

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2010～2014

課題番号：22107008

研究課題名(和文)有機分子高度組織体を用いる融合マテリアルの構築

研究課題名(英文)Creative Development of Fusion Materials using Highly Organized Organic Molecules

研究代表者

菊池 裕嗣(Kikuchi, Hirotugu)

九州大学・先導物質化学研究所・教授

研究者番号：50186201

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 49,000,000円

研究成果の概要(和文)：サーモトロピックおよびリोटロピック液晶中において炭酸あるいはリン酸塩の結晶化を行い、液晶の配向秩序が結晶形態に与える影響について検討した。疎水性のサーモトロピック・ネマチック液晶では陽イオン輸送体としてカルシウムイオンを取り込んだ新規クラウンエーテル誘導体を用い二酸化炭素ガスを拡散させ結晶化を行ったところ、液晶相の構造の影響を受けたと思われる繊維状結晶が得られた。この繊維状結晶はラマン分光解析の結果、炭酸カルシウムのバテライトであると同定された。また、擬似体液を溶媒としたリोटロピック・ラメラ液晶において、側面に層構造を有する六角錐状の結晶の析出が見出された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated a crystallization of calcium carbonate and phosphate in a thermotropic and lyotropic liquid crystalline phases with molecular orientational order. For the crystallization of calcium carbonate in the thermotropic liquid crystal, cation-complexed crown ether derivative was used and dissolved in a liquid crystal. In the case of thermotropic liquid crystal, precipitated crystals were found to be fibrous or anisotropic in shape, indicating that the crystallization was affected by the orientational order of the host liquid crystal. The obtained crystals were identified to be calcium carbonate vaterite by Raman spectroscopy. The rod-like crystals having layered structures at the side surfaces was produced in a lyotropic lamellar phase with simulated body fluid as a solvent.

研究分野：ソフトマター

キーワード：融合マテリアル 液晶 有機組織体 ミネラリゼーション フラストレーション

1. 研究開始当初の背景

液晶分子配列に競合(フラストレーション)が生じると、高度に階層化した分子組織構造が形成される。このような相はフラストレート液晶相と呼ばれ、興味深いことにその一種であるブルー相と類似の構造がネズミの歯やコラーゲン組織など生物の組織に発見されている。申請者らは、ブルー相中である種のモノマーを少量重合させるとブルー相の構造をテンプレートとした高分子が生成し、元来1程度しかなかったブルー相の安定な温度範囲が数十以上にて大幅に拡大することを見いだした(Nature Materials 2002)。一方、ラメラ相などのリोटロピック液晶(国武ら、J. Chem. Soc., Chem. Commun., 504, 1990)や液晶配列を有するキチンフィルム(領域代表者の加藤ら、Angew. Chem. Int. Ed. 47, 1, 2008)をテンプレートとして無機物質の二次元構造形成が達成されている。しかしながら、フラストレート液晶相の三次元的な階層構造をテンプレートとした無機物質等の構造制御は前例がない。このような特異的な分子配列を機能材料に展開することが求められている。

2. 研究の目的

ソフトで動的な秩序構造を有している液晶に、ローカルな(分子レベルの)安定構造とグローバルな(分子集合体としての)安定構造が同時に満足できないフラストレーションを導入すると、三次元の階層的組織構造を常温かつ温和な条件で形成させることができる。このような相はフラストレート液晶相と呼ばれ、その特徴的な構造と特異的な形成メカニズムは他に類を見ることができない。本研究の主たる目的は、無機、金属、固体高分子などのハードで静態的な物質に、生体組織、液晶などのソフトで動態的な物質に特徴的に見られる高度に階層化した秩序構造を与えた新規な融合材料を創製すること、および、その融合材料が常温かつ温和な環境で創製できることを実証することにある。本研究では、自然調和型構造材料、すなわち1)配向欠陥のネットワークに異種物質を位置選択的に配列させた新規なナノ構造化融合材料、および、2)秩序領域で無機物質等をテンプレート合成させた高秩序・高階層融合材料を創製することを目的とする。

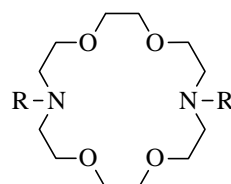
3. 研究の方法

(1) サーモトロピック液晶相場における炭酸カルシウム結晶化

Ca²⁺イオンを選択的に取り込むことが出来る4,13-diaza-18-crown-6を主骨格とし、側鎖に液晶基を導入した新規クラウンエーテル誘導体(LC-CR)を合成した(図1)。LC-CRにCaCl₂を作用させることで、Ca²⁺イオンを取り込んだクラウンエーテル誘導体(LC-CR-Ca²⁺)へと変換した。LC-CR-Ca²⁺とネマチッ

ク液晶である4-cyano-4'-pentylbiphenyl; 5CB (Aldrich)を種々の割合で混合し、Ca²⁺イオン含有液晶試料を調製した。

0.1 M K₂CO₃水溶液と試料を接触させCaCO₃結晶を析出させる方法やサンプルと超純水を接触させ炭酸アンモニウム(NH₃)₂CO₃の分解によって発生するCO₂を拡散させる方法(図2)などを行った。各サンプルを30で10~12日間保温後、液体状態である等方相(Iso)及び液晶相(LC)で偏光顕微鏡(POM)観察及び走査型電子顕微鏡(SEM)観察を行った。



4,13-diaza-18-crown-6: R = H

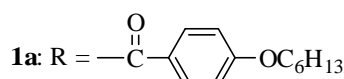


図1 新規クラウンエーテル誘導体の化学構造

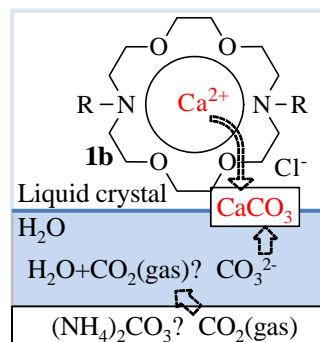


図2 炭酸カルシウム結晶化手法の模式図

T. Nishimura, T. Ito, Y. Yamamoto, M. Yoshio, T. Kato, Angew. Chem. Int. Ed., 47, 2800-2803 (2008).

(2) 高分子微粒子の液晶配向欠陥への拡散と位置選択的トラップ挙動の観察

ネマチック相およびキラルネマチック相に生じるディスクリネーション近傍におけるHBPの拡散・並進運動挙動について、共焦点蛍光顕微鏡(LSM)で観察を行った。本研究では特に欠陥線近傍におけるHBP挙動について、共焦点蛍光顕微鏡(LSM)で観察を行った。液晶として5CBを、キラルドーパントとしてISO-(60BA)₂を使用した。蛍光ラベル化剤として緑色の蛍光を高効率で発生するペリレン基を有するメタクリルモノマーを合成した。これをメタクリル系の開始剤/モノマー複合体に0.5 wt%混合して光重合することで蛍光ラベル化HBPを合成した。そのままでは液晶との相溶性が悪いため、別に合成した液晶性モノマーを用いて外殻部にグラフト重合(シェル構造)した。

(3) リオトロピック液晶場における炭酸カルシウムの結晶化

ミネラルゼーションに用いるホスト液晶は、両親媒性分子の Sodium decyl Sulfate (SdS) と Ca^{2+} を導入するための 5 mM の塩化カルシウム水溶液を 45:55 の重量比で混合することによって調製した。調製したサンプルは偏光顕微鏡(POM)により液晶相の同定を行った。ミネラルゼーションは、炭酸アンモニウムの分解によって生じる二酸化炭素ガスを液晶相中へ拡散させる手法により行った。サンプルをヘキサゴナル相が発現する 50°C で数日間静置した後、走査型電子顕微鏡(SEM)により析出した結晶形態の観察を行った。また、顕微ラマン分光光度計で結晶の同定を試みた。

(4) リオトロピック液晶場におけるリン酸塩の結晶化

Pentadecafluorooctanoic acid の水溶液と水酸化セシウム一水和物の水溶液を用いて中和反応を行い、両親媒性分子である Cesium Pentadecafluorooctanoate (CsPFO) を合成した。ミネラルゼーションに用いるホスト液晶は、合成した CsPFO と擬似体液を 60:40 の重量比で混合することによって調製した。調製したサンプルは偏光顕微鏡(POM)により液晶相の同定を行った。ミネラルゼーションは、 36.5°C で数日間静置した後、走査型電子顕微鏡(SEM)により析出した結晶形態の観察を行った。また、顕微ラマン分光光度計で結晶の同定を試みた。

4. 研究成果

(1) サーモトロピック液晶相場における炭酸カルシウム結晶化

(A01 班加藤グループとの共同研究)

自己組織的な結晶成長を制御する場としてサーモトロピック液晶相、 Ca^{2+} イオン輸送体としてクラウンエーテル誘導体を用いてミネラルゼーションの手法を確立し、液晶相の配向秩序をテンプレートとして成長した炭酸カルシウム構造体の形成を目的とした。クラウンエーテル誘導体とネマチック液晶である 4-cyano-4'-pentylbiphenyl の液晶混合物をガラス基板上に載せ、炭酸アンモニウムの分解により発生する二酸化炭素ガスを作用させる方法を用いて、恒温槽中 $25\text{--}45^\circ\text{C}$ の条件下で結晶を析出させた。ガラス基板は、ピラニア溶液で洗浄したものをを用いた。結晶化後のサンプルは、水、エタノールを用いて洗い流し、トラックエッチド膜を用いて濾過を行った。その後、トラックエッチド膜及びガラス基板上の結晶を走査型電子顕微鏡(SEM)及びラマン分光測定により評価した。

各温度($25, 31, 35, 45^\circ\text{C}$)において析出した結晶の SEM 観察像を図 3 に示す。ガラス基板上には、様々な割合で異方的な形態の繊維状結晶の析出が確認された(観察した全結晶に対する繊維状結晶の割合は約(a) 35%, (b)

5%, (c) 1%, (d) 0%)。液晶混合物がネマチック相を示す 25°C で結晶化した場合(a)に最も多くの繊維状結晶が析出した。結晶化の温度が等方性液体への相転移温度に近づくにつれ繊維状結晶の析出割合が減少し、等方性液体状態(45°C)では異方的な結晶は確認されなかった。一方でトラックエッチド膜上の結晶はほとんど異方的な結晶形態を有していなかったことから、異方的な形態の繊維状結晶の成長は親水性基板表面と液晶の界面から始まり、その結晶形態は液晶の配向秩序の影響を受けていることが示唆される。また、等方性液体への相転移点直上の 35°C においても繊維状結晶の析出が僅かに確認された。これはバルクとしては等方性液体であるが局所的にネマチック液晶の配向が存在するためだと考えられる。

また、得られた繊維状結晶はラマン分光法により炭酸カルシウムのバテライト構造であると同定された。

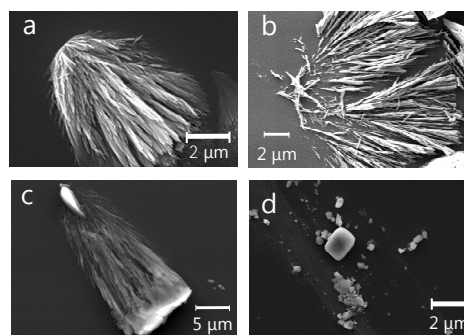


図 3 . ガラス基板((a) 25°C , (b) 31°C , (c) 35°C , (d) 45°C)の結晶の SEM 観察像 .

(2) 高分子微粒子の液晶配向欠陥への拡散と位置選択的トラップ挙動の観察

(A01 班東口グループとの共同研究)

不均一な配向状態にある液晶中ではディスクリネーションなどのトポロジカルな欠陥が発生する。欠陥の周囲にはダイレクターの弾性変形によるひずみ場が長距離にわたって形成され、また欠陥コアの内部では液晶の配向秩序が低下した状態となる。ここにある大きさの球状の多分岐型高分子(hyper-branched polymer, HBP)が導入されると、高ひずみ場および低秩序場に向かう力が作用し、欠陥への移動と選択的濃縮が起こることが期待される。フラストレート液晶相は周期的な欠陥構造を有していることを特徴としているため、このような研究はフラストレート液晶と異種物質とから成る融合マテリアルの創出につながる。本研究ではネマチック相およびキラルネマチック相に生じるディスクリネーション近傍における HBP の拡散・並進運動挙動について、共焦点蛍光顕微鏡(LSM)で観察を行った。本研究では特に欠陥線近傍における HBP 挙動について、共

焦点蛍光顕微鏡 (LSM) で観察を行った。

蛍光ラベル化 HBP (1) を液晶と混合したところ、液晶が無配向状態 (等方相) では均一に溶解した。温度を下げ配向秩序の高いネマチック相にしたところ、HBP の相分離と欠陥線部分への濃縮が確認できた。さらに UV 照射すると欠陥線内部で HBP 同士が重合し、欠陥線を固定化できた。

同様の実験をコレステリック相においても行った。Grandjean-Cano くさびセルを用いることで、欠陥線をガラス面に対して平行かつ安定に保つことができるため、ネマチック相とは異なり欠陥線への濃縮のサイズ効果を明確に測定できる。その結果 8 量体程度にかなり明確な濃縮の閾値を確認できた。さらにこの条件下で HBP 粒子の挙動を時間追跡したところ、ブラウン運動によりランダムに近い運動をしながらも系全体のポテンシャルの勾配に従い薄い側から厚い側へ移動し、最終的には他の領域でのブラウン運動より速い運動により欠陥線へ取り込まれる、すなわち欠陥線近傍のポテンシャルの谷に落ち込むことが確認できた。

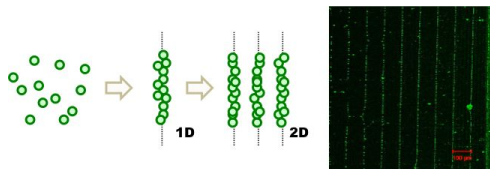


図4 周期的に形成された液晶の配向欠陥にトラップされた HBP 微粒子の模式図と共焦点レーザー顕微鏡写真

(3) リオトロピック液晶場における炭酸カルシウムの結晶化

(A01 班加藤グループとの共同研究)

リオトロピック液晶をミネラルゼーションの反応場として用い、各液晶相の配向秩序や階層構造が転写された、炭酸カルシウムの構造体を析出させることを目的とした。

ミネラルゼーションを行う前と、行った後についてそれぞれのサンプルを 50 °C に保って POM 観察を行うと、ヘキサゴナル相特有の扇形のテクスチャが観察された。このことよりホスト液晶が 50 °C においてヘキサゴナル相を形成し、それを保ったままミネラルゼーションが進行していると考えられる。次に、任意の期間 50 °C でミネラルゼーションを行

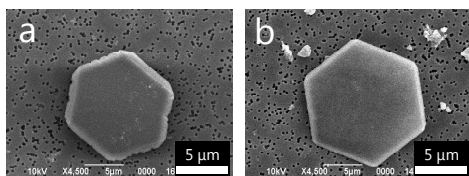


図5 .ヘキサゴナル相中で析出した結晶の SEM 観察像 (a) 3 日後, (b) 5 日後 .

い、析出した結晶を SEM により観察した。ミネラルゼーションによって得られた結晶は六角形プレート状であった。(図 5)。ヘキサゴナル相の対称性と同じ六角形状プレート結晶が得られたことは液晶相の影響を受けながら結晶が成長していると示唆される。

また、顕微ラマン分光測定により、析出した結晶は炭酸カルシウムのカルサイト構造であることが確認された。

(4) リオトロピック液晶場におけるリン酸塩の結晶化

(A01 班加藤グループおよび A02 班大槻グループとの共同研究)

リオトロピック液晶の溶媒として無機イオン濃度をヒトの血漿とほぼ等しくした水溶液である疑似体液を用い、各液晶相の配向秩序や階層構造が転写された、リン酸塩の構造体を析出させることを目的とした。

ミネラルゼーションに用いるホスト液晶は、両親媒性分子の Cesium Pentadecafluorooctanoate と疑似体液を混合することによって調製した。リン酸塩の結晶化は、調製したサンプルを静置させることで結晶析出を試みた。サンプルを 36.5 °C で数日間静置した後、偏光顕微鏡 (POM) 及び走査型電子顕微鏡 (SEM) によって液晶相の同定と結晶形態の観察を行った。

調製したサンプルを 38 °C に保って POM 観察を行うと、ラメラ相特有のモザイク組織が観察され、14-80 °C の温度範囲でラメラ相の発現を確認した。次に、任意の期間、ラメラ相が発現する 36.5 °C でミネラルゼーションを行い、析出した結晶の SEM 観察像を図 6 に示す。ミネラルゼーション 1 日後では特異な形状の結晶は観察されなかった。3、7 日後では不定形の結晶が大量に観察され、その中にわずかに六角錐状の結晶が観察された。さらに結晶化期間を長くすると、結晶化期間 10 日間では 6.6%、14 日間では 6.7% の割合で六角錐状の結晶が観察された。また、析出した六角錐状の結晶の側面は一部層構造を形成していた。ラメラ相は、両親媒性分子の二次元の二分子膜と水層が周期的に重なった層構造を形成しているため、析出した結晶に形成された側面の層構造は、ラメラ相の対称性を反映している可能性がある。

また、エネルギー分散型 X 線分析の結果、析出した結晶はリン・マグネシウム・酸素を多く含んでおり、リン酸マグネシウムの一種であると考えられる。

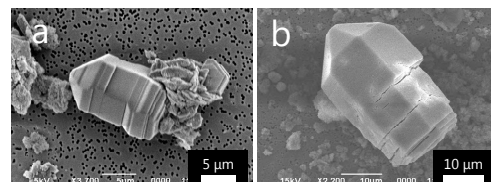


図6 .ラメラ相中で析出した結晶の SEM 観察像 (a) 3 日後, (b) 7 日後 .

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計39件)

- Hyunseok Choi, Hiroki Higuchi, and Hirotsugu Kikuchi, Fast Electro-Optic Switching in Liquid Crystal Blue Phase II, Appl. Phys. Lett., 査読有, 98, 2011, 131905/1-131905/3
DOI: 10.1063/1.3564896
- Hyunseok Choi, Hiroki Higuchi, and Hirotsugu Kikuchi, Electrooptic response of liquid crystalline blue phases with different chiral pitches, Soft Matter, 査読有, 7, 2011, 4252-4256
DOI: 10.1039/C1SM05098B
- Shuhei Yabu, Yuma Tanaka, Kenji Tagashira, Hiroyuki Yoshida, Akihiko Fujii, Hirotsugu Kikuchi, and Masanori Ozaki, Polarization-Independent Refractive Index Tuning Using Gold Nanoparticle-Stabilized Blue Phase Liquid Crystals, Opt. Lett., 査読有, 36, 2011, 3578-3580
DOI: 10.1364/OL.36.003578
- Shin-Ichi Yamamoto, Takashi Iwata, Yasuhiro Haseba, Dong-Uk Cho, Suk-Won Choi, Hiroki Higuchi, and Hirotsugu Kikuchi, Improvement of Electro-Optical Properties on Polymer-Stabilized Optically Isotropic Liquid Crystals, Liq. Cryst., 査読有, 39, 2012, 487-491
DOI: 10.1080/02678292.2012.656854
- Kenji Higashiguchi, Kei Yasui, Masaaki Ozawa, Keisuke Odoi, and Hirotsugu Kikuchi, Spatial distribution control of polymer nanoparticles by liquid crystal disclinations, Polymer Journal, 査読有, 44, 2012, 632-638
DOI: 10.1038/pj.2012.44
- Hyunseok Choi, Hiroki Higuchi, Yukiko Ogawa, and Hirotsugu Kikuchi, Polymer-Stabilized Supercooled Blue Phase, Appl. Phys. Lett., 査読有, 101, 2012, 131904/1-131904/5
DOI: 10.1063/1.4752461
- Seishi Shibayama, Hiroki Higuchi, Yasushi Okumura, and Hirotsugu Kikuchi, Dendron-stabilized liquid crystalline blue phases with an enlarged controllable range of the photonic band for tunable photonic devices, Adv. Funct. Mater., 査読有, 23, 2013, 2387-2396

DOI: 10.1002/adfm.201202497

Hiroyuki Yoshida, Shuhei Yabu, Hiroki Tone, Hirotsugu Kikuchi, and Masanori Ozaki, Electro-optics of cubic and tetragonal blue phase liquid crystals investigated by two-beam interference microscopy, Appl. Phys. Express, 査読有, 6, 2013, 062603

DOI: 10.7567/APEX.6.062603

Fangjie Zhu, Tatsuya Nishimura, Takeshi Sakamoto, Hidekazu Tomono, Hiroki Nada, Yasushi Okumura, Hirotsugu Kikuchi, and Takashi Kato, Tuning the stability of CaCO₃ crystals with magnesium ions for the formation of aragonite thin films on organic polymer templates, Chem. Asian J., 査読有, 8, 2013, 3002-3009

DOI: 10.1002/asia.201300745

Hiroki Tone, Hiroyuki Yoshida, Shuhei Yabu, Masanori Ozaki, and Hirotsugu Kikuchi, Effect of anisotropic lattice deformation on the Kerr coefficient of polymer-stabilized blue-phase liquid crystals, Phys. Rev. E, 査読有, 89, 2014, 012506

DOI: 10.1103/PhysRevE.89.012506

Hiroyuki Yoshida, Shuhei Yabu, Hiroki Tone, Yuto Kawata, Hirotsugu Kikuchi, and Masanori Ozaki, Secondary Electro-Optic Effect in Liquid Crystalline Cholesteric Blue Phases, Opt. Mater. Express, 査読有, 4, 2014, 960-968

DOI: 10.1364/OME.4.000960

Gihwan Lim, Yasushi Okumura, Hiroki Higuchi, and Hirotsugu Kikuchi, Low-Temperature Properties of Polymer-Stabilized Liquid-Crystal Blue Phases, ChemPhysChem, 査読有, 15, 2014, 1447-1451

DOI: 10.1002/cphc.201301142

Kota Kakisaka, Hiroki Higuchi, Yasushi Okumura, and Hirotsugu Kikuchi, A fluorinated binaphthyl chiral dopant for fluorinated liquid crystal blue phases, J. Mater. Chem. C, 査読有, 2, 2014, 6467-6470

DOI: 10.1039/c4tc01049c

[学会発表](計300件)

台木祥太, 樋口博紀, 奥村泰志, 菊池裕嗣, クラウンエーテル誘導体を用いた液晶相における炭酸カルシウムの結晶化, 2011年日本液晶学会討論会, 2011年9月11日, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 東京

台木祥太, 樋口博紀, 奥村泰志, 菊池裕嗣, サーモトロピック液晶相中における炭酸カルシウムの結晶化, 第60回

高分子討論会, 2011年9月29日, 岡山大学 津島キャンパス, 岡山
Shouta Daiki, Hiroki Higuchi, Yasushi Okumura, and Hirotsugu Kikuchi, Crystallization of Calcium Carbonate in Thermotropic Liquid Crystalline Phases by Use of New Crown Ether Complex with Calcium Cation, ASAM-3, September 20, 2011, Fukuoka, Japan
下田真知子, 樋口博紀, 奥村泰志, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, リオトロピック液晶を結晶成長場とする炭酸カルシウムの結晶化, 第61回高分子討論会, 2012年9月20日, 名古屋工業大学, 名古屋
佐嶋孝徳, 樋口博紀, 台木祥大, 奥村泰志, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, 親水性ガラス基板上的ネマチック液晶相における炭酸カルシウムの結晶化, 第17回液晶化学研究会シンポジウム, 2013年6月13日, 産業技術総合研究所 つくば中央, つくば
佐嶋孝徳, 樋口博紀, 台木祥大, 奥村泰志, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, サーマトロピックネマチック液晶相を用いた炭酸カルシウムの結晶化, 2013年日本液晶学会討論会, 2013年9月8日, 大阪大学 豊中キャンパス, 豊中
佐嶋孝徳, 樋口博紀, 台木祥大, 奥村泰志, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, サーマトロピックネマチック液晶相を結晶成長場として用いた炭酸カルシウムの結晶化, 第62回高分子討論会, 2013年9月13日, 金沢大学 角間キャンパス, 金沢
佐嶋孝徳, 樋口博紀, 台木祥大, 奥村泰志, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, ネマチック液晶相を利用した炭酸カルシウムの結晶化, 第3回CSJ化学フェスタ2013, 2013年10月23日, タワーホール船堀, 東京
Takanori Sajima, Hiroki Higuchi, Shouta Daiki, Yasushi Okumura, Tatsuya Nishimura, Takashi Kato, and Hirotsugu Kikuchi, Crystallization of Calcium Carbonate in Thermotropic Nematic Liquid Crystal with Crown Ether Derivative as Calcium Ion Carrier, 2013 Kyushu-Seibu/Pusan-Kyeongnam Joint Symposium on High Polymers (16th) and Fibers (14th), November 9, 2013, Saga, Japan
長岡憲吾, 樋口博紀, 奥村泰志, 大槻主税, 西村達也, 加藤隆史, 菊池裕嗣, 疑似体液を溶媒とするリオトロピック液晶相を結晶成長場として用いたヒドロキシアパタイトの結晶化, 第63回高分子討論会, 2014年9月24日, 長崎大学 文教キャンパス, 長崎

〔図書〕(計 3件)

菊池裕嗣, 液晶ブルー相の安定化とその応用, 液晶 - 構造制御と機能化の最前線 -, 監修/加藤隆史, pp. 231-240, シーエムシー出版 (2010). (分担執筆)
菊池裕嗣, 高分子, 力学, 最先端材料システムワンポイントシリーズ「自己組織化と機能材料」, 執筆代表者/加藤隆史, 共立出版 (2012). (分担執筆)
Hirotsugu Kikuchi, Polymer and Colloid-stabilized Blue Phases, Handbook of Liquid Crystals, 2nd Edition, Vol. 3, pp.611-619, ed. by John W. Goodby, Peter J. Collings, †Takashi Kato, Carsten Tschierske, Helen Gleeson, Peter Raynes, Wiley-VCH (2014).

〔産業財産権〕

出願状況 (計 2件)

名称: モノマーと光学的等方性の液晶組成物との混合物、該混合物から得られる高分子/液晶複合材料および液晶素子
発明者: 小川由紀子, 田村千尋, 菊池裕嗣, 馬 恒怡, テ ナイン ウー, 水沼達郎, 樋口博紀, 奥村泰志, 長野恭朋
権利者: JNC 株式会社, JNC 石油化学株式会社, 国立大学法人九州大学
種類: 特許
番号: 特開 2013-224352
出願年月日: 平成 24 年 4 月 20 日
国内外の別: 国内

名称: Novel compound, polymerizable liquid crystalline compound, monomer/liquid crystal mixture, and polymer/liquid crystal composite
発明者: Hirotsugu Kikuchi, Hiroki Higuchi, Yuma Takeuchi, Yasushi Okumura, Jun-ichi Matsumoto, Takanori Matsuyama, Mitsuhiro Kouda
権利者: Kyushu University, National University Corporation, Osaka Organic Chemical Industry Ltd.
種類: 特許
番号: W02013/172401, A1
出願年月日: 平成 25 年 5 月 16 日
国内外の別: 国外

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池裕嗣 (KIKUCHI Hirotsugu)
九州大学・先導物質化学研究所・教授
研究者番号: 50186201

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

樋口博紀 (HIGUCHI, Hiroki)
九州大学・先導物質化学研究所・助教
研究者番号: 50432951