

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02711

研究課題名(和文) 特異な電子状態を発現するナノカーボンの設計と創成

研究課題名(英文) Design and Creation of Nanocarbons with Unique Electronic Properties

研究代表者

荒谷 直樹 (Aratani, Naoki)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：60372562

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)：本研究課題『特異な電子状態を発現するナノカーボンの設計と創成』は、実空間での原子配置が一義的に確定できるナノカーボン構造の構築を目指した。PAHを構成ユニットとしてホモカップリングやクロスカップリング反応を駆使して、様々な結合位置をもつ一連の直接結合型PAH多量体の合成に成功し、それぞれのユニークな構造に由来する特異な機能の発現を明らかにした。大きな歪みエネルギーを駆動力とした反応や空孔を利用したホスト-ゲスト化学、不斉ねじれの発現、加熱による構造変換の制御など、シクロアローレン特有の物性を見出した。本研究により、対称性の低下による電子機能の異方性化も端緒についた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重層的なPAHの研究は、相互作用の解明、エキサイマーの化学など純粋科学的な側面にとどまらず、巨大な非線形光学効果が期待できるため光通信デバイスなど応用面でも非常に重要であり、早急かつ強力に進められるべき喫緊の研究課題である。これについて理論ではなく、実在分子による明確な証拠の提示は、学術的に大変重要である。有効な、共役を達成することにより、導電性の向上、吸収や発光特性(電子状態)の制御、レドックス活性の利用など、様々な機能性を生み出すことができ、スマート社会の通信を支える低消費電力・高機能性材料を提供できる。

研究成果の概要(英文)：This research project, "Design and Synthesis of Nanocarbon Materials Exhibiting Unique Electronic States" aimed to construct nanocarbon structures in which the atomic-level precise structure can be uniquely determined in real space. Oligomeric structures with various bonding positions were made by homo- or cross-coupling reaction, and revealed the unique functionality of each structure. We have discovered unique properties of cycloarylenes, such as reactions driven by large strain energy, host-guest chemistry using vacancies, asymmetric torsion, and control of structural transformation by heating. This study also marked the beginning of anisotropy of electronic functions due to symmetry lowering.

研究分野：有機化学

キーワード：有機合成 共役系

1. 研究開始当初の背景

ベンゼン環が二次元状に縮環した「グラフェン」は黒鉛(グラファイト)の原子層一層分の化合物であり、面内方向の超高電荷移動度や機械的強度など、材料としてのポテンシャルは無機材料と比較しても桁違いに優れている。理論的にはグラフェンの電子状態は二次元の無限系ととらえられるが、現実にはトップダウン方式で得られるグラフェンには多くの欠陥がありサイズ依存的性質からも単一の化合物として扱うことは難しい。最近、グラフェン二枚の重なり方(ねじれ角)を変化させると、その角度と電子状態(酸化還元状態)によって材料の性質が絶縁体/超伝導でスイッチすることが明らかにされた(*Nature*, 2018, 556, 43 and 80)。例として、図1を見て明らかのように二層グラフェンではその重なり方によって新しいパターン(結晶格子)が発生し、導電性などの性質がそれぞれ異なる物質として振る舞う。カーボンナノチューブが巻き方によって zig-zag 型・armchair 型・chiral 型がありそれぞれ異なる物性をもつことと類似する。採択者はこれまで構造の明確な分子性(ナノサイズ)グラフェンの有機合成(ボトムアップ方式)と物性について研究してきた。広い共役系を有する芳香族化合物は一般に多環芳香族炭化水素(PAH)と呼ばれ、小さな HOMO-LUMO ギャップを有し、有機半導体材料として盛んに研究されている。なによりボトムアップ方式で得られる分子性グラフェンは、単一構造をもつため一義的な性質を示す。PAH 研究分野の隆盛・重要性は、国際的には 2010 年のグラフェンのノーベル賞、国内でも新学術領域「空間」「造形」など多くのプロジェクトの存在によって実証されている。有効な共役を達成することにより、導電性の向上、吸収や発光特性(電子状態)の制御、レドックス活性の利用など、様々な機能性を生み出すことができ、スマート社会の通信を支える低消費電力・高機能性材料を提供できると考えられた。

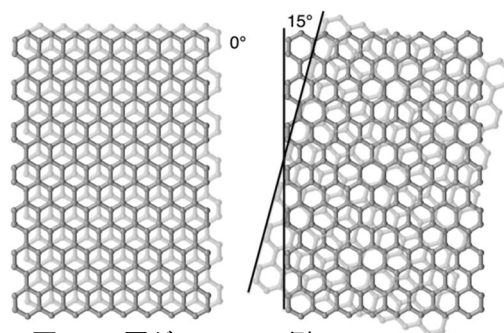


図1 二層グラフェンの例

(左) 重なり角 0° (右) 重なり角 15°

め一義的な性質を示す。PAH 研究分野の隆盛・重要性は、国際的には 2010 年のグラフェンのノーベル賞、国内でも新学術領域「空間」「造形」など多くのプロジェクトの存在によって実証されている。有効な共役を達成することにより、導電性の向上、吸収や発光特性(電子状態)の制御、レドックス活性の利用など、様々な機能性を生み出すことができ、スマート社会の通信を支える低消費電力・高機能性材料を提供できると考えられた。

2. 研究の目的

本研究課題『特異な電子状態を発現するナノカーボンの設計と創成』は、実空間での原子配置が一義的に確定できるナノカーボン構造の構築を目指した。これまで合成化学的にはグラファイトの原子層間に匹敵する面間距離で炭素シートを確実に積層させる方法がなく、二層グラフェンの合成例がなかった。クロスカップリング反応が共役系化合物合成の常套手段となった現在においても、1,8-ジブロモナフタレンをクロスカップリングすることは、立体的な混み合いから敬遠されてきたが、採択者はそのような常識にはとらわれず実験を進めたことで、実際には問題無く進行することを明らかにした(図2)。カーボンナノチューブの部分構造について、これまでに環状ベルトは伊丹ら(*Science*, 2017)が、メビウスベルトは田中ら(*J. Am. Chem. Soc.* 2019)が合成に成功していたが、いずれもベンゼン環1つ分の幅であり、チューブ構造までは達成できていない。そこで、幅をもったナノカーボンベルトの合成と物性探索をする目的で、前駆体となる環状ピレン多量体を合成し、チューブ構造の構築を目指した。

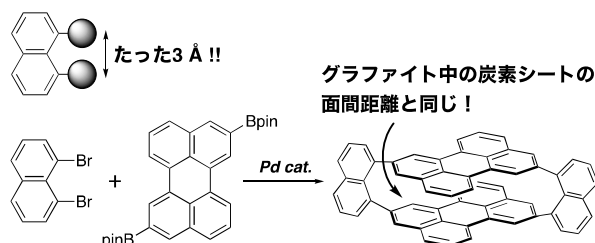


図2 C20 炭素シート(ペリレン)の二層化完全固定

3. 研究の方法

(1) 合理的な「分子性二層グラフェン」の合成ルート確立とその重なり角の制御

ベンゼン環からナノグラフェンのボトムアップ合成が世界的に盛んに研究されている。本研究では更に進んで、分子性二層グラフェンを有機化学的に合成した。採択者はペリレン (C₂₀ 炭素シート) を鈴木-宮浦クロスカップリングにより二重 1,8-ナフタレン架橋することで、距離と角度を完全に固定する対面型ペリレン二量体 (プチグラファイト分子: 面間距離 3.3 Å) の合成に成功し、結晶構造を明らかにした (図 2)。強制的に近接した距離におかれたペリレン同士の電子的相互作用を電気化学測定などで明らかできた。二重架橋 (シクロファン) の形成により、単結晶でなくとも溶液中や薄膜中でも任意のメディアで常に平行にスタックした二量体構造を達成でき、100% 効率の一重項分裂が期待できる。超分子とは異なり構造明確な二層構造が利用でき、太陽電池などへの応用の範囲は飛躍的に広がる。これを応用して分子性二層ナノグラフェンの化学を探究する。

(2) 分子性カーボンナノベルトの合成ルート探索と直径に依存した電子物性の評価

帯状の炭素シートの端同士を縮環するとチューブ型になる。ベンゼン環には向きがあるため、チューブ構造の性質はその向きに大きく依存する。そこで、前駆体の構造を工夫して armchair 型と zigzag 型の 2 つの環状ナノベルトを作り分け、電子的性質を探索する。カーボンナノチューブの部分構造であるシクロパラフェニレン (CPP) は Jasti、伊丹、磯部、山子らによって盛んに研究されているが、zigzag 型カーボンナノチューブのボトムアップ合成は (研究開始時には) 例がなかった。一般的に zigzag 構造は edge 部分にスピンの残るため不安定であるが、縦方向にベンゼン環を導入してシクラセン共役系を回避し、安定性を確保する。バルクの zigzag 型カーボンナノチューブは 3 分の 1 が金属的性質、3 分の 2 が半導体的性質をもつが、分子性カーボンナノベルトの創成によりこれらを完全に作り分けることができる。これは分子レベルの構造としては依然として完全に制御できていないカーボンナノチューブを、有機合成化学的にボトムアップ手法で合成することにもつながる。

また、採択者はこれまでに高い蛍光量子収率を有するピレンの特性を最大限に活かせるよう 1,8 位で環状に直接結合することで、迅速に環サイズ・共役系が拡張する一連の [n] シクロピレニレン (CP_n) の合成およびその系統的な物性の解明に成功している (Chem. Commun. 2019)。環サイズにユニークな CP_n の興味深い特徴を明らかにした。単量体から 1 段階で様々な環サイズの多量体を一気に構築し、環サイズに応じた多量体の構造制御が可能となり、偏光も含めた発光特性のデザインを達成したという意味で意義が大きい。この反応を利用して径と幅が一義的に決まった armchair 型カーボンナノベルトの合成戦略を確立する。

4. 研究成果

採択者は、1,8-ナフタレン架橋コロネンの二種類の積層 2 量体回転異性体 (syn 体および anti 体) の合成に成功し、syn 体はグラフェン同様のスリップスタック構造を示し、一方 anti 体の結晶構造がこれまでのナノグラフェン積層にない新しい

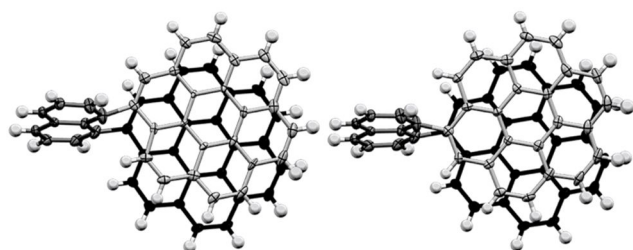


図 3 対面コロネン 2 量体の結晶構造 (左 syn 体: 右 anti 体)

スタックをしていることを明らかにした (図 3: ChemPhotoChem, 2021, 5, 975-978. Top Downloaded Article)。anti 体は重なり方によりラセミ体となっており、光学分割して円二色性スペクトル (CD) 及び円偏光発光スペクトル (CPL) を測定した。CD では分散型の鏡像スペクトルが得られ、確かに光学分割で

きたことおよび励起子カップリング理論から絶対配置の決定に至った。さらに、結合を介さない二面の相互作用が強力なことから CPL の形状が Bisignate と分散型になり、発光についても励起子カップリングが見られ、anti-Kasha 発光という極めて珍しい現象を観測できた。これらの系をよりグラファイトの特性に近づくよう、今後ヘキサベンゾコロネンに 共役平面の拡大を予定している。

armchair 型カーボンナノチューブの部分構造として 1,8 位直接結合型環状ピレン多量体 (CPn) の合成および各環サイズにおける特性について評価した。これまでに、環サイズによって異なる機能を示す環状分子の報告はほとんどない。ここでは 1,8-ジプロモピレンの Ni(cod)₂ を用いたカップリング反応により、一連の CPn を合成した。環状 3 量体は高度に歪んだ構造であり、近接化によるピレン間の強力な電子的相互作用のため、全ピレン系発光団の中で最も長波長である 599 nm のオレンジ色発光を示した。また、室内光下で酸素挿入反応が進行した。環状 4 量体はフラレンをゲスト分子として取り込み、ゲスト分子の形状によって異なるパッキング構造を示した。環状 5 量体は不斉ねじれの立体配座をとっており、光学分割に成功した異性体の CD および CPL のシグナルを観測した。

次に、4,10 位直接結合型環状ピレン多量体 (vCPn) の合成およびその構造的特性について調査した。それぞれ複数のアトロブ異性体を持っており、加熱による構造変換を確認した。これらの構造変化の機構を理解するために、1) (R,S,R,S,...) の立体配置パターンが最も熱力学的に安定であり、2) 3 つの連続する配座は避けられる、というシンプルな 2 つの仮説を提案し、実際に適用することで構造変換の仕組みを簡便に説明することができた。このように、様々な結合位置や環サイズをもつ系統的な環状ピレン多量体を得ることで、電子的、光学的及び構造的特性を明確にした。平面的な化学構造として考えると、環サイズに依存した単調な物性変化が予測されるが、実際に三次元的な立体構造を含め考察、検証することで歪みや空間、柔軟性などユニークな特性を観測し、一見複雑な構造異性体をスムーズに帰属する方策を導くなど、系統的に研究したからこそその知見が得られた。

armchair 型のカーボンナノチューブ構造としては CPP がいち早く合成され、zigzag 型カーボンナノチューブの部分構造としてのチューブ状化合物が伊丹ら (*Nat. Chem.* **2021**, *13*, 255) と Chi らのグループ (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *60*, 2658) から独立に報告された。これらとは同時期に独立して別ルートでの探索を行い、図 4 に示すスキームを考案した。ピレンの反応性を利用して環状化合物 C3 を単離し、最後は酸化や脱塩化水素反応によって共役系を完成させる。曲面状の化合物を戦略的に合成するには、どの段階でどの反応で環状化して芳香族化するかが極めて重要である。ハロゲン化物およびホウ素化物を組み合わせ、採択者が得意とする鈴木-宮浦クロスカップリングを段階的に利用しながら単結合リング状分子

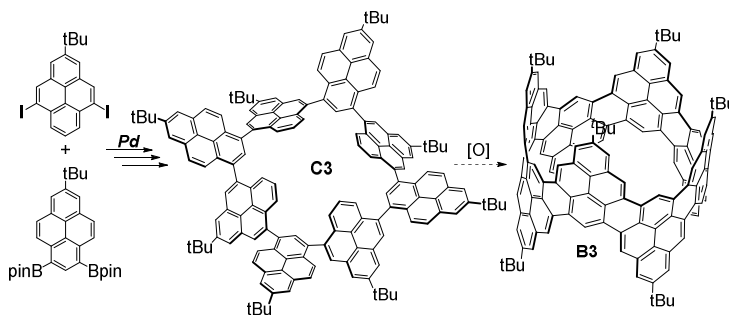


図 4 zigzag 型カーボンナノベルト縮環ピレン 8 量体の合成

を合成し、最後に「ベルト化」する縮環反応条件を探索した。二種類のピレンモノマーから一段階で環状 8 量体 C3 を単離することができた (*Synthesis*, **2021**, *53*, 344)。今後、酸化条件を検討し、チューブ状化合物 B3 の合成を目指す。

このように、ピレンの合成、反応性、電子的特徴を深く理解することで、ユニークな構造と物性を有する一連の環状ピレン多量体の合成・評価に成功した。得られた知見は、目的に応じて構

造を制御する必要のあるシクロアリーレンの結合位置と環サイズを検討する際の分子設計に応用でき、今後のカーボンナノリングの発展に貢献できる。

このほか、フラレーンが電子ドナーとしてはたらく C₆₀-キサンテン色素の合成にも成功した。代表的な有機電子受容体であるフラレーンを含むドナー-アクセプター系はこれまで数多く構築され、様々な電子ドナー分子からフラレーンへの光誘起電子移動過程が研究されてきた。しかし、フラレーンの電子ドナー能力に関する研究は非常に限られている。Rh 触媒によるアリールポロン酸の C₆₀ への付加反応を利用してフラレーンより強い電子アクセプターであるキサンテン色素を C₆₀ に直接結合した (図 5)。得られた連結化合物 X60_NTF₂ のフラレーンを光励起した際の蛍光消光および過渡吸収測定により、C₆₀ からキサンテン色素へ電子移動することを確認し C₆₀ カチオンを発生するモデル化合物の構築に成功した (*Eur. J. Org. Chem.*, **2021**, 3377)。本研究結果は、フラレーンを電子ドナーとして、金属イオンの補助なしに分子内電荷分離した初めての例である。X60-NTF₂ は電子アクセプターとしての利用がほとんどであったフラレーンの、電子ドナーとしての応用の可能性を広げた。

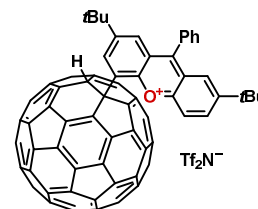


図 5 X60_NTF₂ の構造

さらに、C₇₀ へのキサンテン二重付加反応によるキラルフラレーンの合成とキロプティカル物性の開拓にも成功した。フラレーン C₇₀ の二つの二重結合に置換基を付加して生成するキラルフラレーンは、ユニークな構造のためにキラル有機光学材料として非常に魅力的である。しかし、フラレーンの光学特性、特に蛍光は量子収率も小さく電子移動によって容易に消光するため、分子デバイス特性としてこれまで注目されてこなかった。

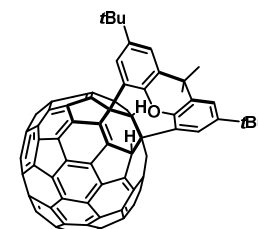


図 6 X70A の構造

本研究では、Rh 触媒によるビスホウ素化キサンテンの C₇₀ への二重付加反応によってキラル C₇₀ 誘導体 X70A を合成した (図 6)。さらに、X70A の光学分割にも成功し、700 nm まで

伸びる対称形の CD スペクトルを得た (図 7)。また、X70A は深赤色から近赤外領域で C₇₀ よりも強い蛍光を示し、それぞれのエナンチ

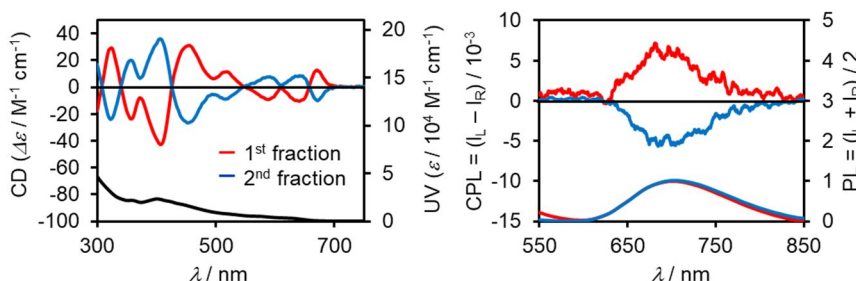


図 7 キラル X70A の CD スペクトル(左)および CPL スペクトル(右)

オマーで鏡像の CPL が観測できた。CPL の異方性因子 g 値は 690 nm で $\pm 7.0 \times 10^{-3}$ であり、純粋な有機化合物かつ深赤領域としては大きな値であった (*Sci. Rep.*, **2021**, 11, 12072)。

n 型半導体としての利用がほとんどであったフラレーンに、電子ドナー性や発光材料として価値を見出したことは、長年研究されてきたフラレーンに注目されてこなかった視点である。これまでフラレーンの光化学は主に光励起後の電子移動と三重項エネルギー移動、例えば一重項酸素の生成に焦点が当てられてきた。今回の成果は、フラレーンの発光 (蛍光) がフォトニックデバイス材料へ応用できる可能性を示している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 6件）

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Kano Haruka, Uehara Keiji, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Direct borylation of terylene and quaterylene | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 621 ~ 627 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.16.58 | 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 Kurosaki Ryo, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 49 |
| 2. 論文標題 A Directly-linked Cyclic Pyrene Tetramer as a Back-to-back Receptor for Two Fullerenes | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 892 ~ 895 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200233 | 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 Hayashi Hironobu, Hieda Nao, Yamauchi Mitsuaki, Chan Yee Seng, Aratani Naoki, Masuo Sadahiro, Yamada Hiroko | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 Visible Light Induced Heptacene Generation under Ambient Conditions: Utilization of Single crystal Interior as an Isolated Reaction Site | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal | 6. 最初と最後の頁 15079 ~ 15083 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202002155 | 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 Yamada Hiroko, Aratani Naoki, Mei Peifeng, Kurosaki Ryo, Matsumoto Akinobu | 4. 巻 53 |
| 2. 論文標題 One-Pot Synthesis of a Cyclic Pyrene Octamer from Two Bifunctionalized Pyrene Monomers | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Synthesis | 6. 最初と最後の頁 344 ~ 347 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0040-1705950 | 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 Zhu Juanjuan, Hayashi Hironobu, Chen Meng, Xiao Chengyi, Matsuo Kyohei, Aratani Naoki, Zhang Lei, Yamada Hiroko | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Synthesis and Evaluation of Charge Transport Property of Ethynylene Bridged Anthracene Oligomers | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Macromolecular Chemistry and Physics | 6. 最初と最後の頁 2100024 ~ 2100024 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/macp.202100024 | 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 Kano Haruka, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Kato Kosaku, Yamakata Akira, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 Buckyball as an Electron Donor in a Dyad of C60 and Xanthene Dye | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 3377 ~ 3381 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202100276 | 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 Kano Haruka, Hayashi Hironobu, Matsuo Kyohei, Fujiki Michiya, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Deep-red circularly polarised luminescent C70 derivatives | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 12072 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-91451-5 | 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 Xue Songlin, Liu Ningchao, Mei Peifeng, Kuzuhara Daiki, Aratani Naoki, Qiu Fengxian, Yamada Hiroko | 4. 巻 60 |
| 2. 論文標題 Binuclear Rhodium(I) Complex of a Dimethylvinylene-Bridged Distorted Hexaphyrin(2.1.2.1.2.1) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Inorganic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 16070 ~ 16073 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c02609 | 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 Uehara Keiji, Kano Haruka, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Fujiki Michiya, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Mirror Image Cofacial Coronene Dimers Characterized by CD and CPL Spectroscopy: A Twisted Bilayer Nanographene | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ChemPhotoChem | 6. 最初と最後の頁 974 ~ 978 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.202100166 | 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 Zhu Juanjuan, Hayashi Hironobu, Chen Meng, Xiao Chengyi, Matsuo Kyohei, Aratani Naoki, Zhang Lei, Yamada Hiroko | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Single crystal field-effect transistor of tetrabenzoporphyrin with a one-dimensionally extended columnar packing motif exhibiting efficient charge transport properties | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 2527 ~ 2531 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1tc03547a | 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 Eimre Kristjan, Urgel Jose I., Hayashi Hironobu, Di Giovannantonio Marco, Ruffieux Pascal, Sato Shizuka, Otomo Satoru, Chan Yee Seng, Aratani Naoki, Passerone Daniele, Groning Oliver, Yamada Hiroko, Fasel Roman, Pignedoli Carlo A. | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 On-surface synthesis and characterization of nitrogen-substituted undecacenes | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 27961 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-27961-1 | 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 Morimoto Hirofumi, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 Facile Post-synthesis and Redox Behavior of π -Expanded Ferrocene and ansa-Ferrocene | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 428 ~ 430 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220011 | 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 Liu Ningchao, Morimoto Hirofumi, Wu Fan, Lv Xiaojuan, Xiao Bentian, Kuzuhara Daiki, Pan Jianming, Qiu Fengxian, Aratani Naoki, Shen Zhen, Yamada Hiroko, Xue Songlin | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Synthesis of Planar meso-Aryl Rosarins: A Reversible Antiaromatic/Aromatic Interconversion | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Organic Letters | 6. 最初と最後の頁 3609 ~ 3613 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c01147 | 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 Chan Yee Seng, Hayashi Hironobu, Sato Shizuka, Kasahara Shoma, Matsuo Kyohei, Aratani Naoki, Yamada Hiroko | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 Polyazaacene and Cyclazaacene Precursors Synthesized by Dehydration Condensation from a Versatile Bis diketone Unit Having an Anthracene Skeleton | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 e202200621 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202200621 | 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 Ohtomo Manabu, Hayashi Hironobu, Shiotari Akitoshi, Kawamura Mayu, Hayashi Ryunosuke, Jippo Hideyuki, Yamaguchi Junichi, Ohfuchi Mari, Aratani Naoki, Sugimoto Yoshiaki, Yamada Hiroko, Sato Shintaro | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 On-surface synthesis of hydroxy-functionalized graphene nanoribbons through deprotection of methylenedioxy groups | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Nanoscale Advances | 6. 最初と最後の頁 4871 ~ 4879 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2na00031h | 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 Zhang Zhongbo, Wang Zilong, Aratani Naoki, Zhu Xiaozhang, Zhang Qichun | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Seeing Is Believing: A Wavy N-Heteroarene with 20 Six-Membered Rings Linearly Annulated in a Row | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 CCS Chemistry | 6. 最初と最後の頁 3491 ~ 3496 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31635/ccschem.022.202202013 | 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 Matsuo Kyohei, Okumura Rina, Hayashi Hironobu, Aratani Naoki, Jinnai Seihou, Ie Yutaka, Saeki Akinori, Yamada Hiroko | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Phosphaacene as a structural analogue of thienoacenes for organic semiconductors | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 13576 ~ 13579 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2cc05122b | 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 Ge Xinrun, Rao Yutao, Xu Ling, Zhou Mingbo, Kurosaki Ryo, Aratani Naoki, Osuka Atsuhiko, Song Jianxin | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Bottom-Up Synthesis of Multiply Fused PdII Anthriporphyrinoids | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Central Science | 6. 最初と最後の頁 1627 ~ 1632 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscentsci.2c01218 | 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 Jeong Eunjeong, Ito Tatsuya, Takahashi Kohtaro, Koganezawa Tomoyuki, Hayashi Hironobu, Aratani Naoki, Suzuki Mitsuharu, Yamada Hiroko | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Exploration of Alkyl Group Effects on the Molecular Packing of 5,15-Disubstituted Tetrabenzoporphyrins toward Efficient Charge-Carrier Transport | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 32319 ~ 32329 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acсами.2c07313 | 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 Shi Yongqiang, Lin Yilin, Kang Fangyuan, Aratani Naoki, Huang Weiwei, Zhang Qichun | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 A Nitro-Rich Small-Molecule-Based Organic Cathode Material for Effective Rechargeable Lithium Batteries | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 1227 ~ 1233 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acсами.2c18869 | 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 Fujita Ryuichi, Yoshida Shoko, Kano Haruka, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 A Series of Soluble Planar Oligorylenes up to Hexarylene | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Chinese Journal of Chemistry | 6. 最初と最後の頁 1023 ~ 1027 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cjoc.202200692 | 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 Ye Meng, Deng Fangling, Xu Ling, Rao Yutao, Yin Bangshao, Zhou Mingbo, Kurosaki Ryo, Aratani Naoki, Osuka Atsuhiko, Song Jianxin | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 A Quadruply Bridged Non Offset Face to Face Porphyrin Dimer and Cross Shaped Pentameric Porphyrin Tapes Based on 2,7,12,17 Tetrakis(pinacolatoboryl) NiII Porphyrin | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition | 6. 最初と最後の頁 e202300260 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202300260 | 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 Kurosaki Ryo, Morimoto Hirofumi, Matsuo Kyohei, Hayashi Hironobu, Yamada Hiroko, Aratani Naoki | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 An Atropisomerism Study of Large Cycloarylenes: [n]Cyclo 4,10 Pyrenylenes' Case | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal | 6. 最初と最後の頁 e202203848 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202203848 | 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 Xue Songlin, Ryan Osterloh W., Lv Xiaojuan, Liu Ningchao, Gao Yimei, Lei Haitao, Fang Yuanyuan, Sun Zhongti, Mei Peifeng, Kuzuhara Daiki, Aratani Naoki, Yamada Hiroko, Cao Rui, Kadish Karl M., Qiu Fengxian | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Enhanced Four Electron Oxygen Reduction Selectivity of Clamp Shaped Cobalt(II) Porphyrin(2.1.2.1) Complexes | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition | 6. 最初と最後の頁 e202218567 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202218567 | 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 Lv Xiaojuan, Morimoto Hirofumi, Liu Ningchao, Kuzuhara Daiki, Aratani Naoki, Yamada Hiroko, Qiu Fengxian, Xue Songlin | 4. 巻 88 |
| 2. 論文標題 Bent Dithienoporphyrin(2.1.2.1): Synthesis, Structure, Optical and Electronic Properties, and Metal Complexation | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 3466 ~ 3473 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.2c02520 | 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 Lv Xiaojuan, Gao Hu, Wu Fan, Liu Ningchao, Ueno So, Yang Xiaoliang, Zhang Tao, Aratani Naoki, Yamada Hiroko, Qiu Fengxian, Shen Zhen, Xue Songlin | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Highly Robust and Antiaromatic Rhenium(I) Rosarin | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Inorganic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 4747 ~ 4751 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.3c00061 | 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38件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 藤田隆一・松尾恭平・林宏暢・山田容子・荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 2,2'-直接結合ペリレン二量体の合成と光物性 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加納 春華・藤木 道也・山田 容子・荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 C70への二重付加反応によるキラルフラレーンの合成 |
| 3. 学会等名 基礎有機化学会 若手オンラインシンポジウム (第0回) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 加納春華・藤木道也・山田容子・荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 二重付加反応によるキラルフラレンC70の合成と光物性 |
| 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 黒崎 澗・畑中 美穂・山田 容子・荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 高歪み環状ピレン3 量体の特異な光物性 |
| 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 森本 裕詞、松尾 恭平、山田 容子、荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 拡張フェロセンの合成と物性 |
| 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 黒崎 澗、山田 容子、荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 5,9-直接結合型環状ピレン多量体の合成 |
| 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 林 宏暢, 山口 淳一, 實宝 秀幸, 塩足 亮隼, 大伴 真名歩, 荒谷 直樹, 大淵 真里, 杉本 宜昭, 佐藤 信太郎, 山田 容子 |
| 2. 発表標題 炭素原子17 個分の幅を有するアームチェア型グラフェンナノリボンの基板上合成 |
| 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 山口 淳, 林 宏暢, 實宝 秀幸, 塩足 亮隼, 大伴 真名歩, 荒谷 直樹, 大淵 真理, 杉本 宜昭, 山田 容子, 佐藤 信太郎 |
| 2. 発表標題 N = 17アームチェアエッジグラフェンナノリボンの電子状態評価 |
| 3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森本裕詞、山田容子、荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 Experimental and Theoretical Investigation of a Fused Ferrocene-bridged Peryleneimide Dimer |
| 3. 学会等名 光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 黒崎濤、山田容子、荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 一連の5,9-直接結合型環状ピレン多量体の合成と構造変換 |
| 3. 学会等名 基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加納春華、林宏暢、松尾恭平、藤木道也、山田容子、荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 新規キラルフラレン合成法の開拓とキロプティカル特性 |
| 3. 学会等名 基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ryo Kurosaki, Hiroko Yamada, Naoki Aratani |
| 2. 発表標題 Synthesis of a series of large 4,10-cyclopyrenylene oligomers |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------|
| 1. 発表者名 藤田隆一、山田容子、荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 ヘキサリレンの合成 |
| 3. 学会等名 基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 笠原 彰真, 林 宏暢, 荒谷 直樹, 山田 容子 |
| 2. 発表標題 脱水縮合反応を用いたベルト型環状分子の合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 岸本 太地, 林 宏暢, 荒谷 直樹, 山田 容子 |
| 2. 発表標題 フッ素修飾グラフェンナノリボンの部分構造合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 加納 春華, 山田 容子, 荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 共有結合型コラニューレンケージの合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 南野 直人, 林 宏暢, 荒谷 直樹, 山田 容子 |
| 2. 発表標題 エチレン架橋されたアセン多量体の合成：ワンポット合成と多段階合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 奥村 崇之, 林 宏暢, 荒谷 直樹, 山田 容子 |
| 2. 発表標題 ボロン酸と1,2-ジオールとの可逆的ボロン酸エステル形成を利用した環状アントラセン二量体の合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 荒谷 直樹・森本 裕詞・山田 容子 |
| 2. 発表標題 ジベンゾジメチルジヒドロピレンの新規合成法の開拓とフォトクロミック反応 |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 森本裕詞, 松尾恭平, 山田容子, 荒谷直樹 |
| 2. 発表標題 ジベンゾジヒドロピレンの新規合成法と光異性化 |
| 3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松尾恭平・奥村莉奈・荒谷直樹・山田容子 |
| 2. 発表標題 有機電界効果トランジスタへの応用を志向したホスファアセンの合成 |
| 3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠原彰真・林 宏暢・荒谷 直樹・山田 容子 |
| 2. 発表標題 可逆的ボロン酸エステル形成を利用した環状分子の合成：異性体の分離効果 |
| 3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南野直人・林宏暢・荒谷直樹・山田容子 |
| 2. 発表標題 ジケトンとジアミンとの脱水縮合反応を用いた大環状分子の合成 |
| 3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naoki Aratani, Keiji Uehara, Haruka Kano, Ryuichi Fujita, Shoko Yoshida, and Hiroko Yamada |
| 2. 発表標題 Azulene-alternative Rylenes: Neutral and Non-radical Planar Pure Hydrocarbons with Near-infrared Absorption Beyond 1300 nm |
| 3. 学会等名 The 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 R. Kurosaki, H. Yamada, N. Aratani |
| 2. 発表標題 A Directly-linked Cyclic Pyrene Tetramer as a Back-to-back Receptor for Two Fullerenes |
| 3. 学会等名 The 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Haruka Kano, Hiroko Yamada, Naoki Aratani |
| 2. 発表標題 Novel Conjugative Covalent Molecular Cages Based on Corannulene |
| 3. 学会等名 The 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Morimoto, K. Matsuo, H. Yamada, N. Aratani |
| 2. 発表標題 Photochromic behaviour and Global Aromaticity of Dibenzodihydropyrene |
| 3. 学会等名 The 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoki Aratani, Keiji Uehara, Haruka Kano, Ryuichi Fujita, Shoko Yoshida, and Hiroko Yamada |
| 2. 発表標題 Azulene-alternative Rylenes: Neutral and Non-radical Planar Pure Hydrocarbons with Near-infrared Absorption |
| 3. 学会等名 25th IUPAC Conference on Physical Organic Chemistry (ICPOC25) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 R. Kurosaki, M. Fujiki, H. Yamada, N. Aratani |
| 2. 発表標題 Chiroptical properties of a twisted cyclopentapyrenylene |
| 3. 学会等名 28th IUPAC Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Morimoto, K. Matsuo, H. Yamada, N. Aratani |
| 2. 発表標題 Global aromaticity of photochromic dibenzodihydropyrene |
| 3. 学会等名 28th IUPAC Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Kano, M. Fujiki, H. Yamada, N. Aratani |
| 2. 発表標題 Synthesis and Chiroptical Properties of Corannulene Cages |
| 3. 学会等名 28th IUPAC Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryo Kurosaki, Hiroko Yamada, Naoki Aratani |
| 2. 発表標題 Unique Properties of 1,8-Cyclic Pyrene Oligomers |
| 3. 学会等名 7th IRP NanoSynergetics2 Workshop (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 吉田 祥子・山田 容子・荒谷 直樹 |
| 2. 発表標題 骨格ゆがみの小さなヘキサリレンビスイミドの合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryo Kurosaki, Remi Metivier, Hiroko Yamada, and Naoki Aratani |
| 2. 発表標題 Synthesis and photophysical properties of chiral 1,7-7',1'-cyclopyrenylene oligomers |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 林 宏暢・Zhu Juanjuan・松尾 恭平・荒谷 直樹・山田 容子 |
| 2. 発表標題 高効率な電荷輸送特性を示す一次元カラム構造を形成したテトラベンゾポルフィリンの単結晶電界効果トランジスタ |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山本 築、林 宏暢、松尾恭平、荒谷 直樹、山田 容子 |
| 2. 発表標題 トリプチセン誘導体を利用したポーラスナノシートの合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 笠原 彰真・林 宏暢・大伴 真名歩・松尾 恭平・荒谷 直樹・佐藤 信太郎・山田 容子 |
| 2. 発表標題 5,11-ジアントリル-アントラジチオフエンを用いた表面化学ポリマー合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮崎 和哉・松尾 恭平・荒谷 直樹・山田 容子 |
| 2. 発表標題 非対称型5,15置換テトラベンゾポルフィリンの合成と電荷輸送特性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023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 | | | |
|---------|------------------|--|--|--|
| フランス | ENS Paris-Saclay | | | |
| スイス | ETH Zurich | | | |