

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05215

研究課題名（和文）開殻性を帯びた近赤外有機材料の新機軸設計指針の確立と機能開拓

研究課題名（英文）Design and Functionality of Near-Infrared Organic Materials with Intermediate Open-Shell Character

研究代表者

前田 壮志（Maeda, Takeshi）

大阪公立大学・大学院工学研究科 准教授

研究者番号：90507956

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：近赤外線を活用した技術革新に向けて、堅牢な近赤外線吸収有機材料が求められている。本研究では、近赤外線吸収有機材料として、オキソカーボン骨格とカルコゲノピリリウムからなるポリメチン色素に着目し、それらの詳細な電子構造や物性の解明ならびに機能化を目指した。それら色素は、二つの不対電子が一重項電子配置となった開殻一重項状態の寄与によって、中間ジラジカル性を示すことが判明した。さらに、開殻一重項状態の寄与は、カルコゲン元素の原子番号が大きくなるほど、高くなることが明らかとなった。それら色素は不対電子の寄与により常磁性を示すとともに、1000 nmを超える領域に優れた光吸収能をもつことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに多様な近赤外線吸収有機色素が報告されているが、それらは閉殻構造の分子と認識されてきた。本研究では、近赤外線吸収有機色素の一種であるポリメチン色素が中間ジラジカル性を持つことを初めて明らかにした。中間ジラジカル性という概念は多環芳香族化合物などの特定の分子に適用されてきたが、本研究は、その概念を有機色素にまで拡張しており、学術的に意義深い。また、近赤外線吸収有機色素の正確な電子状態を明示できたことは、近赤外線吸収有機材料の設計新機軸の確立に貢献するものと考えられ、情報通信、生体深部の可視化、非侵襲性治療に活用される近赤外線吸収有機材料の創製につながると期待でき、社会的に意義深い。

研究成果の概要（英文）：Robust near-infrared absorbing organic materials are essential for advancing technologies that utilize near-infrared light. In this study, we focused on polymethine dyes composed of an oxocarbon skeleton and chalcogenopyrylium, investigating their electronic structures and physical properties to enhance their functionality. Our findings indicate that these dyes exhibit intermediate diradical properties due to the presence of an open-shell singlet state, where two unpaired electrons have a singlet electron configuration. Additionally, we observed that the contribution of the open-shell singlet state increases with the atomic number of the chalcogen element. These dyes also display paramagnetic properties due to the unpaired electrons and demonstrate excellent light absorption capabilities beyond 1000 nm.

研究分野：有機材料化学

キーワード：近赤外 機能性色素 中間ジラジカル性 二光子吸収 反強磁性相互作用

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近赤外線はヒトの目で見えない電磁波であり、情報通信、生体深部の可視化、非侵襲性治療に有効とされる。また、近赤外線は太陽放射エネルギー量の約 50% を占め、有効活用すれば有機太陽電池の高効率化のみならず、透明な太陽電池が作成できるとされている。このような「見えない光」を活用した技術革新には、堅牢な近赤外線吸収有機材料が不可欠である。我々はオキソカーボン骨格からなるポリメチン色素が近赤外線領域に卓越した吸収を示すことに着目し、多様な π 共役系成分を有する新規色素の合成と有機半導体への応用を目指して研究を進めてきた。一方、それら色素は閉殻構造の分子として扱われてきたが、実際にはオキサリルジラジカルが寄与構造に含まれることが予想されていた (Fabian *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **1989**, 28, 677)。これまでに我々は、それら色素の一部が開殻と閉殻の中間的な電子状態 (中間ジラジカル性) となっていることを核磁気共鳴 (NMR) および電子スピン共鳴 (ESR) スペクトルから明らかにし、前述の予想が正しいことを実験的に証明した (図 1)。しかし、研究開始当初、それらポリメチン色素の中間ジラジカル性が光吸収特性などの物性に及ぼす影響は明らかではなかった。

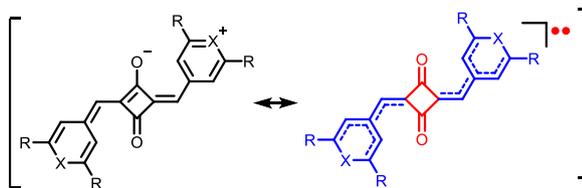


図 1. 四員環オキソカーボン骨格から成るスクアレン色素のジラジカル構造を含む共鳴構造

2. 研究の目的

本研究では、中間ジラジカル性を示すポリメチン色素に着目し、それらの電子構造を詳細に評価することを第一の目的とした。さらに、中間ジラジカル性が光吸収特性や磁気物性に及ぼす効果を明らかにすることを第二の目的とした。また、中間ジラジカル性ポリメチン色素およびその類縁体を近赤外線検出デバイスへ応用し、それらの有機半導体としての可能性と制限を示すことを第三の目的とした。これら一連の取り組みを通して、近赤外線を利活用した技術革新に資する近赤外線吸収有機材料の創製とそれらの設計指針の確立を目指した。

3. 研究の方法

当初の計画通り、下記 3 つフェーズで研究を進めた。

フェーズ 1: 多様な近赤外線吸収有機分子の合成と中間ジラジカル性の評価

フェーズ 2: 得られた分子群の物性評価と構造—物性相関の解明

フェーズ 3: 中間ジラジカル性近赤外線吸収有機分子の薄膜デバイスへの展開

フェーズ 1. 多様な近赤外線吸収有機分子の合成と中間ジラジカル性の評価

先に我々が中間ジラジカル性を明らかにした 4 員環オキソカーボン骨格からなるスクアレン色素は、非ケクレ分子であるオキソトリメチレンメタン骨格を持つジラジカル構造とメソイオニックな閉殻構造の共鳴構造で表現できる。これら分子では、非ケクレ構造の寄与で対電子が非局在化し、ラジカル状態が熱力学的に安定化されたと予想した。この構造的特徴に着目して、非ケクレ構造を組み込んだ分子群として、4 員環オキソカーボン骨格からなるスクアレン色素および 5 員環オキソカーボン骨格からなるクロコナイン色素を選定した。得られた分子群の中間ジラジカル性を ^1H NMR および ESR スペクトルで評価した。また、X 線結晶構造解析 (研究協力者・藤原秀紀博士、酒巻大輔博士が実施) に基づく結合長解析からジラジカル構造の寄与を評価した。

フェーズ 2. 物性評価と構造—物性相関の解明

得られた色素群の ESR スペクトルの温度依存性から、一重項状態と熱励起三重項状態のエネルギー差を見積もった。それら色素の一光子吸収特性を可視近赤外分光法で評価した。また、フェムト秒レーザーを光源にした光学系を用い、Z-scan 法で二光子吸収特性を評価した (共同研究者・鎌田賢司博士が実施)。さらに、超電導量子干渉計を用いて、当該分子群の磁化率を評価した。それらを総合して、当該分子群の中間ジラジカル性が各種物性に及ぼす効果について検討した。

フェーズ 3. 中間ジラジカル性近赤外線吸収有機分子の薄膜デバイスへの展開

近赤外線吸収有機材料への応用に向けて、2 つの色素骨格からなり、両者の間で励起子相互作用が生じた超発色団を構築した。得られた超発色団を持つ分子群の光学特性や電気化学特性を評価するとともに、それら薄膜の光吸収能を評価した。また、得られた分子群を電子ドナー材料、フラーレン誘導体を電子アクセプター材料としたバルクヘテロ接合型デバイスを作製し、近赤外線検出能を評価した。

4. 研究成果

[フェーズ 1] スクアレン色素およびクロコナイン色素はこれまで閉殻分子と捉えられていた。しかし、前述の通り、これら色素の中でも近赤外線領域に吸収を示すものは、それらの π 共役系において二つの不對電子が一重項電子配置となった開殻一重項状態の寄与により、中間的なジラジカル性を示すことが指摘されている。本研究ではスクアレンおよびクロコナイン色素の中間ジラジカル性が各種物性に及ぼす効果を明らかにするために、カルコゲノピリリウム骨格をもつスクアレンおよびクロコナイン色素を選定・合成した。それらの核磁気共鳴 (NMR) 測定では、高温下でシグナルが消失し、温度低下に伴ってシグナルが出現した。一方、電子スピン共鳴 (ESR) 測定では、温度上昇に伴ってシグナルが増強した。NMR および ESR スペクトルで観測された特異な温度依存性から、近赤外線吸収スクアレン及びクロコナイン色素が三重項状態に熱的に励起可能な一重項ジラジカル性の性質を帯びており、中間ジラジカル性を示すことが支持された。さらに、単結晶 X 線構造解析に基づく結合長の解析から、一連の分子がジラジカル性をもつことが確認されるとともに、カルコゲノピリリウム上に不對電子をもつ構造が最も寄与する共鳴構造であることが示された。このことから、オキソカーボン骨格に置換した複素環成分がスクアレン及びクロコナイン色素の中間ジラジカル性の発現に関与することが明らかとなった (図 2)。

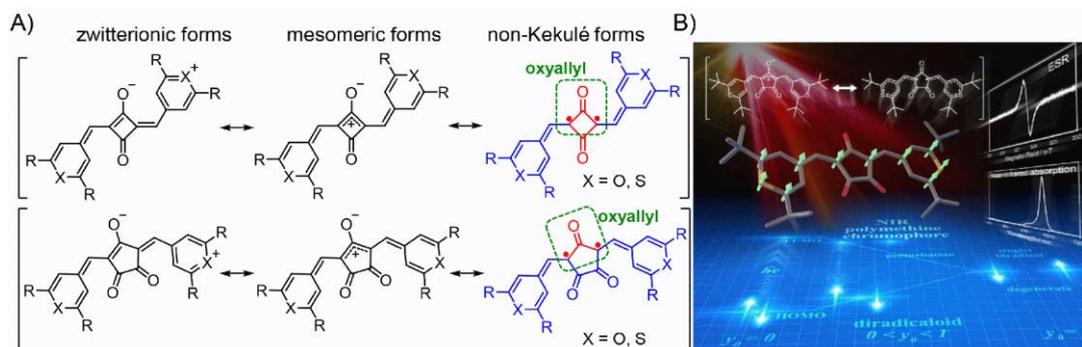


図 2. オキソカーボン骨格からなるスクアレンおよびクロコナイン色素の中間ジラジカル性を示す共鳴構造 (A) と概念図 (B)

さらに、アリール置換カルコゲノピリリウムと 5 員環オキソカーボン骨格からなるクロコナイン色素を新たに設計・合成した。単結晶 X 線構造解析から、アリール基は色素の π 共役系と同一平面に位置することが示された。それら色素の NMR, ESR, SQUID デバイスを用いた磁気測定の結果から、それらは閉殻一重項と開殻一重項の中間的な状態にあることが示された。

さらなる構造の多様化と分子凝集構造の制御を企図して、長鎖アルキル置換カルコゲノフラビリウムを複素環成分にもつクロコナイン色素を合成した。それらは、カルコゲノピリリウムからなる色素と同様に ^1H NMR シグナルの消失や ESR シグナルの出現などの熱励起三重項種に由来する現象が観測され、中間開殻性を示した。しかし、一重項と熱励起三重項のエネルギー差は大きく、開殻一重項状態の寄与は小さいことが各種測定から明らかとなった (図 3)。

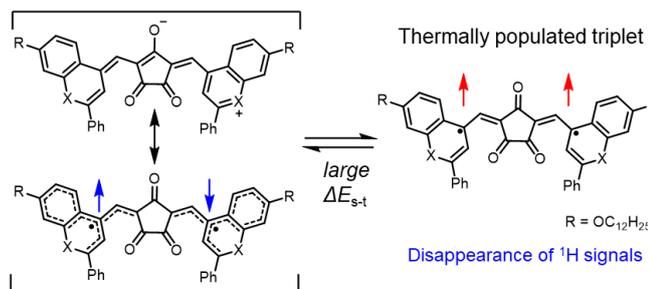


図 3. カルコゲノフラビリウム骨格からなるクロコナイン色素の中間ジラジカル性と熱励起三重項状態

[フェーズ 2] カルコゲノピリリウム骨格をもつスクアレンおよびクロコナイン色素は近赤外線領域 (710~950 nm) に極大吸収を示した。アリール置換カルコゲノピリリウムと 5 員環オキソカーボン骨格からなるクロコナイン色素の電子吸収はアルキル置換カルコゲノピリリウムに比べて著しく長波長化し、950-1100 nm に観測されたことから、アリール基は色素の電子物性に大きく影響することが明らかとなった。長鎖アルキル置換カルコゲノフラビリウムを複素環成分にもつクロコナイン色素の電子吸収は 984~1079 nm に観測され、アリール置換カルコゲノピリリウム骨格からなるクロコナイン色素と同様に、卓越した近赤外線吸収能を示した。アリール置換カルコゲノピリリウムやフラビリウム骨格からなるクロコナイン色素の極大吸収は 1000 nm を超える短波赤外線領域に達し、そのモル吸光係数は $10^5 \text{ M}^{-1}\text{L}^{-1}$ を超えており、近赤外線の利活用を可能とする有機材料として有望であると考えられる。

さらに、フェムト秒レーザーを含む光学系を用いた Z-scan 法によって、カルコゲノピリリウム骨格およびそのアリール置換体からなるスクアレン色素やクロコナイン色素の二光子吸収特性を評価した。当該クロコナイン色素は、1300 nm 付近に強い二光子吸収、1500-1700 nm に比較的弱い二光子吸収を示した。また、当該スクアレン色素は、1000 nm に強い二光子吸収、1300-

1500 nm に弱い二光子吸収を示した。これら色素は比較的小さな π 共役系を持つにも関わらず、大きな π 共役系からなるポリメチン色素と同程度の二光子吸収断面積を持つことが明らかとなった。

カルコゲノピリリウム骨格およびそのアリアル置換体からなるスクアレン色素やクロコナイン色素は低温条件下で開殻と閉殻の中間的な一重項状態であるが、高温条件下では熱励起三重項状態の寄与が高まる。この温度に応じた状態変化は ESR スペクトルのシグナル強度に対応し、そこから一重項と熱励起三重項のエネルギー差 (ΔE_{S-T}) を見積もることができる。その結果、それら色素の ΔE_{S-T} は非常に低い値となり、中間ジラジカル性を示すことが確認された。

中間ジラジカル性分子におけるジラジカル構造の寄与は、ジラジカル因子 (y_0) で表される。ジラジカル因子 y_0 が 1 であれば完全開殻構造、 y_0 が 0 であれば完全閉殻構造を意味する。一般に、 y_0 は量子化学計算で求められるが、実験で得られる一光子吸収および二光子吸収の遷移エネルギー (E_{OPA}, E_{TPA}) と ΔE_{S-T} を含む下式で求めることもできる (Kamada et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2010**, *1*, 937)。

$$y_0 = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{E_{OPA} - \Delta E_{S-T}}{E_{TPA}} \right)}$$

この式から、カルコゲノピリリウム骨格を持つスクアレン色素およびクロコナイン色素の y_0 は 0.2 程度と見積もられ、当該色素の中間ジラジカル性の程度を実験的に明らかにすることができた。このことは、当該ポリメチン色素においても、ジラジカル因子は電子遷移エネルギーに相関することを示しており、近赤外吸収有機分子を設計して評価する上で重要な知見を与えるものと考えられる。また、開殻一重項状態の寄与は、カルコゲン元素の原子番号が大きくなるほど、高くなることが判明した。

さらに、当該色素群の磁化率について検討を進めた。カルコゲノピリリウム骨格およびそのアリアル置換体からなるクロコナイン色素は不対電子の存在により磁性を帯びており、温度に依存して磁化率が増大することが超電導量子干渉計による磁化率測定から示された。一方、長鎖アルキル置換カルコゲノフラビリウムを複素環成分にもつクロコナイン色素は固体状態から等方性液体に相転移する過程で、磁化率が大きく変化することが明らかとなった。

[フェーズ 3]

ベンゾジピロールを中心骨格に用いて、二つのスクアレン単位発色団が連結された二発色団型スクアレン系色素を合成した (図 4)。二つの単位発色団が交差共役した二発色団型スクアレン系色素は、単位発色団間で働く分子内励起子相互作用のために、二つに分裂した電子吸収を示すことを明らかにした。分子内励起子相互作用による励起状態の分裂によって電子吸収帯が長波長化し、それら色素は近赤外線吸収を示した。さらに、

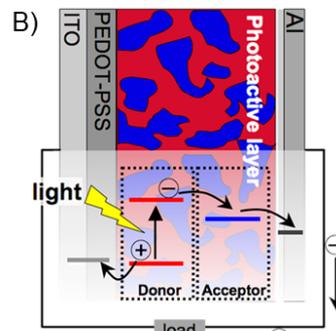
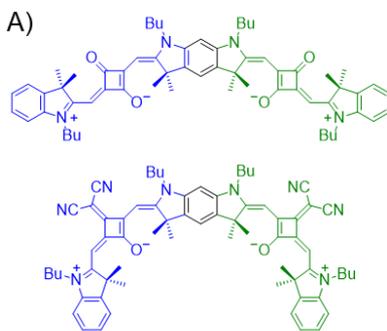


図 4. ベンゾジピロールを中心骨格にもつ近赤外吸収二発色団型スクアレン系色素 (A) とバルクヘテロ接合型近赤外光検出デバイスの構造

得られた二発色団型色素を電子ドナー材料、フラーレン誘導体を電子アクセプター材料に用いたバルクヘテロ接合型有機光検出デバイスは近赤外光に対して高い比光検出能を示し、二発色団型スクアレン系色素の光電変換材料としての機能を明らかにした。当該スクアレン色素は明確な中間ジラジカル性を示さないが、二つの発色団の融合による吸収波長域の制御とそれを用いた近赤外線検出デバイスへの応用について知見が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Toshiyuki Uesaka, Tomoyuki Ishitani, Takahito Shimeno, Naoya Suzuki, Shigeyuki Yagi, Takeshi Maeda	4. 巻 12
2. 論文標題 Synthesis and photophysical properties of photostable 1,8-naphthalimide dyes incorporating benzotriazole-based UV absorbers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 17350 ~ 17361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RA02028A	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 UESAKA Toshiyuki, KOMEYA Fumihisa, YOSHIDA Shoujirou, SHIMENO Takahito, YAGI Shigeyuki, MAEDA Takeshi	4. 巻 95
2. 論文標題 Synthesis of Blue Fluorescent Benzotriazoles Incorporating 2-(2-Hydroxyphenyl)-2H-Benzotriazole Derivatives and their Optical Properties and Photostability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Colour Material	6. 最初と最後の頁 220 ~ 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.95.220	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 Sawada Ryuhei, Maeda Takeshi, Oda Yuya, Yagi Shigeyuki, Karunakaran Venugopal, Fujiwara Hideki, Ajayaghosh Ayyappanpillai	4. 巻 17
2. 論文標題 Synthesis, Photophysical and Electrochemical Properties of Bis Squaraine Dyes Fused on Isomeric Benzodipyrrole Central Units	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202200227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202200227	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 Sawada Ryuhei, Maeda Takeshi, Oda Yuya, Yagi Shigeyuki, Karunakaran Venugopal, Fujiwara Hideki, Ajayaghosh Ayyappanpillai	4. 巻 17
2. 論文標題 Front Cover: Synthesis, Photophysical and Electrochemical Properties of Bis Squaraine Dyes Fused on Isomeric Benzodipyrrole Central Units	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202200385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202200385	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 Takeshi Maeda, Taishi Oka, Daisuke Sakamaki, Hideki, Fujiwara, Naoya Suzuki, Shigeyuki Yagi, Tatsuki Konishi, Kenji Kamada	4. 巻 14
2. 論文標題 Unveiling a new aspect of oxocarbons: open-shell character of 4- and 5-membered oxocarbon derivatives showing near-infrared absorption	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 1978 ~ 1985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SC06612B	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 Nguyen Tay V., Maeda Takeshi, Matsuyama Tetsuya, Suzuki Naoya, Nakazumi Hiroyuki, Yagi Shigeyuki, Ajayaghosh Ayyappanpillai	4. 巻 7
2. 論文標題 One Photon and Two Photon Absorption Properties of Multi Branched Squaraine Dyes Comprised of Triphenylamine Cores and Ethynylene Linkers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ChemPhotoChem	6. 最初と最後の頁 e202300152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.202300152	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 Sawada Ryuhei, Govind Chinju, Maeda Takeshi, Suzuki Naoya, Yagi Shigeyuki, Karunakaran Venugopal, Ajayaghosh Ayyappanpillai	4. 巻 18
2. 論文標題 Squaraine Appended with Benzodipyrrole for Fluorescent Sensing of Methanol: Exciton Coupling Controls Photophysical Properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 e202300868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202300868	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 SAWADA Ryuhei, HAMA Reiji, KINOSHITA Saki, MAEDA Takeshi, SUZUKI Naoya, YAGI Shigeyuki	4. 巻 97
2. 論文標題 Development of Intramolecular Exciton-Coupled Bis-Squaraine Dyes for Application to Near-Infrared Organic Photodetectors	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Colour Material	6. 最初と最後の頁 94 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.97.94	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27件(うち招待講演 2件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 T. Maeda, T. Oka, T. Ohno, D. Sakamaki, H. Fujiwara, N. Suzuki, S. Yagi, T. Konishi, K. Kamada
2. 発表標題 Intermediate Open-Shell Character of Near-Infrared Absorbing Oxocarbon Derivatives
3. 学会等名 15th International Symposium on Functional Electron Systems (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Maeda, T. Oka, T. Ohno, D. Sakamaki, H. Fujiwara, N. Suzuki, S. Yagi, T. Konishi, K. Kamada
2. 発表標題 Intermediate Open-Shell Character of Near-Infrared Absorbing Polymethine Dyes Derived from Oxocarbons
3. 学会等名 11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Sawada, S. Kinoshita, N. Suzuki, S. Kodama, T. Maeda, S. Yagi
2. 発表標題 Optical and Electrochemical Properties of C _{2v} -Symmetric Bissquaraine Dyes Fused on Benzodipyrrole Central Units
3. 学会等名 11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Oka, T. Maeda, N. Suzuki, S. Kodama, D. Sakamaki, H. Fujiwara, S. Yagi
2. 発表標題 Effects of Intermediate Diradical Character on cis-trans Isomerization of Near-Infrared Absorbing Squaraine Dyes
3. 学会等名 11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Hama, T. Maeda, N. Suzuki, S. Kodama, S. Yagi
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Intramolecular Hydrogen-Bonded Squaraine Dyes and Their Application to Near-Infrared Photodetectors
3. 学会等名 11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡 大志, 前田壯志, 鈴木直弥, 小玉晋太郎, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 八木繁幸
2. 発表標題 近赤外吸収スクアレン色素の中間ジラジカル性がシス - トランス異性化に及ぼす効果
3. 学会等名 第33回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 瀧 玲史, 前田壯志, 鈴木直弥, 小玉晋太郎, 八木繁幸
2. 発表標題 分子内水素結合を有するC _{2v} 対称スクアレン色素の合成と光学特性
3. 学会等名 第33回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田壯志, 岡 大志, 大野友彰, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 鈴木直弥, 八木繁幸
2. 発表標題 種々の複素環からなる近赤外吸収クロコナイン色素の中間開殻性
3. 学会等名 2023年度色材研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱 玲史、前田 壮志、鈴木 直弥、八木 繁幸、藤原 秀紀
2. 発表標題 ベンゼン縮環インドレニンからなるC _{2v} 対称スクアレン色素の結晶性薄膜の作製と近赤外光検出器への展開
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野 皓平、岡 大志、前田 壮志、酒巻 大輔、藤原 秀紀、鈴木 直弥、小玉 晋太郎、八木 繁幸
2. 発表標題 チオフラビリウム骨格からなる中間開殻性クロコナイン色素の相転移が磁気特性に及ぼす効果
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前田 壮志、田中大気、八木 繁幸、藤原 秀紀
2. 発表標題 インダンジオン骨格を有するスクアレン色素の合成と有機近赤外フォトディテクターへの応用
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 T. Maeda, T. Oka, D. Sakamaki, H. Fujiwara, N. Suzuki, S. Yagi, T. Konishi, K. Kamada
2. 発表標題 Experimental Evaluation of Intermediate Open Shell Character in Near-Infrared Absorbing Croconaine Dyes
3. 学会等名 95th JSCM Anniversary Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoaki Ohno, Takeshi Maeda, Daisuke Sakamaki, Hideki Fujiwara, Shigeyuki Yagi
2. 発表標題 Intermediate Open-Shell Character of Near-Infrared Absorbing Croconaine Dyes Consisting of Alkoxy-Substituted Flavylium Skeletons
3. 学会等名 95th JSCM Anniversary Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田壮志, 高野将史, 八木繁幸, 大越研人
2. 発表標題 光熱変換特性を示す液晶性色素の開発とリライタブル材料への応用
3. 学会等名 第31回ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Maeda, T. Oka, D. Sakamaki, H. Fujiwara, N. Suzuki, S. Yagi, T. Konishi, K. Kamada
2. 発表標題 Unveiling Open-Shell Character of Near-Infrared Absorbing Polymethine Dyes
3. 学会等名 11th Singapore International Chemistry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 鈴木直弥, 八木繁幸, 藤原秀紀
2. 発表標題 フェニル置換カルコゲノピリリウム骨格からなるクロコナイン色素の中間開殻性評価
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会 (2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大野友彰, 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 鈴木直弥, 八木繁幸, 藤原秀紀
2. 発表標題 近赤外吸収クロコナイン色素の複素環成分が中間開殻性に及ぼす効果
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会 (2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Maeda, T. Oka, D. Sakamaki, H. Fujiwara, S. Yagi
2. 発表標題 The Open-Shell Character of Croconaine Dyes Showing Near-Infrared Absorption over 800 nm
3. 学会等名 International CREST-CPL Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Sawada, T. Maeda, S. Yagi
2. 発表標題 Evaluation of Optical and Electrochemical Properties of Bis-Squaraine Dyes
3. 学会等名 International CREST-CPL Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田壮志, 高野将史, 八木繁幸, 大越研人
2. 発表標題 液晶性スクアレン色素の光熱変換特性
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 八木繁幸, 藤原秀紀
2. 発表標題 スクアレンおよびクロコナイン色素の中間的な開殻性
3. 学会等名 2021年度色材研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田隆平, 前田壮志, 八木繁幸
2. 発表標題 スクアレン発色団が融合した構造を持つ色素の光学特性と電気化学特性評価
3. 学会等名 2021年度色材研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野友彰, 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 八木繁幸
2. 発表標題 フラビリウム骨格とオキシカーボン酸残基からなる近赤外吸収色素の開殻性評価
3. 学会等名 2021年度色材研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 八木繁幸
2. 発表標題 オキシカーボン酸を中心骨格に持つ近赤外吸収ポリメチン色素の中間的な開殻性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大野友彰, 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 八木繁幸
2. 発表標題 フラビリウム骨格とオキソカーボン酸残基からなるポリメチン色素の開殻性評価
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡大志, 前田壮志, 酒巻大輔, 藤原秀紀, 八木繁幸, 小西龍生, 鎌田賢司
2. 発表標題 オキソカーボン中心骨格を持つ近赤外吸収ポリメチン色素のラジカル特性
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 澤田隆平, 前田壮志, 八木繁幸
2. 発表標題 対称型スクアレン発色団からなるビススクアレン色素の光学および電気化学特性
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪公立大学大学院工学研究科物質化学生命系専攻応用化学分野有機機能化学研究グループ
<http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/ohka6/index.html>
 大阪公立大学 最新の研究成果
https://www.omu.ac.jp/info/research_news/entry-04477.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
研究協力者	藤原 秀紀 (Fujiwara Hideki)		
研究協力者	酒巻 大輔 (Sakamaki Daisuke)		

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