

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06352

研究課題名(和文) 環状 共役分子の新しい有機化学と材料科学

研究課題名(英文) New Organic Chemistry and Materials Science of Curved pi-Conjugated Molecules

研究代表者

山子 茂 (Yamago, Shigeru)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：30222368

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 145,600,000円

研究成果の概要(和文)：シクロパラフェニレン(CPP)を中心とした、環状 共役分子の合成とその物性の解明を行うと共に、有機電子材料への応用の可能性を探った。白金錯体を鍵として、CPPおよび誘導体のグラムスケール合成法を開発すると共に、CPPにアルケンがー及び二分子挿入した分子の合成に成功した。さらに、CPPの化学反応性の解明に基づき、CPP誘導体の合成にも成功した。また、基礎的な物性として、CPPおよびそのジカチオンの一光子及び二光子励起状態からの緩和過程における励起子の局在化と構造緩和におけるサイズ依存性を解明した。さらに、溶解性の高いCPP誘導体を利用したCPP薄膜の創製に基づくデバイス作成にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究代表者が開発した白金錯体を用いるCPPの合成法は、環状 共役分子の有用な合成法として世界中の研究者により既に利用されている。これまでは、環化前駆体の分子設計に限られていたが、ごく最近では、金等の別の金属を用いる合成への発展も広がっており、モノづくりの基礎化学に重要な貢献を行っていると考えている。さらに、研究代表者が開発したCPP合成法を民間会社へ技術移転することで、CPPが試薬として販売されている。これにより、CPPを伸縮性有機トランジスター材料のフィラーに用いる等、実用化に近い分野でCPPの新たな利用法の開拓が広がっており、社会実装も期待される。

研究成果の概要(英文)：Various cyclic pi-conjugated molecules, in particular, cycloparaphenylenes (CPPs), which is the smallest cyclic constituent of armchair carbon nanotubes, were synthesized, and their physical properties and applications to organic electronic materials were studied. A gram-scale synthetic method of CPPs and their derivatives, and a new synthetic method for Mobius molecules, in which CPP is twisted due to the insertion of an alkene group, were developed by extending the previous synthetic method developed by our group. CPP derivatives were also successfully synthesized based on the elucidation of the chemical reactivity of CPPs. Highly soluble CPP derivatives in organic solvents were used for fabricating a device consisting of CPP thin films. Physical properties of the synthesized CPPs and derivatives were also studied. The Mobius CPPs showed unique size dependence of the bandgap, which becomes smaller as the conjugation becomes smaller.

研究分野：合成化学

キーワード：環状 共役分子 シクロパラフェニレン ナノカーボン 有機デバイス材料 芳香族性

1. 研究開始当初の背景

フラーレンやカーボンナノチューブ (CNT) に代表される、曲面を持つ環状 π 共役化合物の多くは優れた電気および光物性を持つため、有機電子材料における基盤物質群として多くの注目を集めてきている。しかし、これらの化合物は従来、炭素のアーク放電やレーザー蒸発等の物理的手法により合成されているため、その母骨格構造が限定されていると共に、 C_{60} と C_{70} とを除き、構造の明確なサンプルを十分量入手することは困難であった。しかし、2008 年以降に米国グループ、名古屋大学グループ、研究代表者のグループが次々にアームチュア CNT の環状最少構成単位であるシクロパラフェニレン (CPP) の合成を報告して以来、その状況が大きく変化し、研究開始当初においては新たな環状 π 共役分子の合成が、合成化学者の重要なターゲットとして顕在化してきていた。すなわち、前記 3 グループの合成法を応用した様々な骨格を持つ環状 π 共役分子の合成が報告されてきた。その一方、環状構造に由来する物性に関する報告は極めて限られると共に、デバイス等の材料への応用については全く報告されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、CPP を始めとする環状・曲面 π 共役分子の信頼あるボトムアップ合成法の確立と共に、環状・曲面構造が分子物性へ及ぼす効果を解明する。さらに、これらの基礎研究を展開し、ここで得られる化合物を材料科学へ応用することを目的とする。具体的には、研究代表者のこれまでの成果に基づき、新奇な骨格を持つ単一構造の曲面 π 共役分子を創出する、新しい有機合成化学の確立を図る。特に、グラムスケールで化合物が合成できる、力強い方法の開発に力を置く。さらに、得られた化合物、およびそれらの階層化により得られる高次構造体の物性の解明を、溶液中および凝集状態で進める。同時に、有機デバイスの作製を行い、曲面 π 共役分子を有機電子材料として利用する可能性を探る。これらの研究を通じ、曲面 π 共役分子の有機化学と材料科学の新しい領域を切り開くことを目的とした。

3. 研究の方法

以下の 4 点について検討を行った。1) これまで開発してきた方法の発展による大量合成法の確立と新規分子の創製、および、大量合成により入手容易となった CPP の変換による環状 π 共役分子群の合成 (曲面 π 共役分子の合成)、2) ホスト・ゲスト化学や配位化学を応用した環状 π 共役分子の階層構造の構築と機能化 (曲面 π 共役分子の階層化)、3) 合成した分子の光励起状態および酸化還元状態等の不安定状態の物性解明 (曲面 π 共役分子の物性評価)、4) 合成した分子を用いた有機デバイスの作製・評価と機能向上 (デバイス作製と評価)、である。

4. 研究成果

1) 曲面 π 共役分子の合成：研究代表者が開発した金属錯体を用いる CPP 合成法と、米国グループが開発したシクロヘキサジエンジオール誘導体 **1** を用いる方法のハイブリッド化により、スケールアップに適した CPP 及び誘導体の合成法を開発した (図 1a)。これにより、これまでで最大の CPP である [20], [21]CPP と、窒素、硫黄、フッ素が置換された CPP 誘導体の合成、さらには、[8]CPP およびテラアルコキシ基を持つ [10]CPP 誘導体 **2** の大量合成に成功した。なかでも、**2** は置換基を選ぶことで、[10]CPP に比べ種々の有機溶媒に対して約 10-70 倍の高い溶解性を有することから、ウェットプロセスによる CPP 誘導体の高品質非晶薄膜の作製が可能となった (4) の項目参照)。さらに、ここで開発した大量合成法を民間会社へ技術移転することにより、CPP を試薬として販売することにも成功した。

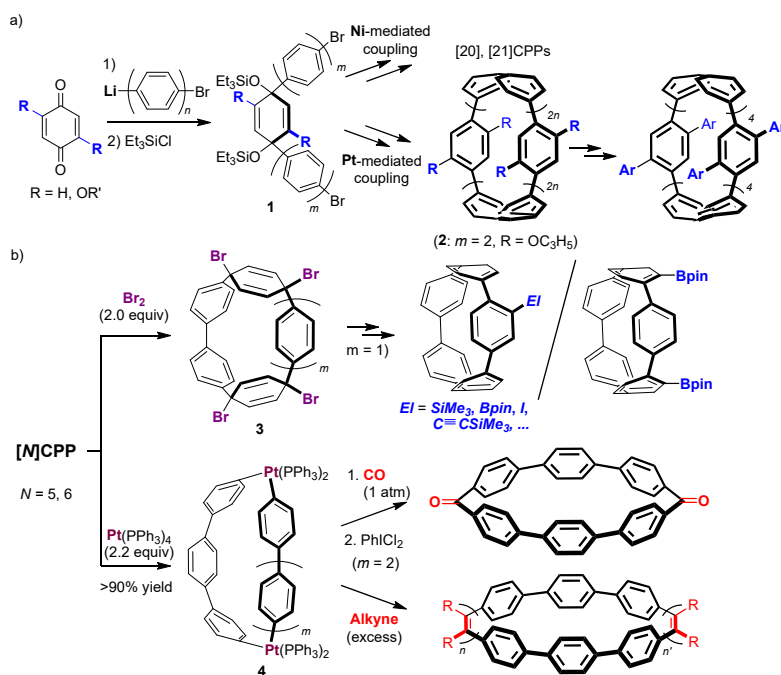


図 1. Hückel トポロジーを持つ環状 π 共役分子の合成. a) ハイブリッド法に依る CPP のグラムスケール合成法、b) CPP の化学変換法。

CPPの大量合成が可能になったことから、CPPの反応性の解明と、それを通じたCPP誘導体、さらには新奇環状 π 共役分子の合成へと発展を行った(図1b)。その結果、[5],[6]CPPのような歪みエネルギーの大きなサイズの小さなCPPが優れた反応性を示し、例えば臭素との反応では、芳香族化合物に特徴的な置換反応ではなく、付加反応が選択的に進行することを明らかにした。さらに、生成物**3**の変換反応により、種々の置換CPPの合成に成功した。また、金属種を選ぶことで、パラフェニレンへの配位のみならず、歪んだCPPの σ 結合に金属錯体が挿入することを見出した。例えば、白金錯体は選択的に2分子挿入して**4**を与えた。さらに、**4**に対する一酸化炭素やアルキンの挿入により、環状構造を保ったまま対応するジケトンや π 共役オリゴマー分子が得られることを明らかにした。アルキン挿入反応は新しい環状ポリマーの合成として興味深いと考えている。なお、等価なパラフェニレン単位からなるCPPにおいて、複数の反応点の位置と数とを制御できるのか、との点は全く知られていなかったが、いずれの反応においても、二つ目の反応が位置選択的に進行することが分かった。

π 共役分子におけるトポロジーの変化は、新たな物性発現の可能性から興味深い。捻じれは、直交する π 電子系の融合により生じる。また、CPPは放射状に広がった面内 π 軌道を持つことから、通常の π 共役分子との融合により、Möbiusトポロジー等の捻じれ分子が得られると期待される。そこで、CPPのパラフェニレンをつなぐC-C σ 結合間にアルケン、あるいはortho-フェニレンを1、及び2分子挿入させた**6**、**7**の合成を検討した(図3a上)。すなわち、CPP合成に用いていたU字状前駆体**10**とシスアルケンとのカップリングと、それに続く分子内環化反応、芳香族化で**6**を合成した(図3b)。一方、**7**は前駆体**11**を白金錯体により二量化することで合成した。結晶状態において、**6**、**7**ともにパラフェニレンの回転は抑制されており、**6**の π 面はMöbiusトポロジーを持った。一方、**7**は2回捻じれ構造の可能性もあるが、結晶中では捩れを持たない構造をしていた。さらに、**6**は捩れているのにも拘らず、面内共役を持つと共に、CPPと同様に環サイズが小さいほどHOMO-LUMOギャップが小さくなる興味深い分子であることを明らかにした。

さらに、ねじれユニットとして、 π 軌道が直交しているビフルオレン骨格を導入した[16]CPP**8**と、ひとつのベンゼン環が二つのCPPで共有されている**9**の合成にも成功した(図3a下)。**8**は固体状態や低温の溶液中でパラフェニレンの回転が阻害されており、共役平面が二回反転した構造を持つ。さらに**8**は軸性不斉を持つキラル分子であり、その光学分割にも成功した。

研究代表者はすでにサイズの大きな[N]CPPジカチオン($N \geq 9$)が熱励起三重項ジラジカルの寄与を持つことを明らかにしている。一方、中性のジラジカルをCPP骨格に導入した場合のspin状態に及ぼす環状効果は興味深い。そこで、1,3-ジラジカル種とCPPとが共役した分子**12**のspin状態を計算により予測したところ、大きなCPPでは($m \geq 3$)三重項が基底状態であるが、それより小さなCPPでは一重項が基底状態であり、サイズ依存性を持つことが示唆された(図4)。実際に、 $m=2$ であるジラジカルを前駆体から発生させたところ、一重項が基底状態であり、三重項とのS-Tギャップが 66 J mol^{-1} であることを明らかにした。ジラジカルのspin状態を環状構造で制御した最初の例である。

2) 曲面 π 共役分子の階層化: 異なるサイズのCPP同士のホスト-ゲスト相互作用による、最短の二層CNT生成について検討した。その結果、相互作用が極めて厳密なサイズ選択性を持ち、[n]CPPと[$n+5$]CPPとが選択的に錯形成することを明らかにした(図5a左)。いずれも二つのCPPの面間距離は 0.34 nm であり、van der Waals相互作用により錯形成が

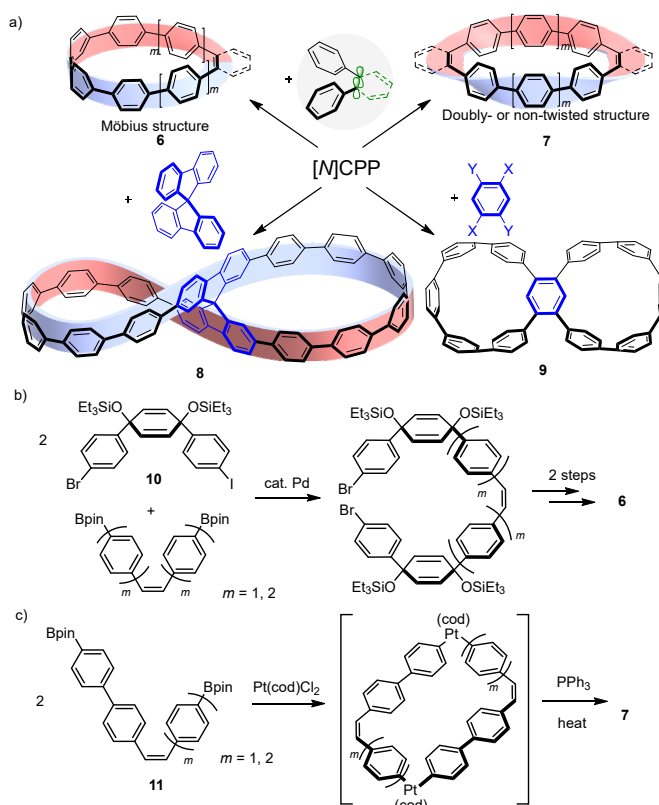


図3. Möbiusトポロジーを持つ環状 π 共役分子の合成。a) 合成のコンセプト、b) モノアルケン挿入CPPの合成と、c) ビスアルケン挿入CPPの合成

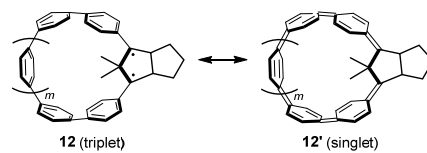


図4. 1,3-ジラジカル-CPPハイブリッド種のspin状態

支配されていることを明らかにした。さらに、C₆₀、[10]CPP、[15]CPPから土星状構造を持つ、三成分ホスト-ゲスト錯体の生成にも成功した。

一方、ホスト-ゲスト錯体における CPP 間の電子的作用の発現を目的とし、CPP ジカチオンと中性 CPP とのホスト-ゲスト錯体形成を検討した。その結果、サイズの小さな[n]CPP (N = 5, 6)ジカチオンをゲストとする錯体では[n+5]CPP との電荷移動が起こらなかったのに対し、n ≥ 7 の CPP をゲストとして用いた場合、電荷移動によるラジカルイオンペア錯体の形成が ESR により示唆された。CPP の電子状態制御の新手法として興味もたれる。

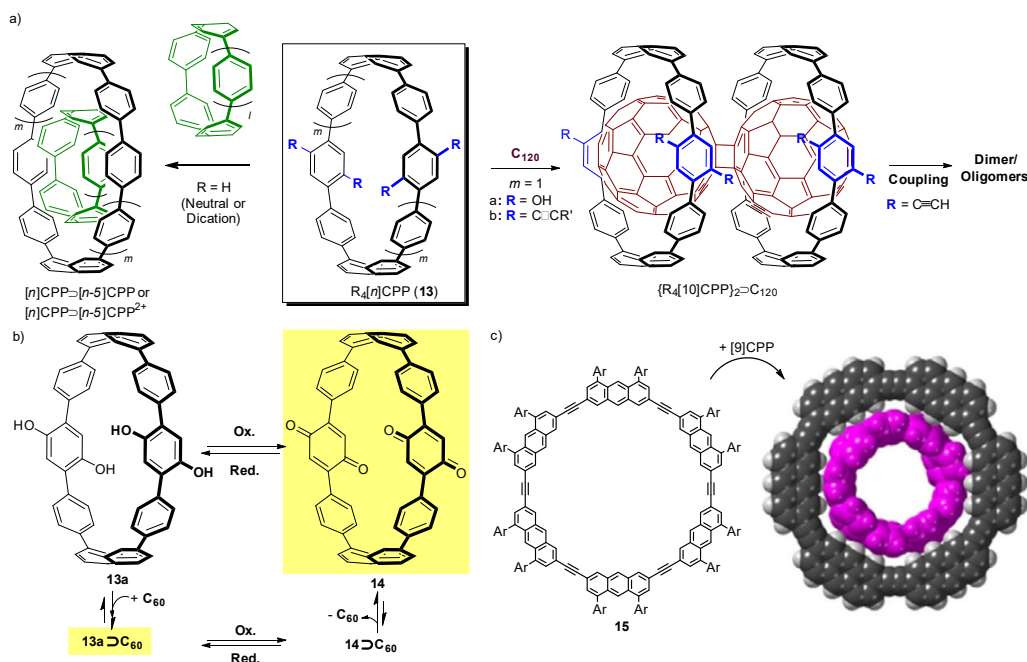


図 5. CPP の新ホスト-ゲスト錯体の生成とその利用

「フレキシブルチューブ」の合成に向け、そのテンプレートとなる C₁₂₀ と CPP とのホスト-ゲスト錯形成について検討した。その結果、[10]CPP 及び 2 の誘導化で得られる水酸基、及びアルキル置換 [10]CPP 誘導体 **13a**, **13b** (m = 1) が、C₁₂₀ と段階的に 2:1 錯体を形成することを明らかにした (図 5a 右側)。特に、置換基 R としてアルキルを持つ **13b** との錯形成は、C₆₀ と [10]CPP との錯形成に比べ 10 倍程度結合定数が大きかった。さらに、この錯体から、アルキル同士のカップリング反応により、face-to-face 構造を持つ二量体を含め、オリゴマーが得られた。

一方、ヒドロキノン構造を持つ [10]CPP **13a** は対応するキノン体 **14** と酸化・還元により可逆的、かつ定量的に相互変換が可能である。また、**13a**, **14** は共にフラレン (C₆₀, C₇₀) とホスト-ゲスト錯体を形成するが、**13a** の方が **14** に比べて会合定数が 30 倍程度大きい。これを利用することで、酸化・還元反応に呼応してフラレンの包摂と放出とを行う、刺激応答性ホスト-ゲスト系の構築に成功した (図 5b)。

さらに、上記のホスト-ゲスト錯体形成は、π-π相互作用を駆動力としていた。それに対し、平面性の高い π 共役系を持つ環状マクロサイクル **15** をホストとして用いた場合、[9]CPP がサイズ選択的に包摂されると共に、その駆動力が **15** の水素と [9]CPP の π 結合間で生成する、CH-π 相互作用であることを明らかにした (図 5c)。

3) 励起状態および酸化還元状態等の不安定状態の物性解明: 励起状態および酸化還元状態等の不安定状態の物性解明: 従来行っていた n ≥ 8 の [n]CPP に加え、新たにサイズの小さい [n]CPP (5 ≤ n ≤ 7) の励起緩和過程について、種々時間分解分光法を用いた検討を行った。蛍光量子収率は環サイズの減少とともに低下する一方、S₁状態寿命は [8]CPP がもっとも長く、それより大きくても小さくても寿命が短くなる興味深いサイズ依存性を示すことを明らかにした。三重項状態をレーザーフラッシュホト

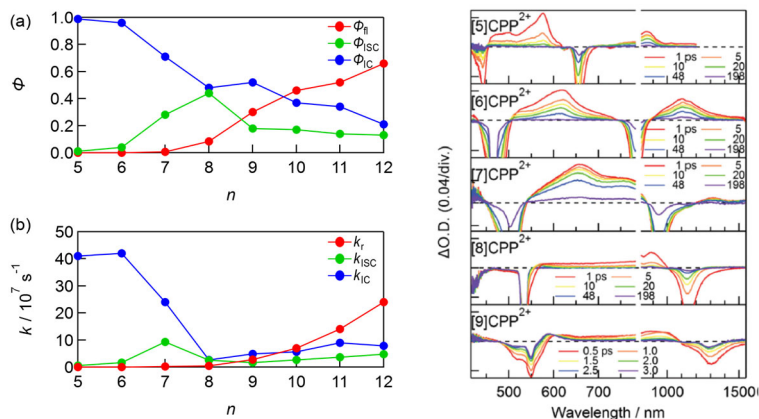


図 6. 光励起された [n]CPP 緩和過程における蛍光、系間交差、内部転換の a) 収率 (Φ_n, Φ_{ISC}, Φ_{IC}) と b) 速度 (k_n, k_{ISC}, k_{IC}) の環サイズ依存性と、c) [n]CPP²⁺ の過渡吸収スペクトル

リシスとパルスラジオリシス等を用いて検討したところ、 $[n]$ CPP ($5 \leq n \leq 7$)の系間交差収率は $[8]$ CPPより小さく、内部転換の収率が著しく増大することが示された。蛍光、系間交差、内部転換の収率($\Phi_n, \Phi_{isc}, \Phi_{ic}$)および速度(k_n, k_{isc}, k_{ic})の環サイズ依存性(図6a-b)より、環サイズの大きい $[n]$ CPPでは発光過程が S_1 状態緩和過程において支配的であるが、環サイズの小さい $[n]$ CPPでは内部転換が支配的になることを明らかにした。

さらに、CPPの二光子励起過程からの緩和過程を一光子励起過程と比較したところ、前者の緩和は約1000倍遅く進行することを明らかにした。これは、一光子励起過程では、励起状態の構造の乱れによる局所的な緩和とエキシトンの非局在化が起こるのに対し、二光子励起緩和過程では構造の対称が高いために、局所的な緩和が無いためであることを明らかにした。

CPPジカチオンの励起状態ダイナミクスを過渡吸収測定により検討した。その結果、 $[n]$ CPP²⁺の励起状態に起因する過渡吸収を観察することに成功した(図6c)。過渡吸収のピーク位置は環サイズの逆数($1/n$)と比例関係にあることから、励起状態の非局在化が確認された。さらに、励起状態に寄与する部分は環サイズとともに増加すること、さらに、励起状態寿命は環サイズとともに減少することを確認した。 $[n]$ CPP²⁺の励起状態の構造を理論計算により検討したところ、環サイズの小さい $[n]$ CPP²⁺ほど大きな構造緩和を示すことが確認された。従って、環サイズの低下に伴いHOMO-LUMOギャップが大きくなること、さらに構造変化が大きくなることにより長寿命化していることが示唆された。

さらに、光励起状態では芳香族性の反転が起こることが知られている。原子核非依存化学シフト(NICS)計算からは、中性CPPはパラフェニレンに由来する局所的な芳香族性しか観測されないのに対し、励起状態では面内芳香族性を持つことが示唆された。一方、CPPジカチオンでは、基底状態では面内芳香族性を示すのに対し、光励起状態では反芳香族性を示すことが示唆された。実際、中性、及びジカチオン分子の過渡吸収スペクトルにより、理論を支持する結果が得られた。

4)デバイス作製と評価：CPP非晶系の電荷輸送特性の系統的理解を目指し、量子化学計算、分子動力学計算および動的 Monte Carlo 法を組み合わせた多階層電荷輸送シミュレーションを用いた、CPPの環サイズや特異な分子構造が電荷輸送特性に与える影響について検討した(図7)。その結果、非晶凝集体中において環サイズおよび分子間距離に依存した配向秩序がみられた。5–10 Å程度の近接した分子間においては、主にCPPの結晶構造にみられる herring-bone様の配置をとる一方、距離が伸びるにつれて配向秩序が失われることが示唆された。さらに、正孔移動度がCPPの環サイズの増大に伴って増加し、 $[10]$ CPPは $[4]$ CPPよりも1–2桁程度高い移動度を示すことを明らかにした。また、電子輸送についても同様であった。

実際に、置換基の導入により有機溶媒に対する溶解度が高い $[10]$ CPP誘導体を用いることで、スピンキャスト法により非晶薄膜の作成に成功した。これにより、イオン化ポテンシャル、光学特性、電荷移動度等、固体状態での基礎物性測定に初めて成功した。今回作成したCPP膜の電荷移動度 $5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と高いものではなかった。これは、置換基の存在のため、電荷移動に必要な π 曲面間の重なりが不十分であったためであると考えている。

2回捻じれ構造を持つ**8**(図3)が結晶構造中において比較的強いCH- π , π - π 相互作用を示すことに着目し、**8**の薄膜の作製と、その光物性評価を行った。**8**を1wt%の濃度でCzSiホストにドーブした薄膜に対し、**8**のニート膜は発光スペクトルのピークトップが長波長化すると共に、PL量子収率が大きく低下した(36% vs. 15%)。さらに、ドーブ膜は1種類の減衰成分を示すのに対し、ニート膜では2種類の減衰成分が存在することが明らかになった(図8)。このニート膜の蛍光寿命挙動について検討を行い、20–40 nsの時間領域におけるエキシマーを形成に由来することを明らかにした。

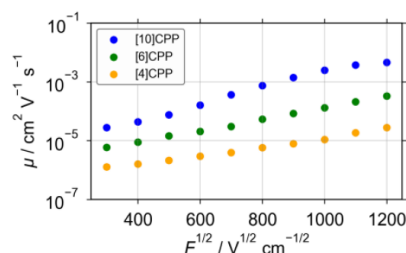


図7. シミュレーションにより得られた $[4]$, $[6]$, $[10]$ CPPのホール移動度の電場依存性

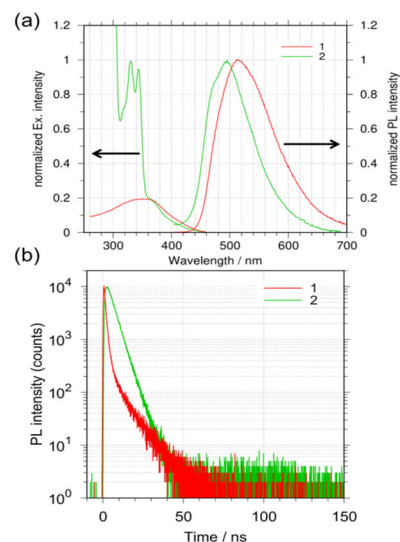


図8. (a) **8**のドーブ薄膜(緑色)とニート膜(赤色)の励起スペクトルと発光スペクトル、および(b) 蛍光寿命スペクトル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 33件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Masumoto, Y.; Toriumi, N.; Osawa, T.; Muranaka, A.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Fujitsuka, M.; Majima, T.; Uchiyama, M.	4. 巻 なし
2. 論文標題 Applicability of Baird's Rule for In-Plane Aromaticity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemRxiv.	6. 最初と最後の頁 no page number
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.26434/chemrxiv.14708859.v1	査読の有無 無
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 Terabayashi, T.; Kayahara, E.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N.; Nishinaga, T.; Kato, T.; Yamago, S.	4. 巻 なし
2. 論文標題 Synthesis of Twisted [N]Cycloparaphenylenes by Alkene Insertion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemRxiv.	6. 最初と最後の頁 PPR335095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.26434/chemrxiv.14547384.v1.	査読の有無 無
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 Miyazawa, Y.; Wang, Z.; Matsumoto, M.; Hatano, S.; Antol, I.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Abe, M. J. Am. Chem.	4. 巻 143
2. 論文標題 1,3-Diradicals Embedded Curved Paraphenylene Units: Singlet versus Triplet and In-plane Aromaticity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soc.	6. 最初と最後の頁 7426-7439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c01329	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, X.; Ogihara, T.; Nakamura, Y.; Yamago, S.	4. 巻 54
2. 論文標題 Evidence for Polarity- and Viscosity-controlled Pathways in the Termination Reaction in the Radical Polymerization of Acrylonitrile	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macro.	6. 最初と最後の頁 4497-4506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.1c00158	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 Murata, R.; Wang, Z.; Miyazawa, Y.; Antol, I.; Yamago, S.; Abe, M.	4. 巻 1
2. 論文標題 SOMO -HOMO Conversion in Triplet Carbenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c01137	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 Kawanishi, T.; Ishida, K.; Kayahara, E.; Yamago, S.	4. 巻 85
2. 論文標題 Selective and Gram-Scale Synthesis of [8]Cycloparaphenylene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 2082-2091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b02844	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 Yamago, S.	4. 巻 93
2. 論文標題 Photoactivation of Organotellurium Compounds in Precision Polymer Synthesis: Controlled Radical Polymerization and Radical Coupling Reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 287-298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190339	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 Lu, Y.; Yamago, S.	4. 巻 53
2. 論文標題 Synthesis of Structurally Controlled, Highly Branched Polymethacrylates by Radical Polymerization Through the Design of a Monomer Having Hierarchical Reactivity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 3209-3216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.0c00393	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 Kayahara, E.; Nakano, M.; Sun, L.; Ishida, K.; Yamago, S.	4. 巻 15
2. 論文標題 Syntheses of Tetrasubstituted [10]Cycloparaphenylenes by a Pd-catalyzed Coupling Reaction. Remarkable Effect of Strain on the Oxidative Addition and Reductive Elimination”	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Asian J	6. 最初と最後の頁 2451-2455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000711	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 Imamura, Y.; Fujita, T.; Kobayashi, Y.; Yamago, S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Tacticity, Molecular Weight, and Temporal Control by Lanthanide Triflate-Catalyzed Stereoselective Radical Polymerization of Acrylamides with an Organotellurium Chain Transfer Agent	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polym. Chem.	6. 最初と最後の頁 7042-7049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PY01280G	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 Rattanakawin, P.; Yoshimoto, K.; Hikima, Y.; Chandra, A.; Hayakawa, T.; Tosaka, M.; Yamago, S.; Ohshima, M.	4. 巻 9
2. 論文標題 Highly Ordered Nanocellular Polymeric Foams Generated by UV-Induced Chemical Foaming	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Macro Lett	6. 最初と最後の頁 1433-1438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.0c00475	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 Kim, J.; Kishi, R; Kayahara, E.; Kim, W; Yamago, S.; Nakano, M.; Kim, D.	4. 巻 59
2. 論文標題 Ultrafast Exciton Self Trapping and Delocalization in Cycloparaphenylenes: The Role of Excited State Symmetry in Electron Vibrational Coupling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 16989-16996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202006066	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 Yamago, S.; Kayahara, E.	4. 巻 77
2. 論文標題 Synthesis and Reactions of Carbon Nano hoop	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Synth. Org. Chem. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1147-1158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi	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 Fujitsuka, M.; Chao, L.; Zhuang, B.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Majima, T.	4. 巻 123
2. 論文標題 Size-Dependent Relaxation Processes of Photo-Excited [n]Cycloparaphenylenes (n = 5 - 12): Significant Contribution of Internal Conversion in Smaller Rings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. A	6. 最初と最後の頁 4737-4742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.9b03334	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 Fan, W.; Yamago, S.	4. 巻 58
2. 論文標題 Synthesis of Structurally Controlled Poly(N vinyl amide)s and Poly(vinyl amine)s and Their Block Copolymers Using Organotellurium mediated Radical Polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201902940	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 Lu, Y.; Yamago, S.	4. 巻 58
2. 論文標題 One-step Synthesis of Dendritic Highly Branched Polystyrenes by Organotellurium-mediated Copolymerization of Styrene and a Dienyl Telluride Monomer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 3952-3956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201814566	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 Fan, W.; Tosaka, M.; Yamago, S.; Cunningham, M. F.	4. 巻 57
2. 論文標題 Living ab initio Emulsion Polymerization of Methyl Methacrylate in Water Using a Water Soluble Organotellurium Chain Transfer Agent under Thermal and Photochemical Conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 962-966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201710754	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 Nakamura, Y.; Ebeling, B.; Wolpers, A.; Monteil, V.; D'Agosto, F.; Yamago, S	4. 巻 57
2. 論文標題 Controlled Radical Polymerization of Ethylene Using Organotellurium Compounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 305-309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201709946	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 Fujitsuka, M.; Kayahara, E.; Chao, L.; Yamago, S.; Majima, T.	4. 巻 20
2. 論文標題 Significant Structural Relaxations of Excited [n]Cycloparaphenylene Dications (n = 5 - 9)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys	6. 最初と最後の頁 29207-29211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP04860F	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 Hashimoto, S.; Kayahara, E.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N.; Takeuchi, K.; Ozawa, F.; Yamago, S.	4. 巻 20
2. 論文標題 Synthesis and Physical Properties of Polyfluorinated Cycloparaphenylenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Org. Lett	6. 最初と最後の頁 5973-5976
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b02715	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 Kayahara, E.; Hayashi, T.; Takeuchi, K.; Ozawa, F.; Ashida, K.; Ogoshi, S.; Yamago, S	4. 巻 57
2. 論文標題 Strain-Induced Double Carbon-Carbon Bond Activations of Cycloparaphenylenes (CPPs) by a Platinum Complex and Its Application for the Synthesis of Cyclic Diketones	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 11418-11421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201806591	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 Kayahara, E.; Cheng, Y.; Yamago, S.	4. 巻 47
2. 論文標題 Short-step Synthesis of Large Cycloparaphenylenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Lett	6. 最初と最後の頁 1108-1111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180486	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 Masumoto, Y.; Toriumi, N.; Muranaka, A.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Uchiyama, M.	4. 巻 122
2. 論文標題 Near-Infrared Fluorescence from In-Plane-Aromatic Cycloparaphenylene Dications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. A	6. 最初と最後の頁 5162-5167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.8b03105	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 Lu, Y.; Nemoto, T.; Tosaka, M.; Yamago, S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Synthesis of structurally controlled hyperbranched polymers using a monomer having hierarchical reactivity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Commun	6. 最初と最後の頁 1863-1863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-017-01838-0	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 Nakamura, Y.; Ogihara, T.; Hatano, S.; Abe, M.; Yamago, S.	4. 巻 23
2. 論文標題 Control of the Termination Mechanism in Radical Polymerization by Viscosity: Selective Disproportionation in Viscous Media	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 1299-1305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201604659	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 Kayahara, E.; Zhai, X.; Yamago, S.	4. 巻 95
2. 論文標題 Synthesis and physical properties of [4]cyclo-3,7-dibenzo[b,d]thiophene and its S,S-dioxide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Can. J. Chem.	6. 最初と最後の頁 351-356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1139/cjc-2016-0474	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 Hashimoto, S.; Iwamoto, T.; Kurachi, D.; Kayahara, E.; Yamago, S.	4. 巻 82
2. 論文標題 Shortest Double-Walled Carbon Nanotubes Composed of Cycloparaphenylenes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1015-1020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201700097	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 Kayahara, E.; Qu, R.; Yamago, S.	4. 巻 56
2. 論文標題 Bromination of Cycloparaphenylenes: Strain-Induced Site-Selective Bis-Addition and its Application for Late-Stage Functionalization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 10428-10432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201704982	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 Kayahara, E.; Sun, L.; Onishi, H.; Suzuki, K.; Fukushima, T.; Sawada, A.; Kaji, H.; Yamago, S.	4. 巻 139
2. 論文標題 Gram-scale Syntheses and Conductivities of [10]Cycloparaphenylene and Its Tetraalkoxy Derivatives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 18480-18483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b11526	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 Kayahara, E.; Patel, V. K.; Mercier, A.; Kündig, E. P.; Yamago, S.	4. 巻 55
2. 論文標題 Regioselective Synthesis and Characterization of Multinuclear Convex-bounded Ruthenium-[n]Cycloparaphenylene (n = 5 and 6) Complexes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 302-306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201508003	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 Kahayara, E.; Kouyama, T.; Kato, T.; Yamago, S.	4. 巻 138
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of [n]CPP (n = 5, 6, 8, 10, and 12) Radical Cation and Dications: Size-Dependent Absorption, Spin, and Charge Delocalization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 338-344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.5b10855	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 Alvarez, M. P.; Qiu, L.; Delgado, M. C. R.; Taravillo, M.; Baonza, V. G.; Yamago, S.; Jasti, R.; Navarrete, J. T. L.; Casado, J.; Kertesz, M.	4. 巻 18
2. 論文標題 From Linear to Cyclic Oligoparaphenylenes: Electronic and Molecular Changes Traced in the Vibrational Raman Spectra and Reformulation of the Bond Length Alternation Pattern	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys	6. 最初と最後の頁 11683-11692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5CP05500H	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 Kuroda, Y.; Sakamoto, Y.; Suzuki, T.; Kayahara, E.; Yamago, S.	4. 巻 81
2. 論文標題 Tetracyclo(2,7-Carbazole)s: Aromaticity Probe for Cycloparaphenylenes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 3356-3363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.6b00425	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 Alvarez, M. P.; Taravillo, M.; Baonza, V. G.; Delgado, M. C. R.; Navarrete, J. T. L.; Evans, P.; Jasti, R.; Yamago, S.; Kertesz, M.; Casado, J	4. 巻 7
2. 論文標題 The Raman Fingerprint of Cyclic Conjugation: The Case of the Stabilization of Cations and Dications in Cycloparaphenylenes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chem. Sci	6. 最初と最後の頁 3494-3499
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6sc00765a	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 Kayahara, E.; Fukayama, K.; Nishinaga, T.; Yamago, S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Size Dependence of [N]Cycloparaphenylenes (N = 5-12) in Electrochemical Oxidation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chem. Asian J	6. 最初と最後の頁 1793-1797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201600582	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76件 (うち招待講演 23件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 茅原栄一, 加藤立久, 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンとそのジカチオン間のホスト-ゲスト化学
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 寺林智昭, 茅原栄一, 加藤立久, 山子茂
2. 発表標題 ねじれ構造を持つアルケン挿入環状パラフェニレンの合成と物性
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 森隆博, 茅原栄一, 加藤立久, 山子茂
2. 発表標題 環状パラフェニルジケトンの還元反応
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 Sun, L.; Kayahara, E.; Kato, T.; Yamago, S
2. 発表標題 Synthesis and Characterization of a Doubly Annulated Cycloparaphenylene and Its Oxidized Species
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 小野塚洸太, 茅原栄一, 加藤立久, 山子茂
2. 発表標題 8の字構造を有するシクロパラフェニレンの酸化種の電子状態
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 寺林智昭, 茅原栄一, 加藤立久, 山子茂
2. 発表標題 メビウストポロジーを持つ環状パラフェニレン誘導体ジカチオンの合成とその面内芳香族性
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 山子茂
2. 発表標題 新しいトポロジーを持つナノ炭素分子の合成と性質
3. 学会等名 令和元年度 有機合成化学協会東海支部 総合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamago
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Carbon Nano hoops
3. 学会等名 International Conference on Materials Science 2019, Chile (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamago
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Carbon Nanocarbons with New Topology
3. 学会等名 5th Erlangen Symposium on Synthetic Carbon Allotropes, Erlangen, Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Liansheng Sun.; Eiichi Kayahara.; Shigeru Yamago
2. 発表標題 Synthesis and Characterization of Doubly Annulated Cycloparaphenylenes Having Orthogonal Conjugation
3. 学会等名 基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamago
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Novel Cyclic π -Conjugated Molecules
3. 学会等名 European Symposium on Organic Reactivity, Dubrovnik, Croatia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamago
2. 発表標題 Chemical Modifications of Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 The 12th Taiwan-Japan Bilateral Symposium on Architecture of Functional Organic Molecules, Kyoto (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kayahara Eiichi.; Yamago, S
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Cycloparaphenylene Radical Cation and Dication
3. 学会等名 2019 Gordon Research Conference on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamago
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Novel Cyclic π -Conjugated Molecules
3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies, Singapore (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本晃嗣, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオン誘導体の環化付加体の変換反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松尾俊太郎, 茅原栄一, 山子茂,
2. 発表標題 遷移金属錯体による炭素-炭素結合活性化を介したシクロパラフェニレンの環拡大反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野雅也, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 [10]シクロパラフェニレン(CPP) テトラトリフラートからのベンザイン発生を鍵としたCPP誘導体の合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sun, L.; Kayahara, E.; Yamago, S
2. 発表標題 Formation and applications of host-guest complexes formed from tetraalkynyl[10]CPP and fullerenes
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kobayashi, G.; Kayahara, E.; Yamago, S
2. 発表標題 Syntheses and Properties of Tetraalkoxycycloparaphenylene Radical Cation and Dication
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野塚洗太, 橋本土雄磨, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 スピロ構造を有する環状 共役分子の合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤塚守, 茅原栄一, 山子茂, 真嶋哲朗
2. 発表標題 シクロパラフェニレンの励起緩和過程の環サイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤田彩日, 久保勝誠, 茅原栄一, 山子茂, 梶弘典
2. 発表標題 多階層計算によるシクロパラフェニレン非晶薄膜の凝集構造および電荷輸送解析
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野雅也
2. 発表標題 テトラトリフラート[10]シクロパラフェニレンの変換反応による誘導体合成
3. 学会等名 平成30年度化学研究所大学院生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本晃嗣
2. 発表標題 シクロパラフェニレンの環化付加反応に対する反応性の解明とその利用
3. 学会等名 平成30年度化学研究所大学院生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤塚守
2. 発表標題 時間分解分光による機能材料の研究
3. 学会等名 光触媒が先導する「人工光合成」技術!!! 時間分解分光で光触媒反応を解く
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山子茂
2. 発表標題 籠状・環状 共役分子の新しい有機化学
3. 学会等名 平成30年度第1回産学共同学習セミナー「新物質・新材料研究会」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山子茂
2. 発表標題 環状 共役分子の新しい有機化学
3. 学会等名 第30回 万有札幌シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamamoto, K.; Kayahara, E.; Yamago, S
2. 発表標題 Cycloaddition Reaction of Cycloparaphenylenes with 1,2,4-Triazoline-3,5-dione
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakano, M.; Sun, L.; Kayahara, E.; Yamago, S
2. 発表標題 Transformation of Tetrahydroxy Cycloparaphenylenes by Using Transition Metal Catalyzed reaction
3. 学会等名 International Symposium on Main Group Chemistry Directed towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamago, S
2. 発表標題 Synthesis and Reaction of Curved -Molecules
3. 学会等名 The 11th Japan-Taiwan Bilateral Symposium on Architecture of Functional Organic Molecules (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野雅也, 孫連盛, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 遷移金属錯体を用いたテトラヒドロキシシクロパラフェニレンの変換反応
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 茅原栄一, 林俊輝, 山子茂
2. 発表標題 白金錯体によるシクロパラフェニレンの炭素-炭素結合活性化反応
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sun, L.; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Host-guest interaction of redox-responsive [10]cycloparaphenylene derivatives having hydro- and benzoquinone units with fullerenes
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本晃嗣, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと 1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオンの環化付加反応
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 茅原栄一, 林俊輝, 山子茂
2. 発表標題 白金錯体によるシクロパラフェニレンの炭素-炭素結合活性化反応とその応用
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamago, S
2. 発表標題 Synthesis and Reactions of Curved π -Molecules
3. 学会等名 The Third International Symposium on the Synthesis and Application of Curved Organic π -Molecules & Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujitsuka, M.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Majima, T
2. 発表標題 Significant structural relaxations of [n]cycloparaphenylene dication (n = 5 - 9) in the excited states
3. 学会等名 Invited Talk in 14th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience, Gwangju Institute of Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamago, S
2. 発表標題 In-Plane Aromaticity of Cycloparaphenylene Dications
3. 学会等名 Aromaticity2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野雅也, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 遷移金属触媒を用いたテトラヒドロキシ[10]シクロパラフェニレンの変換反応
3. 学会等名 第118回化学研究所研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本晃嗣, 茅原栄一, 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオンの環化付加反応
3. 学会等名 第118回化学研究所研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hashimoto, S.; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthesis and Physical Properties of Multi-fluorinated Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 IKCOC-14 (The 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本晃嗣; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオンの環化付加反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林俊輝; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 遷移金属錯体を用いたシクロパラフェニレンの炭素-炭素結合活性化とその応用
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SUN, Liansheng; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthesis and properties of redox-responsive [10]cycloparaphenylene derivatives having hydro- and benzoquinone units
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野雅也; 孫連盛; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 ヒドロキノン骨格を持つシクロパラフェニレン誘導体の官能基化による多置換誘導体の合成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本土雄磨; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 電子不足部位を有する環状 共役分子の合成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamago, S.
2. 発表標題 Practical Synthesis of Cycloparaphenylenes and Their Derivatives
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yamago, S.
2. 発表標題 Practical Synthesis of Cycloparaphenylenes and Their Derivatives
3. 学会等名 Perspective on Synthetic Organic Chemistry 2, Nanyang Technological University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山子茂
2. 発表標題 電子による形態空間：三次元共役分子の合成とその性質
3. 学会等名 第7回 CSJ化学フェスタ2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山子茂; 茅原栄一; 孫連盛; 大西弘晃
2. 発表標題 シクロパラフェニレン類の実用的合成法
3. 学会等名 有機合成化学研究所 講演会 (第32回) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthetic Study of [4]Cycloparaphenylene
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Li, W; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthetic Study of Cyclic Azulene Oligomers from Cyclic Platinum Complexes
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲睿; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオンの[4+2]環化付加反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sun, L.; Kaiase, M.; Kayahara, E.; Matsuo, Y.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthetic Study of Tube-shaped Molecular from [10]Cycloparaphenylene Derivatives
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sun, L.: Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthesis and Properties of [10]Cycloparaphenylene Derivatives Containing Hydro- and Benzoquinone Units
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sun, L
2. 発表標題 Synthetic Study of Tube-shaped Molecular from [10]Cycloparaphenylene Derivatives
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲睿
2. 発表標題 シクロパラフェニレンと1,2,4-トリアゾリン-3,5-ジオンの[4+2]環化付加反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Li, W
2. 発表標題 Synthetic Study of Cyclic Azulene Oligomers from Cyclic Platinum Complexes
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kayahara, E.
2. 発表標題 Synthetic Study of [4]Cycloparaphenylene
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 増本優衣; 鳥海尚之; 茅原栄一; 山子茂; 村中厚哉; 内山真伸
2. 発表標題 シクロパラフェニレンのナノリング構造に基づく芳香族性
3. 学会等名 第111回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hashimoto, S.; Iwamoto, T.; Kurachi, D.; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Shortest Double-Walled Carbon Nanotubes Composed of Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 Gordon Research Conference on Physical Organic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kayahara, E.; Qu, R.; Yamago, S.
2. 発表標題 Bromination of Cycloparaphenylenes and its Application for Late-Stage Functionalization
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Li, W.; Hashimoto, S.; Kayahara, E.; Yamago, S.
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Azulene-Containing Cycloparaphenylene Derivatives
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西垣佑亮; 岸亮平; 松井啓史; 永海貴識; 山根正樹; 茅原栄一; 山子茂; 中野雅由
2. 発表標題 シクロパラフェニレンの二光子吸収特性と励起状態の構造緩和の理論研究
3. 学会等名 第11回分子科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 増本優衣; 鳥海尚之; 茅原栄一; 山子茂; 村中厚哉; 内山真伸
2. 発表標題 シクロパラフェニンにおける光学特性と面内芳香族性
3. 学会等名 第43回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 孫連盛; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 ヒドロキノンおよびベンゾキノン骨格を持つ[10]シクロパラフェニレン誘導体の合成と物性
3. 学会等名 第117回 化学研究所 研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 孫連盛; 茅原栄一; 山子茂
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Hydro- and Benzoquinone Units Containing [10]Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 第11回 有機 電子シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 曲睿
2. 発表標題 シクロパラフェニレンの臭素化反応に基づく誘導体合成
3. 学会等名 第5回 JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamago, S.
2. 発表標題 Organic Synthesis Leading to New Materials
3. 学会等名 Synthesis Day ' Symposium, University of Ottawa (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 橋本土雄磨
2. 発表標題 サイズの異なるシクロパラフェニレン間のホスト-ゲスト化学
3. 学会等名 第25回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamago, S.
2. 発表標題 Gram Scale Synthesis and Selective Functionalization of Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 International Symposium on the Synthesis and Application of Curved Organic Molecules and Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松下尚之
2. 発表標題 開殻性を持つシクロパラフェニレンの電子構造と非線形光学特性に関する理論研究
3. 学会等名 第10回分子科学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 曲睿
2. 発表標題 Synthesis of Cycloparaphenylene (CPP) Derivatives Using Metalated CPPs
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山子茂
2. 発表標題 合成化学：未来を創る科学技術
3. 学会等名 京都大学化学研究所 90周年記念講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 茅原栄一
2. 発表標題 環状 共役系分子の有機エレクトロニクス材料への応用
3. 学会等名 第116回 化学研究所 研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamago, S.
2. 発表標題 Radical Cations and Dications of Cycloparaphenylenes
3. 学会等名 The 70th Fujiwara Seminar (招待講演)
4. 発表年 2016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
研究 分担 者	梶 弘典 (Kaji Hironori) (30263148)	京都大学・化学研究所・教授 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	藤塚 守 (Fujitsuka Mamoru) (40282040)	大阪大学・産業科学研究所・教授 (14401)	

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