うため、基本骨格となる希土類配位高分子の三次元構造制御と光機能化に関する検討を行った。

2つのホスフィンオキシドを有するリンカー配位子で連結した希土類配位高分子は一次元的なポリマー構造を形成した。2つのホスフィンオキシドをつなぐ分子構造によって希土類配位高分子の立体構造が変化することが明らかとなった。特にパラ位(*p*-*dpb*)で連結したTb配位高

子の光増感発光量子効率率は6%であるのに対し、メタ位 (*m-dpb*) で連結した Tb 配位高分子の光増感発光量子効率率は80%と見積もられた (図7)。これらのリンカー配位子のエネルギー準位は光増感配位子 hfa よりも極めて高く、光増感エネルギー移動過程には関与しない。Tb 配位高分子の三次元立体構造が光増感エネルギー移動過程に影響を与えることが本研究により初めて明らかになった。

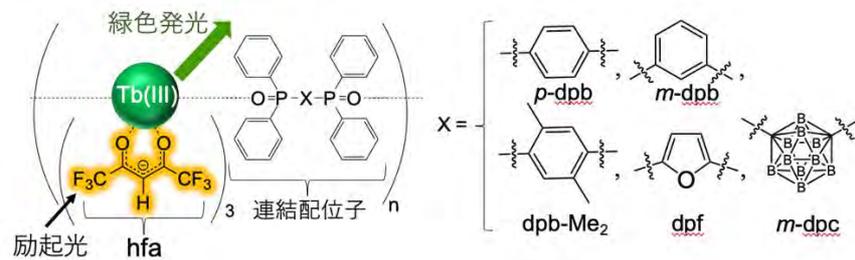
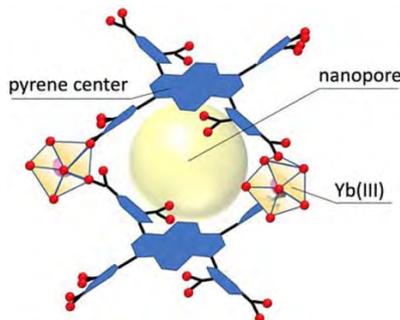


図7 Tb 配位高分子を結合するホスフィンオキシド配位子の配位構造変化

さらに、リンカー部位をホスフィンオキシド2座配位子からカルボン酸多座配位子へと変化することにより、ナノ細孔を有する希土類配位高分子が合成できることがわかった。具体的には、ペリレンを基本骨格とする8座配位の Yb 配位高分子を合成した (図8 a)。得られた Yb 配位高分子は酸素を細孔内に吸着することができ、酸素存在化では光増感エネルギー移動効率が大きく変化することがわかった。さらに、トリフェニレンを基本骨格とする8座配位の Eu 配位高分子を合成し、酸素による発光寿命変化を初めて観測することに成功した。この Eu 配位高分子の発光寿命変化は配位子の励起三重項状態と Eu(III)の発光準位との励起状態平衡に基づくことが分光測定により明らかになった (図8 b)。

a)



b)

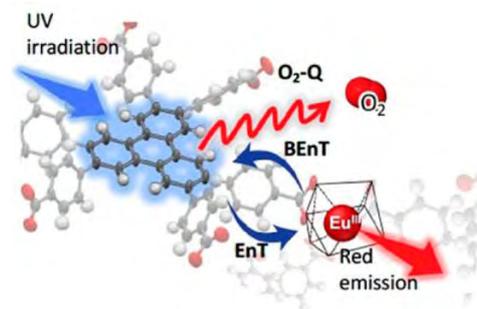


図8 a) ペリレンを基本骨格とする8座配位の Yb 配位高分子, b) トリフェニレンを基本骨格とする8座配位の Eu 配位高分子

(4) まとめ

無機物質である CaS ナノ粒子および SiO₂ ナノ粒子上に希土類錯体を固定化することに成功した。固定化された Eu(III) 錯体の発光量子効率率は極めて高く、Eu(III)イオンの励起状態からの無放射失活過程を効果的に抑制していることが明らかになった。さらに、有機添加剤を導入することにより、SiO₂ ナノ粒子上に希土類配位高分子を形成することにも成功した。

希土類配位高分子の立体構造制御に関しては、希土類イオンをつなぐリンカー配位子の立体構造が配位高分子の骨格変化を導き、その立体構造が光増感エネルギー移動過程に大きく影響を与えることを初めて明らかにした。また、カルボン酸8座配位のリンカーを用いたナノ細孔構造の形成にも成功し、高感度に酸素をセンシングできる発光体の創成にもつながった。

以上、一連の本研究成果を通して希土類配位高分子のナノ立体構造制御およびナノサイズ材料化に関する重要な知見を得ることができた。ナノサイズ化された希土類配位高分子は実用的なハイブリッド機能材料として今後重要になると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Y. Hasegawa, T. Matsui, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, T. Seki, H. Ito, Y. Nakasaka, T. Masuda, K. Fushimi | 4. 巻 25 |
| 2. 論文標題 Near-IR Luminescent Yb(III) Coordination Polymers Composed of Pyrene Derivatives for Thermostable Oxygen Sensors | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Chem. Eur. J. | 6. 最初と最後の頁 12308-12315 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201902583 | 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. Hirai, A. Kotani, H. Sakaue, Y. Kitagawa, Y. Hasegawa | 4. 巻 123 |
| 2. 論文標題 Lifetimes of Lanthanide(III) Triboluminescence Excited by Aerodynamic Shock Waves | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C | 6. 最初と最後の頁 27251-27256 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b08349 | 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 P.-P. Ferreira da Rosa, Y. Kitagawa, Y. Hasegawa | 4. 巻 406 |
| 2. 論文標題 Luminescent lanthanide complex with seven-coordination geometry | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews | 6. 最初と最後の頁 213153 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2019.213153 | 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. Kitagawa, M. Kumagai, T. Nakanishi, K. Fushimi, Y. Hasegawa | 4. 巻 49 |
| 2. 論文標題 First aggregation-induced emission of a Tb(III) luminophore based on modulation of ligand-ligand charge transfer bands | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Dalton Trans. | 6. 最初と最後の頁 2431-2436 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0dt00528b | 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. Hasegawa, Y. Miura, Y. Kitagawa, S. Wada, T. Nakanishi, K. Fushimi, T. Seki, H. Ito, T. Iwasa, T. Taketsugu, M. Gon, K. Tanaka, Y. Chujo, S. Hattori, M. Karasawa, K. Ishii | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 Spiral Eu(III) coordination polymers with circularly polarized luminescence | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 10695 ~ 10697 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8cc05147j | 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 Yamamoto Masanori, Kitagawa Yuichi, Nakanishi Takayuki, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Ligand-Assisted Back Energy Transfer in Luminescent Tb(III) Complexes for Thermosensing Properties | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal | 6. 最初と最後の頁 17719 ~ 17726 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201804392 | 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 Wada Satoshi, Kitagawa Yuichi, Nakanishi Takayuki, Gon Masayuki, Tanaka Kazuo, Fushimi Koji, Chujo Yoshiki, Hasegawa Yasuchika | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Electronic chirality inversion of lanthanide complex induced by achiral molecules | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 16395 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-34790-0 | 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 Kitagawa Yuichi, Kumagai Marina, Ferreira da Rosa Pedro Paulo, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Long Range LMCT Coupling in Eu(III) Coordination Polymers for an Effective Molecular Luminescent Thermometer** | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal | 6. 最初と最後の頁 264 ~ 269 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202002628 | 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 Kitagawa Yuichi, Naito Ayu, Fushimi Koji, Hasegawa Yasuchika | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 First Tribo Excited Chemical Reaction of a Stacked Lanthanide Coordination Polymer with an in Situ Reaction Monitor | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal | 6. 最初と最後の頁 2279 ~ 2283 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202004485 | 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 Hasegawa Yasuchika, Sawanobori Takuya, Kitagawa Yuichi, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Nakasaka Yuta, Masuda Takao, Hisaki Ichiro | 4. 巻 85 |
| 2. 論文標題 An Europium(III) Luminophore with Pressure Sensing Units: Effective Back Energy Transfer in Coordination Polymers with Hexadentate Porous Stable Networks | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemPlusChem | 6. 最初と最後の頁 1989 ~ 1993 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202000513 | 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 Hasegawa Yasuchika, Sato Natsumi, Hayashi Joe, Kitagawa Yuichi, Fushimi Koji | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Thermo Sensitive Eu III Coordination Polymers with Amorphous Networks | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ChemistrySelect | 6. 最初と最後の頁 2812 ~ 2816 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.202100531 | 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 Hasegawa Yasuchika, Sawanobori Takuya, Kitagawa Yuichi, Shoji Sunao, Fushimi Koji, Nakasaka Yuta, Masuda Takao, Hisaki Ichiro | 4. 巻 85 |
| 2. 論文標題 An Europium(III) Luminophore with Pressure Sensing Units: Effective Back Energy Transfer in Coordination Polymers with Hexadentate Porous Stable Networks | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemPlusChem | 6. 最初と最後の頁 1989 ~ 1993 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202000513 | 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20件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 齋藤康樹, 北川裕一, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 カルボラン骨格を導入した希土類配位高分子の合成と物性評価 |
| 3. 学会等名 第35回希土類討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 Eu(III) and Tb(III) Coordination polymers with strong luminescence and photo-functional properties |
| 3. 学会等名 International Conference on Photocatalysis and Photoenergy 2019 (ICoPP2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森明竜馬, 北川裕一, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 Tb配位高分子における連結配位子構造変化と発光機能評価 |
| 3. 学会等名 日本化学会北海道支部会2019年夏季研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 森明竜馬, 北川裕一, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 発光性希土類配位高分子における連結配位子の置換基効果 |
| 3. 学会等名 第31回配位化合物の光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Sawanobori, Y.Kitagawa, S.Shoji, I.Hisaki, K.Fushimi, Y.Hasegawa |
| 2. 発表標題 Syntheses and photophysical properties of Eu(III) coordination polymers built with triphenylene backbones |
| 3. 学会等名 2019年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M.Kumagai, Y.Kitagawa, K.Fushimi, Y.Hasegawa |
| 2. 発表標題 Bright luminescence of Eu(III) complex containing chrysene framework for thermosensitive paints |
| 3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 沢登拓矢, 北川裕一, 中西貴之, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 CaSナノ粒子に固定化されたEu(III)錯体の発光特性 |
| 3. 学会等名 第30回配位化合物の光化学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T.Sawanobori, Y. Kitagawa, T.Nakanishi, K. Fushimi, Y.Hasegawa |
| 2. 発表標題 Immobilization of Eu(III) complexes inCaS nanoparticles |
| 3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 沢登拓矢, 北川裕一, 中西貴之, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 発光性Eu(III)錯体を固定化したCaSナノ粒子の合成 |
| 3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Tsurui, Y. Kitagawa, K. Fushimi, M. Gon, K. Tanaka, Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 Circularly polarized luminescence of chiral Eu(III) lanthanide coordination polymer with phase transition behaviors |
| 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 M. Kono, S. Shoji, Y. Kitagawa, K. Fushimi, Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 LLuminescence properties of lanthanide complexes with tetraethyleneglycol group |
| 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 P.-P. Ferreira da ROSA, S. Miyazaki, Y. Kitagawa, K. Miyata, T. Akama, M. Kobayashi, K. Fushimi, K. Onda, T. Taketsugu, Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 Control of LMCT state in seven- and eight-coordinated Eu(III) complexes |
| 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 T. Zhang, MD J. Islam, Y. Kitagawa, Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 Eu(III)-functionalized Hybrid Nanomaterials With Enhanced Luminescence Properties |
| 3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会(オンライン) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 A. NAITO, Y. KITAGAWA, K. FUSHIMI, Y. HASEGAWA |
| 2. 発表標題 Mechanochemical oxidation of Eu(III) coordination polymer containing anthracene frameworks |
| 3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会(オンライン) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鳥かおり, 北川裕一, 熊谷まりな, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 フェナントレン骨格を導入した二核希土類錯体の発光特性 |
| 3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会(オンライン) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 J. Hayashi, S. Shoji, Y. Kitagawa, K. Fushimi, Y. Hasegawa |
| 2. 発表標題 Photophysical properties of Eu(III) coordination polymer including amide groups |
| 3. 学会等名 3rd G'Lowig Polymer Symposium in KANTO(Web) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 希土類配位高分子が拓く次世代光機能材料の創成 |
| 3. 学会等名 第29回ポリマー材料フォーラム, 高分子学会(Web) (招待講演) (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 強発光する希土類配位高分子の設計と応用展開 |
| 3. 学会等名 光化学応用講座2020, オンライン (招待講演) (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鳥かおり, 北川裕一, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 フェナントレン骨格を導入した二核希土類錯体の長寿命発光特性 |
| 3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2021年冬季研究発表会(オンライン) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 河野允哉, 庄司淳, 北川裕一, 伏見公志, 長谷川靖哉 |
| 2. 発表標題 ポリエーテル鎖を有するEu(III)錯体の光物性 |
| 3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2021年冬季研究発表会(オンライン) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 希土類錯体、発光体及び発光デバイス | 発明者 長谷川靖哉, 北川裕一, 他 | 権利者 北海道大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-158240 | 出願年 2018年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|------------------------------------|---------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 発光材料、発光インク、発光体及び発光デバイス | 発明者 長谷川靖哉, ツァンテン, 北川裕一 | 権利者 北海道大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-119391 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

〔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 |
|-------|---|--|----|
| 研究分担者 | 伏見 公志 (Fushimi Koji) (20271645) | 北海道大学・工学研究院・准教授 (10101) | |
| 研究分担者 | 中西 貴之 (Nakanishi Takayuki) (30609855) | 国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・主任研究員 (82108) | |
| 研究分担者 | 北川 裕一 (Kitagawa Yuichi) (90740093) | 北海道大学・化学反応創成研究拠点・特任講師 (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 |
|---------|---------|