

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05240

研究課題名（和文）機械/電気刺激に応答する発光性色素複合膜

研究課題名（英文）Mechano/Electro responsive photoluminescent polymeric composite film

研究代表者

近藤 瑞穂（Kondo, Mizuho）

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70447564

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では電気刺激に応答できる機能を付与した磨砕応答色素の合成を検討した。検討にあたり液晶の導入による配向制御とゲル化能による薄膜の機能化を行った。また、簡易摺動装置を用いた磨砕応答性の数値的な評価を実現した。さらに、ピリジン末端を有する磨砕応答色素を四級化した材料では、電気・機械・光の3つに応答する色素が形成できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゲル化した材料では液晶性を保持できたことに加え、種々の高分子と複合化して加工性の向上と、複合材料の変形に連動した変化が確認できた。これにより重合したイオン液体との複合化による電気応答性の付与が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have investigated the synthesis of mechanoresponsive dyes with the ability to respond to electrochemical stimuli. The alignment control by the introduction of liquid crystallinity and the functionalization of the thin film by gelation ability were investigated. In addition, it was found that the quaternization of pyridine-terminated mechanoresponsive dyes enabled the formation of dyes that responded to electrical, mechanical, and optical stimuli.

研究分野：高分子化学

キーワード：磨砕応答

1. 研究開始当初の背景

外部からの力学的刺激を光学情報に変換する材料は、材料のサイズや形状に依存しない圧力センサーへ応用可能であり、建築や医療・福祉関連への応用が期待できる。なかでも磨砕応答(MCL)色素は機械的刺激によって発色もしくは発光色を等温的に変化できる色素であり、分子内および分子間における相互作用を利用して巨視的な外部刺激を分子レベルの物性に変換できることから、センサーなどへの応用が期待されている。特に液晶性を導入した色素では、多色の発光色や準安定色の安定性の制御、配向のコントロールなど、機能的なMCLの挙動を実現することができる。これまでに申請者らは、末端にフェニルアセチレンを導入した液晶性シアノスチルベン誘導体の磨砕応答について研究してきた。これまでの磨砕応答色素の機能調節は加熱や溶媒が必要であり、センサーとして単純化するためには物質の出入りがなく、加熱を伴わない条件として、電気刺激による復元が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

電界印加による発色変化(エレクトロクロミズム)を付与した色素を合成し、機械的刺激と電氣的刺激の多重刺激によって発色・発光色を可逆的に変化できる複合材料を創成する。すなわち、エレクトロクロミズムによってイオン伝導性媒体中に分散した色素分子内のコンフォメーションおよび電子状態を変化させ、色素の分子間相互作用と凝集状態をコントロールし、発色域や磨砕応答性の有無などを電氣的な手法によって制御するとともに、機械的刺激による凝集構造の変化にもとづく電気応答性の変化も目指す。これまでの成果を活かし、ピリジン末端を有する刺激応答性発光性色素の特徴をイオン伝導体中に分散することによる、それらの相互作用と凝集状態を電気応答に転化し、多重・可逆的な挙動を精査し、複合的な機能発現を目指す。

3. 研究の方法

電気化学応答性と成膜性、液晶性を兼ね備えた色素の合成、評価を行う。具体的には液晶性を導入するための長い π 共役構造、磨砕応答性を示すためのシアノスチルベン、成膜性を構造させるための平面高分子量置換基、電気化学特性を付与するための4級化構造を組み込んだ構造とする。このうち4級化構造以外を優先して調整し、加工性の向上を図った。

4. 研究成果

4-1. 液晶配向膜を利用した高精度方位認識膜

単体で製膜可能な低分子磨砕応答色素を目指し、Figure 1に示すような分子末端にナフチル基を導入した液晶性磨砕応答色素を合成した。この色素から形成した薄膜は磨砕すると色素分子が応力配向することで異方性を発現し、磨砕方向と平行方向に直線偏光発光を示す。また、従来の低分子分散系メカノクロミック色素薄膜と比較して、高い方位認識性を示すことがわかった。続いて配向膜を用いて一軸配向させた薄膜を磨砕すると、初期配向に依存した異方性を示した。また、配向膜と二層構造とすることで、異方性、発光波長ともに応力依存性が生じた。そのため、Figure 2に示す簡易摺動装置を用いて発光波長、偏光比、配向度の応力依存性を測定し、フィルムが破損するまでの範囲では、応力の増加に伴ってこれらの値が増加することが明らかとなり、詳細な磨砕強度の認識が可能となった。さらに、面外配向膜を用いて面外配向させた薄膜では、一方から磨砕するとハイブリッド配向が誘起され、磨砕の方向、強度のみならず磨砕方法まで認識できることを明らかにした。

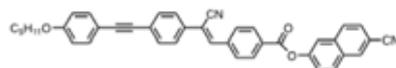


図1 成膜性を向上させた磨砕応答色素の分子構造

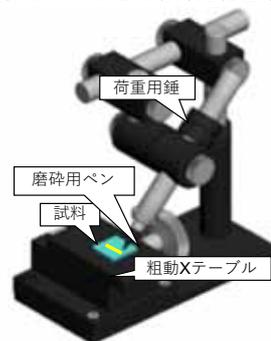


図2 簡易摺動装置

4-2. 結晶変化を利用した磨砕応答の変調

これまでのシアノスチルベン誘導体では共通の π 共役骨格を持ち、共役系から切り離された置換基を変更することで、磨砕によって短波長側にシフトするものや、長波長側にシフトするものが報告されている。そのため、長波長シフトと短波長シフトの両方の磨砕応答を示す新規な棒状のアルキルトラン末端シアノスチルベンを調製し、機械的磨砕によるPL挙動の変化を調べた。Figure 3(a)に示す色素は、結晶状態では機械的応答性を示さないが、調製方法を変えることで磨砕応答性を示すようになる。Figure 3(b)に示すように、濃厚な溶液からゆっくりと結晶を析出させると、色素は青緑色の発光を示し、粉砕すると緑色の発光に変化した。一方、飽和THF溶液を水やヘキサンに滴下して沈殿させると、黄緑色の発光を示し、粉砕すると緑色の発光に変化

する色素が得られた。粉末構造解析では、短波長シフトした長波長シフトした粉末と異なる回折パターンが見られた。したがって、この色の変化は、凝集誘起発光のような色素の平坦化、あるいはJ凝集形成のような密な斜めのパッキングが析出時に生じたものと推測される。

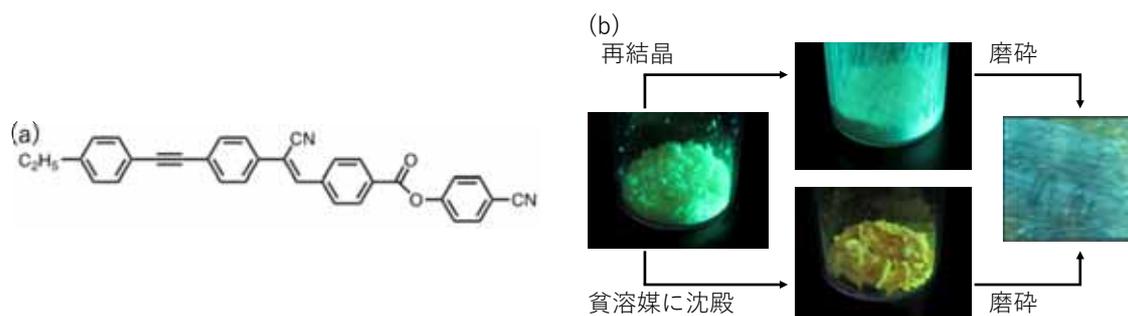


図3 両方向にシフトを示す磨砕応答色素の分子構造(a)と粉末の発光の様子(b)

4-3. ゲル化を用いた磨砕応答薄膜

前節の研究で、シアノスチルベン誘導体の発光色が析出方法に依存し、磨砕によって発光スペクトルが長波長または短波長シフトすることが確認された。この磨砕応答の変化は、異なる条件下での析出により形成される準安定な凝集構造の分子パッキングが変化したことに起因すると考えられた。特に磨砕によってブルーシフトする粉末は貧溶媒中に溶液を滴下することで生成でき、結晶性の著しく低い状態でも磨砕応答を誘起できることが示唆された。そこで貧溶媒中で析出、安定化する構造として低分子ゲルに着目した。低分子ゲルは、低濃度（15%以下）のゲル化剤で構成された固体のようなレオロジー挙動を示し、巨視的な寸法の連続構造を持つ材料である。これらは協同的な非共有結合の相乗効果によって自己組織化することで形成される。これまでに分子の運動やコンフォメーションの変化に伴って発光強度が変化する凝集誘起発光色素とゲル化剤を組み合わせることで、流動性を示すゾルからゲルに転移する挙動と連動した発光特性変化が報告されている。また、凝集誘起発光を示すゲルより溶媒を除去したキセロゲルではMCLを示すことが知られている。そこで本研究では液晶性を損なうことなくゲル化能が期待できるコレステロールを導入した色素を合成し、マサイ応答性評価した(Figure 5(a))。蒸発速度が遅く、ゲル化することのわかっているジオキサン溶液を加熱してゾル状態にし、スピンコート法により薄膜を形成したところ均一な緑色発光する基盤が得られた。基盤を磨砕すると磨砕部分が水色に変色し、磨砕方向に色素が配向して偏光発光した(Figure 5(b))。また、この色素を高分子と複合化することで自己支持性が発現し、延伸などの加工が可能であることがわかった。

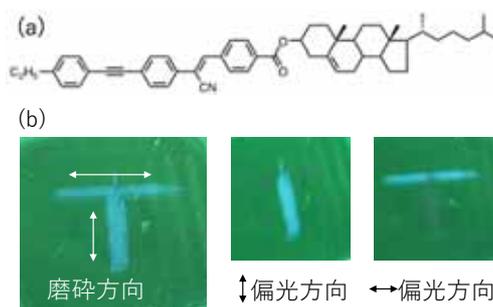


図4 コレステロールを導入した磨砕応答色素の分子構造(a)と偏光発光のパターニング(b)

4-4. 電解応答性を有する磨砕応答色素の合成

電気的な酸化還元反応により発光色変化を誘起するエレクトロクロミズムを組み合わせることで、より簡便な発光、磨砕応答性変調が期待できる。そこで、分子末端に4級化ピリジン基を有する色素を合成し磨砕応答性および電気応答性を評価した(Figure 6)。電解溶液に電圧を7 V印加すると極大吸収波長が500 nmから350 nm付近に変化し、溶液の色が赤色から無色になった。これは、ピリジン部位が還元されたためであると推察される。また、色素に紫外光を照射し続けると退色し、加熱すると戻った、これは紫外光照射によってシアノスチルベン部位が異性化するためと考えられる。さらに、色素のアルキル鎖長を短縮化して結晶性を向上させた色素では磨砕応答を示した。

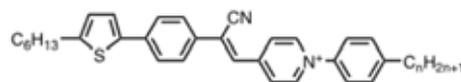


図5 4級化ピリジンを組み込んだ磨砕応答色素

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kondo Mizuho, Morita Yuya, Nishida Jun-ichi, Kawase Takeshi, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Mechano-induced photoluminescence colour change in an alkyltolane-terminated cyanostilbene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CrystEngComm	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/D1CE00456E	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 Kondo Mizuho, Kojima Daijoro, Ootsuki Naoya, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Photoinduced Exfoliation of a Polymeric N Benzylideneaniline Liquid Crystalline Composite Based on a Photoisomerization Triggered Phase Transition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macromolecular Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 2100097 ~ 2100097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/macp.202100097	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 Ito Akari, Norisada Yunosuke, Inada Shogo, Kondo Mizuho, Sasaki Tomoyuki, Sakamoto Moritsugu, Ono Hiroshi, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 37
2. 論文標題 Photoinduced Reorientation and Photofunctional Control of Liquid Crystalline Copolymers with in Situ-Formed N-Benzylideneaniline Derivative Side Groups	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 1164 ~ 1172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c03059	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 Kondo Mizuho, Yamoto Taku, Tada Motoki, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Mechanoresponsive Behavior of Rod-like Liquid Crystalline Luminophores on an Alignment Layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 812 ~ 815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200891	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 Mizuho Kondo, Shu-ichi Hirooka, Yoshiki Keiseuke, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Mechanochromic behavior of side-chain spiropyran polymer films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 proceeding of 2020 27th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices	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) 10.23919/AM-FPD49417.2020.9224499	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 Mizuho Kondo, Toshiki Nishizono, Nobuhiro Kawatsuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermally stable birefringent films from a liquid crystalline polymer having side groups containing N-benzylideneaniline	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 mol.cryst. Liq. Cryst.	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) 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 Kondo Mizuho, Yamoto Taku, Miura Seiya, Hashimoto Mayuko, Kitamura Chitoshi, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 14
2. 論文標題 Controlling the Emergence and Shift Direction of Mechanochromic Luminescence Color of a Pyridine Terminated Compound	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 471 ~ 479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801647	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 Kondo Mizuho, Taijiro Kojima, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Hydrogen-Bonded Photoreactive Polymer Liquid Crystal Containing Pyridyl-Terminated N-Benzylideneaniline	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Photopolym. Sci. Tech.	6. 最初と最後の頁 305 ~ 309
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 Kondo Mizuho	4. 巻 52
2. 論文標題 Photomechanical materials driven by photoisomerization or photodimerization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1027 ~ 1034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-020-0367-0	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 Nishizono Toshiki, Kondo Mizuho, Kawatsuki Nobuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Photoinduced Molecular Reorientation of a Liquid Crystalline Polymer with a High Birefringence	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 912 ~ 915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200955	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 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 近藤瑞穂
2. 発表標題 光と力を繋ぐ液晶高分子フィルム
3. 学会等名 高分子研究発表会(神戸), (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤瑞穂
2. 発表標題 高分子・色素分散高分子を用いた機械刺激応答性表面を有する薄膜
3. 学会等名 高分子表面研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 児島大二郎, 近藤瑞穂, 松田聡, 川月喜弘
2. 発表標題 N-ベンジリデンアニリン高分子液晶複合体を用いた光剥離接着剤の接着特性評価
3. 学会等名 第57回日本接着学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口航, 近藤瑞穂, 深江亮平, 川月喜弘
2. 発表標題 ベンジリデンアニリンを架橋部に有する液晶高分子フィルムの光屈曲挙動
3. 学会等名 高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二塚凜, 近藤瑞穂, 深江亮平, 川月喜弘
2. 発表標題 一軸配向したN-ベンジリデンアニリン架橋液晶高分子フィルムの光屈曲挙動
3. 学会等名 高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 児島大二郎, 近藤瑞穂, 松田聡, 川月喜弘
2. 発表標題 水素結合型N-ベンジリデンアニリン高分子液晶複合体の光相転移挙動と光剥離型接着剤への応用
3. 学会等名 高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤朱里, 稲田翔伍, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 安息香酸とフェニルアルデヒド及びフッ素を側鎖に有する液晶性ブロックコポリマーフィルムの光誘起性複屈折パターンの作製
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 西園宗輝, 稲田翔伍, 近藤瑞穂, 川月 喜弘
2. 発表標題 フッ素を導入したブロック共重合体のインクジェットによる微細な光配向性パターンニングフィルムのその場作製
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 則定優之介, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 側鎖に異なる光反応基を持つブロックコポリマーの光配向
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 廣岡秀一, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 側鎖型スピロピラン高分子薄膜の磨砕応答性への影響
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 伊藤朱里, 稲田翔伍, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 安息香酸とその後作製したN-ベンジリデンアニリンを側鎖に有する高分子液晶フィルムの光配向制御
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 多田幹生, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 液晶性メカノクロミック色素の配向膜による配向制御と角度依存性
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 西園宗輝, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 高い熱安定性を有するN-ベンジリデンアニリン高分子液晶の光配向
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 則定優之介, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 側鎖に安息香酸とアルデヒドを有する高分子液晶フィルムの複屈折評価
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 廣岡秀一, 近藤瑞穂, 川月喜弘
2. 発表標題 側鎖にスピロピランを有する磨砕/光応答性高分子材料の作製と評価
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 伊藤 朱里, 近藤 瑞穂, 川月 喜弘
2. 発表標題 N-ベンジリデンアニリンを側鎖に有する液晶高分子薄膜の配向制御と光学特性変化
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西園 宗輝, 近藤 瑞穂, 川月喜弘, 高塚 啓文, 酒井 丈也
2. 発表標題 側鎖に N-ベンジリデンアニリンを有する高分子液晶配向フィルムの非光反応化及び異なる N-ベンジリデンアニリンの再形成
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mizuho Kondo, Rin Nizuka, Koichi Kotera, Wataru Yamaguchi, Ryohei Fukae, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Photoinduced bending behavior of uniaxial aligned crosslinked N-benzylideneaniline liquid crystalline polymer films
3. 学会等名 The 23th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akari Ito, Shogo Inada, Mizuho Kondo, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Photoinduced birefringence pattern based on selective induction of photoreactivity with inkjet technology
3. 学会等名 The 23th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiki Nishizono, Mizuho Kondo, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Thermally stable birefringent film using liquid crystalline polymer with N-benzylideneaniline -containing side groups
3. 学会等名 The 23th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoki Tada
2. 発表標題 Directional mechanochromic luminescent behavior of liquid crystalline luminophore on homeotropic aligned films
3. 学会等名 The 8th TKU-ECUST-OPU-KIST-UH-IHU-KMITL-UTAR-TNU Joint Symposium on Advanced Materials and Applications (JSAMA-8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wataru Yamaguchi
2. 発表標題 Preparation of uniaxial aligned crosslinked NBA liquid crystalline polymer films by two-step crosslinking method
3. 学会等名 The 8th TKU-ECUST-OPU-KIST-UH-IHU-KMITL-UTAR-TNU Joint Symposium on Advanced Materials and Applications (JSAMA-8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuho Kondo
2. 発表標題 Mechanochromic luminescent behavior of cyanostilbene liquid crystal containing phenylamide or phenylester terminal
3. 学会等名 The 8th TKU-ECUST-OPU-KIST-UH-IHU-KMITL-UTAR-TNU Joint Symposium on Advanced Materials and Applications (JSAMA-8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rin Nizuka
2. 発表標題 Photomechanical effect of uniaxial aligned crosslinked NBA liquid crystalline polymer films
3. 学会等名 The 8th TKU-ECUST-OPU-KIST-UH-IHU-KMITL-UTAR-TNU Joint Symposium on Advanced Materials and Applications (JSAMA-8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daijiro KOJIMA, Mizuho KONDO, Nobuhiro KAWATSUKI
2. 発表標題 Mechanical property of photoexfoliable polymeric adhesion composed of N-benzylideneaniline liquid crystal
3. 学会等名 The 4th FZU-OPU Joint International Symposium on Photocatalysis, Photofunctional Materials and Nano-Science & Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shu-ichi Hirooka, Mizuho Kondo, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Mechanoinduced Color change in Side-chain Spiropyran Polymethacrylate
3. 学会等名 The 4th FZU-OPU Joint International Symposium on Photocatalysis, Photofunctional Materials and Nano-Science & Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuho Kondo, Motoki Tada, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Directional Mechanochromic Behavior of Liquid Crystalline Polymeric Composite
3. 学会等名 The 4th FZU-OPU Joint International Symposium on Photocatalysis, Photofunctional Materials and Nano-Science & Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuho Kondo, Taku Yamoto, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Directional Mechanoinduced Color Change Behavior of Liquid Crystalline Luminophore on Photoaligned Layer
3. 学会等名 27th International Liquid Crystal Conference (ILCC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryosuke Ikeuchi, Mizuho Kondo, Nobuhiro Kawatsuki
2. 発表標題 Mechanoinduced change in photoluminescent color of halogen-bonded fluorene complex
3. 学会等名 22nd International Symposium on Advanced Display Materials & Devices (ADMD2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池内伶介・近藤瑞穂・柿部剛史・岸肇・川月喜弘
2. 発表標題 分子末端にピリジン環を有するオリゴチオフェンにおける磨砕応答とイオン液体中における発光挙動
3. 学会等名 接着学会第14回関西支部若手の会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 市村國宏	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 333
3. 書名 光機能性有機・高分子材料における新たな息吹	

〔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
---------	---------