

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03035

研究課題名(和文) 電場応答性柱状液晶ポリマーシートを用いたナノ構造体の構築

研究課題名(英文) Construction of nanostructures using polymer sheets of electroresponsive columnar liquid crystals

研究代表者

岸川 圭希 (Kishikawa, Keiki)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：40241939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：液晶状態の化合物において、ナノレベルの分極状態を維持することは、電場応答の高密度記録素子を実現するために必要であるが、現状では実用的な化合物は見出されていない。本研究では、光学活性な尿素誘導体において、強誘電性(外部電圧に応答して分極し、その分極状態が維持される性質)を実現した。さらに、光学活性な誘導体と光学不活性な誘導体の分極構造やその安定性を比較することで、強誘電性の発現メカニズムを解明することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体内で行われているような「ナノの世界で構造体を形成すること」が今後の産業や医療の技術において、革新的な発展を生むと考えられる。本研究の成果は、非接触で液晶シート上へのナノレベルの情報記録をする基礎技術の成功であり、1) ナノレベルの情報記録、2) 重合性分子の配置、3) 光重合によるナノ構造体の構築、という方法論の第一段階の達成に相当する。さらに、本研究では、新しい有機圧電体を作製する方法の開発にも成功している。

研究成果の概要(英文)：It is necessary to maintain a nano-level polarized state in liquid crystal compounds to realize high-density memory devices with electric field response, but no practical compounds have been found at present. In this study, we have realized ferroelectricity (a property that polarizes in response to an external voltage and maintains its polarized state even after voltage removal) in an optically active urea derivative. Furthermore, by comparing the polarity and stability of optically active and optically inactive derivatives, we have succeeded in elucidating the mechanism for generation of the ferroelectricity.

研究分野：液晶化学

キーワード：強誘電性 液晶 柱状相 電場応答 ポリマーシート 記録素子 超分子 自己組織化

1. 研究開始当初の背景

柱状液晶相では、分子が積み重なり図1のような**柱状分子集合体(カラム)**が形成され、平行に並んだ組織を持っている。分極した分子が形成するカラムは多くの場合、カラム内やカラム間で分極を打ち消し合っている(図2)が、**電場応答性柱状液晶相**では、図3のように外部電場印加時に電極間の全カラム内の分子の向きや置換基の立体配座が一方方向に制御される。特に、**強誘電性柱状液晶相**では、電場印加で生じた分極構造が電場除去後も維持される。したがって、強誘電性柱状液晶相では、図4のようにSTM等の微小電極で1カラムごとの分極制御(記録)が可能になると予想される。電場応答性柱状液晶相は、数例報告されており(図5の化合物**1**~**3**, **Urea-n**)、当研究室でも、独自に、**液晶性尿素分子(Urea-n)**が一次元のカラム構造を形成し、数ミリ秒以下の高速電場応答をすることを見出し(岸川ら, *J. Am. Chem. Soc.* 127, 2565 (2005)), 外部電場によるカラムの分極反転を確認している(岸川ら, *J. Mater. Chem.*, 16, 2412 (2006))。強誘電性柱状液晶相はさらに実現が難しく、1秒以下の高速で分極方向のスイッチングするとともに、分極を安定に維持するものは報告されていない(本研究開始時点)。これらの電場応答性柱状液晶をポリマーシートに加工し、その一部に垂直に電圧印加することでカラム内の分子方向を制御し、分極領域のみに分子を選択的に配置し一体化することが可能であり、近い将来、コンピュータ制御された微小な電極で、設計通りに分子を並べる技術に発展することが考えられる。しかし、そのような研究は現在のところ報告されていない。

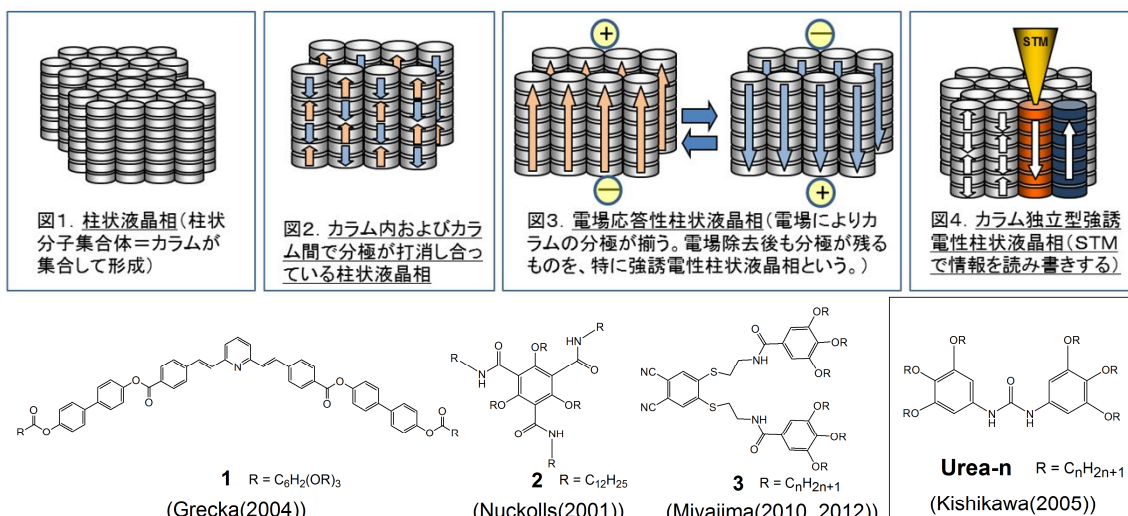


図5. 電場応答性柱状液晶化合物の分子構造

1: Grecka ら, *J. Am. Chem. Soc.*, 126, 15946 (2004), **2**: Nuckolls ら, *J. Am. Chem. Soc.*, 123, 8157 (2001), **3**: 宮島ら, *Science*, 336, 209 (2012), **Urea-n**: 岸川ら, *J. Am. Chem. Soc.* 127, 2565 (2005)。

2. 研究の目的

分子機械や分子レベルの電子デバイスを開発するためには、極めて微小な部品を設計図通りに作る技術が必要となる。また、高感度の診断を実現するためには、個々のタンパク質やウイルスを選択的に捕捉するような空間を有する構造体が必要になる。それらを実現するため、本研究では、ナノレベルの構造体の作製を可能とする「ナノ構造体構築技術」の基礎を確立することが目的である。具体的には、当研究室で見出した電場応答性柱状液晶化合物をポリマーシート化し、外部電場印加によるカラム内の分子方向の制御により、シート状に図形を描き、その図形上に重合性分子を配置して光重合し、図形通りの形状を有するポリマー分子を作製する。この「ナノ構造体構築技術」の確立においては、1) ナノレベルの情報記録, 2) 重合性分子の配置, 3) 光重合によるナノ構造体の構築, という3つのステップすべてを達成することが必要である。本研究では、第一段階の「ナノレベルの情報記録」の達成に重点を置き研究を進めた。

3. 研究の方法

(1) 化合物 **1-3** の合成・精製: 図6に示すような、重合性置換基(二重結合)をアルキル基内に有する *N,N'*-ビス(3,4,5-トリアルコキシフェニル)ウレア **1-3** を合成し、精製する。また、反応条件の最適化を行い、測定に必要な数百ミリグラムの化合物をそれぞれ準備する。

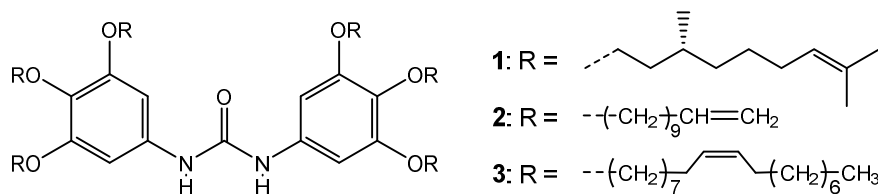


図6. 二重結合をアルキル鎖内に有するウレア誘導体

- (2) 液晶相の確認: 化合物 1-3 について, それぞれ, 加熱・冷却しながら, 偏光顕微鏡観察により, 光学組織を観察し, 相転移挙動をチェックする。さらに, その分子集合状態(六方相, 正方相, 矩形相, 斜方相などの柱状分子集合体)を光学組織の形状から推測する。さらに, 示差走査熱量計(DSC)を用いて, 偏光顕微鏡観察で観測された転移温度以外にも, 転移熱のピークがあれば, 再び, 偏光顕微鏡で, その転移温度付近の組織の変化を詳細に観察し確認する。
- (3) X線回折測定: 液晶性を示した化合物において, それぞれ, 1次元と2次元の粉末 X線回折を測定し, 柱状構造体の集合状態やその中の分子の運動状態などを調査する。回折ピークから, 末端置換基を変えたときや温度変化において, 液晶相の超構造にどのような変化が現れるかを調べ, 偏光顕微鏡観察結果と合わせて考察する。
- (4) 液晶化合物の重合前後の三角波電圧印加による分極反転ピークの測定: 液晶化合物を透明電極を有する液晶セルに入れ, 液晶状態で三角波電圧を印加し, 電流の分極反転ピークを測定する。電圧印加前, 電圧印加中, 電圧除去後の液晶組織を偏光顕微鏡で観察し, 各状態での柱状構造の配向に関する光学的情報を得る。また, 分極反転ピークの面積を求め, 分子分極から求めた理論値と一致することを確認する。
- (5) 第二次高調波発生(SHG)測定: 申請者がラムダビジョン社と共同で開発した SHG システム(図7)を用いて以下の実験を行う。

分極の確認: ガラス板と水晶を光路に入れずに液晶試料に赤外レーザー光(波長 1064nm)を照射すると, 試料に分極があれば第 2 次高調波発生(Second Harmonic Generation (SHG))が起こり, 試料から SHG 光(532nm)が発生する。赤外線(IR)カットフィルタで赤外線を除去した後に, SHG 光強度をフォトマルで測定する。

分極反転の確認: 図7のように, ガラス板と水晶を試料前の赤外レーザー光路に入れると, 水晶からの SHG 光と試料からの SHG 光が干渉し合い干渉波が発生する。電場反転で試料の分極方向が 180° 変化すれば, ガラス角度に対して SHG 強度のプロットが, 山と谷が互いに反転したような対称的な変化を示す。この SHG 干渉法により, 試料の分極反転・分極維持の確認を行う。

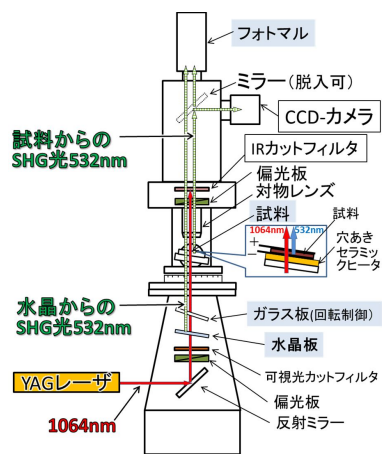


図7. SHG 測定システム (製作: ラムダビジョン社)

- (6) 柱状液晶相の組織の固定化: 二重結合の重合反応およびチオール-エン反応の方法を試みる。
- 重合反応の確認: 光開始剤を添加し, 紫外線照射により末端二重結合のラジカル重合反応を行い, 液晶化合物に電圧印加して組織の配向方向を制御しながら, 組織の一体化を試みる。
- ジチオールと二重結合のクリック反応の確認: 光開始剤とジチオールを添加し, 紫外線照射により二重結合とSH基の反応を行い, 液晶化合物を電圧印加で配向方向を制御しながら, 組織の一体化を試みる。
- (7) ポリマーの構造や性質の確認: (6)の重合反応で得られたポリマーが柱状液晶相の組織を保持して

いることを偏光顕微鏡観察や X 線回折により確認する。SHG 測定により、分極の維持、分極の反転などを調査する。

- (8) ポリマーシートの作製: 液晶化合物の溶液をスピナーにて薄膜として、その分子配向状態を調査した後に、紫外線照射により一体化する。光重合においては、溶液濃度、開始剤量、照射時間などの条件検討により、再現性を高める。
- (9) ポリマーシートの分子配向調査: ポリマーシートについて X 線回折とプローブ顕微鏡による表面観察を行い、分子配向が整っていること、及び、平滑なシートであることを確認する。
- (10) 異分子の作用: 電圧印加した部分に蛍光分子を作用させて、電圧印加した部分上に蛍光分子が選択的に配置されることを光学顕微鏡で確認する。
- (11) 強誘電性発現のメカニズムの解明: 光学活性なアルキル鎖を導入することによって強誘電性が発現したメカニズムを解明するため、カラム内外でどのような相互作用が働くのかを、DFT 計算 (Gaussian) による螺旋構造の確認と、分子動力学計算 (GROMACS, AMBER) により液晶温度域における螺旋形成の様子をシミュレーションし、アルキル鎖の立体により螺旋の巻く方向が制御されること、および、生成した螺旋が重要な役割をしていることを突き止める。
- (12) モノマーおよびポリマーシートへの電圧印加による情報記録: プローブ顕微鏡の探針に電圧をかけ、ベクターキャンというソフトウェアで探針の動きを制御して、字や模様を記録する。加熱時に交流ヒーターから周期的な雑音が入らないように、今回は直流電源で加熱制御を試み、電圧印加による書込みと、KFM (ケルビンフォース顕微鏡) による読みとり、表面における異分子の配列ができていないことを確認する。

4. 研究成果

- (1) キラリティーの導入による強誘電性発現の調査: アルキル基として (S)-シトネリル基を導入した化合物 **1** を合成し、高温域に六方柱状相、低温域に矩形柱状相の液晶状態を示すことを偏光顕微鏡観察により確認した。分子充填構造については X 線回折測定で解析を行い、顕微鏡観察と矛盾がないことを確かめた。次に、液晶セルに注入し、三角波電圧印加によるスイッチング挙動を調査し、0.1Hz ~ 1Hz で分極反転ピークを観測し、自発分極値が $1.1 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ であり、電圧に応答して、カラム内の全ウレア分子が反転していることを確認した。次に、赤外レーザーを用いた第二次高調波発生 (SHG) 測定から分極状態を調査した (図8)。電圧印加前は分極がないが、電圧印加後に分極が発生し、Urea-10 においては電圧除去で分極が消失するのに対して、化合物 **1** については電圧除去後も分極が維持することを確認した。また、SHG 干渉法 (図9) により、電圧印加方向に応じて、分極方向も切り替わっていることが確かめられた。

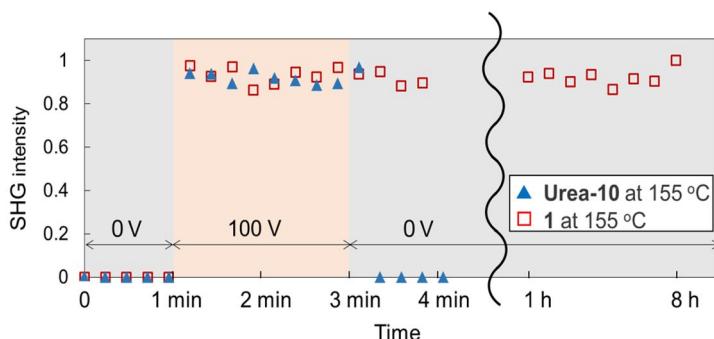


図8. 電圧印加と除去後の SHG 強度変化 (Urea-10 と **1** の比較) (0V (1min) 100V (2min) 0V)

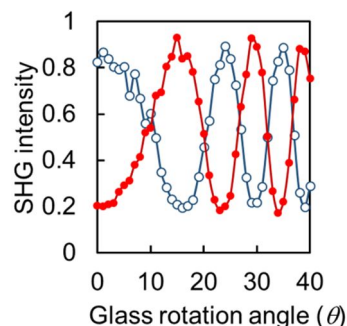


図9. 化合物 **1** の SHG 干渉のグラフ (赤: +100V (1min), 青: -100V (1min))

(2) 原子間力顕微鏡による集合状態の調査: スピンコートにより薄膜化し, 今回購入した原子間力顕微鏡により, 表面形状を観測したところ, 低濃度溶液を用いると球状になり, 高濃度溶液を用いると, 繊維状にウレア分子が集合していることが判明した。強誘電性・焦電性を調査するためにピエゾ応答モード(PFM)を試したが, 試料のレスポンスが明瞭に観測できなかった。しかし, ケルビン力顕微鏡(KFM)により, 表面電荷を調査し, 電圧印加・除去により, 正電荷, 負電荷の記録が残ることが確認できた。

(3) ポリマーフィルムの作製: 以下の二種類の方法で超構造の固定化を試み成功した。

) 二重結合のラジカル反応による超構造の固定: アルキル基末端に二重結合を有する化合物 **2** において, 光開始剤 (2,2-ジメチル-2-フェニルアセトフェノン: 1.5 モル%) を添加して, 5 μm のギャップの液晶セルに導入し, 紫外線照射 (365nm) を行ったところ, ラジカル重合が進行し, 1時間でポリマーフィルムが作製できた (図 10)。本フィルムはセルから取り出すことができ, 平滑な表面状態をしていることが分かった。重合の状態により, 電場応答できるポリマーフィルムと分極が完全に固定化されたポリマーフィルムを作り分けることに成功した。

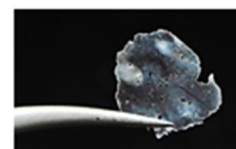


図 10. 化合物 **2** のポリマーフィルム

) 二重結合とジチオール反応による超構造の固定: アルキル基としてオレイル基 ($-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_8-\text{H}$) を導入した化合物 **3** を合成し, 六方柱状相, 矩形柱状相を確認し, ジチオールを用いた架橋反応により, 組織を保持したままポリマーフィルムとなることを確認した。電場印加しながら一体化させると分極を維持したフィルムが作製できることが判明し, 電場印加しないときと比較して, 圧電応答係数が約 3 倍以上になることが判明した。新しい有機圧電材料の作製に, 電場応答柱状液晶相が利用できることを示した。

(4) 強誘電性発現メカニズムの解明: (S) - シトロネリル基を導入したジフェニルウレア **1** において, 昨年と異なる実験者が合成と評価を行っても, 同じレベルの強誘電性が再現できた。また, CD スペクトルと計算により求めた ECD (electronic circular dichroism) スペクトルの比較から右巻きの螺旋が生じていることが判明した。水素結合に加えて, 螺旋を描くことによる - 相互作用や双極子-双極子相互作用など, カラム内部での安定化が強誘電性発現の原因である可能性が示唆された。さらに, *N,N'*-bis(3,4,5-trialkoxyphenyl)urea において, $\text{R} = \text{CH}_3$ として, 安定化エネルギーを DFT 計算したところ, 10kcal/mol 程度であり, Urea-10 ($\text{R} = n\text{-C}_{10}\text{H}_{21}$) の分極反転の閾値から求めた値とほぼ一致しており, アキラルなウレア化合物では, 分子間水素結合のみが分極カラム維持に寄与していることが判明した。これに対して, (S) - シトロネリル基が導入されたウレア **1** では, 反転閾値が 20kcal/mol 程度まで上昇することから, 一方向の螺旋形成によるアルキル-アルキル, - , 双極子-双極子などの相互作用が複合的に分子間力として作用し, 約 10kcal/mol の更なる安定化を生じ, 強誘電性を発現していることが分かった。

(5) 光学不活性な原料を用いたウレア分子の合成と強誘電性の確認: ラセミ体のシトロネロールを原料としてウレア分子 **1** を合成したところ, CD シグナルを与えることが判明し, SHG 測定で分極の維持や電圧印加による極性反転が確認でき, ラセミ体においても強誘電性が発現していることが確認できた。ラセミ体の原料を用いた場合, 理論上多種類の立体異性体が生じるはずであるが, それぞれの異性体が自発的にソーティングし, 螺旋構造を生じて, キラルドメインを形成していることが示唆された。光学活性体を用いなくても強誘電性が発現する事実は, 安価な原料が大量に利用でき, 合成的に大きなメリットである。

5. 終わりに

本研究において, 強誘電性柱状液晶相の実現, そのメカニズムの解明, ポリマーシート化についての成功は, 「ナノ構造体構築技術」の確立のプロジェクトにおいて大きな進展であり, 今後は, 重合性分子の配置, 光重合によるナノ構造体の構築, というステップの達成を進めていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ohno Takaya, Nagaoka Nozomi, Kohri Michinari, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 48
2. 論文標題 A Polarity-adjustable Columnar Liquid Crystalline Compound by Intermittent Voltage Application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 315 ~ 318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1246/cl.180982	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 Tsuru Yosuke, Kohri Michinari, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki, Karatsu Takashi, Hayashi Masaki	4. 巻 547
2. 論文標題 Preparation of photochromic liquid core nanocapsules based on theoretical design	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 318 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1016/j.jcis.2019.04.008	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 Kohri Michinari, Tamai Yuki, Kawamura Ayaka, Jido Keita, Yamamoto Mikiya, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki, Fujii Syuji, Teramoto Naozumi, Ishii Haruyuki, Nagao Daisuke	4. 巻 35
2. 論文標題 Ellipsoidal Artificial Melanin Particles as Building Blocks for Biomimetic Structural Coloration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5574 ~ 5580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acs.langmuir.9b00400	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 Kohri Michinari, Yamazaki Shigeaki, Irie Saki, Teramoto Naozumi, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 3
2. 論文標題 Adhesion Control of Branched Catecholic Polymers by Acid Stimulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 16626 ~ 16632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acsomega.8b02768	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 Iwasaki Takeshi, Tamai Yuki, Yamamoto Mikiya, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki, Kohri Michinari	4. 巻 34
2. 論文標題 Melanin Precursor Influence on Structural Colors from Artificial Melanin Particles: PolyDOPA, Polydopamine, and Polynorepinephrine	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 11814 ~ 11821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acs.langmuir.8b02444	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 Kohri Michinari, Yanagimoto Kenshi, Kohaku Kotona, Shiimoto Shohei, Kobayashi Motoyasu, Imai Akira, Shiba Fumiyuki, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 51
2. 論文標題 Magnetically Responsive Polymer Network Constructed by Poly(acrylic acid) and Holmium	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 6740 ~ 6745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acs.macromol.8b01550	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 Kohri Michinari, Yanagimoto Kenshi, Kawamura Ayaka, Hamada Kosuke, Imai Yoshihiko, Watanabe Takaichi, Ono Tsutomu, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 10
2. 論文標題 Polydopamine-Based 3D Colloidal Photonic Materials: Structural Color Balls and Fibers from Melanin-Like Particles with Polydopamine Shell Layers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 7640 ~ 7648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acsami.7b03453	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 Hisamatsu Shugo, Suzuki Shinichi, Kohmoto Shigeo, Kishikawa Keiki, Yamamoto Yusuke, Motokawa Ryuhei, Yaita Tsuyoshi	4. 巻 73
2. 論文標題 A chemiluminescence sensor with signal amplification based on a self-immolative reaction for the detection of fluoride ion at low concentrations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 3993 ~ 3998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1016/j.tet.2017.05.084	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 Kawamura Ayaka, Kohri Michinari, Yoshioka Shinya, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 33
2. 論文標題 Structural Color Tuning: Mixing Melanin-Like Particles with Different Diameters to Create Neutral Colors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 3824 ~ 3830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1021/acs.langmuir.7b00707	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 Kohri Michinari, Yamazaki Shigeaki, Kawamura Ayaka, Taniguchi Tatsuo, Kishikawa Keiki	4. 巻 532
2. 論文標題 Bright structural color films independent of background prepared by the dip-coating of biomimetic melanin-like particles having polydopamine shell layers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 564 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1016/j.colsurfa.2017.03.035	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 KAWAMURA Ayaka, KOHRI Michinari, OKU Hiroyuki, HAMADA Kosuke, NAKAGAWA Keisuke, TANIGUCHI Tatsuo, KISHIKAWA Keiki	4. 巻 74
2. 論文標題 ポリドーパミン-無機複合薄膜を用いる鳩の羽毛を模倣した構造発色	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Kobunshi Ronbunshu	6. 最初と最後の頁 54 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1295/koron.2016-0044	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42件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 古賀千晴・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 屈曲した末端鎖の導入による二軸性スメクチックA相の実現
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田匡哉・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 電場応答性カラムナー液晶における二重螺旋構造の発現と分極緩和の抑制
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山吾篤・慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 強誘電性カラムナー液晶相の発現メカニズム
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ラセミ体分岐アルキル鎖の導入による強誘電性カラムナー液晶相の発現
2. 発表標題 森谷美優・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀千晴・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 屈曲した末端鎖の導入による二軸性スメクチックA相の実現
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 金田有義・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 カラムナー液晶高分子薄膜における軸方向操作および表面機能制御
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 秋山吾篤・慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 強誘電性カラムナー液晶相の発現メカニズム
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 森谷美優・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 ラセミ体分岐アルキル鎖の導入による強誘電性カラムナー相の発現
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 増田匡哉・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 キラリティー導入によるカラムナー液晶相における二重螺旋構造の自己組織化
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 森谷美優・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 ラセミ体分岐アルキル鎖の導入による強誘電性カラムナー相の発現
3. 学会等名 第23回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山吾篤・慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 強誘電性カラムナー液晶相の発現メカニズム
3. 学会等名 第23回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田匡哉・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 キラリティー導入によるカラムナー液晶相の二重螺旋構造の形成
3. 学会等名 第23回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀千晴・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 屈曲した末端鎖の導入による二軸性スメクチックA相の実現
3. 学会等名 第23回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金田有義・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 電圧応答性カラムナー液晶を用いた分極薄膜の作製
3. 学会等名 第23回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀千晴・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 パーフルオロアレーン-アレーン相互作用および屈曲した末端鎖の導入による強誘電性二軸性スメクチックA相の実現
3. 学会等名 第22回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金田有義・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 チオール-エンクリック反応を用いた分子間架橋による電場応答性カラムナー液晶相の安定化
3. 学会等名 第22回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kishikawa, Y. Yamamoto, G. Watanabe, A. Kawamura, M. Kohri, T. Taniguchi
2. 発表標題 Generation of a “Mille-Feuille” structure by shape-assisted self-organization between two nematic phases
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 C. Koga, M. Kohri, T. Taniguchi, K. Kishikawa
2. 発表標題 Realization of ferroelectric biaxial smectic A phases? by introducing perfluoroarene-arene interaction? and a bent terminal chain
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 A. Kaneda, M. Kohri, T. Taniguchi, K. Kishikawa
2. 発表標題 Fixation of Electro-Responsive Columnar Liquid Crystal Phases by Thiol-ene Click Reaction
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 H. Nakagomi, M. Kohri, T. Taniguchi, K. Kishikawa
2. 発表標題 Spontaneous chiral symmetry breaking in columnar liquid crystals by intercolumnar interlocking
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 T. Ohno, M. Kohri, T. Taniguchi, K. Kishikawa
2. 発表標題 Stabilization of the polar order by photo cross-linking of liquid crystalline ureas
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 中込央資・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
2. 発表標題 アキラル分子のカラムナー液晶相における自発的不斉誘起
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 大野貴也・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 低反応性末端ビニル基の光重合による極性柱状構造の固定化
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 金田有義・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 カラムナー超構造の固定化とその電場応答挙動
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 古賀千晴・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 屈曲した末端鎖の導入による強誘電性二軸性スメクチックA相の実現
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 岸川圭希
2. 発表標題 分子の 'かたち' とその並び方
3. 学会等名 2018年日本液晶学会 小サマースクール (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸川圭希
2. 発表標題 キラルドーパントによるブルー相の安定化
3. 学会等名 第6回千葉大学キラリティーネットワーク研究会後援会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kishikawa
2. 発表標題 Stabilization of blue phases by addition of chiral dopants
3. 学会等名 6th TOYOTA RIKEN International Workshop on Chirality in Soft Matter (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 須貝加奈・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 キラルネマチック相を反応場を用いた自発的不斉誘起
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 キラリティの導入による強誘電性カラムナー液晶の実現
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野貴也・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
2. 発表標題 液晶性ウレアの光架橋による強誘電性カラムナー液晶相の実現
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古賀千晴・谷口竜王・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 強誘電性二軸性ネマチック相・スメクチックA相の実現と低温化
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中込央資・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
2. 発表標題 カラムナー液晶相における自発的不斉誘起
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岸川圭希・山本雄介・渡辺豪・河村彩香・桑折道済・谷口竜王
2. 発表標題 分子形状アシストによる2つのネマチック相間におけるミルフィーユ構造の発現
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 須貝加奈・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 キラルネマチック相を反応場を用いた自発的不斉誘起
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 キラリティーの導入による強誘電性カラムナー液晶の実現
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 液晶性ウレアの光架橋による強誘電性カラムナー液晶相の実現
2. 発表標題 大野貴也・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古賀千晴・谷口竜王・桑折道済・岸川圭希
2. 発表標題 強誘電性二軸性ネマチック相・スメクチックA相の実現と低温化
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 カラムナー液晶相における自発的不斉誘起
2. 発表標題 中込央資・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
3. 学会等名 2017年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 慈道圭太・桑折道済・谷口竜王・岸川圭希
2. 発表標題 キラリティーの導入による強誘電性カラムナー液晶の実現
3. 学会等名 第21回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野貴也・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
2. 発表標題 液晶性ウレアの光架橋による強誘電性カラムナー液晶相の実現
3. 学会等名 第21回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中込央資・岸川圭希・谷口竜王・桑折道済
2. 発表標題 カラムナー液晶相における自発的不斉誘起
3. 学会等名 第21回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 Liquid crystal compound, liquid crystal composition and liquid crystal display device using same	発明者 K. Kishikawa, et al.	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、EP 3246376 A1 20171122	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

〔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
---------------------------	-----------------------	----