

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：34315

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2020

課題番号：18H05984・19K21131

研究課題名(和文)分子配向構造の精密設計に基づく多彩な白色偏光発光材料の創製

研究課題名(英文) Development of polarized white luminescent materials based on design of molecular orientation patterns

研究代表者

久野 恭平 (Hisano, Kyohei)

立命館大学・生命科学部・助教

研究者番号：30822845

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：小型かつ高機能な次世代光機能素子の発展に資する材料として、単一薄膜でありながら、光渦や円偏光といった多様な偏光モードで発光する材料の開発が盛んに行われている。分子が凝集した状態であるフィルムなどにおいて、高い発光強度を示す凝集誘起発光材料の開発は成熟しつつあるが、自在な偏光モードの実現と両立することは容易ではない。そこで、分子配向に基づく偏光モード制御に着目した。本研究では、分子構造設計により優れた凝集有機発光性分子を合成するとともに、分子配向制御により偏光モードを付与することで、凝集状態でも高い強度で偏光発光を示す材料の作製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、分子構造設計により発光特性(強度や波長)を、分子配向設計により偏光モード(直線偏光や円偏光)を独立して制御できることを明らかにした。フィルムなど分子が凝集した状態においても高強度かつ偏光制御された発光が可能となるため、従来の光デバイスの高機能化や小型化が容易となり得る。更なる研究の発展により次世代型ディスプレイやセキュリティーインクへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：For realizing next-generation photonic and optic microsystems, the single luminescent films, enabling to exhibit on-demand polarization state, have attracted much attention. Recently, various luminescent molecules with high quantum yield even in aggregate such as film, referred as to aggregation-induced emission (AIE), have been developed. However, the control of the polarization state of AIE molecules remains challenging. In this study, we have succeeded to synthesize the AIE molecules and control the polarization state by designing molecular orientation patterns.

研究分野：機能物性化学

キーワード：発光 フィルム 分子配向

1. 研究開始当初の背景

超解像イメージングや 3D ディスプレイ, AR (拡張現実)などを可能とする次世代光機能デバイスが脚光を浴びている。このような応用において重要となるのは、光の偏光モードを制御することである。例えば、円偏光発光材料は 3D ディスプレイやセキュリティーインクなどへの応用が期待されている。一般的には、偏光制御においては、レーザー光学系やレンズ等から構成される光学系が必要であるが、高分子フィルムのような薄膜素子で高度な発光特性が実現できれば、デバイスの小型化・低コスト化が可能となり、次世代光機能デバイスに資する。特に、高分子フィルムは柔軟性や軽量性、加工性に優れるため、フレキシブルフォトニクスへの展開も可能となる。

有機発光材料の多くは溶液中でのみ発光し、固体状態では著しく発光強度が低下する。一方、2001年の Tang らの研究を皮切りとして、AIE (Aggregation-Induced Emission) 材料に注目が集まっている。これらの研究の鍵は、プロペラ状の分子骨格を有する発光分子を用いた点にあり、分子凝集状態で分子内回転運動などが抑制されるため発光強度が格段に増大する。最近では、プロペラ状分子のみならず、回転部位を持たないものや金属錯体などの多種多様な AIE 材料の開発が盛んに行われている。分子構造を綿密に設計することで、直線偏光発光材料や円偏光発光材料が実現されてきているが、高発光強度と偏光モード制御を両立するのは困難であった。すなわち、AIE 材料において、発光強度と偏光性を独立して制御できる材料設計指針が開拓する必要がある。この課題を解決するために、分子構造設計により発光強度を制御し、分子配向設計により偏光モード制御を行えば、多彩な偏光発光を示す AIE 材料が創製できるとの着想に至った。ここで鍵となるのは分子配向制御を施すために、液晶性 AIE 分子を合成することである。剛直な分子骨格に対してアルキル基などの柔軟鎖を導入することで液晶性の発現が期待できるが、一般的な AIE 分子はプロペラ状分子構造を有するため、スメクチック液晶性材料の開発が主であった。一方で、分子配向方向と偏光発光の相関性に鑑みれば、ネマチック液晶相を示す棒状分子構造が望ましい。これまで、本研究室では金(I)錯体が凝集状態において、親金相互作用と呼ばれる分子間相互作用を発現し、強い発光を示すことを明らかにしている。さらに、直線 2 配位構造を形成するため、棒状液晶の分子骨格として利用でき、多彩な分子配向制御が可能となりうる。

2. 研究の目的

本研究では、(i) 分子構造設計によりネマチック液晶性 AIE 分子を合成し、(ii) 分子配向構造を制御することで偏光特性を付与することで、偏光発光性 AIE 材料の創製を目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、まず(i) 分子構造設計により AIE 特性および液晶性を有する棒状金(I)錯体を合成した。一般的に、親金相互作用は金原子同士が 3.6 \AA 以下に近接している場合に働くことが知られている。そこで、液晶性が発現し得る AIE 金(I)錯体における分子構造設計の指針として、(a) 凝集状態での最近接分子間距離が近くなるようにエチルベンゼン誘導体やイソシアニド誘導体のような配位子を用いることで金原子周辺における立体障害を低減するとともに、(b) 液晶性において重要な様々な柔軟鎖の置換基を配位子に導入することが重要であると考えた(図 1)。ついで、(ii) 合成した液晶性 AIE 金(I)錯体の分子配向構造を制御することで偏光発光特性が付与できるか検討した。特に、円偏光発光特性に着目した。具体的には、置換基にキラリティを導入することで、自発的にらせん状にねじれた分子配向構造を形成するキラルネマチック液晶相を形成し(図 2)、らせん状分子配向構造と円偏光発光の相関性について考察した。円偏光発光における円偏光性の度合いは、右円偏光と左円偏光の強度比で表される非対称性因子 g_{lum} (完全な円偏光の際に掌性に応じて 2 もしくは -2 の値をとる)を用いて評価した。

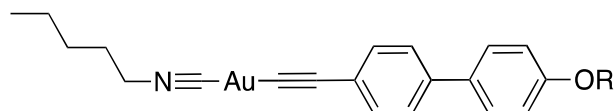


図 1. 本研究で使用した金(I)錯体の分子構造例 (R: アルキル基)

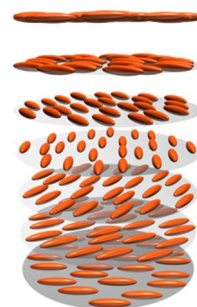


図 2. コレステリック液晶相における分子配向構造。

4. 研究成果

図 1 に示す分子構造を基本骨格とし、種々のアルコキシ鎖長を有するエチルベンゼン誘導体およびイソシアニド誘導体を配位子とした金(I)錯体を合成することで、分子構造と液晶性について検討した。単結晶 X 線構造解析により最近接金原子間距離を測定した。エチルベンゼンにおける置換基のアルコキシ鎖炭素数が 6 の場合、結晶状態において最近接金原子間距離は 3.55 \AA となり、親金相互作用が働きダイマー構造を形成することがわかった。DSC 測定および

偏光顕微鏡観察により液晶相転移挙動について検討したところ、ダイマーを形成する炭素鎖数 6 の金(I)錯体はエナンチオトロピック液晶であり、液晶相温度においてネマチック相を示すことが明らかとなった。一方、炭素鎖数 8 のものはモノトロピック液晶であり、スメクチック相のみを示した。以下、炭素数 6 のものについて述べる。発光スペクトル測定を行ったところ、結晶相において紫外光照射下で 430 nm を極大発光波長とする強いリン光発光（発光寿命 > 10 μ s, 発光量子収率 > 51%）を示し、濃厚溶液中および液晶相においても、発光量子収率は低下するものの同様の発光バンドが現れることを明らかにした。詳細な解析の結果、この発光バンドは親金相互作用に由来することがわかり、AIE 特性を示すことが明らかとなった。さらに、濃厚溶液中および液晶相中でも同様の発光バンドが発現しており、結晶状態で形成されるダイマー構造が保持されることが示唆された。すなわち、液晶性 AIE 材料の開発に成功した。また、メソゲン骨格における芳香環の影響について検討したところ、エチルビフェニル誘導体を配位子に用いることで、親金相互作用に由来する発光バンドが長波長シフトし、極大発光波長が~500 nm となった。この棒状金(I)錯体はモノマー発光に由来する極大発光波長が~380 nm であるため、凝集状態を制御することでマルチカラー発光が可能となりうる。また、芳香族骨格の分子アスペクト比が増大することで、液晶相温度範囲も拡大することがわかった。そこで、液晶相における分子配向状態と発光特性の関係を検討する実験においては、エチルビフェニル誘導体をメソゲンの基本骨格として用いた。

高い g_{lum} 値を示す円偏光発光材料の開発を目的とし、コレステリック液晶相における分子配向構造と円偏光発光特性の関係性について検討した。前述した通り、コレステリック液晶は、自発的にらせん状にねじれた分子配向構造を形成する（図 2）。分子長軸の方向が 2π 回転する距離がらせんピッチ P と定義される。キラリティを有する分子をアキラリなネマチック液晶へ添加することで、系全体においてキラリティが誘起される。この時、 P はキラリ剤のらせん誘起力 HTP と濃度の逆数により表される。また、液晶材料が複屈折（分子長軸と短軸で異なる屈折率）を示すため、コレス

テリック液晶は P に応じて Bragg 反射を示す； $\lambda_{peak} = n_{ave} \times P$ （ λ_{peak} は反射ピーク波長、 n_{ave} は平均屈折率、 P はらせん構造の周期を示す）。反射バンドと円偏光発光の関係性を詳しくするために、キラリティを導入した金(I)錯体に対して、HTP が既知のキラリ剤および低分子液晶を混合した。反射スペクトル測定より、キラリ剤濃度の増大に伴い反射バンドが短波長シフトすることを確かめた（図 3）。発光スペクトル測定を行ったところ、低分子液晶および金(I)錯体のモノマー発光に由来する発光バンドが低波長側（< ~400 nm）に生じる一方で、金(I)錯体のダイマー由来の発光バンドが長波長側に現れた（図 3）。これは、混合状態においてもダイマー形成により親金相互作用に由来する AIE 特性が発現することを示唆している。ついで、円偏光発光スペクトル測定を行い、本材料系の g_{lum} を測定した。反射バンドと金(I)錯体の発光バンドが重なる領域において、最大で 1.21 と極めて高い値を示し、円偏光発光を示すことを見出した。これは、コレステリック液晶が同じ掌性の円偏光を反射する特性を有するため、円偏光フィルターとして機能した可能性を排除しきれない。そこで、あえてキラリ剤濃度が低いサンプルを調製し、反射バンドと発光バンドが異なる状態での円偏光発光スペクトル測定を試みた。その結果、反射バンドと発光バンドが異なる場合でも、 g_{lum} は 0.60 の値を示し、円偏光発光特性を示すことが明らかとなった。すなわち、本材料系において、コレステリック液晶相は単なる円偏光フィルターとして機能したのではなく、分子のらせん状分子配向構造により円偏光発光強度が増幅できることが明らかとなった。一方、反射バンドを制御することで、発光強度が制御されることが明らかとなり、任意の波長で円偏光発光を示す材料の展開が期待できる。

本研究では、ネマチック液晶性を示す棒状金(I)錯体を合成することで、分子凝集状態でも強い発光を示す AIE 材料の開発を行い、分子構造と発光強度・波長の関係について明らかにした。さらに、分子配向構造を制御することで、発光特性を損なうことなく偏光モードが制御することに成功した。発光特性と偏光モードを独立して設計する本材料設計指針は、多種多様な偏光発光材料の開発に資する。

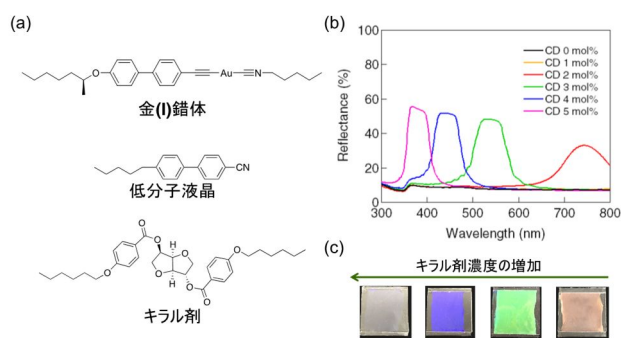


図 3. (a)本研究において使用した混合物。(b, c) 各キラリ剤濃度 (CD; 0~5 mol%) における混合物の反射スペクトルおよび外観。

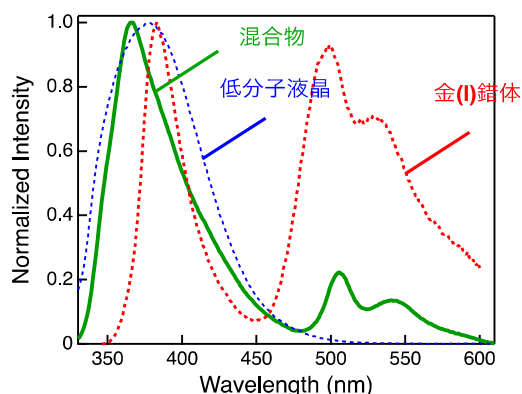


図 4. 金(I)錯体、低分子液晶および混合物の発光スペクトル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Tsutsumi Osamu, Tamaru Masakazu, Nakasato Hitoya, Shimai Shingo, Panthai Supattra, Kuroda Yuki, Yamaguchi Kenta, Fujisawa Kaori, Hisano Kyohei	4. 巻 24
2. 論文標題 Highly Efficient Aggregation-Induced Room-Temperature Phosphorescence with Extremely Large Stokes Shift Emitted from Trinuclear Gold(I) Complex Crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 4606 ~ 4606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24244606	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 -
1. 著者名 久野 恭平	4. 巻 68
2. 論文標題 光が拓く分子配向フィルム・新機能の開拓	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 416 ~ 417
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 Kuroda Yuki, Nakamura Shin-ya, Srinivas Katam, Sathyanarayana Arruri, Prabusankar Ganesan, Hisano Kyohei, Tsutsumi Osamu	4. 巻 9
2. 論文標題 Thermochemically Stable Liquid-Crystalline Gold(I) Complexes Showing Enhanced Room Temperature Phosphorescence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Crystals	6. 最初と最後の頁 227 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cryst9050227	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 Xie Mengying, Hisano Kyohei, Zhu Mingzhu, Toyoshi Takuya, Pan Min, Okada Shima, Tsutsumi Osamu, Kawamura Sadao, Bowen Chris	4. 巻 4
2. 論文標題 Flexible Multifunctional Sensors for Wearable and Robotic Applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials Technologies	6. 最初と最後の頁 1800626 ~ 1800626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/admt.201800626	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 Prabusankar Ganesan, Muthukumaran Nirmala, Vaddamanu Moulali, Raju Gembali, Velappan Kavitha, Sathyanarayana Arruri, Masaya Yamane, Sugiyama Shohei, Hisano Kyohei, Tsutsumi Osamu	4. 巻 9
2. 論文標題 Blue-emitting acridine-tagged silver(i)-bis-N-heterocyclic carbene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 7543 ~ 7550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9RA00281B	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 Sathyanarayana Arruri, Nakamura Shin-ya, Hisano Kyohei, Tsutsumi Osamu, Srinivas Katam, Prabusankar Ganesan	4. 巻 61
2. 論文標題 Controlling the solid-state luminescence of gold(I) N-heterocyclic carbene complexes through changes in the structure of molecular aggregates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science China Chemistry	6. 最初と最後の頁 957 ~ 965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11426-018-9318-9	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

〔学会発表〕 計53件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 久野 恭平
2. 発表標題 コレステリック液晶における多次元らせん軸配列制御と光機能
3. 学会等名 日本学術振興会142委員会合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ku Kyosun, Seiya Kimura, Kyohei Hisano, Tsutsumi Osamu, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Development of mechano-responsive photonic films composed of cholesteric liquid crystal elastomer.
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 Osama Younis, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 Liquid Crystal Polymers for the Production of White-Color Emission
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 Sathyanarayana Arruri, Kyohei Hisano, Ganesan Prabusankar, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 Controlled luminescence of Gold (I) N-heterocyclic carbenes (NHC)
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 Osamu Tsutsumi, Kyosun Ku, Seiya Kimura, Kyoko Yuasa, Kyohei Hisano
2. 発表標題 Mechano-Optical Behavior of Chiral Liquid-Crystalline Elastomers
3. 学会等名 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Osamu Tsutsumi, Yuki Kuroda, Kyohei Hisano, Fuyuki Ito
2. 発表標題 Crystal-Size-Controlled Photoluminescence of Au(I) Complexes with High AIE Character
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Supattra Panthai, Maruoka Yui, Sami H. Alijuzayri, Osama Yousin, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 White-Color Luminescence Emitted from Liquid-Crystalline AlEgens
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Supattra Panthai, Maruoka Yui, Sami H. Alijuzayri, Osama Yousin, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 White-Color Luminescence induced by Liquid Crystalline alignment of luminogens
3. 学会等名 2019年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ku Kyosun, Seiya Kimura, Kyohei Hisano, Tsutsumi Osamu, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Mechanical responsive cholesteric liquid crystal elastomer showing reversible color change
3. 学会等名 2019年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arruri Sathyanarayana, Kyohei Hisano, Ganesan Prabusankar, and Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 Controlled luminescence of Gold(I) N-heterocyclic carbene (NHC) coordination polymer
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 尾崎和久, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 液晶性金(I)錯体の発光挙動における親金相互作用の効果
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 黒田由紀, 伊藤冬樹, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 三核金錯体の結晶成長過程における発光挙動変化
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 具教先, 木村聖哉, 久野恭平, 赤松範久, 宍戸厚, 堤治
2. 発表標題 コレステリック液晶を用いた応力反応型弾性材料の創製
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyohei Hisano
2. 発表標題 Liquid Crystals with Helically Twisted Molecular Orientation and Their Potential Photonic Applications
3. 学会等名 Seminar at IISER (Indian Institute of Science Education and Research), Thiruvananthapuram (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyohei Hisano
2. 発表標題 Helical Axis Orientation in Microparticles of Cholesteric Liquid Crystal Polymers for Omni-Directional Reflection Behavior
3. 学会等名 Seminar at IIT (Indian Institute of Technology), Hyderabad (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyohei Hisano
2. 発表標題 Hierarchically Arranged Liquid Crystals Enabling Next-Generation Photonics Applications
3. 学会等名 The IIT Hyderabad & Ritsumeikan University Joint Workshop on Photofunctional Gold Molecules and Nano Materials 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久野恭平, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Arbitrary Two-Dimensional Molecular Alignment Directed by Scanning Wave Photopolymerization
3. 学会等名 27th International Liquid Crystal Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒田由紀, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 液晶性金錯体の発光挙動におよぼす柔軟鎖末端構造の効果
3. 学会等名 2018年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 積層型コレステリック液晶エラストマーフィルムの力学刺激応答特性
3. 学会等名 2018年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 積層型コレステリック液晶エラストマーフィルムのひずみに伴う光学物性変化
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 黒田由紀, 中田真菜美, 久野恭平, 堤治, 伊藤冬樹
2. 発表標題 三核金錯体結晶のサイズ制御によるマルチクロミック発光挙動
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 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 積層型コレステリック液晶エラストマーの光力学機能創出と応答特性評価
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 玉木優作, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 混合原子価金(I/III)錯体の凝集構造と発光挙動の相関
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 山根雅也, 中村晋也, Arruri Sathyanarayana, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, 堤治
2. 発表標題 NHC-金錯体高分子の固体発光挙動
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 Kyo-sun Ku, Seiya Kimura, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Mechano-Responsive Cholesteric Liquid Crystal Elastomer Showing Reversible Color Change
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 杉山翔平, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 白色発光性発光団を導入したオルガノゲルの凝集構造制御による発光挙動変化
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 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Mechano-Optical Properties of Layered Cholesteric-Liquid-Crystal Elastomer Films
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Osamu Tsutsumi, Osama M. Younis, Sathyanarayana Arruri, Preeyanuch Anukul, Kyohei Hisano
2. 発表標題 Luminescence from Liquid-Crystalline Materials Controlled by Aggregated Structure of Mesogenic Luminophores
3. 学会等名 3rd Internatinal Caprica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 光力学機能を有する積層型コレステリック液晶エラストマーの創出
3. 学会等名 第27回ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyohei Hisano, Anukul Preeyanuch, Kaho Sakamoto, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 Circularly Polarized Luminescence Extremely Amplified in Helical Aggregate Structure of Gold(I) Complex
3. 学会等名 4th International Conference on Aggregation Induced Emission (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Kuroda, Manami Nakata, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi, Fuyuki Ito
2. 発表標題 Multicolour Luminescence Controlled by Crystal Size of Trinuclear Gold Complexes
3. 学会等名 4th International Conference on Aggregation Induced Emission (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒田由紀, 伊藤冬樹, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 三核金錯体のマルチクロミック発光挙動における結晶サイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯浅杏子, 木村聖哉, 具教先, 赤松範久, 宍戸厚, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 コレステリック液晶エラストマーの力学・光機能
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒田由紀, 伊藤冬樹, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 三核金錯体のマルチクロミック発光挙動における結晶サイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎和久, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 脂肪族環状炭化水素を基本骨格とした液晶性金錯体の発光挙動におけるアルキル鎖長の効果
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎和久, 久野恭平, 堤治
2. 発表標題 脂肪族環状炭化水素を基本骨格とした液晶性金錯体の発光挙動におけるアルキル鎖長の効果
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Supattra Panthai, Yui Maruoka, Sami H Alijuzayri, Osama Younis, Kyohei Hisano, Osamu Tsutsumi
2. 発表標題 White-Light Luminescence in Liquid Crystal Phases
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯浅杏子, 木村聖哉, 具教先, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 液晶エラストマーを用いた力学センシング
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ku Kyosun, Seiya Kimura, Kyoko Yuasa, Kyohei Hisano, Tsutsumi Osamu, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Mechanical-responsive photonic films composed of Cholesteric liquid crystal elastomer
3. 学会等名 8th International Symposium on Functionalization and Applications of Soft/Hard Materials (Soft/Hard 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ku Kyosun, Seiya Kimura, Kyoko Yuasa, Kyohei Hisano, Tsutsumi Osamu, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Mechanooptical properties of cholesteric-liquid-crystal elastomers: strain induced change in reflection color
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ku Kyosun, Seiya Kimura, Kyoko Yuasa, Kyohei Hisano, Tsutsumi Osamu, Norihisa Akamatsu, Atsushi Shishido
2. 発表標題 Mechanooptical properties of cholesteric-liquid-crystal elastomers: strain induced change in reflection color
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019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
---------	---------