

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25248021

研究課題名(和文) 液晶系ソフトマターによる巨大感受率材料の創成

研究課題名(英文) Development of Large Susceptibility Materials by Liquid Crystalline Soft Matter

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) 35,800,000円

研究成果の概要(和文)：小さなインプットで大きなアウトプットを示す材料の実現を目指し、分子の自己組織や協同運動の科学に基づき、巨大感受率を示す液晶ソフトマター材料の開発を行った。高い電気光学効果を示す高分子安定化ブルー相を作製するために必要なキラルドーパントの分子設計と合成を行い、高い分子ねじり力と液晶への良好な相溶性を示すキラルドーパントの開発に成功した。高分子安定化ブルー相の内部凝集構造を明らかにし、高分子によるブルー相の安定化メカニズムを解明した。巨大な誘電率を示す液晶化合物の分極挙動を解析し、その高分極メカニズムを解明した。無機ナノシート分散液において巨大Kerr効果を観測し、その物理的起源を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We developed large susceptibility liquid crystalline materials based on molecular self-assembly and cooperative motion to realize novel materials which shows a large output by a small input. In order to prepare the polymer-stabilized blue phases showing high electro-optical effect, we designed and synthesized chiral molecules, and new chiral dopants with high helical twisting power and good solubility in liquid crystal were successfully developed. The aggregation structure of the polymer-stabilized blue phase was clarified and the mechanism of polymer stabilizing effect was clearly elucidated. The polarization behavior of a liquid crystalline compound exhibiting extraordinarily large dielectric permittivity was investigated and the physical mechanism of high polarization was elucidated. A large Kerr effect was observed in the aqueous dispersion of inorganic nanosheet.

研究分野：ソフトマター物性

キーワード：液晶 ソフトマター ブルー相 感受率 電気光学効果 Kerr効果

### 1. 研究開始当初の背景

小さなインプットで大きなアウトプットを示す材料の開発は、将来の省エネルギー社会、高度情報化社会を支える基盤的技術として重要な意義をもつ。我々の研究グループは、分子の自己組織や協同運動の科学に基づき、巨大感受率を示すソフトマター材料の開発を推進している。これまで、高分子安定化ブルー相と呼ばれる液晶系ソフトマターにおいて最高クラスの電気光学応答 (Kerr 効果) を広い温度範囲にわたり発現させることに成功し、次世代ディスプレイあるいは光学変調デバイスへの応用の突破口を開いた。一方で、基礎研究の遅れから、応用上発生する様々な課題の解決の糸口がつかめず、ブルー相の本質的理解が産業界からの強い要望となっている。また、我々の研究グループはある種のナノシート分散液や特殊な化合物において前例のない極めて大きな電気光学係数を観測した。この現象は配向秩序のゆらぎが関係していると思われるが、詳細は明らかになっていない。このような巨大感受率材料の研究を通じ、新たな刺激応答性材料の創出が可能であるとの着想により本研究が開始された。

### 2. 研究の目的

本研究では、1) これまで我々の研究グループが発見した高分子安定化ブルー相に関する理解を一層深め、さらに電気光学応答や安定性を高める材料設計指針を確立すること、および2) 液晶系ソフトマターの感受率 (アウトプット/インプットの強度比に対応する伝達係数、Kerr 係数もその一つ) を劇的に高めるための新たな原理の構築と検証、その状態を幅広い温度で保つための構造制御に関する研究を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 高分子安定化ブルー相の学術的深化と技術的進化

① 分子化学構造とブルー相発現および安定化の相関

ブルー相を誘起するために必要な高いねじり力 (HTP) を示す誘導体としてよく知られている縮環型ピナフチル構造を主骨格とした新規フッ素系キラル剤およびその類縁体を合成し、フッ素系ネマチック液晶中でのフッ素系キラル剤の特性評価とブルー相に与える影響について検討を行った。合成した縮環型および開環型ピナフチル系キラル剤、BP 発現に用いられているキラル剤 IS0-(60BA)<sub>2</sub> (Synthesized) をフッ素系ネマチック液晶混合物 JC-1041XX (JNC Co. Ltd.) に添加し、くさび型セルを用いて HTP の評価を行った。次に、らせんピッチが同程度になるように Close-F、IS0-(60BA)<sub>2</sub> をそれぞれ JC-1041XX に添加した BP を発現する試料を調製し、昇温過程により BP の温度範囲を決定した

② 構造論に基づくブルー相の高分子安定化メカニズムの解明

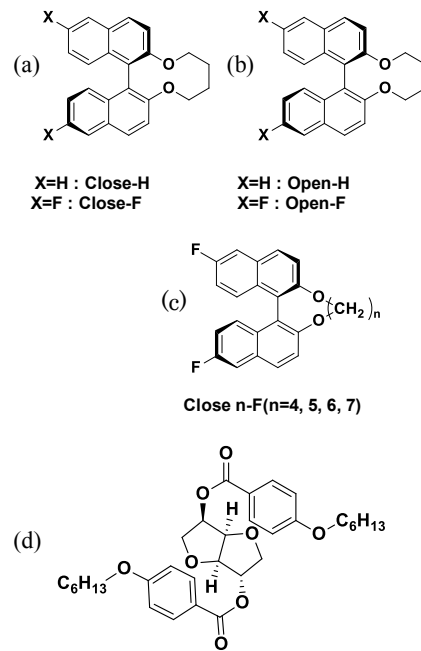


図1 ブルー相を誘起するために合成したキラルドーパントの化学構造

高分子安定化ブルー相中の高分子の凝集構造を解析するため、放射光を用いた超小角 X 線回折実験を行った。高分子も液晶も基本的に類似の元素から構成されているため、そのままでは X 線散乱のコントラストがつかない。そこで、X 散乱能の高いヨウ素などを高分子に結合させ、高分子からの X 線の散乱や回折を高めるよう材料調製を行った。高分子からのみの回折を構造因子と比較することで、高分子が 08+格子 (二重ねじれシリンダー) か 08-格子 (ディスクリネーション) の構造を形成しているかが判別できる。各格子の構造因子は下式で表される。

$$F_{hh}^{08+} = f_1 \left\{ \left( 1 + e^{(h+l)\rho l} \right) e^{\frac{1}{2}k\rho l} \frac{e^{2h\rho l} - 1}{2h\rho l} + \left( 1 + e^{(h-l)\rho l} \right) e^{\frac{1}{2}l\rho l} \frac{e^{2k\rho l} - 1}{2k\rho l} + \left( 1 + e^{(h+k)\rho l} \right) e^{\frac{1}{2}h\rho l} \frac{e^{2l\rho l} - 1}{2l\rho l} \right\}$$

$$F_{hh}^{08-} = f_1 \left\{ \frac{e^{2(h+k-l)\rho l}}{(h+k+l)\rho l} + \left( e^{l\rho l} + e^{(h+k)\rho l} \right) \frac{e^{(h-k-l)\rho l}}{(h-k-l)\rho l} + \left( e^{h\rho l} + e^{(k-l)\rho l} \right) \frac{e^{(h-k-l)\rho l}}{(h-k+l)\rho l} + \left( e^{k\rho l} + e^{(h-l)\rho l} \right) \frac{e^{(h+k-l)\rho l}}{(h+k-l)\rho l} \right\}$$

これから、各回折の消滅則に明確な違いがあることが導かれる。回折実験結果と構造因子に基づく計算結果を比較することにより、高分子がどちらの構造を形成しているか区別できる。

(2) 巨大感受率材料を生み出すための新規メカニズム創出

① 大きな Kerr 係数材料を目指した液晶化合物の開発とそのメカニズム解明

含フッ素アリール基を有する 1,3-ジオキサソランミチック液晶 (DIO) の相転移挙動および電気応答性を示差走査熱量計 (DSC) 測定、偏光顕微鏡 (POM) 観察、X 線回折 (XRD) 測定、誘電

緩和スペクトル測定、分極反転電流測定および第二次高調波発生 (SHG) 測定により評価した。

#### ② 無機ナノシート分散液の巨大 Kerr 効果

本研究では直径 100~5,000 nm 程度、厚さ約 1 nm と大きな形状異方性を有し、シート状の無機物である Fluorohectorite (FHT) ナノシートを用いた。FHT 水分散液は高濃度でリオトロピック液晶相を発現するが、低濃度では複屈折を示さない等方性液体になる。FHT は分子よりも大きいため誘起双極子モーメントも大きく、その等方分散液は巨大な Kerr 係数を示すと期待される。FHT の配向は排除体積効果とクーロン斥力に起因し、相転移前後でシートは水に囲まれたままでエンタルピー変化が小さいため温度変化に対して転移濃度が変化しにくく、広い温度範囲で巨大な Kerr 効果を示す等方性分散液の実現が期待される。本研究では FHT 水分散液の相図を作成すると共に Kerr 係数・応答時間などを観察し、相転移濃度近傍での挙動を Landau-de Gennes 理論に基づき検証した。

### 4. 研究成果

#### (1) 高分子安定化ブルー相の学術的深化と技術的進化

##### ① 分子化学構造とブルー相発現および安定化の相関

高分子安定化ブルー相は、液晶分子、キラル剤、モノマー、光重合開始剤の混合溶液 (Precursor) がブルー相となるよう温度を正確に制御し、UV 光を照射することによってモノマーをブルー相中で in-situ 重合することで調製される。今年度は液晶分子の化学構造とねじれを誘起させるキラルドーパントの分子構造を種々変化させ、分子と構造とねじれの関係について着目した。

分子構造にフッ素原子を有する分子、凝集エネルギーが小さく低粘性であり、さらに高い誘電異方性を有しながらも極性不純物を取り込みにくいことからデバイス材料として有用である。分子配列にねじれを誘起する力 (HTP) が大きい誘導体が報告されているピナフチル骨格を主骨格とした新規含フッ素ピナフチル系キラル剤を含む種々のピナフチル系キラル剤を合成し、それらの液晶中での置換基や構造の違いによる特性の変化について検討を行った。ピナフチル系キラル剤の開環体と閉環体を比較したところ、閉環体は大きな HTP の絶対値を示しその温度依存性は小さく、開環体の場合は逆になった。反対に開環体では、二つのナフタレン環の結合軸周りの自由回転が許容されているため、HTP が小さい又は逆向きのらせんを誘起するようなコンフォメーションをとりやすくなっており、結果として誘起する HTP が小さくなったと考察される。また、母液晶に対する各キラル剤の相溶性を調べたところ、フッ素を有するピナフチル系キラル剤が最も良好な溶解性を示した。

##### ② 構造論に基づくブルー相の高分子安定化メカニズムの解明

高分子安定化ブルー相の安定化メカニズムの解明に直結する高分子の構造について放射光の超小角 X 回折の結果を解析して構造モデルを提案した。ブルー相は、分子の二重ねじれ構造を素構造とする 08° 構造と構造欠陥であるディスクリネーションから成る 08° 構造が重なり合った特殊な構造を有している。放射光の超小角 X 回折の結果、08° の構造因子とよく合致する回折を得た (下図)。したがって、高分子安定化ブルー相の高分子はディスクリネーションに凝集した構造と結論できる。これらの結果を基に、液晶の二重ねじれ配列の秩序領域と高分子が凝集したディスクリネーションから構成される構造を高分子安定化ブルー相の構造として提案した。このモデルは、高分子安定化ブルー相でブルー相の温度範囲が低温側に広がる現象をよく説明できる。また、共焦点レーザー走査顕微鏡によりブルー相の格子構造の直接観察にも成功し、高分子安定化ブルー相構造が飛躍的に明確になった。

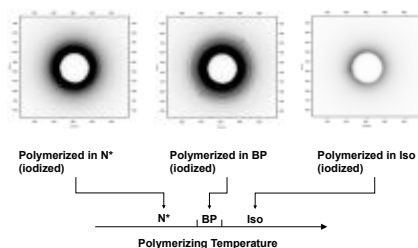


図 2 各温度で重合した高分子安定化ブルー相の放射光超小角 X 線散乱像

##### (2) 巨大感受率材料を生み出すための新規メカニズム創出

##### ① 大きな Kerr 係数材料を目指した液晶化合物の開発とそのメカニズム解明

含フッ素アリアル基を有する 1,3-ジオキサソカラミチック液晶 (DIO) の相転移挙動および電気応答性を示差走査熱量計 (DSC) 測定、偏光顕微鏡 (POM) 観察、X 線回折 (XRD) 測定、誘電緩和スペクトル測定、分極反転電流測定および第二次高調波発生 (SHG) 測定により評価した。実験結果から、高流動性液晶相 (MP 相) において分子構造から予測される値よりもはるかに大きな  $10^4$  オーダーの誘電率  $\Delta \epsilon$  が生じることが明らかになった。

MP 相において、周波数 10 kHz、1 kHz の領域でそれぞれ  $10^3$ 、 $10^4$  オーダーの巨大な  $\Delta \epsilon$  が観測された。MP 相では、層構造の長距離並進秩序に起因する鋭い回折パターンは得られず、小角および広角領域にネマチック (N) 相特有のブロードな回折パターンが得られた。しかしながら、偏光顕微鏡観察では通常の N 相では観察されない不均一な砂状組織が観察された。この巨大な  $\Delta \epsilon$  の大きさは、通常の N 液晶の示す値の数百~数千倍大きかった。DIO は

強誘電体の分極反転に似た挙動を示し、周波数 0.01 Hz において大きな分極量  $P = 34 \mu\text{C cm}^{-2}$  を示すことが分かった。電圧無印加時には不均一配向にあった D10 は、分極反転が生じる電場を印加することで印加方向に沿って均一配向することが分かった。さらに、SHG 測定により、電場印加下の MP 相において大きな SHG 活性が認められた。これらの結果は、一方向にバイアス配向した D10 分子の長軸方向に沿って強誘電的な分極が生じていることを強く示唆している。

## ② 無機ナノシート分散液の巨大 Kerr 効果

相図を作成した結果、FHT 水分散液は  $10\sim 60^\circ\text{C}$  の温度範囲で約 0.6 wt% 近傍で等方相-液晶相転移を示すが、通常の有機液晶分子と異なり温度上昇に伴って液晶相の濃度領域が増大した。これは液晶相発現に伴ってナノシート間の排除体積効果が緩和され並進・回転のエントロピーが増大したためと考えられる。等方相を示す範囲の FHT 水分散液では、すべての濃度・温度において印加電場の 2 乗に電場誘起複屈折が比例する Kerr 効果が観測された。一般の極性分子や液晶が  $10^{-14}\sim 10^{-10}/\text{mV}^{-2}$  の Kerr 係数を示すのに比べ、無機ナノシートでは濃度が 1 wt% 未満であるにも関わらず  $10^{-8}\sim 10^{-7}/\text{mV}^{-2}$  という約 1,000 倍の巨大な Kerr 係数が確認された。Kerr 係数の濃度依存性において、特に 0.4~0.6 wt% と高濃度側では Kerr 係数の増加率が増大した。これは低濃度では独立に電場に応答して回転していた FHT が、濃度増大に伴って巨視的な等方性を保ちながらも局所的な配向秩序を示し、その配向ベクトルが協同的に回転したためと考えられる。

応答速度測定でも同様に相転移濃度付近で電場を切った時の応答時間  $\tau_{\text{off}}$  を測定した結果、0.1~0.3 wt% では 1 秒未満の比較的速い応答を示すのに対し 0.6 wt% では 30 sec 以上という非常に遅い応答を示した。この結果も濃度増大に伴って局所的な配向秩序を示すクラスターのサイズが増大し、その配向ベクトルが協同的に回転するのに必要な時間が発散的に増大したと考えられる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 20 件)

- ① Fukuda, J., Okumura, Y., Kikuchi, H., Calculation of Confocal Microscope Images of Cholesteric Blue Phases, *Proceedings of SPIE, Emerging Liquid Crystal Technologies XI*, 査読有, 9769, 2016, 976906: *Conference on Emerging Liquid Crystal Technologies XI (ELCT)*, February 16-17, 2016, San Francisco (USA). DOI: 10.1117/12.2209210
- ② Endo, N., Matsumoto, T., Kikuchi, H., Kimura, M., Study of Polymer-stabilised Blue Phase Liquid Crystal on A Single Substrate, *Liq. Cryst.*, 査読有, **43**, 2016, 66-76. DOI: 10.1080/02678292.2015.1055602
- ③ Yoshida, H., Anucha, K., Ogawa, Y., Kawata, Y., Ozaki, M., Fukuda, J., Kikuchi, H., Bragg Reflection Band Width and Optical Rotatory Dispersion of Cubic Blue-phase Liquid Crystals, *Phys. Rev. E*, 査読有, **94**, 2016, 042703. DOI: 10.1103/PhysRevE.94.042703
- ④ Kikuchi, H., Izena, S., Higuchi, H., Okumura, Y., Higashiguchi, K., A Giant Polymer Lattice in A Polymer-stabilized Blue Phase Liquid Crystal, *Soft Matter*, 査読有, **11**, 2015, 4572-4575. DOI: 10.1039/c5sm00711a
- ⑤ Lim, G., Hwang, J. -H., Kikuchi, H., Hong, S. -K., Effect of Reactive Monomer Concentration on Electro-optical Properties in Polymer-stabilized Blue Phase Liquid Crystals with Identical Chiral Dopant Concentrations, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 査読有, **609**, 2015, 54-60. DOI: 10.1080/15421406.2014.956398
- ⑥ Fukushima, S., Ariki, K., Yoshinaga, K., Higuchi, H., Kikuchi, H., Infrared Extinction of a Dye-doped (Polymer/Liquid Crystal) Composite Film, *Crystals*, 査読有, **5**, 2015, 163-171. DOI: 10.3390/cryst5010163
- ⑦ Kawata, Y., Yoshida, H., Tanaka, S., Konkanok, A., Ozaki, M., Kikuchi, H., Anisotropy of The Electro-optic Kerr Effect in Polymer-stabilized Blue Phases, *Phys. Rev. E*, 査読有, **91**, 2015, 022503. DOI: 10.1103/PhysRevE.91.022503
- ⑧ Kim, B., Um, Y. J., Jeon, S., Kikuchi, H., Hong, S. -K., Enlargement of Blue-phase Stability for Rod-like Low-molecular-weight Chiral Nematic Liquid Crystal Mixtures, *Liq. Cryst.*, 査読有, **41**, 2014, 1619-1626. DOI: 10.1080/02678292.2014.936531
- ⑨ Inadomi, T., Ikeda, S., Okumura, Y., Kikuchi, H., Miyamoto, N., Photo-induced Anomalous Deformation of Poly(N-isopropylacrylamide) Gel Hybridized with An Inorganic Nanosheet Liquid Crystal Aligned by Electric Field, *Macromol. Rapid Commun.*, 査読有, **35**, 2014, 1741-1746. DOI: 10.1002/marc.201400333
- ⑩ Kakisaka, K., Higuchi, H., Okumura, Y., Kikuchi, H., 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
- ⑪ Lim, G., Kikuchi, H., Hong, S. -K.,

- Effect of Cyanobiphenyl Homologue Molecules on Electro-optical Properties in Liquid Crystal Blue Phases and Polymer-stabilized Blue Phases, *Polym. J.*, 査読有, **46**, 2014, 337-341. DOI: 10.1038/pj.2013.98
- ⑫ Lim, G., Okumura, Y., Higuchi, H., Kikuchi, H., Low-temperature Properties of Polymer-stabilized Liquid-crystal Blue Phases, *ChemPhysChem*, 査読有, **15**, 2014, 1447-1451. DOI: 10.1002/cphc.201301142
- ⑬ Kakisaka, K., Higuchi, H., Okumura, Y., Kikuchi, H., Novel 6,6'-Difluoro-substituted Binaphthyl Derivatives as Chiral Dopants for Fluorinated Nematic Liquid Crystals, *Chem. Lett.*, 査読有, **43**, 2014, 624-625. DOI: 10.1246/cl.131169
- ⑭ Yoshida, H., Yabu, S., Tone, H., Kawata, Y., Kikuchi, H., Ozaki, M., 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
- ⑮ Tone, H., Yoshida, H., Yabu, S., Ozaki, M., Kikuchi, H., 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
- ⑯ Kaneko, K., Oto, K., Kawai, T., Choi, H., Kikuchi, H., Nakamura, N., Electrorheological Effect and Electro-optical Properties of Side-on Liquid Crystalline Polysiloxane in A Nematic Solvent, *ChemPhysChem*, 査読有, **14**, 2013, 2704-2710. DOI: 10.1002/cphc.201300093
- ⑰ Niiyama S., Kikuchi, H., Optical Microscopic Observation of Morphology in Liquid Crystal/Polymer Composites and Their Electro-optical Properties, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 査読有, **577**, 2013, 1-14. DOI: 10.1080/15421406.2013.778116
- ⑱ Yoshida, H., Yabu, S., Tone, H., Kikuchi, H., Ozaki, M., 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
- ⑲ Lim, G., Okumura, Y., Higuchi, H., Kikuchi, H., Temperature Dependence of Dielectric and Electro-optical Properties and Disordered Structure in Polymer Stabilized Blue Phases at Low Temperature, *Digest of Technical Papers - Society for Information Display International Symposium*, 査読有, **44**, 2013, 1273-1275: *SID 2013*, May 21-24, 2013, Vancouver (Canada). DOI: 10.1002/j.2168-0159.2013.tb06466.x
- ⑳ Shibayama, S., Higuchi, H., Okumura, Y., Kikuchi, H., 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
- [学会発表] (計15件)
- ① Kikuchi, H., Molecular Chirality and Liquid Crystals, *Symposium on Molecular Chirality 2015*, June 13, 2015, Nishiwaseda Campus, Waseda University (Shinjuku-ku・Tokyo)
- ② Kikuchi, H., Dynamics of Liquid Crystal Blue Phases, *SPIE Photonics West*, February 10, 2015, San Francisco (USA)
- ③ Wen, Y., Okumura, Y., Higuchi, H., Kikuchi, H., Structural Analyses of Liquid Crystal Blue Phases, *7th Italian-Japanese Workshop on Liquid crystals*, July 7, 2014, Ravenna (Italy)
- ④ Kikuchi, H., Okumura, Y., Higuchi, H., Phase Behavior and Electro-optic Effect of Nano-latticed Liquid Crystals, *The 17th SANKEN International Symposium Joined with The 2nd International Symposium Nano-Macro Materials, Devices, and System Research Alliance Project*, January 21, 2014, Suita Campus, Osaka University (Suita・Osaka)
- ⑤ Kikuchi, H., Higuchi, H., Okumura, Y., Structures and Properties of Liquid Crystal Blue Phases, *2013 Kyushu-Seibu/Pusan-Kyeongnam Joint Symposium on High Polymers (16th) and Fibers (14th)*, November 9, 2013, Honjyo Campus, Saga University (Saga・Saga)
- ⑥ Kikuchi, H., Okumura, Y., Higuchi, H., Lattice Structure and Optical Properties of Liquid Crystal Blue Phases, *Optics of Liquid Crystals 2013*, September 30, 2013, Honolulu (USA)
- ⑦ Kikuchi, H., Okumura, Y., Higuchi, H., Liquid Crystal Blue Phases for Applications to Electro-optics, *GDCh-Wissenschaftsforum Chemie 2013*, September 2, 2013, Darmstadt (Germany)
- ⑧ Kimura, M., Nagumo, N., Oo, T. N., Kikuchi, H., Akahane, T., Bendable Display Device Using Polymer-

stabilized Blue Phase Liquid Crystal, 20th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices: TFT Technologies and FPD Materials (AM-FPD 2013), July 3, 2013, Avanti Kyoto Hall, Ryukoku University (Kyoto・Kyoto)

- ⑨ Kikuchi, H., Higuchi, H., Okumura, Y., Polymer-stabilized Blue Phases for Electro-optical Device Applications, Korea-Japan Joint Symposium: Frontier Molecular Assembly and Liquid Crystal Technology, April 12, 2013, Daejeon (Korea)
- ⑩ 菊池 裕嗣, コレステリックブルー相における部分と全体, 第20回液晶化学研究会シンポジウム, 2016年7月4日, 東京大学山上会館(東京・文京区)
- ⑪ 樋口 博紀, 菊池 裕嗣, 軸不斉分子によって誘起されるねじれ液晶, 2015年度日本液晶学会ソフトマターフォーラム講演会(第15回), 高分子学会九州支部フォーラム「液晶とねじれ」, 2016年1月29日, 九州大学 博多駅オフィス(福岡・福岡)
- ⑫ 菊池 裕嗣, 高分子安定化ブルー相の創製と表示デバイスへの応用, 2015年日本液晶学会討論会, 2015年9月7日, 東京工業大学 すすかけ台キャンパス(神奈川・横浜)
- ⑬ 菊池 裕嗣, 次世代電子ディスプレイ材料:「ブルー相LCD:原理と現状」, CEATEC JAPAN 2014, 2014年10月9日, 幕張メッセ(千葉・千葉)
- ⑭ 菊池 裕嗣, 放射光小角X線回折による高分子安定化ブルー相液晶の構造解析, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月30日, 名古屋大学 東山キャンパス(愛知・名古屋)
- ⑮ 菊池 裕嗣, 液晶ブルー相の構造、物性と有機デバイスとしての可能性, 高分子学会九州支部フォーラム「あらためて有機フォトニクスを考える(有機半導体はシリコンを越えられるか?)」, 2013年4月19日, 佐賀大学 本庄キャンパス(佐賀・佐賀)

〔図書〕(計1件)

- ① Kikuchi, H., Wiley-VCH, Polymer and Colloid-stabilized Blue Phases, Handbook of Liquid Crystals, 2nd Edition, ed. by Goodby, J. W., Collings, P. J., Kato, T., Tschierske, C., Gleeson, H., Raynes, P., 2014, Vol. 3, pp. 611-619 (5240 pages)

〔産業財産権〕

○出願状況(計4件)

名称: LIQUID CRYSTAL DEVICE

発明者: 菊池裕嗣ら

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 15/432928

出願年月日: 平成29年2月15日

国内外の別: 国外

名称: 液晶素子

発明者: 菊池裕嗣ら

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願2016-026840

出願年月日: 平成28年2月16日

国内外の別: 国内

名称: 液晶材料の製造方法及び液晶材料

発明者: 岩田崇, 鈴木憲, 菊池裕嗣, 樋口博紀

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願2014-098313

出願年月日: 平成26年5月12日

国内外の別: 国内

名称: 新規化合物、重合性液晶性化合物、モノマー/液晶混合材料および高分子/液晶複合材料

発明者: 菊池裕嗣, 樋口博紀, 竹内勇磨, 奥村泰志, 松本純一, 松山剛知, 幸田光弘

権利者: 同上

種類: 特許

番号: PCT/JP2013/063625, 102117322

出願年月日: 平成25年5月16日

国内外の別: 国内外

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

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