

令和 4 年 5 月 19 日現在

機関番号：63903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02701

研究課題名(和文)トポロジカル 共役化学の開拓

研究課題名(英文)Criation of topological pi-conjugation system

研究代表者

瀬川 泰知 (SEGAWA, Yasutomo)

分子科学研究所・生命・錯体分子科学研究領域・准教授

研究者番号：60570794

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、有機機能性材料の中心を占める 共役構造体に対してトポロジカルな幾何構造を導入した分子群を合成する手法の確立を行なった。トポロジーの基本構造である環状分子シクロパラフェニレンをトポロジカルに拡張する新手法を確立し、2つの環が組み合ったカテナン分子および環状で結び目をひとつもつノット分子の合成・単離・構造決定に成功した。さらにこれらの分子が、異なるトポロジーに由来した分子内での速い励起エネルギー移動や、結び目の左右に由来するトポロジカルキラリティを有することを実験的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機合成化学の究極の目標のひとつは「望みの分子構造を自由自在に作る技術を確立する」ことである。今回のトポロジカル 共役化合物は多くの有機合成化学者が合成を試みるも成功しなかった最難関化合物であり、これを新たな手法の開発によって合成可能にしたことで有機合成化学の発展に大いに寄与した。材料への応用にはさらなる合成法の改良が必要だが、共役化合物は有機半導体や有機発光材料に利用される有用物質であり、今回合成した化合物から得られた物理化学的な知見はこれら材料科学分野の今後の発展において非常に有益である。

研究成果の概要(英文)：As new forms of carbon are unearthed, they invariably transform the scientific landscape. Recently, studies on the preparation of molecular nanocarbons (small molecule analogs of larger carbon nanostructures) by precision organic synthesis have attracted much attention. The successful synthesis of CPP dramatically advanced the synthetic chemistry of molecular nanocarbons. In this three years we have achieved the synthesis of topologically unique carbon-based pi-conjugated molecules. Starting from CPP as the topologically simple subunit, we successfully created zigzag carbon nanobelts, fully-fused cylinder-shaped molecular nanocarbons representing the segment structure of armchair-type CNTs, and symmetric and unsymmetric all-benzene catenanes consisting of two CPP rings; and an all-benzene trefoil knot topologically related to a carbon nanotorus.

研究分野：構造有機化学

キーワード：トポロジー 共役化合物 カテナン ノット

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

複数のリングが鎖状に組み合わさった形は洋の東西を問わず美しいデザインとして古くから人々に愛されている。有機化学では、2つのリングが組み合わさった分子集合体は「カテナン」と呼ばれ、1960年に初めて合成さ



カテナン



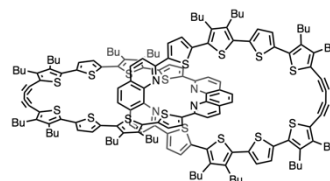
ロタキサン



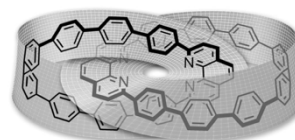
分子ノット

れて以来世界中から注目を集めている。カテナンに端を発する一連の化学は、1つの環と1つの棒からなる「ロタキサン」が1967年に、また1つの環に結び目が存在する分子トレフォイルノットが1989年に合成され、合成法の改良によって様々な形状の分子の設計・合成が可能になった。これらはナノサイズの機械である分子機械への応用可能性から2016年のノーベル化学賞の受賞理由となったことでもよく知られている。

これらの分子群に対して現在主流となっている合成法は、Sauvageらによって開発されたフェナントロリンの銅に対する配位を用いる方法であり、これによって配位性原子を含むリングであれば狙って高い収率でカテナンを作ることができるようになった。他にも水素結合やファンデルワールス相互作用、静電相互作用などの弱い結合性相互作用を用いた合成法も知られている。しかし、これらは全て配位性もしくは極性の官能基が必須であり、これによって設計できる分子に非常に大きな制限があった。研究開始当初に報告されていた「2つの環がそれぞれ全て共役のつながっているカテナン」は2種のみ (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 363; *Chem. Eur. J.* **2015**, *21*, 7193; *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 3037) であり、2



Bäuerle et al. 2007, 2015



Zhu and Cong et al. 2018

つともフェナントロリンユニットが存在する。これは合成上の制約であり、フェナントロリンの2,9-位での結合では有効な π 拡張とならないため、 π 共役がつながったカテナンであるということによる新たな物性展開は行われていない。このような状況を打破し未踏の領域に挑戦するには、画期的な新合成手法が必要不可欠だった。

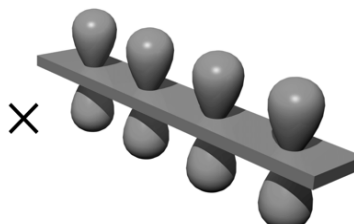
2. 研究の目的

自明でないトポロジーをもち、かつ π 共役が分子全体に広がった分子群を「トポロジカル π 共役分子」と定義し、これら分子群の合成法の開発および機能解明を行う。これまで有効な合成法がなかったために未開拓であったこれらの分子群の系統的合成を行い未知の性質を解明することで、超分子化学および有機機能性分子化学の双方にイノベーションを起こす。

トポロジカル π 共役化学



ユニークなトポロジー

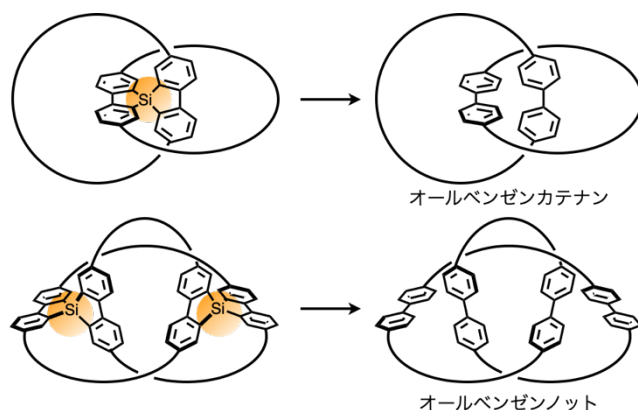


分子全体に広がる π 共役

3. 研究の方法

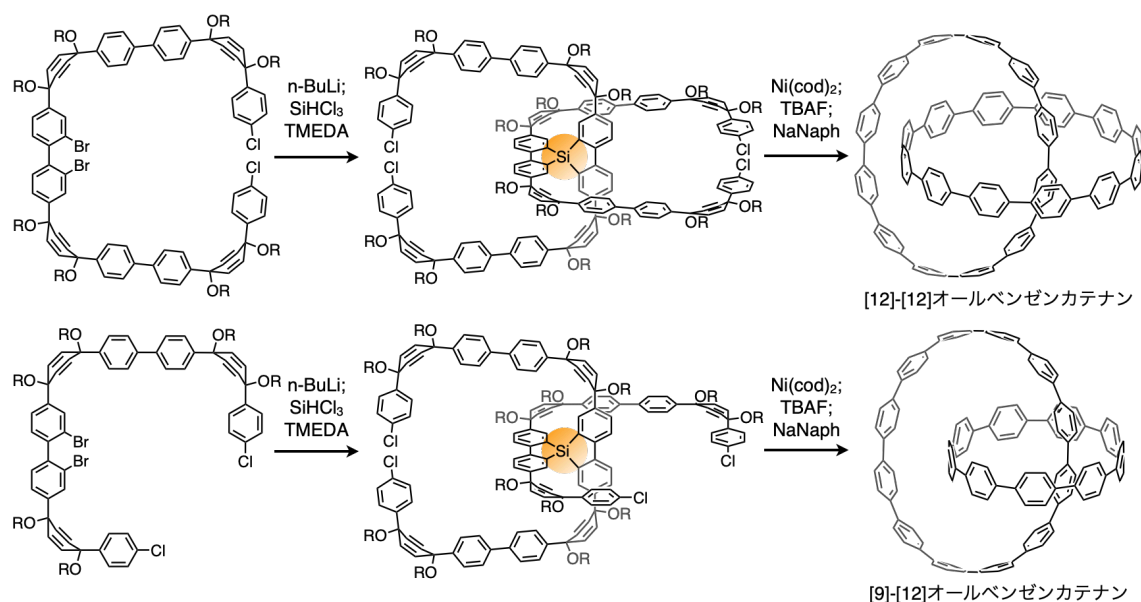
代表者らは、トポロジーの基本である結び目や絡み目をもつ分子ナノカーボンの合成を行なった。カーボンナノチューブの部分構造である分子ナノカーボン「シクロパラフェニレン」は、ベンゼンだけでできた、直径1ナノメートル程度の大きさをもつリング状分子である。このシクロパラフェニレンの合成の途中にケイ素原子を「仮留め部位」として用いることによって、結び

目や絡み目を導入することができる仮説を立てた。このケイ素は後にフッ素処理によって除去できるため、最終的に炭素骨格のみからなる結び目や絡み目を得ることができる。



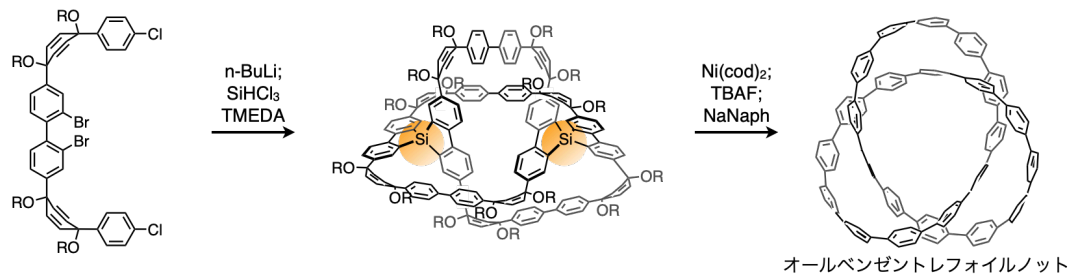
4. 研究成果

実際の合成を図に示す。まずC字型の分子を用意し、2つのC字型分子の中央をケイ素原子でつなぐ。ニッケルを用いた反応によってそれぞれのC字の末端をつないで2つの輪を作り、フッ素（フッ化テトラブチルアンモニウム）によってケイ素原子を除去した後にナトリウムを用いた反応を行うことで、2つのシクロパラフェニレンが幾何学的に連結した分子「オールベンゼンカテナン」に変換する。この合成法によって、ベンゼン12個からなるリング同士のカテナンを収率16%で合成することに成功した。16%はシクロパラフェニレンの合成収率と近い水準であり、絡み目の形成効率が十分に高いことを示している。同様の方法を用いて、ベンゼン12個と9個の異なるサイズのリングが連結したカテナンを合成した。



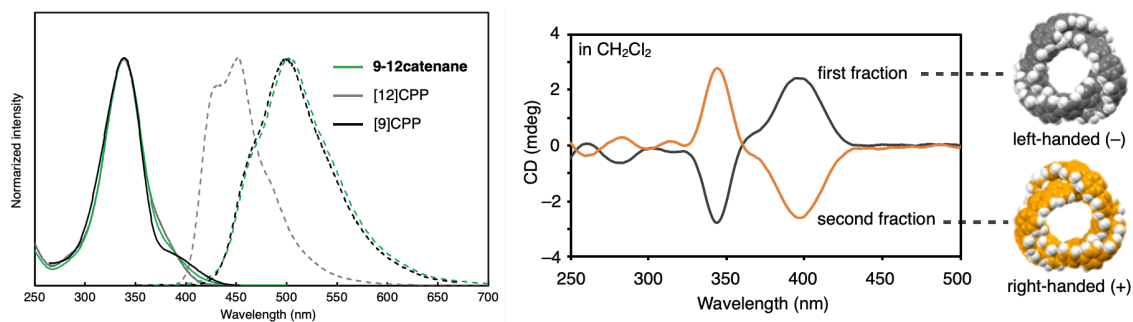
この合成法を応用し、さらに難易度が高く「不可能分子」ともいうべき、結び目をもつトポロジカル分子ナノカーボン「オールベンゼンノット」を合成した。仮留め部位を適切な位置に2つ配置することで分子ノットのとポロジーを作れることが他の先行研究で知られているため、仮留め部位としてケイ素原子を2つつ前駆体を設計した。図に示すように、U字型分子をケイ素でつないだ分子を合成し、このユニットに対してオールベンゼンカテナンと同様の反応（ホモカップリング反応、フッ素処理、ナトリウム還元反応）を行うことで、0.3%という低収率ながら、目的とする「炭素の結び目」であるオールベンゼンノットの合成に世界で初めて成功した。X線結晶構造解析によって、この分子が結び目をもつことを確認した。加えて、代表者らが合成したオールベンゼンノットを部分構造とするカーボンナノトーラス（ドーナツ状のナノカーボン）が

存在することを計算科学的に明らかにし、オールベンゼンノットがトポロジカルナノカーボン合成に向けた重要なステップであることを示した。



次に、これらの新たに合成した分子が、結び目や絡み目由来の特異な性質をもつことを明らかにした。サイズの異なる2つのリングからなるカテナンは、光による励起の後、大きなリング ([12]CPP) から小さなリング ([9]CPP) へと非常に速い励起エネルギーの移動が起きることを観測した。カテナン構造は、それぞれのリングがもつ対称性を完全に維持したままリング同士の相互作用の効果を確認する唯一の方法であり、今回の実験によってリング同士がカテナン構造を介して電子的に相互作用することを明らかにした。

また、オールベンゼンノットを有機溶媒に溶解させ¹H NMR測定を行うと、-95度の低温においても1種類のシグナルのみが観測された。これは非常に速い運動によってシグナルが平均化していることを表している。MD-DFTBシミュレーションの結果、ドーナツ状の渦のような動きによってこのような速い平均化が起きていることが強く示唆された。これらの性質を事前に予測することは極めて困難であり、合成・単離したことによって初めて発見することができたと言える。さらに、結び目には左結びと右結びがあり、キラリティをもつ。今回合成したオールベンゼンノットの左結びと右結びを分離することに成功し、オールベンゼンノットが結び目のキラリティ由来するCDスペクトルを示すことを明らかにした。



本研究成果は、複雑な幾何学構造をもつナノカーボンの合成に向けた大きな一歩となるものである。結び目や絡み目といった複雑な幾何学構造を炭素骨格のみで作ることが可能になったことで、これまでになかった複雑なナノカーボンの設計と合成につながる。また、非常に美しい分子を革新的な方法で合成した例として、有機化学の教科書に載る金字塔である。幾何学的な連結構造を基本とする分子マシンの設計を一新する可能性を秘めていることから、新たな化学の発展のスタート地点となる画期的な成果である。

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 7件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kato Kenta, Takaba Kiyofumi, Maki-Yonekura Saori, Mitoma Nobuhiko, Nakanishi Yusuke, Nishihara Taishi, Hatakeyama Taito, Kawada Takuma, Hijikata Yuh, Pirillo Jenny, Scott Lawrence T., Yonekura Koji, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 143
2. 論文標題 Double-Helix Supramolecular Nanofibers Assembled from Negatively Curved Nanographenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 5465 ~ 5469
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c00863	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 Cheung Kwan Yin, Watanabe Kosuke, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Synthesis of a zigzag carbon nanobelt	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Chemistry	6. 最初と最後の頁 255 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41557-020-00627-5	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 Rodriguez-Hernandez Beatriz, Nelson Tammie, Oldani Nicolas, Martinez-Mesa Aliezer, Uranga-Pina Llinersy, Segawa Yasutomo, Tretiak Sergei, Itami Kenichiro, Fernandez-Alberti Sebastian	4. 巻 12
2. 論文標題 Exciton Spatial Dynamics and Self-Trapping in Carbon Nanocages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 224 ~ 231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.0c03364	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 Watanabe Kosuke, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 56
2. 論文標題 A theoretical study on the strain energy of helicene-containing carbon nanobelts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 15044 ~ 15047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC06373H	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 Matsubara Satoshi, Koga Yoshito, Segawa Yasutomo, Murakami Kei, Itami Kenichiro	4. 巻 3
2. 論文標題 Creation of negatively curved polyaromatics enabled by annulative coupling that forms an eight-membered ring	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Catalysis	6. 最初と最後の頁 710 ~ 718
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41929-020-0487-0	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 Li Yuanming, Segawa Yasutomo, Yagi Akiko, Itami Kenichiro	4. 巻 142
2. 論文標題 A Nonalternant Aromatic Belt: Methylene-Bridged [6]Cycloparaphenylene Synthesized from Pillar[6]arene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 12850 ~ 12856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c06007	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 Shudo Hiroki, Kuwayama Motonobu, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Synthesis of cycloptycenes from carbon nanobelts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 6775 ~ 6779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC02501A	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 Segawa Yasutomo, Kuwayama Motonobu, Hijikata Yuh, Fushimi Masako, Nishihara Taishi, Pirillo Jenny, Shirasaki Junya, Kubota Natsumi, Itami Kenichiro	4. 巻 365
2. 論文標題 Topological molecular nanocarbons: All-benzene catenane and trefoil knot	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 272 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aav5021	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 Urgel Jose I., Di Giovannantonio Marco, Segawa Yasutomo, Ruffieux Pascal, Scott Lawrence T., Pignedoli Carlo A., Itami Kenichiro, Fasel Roman	4. 巻 141
2. 論文標題 Negatively Curved Warped Nanographene Self-Assembled on Metal Surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13158 ~ 13164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b05501	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 Kato Kenta, Lin Hsing-An, Kuwayama Motonobu, Nagase Mai, Segawa Yasutomo, Scott Lawrence T., Itami Kenichiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Two-step synthesis of a red-emissive warped nanographene derivative via a ten-fold C?H borylation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 9038 ~ 9041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC03061A	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 Kamei Toshiyuki, Nishino Soshi, Yagi Akiko, Segawa Yasutomo, Shimada Toyoshi	4. 巻 84
2. 論文標題 Ni-Catalyzed -Selective C-H Borylations of Naphthalene-Based Aromatic Compounds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 14354 ~ 14359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b02333	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 Segawa Yasutomo, Kuwayama Motonobu, Itami Kenichiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Synthesis and Structure of [9]Cycloparaphenylene Catenane: An All-Benzene Catenane Consisting of Small Rings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 1067 ~ 1070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.9b04599	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 Saito Yutaro, Yamanoue Kotono, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 6
2. 論文標題 Selective Transformation of Strychnine and 1,2-Disubstituted Benzenes by C?H Borylation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem	6. 最初と最後の頁 985 ~ 993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chempr.2020.02.004	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 Nagase Mai, Kato Kenta, Yagi Akiko, Segawa Yasutomo, Itami Kenichiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Six-fold C-H borylation of hexa-peri-hexabenzocoronene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 391 ~ 397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.16.37	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30件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 瀬川 泰知
2. 発表標題 MicroED構造有機化学
3. 学会等名 第一回バーチャル化学フロンティア研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊 幸佑・Kwan Yin Cheung・瀬川 泰知・伊丹 健一郎
2. 発表標題 ジグザグ型カーボンナノベルトの合成
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 Kosuke Watanabe・Kwan Yin Cheung・Yasutomo Segawa・Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of a zigzag carbon nanobelt
3. 学会等名 3rd ICReDD International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Watanabe・Kwan Yin Cheung・Yasutomo Segawa・Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of a zigzag carbon nanobelt
3. 学会等名 2021 #RSCPoster Twitter Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Watanabe・Kwan Yin Cheung・Yasutomo Segawa・Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of a zigzag carbon nanobelt
3. 学会等名 The 4th IRCCS International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 高度に湾曲した 共役分子の合成戦略
3. 学会等名 第7回慶應有機化学若手シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 高度に湾曲した 共役分子の合成戦略
3. 学会等名 第52回有機金属若手の会夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 Strained π -systems bearing nontrivial topology
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium "Toward Advanced Functions From New π -Skeletons" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 ナノカーボンの有機合成に向けて
3. 学会等名 野口研究所10周年記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 様々なトポロジーをもつ新奇芳香族炭化水素の合成
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会 第15回野副記念奨励賞受賞講演 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知
2. 発表標題 高度に湾曲した 共役分子の合成戦略
3. 学会等名 第3回産総研化学研究シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀬川泰知・渡辺二規・山野上琴乃・伊丹健一郎
2. 発表標題 メビウスカーボンナノベルトの合成
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 Mai Nagase, Kenta Kato, Akiko Yagi, Yasutomo Segawa, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Direct C-H Borylation of Pristine Hexabenzocoronene
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium: "Reaction Imaging Meets Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Shudo, Motonobu Kuwayama, Yasutomo Segawa, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of cycloptycenes from carbon nanobelt
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium: "Reaction Imaging Meets Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kwan Yin Cheung, Yasutomo Segawa, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of a zigzag type carbon nanobelt
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium: "Reaction Imaging Meets Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Motonobu Kuwayama, Yuh Hijikata, Masako Fushimi, Taishi Nishihara, Jenny Pirillo, Junya Shirasaki, Natsumi Kubota, Yasutomo Segawa, and Kenichiro Itami
2. 発表標題 Topological molecular nanocarbons: All-benzene catenane and trefoil knot
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium: "Reaction Imaging Meets Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kenta Kato, Yuh Hijikata, Jenny Pirillo, Nobuhiko Mitoma, Taishi Nishihara, Yusuke Nakanishi, Taito Hatakeyama, Takuma Kawada, Yasutomo Segawa, Lawrence T. Scott, Kenichiro Itami
2. 発表標題 One-Dimensional Self-Assembly of a Negatively Curved Arene
3. 学会等名 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Shudo, Motonobu Kuwayama, Yasutomo Segawa, Kenichiro Itami
2. 発表標題 Synthesis of cycloptycenes from carbon nanobelt
3. 学会等名 NU-UoE JD and JSPS Core-to Core Joint-Workshop on "New Horizons in Chemistry and Materials Science" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kwan Yin Cheung, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Synthesis of a Zigzag Type Carbon Nanobelt
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 周戸大季, 桑山元伸, 瀬川泰知, 伊丹健一郎
2. 発表標題 カーボンナノベルトを用いたシクロイプチセンの合成
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 長瀬 真依, 加藤 健太, 八木 亜樹子, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 無置換ヘキサベンゾコロネンのC-Hホウ素化
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 長瀬 真依, 加藤 健太, 八木 亜樹子, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 Direct C-H borylation of pristine hexabenzocoronene
3. 学会等名 2019年度 GTR年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 周戸大季、桑山元伸、瀬川泰知、伊丹健一郎
2. 発表標題 Synthesis of cycloptycenes from carbon nanobelt
3. 学会等名 2019年度 GTR年次報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 周戸大季、桑山元伸、瀬川泰知、伊丹健一郎
2. 発表標題 カーボンナノベルトを用いたシクロイプチセン合成
3. 学会等名 Exciting Organic Chemistry with Light - GTR/ITbM Chemistry Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長瀬 真依, 加藤 健太, 八木 亜樹子, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 無置換ヘキサベンゾコロネンのC-Hホウ素化
3. 学会等名 Exciting Organic Chemistry with Light - GTR/ITbM Chemistry Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長瀬 真依, 加藤 健太, 八木 亜樹子, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 ヘキサベンゾコロネンの直接ホウ素化反応
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 周戸大季、桑山元伸、瀬川泰知、伊丹健一郎
2. 発表標題 カーボンナノベルトを用いたシクロイプチセンの合成
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長瀬 真依, 加藤 健太, 八木 亜樹子, 瀬川 泰知, 伊丹 健一郎
2. 発表標題 無置換ヘキサベンゾコロネンのC-Hホウ素化
3. 学会等名 第36回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 周戸大季, 瀬川泰知, 伊丹健一郎
2. 発表標題 ダブルデッカー型カーボンナノベルトの合成研究
3. 学会等名 第51回構造有機若手の会 夏の学校
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 周戸大季、桑山元伸、瀬川泰知、伊丹健一郎
2. 発表標題 Synthesis of cycloptycenes from carbon nanobelt
3. 学会等名 ITbM-GTR Pre-ISNA Symposium
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------