

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05219

研究課題名(和文) ロジウム二核錯体の逐次的軸配位に基づく一次元配位高分子の精密合成

研究課題名(英文) Precise synthesis of one-dimensional coordination polymers based on sequential axial coordination of dirhodium complexes

研究代表者

森川 全章 (Morikawa, Masa-aki)

九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：10363384

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)：本研究は、ロジウム二核錯体を用い、種々の官能基を導入した二官能性配位子により架橋した超分子ポリマーを合成し、そのモノマー配列や分子量制御、刺激応答性について検討した。その結果、異なる軸配位子により交互架橋したABAC型一次元配位高分子の合成ならびにモノマー配列に依存した組織構造の構築に成功した。また、アゾベンゼン基を有する配位子を用い、光異性化による環状錯体の開環重合を試みた結果、cis-環状1:1錯体からtrans-環状2:2錯体への構造変化が観測された。さらに、オリゴエーテル鎖を導入したロジウム二核錯体を用い、LCST 特性やヒートセットゲル化、固体膜の誘電応答の光制御に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、一次元配位高分子における有機配位子の交互配列の方法論が確立され、その一次構造に基づいた組織構造が形成されることを明らかにした。また、環状錯体モノマーの合成と光による環構造の変化を達成したが、開環重合させるためにはより大きな配位エンタルピーが必要であることなど、分子設計指針が示された。さらに、柔軟なオリゴエーテル鎖を導入することにより、水中および固体状態において光・熱・電場など複数の刺激に応答する機能性一次元配位高分子が得られることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, supramolecular polymers composed of dirhodium complexes and ditopic axial ligands were synthesized, into which various functional groups were introduced. Control on the monomer sequence, molecular weight, and multi-stimuli response of the coordination polymers was investigated. As a result, we succeeded in synthesizing ABAC-type one-dimensional coordination polymers that were alternately cross-linked with different axial ligands, and succeeded in constructing organized structures according to the monomer sequence. Furthermore, when ring-opening polymerization of a cyclic complex composed of dirhodium complex and ditopic ligand having an azobenzene group was attempted, a structural change from cis-cyclic 1:1 complex to trans-cyclic 2:2 complex was observed. In addition, using a dirhodium complex with oligoether side chains, we succeeded in optical control of LCST behavior, heat-set gelation, and dielectric properties of the drop cast film.

研究分野：材料化学

キーワード：一次元配位高分子 ロジウム二核錯体 光異性化 刺激応答性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生体系において、核酸やタンパク質の機能発現は、精密なモノマー配列に基づく高次構造の形成と機能性官能基の適切な立体配置により達成されている。このような生体高分子の機能発現の原理を、合成高分子を用いて再現しようとする試みは、高分子化学における長年の研究課題である。このような観点から、リビング重合を利用した分子量制御やブロック・ブランチ・スターポリマー、デンドリマーなどのトポロジー制御法が発展してきた。一方、シーケンス制御に関して鑄型重合などが報告されているが、ペプチドや核酸の固相合成を除けば、未だ2, 3種類のモノマー配列制御に留まっている。

また近年、非共有結合により重合した超分子ポリマーが刺激応答性や自己修復性などを示す機能性高分子として注目されている。モノマー配列は、相補的な水素結合やドナー・アクセプター色素のスタッキング、ならびに金属錯体とリガンドの配位などに基づいて合理的に設計可能であるが、現状では単純な交互配列に限定される。また、超分子ポリマーの可逆的な結合形成・解離に基づく動的機能の発現と、分子量の精密制御は相反する要求であり、超分子ポリマーの精密重合は困難とされてきた。これに対して、最近、速度論的に生成した準安定な分子集合体やモノマーを利用することにより、水素結合と π - π 相互作用を駆動力とするリビング超分子重合が達成された。しかし、分子量を制御するには特殊なモノマー分子と重合開始剤を合成する必要があり、一般性に乏しいことが課題であった。このような研究背景から、動的な結合特性を示す超分子ポリマーのモノマー配列や分子量制御の方法論を確立するための基礎研究が求められている。そこで本研究では、容易に合成できる金属錯体とピリジン系配位子をモノマーとし、これらが配位結合により重合した超分子ポリマー（一次元配位高分子）を取り上げた。

2. 研究の目的

具体的には、金属錯体として側鎖に多彩な官能基を導入でき、かつアキシャル方向へ重合可能な paddlewheel 型ロジウム二核錯体を用いた。また、種々の機能性官能基を導入した二官能性ピリジン系配位子を分子設計・合成した。これらを混合することにより、一次元配位高分子を合成し、以下に示す3つの研究を実施することにより、超分子ポリマーのモノマー配列と組織構造の制御ならびに分子量制御を試みた。また、複数の外部刺激に応答する一次元配位高分子を開発し、その相変化ならびに誘電特性の光制御について検討した。

異なる軸配位子により交互架橋した一次元配位高分子の合成

ロジウム二核錯体は、一つ目の軸配位子が結合すると、金属-金属間結合を介して二つ目の金属中心のルイス酸性が著しく低下するため、逐次的な軸配位特性を示すことが知られている(図1)。しかしながら、これまでに非対称な軸配位特性に着目した材料設計や機能創発は報告されていない。本研究では独自の着想に基づいて、ロジウム二核錯体の逐次的な軸配位特性を利用し、架橋配位子の配列制御(一次構造の制御)、ならびに鎖間相互作用に基づく組織構造の制御について検討した。

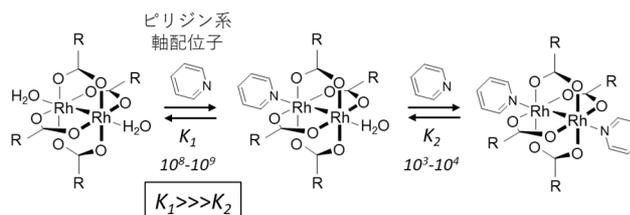


図1 ロジウム二核錯体の逐次的な軸配位特性

新しい環状錯体モノマーの合成と光照射による構造制御

一次元配位高分子の分子量を制御するには、準安定な錯体モノマーを合成し、開始剤の添加による連鎖重合を引き起こす必要がある。そのため、ロジウム二核錯体と二官能性軸配位子から成る環状錯体モノマーを分子設計・合成した。具体的には、アゾベンゼン基を有する二官能性ピリジン系配位子を用い、ロジウム二核錯体と錯体形成させることにより環状 1:1 錯体を合成し、光照射による開環重合について検討した。

複数の刺激応答性を有する一次元配位高分子の創製

溶液系ならびに固体系において光、熱、電場など複数の刺激に応答する機能性材料は、正確な環境応答性の獲得やオンデマンドの刺激応答を実現する上で非常に重要である。本研究では、ロジウム二核錯体の側鎖に温度応答性のオリゴエーテル鎖を導入し、光応答性の軸配位子により架橋し、光・熱応答性を示す一次元配位高分子を合成した。さらに、この一次元配位高分子のキャスト膜において、軸配位子を電場配向させることにより誘電応答の光制御について検討した。

3. 研究の方法

側鎖に様々な官能基を導入したロジウム二核錯体を合成した。また、永久双極子を有するベンゾチアジアゾール基や光応答性のアゾベンゼン基を有する二官能性配位子を合成した。ロジウム

ム二核錯体への配位特性は UV-vis, $^1\text{H-NMR}$ スペクトルにより評価した。錯体の分子量については、DOSY 測定による拡散係数、蒸気圧浸透法 (VPO) などから検討した。一次元配位高分子のモルフォロジーは TEM, AFM 観察により評価し、ゾル-ゲル相転移については動的粘弾性測定により評価した。また、錯体の熱物性については DSC 測定、誘電特性については強誘電評価システムを用いて評価した。

4. 研究成果

異なる軸配位子により交互架橋した一次元配位高分子の合成

本研究では二種類の有機配位子が交互配列した新しい一次元配位高分子 (ABAC 型配位高分子) の合成を目的とした。ロジウム二核錯体を Rh1、架橋性有機配位子を L1, L2 とし、はじめに Rh1 : L1 = 2 : 1 のモル比にて混合した。このとき、ダンベル型の Rh1 : L1 = 2 : 1 錯体が定量的に形成され、この 2 : 1 錯体と等量の配位子 L2 を逐次的に加えることにより、ABAC 型の一次元配位高分子の形成について検討した。Rh1 = 0.67 mM, L1 = 0.33 mM の重クロロホルム溶液を調製し、DOSY $^1\text{H-NMR}$ を測定した。ダンベル型の Rh1 : L1 = 2 : 1 錯体を形成しているとすると、それぞれのシグナルは単成分に比べて小さな拡散係数を示し、全ての Rh1, L1 由来のシグナルの拡散係数は同等の値を示すことが予測される。DOSY 測定の結果、Rh1

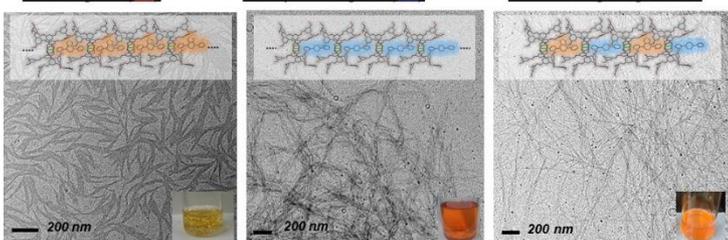
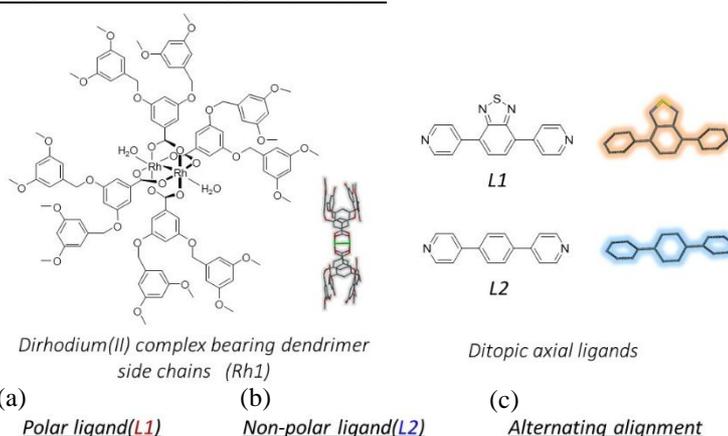


図 2 一次元配位高分子の TEM 像 (a) Rh1:L1 = 1:1, (b) Rh1:L2 = 1:1, (c) Rh1:L1:L2 = 2:1:1

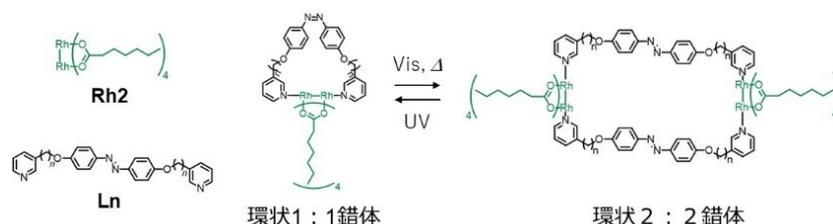
と L1 に由来するシグナルはほぼ同一の拡散係数を示し、その値は Rh1, L1 単成分よりも小さくなった。さらに得られた拡散係数の値からストークス径を算出すると $R = 2.8 \pm 0.3 \text{ nm}$ という値が得られ、この結果は分子モデルと非常に良い一致を示した。また、DLS 測定から求めた粒子径 (2.5 nm) とも合致したことから、Rh1 : L1 = 2 : 1 錯体の形成が確認された。さらに吸収スペクトルの経時変化測定から、2 : 1 錯体はクロロホルム溶液中において 48 時間以上安定に存在していることが判った。

次に、Rh1 : L1 = 2 : 1 錯体に対して等量の L2 を逐次的に添加することにより、ABAC 型の一次元配位高分子の形成について検討した。また比較のため、Rh1 : L1 = 1 : 1 および Rh1 : L2 = 1 : 1 の試料を調製し、TEM 観察を行った。Rh1 : L1 = 1 : 1 の試料では短く直線的な棒状集合体が観察された (図 2 a)。一方、Rh1 : L2 = 1 : 1 の試料ではランダムに発達したナノファイバーが観察された (図 2 b)。これらの試料に対して、逐次的に作製した Rh1 : L1 : L2 = 2 : 1 : 1 の試料においては、前述した両方の性質を兼ね備えた直線的かつ発達したナノファイバーを形成していることが判った (図 2 c)。これは極性 (L1) / 無極性 (L2) 軸配位子が交互配列することにより鎖間の双極子-双極子相互作用が Rh1 : L1 = 1 : 1 錯体の半分に緩和されたためと考えられ、ABAC 型配位高分子の形成を支持する。また吸収スペクトルの経時変化測定から ABAC 型配位高分子は、40 時間程度安定に存在していることが示された。さらに、これらのクロロホルム溶液を乾燥させ PXRD 測定を行った結果、Rh1 : L1 = 1 : 1 錯体の場合では強固な鎖間相互作用に基づく結晶性の高い配位高分子、Rh1 : L2 = 1 : 1 錯体の場合では鎖間相互作用が弱くアモルファスな固体が得られた。一方、Rh1 : L1 : L2 = 2 : 1 : 1 の ABAC 型配位高分子では、その回折パターンからテトラゴナルパッキング構造を有することが示され、架橋配位子の種類や配列が高分子の自己集合特性に大きく影響することが示された。

新しい環状錯体モノマーの合成と光照射による構造制御

本研究では、アルキル側鎖を導入したロジウム二核錯体 (Rh2) とアゾベンゼン基を有する二官能性配位子 (L_n) から成る環状錯体を合成し、アゾベンゼン基の光異性化に伴う可逆的な開環重合特性について検討した。また、異なるアルキルスペーサー長の配位子を系統的に合成し、環状錯体の安定性に及ぼす影響について調査した。

クロロホルム溶液中において *cis*-Ln と Rh2 を 1 : 1 のモル比にて混合し、VPO による分子量測定を行った。その結果、配位子 Ln のアルキルスペーサー長 ($n = 3 \sim 6$) に関わらず、Rh2 : *cis*-



Ln = 1 : 1 の分子量に対応する錯体の形成が示された。また、UV-vis, ¹H-NMR スペクトル測定の結果、Rh2 に対して 2 つのピリジル基が配位していることが確認された。これらの結果から、*cis*-Ln と Rh2 を等モル混合することにより、環状 1 : 1 錯体が形成されることが示された。次に、得られた *cis*-環状 1 : 1 錯体に対して 450 nm の可視光を照射、または熱異性化により *trans* 体へ異性化させた後、再び VPO による分子量測定を行った。その結果、Rh2 : *trans*-Ln = 2 : 2 の分子量に対応する錯体の形成が示された。また、UV-vis, ¹H-NMR スペクトル測定の結果、Rh2 に対して 2 つのピリジル基の配位が確認された。これらの結果から、アゾベンゼン基の *cis-trans* 異性化による開環重合は進行せず、*cis*-環状 1 : 1 錯体から *trans*-環状 2 : 2 錯体への環構造変化が進行することが判った。ここで、光異性化と Rh2-Ln 間の結合解離のタイムスケールを知ることによって、その構造変化のメカニズムを考察した。配位結合は、動的な結合であるため、絶えず解離と再結合を繰り返している。この周波数について、動的 NMR 分析により評価した結果、*trans*-環状 2 : 2 錯体では 2.1×10^3 Hz の周期 (= 0.48 ms)、*cis*-環状 1 : 1 錯体の場合は、 0.91×10^3 Hz の周期 (= 1.10 ms) で軸配位の解離と再結合が起こることが明らかとなった。通常、光異性化はピコ秒オーダーで起こることから、環構造変化はアゾベンゼン基が光異性化した後、配位結合が解離、再結合することにより進行することが判った。また、*cis*-環状 1 : 1 錯体の熱安定性に及ぼすアルキルスペーサー長の影響について調べた結果、アルキル鎖長に対して偶奇効果が認められた。これは、末端ピリジル基の配向の違いが環状錯体の安定性に影響するためと考えられる。

複数の刺激応答性を有する一次元配位高分子の創製

本研究では、複数のオリゴエーテル鎖を導入した水溶性ロジウム二核錯体 (Rh3) とアゾベンゼン基を有する疎水性軸配位子 (L3) を分子設計・合成した。これらを 2 : 1 または 1 : 1 のモル比にて混合することにより、ダンベル型 Rh3 : L3 = 2 : 1 錯体または Rh3 : L3 = 1 : 1 錯体から成る一次元配位高分子を合成し、溶液系ならびに固体状態において、光・熱・電場応答性を示す新しい機能性材料の開発を行った。

ダンベル型 Rh3 : L3 = 2 : 1 錯体の温度応答性について調べるため、透過率の温度変化測定を行った。その結果、室温では透明な水溶液であったが、30 付近まで昇温すると懸濁し、20 付近まで降温すると再び透明な溶液に戻った。この現象は可逆的に起こり、Rh3 単独の水溶液では発現しなかったことから、2 : 1 錯体は両親媒性に基づいて LCST 挙動を示すことが判った。また、光照射により *trans/cis* 異性体比の異なる試料を作製し、同様の測定を行った。その結果、*cis* 体の割合が増加するとともに LCST 相転移温度が上昇した。これは、*trans* 体比べて極性の高い *cis* 体の割合が増加することにより、脱水和する温度が高温側へシフトするためと考えられる。次に、2 : 1 錯体の析出と溶解を光制御するため、35 において懸濁した Rh3 : *trans*-L3 = 2 : 1 錯体の水溶液に対して 365 nm の紫外光を照射した。その結果、透明な溶液へと変化し、480 nm の可視光を照射すると再び溶液が懸濁した。これは、凝集した *trans*-錯体が極性の高い *cis*-錯体へ光異性化することにより、水中に分散したためである。以上の結果から、2 : 1 錯体は光と熱の両方に応答した自己集合特性を示すことが明らかとなった。

次に、Rh3 : L3 = 1 : 1 錯体からなる一次元配位高分子について、TEM によるモルフォロジー観察を行った。*trans* 体および *cis* 体いずれの場合においてもナノファイバーが観察され、異性化前後において一次元配位高分子の構造が維持されることが示された。また、一次元配位高分子の温度応答性について調べるために、レオロジー測定を行った。昇温時には 30 付近で貯蔵弾性率 G' が上昇し、ヒートセットゲル化することを見出した。降温時には 20 付近から G' が損失弾性率 G'' に近い値をとり、可逆的なゾル - ゲル相転移を示した。さらに、光応答性について調べたところ、45 において得られた *trans* 体のハイドロゲルに紫外光を照射すると *cis* 体への光異性化とともに溶液状態へ相転移した (図 4)。一方、可視光照射後は再びゲル化することはなく溶液状態を保ち、10 まで冷却した後に 45 まで加熱すると再びゲル化した。

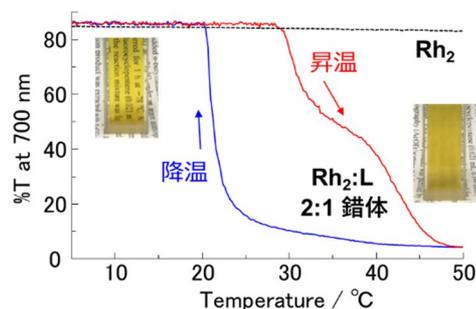
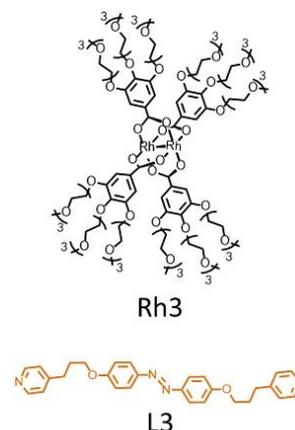


図 3 . Rh3:L3 = 2 : 1 錯体の LCST 特性

すなわち、熱と光刺激による特異なゾル - ゲル相転移サイクルを示すことが明らかとなった。

石英基板上にドロップキャストした一次元配位高分子の水溶液を 45 °C において加熱乾燥すると固体フィルムが得られた。このフィルムに対して、紫外光 / 可視光照射すると、速やかに *trans-cis* 光異性化することが判った。アゾベンゼン基が *cis* 体へ異性化したときのみ永久双極子モーメントが生じることを利用し、誘電特性の光制御について検討した。*trans* 体の固体フィルムに比べて、*cis* 体へ光異性化させた後では、分極率が増加するとともに強誘電的成分の増加が認められた。また、可視光照射後においては再び分極率が減少したことから、アゾベンゼン基の光異性化によって、一次元配位高分子の誘電特性を光制御できることが示唆された。さらに、紫外光照射下、*cis* 体の固体フィルムについて誘電特性の温度応答性を調べた結果、20 °C のときに最も大きな分極率を示した。これは、*cis*-アゾベンゼン基の分極と保持、および分極反転には適切な高分子鎖の運動性が必要であることを示している。

以上より、Rh3 および L3 を 2 : 1 のモル比にて混合した水溶液は LCST 挙動を示し、光照射による LCST 相転移温度の制御に成功した。また、Rh3 と L3 を 1 : 1 のモル比にて混合すると、一次元配位高分子が得られ、光と熱による特異なゾル - ゲル相転移サイクルを示すことを見出した。さらに、固体フィルムの誘電特性を光照射によって制御可能であることが明らかとなった。

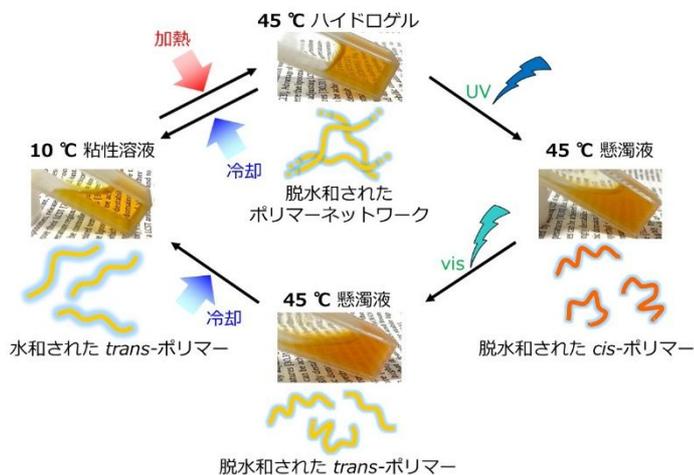


図 4 Rh3:L3 = 1:1 から成る一次元配位高分子の光と熱による特異なゾル - ゲル相転移サイクル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kang Tejwant Singh、Morikawa Masa-aki、Kimizuka Nobuo	4. 巻 55
2. 論文標題 Liquid crystalline microspheres of azobenzene amphiphiles formed by thermally induced pH changes in binary water/hydrolytic ionic liquid media	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5459 ~ 5462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc01731c	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 Wang Zhihang、Losantos Raul、Sampedro Diego、Morikawa Masa-aki、Borjesson Karl、Kimizuka Nobuo、Moth-Poulsen Kasper	4. 巻 7
2. 論文標題 Demonstration of an azobenzene derivative based solar thermal energy storage system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 15042 ~ 15047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta04905c	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 Yamamoto Ryosuke、Minami Yusuke、Hui Joseph K.-H.、Morikawa Masa-aki、Kimizuka Nobuo	4. 巻 142
2. 論文標題 Enhanced Electric Polarization and Polar Switching of Dipolar Aromatic Liquids Confined in Supramolecular Gel Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 1424 ~ 1432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b11276	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 Bharmoria Pankaj、Hisamitsu Shota、Nagatomi Hisanori、Ogawa Taku、Morikawa Masa-aki、Yanai Nobuhiro、Kimizuka Nobuo	4. 巻 140
2. 論文標題 Simple and Versatile Platform for Air-Tolerant Photon Upconverting Hydrogels by Biopolymer-Surfactant-Chromophore Co-assembly	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10848 ~ 10855
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b05821	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 Yang Yufeng, Ishida Masatoshi, Yasutake Yuhsuke, Fukatsu Susumu, Fukakusa Chihoko, Morikawa Masa-aki, Yamada Teppei, Kimizuka Nobuo, Furuta Hiroyuki	4. 巻 58
2. 論文標題 Hierarchical Hybrid Metal-Organic Frameworks: Tuning the Visible/Near-Infrared Optical Properties by a Combination of Porphyrin and Its Isomer Units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4647 ~ 4656
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b00251	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 Shimono Tomoya, Matsuki Masaya, Yamada Teppei, Morikawa Masaaki, Yasuda Nobuhiro, Fujigaya Tsuyohiko, Kimizuka Nobuo	4. 巻 47
2. 論文標題 Selective Ionic Conduction in Choline Iodide/Triiodide Solid Electrolyte and Its Application to Thermocells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 261 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.171069	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 Bharmoria Pankaj, Hisamitsu Shota, Sasaki Yoichi, Kang Tejwant Singh, Morikawa Masa-aki, Joarder Biplab, Moth-Poulsen Kasper, Bildirir Hakan, Martensson Anders, Yanai Nobuhiro, Kimizuka Nobuo	4. 巻 -
2. 論文標題 Photon upconverting bioplastics with high efficiency and in-air durability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	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) 10.1039/D1TC00287B	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 Morikawa Masa-aki, Yang Hanyu, Ishiba Keita, Masutani Kouta, Hui Joseph K.-H., Kimizuka Nobuo	4. 巻 49
2. 論文標題 A Liquid Arylazopyrazole Derivative as Molecular Solar Thermal Fuel with Long-term Thermal Stability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 736 ~ 740
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200171	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 Nagai Yuki, Ishiba Keita, Yamamoto Ryosuke, Yamada Teppei, Morikawa Masa aki, Kimizuka Nobuo	4. 巻 60
2. 論文標題 Light Triggered, Non Centrosymmetric Self Assembly of Aqueous Arylazopyrazoles at the Air/Water Interface and Switching of Second Harmonic Generation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6333 ~ 6338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202013650	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12件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 永井邑樹、松木昌也、森川全章、山田鉄兵、君塚信夫
2. 発表標題 Crystal and electronic structures of chiral-lipid-packaged 1D halogen-bridged Pt complexes
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 坂田萌音、小林徹朗、森川全章、君塚信夫
2. 発表標題 水溶性ロジウム(II)二核錯体の自己組織化に基づくLSCT特性とその光制御
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂田萌音、小林徹朗、森川全章、君塚信夫
2. 発表標題 光および熱応答性を示す一次元ロジウム(II)二核錯体の自己組織化と溶液特性
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 小林徹朗、内野慎也、森川全章、君塚信夫
2. 発表標題 光異性化能を有する環状二核ロジウム(II)錯体の形成と構造制御
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 小林徹朗、内野慎也、森川全章、君塚信夫
2. 発表標題 アゾベンゼン基を含む環状二核ロジウム(II)錯体の合成と光異性化特性
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永井邑樹、松木昌也、森川全章、山田鉄兵、君塚信夫
2. 発表標題 キラル脂質 MX型一次元白金錯体複合体における錯体鎖のアシメトリ誘起と超分子バンドギャップ制御
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tejwant Singh KANG, Masa-Aki MORIKAWA, Nobuo KIMIZUKA
2. 発表標題 Modulation of Colloidal Behavior of Azo-Surfactants using Ionic Liquids in Aqueous Medium
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 小林徹朗, 内野慎也, 森川全章, 君塚信夫
2. 発表標題 アゾベンゼン基を含む脂溶性ロジウム(II)二核錯体による環状錯体の形成と光構造制御
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 坂田萌音, 小林徹朗, 森川全章, 君塚信夫
2. 発表標題 光および熱刺激応答性を示す水溶性ロジウム(II)二核錯体の合成と自己集合特性
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 永井邑樹, 松木昌也, 森川全章, 山田鉄兵, 君塚信夫
2. 発表標題 キラル脂質 MX型白金錯体複合体における一次元錯体鎖のアシンメトリ誘起と新しい電子状態の発現
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中健太郎, 佐々木陽一, 森川全章, 楊井伸浩, 君塚信夫
2. 発表標題 近赤外 - 可視フォトン・アップコンバージョンを示すソフトマテリアルの開発
3. 学会等名 第69回高分子年次学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石原ひかり、坂田萌音、森川全章、君塚信夫
2. 発表標題 光応答性一次元ロジウム二核錯体の合成と可逆的な重合特性
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

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