

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 17 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02760

研究課題名(和文)トポロジーのある超分子ポリマーの創製と集積化

研究課題名(英文)Creation and Self-Organization of Supramolecular Polymers with Topologies

研究代表者

矢貝 史樹 (YAGAI, SHIKI)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：80344969

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：モノマーを非共有結合により重合することで得られる超分子ポリマーは、重合、分解、再生が従来のポリマー材料に比べて容易であることから、次世代の高分子材料としてその実用化が期待されている。従来のポリマーに関しては、ポリマー主鎖の高次構造(トポロジー)制御がモノマーの分子設計によって巧みになされ、それによって様々な特性が生まれ出されてきた。一方、超分子ポリマーに関してはトポロジー制御がほとんど研究されてこなかった。本研究では、我々が独自に開発した湾曲する超分子ポリマーを駆使し、多様なトポロジーを有する超分子ポリマーの合成に成功し、さらにそれらがトポロジーに由来する多様な物性を有することを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当該研究グループは、電子系分子の水素結合からなる風車状6量体が湾曲構造の自発的形成を伴って超分子重合し、電子系部位の構造によってユニークなリングやラセン、ポリカテナン等を与え、さらにそれらが従来のポリマー材料にはない性質を示すことを実証した。本成果は、当該現象の本質的理解を可能にし、今後湾曲構造ならではの機能創出を目指す上で重要な多くの知見を与える。当該成果は、超分子重合に新風・変革を起こす可能性があり、日本発の独創的なトポロジカル自己集合材料開発へ向けての大きな一歩となる。

研究成果の概要(英文)：Supramolecular polymers, which are obtained by non-covalent polymerization of monomer molecules, are expected to become the next generation of polymer materials because they are easier to polymerize, decompose, and recycle than conventional polymer materials. Conventional polymers show various properties through elegant molecular design of monomers through the control over higher-order structure (topology) of the polymer main. On the other hand, topology control has not been studied for supramolecular polymers. In this study, we succeeded in synthesizing supramolecular polymers with various topologies by making full use of our originally developed curved supramolecular polymers, and demonstrated that they have various physical properties derived from their topology.

研究分野：超分子化学

キーワード：超分子ポリマー 有機機能材料 自己集合 自己組織化 トポロジー ナノ構造 高分子 高次構造

1. 研究開始当初の背景

超分子ポリマーは、共有結合を用いない超分子重合に恩恵を受けたモノマー分子の設計自由度の高さから、新しい機能性高分子材料として産学両面で注目を集めている^[1-3]。しかし、未だに“高分子”とは差別化されている。その理由の一つが、高分子がもつ重要な特性、すなわち高次構造（トポロジー）の欠如である。超分子ポリマーは、モノマーの設計自由度が極めて高いが、主鎖の構造自由度を規制する非共有結合相互作用の導入が困難なため、トポロジーを自在に制御できる系は存在しない。ゆえに、トポロジーの違いや変化によって超分子ポリマーが発現する物性や機能は未知である。

2. 研究の目的

本研究では、当該研究グループが独自に開発した「均一な曲率を生み出す超分子モノマー」を駆使して多様なトポロジーを有する超分子ポリマーを創出し、超分子モノマーの構造的揺らぎに由来する多様なトポロジー転移現象のメカニズムを解明する。さらに、複数のトポロジーを単一超分子ポリマー鎖内で発現させることで、従来の高分子でさえ成しえなかった高次トポロジー集積体を構築し、その機能を探る。

3. 研究の方法

BAR(バルビツール酸)- π (π 電子系コア)-**Wedge**(くさび状長鎖アルキル鎖)というモノマー分子骨格が、超分子重合により湾曲性を生み出すことを本研究開始前に既の実証している。そこで本研究では、 π 部位を変化させたモノマー分子を合成し、温度降下法や溶媒混合法等の超分子重合によって超分子ポリマーを合成した。得られる超分子ポリマーの構造は、原子間力顕微鏡(AFM)観察と小角 X 線散乱(SAXS)測定により精査し、それらの静的・動的性質は各種分光法を駆使して精査した。また、必要に応じて、赤外分光法やその他の顕微鏡装置を用い、超分子ポリマーの物性を調査した。

4. 研究成果

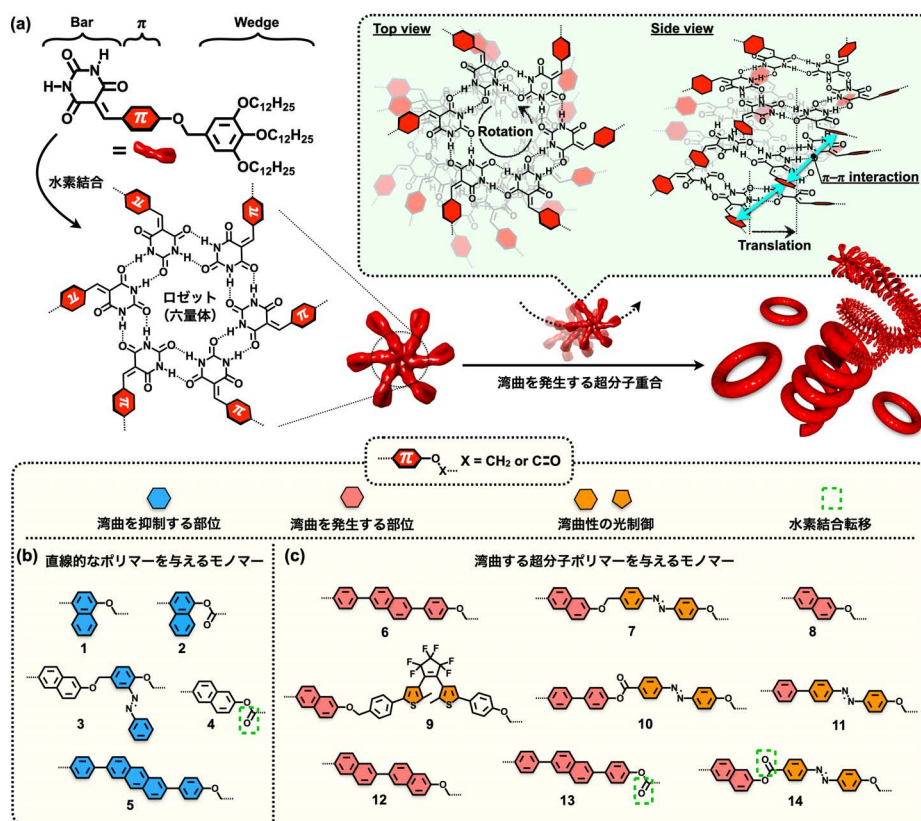


図 1.モノマー分子設計指針

図 1c に、本研究によって明らかになった、湾曲性を伴って超分子重合する **BAR- π -Wedge** モノマー分子の設計指針をまとめた^[4]。図 1a の基本構造の π の部分に多様な π 電子系部位を導入した結果、モノマー分子の長軸方向に沿って共役系が拡張した π 電子系骨格を導入すると、形成される超分子ポリマー主鎖に内在性の湾曲性 (intrinsic curvature) が発生することを見出した。これは、**BAR- π -Wedge** モノマーが重合前に中間体として形成する水素結合環状 6 量体 (ロゼット

と呼ぶ)が比較的平面性の高い構造となり、このようなロゼットが積層する際に、並進と回転の2種のズレを伴うためであると考えられる(図1a)。一方、図1bのような π 電子系部位を π 部位に導入すると、ロゼットの平面性が損なわれ、並進のズレが起こりにくくなり、その結果直線的な超分子ポリマーが得られることが明らかになった。

湾曲を発生するモノマー分子を低極性有機溶媒(主に高沸点のメチルシクロヘキサンを用いた)に加熱して溶解させ、冷却速度を変化させることで、リング(速度論トラップ)、ランダムコイルならびにヘリコイド(熱力学的生成物)が高収率で得られることを見出した(図2)。ランダムコイルとヘリコイドの違いは構造欠陥の有無で、超分子重合がより熱力学平衡になるような条件、すなわち徐冷や極性溶媒の添加等でラセンの収率が向上することが明らかになった。特殊な分子設計(図1の化合物10)によって、超分子重合過程で欠陥が周期的に発生すると、ウェーブ状の超分子ポリマーが得られることも明らかになった(図2)^[5]。一方、欠陥が修復されてランダムコイルからラセンに自発的に折りたたまれる超分子ポリマーは、図1の化合物6を用いて本研究開始より前に既に報告している^[6]。

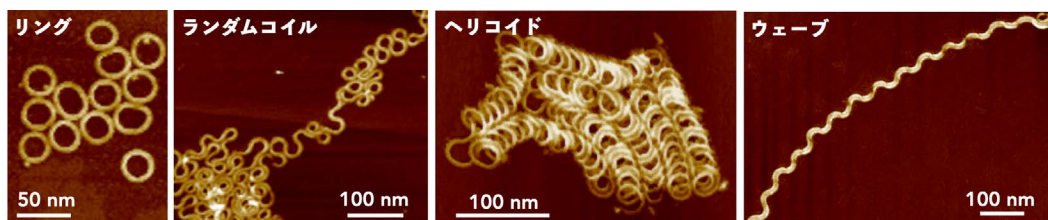


図2. リング、ランダムコイル、ヘリコイド、ウェーブ構造を有する超分子ポリマーのAFM像

また、以前に紫外光によりヘリコイド構造をリニア構造へと解く(アンフォールディング)ことができることを報告したアゾベンゼン含有モノマー7^[7]を元に、新たにリング構造を調製した。このリング溶液に紫外光を詳細したところ、光によってリングが開環し、さらにモノマー交換によって伸長することで、直線状のポリマーへと光開環状重合できることが明らかになった(図3a)^[8]。一方、モノマー7とは異なり、より剛直な骨格を有するアゾベンゼン含有モノマー11を新たに合成した。その結果、モノマー7のヘリコイド超分子ポリマーが均一に湾曲性を失ったのに対し、11のヘリコイドはより不均一にアンフォールディングが起こることが判明した。その結果、中間状態としてヘリコイドとリニア構造が同一主鎖内に共存するブロック構造を見いだすことができた^[9]。また、モノマー7のアゾベンゼンの代わりにジアリールエテンを導入したモノマー9を新規に合成した。モノマー9は、光を用いてラセン構造のunfoldingだけでなく、生成するランダムコイル構造のrefoldingによるラセン再生が可能であることが明らかになった^[10]。

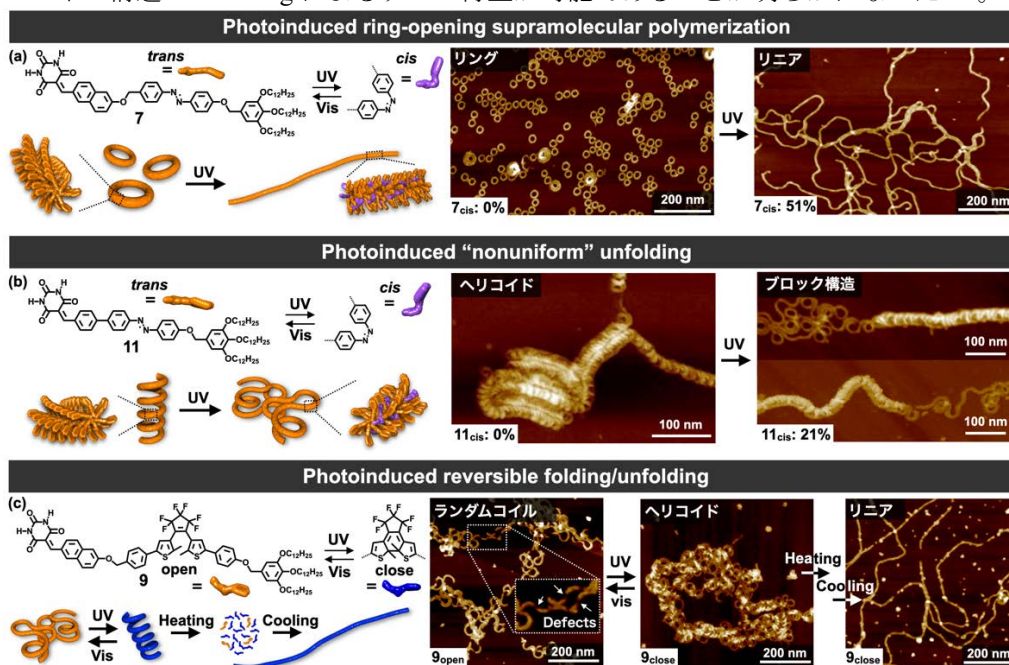


図3. 光応答性超分子ポリマーに関する研究成果

さらに、1種類のモノマー分子からなる超分子ポリマーのみならず、複数のモノマーの混合(超分子共重合)によって達成される新規トポロジーの創成にも取り組んだ。例えば、類似した π 電子系骨格を持ちながら異なる二次構造を形成するナフタレンモノマー6(ヘリコイド構造)とアントラセンモノマー5(リボン構造)を超分子共重合させることで、ラセン構造とリボン構造が主鎖内に共存する、ダンベルのような形をしたキメラ型超分子ブロックコポリマーをワン

ショットで作成できることも見出した (図 4a)^[11]。また、モノマー4のように分子骨格にエステル基を導入すると、双極子反発でロゼットの積層を阻害するため超分子ポリマーが不安定化し、水素結合の再配列を起こして結晶性の沈殿物を与えることも見出した^[12,13]。そのようなエステル分子でも、リングを効率よく形成する分子8と混合することで、電子密度の相補性によってヘリコイド超分子ポリマーへと超分子交互共重合させることができた (図 4b)^[14]。この交互共重合においては、超分子ポリマーを与える前に水素結合によりランダムに凝集するため、非常に遅い超分子重合が観察された。一方、ヘリコイドの加熱によって特異な温度で相転移が起こり、アモルファス凝集体を与えることが明らかになった。ヘリコイドならびにアモルファス凝集体の詳細な熱力学的解析により、両者のギブス自由エネルギーが温度によって交差することが明らかになり、交差温度が相転移温度に対応することが示された。

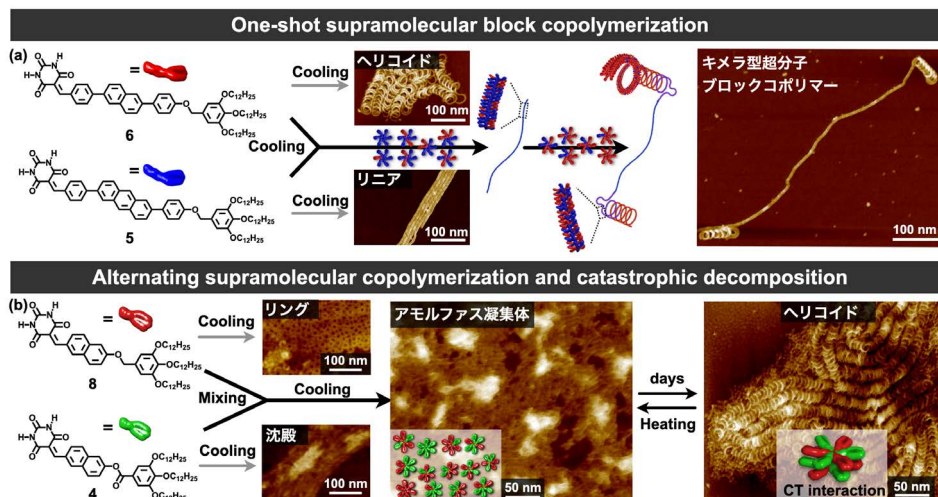


図 4. 超分子コポリマーに関する研究成果

上記した超分子ポリマーの構造制御を行っている最中、リングやランダムコイルの混合物を加熱すると、リング構造だけが解重合 (モノマー化) せずに残存する^[15,16]、といった「環」の速度論的な安定性に由来するいくつかの結果が得られ、原点であるリングを再び調査することとした。最も精緻なラセン構造を形成する分子6^[6]を用い、リングを高収率で作成する超分子重合法を探索した。リングは速度論トラップによって効率よく得られるはずなので、速度論制御下で超分子重合が進行しやすいインジェクション法を検討した。分子6を良溶媒 (ハロアルカン) に溶かし、貧溶媒 (アルカン) に一気に注入すると、4割以上のモノマーがリングへと超分子重合することが AFM 観察により明らかになった (図 5a)。さらに驚いたことに、リングがメカニカルに連結した[2]カテナンが非常に多く観察された。モノマー基準で算出した収率は1.6%であり、このような収率は統計的な事象では説明できないほどに高い。さらに、貧溶媒をメチルシクロヘキサンからより低極性の *n*-ヘキサン等の直鎖アルカンに変えたところ、カテナンの収率が約5~7%まで上昇し、[5]カテナン (Stoddart らの Olympiadane^[17]にちなんで、Nanolympiadane と命名した) も見つかった (図 5b)。

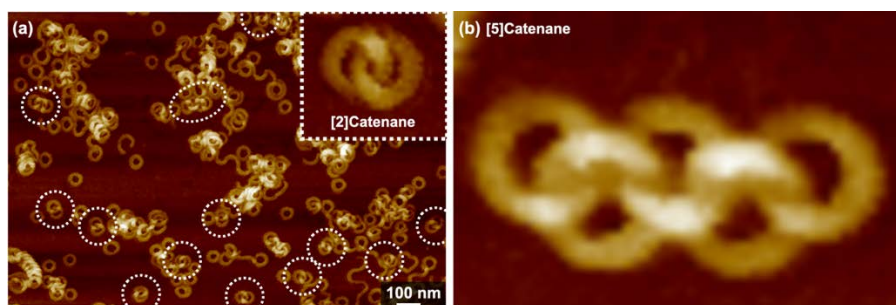


図 5. a) 自己集合によるポリカテナンの AFM 像

インジェクションという簡単な手法で、なぜ自己集合型カテナンのような複雑な構造が得られたのか、その形成メカニズムの解明に取り組んだ。リングは核形成を伴って形成される。もしあらかじめ形成されたリングの表面に分子が集まりやすく、その結果核形成が起こりやすければ、カテナンになる確率は格段に上がるはずである (図 6a)。特にリングの内部で核形成が起これば、リング形成率は4割程度であるため、ほぼ半分の確率でカテナンを与える。すでに形成された分子集合体の表面で核形成が起きやすくなる現象は「二次核形成」と呼ばれ、アミロイド繊維の形成を引き起こすタンパク質の凝集においても極めて重要な会合プロセスとなる。二次核

形成を証明するために、タンパク質の凝集現象における素過程の寄与を調査する手法であるスケーリング法^[18]を検討したところ、二次核形成が起こっていることが示され、さらに環式アルカンより直鎖アルカンの方が二次核形成が起こりやすいことが分かった。さらにリングを用いたシード実験や粗視化分子動力学計算 (MD) によるシミュレーションによってリング表面で核を想定したロゼットのオリゴマーが安定化されうることを確かなものとした。

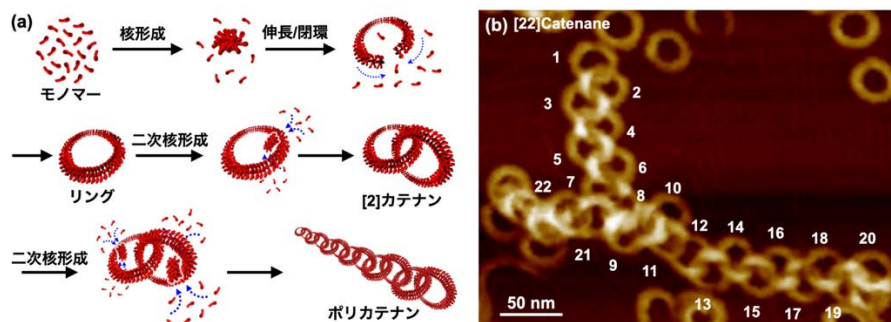


図 6. 自己集合によるカテナン形成のメカニズムとポリカテナンの AFM 像

二次核形成の特性を活かし、カテナンの更なる伸長にも取り組んだ。リングはリングの中で連続的に形成されやすいことがわかっているの、モノマーを逐次的に加える、すなわち少しずつインジェクションすることで、カテナンを伸長させられると考えた。インジェクションの速度・回数・間隔を試行し、最終的にモノマー溶液を貧溶媒に 10 回ほどインジェクションすると、確実にポリカテナンが得られた。現在のところ最長でポリ[22]カテナンが見つまっている (図 6b)。^[19]

以上本研究では、一定の湾曲性を伴った超分子重合を利用して、様々な超分子ポリマーポロジジーを実現した。これらは主鎖を保ったまま、動的に構造変化させることが可能である。さらに、二次核形成を組み合わせることで、溶媒にモノマーを注入するだけで自発的に組み上がる自己集合型のトポロジカル構造を構築することができた。AFM を中心に用いた研究スタイルは、超分子ポリマー構造の平均的な情報を得ることが困難ではあるが、一方でポリマー構造 1 つ 1 つを詳細に観察することができるという利点もある。この研究の発展として、AFM 観察によっていくつかの興味深いトポロジジーがすでに見出されており、そこからまた新たな研究テーマが生まれつつある。今後、高速 AFM などを利用することで、メゾスケールのトポロジカル集合体が示す特異なダイナミクスが明らかになると期待できる。また、湾曲を発生させる分子設計の一般化も挑戦的な課題であり、これに取り組むことで、湾曲を基軸としたメゾスケールのポリマー材料を発展させたいと考えている。さらに、多様な分子設計を試行する過程で、立体的に嵩高いねじれた π 電子系を導入することで、ロゼットの積層を抑制することができ、その結果ロゼット型水素結合と競合するテープ型水素結合により超分子重合を進行させることができた^[20]。この系では、重合に伴い著しい発光増強が観察されたことから、新たな発光性ポリマー材料の合成法として、さらなる研究の展開が期待できる。

参考文献

- [1] CSJ カレントレビュー33 「超分子ポリマー」 (2019).
- [2] E. W. Meijer et al., *Chem. Rev.*, **109**, 5687 (2009).
- [3] T. Aida, E. W. Meijer, S. I. Stupp, *Science*, **335**, 814 (2012).
- [4] S. Datta, S. Takahashi, S. Yagai, *Acc. Mater. Res.*, **3**, 259 (2022).
- [5] K. Tamaki, S. Yagai et al., *Chem. Commun.* **57**, 4779 (2021)
- [6] D. D. Prabhu, S. Yagai et al., *Sci. Adv.*, **4**, eaat8466 (2018).
- [7] B. Adhikari, S. Yagai et al., *Nat. Commun.*, **8**, 15254 (2017).
- [8] B. Adhikari, S. Yagai et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 3764 (2019).
- [9] K. Tashiro, S. Yagai et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **60**, 26986 (2019).
- [10] T. Fukushima, S. Yagai et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **143**, 5845 (2021).
- [11] Y. Kitamoto, S. Yagai et al., *Nat. Commun.*, **10**, 4578 (2019).
- [12] T. Aizawa, S. Yagai et al., *Chem. Lett.*, **49**, 1009 (2020)
- [13] T. Aizawa, S. Yagai et al., *Chem. Commun.*, **56**, 4280 (2020)
- [14] K. Aratsu, S. Yagai et al., *Nat. Commun.*, **11**, 1623 (2020).
- [15] A. Suzuki, S. Yagai et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 13196 (2019).
- [16] A. Isobe, S. Yagai et al., *Chem. Eur. J.*, **26**, 8997 (2020).
- [17] D. B. Amabilino, J. F. Stoddart et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **33**, 1286 (1994).
- [18] S. I. A. Cohen, T. P. J. Knowles et al., *J. Mol. Biol.*, **421**, 160 (2012).
- [19] S. Datta, Y. Kato, S. Yagai et al., *Nature*, **683**, 400 (2020).
- [20] M. Kawaura, S. Yagai et al., *Chem. Sci.*, **13**, 1281 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yuichi Kitamoto, Ziyang Pan, Deepak D. Prabhu, Atsushi Isobe, Tomonori Ohba, Nobutaka Shimizu, Hideaki Takagi, Rie Haruki, Shin-ichi Adachi, Shiki Yagai	4. 巻 10
2. 論文標題 One-shot preparation of topologically chimeric nanofibers via a gradient supramolecular copolymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12654-z	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 Keisuke Aratsu, Rika Takeya, Brian R. Pauw, Martin J. Hollamby, Yuichi Kitamoto, Nobutaka Shimizu, Hideaki Takagi, Rie Haruki, Shin-ichi Adachi, Shiki Yagai	4. 巻 11
2. 論文標題 Supramolecular copolymerization driven by integrative self-sorting of hydrogen-bonded rosettes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15422-6	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 該当する
1. 著者名 Atsuhito Suzuki, Keisuke Aratsu, Sougata Datta, Nobutaka Shimizu, Hideaki Takagi, Rie Haruki, Shin-ichi Adachi, Martin Hollamby, Fabien Silly, Shiki Yagai	4. 巻 141
2. 論文標題 Topological Impact on the Kinetic Stability of Supramolecular Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13196-13202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b06029	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 該当する
1. 著者名 Silly Fabien, Kawaura Maika, Aizawa Takumi, Ouchi Hayato, Yagai Shiki	4. 巻 126
2. 論文標題 Rod and Helical Organic Fiber Structures Revealing Lamellar and Rosette Ordering Pathways in Self-Assembly of Barbiturate Oligothiophene Derivatives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 2780 ~ 2787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c09077	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 該当する

1. 著者名 Datta Sougata, Takahashi Sho, Yagai Shiki	4. 巻 3
2. 論文標題 Nanoengineering of Curved Supramolecular Polymers: Toward Single-Chain Mesoscale Materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Accounts of Materials Research	6. 最初と最後の頁 259 ~ 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/accountsmr.1c00241	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 Kawaura Maika, Aizawa Takumi, Takahashi Sho, Miyasaka Hiroshi, Sotome Hikaru, Yagai Shiki	4. 巻 13
2. 論文標題 Fluorescent supramolecular polymers of barbiturate dyes with thiophene-cored twisted -systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 1281 ~ 1287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SC06246H	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 Tashiro Keigo, Katayama Kosuke, Tamaki Kenta, Pesce Luca, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Hollamby Martin J., Pavan Giovanni M., Yagai Shiki	4. 巻 60
2. 論文標題 Non uniform Photoinduced Unfolding of Supramolecular Polymers Leading to Topological Block Nanofibers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 26986 ~ 26993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202110224	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 該当する

1. 著者名 Tamaki Kenta, Aizawa Takumi, Yagai Shiki	4. 巻 57
2. 論文標題 Wavy supramolecular polymers formed by hydrogen-bonded rosettes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4779 ~ 4782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC01636A	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 Fukushima Takuya, Tamaki Kenta, Isobe Atsushi, Hirose Takashi, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Hollamby Martin J., Yagai Shiki	4. 巻 143
2. 論文標題 Diarylethene-Powered Light-Induced Folding of Supramolecular Polymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 5845 ~ 5854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c00592	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 該当する

1. 著者名 Tamaki Kenta, Datta Sougata, Tashiro Keigo, Isobe Atsushi, Silly Fabien, Yagai Shiki	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of Azobenzene Regioisomerism on Intrinsically Curved Supramolecular Polymers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 257 ~ 261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202000535	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 該当する

1. 著者名 Datta Sougata, Kato Yasuki, Higashiharaguchi Seiya, Aratsu Keisuke, Isobe Atsushi, Saito Takuho, Prabhu Deepak D., Kitamoto Yuichi, Hollamby Martin J., Smith Andrew J., Dalglish Robert, Mahmoudi Najet, Pesce Luca, Perego Claudio, Pavan Giovanni M., Yagai Shiki	4. 巻 583
2. 論文標題 Self-assembled poly-catenanes from supramolecular toroidal building blocks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 400 ~ 405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2445-z	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 該当する

1. 著者名 Aizawa Takumi, Takahashi Sho, Isobe Atsushi, Datta Sougata, Sotome Hikaru, Miyasaka Hiroshi, Kajitani Takashi, Yagai Shiki	4. 巻 49
2. 論文標題 Fluorescent Supramolecular Polymorphism Driven by Distinct Hydrogen Bonding Lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1009 ~ 1012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200329	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 Isobe Atsushi、Prabhu Deepak D.、Datta Sougata、Aizawa Takumi、Yagai Shiki	4. 巻 26
2. 論文標題 Effect of an Aromatic Solvent on Hydrogen Bond Directed Supramolecular Polymerization Leading to Distinct Topologies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry ? A European Journal	6. 最初と最後の頁 8997 ~ 9004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202001344	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 Aizawa Takumi、Aratsu Keisuke、Datta Sougata、Mashimo Takaki、Seki Tomohiro、Kajitani Takashi、Silly Fabien、Yagai Shiki	4. 巻 56
2. 論文標題 Hydrogen bond-directed supramolecular polymorphism leading to soft and hard molecular ordering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4280 ~ 4283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC01636E	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 該当する

〔学会発表〕 計98件 (うち招待講演 24件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子液晶からトポロジカル超分子ポリマーへの展開
3. 学会等名 第24回液晶化学研究会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 湾曲する スタックを使ってナノトポロジーをつくる
3. 学会等名 関東高分子若手研究会2020春の講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジー制御によって進化する超分子ポリマー
3. 学会等名 CEMS Topical Meeting Online-超分子ポリマーの進化形- (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉木健太、矢貝史樹
2. 発表標題 アゾベンゼンの位置異性によって変化するパルピツール酸系超分子モノマーの自己集合挙動
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川浦麻衣花、大内隼人、矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマー形成によって凝集誘起発光を示す 電子系化合物
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takumi Aizawa, Keisuke Aratsu, Shiki Yagai
2. 発表標題 Hydrogen-bond Directed Supramolecular Polymorphs Leading to Distinct Material Properties
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯辺篤、Deepak D. Prabhu、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合性 共役ロゼットの超分子重合における芳香族溶媒の効果
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉木健太、矢貝史樹
2. 発表標題 自発的に結晶性線維へ構造転移する螺旋超分子ポリマー
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋渉、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合性環状6量体による超分子ランダム共重合
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤裕太、大内隼人、矢貝史樹
2. 発表標題 曲率を有する超分子ポリマーの速度論的モルフォロジー制御
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相澤匠、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合の最配列を伴った超分子ポリマーから2次元ナノ構造への転移
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佃亮平、矢貝史樹
2. 発表標題 アルキル鎖長による環状超分子ポリマーのサイズ制御
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 有馬大就、矢貝史樹
2. 発表標題 ハサミ型アゾベンゼン二量体の自己組織化に及ぼすパーフルオロアルキル鎖の影響
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 関ヶ原の合戦どころか...ナノリンピック開催します！
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佃亮平、矢貝史樹
2. 発表標題 環状超分子ポリマーのサイズとアルキル側鎖の長さの相関
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相澤匠、新津敬介、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合の組み替えを利用した動的超分子多形
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤裕太、大内隼人、矢貝史樹
2. 発表標題 曲率を有する超分子ポリマーの速度論的モルフォロジー制御
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋渉、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合性環状6量体による超分子ランダム重合
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯辺篤、Deepak D. Prabhu、矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合性 共役ロゼットの超分子重合における芳香族溶媒の効果
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉木健太、矢貝史樹
2. 発表標題 タンパク質に類似した凝集挙動を示すラセン超分子ポリマー
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川浦麻衣花、大内隼人、矢貝史樹
2. 発表標題 自己集合によって凝集誘起発光を示すバルビツール酸置換 共役化合物
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 越川瞬平、矢貝史樹
2. 発表標題 ヘテロ環含有バルビツール酸誘導体の階層的自己集合
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 有馬大就、矢貝史樹
2. 発表標題 パーフルオロアルキル鎖を有するハサミ型アゾベンゼン二量体の自己集合
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 ファイバーは曲げても信念は曲げない
3. 学会等名 第5回千葉大学グローバルプロミネント研究基幹シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keigo Tashiro, Kosuke Katayama, Shiki Yagai
2. 発表標題 Inhomogeneous Light?Induced Unfolding of Helicoidal Supramolecular Polymers
3. 学会等名 第5回千葉大学グローバルプロミネント研究基幹シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマーによる未踏ナノ構造の創製
3. 学会等名 京都大学工学部講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Self-assembled Polycatenanes: How Did We Make Them?
3. 学会等名 Trends in Applied Chemistry” (NTAC 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 曲率を生み出す超分子重合による新しいナノトポロジーの創製
3. 学会等名 近畿化学協会合成部会 令和2年度第2回合成フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Topological Supramolecular Polymers: From Discovery to Polycatenanes
3. 学会等名 International Online Congress on Membranes and Membrane Assisted Processes (ICMMAP 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーのある超分子ポリマーの創製
3. 学会等名 量子ビームサイエンスフェスタ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 須田奈月、矢貝史樹
2. 発表標題 ナノリングに自己集合するハサミ型アゾベンゼン2量体
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋輝、大内隼人、矢貝史樹
2. 発表標題 階層的自己集合によって凝集誘起発光を示す水素結合性超分子ポリマー
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 玉木健太、矢貝史樹
2. 発表標題 アゾベンゼンを有する波状超分子ポリマーの構築と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土田亮真、矢貝史樹、民秋均
2. 発表標題 バルビツール酸を有するクロロフィル誘導体の超分子ポリマー形成
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井咲希、玉木健太、高橋渉、矢貝史樹
2. 発表標題 曲率内在性超分子ポリマーの結晶化におけるモノマー構造の効果
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栃堀芽生、矢貝史樹
2. 発表標題 超分子キラリティの反転を示す湾曲した超分子ポリマー
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米山哲史、矢貝史樹
2. 発表標題 長鎖アルキル鎖末端がフッ素化されたバルビツール酸モノマーの超分子重合
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジカル分子集合体の構築
3. 学会等名 日本薬学会第141年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹谷梨佳, Deepak D. Prabhu, 矢貝史樹
2. 発表標題 高次螺旋構造を有する超分子ポリマーへのキラリティの導入
3. 学会等名 分子キラリティー研究センター MCRCポスター発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤卓穂, 井上大輔, 北本雄一, 矢貝史樹
2. 発表標題 光異性化による超分子キラリティの制御
3. 学会等名 分子キラリティー研究センター MCRCポスター発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマーのトポロジーを操る
3. 学会等名 第40回光化学若手の会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相澤匠, 矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合再配列によるコイル状超分子ポリマーから結晶性シート構造への構造転移
3. 学会等名 第40回光化学若手の会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤泰輝, 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマーからなるポリカテナン
3. 学会等名 第40回光化学若手の会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤卓穂, 矢貝史樹
2. 発表標題 光照射によって導かれるV字型アゾベンゼンダイアドの特異的応答
3. 学会等名 第40回光化学若手の会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Foldable Supramolecular Polymers
3. 学会等名 2019 US-Japan Polymer Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Supramolecular Polymers with Controllable Topologies
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Ouchi, Shiki Yagai
2. 発表標題 Fluorescent Properties of ortho-Terphenylenes Induced by Hydrogen-Bonding
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Isobe, Deepak. D. Prabhu, Shiki Yagai
2. 発表標題 A supramolecular monomer capable of self-assembling into helicoidal supramolecular polymers and crystalline fibers
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 カタチにこだわって新しい超分子ポリマーを作ってます
3. 学会等名 第5回物質と光作用シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマーの「かたち」を操る
3. 学会等名 徳島大学「応用化学特別講義1」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Topology Control of π -Stacked Supramolecular Polymers
3. 学会等名 9th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials(EAS9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Emerging Supramolecular Polymers with New Topological Properties
3. 学会等名 Southwest Forestry University (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相澤匠, 矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合再配列による超分子ポリマーから結晶性ナノシートへの構造転移
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 磯辺篤, Prabhu Deepak D., 矢貝史樹
2. 発表標題 螺旋超分子ポリマーを形成する超分子モノマーから結晶性ファイバーを得る戦略
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 竹谷梨佳, 新津敬介, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジ-のある超分子ポリマーへのキラリテ-の導入
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 片山航佑, 矢貝史樹
2. 発表標題 光による超分子ポリマーの高次構造制御
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 加藤泰輝, Datta Sougata, 東原口誠也, Deepak D. Prabhu, 矢貝史樹
2. 発表標題 環状超分子ポリマーによる自発的カテナン形成
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 齋藤卓穂, 井上大輔, 北本雄一, 矢貝史樹
2. 発表標題 光による超分子キラリテ-の反転
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 高橋渉, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーによって異なる構造転移挙動を示す超分子ポリマー
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 高橋渉, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーによって異なる発光特性を示す超分子ポリマー
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 齋藤卓穂, 井上大輔, 北本雄一, 矢貝史樹
2. 発表標題 光異性化を利用した超分子キラリティ反転
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 片山航佑, 矢貝史樹
2. 発表標題 光による超分子ポリマーの高次構造制御
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 川浦麻衣花, 大内隼人, 矢貝史樹
2. 発表標題 複素環が発光性超分子ポリマーに与える影響
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 越川瞬平, 矢貝史樹
2. 発表標題 カルボン酸による自己集合体の形成
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 竹谷梨佳, 新津敬介, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーのある超分子ポリマーへのキラリティの導入
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 磯辺篤, D.D.Prabhu, 矢貝史樹
2. 発表標題 螺旋超分子ポリマーを形成する超分子モノマーから結晶性ファイバーを得る戦略
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 加藤泰輝, 東原口誠也, Sougata Datta, Deepak D. Prabhu
2. 発表標題 環状超分子ポリマーによる自発的カテナン形成
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 相澤匠, 矢貝史樹
2. 発表標題 コイル状超分子ポリマーから結晶性シート構造への構造転移
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 相澤匠, 矢貝史樹
2. 発表標題 異なる蛍光特性を示す水素結合性超分子ポリモルフ
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉木健太, 矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合ロゼットによる超分子ポリマー形成
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯辺篤, 矢貝史樹
2. 発表標題 螺旋超分子ポリマーを形成する超分子モノマーから結晶性ファイバーを得る戦略
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤卓穂, 矢貝史樹
2. 発表標題 光異性化を用いた超分子キラリティ反転
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋渉, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーによって異なる蛍光特性を示す超分子ポリマー
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 形のある新しい超分子ポリマーへの挑戦
3. 学会等名 防衛大学校講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 科学者への憧れと現実
3. 学会等名 都留高校キャリアガイダンス講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sho Takahashi, Shiki Yagai
2. 発表標題 Fluorescent properties of topological supramolecular polymers: Is the closed structure unique over the open-ended one?
3. 学会等名 CEMSupra 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takumi Aizawa, Shiki Yagai
2. 発表標題 Hydrogen-Bond-Directed Supramolecular Polymorphs with Distinct Fluorescent Properties
3. 学会等名 CEMSupra 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuho Saito, Shiki Yagai
2. 発表標題 Effect of Amide and Retroamide Groups on Supramolecular Chirality of Toroidal Assemblies
3. 学会等名 CEMSupra 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Tamaki, Shiki Yagai
2. 発表標題 Supramolecular polymers of azobenzene-incorporated barbiturated naphthalenes
3. 学会等名 CEMSupra 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Isobe, Shiki Yagai
2. 発表標題 A strategy toward obtaining crystalline nanofibers from supramolecular monomer that is capable of forming helicoidal supramolecular polymers
3. 学会等名 CEMSupra 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Topological Diversification in Curved Supramolecular Polymers
3. 学会等名 Workshop “ Supramolecular approaches to synthetic molecular engines ” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Supramolecular Polymers with Topological Features
3. 学会等名 International Conference on Science and Technology of Advanced Materials (STAM 20) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shiki Yagai
2. 発表標題 Supramolecular Polymers with Intrinsic Curvature: Structures and Properties
3. 学会等名 One day International Symposium on Supramolecular and Photochemistry on at Alappuzha (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジー制御が可能な機能性超分子ポリマーの創製
3. 学会等名 19-2超分子研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマーで造る未踏ナノ構造
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋渉, 矢貝史樹
2. 発表標題 トポロジーによって異なる発光特性を示す超分子ポリマー
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 加藤泰輝, DATTA Sougata, 矢貝史樹
2. 発表標題 環状超分子ポリマーによるカテナン形成
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 ARATSU, Keisuke; YAGAI, Shiki
2. 発表標題 Helicoidal nanostructures through the cooperation of integrative self-sorting and supramolecular polymerization
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 DATTA Sougata; KATO, Yasuki; YAGAI, Shiki
2. 発表標題 A supramolecular polymer paves way to nanocatenanes
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 磯辺篤, Prabhu Deepak. D., 矢貝史樹
2. 発表標題 水素結合配列の制御によるソフトとハードな超分子ポリマーの作り分け
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 相澤匠, 矢貝史樹
2. 発表標題 異なる発光特性を示す水素結合性超分子ポリモルフ
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 齋藤卓穂, 矢貝史樹
2. 発表標題 ナノチューブへと組織化するアゾベンゼン二量体におけるアミド基の影響
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 有馬大就, 矢貝史樹
2. 発表標題 自己集合性アゾベンゼン二量体へのパーフルオロ側鎖の導入
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 大内隼人, 矢貝史樹
2. 発表標題 バルビツール酸の水素結合によって形成される超分子ポリマーの凝集誘起発光
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 川浦麻衣花, 大内隼人, 矢貝史樹
2. 発表標題 超分子ポリマー形成によって凝集誘起発光を示す n 電子系化合物
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 玉木健太, 矢貝史樹
2. 発表標題 アゾベンゼンを有する水素結合性ロゼットの超分子ポリマー形成と光応答性
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 佃亮平, 矢貝史樹
2. 発表標題 曲率を有する超分子ポリマーを形成するモノマー分子における長鎖アルキル側鎖の影響
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 佐藤裕太, 矢貝史樹
2. 発表標題 曲率を有する超分子ポリマーの形成におけるモノマー構造の影響
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yasuki Kato, Sougata Datta, Shiki Yagai	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 pp.47-70
3. 書名 "Topological Supramolecular Polymer" in Book "Molecular Architectonics and Nanoarchitectonics"	

〔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			
英国	Keele University	Diamond Light Source Ltd	ISIS Pulsed Neutron and Muon Source	
フランス	CEA Saclay			
ドイツ	Munster University	BAM		
スイス	SUPSI			
イタリア	Politecnico di Torino			