

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04874

研究課題名(和文) 動的共有結合性ラジカルを基盤とした自己組織化システムの構築

研究課題名(英文) Development of dynamic covalent radicals for molecular self organization

研究代表者

酒巻 大輔 (Sakamaki, Daisuke)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：60722741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究でジシアノメチルラジカルを多様な芳香族アミン骨格に導入しその二量化挙動を検討する中で、ジュロリジン骨格に導入したラジカルは二量体を形成せず、結晶中で二量体を形成することを見出した。これはジシアノメチルラジカルを「ラジカルのまま」固体として単離した初めての例である。この結果は以下の2点を実証した意味で重要である。1) 二量化ラジカルの構造修飾によって二量化様式を質的に変えることができる。2) 嵩高い置換基を用いずに、ごく小さな共役系へのスピン非局在化によってラジカルの安定な単離が可能である。この結果はラジカルを基盤とした自己組織化材料の設計に新たな指針を与えるものであると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、共有結合の断片であるラジカルがどのように二量化するかをコントロールするための分子設計指針を得ることが出来た。本研究で得られた知見は、有機ラジカルを分子の自己組織化や、外部刺激にตอบสนองして性質が変化する機能性材料などへと応用するための有効な指針となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：we demonstrate that the dimerization behavior of amine-substituted dicyanomethyl radicals can be switched from σ - to π -dimerization simply by varying the electron-donating substituents. The dicyanomethyl radical with the julolidine skeleton does not undergo σ -dimerization and was isolated as a stable radical in spite of the absence of bulky protecting groups. X-ray single-crystal analysis revealed that this radical forms the π -dimer in the crystalline state, and variable temperature spectroscopy showed that this radical is in equilibrium with the σ -dimer in toluene solution. DFT calculations point to the importance of electrostatic interactions as a driving force for the π -dimerization of this radical because of its polarized structure.

研究分野：構造有機化学

キーワード：有機ラジカル 動的共有結合 芳香族アミン 自己組織化 サーモクロミズム

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

結合生成-開裂を可逆的に繰り返す共有結合は動的共有結合(Dynamic Covalent Bond, DCB)と呼ばれ、自己組織化システムの構成要素として利用可能であることから近年注目を集めている。動的共有結合性を示す分子のなかでも、二量化-開裂を起こす有機ラジカルは、反応に触媒や他の化合物を必要とせず、単一成分で動的システムを構築できる。この反応の単純さから有機ラジカルは自己組織化システムの構成要素として最もシンプルな分子群であるといえる。しかし有機ラジカルの多くは不安定であり、ラジカル分子を Building Block とした自己組織化システムの例は極めて少ない。そのため、扱いやすい動的共有結合性ラジカルの開発は、新しい動作原理にもとづく自己組織化システムの実現への端緒となる。

2. 研究の目的

本研究では、ラジカルの可逆的な結合生成-開裂反応を基盤とする自己組織化システムの実現を目指し、システムの構成要素となる高い汎用性を有する動的共有結合性ラジカルユニットの開発とその組織化・機能化を目指した研究を行う。結合生成-開裂が室温でも高い可逆性を有するラジカルを Building Block とし、第一の目的として室温・常圧・大気下かつ無触媒・単一成分で自発的に組み上がる構造体(大環状構造、球殻状構造、無限周期構造など)の構築法を確立する。さらに、第二の目的として構築した集合体の外部刺激による破壊-再生(=不対電子の生成・消滅)挙動を利用し、電子的性質(色調、発光挙動、電気伝導性)、磁氣的性質・力学的性質・ホスト-ゲスト特性の可逆的变化が可能なる多重機能材料の実現を目指した研究を行う。

3. 研究の方法

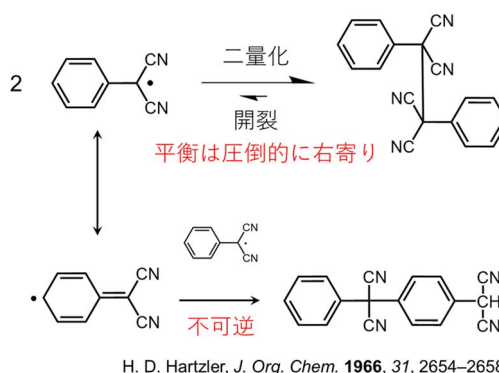
二量化-開裂挙動を示す有機ラジカルとして、図1に示すジシアノメチルフェニルが既に半世紀前に報告されている。この系はそのシンプルさから動的共有結合ユニットとして魅力的であるが、分子応用展開上の問題点が二点ある：1) 結合-解離平衡が圧倒的に二量体側に偏っており、「動的性」が極めて低い、2) 反応性が高いラジカルのパラ位が無置換であるため、この部分が不可逆的な反応を起こしてしまう点、である。前者は特に自己組織化システムで重要なエラー修正が十分に働かないことを示している。上記の二点の問題を解消するために、申請者はジシアノメチルラジカルのパラ位に電子ドナー性のアミノ基を導入するというアプローチを考案した。アミノ基の導入は、パラ位での反応を抑制、アミノ基上へのスピンの非局在化、を同時に達成し、ラジカル体が飛躍的に安定化される。そのため平衡は解離側に移動し、より「動的」な共有結合が実現される。本課題では、申請者が見出したアミノ基と共役したジシアノメチルラジカルが安定な動的共有結合性を示すという知見を元に、新規動的共有結合性ラジカルの開発と、それをを用いた特異な機能の発現を目指した研究を行った。本研究の骨子は自己組織化におけるモノマーとなるラジカルの分子設計にあるため、計算機を利用した分子モデリングおよび徹底した実験的スクリーニングによって自己組織化ユニットとして適切なラジカル分子の開発を行った。設計したラジカルについて実際に合成を行い、その動的共有結合に関する熱力学的パラメータ(結合生成エンタルピー、エントロピー等)の検討を行った。さらに構造体の形成-破壊がラジカルの消滅-生成に対応するという本系最大の特色を機能として利用するために、複数の物性測定手法を用いて電子・光・磁気特性の変化について多面的な検討を行った。

4. 研究成果

さまざまな電子ドナーを導入したジシアノメチルラジカルを合成し、その二量化挙動と物性について調べた。主要な結果を以下に記す。

(1)電子ドナーとしてジュロリジン骨格を有するラジカルは溶液中において結合生成-開裂反応をおこさず、ラジカルのままで固体として単離することができた。これまでジシアノメチルラジカルはラジカル1のように結合によって連結した二量体を形成するもののみが知られていた。しかし、本研究でジシアノメチルラジカルを多様な芳香族アミン骨格に導入しその二量化挙動を検討する中で、唯一ジュロリジン骨格に導入したラジカル(2)は二量体を形成せず、結

ジシアノメチルフェニルラジカルの二量化反応



分子設計：電子ドナーであるアミノ基の導入

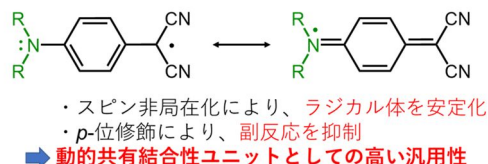


図1 本研究における分子設計指針

晶中で二量体を形成することを見出した。(図2)これはジシアノメチルラジカルを「ラジカルのまま」固体として単離した初めての例である。この結果は以下の2点を実証した意味で重要である。1) 二量化ラジカルの構造修飾によって二量化様式を質的に変えることができる。2) 高い置換基を用いずに、ごく小さな共役系へのスピン非局在化によってラジカルの安定な単離が可能である。この結果は当初の予想外のものであり、ラジカルを基盤とした自己組織化材料の設計に新たな指針を与えるものであると考えられる。(Angew. Chem. Int. Ed. 2017, 56, 16597-16601)

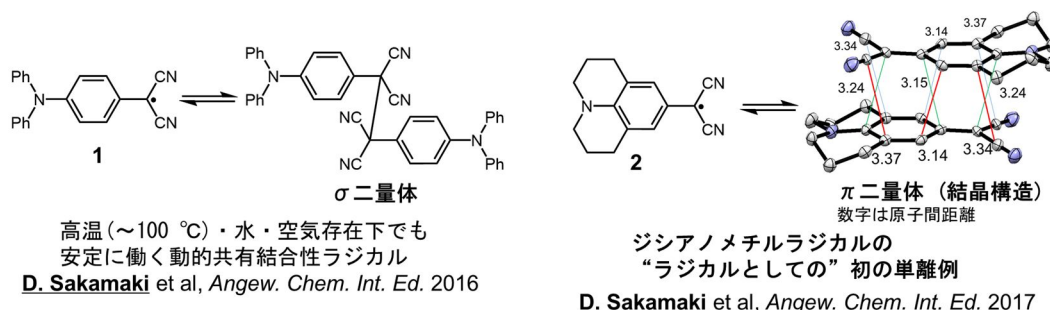


図2 異なる二量化様式を示すジシアノメチルラジカル. (左) 二量化, (右) π 二量体

(2)我々のこれまでの研究から、ラジカルのパラ位に導入したアミノ基のベンゼン環への平面固定がラジカルの二量化挙動に大きな影響を与えることが明らかになっている。本研究ではラジカルを安定化するための電子ドナーであるトリフェニルアミンをヘテロ原子の挿入によって平面化したラジカルを合成し、その動的共有結合特性を検討した。そのようなラジカルの例として、トリフェニルアミンに一つの硫黄原子で架橋した10-フェニルフェノチアジン、一つの酸素原子で架橋した10-フェニルフェノキサジン、および2つの酸素原子で架橋したジオキサトリフェニルアミン骨格を有する三種類のラジカルを合成した。核磁気共鳴スペクトル、電子スピン共鳴および電子吸収スペクトルの温度依存性から、いずれのラジカルも溶液中でラジカル体と、C-C単結合で連結した二量体の平衡にあることが明らかになった。これはアルキル架橋によって平面化したアミノ基を有するラジカル(2)がスタックした二量体を成したことは対照的な結果であり、この種のラジカルの二量化挙動の支配因子はスピンの非局在化度合いだけでなく立体因子などの複合的な要因が関与することが示された。最も興味深いことに、この三種のラジカルは最低エネルギー遷移が大幅に長波長シフトしたことによって近赤外領域に強い吸収を示すことがわかった。特に、2つの酸素原子で架橋したラジカル(3)は可視域にほぼ吸収を持たないため、そのトルエン溶液は凍結状態から100

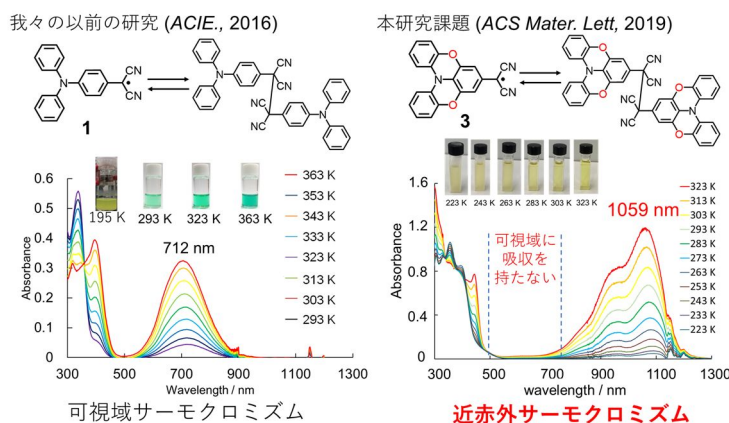


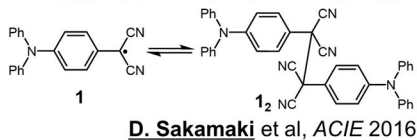
図3 動的共有結合性ラジカルのサーモクロミズム特性

まで透明でありながら近赤外吸収強度のみが大きく変化するという近赤外サーモクロミック挙動を示すことが明らかとなった。(図3)また、これらのラジカルはポリマー中に分散した場合でも加熱によって近赤外吸収強度が増大し、解離したラジカルは高い安定性を示した。酸素もしくは硫黄で部分架橋したトリフェニルアミンにジシアノメチルラジカルを導入することで、ラジカルの光学遷移が可視領域を超えて近赤外域に達することを見出した。以上のように、可視光に対しては常に透明でありながら、近赤外吸収強度のみが大きく温度変化するという極めて稀な近赤外サーモクロミズム特性を示すことを実証した。(ACS Materials Lett. 2019, 1, 25-29)

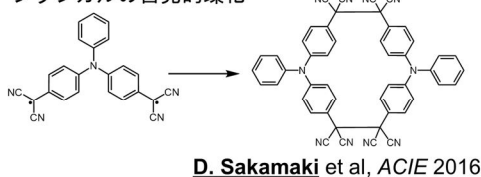
本研究により、動的共有結合システム構成要素としてのラジカルそれ自体が予想を超える現象・性質(安定ラジカルとしての単離、二量体の形成、近赤外サーモクロミズムなど)を示すことが明らかになった。この結果から、結合による集合体の構築や、近赤外イメージング材料への応用といった当初想定していなかった展開が拓けた。特にジシアノメチルラジカルの二量体の発見は、動的共有結合性ラジカルの設計に全く新しいコンセプトを与えるものであり、本分野をさらに発展させることが期待できる。

また我々の報告を受けて、国内外の複数の研究グループから類似のラジカルを動的共有結合性ユニットとして利用した論文が極めて短期間に立て続けに発表されるなど、申請者らの研究が嚆矢となってラジカルを基盤とした動的共有結合の研究が急速に展開している。(図4)(*J. Org. Chem.* **2017**, *82*, 6497, *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 14308, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 9023, *Chem. Eur. J.* **2019**, *25*, 1706, *Chem. Sci.* **2019**, *10*, 6007, *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, *141*, 12901, *ACS Omega*, **2019**, *4*, 13538) このような展開は、申請者らが安定な動的共有結合性ラジカルへの設計指針を明確に提示したことが一因であると考えている。

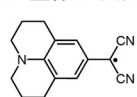
アミン共役ジシアノメチルラジカル第一報



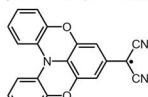
ジラジカルの自発的環化



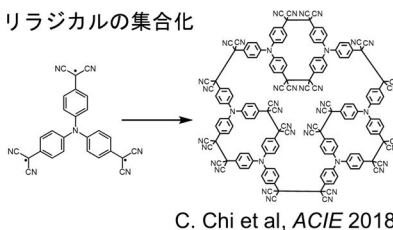
π二量体の形成



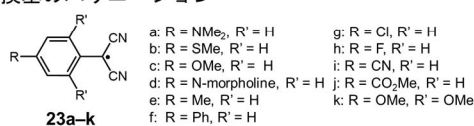
近赤外サーモクロミズム



トリラジカルの集合化



置換基のバリエーション



アルキル基で架橋

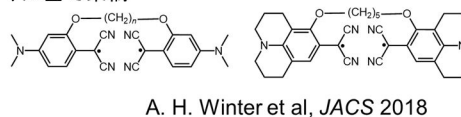


図4 (左)申請者らの研究、(右)他グループからの近年の報告の一部

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Okino Kohei, Sakamaki Daisuke, Seki Shu	4. 巻 1
2. 論文標題 Dicyanomethyl Radical-Based Near-Infrared Thermochromic Dyes with High Transparency in the Visible Region	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Materials Letters	6. 最初と最後の頁 25 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmaterialslett.9b00049	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 Saeki Hidenori, Sakamaki Daisuke, Fujiwara Hideki, Seki Shu	4. 巻 10
2. 論文標題 Extreme multi-point van der Waals interactions: isolable dimers of phthalocyanines substituted with pillar-like azaacenes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 8939 ~ 8945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9sc01739a	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 Sakamaki Daisuke, Ghosh Samrat, Seki Shu	4. 巻 3
2. 論文標題 Dynamic covalent bonds: approaches from stable radical species	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 2270 ~ 2282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9QM00488B	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 Inoue Yuki, Sakamaki Daisuke, Tsutsui Yusuke, Gon Masayuki, Chujo Yoshiki, Seki Shu	4. 巻 140
2. 論文標題 Hash-Mark-Shaped Azaacene Tetramers with Axial Chirality	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7152 ~ 7158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b02689	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 A. Tsuneishi, D. Sakamaki, Q. Gao, T. Shoda, T. Kozawa, S. Sek	4. 巻 57
2. 論文標題 Comparison of Radical Generation Efficiencies of the Oxime-Based Initiator Radicals Using Galvinoxyl Radical as an Indicator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys	6. 最初と最後の頁 86504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.086504	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 Tsutsui Yusuke, Okamoto Haruka, Sakamaki Daisuke, Sugiyasu Kazunori, Takeuchi Masayuki, Seki Shu	4. 巻 9
2. 論文標題 Landscape of Charge Carrier Transport in Doped Poly(3-hexylthiophene): Noncontact Approach Using Ternary Combined Dielectric, Paramagnetic, and Optical Spectroscopies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3639 ~ 3645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b01465	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 Wanying, Sakurai Tsuneaki, Aotani Mika, Watanabe Go, Yoshida Hiroyuki, Padalkar Vikas S., Tsutsui Yusuke, Sakamaki Daisuke, Ozaki Masanori, Seki Shu	4. 巻 7
2. 論文標題 Highly Fluorescent Liquid Crystals from Excited-State Intramolecular Proton Transfer Molecules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Optical Materials	6. 最初と最後の頁 1801349 ~ 1801349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adom.201801349	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 Arai Kazunari, Kobayashi Yoji, Tang Ya, Tsutsui Yusuke, Sakamaki Daisuke, Yamamoto Takafumi, Fujii Kotaro, Yashima Masatomo, Seki Shu, Kageyama Hiroshi	4. 巻 47
2. 論文標題 High Pressure Synthesis of Hydride-fluoride Pyrochlore NaCaMg ₂ F _{7-x} H _x	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 829 ~ 832
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180256	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 Uebe Masashi, Sakamaki Daisuke, Ito Akihiro	4. 巻 84
2. 論文標題 Electronic and Photophysical Properties of 9,10-Anthrylene-Bridged B- -N Donor-Acceptor Molecules with Solid-State Emission in the Yellow to Red Region	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1305 ~ 1313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201900003	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 Baia-Dominguez Irene, Perez-Guardiola Andres, Sancho-Garcia Juan Carlos, Lopez Navarrete Juan T., Hernandez Jolin Victor, Li Hongxiang, Sakamaki Daisuke, Seki Shu, Ruiz Delgado M. Carmen	4. 巻 4
2. 論文標題 Formation of Cyclophane Macrocycles in Carbazole-Based Biradicaloids: Impact of the Dicyanomethylene Substitution Position	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 4761 ~ 4769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b03418	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 H. Tomita, D. Sakamaki, M. Noguchi, M. Nakano, S. Seki	4. 巻 46
2. 論文標題 Tuning of Open-shell Characters of a Terphenoquinone by Introducing a Benzodithiophene Unit	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Lettrs	6. 最初と最後の頁 805-807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170128	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 Y. Matsuta, D. Sakamaki, R. Kurata, A. Ito, S. Seki	4. 巻 12
2. 論文標題 Modulation of Open-Shell Characters of Amine-inserted Diphenquinones via Structural Modification	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 1889-1894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201700652	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 V. S. Padalkar, Y. Tsutsui, T. Sakurai, D. Sakamaki, N. Tohnai, K. Kato, M. Takata, T. Akutagawa, K.-i Sakai, S. Seki	4. 巻 121
2. 論文標題 Optical and Structural Properties of ESIPT Inspired HBT-Fluorene Molecular Aggregates and Liquid Crystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 10407-10416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b08073	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 K. Okino, S. Hira, Y. Inoue, D. Sakamaki, S. Seki	4. 巻 56
2. 論文標題 The Divergent Dimerization Behavior of N-Substituted Dicyanomethyl Radicals: Dynamically Stabilized versus Stable Radicals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 16597-16601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201710354	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 D. Sakamaki, A. Ito, Y. Tsutsui, S. Seki	4. 巻 82
2. 論文標題 Tetraaza[14]- and Octaaza[18]paracyclophane: Synthesis and Characterization of Their Neutral and Cationic States	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13348-13358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b02437	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 T. Umeyama, K. Igarashi, D. Sakamaki, S. Seki, H. Imahori	4. 巻 54
2. 論文標題 Unique cohesive nature of the 1-isomer of [70]PCBM fullerene on structures and photovoltaic performances of bulk heterojunction films with PffBT4T-20D polymers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 405-408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC08947C	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 H. Yokoi, S. Hiroto, D. Sakamaki, S. Seki, H. Shinokubo	4. 巻 9
2. 論文標題 Supramolecular assemblies of a nitrogen-embedded buckybowl dimer with C60	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 819-824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7SC04453D	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 D. Sakamaki, H. Saeki, S. Seki	4. 巻 2
2. 論文標題 Synthesis and properties of a twin donor molecule composed of cofacially stacked dihydrodiazapentacenes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 530-536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7QM00563F	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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 三岡味紗稀、酒巻大輔、藤原秀紀
2. 発表標題 非局在化したラジカルを有するTTFの合成・構造・電子物性
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中克輝、酒巻大輔、藤原秀紀
2. 発表標題 異なる位置で連結したジアザテトラセン二量体の合成と電子的性質
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村友樹、酒巻大輔、藤原秀紀
2. 発表標題 含窒素複素環を置換したTTF誘導体を用いた複合機能性物質の開発
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沖野浩平・酒巻大輔・関修平
2. 発表標題 平面上に固定されたアミノ基を有するジシアノメチルラジカルの電子的性質と近赤外サーモクロミズム
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 佐伯英紀・酒巻大輔・関修平
2. 発表標題 多重 - 相互作用によるフタロシアニンの選択的二量化と中心金属間磁性相
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 西村友樹・山口美奈代・酒巻大輔・藤原秀紀
2. 発表標題 含窒素複素環を置換したTTF誘導体を用いた複合機能性物質の開発
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 松本悠希・酒巻大輔・藤原秀紀
2. 発表標題 ジアザフルオレノンをも有するD-A型複合分子を用いた光機能性物質の開発
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 三岡美紗稀・酒巻大輔・藤原秀紀
2. 発表標題 非局在化したラジカルをも有するTTFの合成・構造・電子物性
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 筒井 祐介, 岡本 悠, 崔 旭鎮, 櫻井 庸明, 酒巻 大輔, 関 修平
2. 発表標題 マイクロ波複合分光法を用いたポリチオフェン中の電荷輸送特性評価
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本悠, 筒井祐介, 崔 旭鎮, 酒巻大輔, 櫻井庸明, 関修平
2. 発表標題 電子スピン/誘電損失同時測定による有機半導体キャリアダイナミクス解析
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 酒巻大輔, 松田悠弥, 倉田亮平, 伊藤彰浩, 関 修平
2. 発表標題 アミノ基を挿入したジフェノキノンの構造と開殻性変調
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 沖野浩平, 酒巻大輔, 関 修平
2. 発表標題 アミノ基と共役したジシアノメチルラジカルの電子構造と動的共有結合性
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 佐伯英紀, 酒巻大輔, 関 修平
2. 発表標題 周辺部にアザアセン構造を有するフタロシアニンの合成と選択的二量化挙動
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 沖野浩平, 酒巻大輔, 関 修平
2. 発表標題 平面上に固定されたアミノ基を有するジシアノメチルラジカルの動的二量化
3. 学会等名 第4回 造形科学若手研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐伯英紀, 酒巻大輔, 関 修平
2. 発表標題 多重 - 相互作用を利用したフタロシアニンの選択的二量化
3. 学会等名 第4回 造形科学若手研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuya Matsuta, Daisuke Sakamaki, Ryohei. Kurata, Akihiro Ito, Shu Seki
2. 発表標題 Structures and Open-shell Characters of Amine-inserted Diphenquinones
3. 学会等名 17th International Symposium on Novel Aromatic Compounds
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Inoue, Daisuke Sakamaki, Shu Seki
2. 発表標題 A #-shaped Azaacene Tetramer with Axial Chirality: Synthesis, Structure and Electronic Properties
3. 学会等名 17th International Symposium on Novel Aromatic Compounds
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

わずかな構造の違いで分子のまとまり方が変化 - 高次接続プログラムによるユニークな成果 -
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2017/171110_3.html
 造形科学ニュースレター Vol. 42
http://pi-figuration.jp/nl/nl_42.pdf

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
---------	---------