

令和 5 年 5 月 20 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02813

研究課題名(和文) 分子の動きを駆使した凝集系における発光色制御法の確立

研究課題名(英文) Establishment of the method to regulate emission colors in aggregation systems using molecular movement

研究代表者

武田 洋平 (Takeda, Youhei)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：60608785

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：これまで研究代表者が実績のある、ねじれ型電子ドナー・アクセプター・ドナー(D-A-D)分子をプラットフォームとして活用し、立体配座の多様性・分子の回転・振動の自由度が異なる分子を発光メカノクロミズム分子として設計・合成した。電子アクセプターには、これまで実績のあるジベンゾフェナジンを活用し、電子ドナーには、様々な架橋ヘテロ原子の導入により配座的な柔軟性を示すユニットを選択して合成し、これらが立体配座に起因する発光性メカノクロミズムを示すことを明らかにした。また、高効率有機EL素子の発光材料として機能することも見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発光性メカノクロミズム分子の設計は、発光性の付与と分子集合状態制御とを両立させる必要があることから、困難である。世界中で様々な研究者が勢力的に独自の分子骨格に意匠をこらして分子凝集系における発光特性制御法を開拓している。しかし、いずれも水素結合や金属-金属相互作用など分子間相互作用を介した分子配列制御法にもとづく設計であり、これに対して本研究で得られた成果は、明確に異なる立体配座の相互変換による発光メカノクロミズム特性の発現が可能であることを示しており、既存の多色発光性メカノクロミズムの分子設計と原理的に全く異なっている点で学術的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：Using the twisted electron donor-acceptor-donor (D-A-D) platform that have been developed by the principle investigator, novel D-A-D molecules that can have conformational diversity and degrees of freedom in molecular rotation and vibration were designed and synthesized as luminescent mechanochromic molecules. To construct D-A-D molecules, dibenzophenazine was employed as an electron acceptor, and a heteroatom-bridged diarylamines that can have conformational flexibility was selected as the electron donor. Synthesized molecules exhibited distinct luminescent mechanochromism. The developed compounds have been also applied to emissive material in highly efficient organic light-emitting diodes.

研究分野：有機合成化学、材料化学

キーワード：メカノクロミズム 立体配座 ドナー・アクセプター 外部刺激応答性 有機EL セレン テルル 発光

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

力学的応力・圧力、熱、溶媒蒸気など様々な「外部刺激」にตอบสนองして発光色（波長）が変化する（＝「発光性メカノクロミズム」を示す）物質は、材料の置かれている状態を可視化できるセキュリティインクや記憶メモリーとしての応用が期待できることから、近年注目を集めている（*Nat. Chem.* **2009**, *1*, 605; *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 1073）。何故、我々科学者が発光性メカノクロミズムに魅了されるのか？それは産業的な応用への関心はもとより、「分子凝集系において、分子の励起状態をいかに制御するか」という学術的な挑戦性が内包されているからに他ならない。

これまでに外部刺激に応じて発光色が二色間で可逆的に変化する発光性メカノクロミズム（＝二色発光性メカノクロミズム、図 1a）を示す物質（有機・無機低分子、有機金属錯体、低分子・高分子ハイブリッド含む）は精力的に開発されており、既に過去 10 年間で 500 報以上の論文が報告されている（*Chem. Soc. Rev.* **2012**, *41*, 3878）。これとは対照的に、複数色（三色以上）間で可逆的に発光色を変化できる（以下、多色発光性メカノクロミズムと略記、図 1b）物質は稀少である（例えば、*Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, *50*, 9128; *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 10322; *Nat. Commun.* **2014**, *5*, 4013）。これら先行研究における多色発光性メカノクロミズムにおける指導原理は、水素結合や金属-金属間結合などの分子間相互作用を活用した分子集合形態制御に基づくものであり、複数の相互変換可能な発光性準安定相を発生させた上で、各相に固有な発光モードを顕在化させることで多色間の発光色変換が可能となっている。しかし、分子集合形態制御による発光色変調法は、経験則やセレンディピティに頼るところも多く、新たな多色発光性メカノクロミズム分子の合理的設計指針の開発が望まれている。

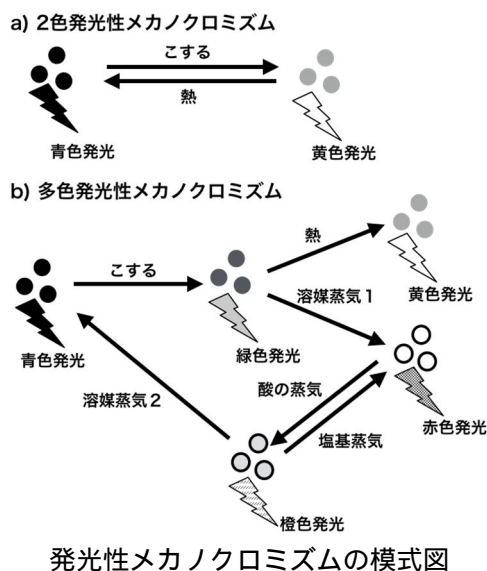
発光性有機分子の発光色制御は、電子共役系の伸縮による手法が一般的であることから、本来、平面分子である共役分子は凝集系において - 相互作用や C-H... 相互作用のような分子間相互作用が働きやすい状況にある。したがって、このような平面共役発光分子を集合形態の違いによって発光色を制御するアプローチは合理的かつ自然な発想であり、実際、これまでエキシマー発光など会合体に特異な発光の利活用による発光制御が多く報告されている。しかし、ここで発想を逆転してみると、“分子同士の相互作用を避けて通れない分子凝集系において、孤立分子としての発光特性をバルクレベルにおいても顕在化させることは可能か？”という、根本的な「問い」が浮かび上がってくる。本研究を通じて、この「問い」に対する解を見出すことができれば、一般性のある多色発光性メカノクロミズム分子の設計指針が見えてくるに違いない。

2. 研究の目的

本研究では、上記の学術的問いに対する解の一つを見出すべく、i) 固体状態において分子間相互作用の影響が小さく、かつ ii) 外部刺激によって「分子の動き」に変化をもたらす、分子の基底および励起状態そのものに摂動を与えられる分子設計戦略に基づき多色発光性メカノクロミズムを示す分子を創製する。また、異分野の海外研究者と連携し、多色発光性メカノクロミズムに潜む光物理過程の本質を解明し、得られた知見を分子設計指針にフィードバックすることで、真に光特性の制御が可能な多色発光性メカノクロミズム分子を創出する。また、開発した発光性メカノクロミズム分子を発光材料として活用した刺激応答性有機 EL デバイスの作製にも挑戦する。

3. 研究の方法

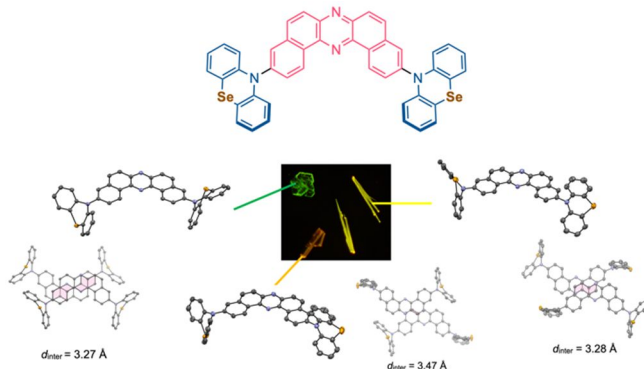
これまで研究代表者が実績のある、ねじれ型電子ドナー・アクセプター・ドナー (D-A-D) 分子をプラットフォームとして活用し、立体配座の多様性・分子の回転・振動の自由度が異なる分子を設計・合成し、構造発光性メカノクロミズム特性の相関関係を系統的に調査し、明らかにする。電子ドナーには、様々な架橋ヘテロ原子の導入により舟形構造やねじれ構造など配座的な柔軟性を示すユニットを選択し、電子アクセプターには、これまで実績のあるジベンゾフェナジンははじめ、発光性と電子受容性を兼ねそそえた新たなユニットを活用する。固体状態のサン



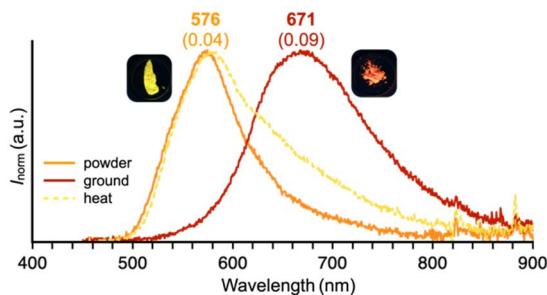
ルに対して応力・温度変化・溶媒蒸気への曝露などの様々な外部刺激を与えた際の、吸収・発光スペクトル測定により、どのような分子構造が多色かつ高コントラストな発光性メカノクロミズムを示すか、構造的な共通性はあるか、を検証する。異なる発光色を示す固体サンプルの温度可変時間分解スペクトル・発光寿命測定などの分光学的手法により発光性メカノクロミズム分子群の光物理過程を網羅的に解明する。量子化学計算により、光物理過程を明らかにする。

4. 研究成果

発光性メカノクロミズム分子として、独自に開発したジベンゾフェナジン (DBPHZ) を電子アクセプター、硫黄と同族高周期元素であるセレンを架橋原子とするジアリールアミン (フェノセレナジン) を電子ドナーとして連結させたドナー・アクセプター・ドナー分子を設計した (下図中、構造式)。3,11-位にジプロモ基を有するジベンゾフェナジンとフェノセレナジンを Pd 触媒による Buchwald-Hartwig アミノ化により、当該分子を高収率で合成することに成功した。興味深いことに、本 D-A-D 分子を単結晶化させたところ、三種類の結晶多形が生じ、それぞれの発光色が異なる (緑、黄色、オレンジ) ことを見出した (図中、写真)。X 線構造解析したところ、それぞれの結晶中で D-A-D 分子は、アクセプターユニットが舟形構造をもつ電子ドナー上の異なる空間的位置 (エカトリアルまたはアキシャル) を占めることで生じる異なる立体配座をとっていることが明らかとなった (右図参照)。さらに詳細に解析すると、立体配座が同じであっても、分子間距離・電子アクセプター系の重なり合いの違いによっても発光色が大きく異なっていることがわかった (図参照)。

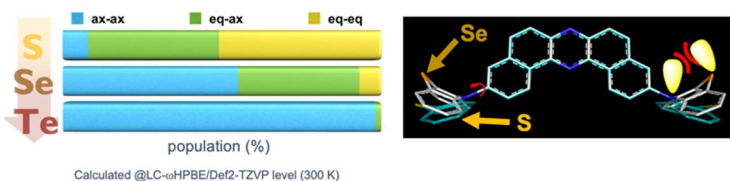


立体配座の違いに起因する発光色変化を見出したので、発光性メカノクロミズム特性を調査したところ、乳鉢・乳棒で D-A-D 分子の固体をこすったところ、黄色から深赤色へ顕著に発光色が変化することがわかった (右図)。この赤色発光を示すアモルファス固体を加熱すると、黄色発光を示す固体へ相転移することを見出した。このクロミック現象は可逆性があることもわかった。多色間での変化は示さなかったものの、立体配座に加えて分子間相互作用も発光色の制御に影響を与えうるという重要な知見が得られた。また、D-A-D 分子を非極性高分子である Zeonex 中に分散させた薄膜を作製したところ、これが室温で 550 nm 付近にリン光を示すことも見出した。



セレンよりも高周期に位置するテルル原子を架橋元素とするジアリールアミン (フェノテルラジン) を電子ドナーとする D-A-D 分子も設計・合成した。当該分子は、固体状態では内部重原子効果に起因して、発光を示さなかった。ホスト材料に分散させた薄膜はフェノセレナジンをドナーとする D-A-D 分子と同様に室温リン光特性を示した。架橋元素と立体配座の安定性に関する知見を得るため、量子化学計算により硫黄、セレン、テルル原子を有する一連の D-A-D 分子の立体配座分布を求めたところ、架橋元素が高周期に位置するほどアキシャル配座の占める割合が高くなることを見出した (下図中、グラフ参照)。エネルギー分割解析 (energy decomposition analysis: EDA) からは、パウリ項がエカトリアル配座の相対的不安定化に大きく寄与していることがわかり、架橋元素の原子半径が大きくなるにつれて、エカトリアル配座における窒素原子およびカルコゲン原子の不對電子対間の電子反発が大きくなることが示唆された。

開発した D-A-D 分子を発光材料として用いて有機 EL 素子 [ITO/NPB/ CBP: D-A-D 分子 /TPBi/LiF/Al] を作製し、性能を評価したところ、いずれも 500 nm および 600 nm 付近に発光極大を示す二重発光 EL を示すことを見出した。単結晶中で観察されたように、多様な立体配座が生じた結果であると考えられる。



また、架橋元素としてゲルマニウムを有する電子ドナーを用いて合成した D-A-D 分子も、立体配座に基づいた発光性メカノクロミズムを示すこと、有機 EL 素子の発光材料として機能することを明らかにした。

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 7件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Zimmermann Crocomo Paola, Kaihara Takahito, Kawaguchi Soki, Stachelek Patrycja, Minakata Satoshi, Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 27
2. 論文標題 The Impact of C2 Insertion into a Carbazole Donor on the Physicochemical Properties of Dibenzo[a,j]phenazine-Cored Donor-Acceptor-Donor Triads	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry-A European Journal	6. 最初と最後の頁 13390 ~ 13398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202101654	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 Goto Shimpei, Nitta Yuya, Decarli Nicolas Oliveira, de Sousa Leonardo Evaristo, Stachelek Patrycja, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 9
2. 論文標題 Revealing the internal heavy chalcogen atom effect on the photophysics of the dibenzo[a,j]phenazine-cored donor-acceptor-donor triad	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 13942 ~ 13953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC02635F	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 Goya Tsuyoshi, Zimmermann Crocomo Paola, Hosono Takumi, Minakata Satoshi, Sousa Leonardo Evaristo, Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 11
2. 論文標題 A New Entry to Purely Organic Thermally Activated Delayed Fluorescence Emitters Based on Pyrido[2,3-b]pyrazine Dihydrophenazasilines Donor Acceptor Dyad	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202100780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100780	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 Ikari Yuta, Kaihara Takahito, Goto Shimpei, Bovenkerk Marcel, Grenz David C., Esser Birgit, Ferreira Marli, Stachelek Patrycja, Data Przemyslaw, Yoshida Takumu, Ikai Tomoyuki, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 53
2. 論文標題 Peripherally Donor-Installed 7,8-Diaza[5]helicenes as a Platform for Helical Luminophores	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 1584 ~ 1596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-1343-5810	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 Hosono Takumi, Decarli Nicolas Oliveira, Crocomo Paola Zimmermann, Goya Tsuyoshi, de Sousa Leonardo Evaristo, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 10
2. 論文標題 The regioisomeric effect on the excited-state fate leading to room-temperature phosphorescence or thermally activated delayed fluorescence in a dibenzophenazine-cored donor-acceptor-donor system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 4905 ~ 4913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC05730H	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 Nyga Aleksandra, Kaihara Takahito, Hosono Takumi, Sipala Massimiliano, Stachelek Patrycja, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, de Sousa Leonardo Evaristo, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 58
2. 論文標題 Dual-photofunctional organogermanium compound based on donor-acceptor-donor architecture	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5889 ~ 5892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC01568D	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 Izumi Saika, Govindharaj Prasannamani, Drewniak Anna, Crocomo Paola Zimmermann, Minakata Satoshi, de Sousa Leonardo Evaristo, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, Takeda Youhei	4. 巻 18
2. 論文標題 Comparative study of thermally activated delayed fluorescent properties of donor-acceptor and donor-acceptor-donor architectures based on phenoxazine and dibenzo[a,j]phenazine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 459 ~ 468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.18.48	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 Izumi Saika, Inoue Keiki, Nitta Yuya, Enjou Tomoya, Ami Takahiro, Oka Kouki, Tohnai Norimitsu, Minakata Satoshi, Fukushima Takanori, Ishiwari Fumitaka, Takeda Youhei	4. 巻 29
2. 論文標題 3,11 Diaminodibenzo[a,j]phenazine: Synthesis, Properties, and Applications to Troger's Base Forming Ladder Polymerization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202202702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202202702	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 20件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 新奇反応の開発に基づいた多彩な発光有機分子の創製と応用
3. 学会等名 九州大学先端物質化学研究所 講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 分子の形と元素の性質が奏でる多彩な光機能有機分子材料
3. 学会等名 第41回有機合成若手セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 含窒素 共役骨格の新構築法を基盤とする多彩な光機能分子の創製
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新田 優也, 後藤 慎平, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 高周期カルコゲン元素で架橋した芳香族アミンを電子ドナーとするD-A-D分子の光物性
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 新田 優也, 後藤 慎平, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 高周期カルコゲン元素で架橋したジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとするD-A-D分子の合成と物性
3. 学会等名 第50回複素環化学討論
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新田 優也, 後藤 慎平, de Silva Piotr, Data Przemyslaw, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 高周期カルコゲン元素で架橋したジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとするD-A-D分子の合成と物性
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 汎用元素から成る高効率発光有機材料の開発と多機能化
3. 学会等名 大阪大学工業会 産学高分子塾 10周年記念公開セミナー1 応用化学専攻の有機・高分子材料研究最前線 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 新奇な合成反応を起点とする多彩な光機能 共役分子の創製と応用
3. 学会等名 大阪市立大学 化学科談話会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Youhei Takeda, Shimpei Goto, Przemyslaw Data, Satoshi Minakata
2. 発表標題 Development of dibenzophenazine-cored multiphotofunctional D-A-D -conjugated molecule having Se-bridged diarylamine donors
3. 学会等名 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 「分子の形」と「元素の性質」が織りなす多彩な電荷移動状態に基づく発光有機分子の創製
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川 陸, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 ホウ素で架橋したジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとするD-A-D分子の合成および光物性
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 武田 洋平
2. 発表標題 含窒素芳香環の新奇構築法に基づいた多彩な発光分子材料の創製
3. 学会等名 第2回“光”機到来! Qコロキウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 ヘテロ元素の特性を活用した多彩な有機機能材料化学
3. 学会等名 第174回東海高分子研究会講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 The Development of Multi-Photofunctional Organic Materials: Lessons from New Reactions and Scaffolds
3. 学会等名 ACES Early Career Advisory Board Virtual Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤 慎平, Data Przemyslaw, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 フェノセレナジンを電子ドナーとするD-A-D型ジベンゾ[a,j]フェナジン誘導体の合成と物性
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF/RTP-Active Multi-Photofunctional Organic Emitters: Lessons from Molecular Viewpoint
3. 学会等名 5th International TADF Workshop/3rd i3-opera Forum（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 アザ 電子系の新構築法に基づいた多彩な発光機能分子の創製
3. 学会等名 第14回有機 電子系シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新田 優也, 武田 洋平, 南方 聖司
2. 発表標題 テルル架橋ジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとするD-A-D分子の合成と物性
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 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF/RTP-Active Multi-Photofunctional Organic Emitters: Lessons from Reactions and Molecules
3. 学会等名 NTU Chemistry Lectures in Spring Semester 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF/RTP-Active Multi-Photofunctional Organic Emitters
3. 学会等名 The inaugural OU-WUT joint symposium on physical organic chemistry 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF-Active Multi-Photofunctional Organic Materials Based on Novel Constructive Methods of Azaaromatics
3. 学会等名 International Conference on the Science and Technology of Synthetic Metals 2022 (ICSM 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 分子の形と元素の性質を活かした多機能性発光分子の創製
3. 学会等名 第56回有機反応若手の会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 ホウ素で架橋したジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとするD-A-D分子の合成および光物性
3. 学会等名 第42回有機合成若手セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF/RTP-Active Multi-Photofunctional Organic Emitters
3. 学会等名 6th International Workshop on Nano and Biophotonics (IWNBP 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of External Stimuli-Responsive Organic Chromic Materials Based on Molecular Conformational Change
3. 学会等名 11th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (WIRMS 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 分子の形と元素の性質で産み出す多機能性発光分子
3. 学会等名 信州大学繊維学部 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Youhei Takeda
2. 発表標題 Development of TADF/RTP-Active Multi-Photofunctional Organic Emitters Based on Dibenzo[a,j]phenazine-Cored Donor-Acceptor-Donor Architectures
3. 学会等名 Japan Taiwan Bilateral Workshop on Nano-Science 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川 陸, 武田洋平, 南方聖司
2. 発表標題 ホウ素で架橋したジフェニルアミンを電子ドナー、ジベンゾフェナジンを電子アクセプターとする新規D-A-D分子の合成および光物性
3. 学会等名 第49回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田 洋平
2. 発表標題 分子の形と元素の性質を活用する有機発光材料の創製
3. 学会等名 第92回触媒化学融合研究センター講演会（招待講演）
4. 発表年 2022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