

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05619

研究課題名(和文) 双連続キュービック液晶の室温安定化

研究課題名(英文) Room-temperature stabilization of bicontinuous cubic liquid crystals

研究代表者

沓水 祥一 (Kutsumizu, Shoichi)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：80214964

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、分子デザインを用いて「双連続キュービック(Cub_{bi})液晶の室温形成をいかに達成するか？」という問いに対して、(1) Cub_{bi}液晶相発現の低温化に対する分子コアへの非中心対称性の付与の有効性、(2) シロキサン鎖の長さの異なる分子の1:1混合液晶における室温Cub_{bi}液晶相の実現、(3) キラルなCub_{bi}液晶相の分子凝集構造の解明、(4) 側鎖型シロキサン高分子液晶とトリシロキサン鎖末端を持つ低分子体との複合体におけるCub_{bi}液晶相の形成の実現、などを達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Cub_{bi}液晶では、その動的な凝集構造ゆえに生命体のような外部刺激(電気、光、力学的変形)に対する応答性と、内部の三次元的に複雑に広がった、らせん状ネットワーク構造の自律的な安定性とが巧みに両立している。現状では、液晶材料として工業的に直ちに利用できる段階にはないが、本研究成果はCub_{bi}液晶の近未来における有用材料開発へつながる基盤を提供する。

研究成果の概要(英文)：In the thermotropic bicontinuous cubic (Cub_{bi}) phase formed by rodlike molecules, anti-spindle-like molecular shape is a requisite for the formation. In this view, introduction of oligodimethyl siloxanyl segments at the termini of the alkyl tails would be an effective methodology to obtain the stabilization of the phase at lower temperatures. The main issue of this research is to obtain further strategies for stabilizing Cub_{bi} phases at lower/room temperature. The insights obtained are: (1) Use of nonsymmetric molecular core in addition to siloxanyl tails at the termini of the alkyl tails effectively lowering the Cub_{bi} phase temperature range; (2) 1:1 Binary mixture of molecules with different lengths of siloxanyl tails giving a room-temperature Cub_{bi} phase; (3) Revealing of the aggregation structure of the “Im3m”-type chiral cubic phase by X-ray diffraction utilizing a new algorithm; (4) Stabilization of a Cub_{bi} phase in a mixture of low-mass and polymeric siloxanyl compounds.

研究分野：ソフトマター化学

キーワード：液晶 超分子化学 自己組織化 ナノ材料 複合材料・物性 双連続キュービック構造 分子デザイン

1. 研究開発当初の背景

生命体の外部刺激に対する応答と組織構造の維持には、内部の分子の運動性が重要である。液晶材料が、結晶と異なり曲げなどの変形に寛容である一方で外部刺激に対する応答を示すのも内部の分子の運動性に由来する。双連続キュービック (Cub_{bi}) 液晶は、液晶でありながら三次元のネットワーク構造をもつ。 Cub_{bi} 液晶は、光学的等方性、キラリティー発現、外部刺激応答性などの特徴的な材料特性を示すが、これまでは高温でしかこの構造を発現せず、動的なナノ材料として生かすには、いかにして室温において安定な構造形成を達成するか？が鍵となっていた。

申請者らは、分子両末端がメガホン状に広がった逆紡錘形状分子において、その横並び配列にはねじれが発生し、それがネットワークを伴う三次元周期構造の形成につながるという Cub_{bi} 液晶の発現メカニズムを見出した (S. Kutsumizu et al., *Chem. Mater.*, **20**, 3675 (2008); Y. Nakazawa, Y. Yamamura, S. Kutsumizu, and K. Saito, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **81**, 094601 (2012); Y. Yamamura, Y. Nakazawa, S. Kutsumizu, and K. Saito, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **21**, 23705 (2019))。しかし、その安定性の起源は何か？という重要な問いには十分に答えられていない。この問いと表裏一体の、この構造を自由自在に実現するための液晶分子の設計指針も未だ十分ではない。申請者らは、相形成の低温化を可能にする分子骨格要件として、分子中央のコア部には分子間に強い引力相互作用を及ぼす部位 (水素結合部位、極性基など) を、その両側には高柔軟な (すなわち室温でも十分な運動性を持ち得る) シロキサン鎖を末端に持つアルキル鎖の存在が有効であることを明らかにした (S. Kutsumizu et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **18**, 9013 (2016); S. Kutsumizu et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **20**, 7953 (2018))。実際、シロキサン鎖分子のいくつかは、準安定ではあるが、室温でも Cub_{bi} 相を形成した。

2. 研究開発当初の目的

室温で安定な構造形成を達成するための糸口をつかんだ我々は、本研究では次の二段階の物質開拓を行うことにした。

低分子室温 Cub_{bi} 液晶の実現：末端へのシロキサン鎖導入と分子コア部への非中心対称性の付与を組み合わせ、実現を図る。その基礎原理を解明する。

Cub_{bi} 相において、分子コアから形成されるネットワーク構造は、局所的には二回軸対称性をもっている。非中心対称性分子の凝集であっても、分子の並進運動などにより、平均的には、中心対称性が維持されている。その一方で、 Cub_{bi} 液晶相からの冷却においては、コアの非中心対称性が直接反映された積層を伴う結晶配列の形成に対して、著しい阻害効果が期待できる。結果として、溶液からは結晶化する物質でも、 Cub_{bi} 液晶相からの冷却においては、その Cub_{bi} 相が過冷却されるやすい状況にある。本研究では、その状態が室温において事実上、最安定状態 (熱力学的安定状態) と見間違えるほどに安定化 (それを「安定化」と呼んでいる) する分子骨格の探索とその安定化に対する熱力学的な裏付けを行う。

高分子室温 Cub_{bi} 液晶の実現：片末端のシロキサン鎖を高分子化し、もう一方の末端を

水素結合により動的な組換えが可能な高分子型 Cub_{bi} 液晶の実現を目指し、物質開拓を行う。

の「安定化」挙動の知見を基礎に、過冷却状態の動的安定化のために、片末端のシロキサン鎖をさほど高くない分子量の高分子へと重合し、もう一方の末端をカルボン酸・アミンの対形成により動的に組換え可能にすることで、高分子型の Cub_{bi} 液晶の開拓を行う。その実現はフィルム化への道にもつながり重要と考えた。

3．研究の方法

実験的研究を主として、試料を合成・精製したのちは、偏光顕微鏡 (POM) 観察、熱測定 (市販 DSC)、X 線回折 (XRD) 測定 (実験室 $CuK\alpha X$ 線ならびに放射光) により相挙動解析を、フーリエ変換型赤外分光 (FT-IR) 測定により液晶形成時の分子間相互作用の評価を行った。分子サイズは量子化学計算 (密度汎関数理論 (DFT) 計算) により評価した。必要に応じて、XRD 強度解析による電子密度マップ作成により、 Cub_{bi} 液晶の三次元ネットワーク構造の分子コアの凝集状態の解析を行った。

4．研究成果

研究当初の目的にはなかったものもあるが、重要な研究成果は以下の 4 つにまとめられる。

(1) Cub_{bi} 液晶相発現の低温化に対する分子コアへの非中心対称性の付与の有効性

分子中央の水素結合部位の両側にベンゼン環とナフタレン環を 1 個ずつ配することで分子コアに非中心対称性を付与し、その両端には炭素数 10 のメチレン鎖を介して末端にジシロキサン鎖を導入した化合物が、室温において Cub_{bi} 液晶相を約 100 日間維持することが明らかとなった。水素結合部位の両側にベンゼン環のみをもつ中心対称性分子コアの場合は、その Cub_{bi} 液晶相は室温において 5 日間程度しか安定化しなかったことを考えると、この結果は分子コアへの非中心対称性の付与が Cub_{bi} 液晶相の室温における安定化に有効であることを示している。また、 Cub_{bi} 液晶相の格子サイズは、水素結合部位の両側にベンゼン環のみ、ナフタレン環のみの中心対称性分子コアの Cub_{bi} 液晶相の格子サイズのほぼ中間の大きさであった。

さらに、分子コアの積層様式の温度変化と経時変化を XRD 強度解析による電子密度マップ作成により追跡した。水素結合部位の両側にベンゼン環のみ、ナフタレン環のみの中心対称性分子コアの Cub_{bi} 液晶相は、それぞれ分子コアが二層、単層の三次元ネットワークを形成している。これに対して、ベンゼン環とナフタレン環を 1 個ずつもつ非中心対称性の分子コアにおいては、その Cub_{bi} 液晶相の分子コアの凝集構造は、温度と温度サイクルに依存して、分子コアが二層、単層の両方の三次元ネットワークを形成することが明らかになった。すなわち、ベンゼン環のみとナフタレン環のみのそれぞれの中心対称性分子コアに由来する挙動の両方が垣間見られたことになり、興味深い。

これらの結果は、雑誌論文 4 として公表しており、掲載時にはその号の Inside cover page

に採択された。

(2) シロキサン鎖の長さの異なる分子の1:1混合液晶における室温 Cub_{bi} 液晶相の実現

Cub_{bi} 液晶形成の一つの起源が、分子両末端がメガホン状に広がった逆紡錘形状にあり、その分子の横並び配列は、平面的な層構造を安定化せず、代わりにねじれを持つ三次元ネットワーク構造を形成する。したがって、高高く柔軟なシロキサン鎖をアルキル鎖末端に導入することは有効な分子デザインとなりうることを申請者はすでに明らかにしているが、それを実際にさまざまな化学構造の分子に展開して、その結果をまとめて雑誌論文 5 に公表した。

このなかで、ベンゼン環のみの中心対称性分子コアに炭素数 10 のメチレン鎖を介して末端にジシロキサン鎖を付与した分子は Cub_{bi} 液晶を形成し、冷却過程において得られた Cub_{bi} 液晶は室温において5日間程度安定である。これに対して、末端にトリシロキサン鎖を付与した分子は、室温以上においては、末端の広がりが大きすぎたためか Cub_{bi} 液晶は形成せず、二種類のカラムナー (Col) 液晶を形成した。動的な凝集構造をもつ液晶では、しばしば混合液晶により中間の分子形状の系の実現を図る。そこで、ジシロキサン鎖分子とトリシロキサン鎖分子の1:1混合液晶を調製し、その熱挙動を詳細に検討したところ、熱力学的には準安定状態と考えられるにもかかわらず、室温において1年以上にわたって Cub_{bi} 液晶を維持した。すなわち、長さの異なるシロキサン鎖分子の1:1混合液晶によって、室温 Cub_{bi} 液晶相が実現できることを明らかにできた。現在、論文を投稿中である。

(3) キラルな Cub_{bi} 液晶相の分子凝集構造の解明

(1) と (2) における Cub_{bi} 液晶相においては、構造中に存在する二本の三次元ネットワーク構造は互いに逆巻きのねじれをもち、したがって互いに鏡映対称であり、全体としてアキラルである。空間群は、ブロック高分子の形成するジャイロイドと同じく、*Ia3d* である。しかし、分子コアと鎖の大きさのバランスによっては、分子自体はアキラルであっても、“*Im3m*”型のキラルな Cub_{bi} 液晶相を形成することがある。これは“鏡映対称性の破れ”として、注目を集めている。しかしながら、その詳細な分子凝集構造は明らかになっていなかった。

このキラルな Cub_{bi} 液晶相については、申請者らのモデルも含めて、いくつかの分子凝集構造が提案されてきた。しかし、最大の問題は、空間群がキラルな場合は、XRD 測定から得られる構造因子の位相に関して、予めの情報がないことである。単結晶固体の結晶構造解析では、この位相問題に対して、原子間距離がある程度限定されることと 1000 を超える回折線のそれぞれに矛盾のない位相を探し出すことにより、電子密度マップの構築から原子位置の決定を行っている。この方法は回折線数が多くとも十数個程度の Cub_{bi} 液晶相に適用することは困難である。

この困難に対して、静岡大の岡俊彦准教授は、分子にある程度の運動性が保持されている

Cub_{bi} 液晶相においては、電子密度の空間的な変化は比較的なめらかであり、かつまた空間的に孤立した極大点は存在しにくいとの考えから、二種類のパラメタを導入し、小さくする方向を探索することで最適の電子密度マップが得られることを明らかにした (T. Oka, *Acta Crystallogr. Sect. A*, 2023, **79**, 51-58.)。

申請者らは、岡准教授と共同研究を開始し、逆紡錘形状の 1,2-bis(*n*-tetradecyloxybenzoyl)hydrazine (BABH-14) 分子が形成するキラルな Cub_{bi} 液晶相の分子凝集構造の解明に成功した。得られた構造は、これまでに報告されたキラルな Cub_{bi} 液晶相のモデルとは異なり、*Ia3d* 対称の Cub_{bi} 液晶相同様、二本の三分岐の三次元ネットワークからなり、しかもその二本のネットワークには対称性上の制限もなく、結果として同じ巻きをもつ。空間群は *I2₁3* であった。*Ia3d* 対称とキラルな Cub_{bi} 液晶相の両方を発現する分子においては、分岐間のねじれの様子は異なるが、三分岐間の距離は類似していた。このことは、その分子が温度変化の過程で両液晶相の間で相転移することと整合している。

本成果は、雑誌論文 3 として公表した。

(4) 側鎖型シロキサン高分子液晶とトリシロキサン鎖末端を持つ低分子体との複合体における Cub_{bi} 液晶相の形成の実現

Cub_{bi} 液晶性高分子が室温付近で実現したならば、フィルム化の可能性も生まれてくるため、材料化学として極めて魅力的である。Cub_{bi} 液晶性高分子としてはこれまでに 4 例の報告がある。しかし、その温度域は高温域であり、また詳細な相挙動も明らかになっていない。

申請者は、高分子の単量体単位に相当する低分子モデルとして、西川と Samulski が報告している 4,4'-ビピリジル-シロキサン含有カルボン酸水素結合体に注目した (E. Nishikawa and E. T. Samulski, *Liq. Cryst.*, **27**, 1463 (2000).)。この化合物は 66-90°C で Cub_{bi} 相を形成すると報告されている。本研究では、このトリシロキサン部位を鎖状に変えた高分子を想定して、分子量 3,500 程度のポリシロキサンに炭素 6 のアルキルオキシ鎖を介して、安息香酸を側鎖にもつ側鎖型シロキサン高分子液晶を合成した。オキシジメチルシロキサン 2 個に 1 個の割で側鎖を付与することで側鎖部分は一見、逆紡錘形状であるが、得られた高分子は融点しか示さず、この高分子と 4,4'-ビピリジルとの 2:1 の水素結合体も層状構造のスメクチック C 相と A 相のみを発現した。いずれも Cub_{bi} 液晶性高分子とはならなかった。一方、低分子の T 字型のトリシロキサン鎖を末端にもつ低分子の 4,4'-ビピリジルとの 2:1 の水素結合体も、クロスニコルの偏光顕微鏡観察では、暗視野が得られるものの、XRD 測定では多くの温度域においてスメクチック C 相や A 相の発現が優勢であり、Cub_{bi} 相が単独で発現する温度域は冷却過程の 358-348 K のみと狭かった。これに対して、低分子と高分子の 5:1 の複合体は、加熱過程では 327 K から 360 K 付近まで、冷却過程では 350 K から発熱ピークのある 325 K 付近まで *Ia3d* 型の Cub_{bi} 相のみを発現した。すなわち、側鎖型シロキサン高分子液晶とトリシロキサン鎖末端を持つ低分子体との複合体においては安定な Cub_{bi} 液晶相の形成が実現できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4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 沓水祥一	4. 巻 -
2. 論文標題 3次元秩序を持つ液晶 キュービック相	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本液晶学会オンライン基礎講座 第14回	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 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 Keiko M. Aoki, Yasuhisa Yamamura, Shoichi Kutsumizu, and Kazuya Saito	4. 巻 50
2. 論文標題 Spontaneous formation of cubic phases: a molecular dynamics study for soft repulsive spherocylinders	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Liquid Crystals	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） 10.1080/02678292.2022.2157502	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 Toshihiko Oka, Yasuhisa Yamamura, Shoich Kutsumizu, and Kazuya Saito	4. 巻 19
2. 論文標題 Aggregation structure of chiral cubic liquid crystals revealed by X-ray diffraction utilizing a new algorithm	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 1194 ~ 1201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2SM01687G	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 Shoichi Kutsumizu, Akane Kawafuchi, Yasuhisa Yamamura, Taro Udagawa, Takashi Otaki, Masaki Masuda, Yohei Miwa, and Kazuya Saito	4. 巻 27
2. 論文標題 Stabilization of bicontinuous cubic phase and its two sided nature produced by use of siloxane tails and introduction of molecular nonsymmetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 10293 ~ 10302
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/chem.202101233	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 Akane Kawafuchi, Shoichi Kutsumizu, Yuki Kawase, Issei Tokiwa, Taro Udagawa, and Yohei Miwa	4. 巻 20
2. 論文標題 Molecular Design of Anti-spindle-like Molecules by Use of Siloxanyl Terminals for a Thermotropic Bicontinuous Cubic Phase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 10132-10141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP06831G	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26件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Shoichi Kutsumizu, Yuki Kawase, Takashi Otaki, Yohei Miwa, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito
2. 発表標題 Control of the molecular packing in the Ia3d gyroid phase by siloxane tails and molecular core symmetry
3. 学会等名 CMD29 Minicolloquium "Complex Phases in Soft Matter", 21-26 August (Hybrid Event: Manchester Central Convention Complex, Manchester, UK) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小見山夏緒, 三輪洋平, 沓水祥一, 岸川圭希, 桑折道済
2. 発表標題 金属錯体の自己組織化による室温での立方晶液晶相の発現と磁気特性
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会, 5月25-27日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小見山夏緒, 大窪貴洋, 三輪洋平, 沓水祥一, 岸川圭希, 桑折道済
2. 発表標題 ホルミウム錯体からなる超分子球が形成する非連続キュービック液晶
3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会, 9月14-16日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武部颯太, 磯部なちあ, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 非対称型の 電子共役系を有するキュービック液晶性化合物の側方置換基が液晶相形成とその積層構造に与える効果
3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会, 9月14-16日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井戸祐貴, 小松貞広, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 キュービック相を発現する4'-alkoxy-3'-cyanobiphenyl-4-carboxylic acid (ACBC)とアゾベンゼン誘導体との二成分系における相挙動および光誘起相転移
3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会, 9月14-16日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野稜貴, 武部颯太, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 分子コア側方へのフッ素原子の導入がキュービック液晶相形成に与える効果
3. 学会等名 2022年日本液晶学会討論会, 9月14-16日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤渉, 大滝隆史, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 シロキサシ鎖を付与した非対称性液晶性ヒドラジン化合物のキュービック相形成とコア部分の積層構造の温度変化
3. 学会等名 第183回東海高分子研究会講演会, 9月17日 (名古屋大学ES総合館)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井戸祐貴, 小松貞広, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 4'-alkoxy-3'-cyanobiphenyl-4-carboxylic acid (ACBC)とアゾベンゼン誘導体との二成分系における相挙動および光誘起相転移
3. 学会等名 第183回東海高分子研究会講演会, 9月17日 (名古屋大学ES総合館)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野稜貴, 武部颯太, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 分子コア側方へのフッ素原子の導入が温度転移性キュービック液晶相形成に及ぼす効果
3. 学会等名 第183回東海高分子研究会講演会, 9月17日 (名古屋大学ES総合館)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武部颯太, 磯部なちあ, 山村泰久, 齋藤一弥, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 非対称型の 電子共役系を有するキュービック液晶性化合物の側方置換基が液晶相形成とその積層構造に与える効果
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022, 10月18-20日 (タワーホール船堀)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井戸祐貴, 小松貞広, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 キュービック液晶発現化合物ACBCとアゾベンゼン誘導体との二成分系における相挙動および光誘起相転移
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 11月5-6日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武山京平, 武部颯太, 磯部なちあ, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 分子コアの側方へのメチル基付与がもたらす複数のキュービック相形成
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 11月5-6日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤渉, 大滝隆史, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 シロキサ含有液晶性ヒドラジン化合物のキュービック相形成と分子コア部分の積層構造解明
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 11月5-6日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野稜貴, 武部颯太, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 分子コアの側方へのフッ素原子の導入がキュービック液晶相形成に与える効果
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 11月5-6日 (オンライン)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoichi Kutsumizu, Tomonari Kondo, Masamichi Ogawa, Yuuki Mizutani, Yohei Miwa, Yasuhisa Yamamura, and Kazuya Saito
2. 発表標題 Preferred photo-induction of Ia3d cubic phase in ANBC-22/azo binary mixture
3. 学会等名 The 19th Optics of Liquid Crystals (OLC2021), 26 September-1 October (Online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原佑斗, 三輪洋平, 可児龍之介, 船曳一正, 沓水祥一
2. 発表標題 キュービック液晶性水素結合錯体の末端シロキサン鎖の高分子化
3. 学会等名 第70回高分子討論会, 9月6-8日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 沓水祥一, 川淵 茜, 山村泰久, 宇田川太郎, 大滝隆史, 益田昌樹, 三輪洋平, 齋藤一弥
2. 発表標題 シロキサン鎖末端付与と分子コアの非対称化がもたらすジカルボニルヒドラジン分子の双連続キュービック相形成の二面性
3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会, 9月15-17日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小宮山夏緒, 佐伯勇哉, 三輪洋平, 沓水祥一, 岸川圭希, 桑折道済
2. 発表標題 ホルミウム錯体を基盤とした磁性キュービック液晶の作製
3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会, 9月15-17日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大滝隆史, 加藤涉, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 双連続キュービック相を形成するシロキサン含有液晶性化合物の分子構造への非対称性導入の影響
3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会, 9月15-17日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武部颯太, 磯部なちあ, 三輪洋平, 沓水祥一, 山村泰久, 齋藤一弥
2. 発表標題 非対称型の分子コア部への側方置換基導入が双連続キュービック相形成に与える効果
3. 学会等名 2021年日本液晶学会討論会, 9月15-17日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武部颯太, 磯部なちあ, 山村泰久, 齋藤一弥, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 非対称型の分子コアへのメチル基導入による双連続キュービック相の低温化の実現
3. 学会等名 第52回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 10月30-31日 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯部なちあ, 山村泰久, 齋藤一弥, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 分子コア部の側方置換基がキュービック液晶相形成に与える効果
3. 学会等名 2020年日本液晶学会オンライン研究発表会, 10月29-30日 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小松貞広, 近藤智考, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 二種類の双連結キュービック相を発現するANBC-nとACBC-nの相挙動の比較
3. 学会等名 2020年日本液晶学会オンライン研究発表会, 10月29-30日 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大滝隆史, 川淵茜, 山村泰久, 齋藤一弥, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 双連結キュービック相を形成するシロキサ含有液晶性化合物の分子末端鎖への非対称性導入の影響
3. 学会等名 2020年日本液晶学会オンライン研究発表会, 10月29-30日 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小松貞広, 近藤智考, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 分子コア部の側方置換基のニトロ基・シアノ基がキュービック液晶相の形成に及ぼす影響
3. 学会等名 2020年度東海高分子研究会学生発表会, 11月7日 (オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大滝隆史, 川淵茜, 山村泰久, 齋藤一弥, 三輪洋平, 沓水祥一
2. 発表標題 キュービック液晶相を形成するシロキサ含有液晶性化合物の分子末端鎖への非対称性導入の影響
3. 学会等名 2020年度東海高分子研究会学生発表会, 11月7日 (オンライン)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

沓水・三輪・橋本研究室>スタッフ紹介>沓水祥一 https://www1.gifu-u.ac.jp/~kutsu_ap/k_shoukai.htm 化学・生命工学科>物質化学コース>沓水祥一 http://www.eng.gifu-u.ac.jp/busshitsu/staff/kutsumizu.html
--

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
研究 分 担 者	三輪 洋平 (Miwa Yohei) (10635692)	岐阜大学・工学部・教授 (13701)	

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