

令和元年6月5日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04139

研究課題名(和文) 軌道縮重系多環芳香族炭化水素分子を利用した高次機能性分子集合体の創成

研究課題名(英文) Multifunctional Molecular Assemblies based on Orbitally Degenerate Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Molecules

研究代表者

吉田 幸大 (Yoshida, Yukihiro)

京都大学・理学研究科・特定准教授

研究者番号：10378870

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：主対象であるD6h対称コロネンだけではなく、サイズ、平面性、対称性の異なるコロネン類縁分子を用いた電荷移動(CT)錯体の開発を推進した。非平面型多環芳香族炭化水素(PAH)分子である[6]ヘリセンや[6]シクロパラフェニレンから成るCT錯体においては、それらの特異な共役構造に起因した分子配列を確認した。C_{2v}対称ベンゾ[ghi]ペリレンを用いたCT錯体の開発を通じて、コロネン分子の軌道縮重が固体中においても保持されていることを見出した。また、様々なPAH分子の孤立分散膜における電場変調吸収分光測定を行い、共役系の拡張に伴う励起準位構造の変化を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軌道縮重系共役分子を用いた電子機能材料の研究例は非常に少ない。本研究では、実験・理論両面からコロネンの高対称性が固体中での動的挙動や電子物性に与える影響について知見を得た。電子機能材料への展開における有効な手段としてCT相互作用の利用があげられるが、本研究ではサイズ、平面性、対称性の異なるコロネン類縁分子を用いたCT錯体開発を推進し、これらの共役構造に起因した特異な分子配列を見出した。本知見は、今後の合目的な電子機能材料の開発において重要な設計指針を与えるものである。さらに、本研究で取り組んだPAH分子の光励起状態の準位構造の理解は、光機能材料としての応用を考える上で重要である。

研究成果の概要(英文)：We performed the synthesis of charge-transfer (CT) complexes composed of various coronene analogues with different size, planarity, and symmetry, along with the parent coronene. Nonplanar polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), [6]helicene and [6]cycloparaphenylene, gave CT complexes with peculiar molecular arrangements associated with their π -conjugated structures. Through the study of CT complexes based on C_{2v}-symmetric benzo[ghi]perylene, we found that the degeneracy of frontier orbitals of coronene molecule is maintained in the solid state. Electroabsorption measurements of various PAH molecules isolatedly dispersed in the matrix film revealed that the excited-state structure varies depending on the size of π -conjugated plane.

研究分野：機能物質科学

キーワード：多環芳香族炭化水素 コロネン 軌道縮重 超伝導 スピンフラストレーション π -d相互作用 電場変調吸収分光 励起準位構造

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コロネン分子 (図 1) は、カルパチア石と呼ばれる有機鉍物として産出し、土星の衛星タイタンにも存在することが知られている。一方で、グラフェンの最小構成単位であると同時に、最小の D_{6h} 対称多環芳香族炭化水素 (PAH) 分子であることから、近年では分子科学や材料科学の分野において非常に注目されている。 D_{6h} 対称性に起因して、コロネンのフロンティア軌道は縮退しており、固体中においてもこの高対称性を保持することができれば、McConnell の第 2 モデルに基づく強磁性秩序状態や、BCS 理論に基づく高 T_c 超伝導状態の発現が期待できる。また、高対称の分子間相互作用が予想されることから、有機物では困難であったフラストレーションを包含したスピン幾何構造の構築も期待できる。酸化還元特性の観点から、コロネンは弱いながらも電子ドナー (D) と見なせる ($E_{1/2}^{\text{D}} = 1.23 \text{ V vs. SCE}$) にもかかわらず、コロネンから成る陽イオンラジカル固体は研究代表者らによる 2 例のみであった。

2. 研究の目的

コロネン分子を用いて、HOMO 準位の軌道縮重に起因した高 T_c 超伝導体や、LUMO 準位の軌道縮重に起因した励起子の長寿命化を実現する。特に、コロネン陽イオンの π 積層に対して外場印加や化学ドーピングを施すことによるバンドフィリング制御も駆使して、高 T_c 超伝導相を探索する。また、高対称の分子間相互作用を利用して、多彩なスピンフラストレート磁性体を構築し、未踏の電子状態を実現する。理論計算を駆使しながら陽イオンラジカル塩の性質 (結晶構造、電子物性、光物性、動的挙動) と対陰イオンの形状・価数の相関関係を抽出し、新物質開発にフィードバックする。

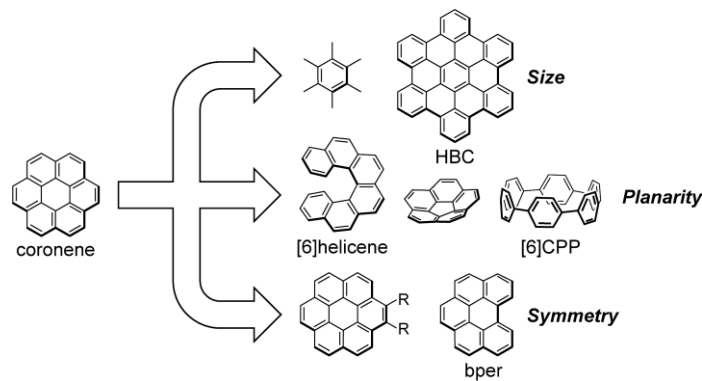


図 1 コロネン類縁分子の分類

3. 研究の方法

溶媒蒸発法、溶液拡散法、共昇華法、電解酸化法等を用いて新規コロネン電荷移動 (CT) 錯体を合成し、結晶構造解析を行った後に、分光測定から電荷状態を、固体 NMR 測定から分子回転挙動を、電気抵抗や静磁化率測定等から電子物性を評価する。高電気抵抗を示した塩に対して外場印加 (圧力、電界効果) や化学ドーピング (類似構造を有する異価陰イオンの導入) を行い、超伝導相の探索を推進する。また、ポンプ・プローブ分光法と第一原理バンド計算を用いて、励起状態の軌道縮重に起因した励起子の長寿命化を実現する。さらに、コロネン類縁分子 (図 1) から成る新規 CT 錯体の開発も推進し、対応するコロネン CT 錯体の結晶構造・電子物性との比較検討を行う。

4. 研究成果

(1) コロネン陽イオンラジカル塩の開発 (雑誌論文⑩、学会発表⑧)

四面体陰イオン MX_4^- ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ga}, \text{In}; \text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) 存在下での電解酸化により、6 種類の新規陽イオンラジカル塩を開発した。1:1 塩 (coronene)(GaCl_4) では、コロネン分子はわずかに二量体化した π 積層構造 (図 2) を有しており、面間距離 (3.27–3.28 Å) はグラファイト層間距離 (3.35 Å) や中性 CT 錯体中における面間距離 (約 3.4 Å) より短い。組成からコロネン分子の価数は +1 だと推測されるが、広い π 共役系に起因して室温伝導度 0.4 S cm^{-1} 、活性化エネルギー 0.11 eV の良導電性半導体であることが分かった。DFT 法に基づく第一原理バンド計算から、(coronene)(GaCl_4) は積層方向に顕著な分散を示すが、フェルミ準位はエネルギーギャップ内に位置することが分かった。つまり、エネルギーギャップは 0.13 eV と小さいものの、(coronene)(GaCl_4) はバンド絶縁体とみなすことができる。 GaBr_4^- や FeBr_4^- を対陰イオンとして用いた場合にも同様の集積構造を有する 1:1 塩が得られた。特に、(coronene)(FeBr_4) においては約 16 K で反強磁性転移が観測された。拡張 Hückel 法を用いた移動積分計算により、 $\text{C-H}\cdots\text{Br}$ 水素結合を介した $\text{coronene}^{\bullet+}\cdots\text{FeBr}_4^-$ 間の π -d 相互作用 (最大で $J_{\pi d}/k_B = -11.1 \text{ K}$) が、磁気秩序発現の鍵であることを見出した。

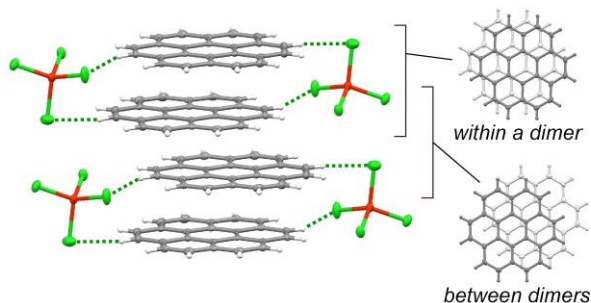


図 2 (coronene)(GaCl_4) におけるコロネン分子の積層構造 (緑色破線は $\text{C-H}\cdots\text{Cl}$ 水素結合を示す)

GaCl_4^- は5:2塩(coronene) $_5(\text{GaCl}_4)_2$ も与えた。1:1錯体と同様にコロネン分子は π 積層を形成するが、カラムの横にもコロネン分子が存在する。結晶構造解析から評価した分子内 Jahn-Teller 歪み、ラマン分光測定、ならびに第一原理 DFT 計算より、積層内では charge-rich コロネンと charge-poor コロネンが2分子ずつ交互に並んだ積層様式を有しており、カラム横のコロネンはほぼ中性であることが分かった。電荷不均一状態にもかかわらず、この塩も室温伝導度 2.8 S cm^{-1} 、活性化エネルギー 0.14 eV の良導電性半導体であることが分かった。 FeCl_4^- や InCl_4^- を用いた場合にも同形の5:2塩が得られた。 ZnCl_4^{2-} 陰イオンの部分導入によるホールドーピングも試みたが、生成物は大気に不安定であり、現在のところ目的物の単離には成功していない。

コロネン類縁分子は、図1で示したようにサイズ・平面性・対称性の違いに大別できる。以下では、各項目における研究成果について報告する。

(2) サイズ：拡張 π 共役系PAH分子を用いたCT錯体の開発

研究代表者らは、これまで10種類以上の新規コロネン陽イオンラジカル塩を開発しているが、金属的伝導性を示す物質は得られていない。大半の塩はバンド絶縁体であり、分子間移動積分の改善が必須である。本研究では、金属相の発現を目的に、拡張した π 共役系を有するヘキサ-*tert*-ブチル-ヘキサ-*peri*-ヘキサベンゾコロネン（以下、 $(t\text{-Bu})_6\text{HBC}$ ）を用いた陽イオンラジカル塩の開発を推進した。

$(t\text{-Bu})_6\text{HBC}$ はScholl反応を含む既知手法を用いて合成した。 O_h 対称 Lindqvist 型クラスター $\text{Mo}_6\text{O}_{19}^{2-}$ 陰イオン存在下での電解酸化により、2種類の新規塩 $[(t\text{-Bu})_6\text{HBC}]_2(\text{Mo}_6\text{O}_{19})(\text{THF})$ ならびに $[(t\text{-Bu})_6\text{HBC}](\text{Mo}_6\text{O}_{19})(\text{CH}_2\text{Cl}_2)_x$ ($x \sim 0.75$)の単結晶試料を得た。赤外ならびに紫外-可視吸収スペクトル (2-HOMO \rightarrow HOMO 遷移に対応する吸収バンド (約 1.5 eV) の観測) から、いずれの塩においても $(t\text{-Bu})_6\text{HBC}$ 分子は酸化されていることを確認した。組成から、結晶中における $(t\text{-Bu})_6\text{HBC}$ 分子の価数は各々+1、+2と推測されるが、ともに π 積層構造ではなくダイマー構造を形成していた。

(3) 平面性：らせん状PAH分子を用いたCT錯体の開発 (雑誌論文⑧)

高次元に集積した π 電子ネットワークを構築するためには、非平面 π 共役分子の活用が有効である。本研究では、らせん状[6]ヘリセン分子を用いてCT錯体の開発を推進した。3種類のTCNQ誘導体 (Me_2TCNQ 、 F_2TCNQ 、 F_4TCNQ)とのCT錯体は共昇華法により、TCNQとのCT錯体は溶媒蒸発法により作成した。いずれのCT錯体においても[6]ヘリセン分子はラセミ体であり、 $[\dots(P)\text{-}[6]\text{helicene}\dots\text{TCNQ}\dots(M)\text{-}[6]\text{helicene}\dots\text{TCNQ}\dots]$ をユニットとする交互積層を形成している。図3に示すように、[6]ヘリセン分子の非平面性に起因して特異な波状の積層構造を有することを見出した。また、TCNQ誘導体の電子受容能の増大とともに、CT錯体中の[6]ヘリセン分子はバネのように伸長することを見出した (両末端ベンゼン環間距離: $4.12 \rightarrow 4.39 \text{ \AA}$)。

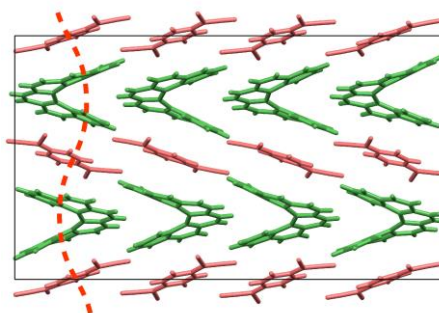


図3 ([6]helicene)(TCNQ)の結晶構造 (緑色: [6]helicene分子、赤色: TCNQ分子)

(4) 平面性：環状PAH分子を用いたCT錯体の開発

シクロパラフェニレン（以下、CPP）は、 π 共役系を側面に有する環状分子である。本研究では、この側面を利用した π - π 相互作用による新奇二次元 π 電子ネットワークの構築を目指して、[6]CPP陽イオンラジカル塩の開発を推進した。 $\text{Mo}_6\text{O}_{19}^{2-}$ 陰イオン存在下での電解酸化により、 $[(6]\text{CPP})(\text{Mo}_6\text{O}_{19})(\text{CH}_2\text{Cl}_2)_3$ 単結晶試料を得た。組成から+2価だと予想される[6]CPP分子はディスオーダーした CH_2Cl_2 分子を包摂し、[6]CPP分子間に有意な π - π 相互作用は確認されなかったが、 $\text{C-H}\dots\text{O}$ 水素結合を介した $\text{Mo}_6\text{O}_{19}^{2-}$ とのチェッカーボード型二次元層を形成していることが分かった (図4)。酸化に起因して、 C-C 環結合距離 (1.40 \AA)は、中性分子の場合 (1.49 \AA)に比べ短くなることを確認した。

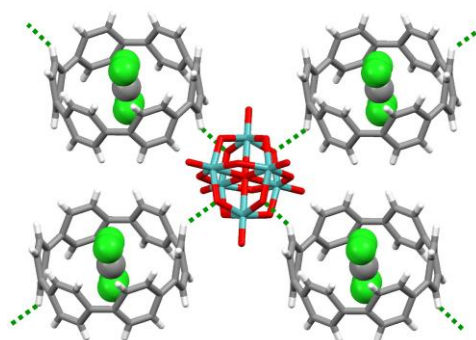


図4 $[(6]\text{CPP})(\text{Mo}_6\text{O}_{19})(\text{CH}_2\text{Cl}_2)_3$ における二次元面内 $\text{C-H}\dots\text{O}$ 水素結合ネットワーク。各[6]CPP分子はディスオーダーした CH_2Cl_2 分子を包摂する。

(5) 対称性：低対称PAH分子を用いたCT錯体の開発 (雑誌論文⑥、学会発表⑤、学会発表⑦) 研究代表者らは、CT錯体中におけるコロネン分子配列と回転挙動や電子物性の相関について

検討してきた。一方で、コロネン類縁分子から成る同形 CT 錯体の動的ならびに電子物性との比較を行うことにより、コロネンの高対称性がこれらの諸性質に与える影響を効果的に抽出できる。本研究では、コロネンからベンゼン環を 1 つ除去した C_{2v} 対称ベンゾ[ghi]ペリレン (以下、bper) を用いて、3 種類の中性 CT 錯体(bper)(TCNQ)、(bper)₂(TCNQ)、(bper)₃(TCNQ)、ならびに 2 種類の陽イオンラジカル塩 (bper)₃(Mo₆O₁₉)、(bper)(GaCl₄)を開発した。1:1 錯体 (bper)(TCNQ)は(coronene)(TCNQ)と同様の DA 型交互積層構造を有し、面間距離 (3.27 Å) も (coronene)(TCNQ) (3.26 Å) と同程度である。しかしながら、298 K における分子面内の平均二乗原子変位 $\langle u^2 \rangle$ (0.062 Å²) は、²H NMR 測定から約 2 GHz の高速面内回転を行うことが明らかになっている (coronene)(TCNQ) (0.145 Å²) に比べ小さい (図 5a)。分子の対称性低下による回転障壁の増大が回転挙動抑制の主要因だと考えられる。さらに、ダイヤモンドアンビルセルを用いて高圧下でのラマン分光測定を行ったところ、電子状態の変調を示唆するスペクトル変化が確認された。

陽イオンラジカル塩 (bper)₃(Mo₆O₁₉)は、(coronene)₃(Mo₆O₁₉)と同形構造を有する。π 積層構造を有し、結晶学的に独立な 2 分子 (A,B) が...AABAAB...の順に整列している (図 5b)。A-A 対の面間距離 (3.14 Å) に対し、A-B 対の面間距離 (3.28 Å) は (coronene)₃(Mo₆O₁₉)の対応する距離 (3.19 Å) に比べ長い。この結果は、bper 一次元鎖内における電荷不均一状態を示唆しており、bper 分子の結合距離や第一原理 DFT 計算から推測した電荷状態と合致している。分子 A における charge-rich 状態 (第一原理 DFT 計算から +0.82 価と算出) 発現には、bper 分子のベイ領域における近接 Mo₆O₁₉²⁻陰イオンとの C-H...O 水素結合が関与していると考えられる (図 5c)。この塩における半導体的挙動の活性化エネルギー (0.18 eV) は均一電荷状態 (coronene)₃(Mo₆O₁₉) (0.04 eV) に比べ大きく (図 5d)、bper 分子の形状に起因した電荷不均一状態が主要因だと考えられる。

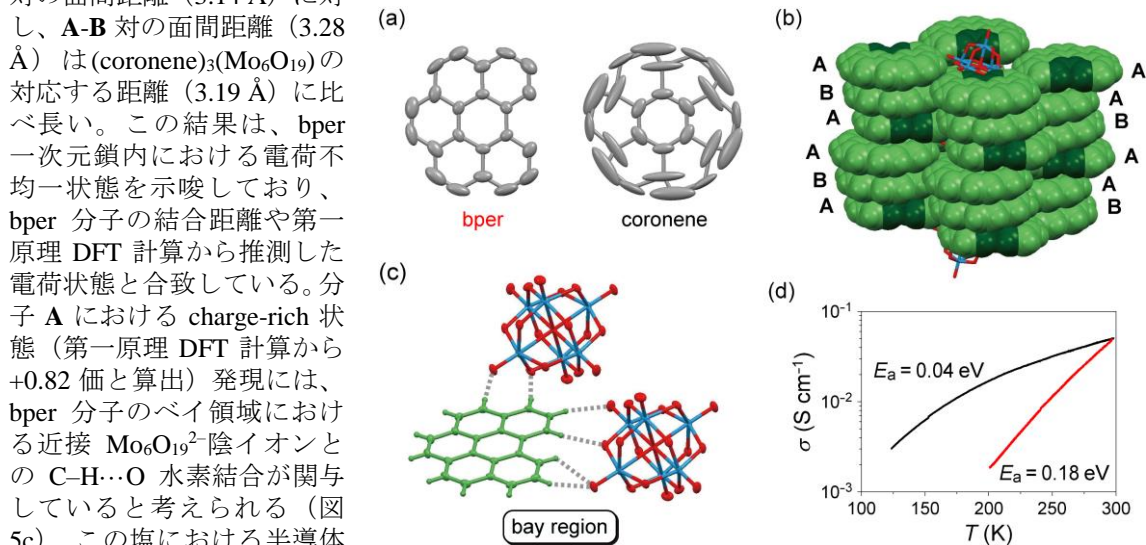


図 5 (a) TCNQ 錯体中における bper とコロネンの熱的揺らぎ (50% 確率楕円体 @298 K)、(b) (bper)₃(Mo₆O₁₉) の結晶構造、(c) (bper)₃(Mo₆O₁₉)における分子 A と隣接 Mo₆O₁₉²⁻間の C-H...O 水素結合、(d) (bper)₃(Mo₆O₁₉) (赤線) ならびに (coronene)₃(Mo₆O₁₉) (黒線) の伝導度の温度依存性

真空蒸着法を用いて bper と MoO₃ の積層複合体を作製した。ラマン分光測定から、bper 価数とラマンピークの振動数の相関について知見を得、この結果から (bper)(GaCl₄)中の bper 分子は +1 価、(bper)₃(Mo₆O₁₉)中の bper 分子は部分酸化状態をとることを明らかにした。

(6) PAH 分子における励起準位構造の解明 (学会発表①、学会発表④、学会発表⑥)

太陽電池等の光学応用を考える上で、PAH 分子の軌道縮重を反映した励起準位構造の理解は重要である。具体的には、基底状態から一光子遷移許容状態 (以下、許容状態) への励起のみならず、一光子遷移禁制状態 (以下、禁制状態) への励起も含めた励起準位構造を明らかにする必要がある。許容状態は通常の吸収スペクトル測定により明らかにできるが、禁制状態の観測には、例えば外場印加による対称性低下、多光子吸収過程の利用等の実験手法の適用が必要である。本研究では、PAH 分子の励起準位構造を明らかにするために、コロネン、bper、(t-Bu)₆HBC 分子における電場変調吸収分光を行った。

各 PAH 分子を高分子マトリックス中に孤立分散させた膜状試料を透明電極基板上に作製した。その膜状試料の上に半透明電極を形成し、透明電極・半透明電極間に電圧を印加することにより試料に電場を印加した。この電場による吸収スペクトルの変化を調べた。いずれの PAH 分子も、吸収スペクトル測定で観測される許容状態のシュタルク効果 (シュタルクシフト) の信号、および印加電場により禁制状態が観測可能になったことによる信号を示した。得られた電場変調吸収スペクトルを離散準位モデルに基づき解析した結果、分子サイズの増大に伴い、禁制状態への励起エネルギーが顕著に低下することが明らかになった。この結果は、許容状態と禁制状態のエネルギー準位構造を分子サイズにより制御できる可能性を示唆するものであり、今後の光学応用における一つの指針を与えたことになる。

〔雑誌論文〕 (計 30 件)

- ① Y. Yoshida, K. Fujie, D. Lim, R. Ikeda, H. Kitagawa, Superionic Conduction over a Wide Temperature Range in a Metal-Organic Framework Impregnated with Ionic Liquids, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 印刷中 (2019). 査読有
DOI: 10.1002/anie.201903980
- ② Y. Yoshida, M. Maesato, S. Tomeno, Y. Kimura, G. Saito, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Kitagawa, Partial Substitution of Ag(I) for Cu(I) in Quantum Spin Liquid κ -(ET)₂Cu₂(CN)₃, Where ET Is Bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene, *Inorg. Chem.*, 58, 4820–4827 (2019). 査読有
DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b03251
- ③ Y. Kimura, M. Hayashi, Y. Yoshida, H. Kitagawa, Rational Design of Proton–Electron-Transfer System Based on Nickel Dithiolene Complexes with Pyrazine Skeletons, *Inorg. Chem.*, 58, 3875–3880 (2019). 査読有
DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b03501
- ④ Y. Yoshida, H. Kitagawa, Ionic Conduction in Metal-Organic Frameworks with Incorporated Ionic Liquids, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 7, 70–81 (2019). 査読有
DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b05552
- ⑤ A. Pustogow, M. Bories, A. Löhle, R. Rösslhuber, E. Zhukova, B. Gorshunov, S. Tomić, J. A. Schlueter, R. Hübner, T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, R. Kato, T.-H. Lee, V. Dobrosavljević, S. Fratini, M. Dressel, Quantum Spin Liquids Unveil the Genuine Mott State, *Nature Mater.*, 17, 773–777 (2018). 査読有
DOI: 10.1038/s41563-018-0140-3
- ⑥ Y. Yoshida, S. Tango, K. Isomura, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Koretsune, M. Sakata, Y. Nakano, H. Yamochi, G. Saito, Charge-Transfer Complexes Based on C_{2v}-Symmetric Benzo[ghi]perylene: Comparison of Their Dynamic and Electronic Properties with Those of D_{6h}-Symmetric Coronene, *Mater. Chem. Front.*, 2, 1165–1174 (2018). 査読有
DOI: 10.1039/C8QM00112J
- ⑦ T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, A. Otsuka, H. Yamochi, M. Maesato, Y. Shimizu, H. Ito, Y. Nakamura, H. Kishida, M. Watanabe, R. Kumai, Design and Preparation of a Quantum Spin Liquid Candidate κ -(ET)₂Ag₂(CN)₃ Having a Nearby Superconductivity, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 90, 1073–1082 (2017). 査読有
DOI: 10.1246/bcsj.20170167
- ⑧ Y. Yoshida, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Hayama, Y. Nakano, H. Yamochi, G. Saito, Racemic Charge-Transfer Complexes of Helical Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Molecule, *CrystEngComm*, 19, 3626–3632 (2017). 査読有
DOI: 10.1039/C7CE00763A
- ⑨ Y. Yoshida, H. Ito, Y. Nakamura, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Hayama, M. Maesato, H. Yamochi, H. Kishida, G. Saito, BEDT-TTF Salts Formed with Tetrahedrally Coordinated Zinc(II) Complex Anions, *Cryst. Growth Des.*, 16, 6613–6630 (2016). 査読有
DOI: 10.1021/acs.cgd.6b01294
- ⑩ Y. Yoshida, K. Isomura, M. Maesato, T. Koretsune, Y. Nakano, H. Yamochi, H. Kishida, G. Saito, Cationic π -Stacking Columns of Coronene Molecules with Fully Charged and Charge-Disproportionated States, *Cryst. Growth Des.*, 16, 5994–6000 (2016). 査読有
DOI: 10.1021/acs.cgd.6b01039

〔学会発表〕 (計 52 件)

- ① 大橋亮介、中村優斗、吉田幸大、北川宏、岸田英夫、*t*-ブチル基により修飾された多環芳香族炭化水素ヘキサベンゾコロネンの電場変調吸収分光、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18–21 日
- ② 吉田幸大、藤江和之、池田龍一、北川宏、多孔性配位高分子-リチウム含有イオン液体複合体による超イオン伝導性発現、第 12 回分子科学討論会、福岡国際会議場、2018 年 9 月 10–13 日
- ③ 吉田幸大、留野慎也、木村要二郎、前里光彦、齋藤軍治、北川宏、 κ -(ET)₂Ag_{2x}Cu_{2(1-x)}(CN)₃ の合成と電子物性、日本物理学会第 73 回年次大会、東京理科大学、2018 年 3 月 22–25 日
- ④ 大橋亮介、中村優斗、吉田幸大、岸田英夫、PMMA 膜中に分散させた多環芳香族炭化水素ベンゾ[ghi]ペリレンの電場変調吸収分光、日本物理学会第 73 回年次大会、東京理科大学、2018 年 3 月 22–25 日
- ⑤ 丹後駿介、中村優斗、岸田英夫、中野義明、矢持秀起、吉田幸大、齋藤軍治、多環芳香族炭化水素 benzo[ghi]perylene 錯体のラマン分光、日本物理学会 2017 年秋季大会、岩手大学、2017 年 9 月 21–24 日
- ⑥ 大橋亮介、中村優斗、岸田英夫、吉田幸大、齋藤軍治、PMMA 膜中に分散させた多環芳香族炭化水素コロネンの光学応答、日本物理学会 2017 年秋季大会、岩手大学、2017 年 9 月 21–24 日
- ⑦ 吉田幸大、丹後駿介、磯村和秀、中村優斗、岸田英夫、是常隆、坂田雅文、中野義明、矢持

秀起、齋藤軍治、低対称多環芳香族炭化水素 benzo[ghi]perylene を用いた電荷移動錯体の開発：
回転ならびに電子的挙動の coronene 錯体との比較、第 11 回分子科学討論会、東北大学、2017
年 9 月 15-18 日

⑧ Y. Yoshida, Coronene Cation Radical Salts Bearing Both In-Plane Molecular Motion and Electronic
Conductivity, Pre-ICMM 2016 in Nagoya, 名古屋大学, 2016 年 8 月 31 日

[その他]

2017 年 9 月 BCSJ 賞 (日本化学会) 受賞

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：前里 光彦

ローマ字氏名：(MAESATO, Mitsuhiko)

所属研究機関名：京都大学

部局名：理学研究科

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：60324604

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：岸田 英夫

ローマ字氏名：(KISHIDA, Hideo)

所属研究機関名：名古屋大学

部局名：工学研究科

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：40311633

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：水野 元博

ローマ字氏名：(MIZUNO, Motohiro)

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：是常 隆

ローマ字氏名：(KORETSUNE, Takashi)

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：中村 優斗

ローマ字氏名：(NAKAMURA, Yuto)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。