

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05065

研究課題名(和文) 三次元的分子間相互作用の発現と有機分子性導体・有機電子材料への展開

研究課題名(英文) Development of three-dimensional intermolecular interaction and its application to organic molecular conductors and organic electronic materials

研究代表者

山田 順一 (Yamada, Jun-ichi)

兵庫県立大学・物質理学研究科・教授

研究者番号：90191311

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：有機分子性導体およびp型半導体における三次元的相互作用の発現に関しては、まだ十分に研究されていない。本研究では、分子の両側面に導入された硫黄原子に起因する二次元的side-by-side相互作用に加えて、分子の長軸方向に沿った末端にカルコゲン原子を導入してend-to-end相互作用を発現させることにより、三次元的相互作用が期待できる新しいドナー分子の設計と合成を行い、さらに、三次元性に基づく導電性と移動度を探索した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機超伝導体を始めとした分子性導体のドナー成分および有機電界効果トランジスタ(OFET)に用いられているp型半導体の開発研究では、これまで二次元的相互作用の発現が主流であった。本研究では、三次元的相互作用を発現する新しいドナー分子を構築するための合成戦略を打ち出し、弱いながらも三次元的相互作用が示唆されるドナー分子の構築に成功した。この合成戦略に従ってドナー分子の設計・合成をさらに行えば、三次元性に基づく高温有機超伝導体や高性能OFETの開発に繋がることが期待される。

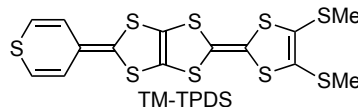
研究成果の概要(英文)：The realization of three-dimensional (3D) interaction in organic molecular conductors and p-type semiconductors has not yet been much researched. In this study, we investigated the design and synthesis of new donor molecules with 3D interaction capable of being expected by developing end-to-end interaction induced by chalcogen atoms that are introduced into the terminals of molecule along the molecular long axis, in addition to two-dimensional side-by-side interaction caused by sulfur atoms that are introduced into both sides of the molecule. Our further search was made for conductivity and mobility based on the three-dimensionality.

研究分野：物性有機化学

キーワード：有機分子性導体 p型半導体 ドナー分子 三次元的相互作用 カルコゲン原子

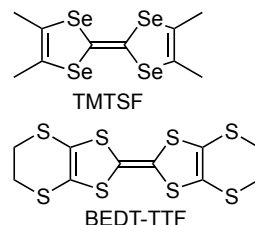
1. 研究開始当初の背景

有機 π 電子ドナーは分子性導体の構成成分として有用なだけでなく、**p**型半導体としても有機電界効果トランジスタ (OFET) の活性層に用いられている。導電性を示す分子性導体では、ドナー分子が一次元的あるいは二次元的に相互作用した伝導層を形成しており、高移動度を示す**p**型半導体では、ヘリングボーン型の分子配列に代表される二次元的相互作用が見られる。しかし、分子性導体および**p**型半導体における三次元的相互作用の発現に関しては、十分に研究されていない。これまでの分子性導体の開発研究では、重なり積分の値から擬三次元的相互作用が示唆されている(TM-TPDS)₂AsF₆が報告されているが[*Chem. Lett.* **29**, 1274 (2000)], この電荷移動(CT)塩はパイエルス転移を起こすため、本質的には一次元的な金属である。TM-TPDS分子に着目すると、この分子には末端に硫黄原子が導入されており、この硫黄原子が重なり積分値から見積もった擬三次元的相互作用に寄与している。申請者は、このような分子の長軸に沿った末端にカルコゲン原子を導入すれば、分子の両側面の硫黄原子に起因する二次元的 side-by-side 相互作用に加えて、end-to-end 相互作用の発現による三次元的相互作用が期待できる、との着想に至った。



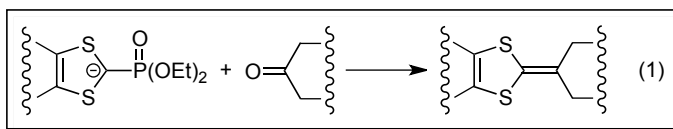
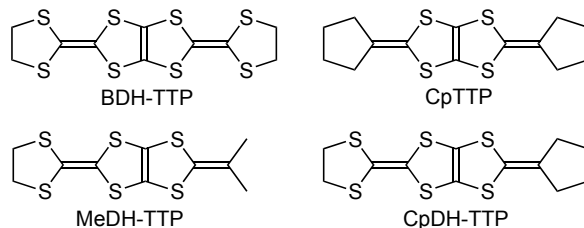
2. 研究の目的

超伝導臨界温度(T_c)は、一次元系 TMTSF 超伝導体よりも二次元系 BEDT-TTF 超伝導体のほうが高く、三次元系 C₆₀超伝導体ではさらに上昇する。このように、次元性の向上は高温有機超伝導体をもたらす可能性を秘めている。また、三次元的相互作用をもつ**p**型半導体では、ソースドレイン電極間での円滑なキャリア輸送とともに、トップコンタクト型の OFET において電極から有機半導体/絶縁体界面にキャリアを注入する際のアクセス抵抗の軽減が期待できる。本研究では、分子性導体および**p**型半導体において三次元的相互作用を発現する新しいドナー分子を設計・合成し、これらのドナー分子を用いた分子性導体と OFET を作製して三次元性に基づく物性を探索した。



3. 研究の方法

(1) MeDH-TTP と CpDH-TTP : 申請者が合成に成功した BDH-TTP は、数多くのアニオンと低温(~4.2 K)まで金属性を維持する二次元的な CT 塩を形成し、さらに、その単結晶移動度は 2.03 cm²/Vs (on/off = 6.11×10²)まで達することを見出している。一方、BDH-TTP のシクロペンタン類縁体 CpTTP は 0.27 cm²/Vs の薄膜移動度を示すことが報告されている[*Chem. Mater.* **20**, 5119 (2008)]. そこで、BDH-TTP のジメチル類縁体 MeDH-TTP、および BDH-TTP と CpTTP のハイブリッドである CpDH-TTP の合成を行った。合成には、Me₃Al-カップリング反応、およびアニオン性ホスホネートとケトン類の反応(ホスホネート-カップリング反応、式(1))を用いた。また、これらのドナー分子を活性層に用いた OFET を作製して移動度測定を行った。



(2) 新しい TTP 誘導体 : TTP 誘導体である BDH-TTP の結晶構造(図 1 (a))では、分子が層を形成しており、層内での分子配列はヘリングボーン型である(図 1 (b))。層内には大きな重なり積分値(9.732, 9.731×10⁻³)が見積もられ、層間においても層内のおよそ 1/3 の重なり積分値(2.79×10⁻³)が計算されている。したがって、BDH-TTP は擬三次元物質と見なされる。この BDH-TTP 分子に基づいて、三次元的相互作用を発現する新しい TTP 誘導体を構築するためには、分子の長軸方向の片側末端あるいは両側末端にカルコゲン原子を導入して、

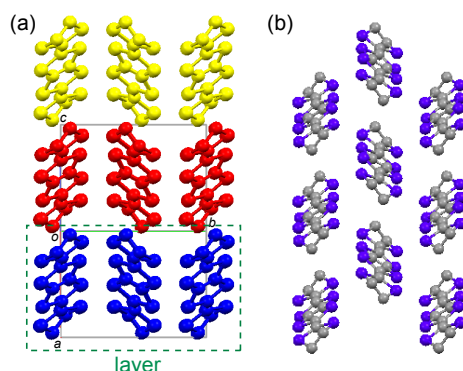
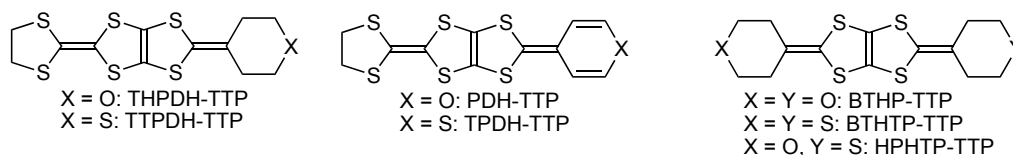


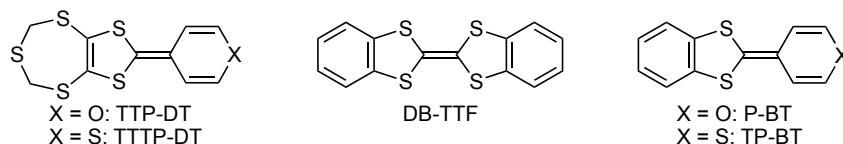
図1. (a)BDH-TTPの結晶構造と(b)層内における分子配列。

分子間の end-to-end 相互作用を強める合成戦略が考えられる。この合成戦略に従って、分子の片側末端に酸素原子あるいは硫黄原子をもつ THPDH-TTP と TTPDH-TTP の合成を Me_3Al -カップリング反応とホスホネート-カップリング反応を用いて行った。さらに、THPDH-TTP と TTPDH-TTP の DDQ 酸化により PDH-TTP と TPDH-TTP に導いた。また、ホスホネート-カップリング反応と $(\text{EtO})_3\text{P}$ -カップリング反応を用いて、分子の両側末端に酸素原子あるいは硫黄原子をもつ BTHP-TTP と BHTTP-TTP、および BTHP-TTP と BHTTP-TTP のハイブリッドである HPHTP-TTP の合成に成功した。これらの新しい TTP 誘導体を用いて OFET を作製し、移動度を測定した。



「1. 研究開始当初の背景」で述べた TM-TPDS と同様、TTPDH-TTP と TPDH-TTP の分子末端には硫黄原子が導入されているため、これらの TTP 誘導体を用いた分子性導体では分子間 $\text{S}\cdots\text{S}$ 接触による end-to-end 相互作用の発現が期待できる。そこで、TTPDH-TTP と TPDH-TTP の CT 塩の作製を、 PhCl 中、制御電流電解法により検討した。

(3) 新しい 1,3-ジチオール-2-イリデン (DT) 誘導体: (2) で述べた TTP 誘導体のほかに、分子の両末端にカルコゲン原子が導入された TTP-DT と TTTP-DT を設計し、ホスホネート-カップリング反応を用いてこれらの DT 誘導体の合成に成功した。TTP-DT と TTTP-DT は TCNQ および TCNQF_4 と CT 錯体を形成することを見出し、さらに、これらの CT 塩の作製を PhCl 中で制御電流電解法により検討した。TTTP-DT については、単結晶作製に成功したので、その単結晶を用いて OFET を作製し移動度測定を行った。一方、DB-TTF が高移動度 ($0.1\text{--}1\text{ cm}^2/\text{Vs}$) を示すことを踏まえて [*Appl. Phys. Lett.* **86**, 012110(2005)], ピラン環をもつベンゾ置換体 P-BT とその硫黄類縁体 TP-BT の合成をホスホネート-カップリング反応により成し遂げ、これらの DT 誘導体を用いた OFET を作製して移動度を測定した。



4. 研究成果

(1) MeDH-TTP と CpDH-TTP の移動度: ジメチル基をもつ MeDH-TTP の X 線構造解析に成功し、その結晶構造では分子が層を形成しており、層内では分子が二量化してスタックを形成していることを明らかにした。重なり積分の計算では、二量体間に大きな絶対値 (9.01×10^{-3}) が見積もられた。移動度測定に関しては、OFET に適した薄い単結晶が得られなかったため、真空蒸着により基板上に成膜して移動度を測定した。その結果、 $8.14 \times 10^{-3}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 7.13 \times 10^2$) であった。

シクロペンタン環をもつ CpDH-TTP は、結晶中で層状構造を形成しており、層内では分子がブリックワーク型で配列していた。層間での重なり積分の絶対値 (6.33×10^{-3}) と層内での重なり積分の絶対値 (2.48×10^{-3}) から、擬二次元的相互作用が示唆された。OFET に適した薄い単結晶が得られていないため、溶液の真空乾燥により基板上に成膜して移動度を測定した。CpDH-TTP の薄膜移動度は $6.56 \times 10^{-5}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 7.60$) であった。この低い移動度の原因として、溶液の真空乾燥では均一な膜が形成されていなかったことが考えられる。

(2) 新しい TTP 誘導体

① THPDH-TTP と TTPDH-TTP の移動度: テトラヒドロピラン環をもつ THPDH-TTP の結晶構造では、分子が層を形成しており、層内では分子が均一にスタックしていた。重なり積分の計算から、スタック方向に大きな絶対値 (9.59×10^{-3}) が見積もられ、一次元的相互作用が示唆された。THPDH-TTP の針状単結晶を用いて OFET を作製し、移動度測定を行った結果、 $8.50 \times 10^{-4}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 6.17$) であった。

THPDH-TTP の硫黄類縁体 TTPDH-TTP については、その結晶が良質な単結晶ではなかったため、X 線構造解析には成功していない。また、その結晶を用いて測定した移動度は低い値 [$3.28 \times 10^{-5}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 1.35$)] であった。しかし、真空蒸着により成膜して移動度を測定したところ、移動度 [$1.49 \times 10^{-3}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 2.85$)] の向上が見られた。

② PDH-TTP と TPDH-TTP の移動度: ピラン環をもつ PDH-TTP は、テトラヒドロピラン環をもつ THPDH-TTP と同様な層状構造を形成しており、層内では分子が均一にスタックしていた。THPDH-TTP の結晶構造と異なる点は、末端酸素原子と末端エチレン水素の間に分子間水素結合が観測されたことである。重なり積分の計算ではスタック方向に大きな絶対値 (6.76×10^{-3}) が見積もられ、一次元的相互作用が示唆された。PDH-TTP の板状単結晶を用いて移動度を測定したところ、THPDH-TTP の単結晶移動度 [$8.50 \times 10^{-4}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 6.17$)] よりも高い値 [$1.25 \times 10^{-2}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($\text{on/off} = 1.24$)] を示した。

チオピラン環をもつ TPDH-TTP の結晶はX線構造解析ができるほど良質ではなかったが、その結晶を用いて測定した移動度 [$2.26 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 1.15)] は、テトラヒドロチオピラン環をもつ TTPDH-TTP の移動度 [$3.28 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 1.35)] よりもわずかに向上した。

③ **BTHP-TTP, BTHTP-TTP と HPHTP-TTP の移動度** : 分子の両側にテトラヒドロピラン環をもつ BTHP-TTP の結晶構造では、分子が層を形成し、層内では分子が均一にスタックしていた。また、テトラヒドロピラン環における酸素原子と炭素-炭素二重結合に隣接したメチレン水素(アシル水素)の間に分子間水素結合が観測された。重なり積分の計算では、スタック方向に大きな絶対値 (5.45×10^{-3}) が見積もられ、一次元的相互作用が示唆された。BTHP-TTP の単結晶移動度 [$4.11 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 1.53)] は低かったが、真空蒸着により薄膜を作製して移動度を測定したところ、移動度 [$1.25 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 63)] の向上が見られた。また、この薄膜の XRD 測定から、分子が規則正しく配列していることがわかった。

BTHP-TTP の硫黄類縁体 BTHTP-TTP の X線構造解析には、今のところ成功していない。真空蒸着により BTHP-TTP の薄膜を作製して移動度を測定したところ、 $1.86 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 411) であった。

BTHP-TTP と BTHTP-TTP のハイブリッドである HPHTP-TTP の結晶は、X線構造解析に適するほど良質ではなかった。移動度は真空蒸着により薄膜を作製して測定した。その移動度は、BTHP-TTP および BTHTP-TTP の薄膜移動度 (10^{-5} オーダー) よりも高い値 [$1.27 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 1.36×10^5)] であった。また、XRD 測定により、HPHTP-TTP の薄膜では分子が規則正しく配列していることがわかった。

④ **TTPDH-TTP と TPDH-TTP の CT 塩** : テトラヒドロチオピラン環をもつ TTPDH-TTP の CT 塩の作製については、 AuI_2 塩と AsF_6 塩は粉末結晶としてわずかな量しか得られなかったが、 ClO_4 塩はブロック状の結晶として得られた。しかし、そのブロック状結晶の X線構造解析には成功していない。 ClO_4 塩の伝導度の温度依存性をペレット状態で測定したところ、半導体的挙動 ($\sigma_{\text{H}} = 1.21 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$, $E_{\text{a}} = 11.5 \text{ meV}$) を示した。この結果を踏まえて、チオピラン環をもつ TPDH-TTP の ClO_4 塩を作製したが、X線構造解析に適した単結晶は得られなかった。この ClO_4 塩のペレット状態での伝導挙動は、TTPDH-TTP の ClO_4 塩と異なり、金属的 ($\sigma_{\text{H}} = 8.26 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$, metallic > 220 K) であった。

(3) 新しい 1,3-ジチオール-2-イリデン (DT) 誘導体

① **TTP-DT と TTPD-DT の CT 錯体・CT 塩** : ピラン環をもつ TTP-DT の TCNQ 錯体と TCNQF_4 錯体の単結晶は得られていないが、伝導挙動をペレット状態で調べたところ、TCNQ 錯体は半導体的 ($\sigma_{\text{H}} = 1.1 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$, $E_{\text{a}} = 24 \text{ meV}$) であり、 TCNQF_4 錯体は絶縁体 ($\sigma_{\text{H}} < 10^{-6} \text{ S/cm}$) であった。TTP-DT の I_3 塩、 AuI_2 塩、 BF_4 塩、 ClO_4 塩、 PF_6 塩、 SbF_6 塩は、いずれも粉末結晶として得られた。これらの粉末結晶をペレットにして伝導度を測定したところ、すべて絶縁体 ($\sigma_{\text{H}} < 10^{-6} \text{ S/cm}$) であった。

チオピラン環をもつ TTPD-DT の TCNQ 錯体と TCNQF_4 錯体の単結晶も得られていないが、ペレット状態の TCNQ 錯体 ($\sigma_{\text{H}} = 2.0 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$, $E_{\text{a}} = 22 \text{ meV}$) と TCNQF_4 錯体 ($\sigma_{\text{H}} = 4.4 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$, $E_{\text{a}} = 87 \text{ meV}$) は半導体的挙動を示した。また、TTPD-DT の ClO_4 塩と SbF_6 塩の電解結晶化では、それぞれの結晶がわずかな量しか得られておらず、両者の X線構造解析には成功していない。

② **TTPD-DT の移動度** : X線構造解析により、TTPD-DT 分子は κ タイプで配列した層を形成していることを明らかにした。層内の重なり積分の最大絶対値は 3.07×10^{-3} であり、層間の重なり積分の最大絶対値は 2.12×10^{-3} であった。この計算結果から、弱いながらも三次元的相互作用が示唆された。TTPD-DT の単結晶移動度は $1.61 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 17.3) であった。

③ **P-BT と TP-BT の移動度** : ピラン環をもつベンゾ置換体 P-BT とそのチオピラン類縁体 TP-BT の X線構造解析に成功し、P-BT 分子と TP-BT 分子はともにヘリングボーン様式で配列した層を形成していることを明らかにした。また、TP-BT の結晶構造では、チオピラン環の硫黄原子が関与する分子間 $\text{S} \cdots \text{S}$ 接触 ($< 3.70 \text{ \AA}$) が見られた。P-BT の層内における重なり積分の絶対値は 2.51, 2.50, 2.64×10^{-3} であったが、層間には評価できるほどの重なり積分値は計算されなかった。したがって、P-BT は弱い二次元物質と見なされる。一方、TP-BT の重なり積分の計算では、層内において 3.35, 2.37×10^{-3} の重なり積分の絶対値が見積もられ、層間においても 3.01×10^{-3} の重なり積分の絶対値が見積もられたことから、弱い三次元的相互作用が示唆された。真空蒸着により両者の薄膜を作製して移動度を測定した結果、P-BT を用いた OFET は動作しなかったが、TP-BT を用いた OFET は $6.76 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (on/off = 10.4) の移動度を示した。両者の薄膜 XRD 測定により、P-BT 分子の配列はランダムであり、TP-BT 分子は規則正しく配列していることを明らかにした。

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 4件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 T. Kadoya, R. Oki, Y. Kiyota, Y. Koyama, T. Higashino, K. Kubo, T. Mori, J. Yamada	4. 巻 123
2. 論文標題 Transport Properties of Molecular Conductors (BSBS)2XF6 (X = As, Sb, and Ta): Investigation of Intermolecular Transfer Integrals in the Radical-Cationic State of Benzothienobenzothiophene-Type Semiconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5216 ~ 5221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10687	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 Blundell Toby J., Brannan Michael, Nishimoto Hiroshi, Kadoya Tomofumi, Yamada Jun-ichi, Akutsu Hiroki, Nakazawa Yasuhiro, Martin Lee	4. 巻 57
2. 論文標題 Chiral metal down to 4.2 K - a BDH-TTP radical-cation salt with spiroboronate anion B(2-chloromandelate)2-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5406 ~ 5409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc01441b	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 Kushch Nataliya D., Shilov Gennady V., Buravov Lev I., Yagubskii Eduard B., Zverev Vladimir N., Canadell Enric, Yamada Jun-ichi	4. 巻 7
2. 論文標題 New Radical Cation Salts Based on BDH-TTP Donor: Two Stable Molecular Metals with a Magnetic [ReF6]2- Anion and a Semiconductor with a [ReO4]- Anion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Magnetochemistry	6. 最初と最後の頁 54 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/magnetochemistry7040054	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 Kinoshita Naoya, Suzuki Kento, bin Alias Mohamad Safuwan, Shirahata Takashi, Misaki Yohji, Yamada Jun-ichi	4. 巻 94
2. 論文標題 Structures and Conducting Properties of Molecular Conductors Based on Dimethyl-Substituted DTDA-TTP and DTDH-TTP	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1273 ~ 1284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200399	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 Wada Tomoya, Nikaido Shun, Yoshino Harukazu, Yamada Jun-ichi, Kodama Takeshi, Kikuchi Koichi	4. 巻 94
2. 論文標題 Crystal Structures and Physical Properties of Charge-Ordered Organic Conductor (MTDT-TTP)2BF4	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 164 ~ 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200286	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 Kadoya Tomofumi, Sugiura Shiori, Tahara Keishiro, Higashino Toshiki, Kubo Kazuya, Sasaki Takahiko, Takimiya Kazuo, Yamada Jun-ichi	4. 巻 22
2. 論文標題 Two-dimensional radical-cationic Mott insulator based on an electron donor containing neither a tetrathiafulvalene nor tetrathiapentalene skeleton	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5949 ~ 5953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ce00878h	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 Kadoya Tomofumi, Mano Shotaro, Hori Aoi, Tahara Keishiro, Sugimoto Kunihisa, Kubo Kazuya, Abe Masaaki, Tajima Hiroyuki, Yamada Jun-ichi	4. 巻 78
2. 論文標題 Steric effect of halogen substitution in an unsymmetrical benzothienobenzothiophene organic semiconductor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 105570 ~ 105570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2019.105570	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29件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 鈴木拳士, 木下直哉, 白旗崇, 山田順一, 御崎洋二
2. 発表標題 メチル基が置換した 縮小型TTPドナーを用いた分子性導体の構造と物性
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 角屋智史, 東野寿樹, 杉浦菜理, 久保和也, 佐々木孝彦, 瀧宮和男, 山田順一
2. 発表標題 非TTF系ドナーを用いた二次元モット絶縁体 -(BEDT-BDT)PF6
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 和田智也, 山田順一, 兒玉健, 菊地耕一
2. 発表標題 電荷秩序絶縁体(MTDT-TTP)2Xの構造と物性
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 T. Kadoya, S. Mano, K. Tahara, K. Sugimoto, K. Kubo, M. Abe, H. Tajima, J. Yamada
2. 発表標題 Halogen substitution effects on molecular arrangement and transistor properties of asymmetrical benzothienobenzothiophene derivatives
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kadoya, Y. Koyama, R. Oki, Y. Kiyota, T. Higashino, K. Kubo, T. Mori, J. Yamada
2. 発表標題 Investigation of Transfer Integrals in the Radical-Cationic BTBT-type Semiconductors
3. 学会等名 The 8th TOYOTA RIKEN International Workshop on Organic Semiconductors, Conductors, and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本拓史, 猪井翔太, 角屋智史, 久保和也, 田島裕之, 西川浩之, 山田順一
2. 発表標題 BDH-TTPとその類縁体を用いた有機電界効果トランジスタの作製と特性
3. 学会等名 第12回分子科学討論会2018福岡
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下直哉, Mohamad Safuwan bin Alias, 白旗崇, 山本貴, 内藤俊雄, 山田順一, 御崎洋二
2. 発表標題 共役系を縮小した新規TTP, DTEDT系導体の合成, 構造と物性
3. 学会等名 2018年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 角屋智史, 杉浦菜理, 田原圭志朗, 東野寿樹, 久保和也, 佐々木孝彦, 瀧宮和男, 山田 順一
2. 発表標題 BEDT-BDTに基づくラジカルカチオン塩の構造と物性
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 穴戸雅治, 角屋智史, 杉浦菜理, 田原圭志朗, 東野寿樹, 久保和也, 佐々木孝彦, 瀧宮和男, 山田 順一
2. 発表標題 BEDT-BDTの新しいセレン類縁体の合成と有機伝導体への応用
3. 学会等名 BEDT-BDTの新しいセレン類縁体の合成と有機伝導体への応用
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木拳士, 木下直哉, 白旗崇, 山田順一, 御崎洋二
2. 発表標題 エチル基が置換した 縮小型 TTPドナーを用いた分子性導体の構造と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

機能性物質学II分野(講座)ホームページ
https://www.sci.u-hyogo.ac.jp/material/func_mat2/index-j.html

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		
	ロシア連邦	ロシア科学アカデミー・化学物理問題研究所	ロシア科学アカデミー・固体物理学研究所
英国	ノッティンガム・トレント大学		