

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05024

研究課題名(和文)アザフェナレニル骨格をもつ 拡張類縁体の合成と機能開拓

研究課題名(英文) Exploration of synthesis and function of p-extended derivatives with azaphenalenyl moiety

研究代表者

川瀬 毅 (Kawase, Takeshi)

兵庫県立大学・工学研究科・教授

研究者番号：10201443

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：アザフェナレニル構造をもつ多様な含窒素ナノグラフェンモデル類には高い酸化還元能が期待され、その性質を明らかにすることによって、有機半導体、光材料、さらには燃料電池触媒への応用が期待される。そこで、もっとも単純な誘導体であるN-置換-2-アザフェナレニルラジカルカチオンの詳細な物性検討を行い、新たな含窒素共役系ラジカルの性質の解明を行った。そのラジカルカチオンは酸素に不安定ながら、単離可能な熱安定性を示した。さらに、ナノグラフェンの炭素原子を酸素原子に置き換えたオキサナノグラフェンへも視野を広げ、新規なパイ拡張ナフトキサンテニウムイオンの合成と構造研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

窒素原子を含む縮合多環状共役系化合物(含窒素ナノグラフェン)は特異な光・電子特性を示すことが知られている。また、その作用機構は良く知られていないものの含窒素グラフェンには燃料電池触媒作用があることが見出されており、そのモデル分子としても興味深い。本研究の成果より、ナフトレンイミド骨格は化学変換によって2-アザフェナレニルやその類縁体へ誘導可能であることが示された。この方法により、ナフトレンイミドを部分構造に持つ新規イミド類を出発物質に、新規なアザフェナレニル骨格を持つ含窒素共役系化合物の合成が可能になるものと期待され、新たな機能を持つ含窒素ナノグラフェン構築の指針が示された。

研究成果の概要(英文)：Nanographene model compounds with nitrogen atom(s)(aza-nanographenes) possessing azaphenalenyl moiety should have high redox properties. They would be applicable to organic semiconductors, photonic materials and catalysts for fuel cell. We have explored the electronic and structural properties of N-substituted 2-azaphenalenyl cation radicals with the simplest analog of aza-nanographene. Because the radical cations are air sensitive, but isolable species, the properties are studied structurally and electronically. The results provide an important insight into the properties of nitrogen-involving conjugated system. Moreover, the exploration has extended nanographene model compounds with oxygen atom(s). Actually, synthesis of new p-extended naphthoxanthene cations derivatives are successfully performed, and the electronic and structural properties have been explored.

研究分野：構造有機化学

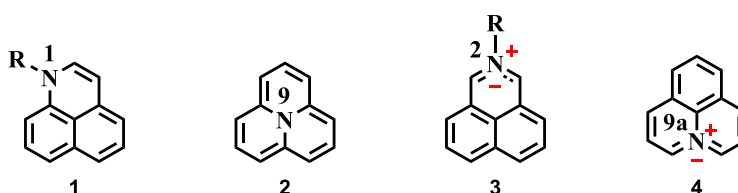
キーワード：含窒素縮合多環状共役系 アザフェナレニル カチオンラジカル オキサナノグラフェン ビニルカルベン

## 研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

窒素原子を含む縮合多環状共役系化合物（含窒素ナノグラフェン）は、炭素原子のみで形成された縮合多環状共役系化合物と比べて、特異な光・電子特性を示すことが知られている。たとえば、p型半導体特性を示すペンタセンの分子骨格に窒素原子を導入することでn型半導体としての特性が現れることが明らかにされている。また、その作用機構は良く知られていないものの含窒素グラフェンには燃料電池触媒作用があることが見出されており、そのモデル分子としても興味深い。それらの研究から、共役系骨格に窒素原子を導入することで高い電子特性（半導体特性や酸化還元能など）が期待される。

フェナレニルアニオンの等電子体であるアザフェナレニルには4つの構造異性体 **1**~**4** が存在するが、アゾメチンイリド構造をもつ異性体 N-置換-2-アザフェナレニル **3** と 9a-アザフェナレニル **4** は、その誘導体が反応中間体として知られているだけであった。著者らは1,8-ナフタレンジカルボン酸無水物誘導体を出発物質に、窒素原子上に嵩高い置換基を導入したイミニウム塩 **5** を NaH で



処理することで 2-アザフェナレニル誘導体 **6** を酸素に敏感な深緑色固体として合成した (Scheme 1)。 **6** はアゾメチンイリド誘導体として初めて単離・構造決定された化合物である (Fig. 1a)。 NMR スペクトルの解析や電気化学的測定・理論計算によって、 **6** はフェナレニルアニオン構造の寄与が大きく、非常に高い HOMO エネルギーレベルをもつことが明らかにした。さらに、 **6** を銀塩 (AgPF<sub>6</sub>) で一電子酸化することで相当するラジカルカチオン **7** が金属光沢のある褐色結晶として得られ、結晶構造解析 (Fig. 1b) と ESR スペクトルによってその生成を確認した。 **6** の骨格は 1,8-ナフタレンジカルボン酸無水物を出発物質として容易に導くことができることから、この合成法は 2-アザフェナレニル骨格をもつ π 拡張類縁体の合成に広く応用可能と考えた。著者は先にアセナフチレン-5,6-ジカルボキシイミドを出発原料に様々な π 拡張フルオランテンイミド類を合成した。それら新規イミド類はナフタレンイミドを部分構造に持つことから、アザフェナレニル骨格を持つ新規含窒素共役系化合物の合成が可能になるものと期待された。

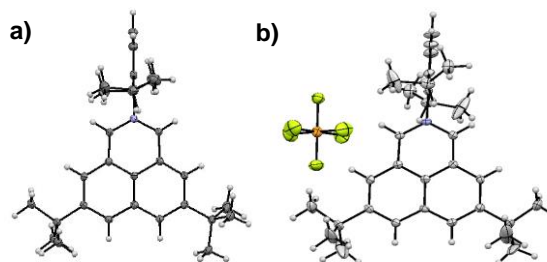
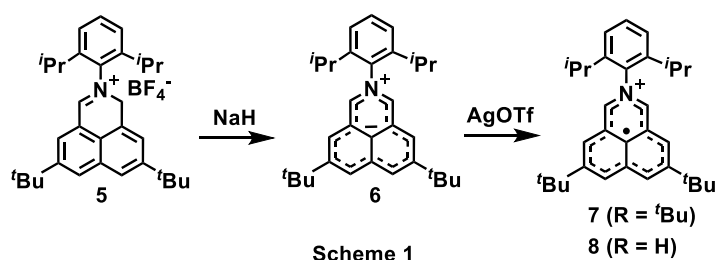


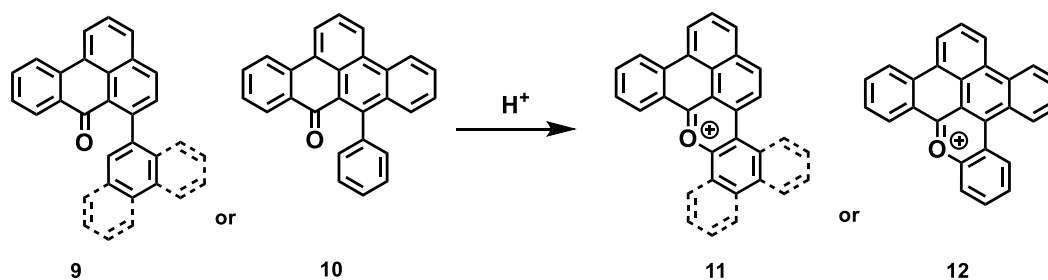
Figure 1. Molecular structures of **6** and **7**•PF<sub>6</sub>.

## 2. 研究の目的

ザフェナレニル構造をもつ多様な含窒素ナノグラフェンモデル類には高い酸化還元能が期待され、その性質を明らかにすることによって、有機半導体、光材料、さらには燃料電池触媒への応用を検討する。本研究では、ナフタレンジカルボキシイミドをアザフェナレンの合成等価体とみなし、新規アセナフチレンイミドを出発物質に、アザフェナレニル構造をもつ多様な含窒素ナノグラフェンモデル化合物の構築を行う。もっとも単純な誘導体である *N*-置換-2-アザフェナレニルのラジカルカチオンについてはその詳細な物性検討が新たな含窒素共役系ラジカルの性質解明につながるものと思われる。また、ナノグラフェンの炭素原子を窒素原子以外の他のヘテロ原子（例えば酸素原子）に置き換えたヘテロナノグラフェンへも視野を広げ、その構築を目的の一つにする。

## 3. 研究の方法

著者はフェナレン骨格にかさ高い[2,6-di(isopropyl) phenyl]基と *tert*-butyl 基を導入することで熱的に安定な誘導体 **6**、また電子酸化によってカチオンラジカル **7** を構築し、その性質を明らかにした (Scheme 1)。それらの結晶構造解析から二つの *tert*-butyl 基は化合物の熱的安定性には寄与していないものと想定された。そこで、*tert*-butyl 基をもたない誘導体 **8** (R = H) を構築し、その構造や電子状態を解明する。また、ナフタレンイミド骨格は還元的処理によってアザフェナレニル骨格をもつ化合物へ変換可能であることから、これまで合成してきたイミド化合物を出発物質に多様な含窒素共役系化合物の合成を検討する。また、課題検討中に9位にフェニル基や9-フェナンスリル基を持つベンズアンスロン **9** ジベンゾアンスロン **10** にトリフルオロ酢酸を作用させることで、脱水素閉環反応により  $\pi$  拡張ナフトキサントニウム (NX) イオン **11-12** が生成した (Scheme 2)。この反応はナノグラフェンの炭素原子を酸素原子に置き換えたヘテロナノグラフェンの構築につながる興味深い反応であったことから検討を行った。



**Scheme 2.** Acid promoted cyclization of 9-arylbenzanthrone **9** (aryl = phenyl or 9-anthryl) and 9-phenyldibenzanthrone **10** to  $\pi$ -extended naphthoxanthenium (NX) cations (**11** and **12**).

## 4. 研究成果

窒素原子上に嵩高いジイソプロピルフェニル基と2つの*t*-butyl基を導入した2-アザフェナレニル誘導体**6**を深緑色固体として単離することに成功し、構造や電子物性を明らかにした。この化合物は非常に高いHOMOエネルギーをもち、それがアゾメチンイリドとしての高い反応性の要因となることを見出した。また、化合物**6**を銀塩(AgPF<sub>6</sub>)で一電子酸化することで、相当するラジカルカチオ

ン7を暗褐色の結晶として得ることに成功した(Scheme 1)。その生成はESRスペクトルと理論計算に基づくシミュレーションの比較によって行い、最終的に単結晶X線構造解析によって確認した(Fig. 1b)。さらに、ナフタレン部に *t*-butyl基をもたないカチオンラジカル8も相当するイミニウム塩14より、合成・単離できることを見出した。8はフェナレニルラジカルの類縁体として最も置換基の少ない単離可能な化合物であった。これらの結果は「Chemical Communications」誌に掲載された。

また、中間体として合成したイミニウム塩13は非常に強い蛍光発光( $\lambda_{\max} = 526 \text{ nm}$ ,  $\phi = 0.60$ )を示した。イミニウムイオン構造をもつ色素はアストラゾン染料を代表にカチオン染料として有用なものがある。1H-ベンゾ[*de*]イソキノリニウムイオン骨格をもつ色素はこれまで研究されておらず、著者らは種々のN-アリアル置換体15a-eを合成した(Scheme 3)。それらはアリアル基上の置換基によって発光特性が変化し、特に、*N*-フェニル基のパラ位に電子吸引性の置換基をもつ誘導体15c-eは、結晶をすり潰すことで固体の色と発光波長が変化するメカノクロミズムを示した。15cの固体状態での発色の変化をFig. 3に示した。その結果は「ChemPhotoChem」誌に掲載された。

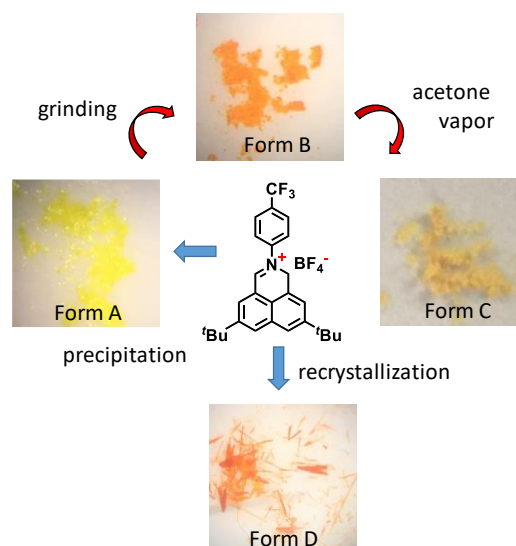
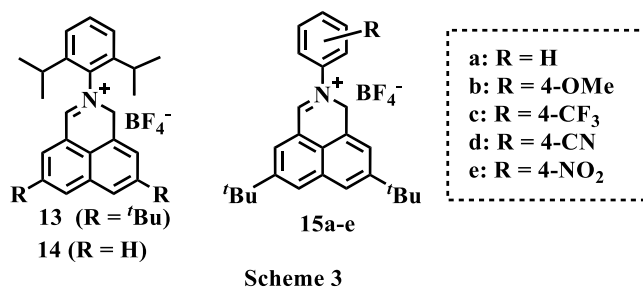


Fig. 3. Color change of 15c.

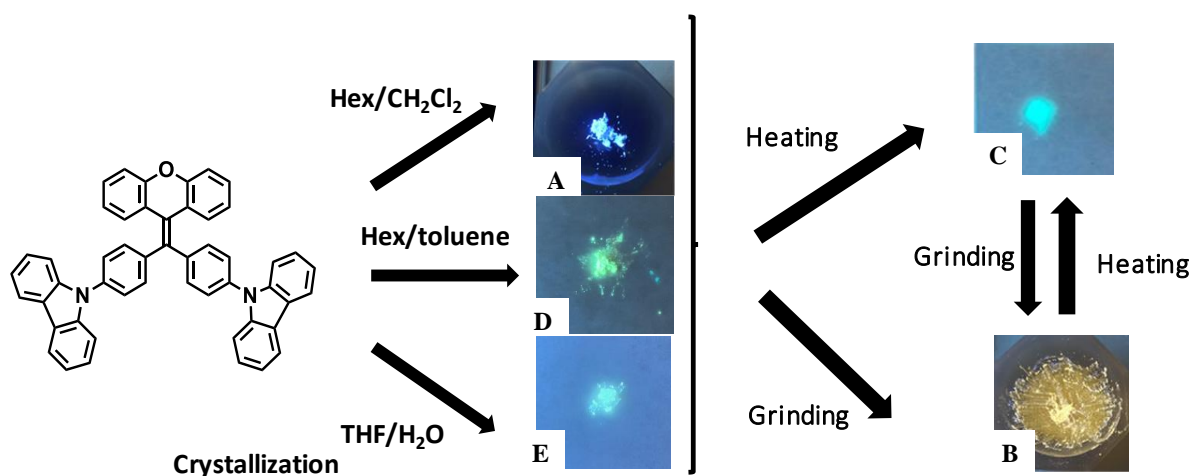


Fig. 4. Crystallo-, thermo- and mechanofluorochromism of 16.

また、クリスタロミズムやメカノフルオロクロミズムなどの複数の外部刺激に対応して発光特性が変化する化合物として、キサンチリデン骨格を持つ化合物**16**を合成し(Fig. 4), その性質を検討した結果を「ChemPlusChem」誌に投稿し掲載が受理された。

また、フェニル基や9-フェナンスリル基を持つベンズアンスロン**9**やそのベンゾ拡張体8-PhDBA **10**の酸性条件下脱水閉環によるカチオンの合成を試みたところ、脱水素により酸素原子を含む $\pi$ 拡張ナフトキサンテニウムイオン類(**11**, **12**)が生成した(Scheme 2)。9-フェニル体から誘導したカチオン種BNX $\cdot$ BF<sub>4</sub>(**11**)についてはX線単結晶構造解析によって平面性の高い構造を持つことを確認した(Fig. 5)。フェナンスレン付加体から誘導したカチオン種(TBNX)は重アセトニトリル中で濃度に伴ってNMRスペクトルが変化し、自己会合することが示唆された。また、ジクロロメタン中で可逆な還元波を観測したことから安定なラジカルが生成したと考えられる。キサンチリウムカチオンの酸素原子を窒素原子に変換することで、多様な含窒素ナノグラフェン系共役系化合物へ導くことが可能と考えられる。

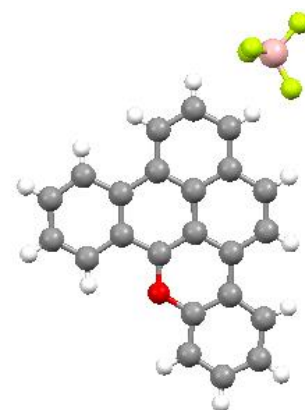
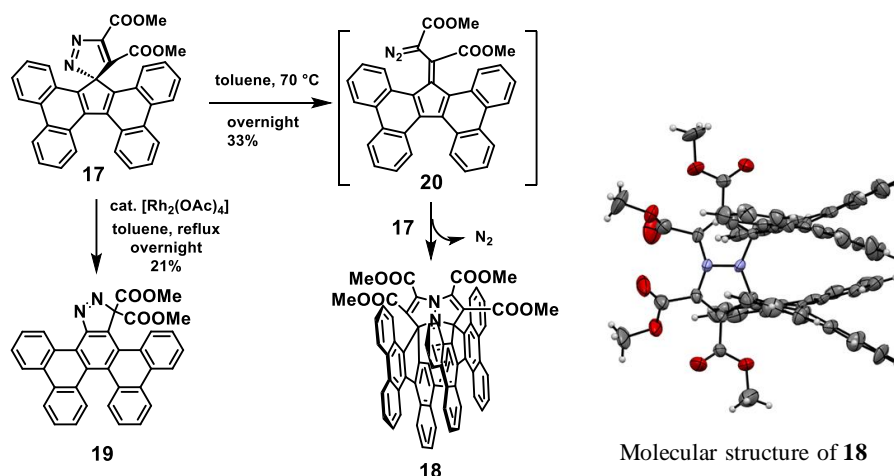


Fig. 5. Crystal structure of BNX $\cdot$ BF<sub>4</sub> **11**.

また、17-ジアゾテトラベンゾフルオレン(TBF)とアセチレンジカルボン酸ジメチルの付加生成物であるジアザスピロ[4.4]ノナテトラエン誘導体**17**を合成し、その反応を検討することで特異な構造を持つ含窒素多環状芳香族化合物が得られることを見出した。**17**をトルエン中加熱することによって、TBF骨格が隣接した二量体様構造を持つ化合物**18**が得られること、また、ロジウム錯体やプロトン性溶媒中では骨格転位反応を起こし、新たな[5]ヘリセン誘導体**19**を与えることを見出した。生成物の構造や反応機構について検討することで、これまで知られていなかったジアゾ中間体**20**を経て反応が進行することが推定された(Scheme 4)。



Scheme 4

本研究において、新たな含窒素および含酸素ナノグラフェン類の構築を行い、その構造や性質を調べることで、それらヘテログラフェン類について新たな知見を加えることができたものと考えられ、新たな研究指針を提供できたものと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10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 H. Nishimoto, T. Kadoya, R. Miyake, T. Oda, J. Nishida, K. Kubo, H. Tajima, T. Kawase, J. Yamada	4. 巻 31
2. 論文標題 An isotropic three-dimensional organic semiconductor 2-(thiopyran-4-ylidene)-1,3-benzodithiole (TP-BT): asymmetric molecular design to suppress access resistance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5562-5569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CE00644H	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. Oda, H. Nishiyama, J. Nishida, T. Kawase	4. 巻 4
2. 論文標題 9,9-Bis[4-(N-aryl)phenyl]methylidene-xanthyliene Derivatives Displaying Mechano-, Crystalline- and Thermo-chromism	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202200360	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 M. Kondo, J. Nishida, T. Kawase, N. Kawatsuki	4. 巻 23
2. 論文標題 Mechano-induced photoluminescence colour change in an alkyltolane-terminated cyanostilbene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5869-5875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ce00456e	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 J. Nishida, Y. Morikawa, A. Hashimoto, Y. Kita, H. Nishimoto, T. Kadoya, H. Sato, T. Kawase	4. 巻 2
2. 論文標題 Synthesis and electron-transport properties of N-trifluoromethylphenyl-phthalimides containing selenophene substituents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 7861-7868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1MA00716E	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. Kishimoto, K. Oda, J. Nishida, C. Kitamura, T. Kawase	4. 巻 94
2. 論文標題 Structurally Strained Cyclic Xanthene Dimers: A Model for the Rigid Crown Ether Moiety in the Reduced Graphene Oxide Framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn	6. 最初と最後の頁 2216-2220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210186	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 J. Nishida, Y. Matsuno, T. Kawase	4. 巻 2022
2. 論文標題 Synthesis and photophysical and electrochemical study of 1,3,6,8-tetraarylsubstituted X-shaped phenanthrene derivatives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian. J. Org. Chem	6. 最初と最後の頁 e202100789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100789	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. Katayama, Y. Matsuura, C. Kitamura, J. Nishida, T. Kawase	4. 巻 2022
2. 論文標題 2-Aryl-1H-benz[de]isoquinolinium ions: Cationic Dyes Displaying Mechanochromism and Crystallochromism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemPhotoChem	6. 最初と最後の頁 e202200013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.202200013	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. Nishimoto, T. Kawase, J. Nishida	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis, crystal structures and semiconductor properties of 2-(thiopyran-4-ylidene)-1,3-benzodithioles with an aryl substituent	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 4856-4863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CE00416C	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. Nishimoto, T. Kadoya, T. Kawase, J. Nishida	4. 巻 2023
2. 論文標題 Semiconductor Properties of -Extended 2-(Thiopyran-4-ylidene)-1,3-benzodithiole (TP-BT) Analogs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Asian J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 e202300497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202300497	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. Inoue, Y. Matsuura, K. Horii, A. Konishi, J. Nishida, M. Yasuda, T. Kawase	4. 巻 60
2. 論文標題 N-Di(isopropyl)phenyl-2-azaphenalenyl Radical Cations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ChemComm	6. 最初と最後の頁 1735-1738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CC05968E	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24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 T. Kawase, Y. Matsuura, A. Konishi, K. Horii, J. Nishida, M. Yasuda
2. 発表標題 2-Aryl-1H-benz[de]isoquinolinium ions: Cationic Dyes Displaying Mechanochromism and Crystallochromism
3. 学会等名 ISNA (International Symposium on Novel Aromatic Compound)-19 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西本 拓史, 角屋 智史, 三宅 力優, 小田 丈志, 西田 純一, 久保 和也, 田島 裕之, 川瀬 毅, 山田 順一
2. 発表標題 等方性3次元の有機半導体TP-BTの合成と薄膜トランジスタ特性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 川崎康平・守安秀太・西本拓史・西田純一・川瀬毅
2. 発表標題 6-アリールベンズアンスロンの酸誘起閉環による 拡張キサンテニウムカチオンの生成
3. 学会等名 第32回基礎有機討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田 隼・大浦 弦太・西本 拓史・西田 純一・川瀬 毅
2. 発表標題 17-ジアゾテトラベンゾフルオレンとアセチレンジカルボン酸ジエステルの付加体の反応
3. 学会等名 第32回基礎有機討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 畑川智彦・加藤真一郎・西田純一・川瀬 毅・北村千寿
2. 発表標題 非対称シクロペンテンアニユレーションを用いたシクロペンタインデノテトラセン誘導体の合成と性質
3. 学会等名 第32回基礎有機討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田純一・石田拓哉・藤井玄樹・川瀬 毅
2. 発表標題 ジフェニルアミノフェニル基 を有するフェナントロリン環 状化合物の合成と機能特性
3. 学会等名 第32回基礎有機討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西本 拓史, 西田 純一, 川瀬 毅
2. 発表標題 2-(チオピラン-4-イリデン)-1,3-ベンゾジチオール(TP-BT)骨格を有するD-A型化合物の合成と半導体特性
3. 学会等名 第30回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西本 拓史, 川瀬 毅, 西田 純一
2. 発表標題 口頭発表[K204-2アリアル置換基を導入した2-(チオピラン-4-イリデン)-1,3-ベンゾジチオール誘導体の合成と半導体特性
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 市川 菜花, 川瀬 毅, 西田 純一
2. 発表標題 ジメトキシナフトチオフェンを利用したナフト[2,3-b]チオフェン-4,9-ジオン誘導体の合成
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 山田 壘・尾野緩人・西本拓史・西田純一・川瀬 毅
2. 発表標題 ジアザスピロ[4.4]ノナテトラエン誘導体の反応及び生成物の構造研究
3. 学会等名 第15回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柴田皓之・西本拓史・西田純一・川瀬 毅
2. 発表標題 ナフトキノンから導く電子受容体の合成と結晶構造
3. 学会等名 第15回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八木祐樹・村上友亮・竹田梨紗・川瀬 毅・西田純一
2. 発表標題 ヘキサベンゾコロネン融合ホスファヘリセンの合成と物性
3. 学会等名 第15回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎康平・守安秀太・西本拓史・有馬祐人・西田純一・川瀬 毅
2. 発表標題 6-アリアルベンズアンスロンの酸誘起閉環によるp拡張キサンテニウムイオンの生成
3. 学会等名 第15回有機 電子系シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森川 諒己・西田 純一・角屋 智史・佐藤 寛泰・川瀬 毅
2. 発表標題 オリゴセレノフェンを導入したフタルイミド化合物の合成と半導体特性
3. 学会等名 第31回基礎有機討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾田 花沙音・西山 浩生・西田 純一・川瀬 毅
2. 発表標題 N-アリール基を持つ 拡張キサンテン誘導体の合成と光物性
3. 学会等名 第31回基礎有機討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦 優香・小西 彬仁・掘井 康稀・安田 誠・西田 純一・川瀬 毅
2. 発表標題 N-置換 2-アザフェナレニルラジカルカチオンの生成と物性検討
3. 学会等名 第31回基礎有機討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古谷遥子・寺田義隆・辻航平・加藤真一郎・西田純一・川瀬 毅・北村千寿
2. 発表標題 インデノ[1,2,3-fg]テトラセン誘導体の合成、性質、および光安定性
3. 学会等名 第31回基礎有機討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 康平・西田 純一・川瀬 毅
2. 発表標題 6-フェナンスリルベンズアンスロンの酸誘起閉環による 拡張キサンテニウムカチオンの生成
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 八木 祐樹・西田 純一・村上 友亮・竹田 梨紗・川瀬 毅
2. 発表標題 ペンタキス (t-ブチルフェニル) フェニル置換ジベンゾホスホールオキシド誘導体と関連
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 畑川 智彦、古谷 遥子、加藤 真一郎、西田 純一、川瀬 毅、北村 千寿
2. 発表標題 シクロペンタ[1,2,3-de]インデノ[1,2,3-op]テトラセン誘導体の合成と性質
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 Hiroshi Nishimoto, Tomofumi Kadoya, Kazuya Kubo, Takeshi Kawase, Jun-ichi Yamada, Jun-ichi Nishida
2. 発表標題 OEFT properties of a p-type organic semiconductor (TP-BT) with three-dimensional intermolecular interactions and its analogs
3. 学会等名 The 9th TKU-ECUST-KIST-OMU-UH-IHU-KMITL-UTAR-TNU-HUFI Joint Symposium onAdvanced Materials and Applications (JSAMA-9) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田 隼・大浦弦太・西本拓史・西田純一・川瀬 毅
2. 発表標題 ジアザスピロ[4.4]ノナテトラエン誘導体の反応及び生成物の構造研究
3. 学会等名 第33回基礎有機化学討論
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田壘・大浦弦太・西本拓史・西田純一・川瀬毅
2. 発表標題 TBF骨格をもつジアザスピロ[4.4]ノナテトラエン誘導体の反応と生成物の物性研究
3. 学会等名 第16回有機パイ電子系シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川瀬毅
2. 発表標題 新奇的な構造をもつ有機電子系化合物の合成に魅せられて
3. 学会等名 有機合成新春講演会（招待講演）
4. 発表年 2024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