

令和 6 年 9 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02001

研究課題名（和文）超原子価高周期元素による共役系高分子の光電子物性制御と理論設計法の構築

研究課題名（英文）Modulation of optoelectronic properties of conjugated polymers containing hyper valent heavy elements

研究代表者

田中 一生 (Tanaka, Kazuo)

京都大学・地球環境学堂・教授

研究者番号：90435660

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、可視光領域の光は透過し近赤外光でのみ太陽光発電を可能とするための透明近赤外吸収発光性高分子の開発を行う。700 nm以上の波長の光は太陽光の55%を占める。ここで、太陽光発電パネルが黒色であることから、建物の窓の部分には設置できない。もし可視光を透過し、一方で近赤外光を効率よく吸収し、さらに励起子を効率よく伝達できる物質が存在するならば、窓でも太陽光に含まれる近赤外光で発電を行うことが可能となる。この目標の実現のため、共役系高分子を足場として可視光を透過し近赤外光のみ吸収する発光材料開発を行った。アゾベンゼン錯体を持つ高分子において置換基効果により目的を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では例として透明で近赤外発光を示す材料を得ることができた。また、近赤外吸収による光発電効率の向上の他に、さらなる用途についても応用展開が期待できる。例えば、植物の生育抑制については750 nm程度の光が有用であることが分かっている。本研究で得られた材料は可視光を透過し、近赤外領域の光を吸収することができるので、光合成の効率は維持しつつ太陽光の中の近赤外光成分を除去することで、植物の生育を劇的に向上するフィルム材料の創出が期待できる。それぞれの用途において特に発光波長の調節と効率向上について引き続き材料開発を進めていくことで成果の普及を目指す。

研究成果の概要（英文）：In this research, we will develop transparent near-infrared absorbing and emitting polymers that allow light in the visible region to pass through and enable solar power generation using only near-infrared light. Light with wavelengths over 700 nm accounts for 55% of sunlight. Since the solar panels are black in color, they cannot be installed on the windows of buildings. If there is a material that can transmit visible light, efficiently absorb near-infrared light, and efficiently transmit excitons, it would be possible to generate electricity using the near-infrared light contained in sunlight even through windows. To achieve this goal, we developed a light-emitting material using a conjugated polymer as a scaffold that transmits visible light and absorbs only near-infrared light. The objective was achieved through substituent effects in polymers with azobenzene complexes.

研究分野：高分子化学

キーワード：近赤外

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

・近赤外発光材料設計の現状の問題点 近赤外光(NIR, 波長 700 nm~2 μm)は高い物質透過性から、情報通信や生体イメージング、悪天候でも観測可能なカメラのみならず、植物の生育抑制効果から無農薬農法への利用など、多様な応用が想定される。ここで近赤外発光を得るための狭エネルギーギャップの電子構造は、一般的には拡張π共役系を基盤として電子求引・供与性基導入や元素導入でなされるため、必然的に分子は大型となる(図1)。したがって凝集し易く加工性の低下や、特に分子間相互作用による濃度消光が問題となる。以上、1,000 nm 以上という NIR-II 領域の発光色素などさらなる高機能化には拡張π共役系を基盤とした既存の戦略では限界を迎えつつある。さらに近年、センシング材料を志向して刺激応答性も求められているが、近赤外発光性は分子運動により失活が引き起こされ易く、近赤外発光性と刺激応答性の両立は難しい。

・π共役系を拡張しない狭ギャップ化の実現 アザフェナレン類(図2)ではHOMOとLUMOがお互い重ならないことが量子化学計算より示され、LUMOのみ存在する骨格炭素をアザ置換することで、LUMOのエネルギー準位のみ選択的な引き下げが可能であった[1]。この結果より「孤立LUMO」とその特性を見出した。ここでアザ置換では光吸収帯が37 nm 長波長側に移動したが、さらにホウ素を配位すると184 nmの極めて大きな長波長化が観測され、光吸収能も大幅に向上した(図2)。これは元素配位により高効率かつ選択的にLUMOのエネルギー準位の引き下げが可能であり、極めて狭いエネルギーギャップが実現できたことを示している。この結果より「孤立LUMOへの元素配位」がこれまで類を見ないレベルの狭ギャップ化の手法であると考え、この仮説を実証し学理として確立するため本研究を実施した。その中で、最も進捗がみられた透明 NIR-II 発光材料開発のテーマについて説明する。

### 2. 研究の目的

700 nm 以上の NIR 領域の光は太陽光の55%を占める。ここで、太陽光発電パネルが黒色であることから、建物の窓の部分には設置できない。したがって、現状では窓の部分では光発電を行うことができない。もし可視光を透過し、一方で近赤外光を効率よく吸収し、さらに励起子を効率よく伝達できる物質が存在するならば、窓でも太陽光に含まれる近赤外光で発電を行うことが原理上可能となると考えられる。このような技術を実現するための材料要件として、まず400 nm~700 nm までの可視光領域では光吸収を抑え、700 nm 以上に吸収帯を移動させることである。また、光吸収により生成する励起子を失活させずに電荷分離させ、電極に電荷を運搬することが必要であるが、この指標は近赤外発光効率の高さである。以上のことから、本研究では透明近赤外発光材料を開発することを目的とする。現在、主に発光性の希土類の錯体や無

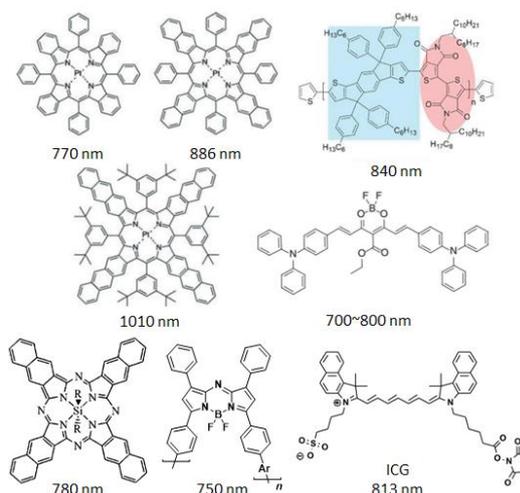


図1. 代表的な近赤外発光性有機材料の構造と発光波長

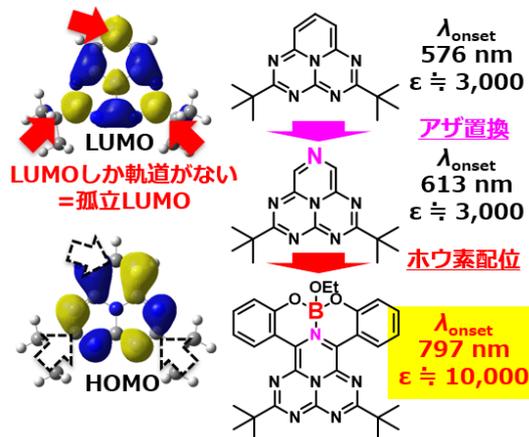


図2. アザフェナレンにおける孤立LUMOとアザ置換とホウ素配位による吸収波長の長波長化

図3. a)量子化学計算による孤立LUMOの判別とb)孤立LUMO部位のアザ置換による近赤外発光材料の開発。

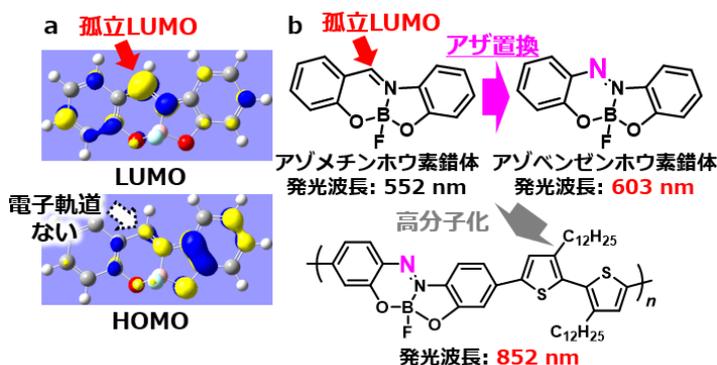
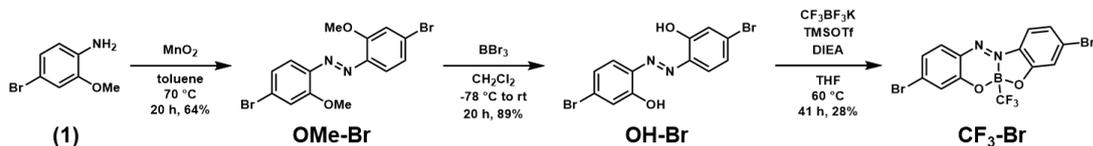
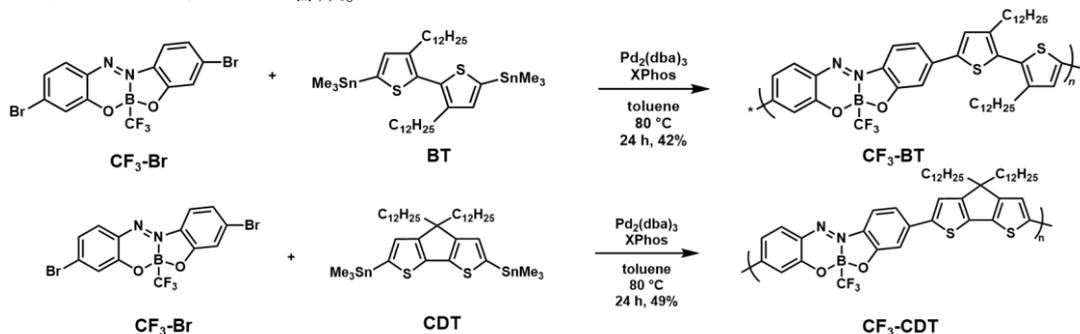


図3. a)量子化学計算による孤立LUMOの判別とb)孤立LUMO部位のアザ置換による近赤外発光材料の開発。





スキーム 1. モノマーの合成。



スキーム 2. ポリマーの合成。

・光学測定 次に、今回得られたポリマー**CF<sub>3</sub>-BT**、**CF<sub>3</sub>-CDT** について、トルエン希薄溶液状態とスピコート法により作製した薄膜状態での紫外可視近赤外吸収スペクトル、発光スペクトル及び絶対発光量子収率を測定し、先行研究で得られた**F-BT**と比較した。溶液、薄膜状態の吸収・発光スペクトルを図5に、各状態についての測定値を表1にそれぞれ示す。

表 1. 得られた材料の光学特性

	toluene			film		
	$\lambda_{\text{abs}}/\text{nm}$	$\lambda_{\text{PL}}/\text{nm}$	$\Phi_{\text{PL}}/\%$	$\lambda_{\text{abs}}/\text{nm}$	$\lambda_{\text{PL}}/\text{nm}$	$\Phi_{\text{PL}}/\%$
<b>F-BT</b> <sup>d</sup>	631	758	25	661	854	3.8
<b>CF<sub>3</sub>-BT</b>	674	802	11.7	697	883	3.8
<b>CF<sub>3</sub>-CDT</b>	927	991	2.0	937	1026	0.4

高分子におけるホウ素上置換基の効果を評価するために、ピチオフェンをモノマーに用いた**F-BT**と**CF<sub>3</sub>-BT**の溶液物性を比較した。まず、**CF<sub>3</sub>-BT**の極大吸収波長は、**F-BT**に比べて43 nm長波長化した。また、**CF<sub>3</sub>-BT**の極大発光波長は**F-BT**に比べて44 nm長波長化し、800 nmを超える近赤外発光を示した。吸収、発光波長の長波長化は薄膜状態においても観測された。すなわち、ホウ素上の置換基をより電子求引性の高いCF<sub>3</sub>に変換することで、吸収発光を長波長化させることに成功した。

次に、**CF<sub>3</sub>-CDT**の溶液物性を評価し、重合に用いたモノマーによる物性への影響を調査した。その結果、**CF<sub>3</sub>-BT**に比べ、**CF<sub>3</sub>-CDT**の極大吸収波長は253 nm、極大発光波長は189 nmそれぞれ長波長化した。この結果は、BTに比べCDTの電子ドナー性が高いことに由来すると考えられる。**CF<sub>3</sub>-CDT**の極大発光波長は991 nmとNIR-II領域目前にまで達し、絶対発光量子収率は2%と良好な値を示した。薄膜状態においても、吸収発光波長の大幅な長波長化が見られた。絶対発光量子収率0.4%ながら、その極大発光波長は1026 nmであり、NIR-II領域に達した。以

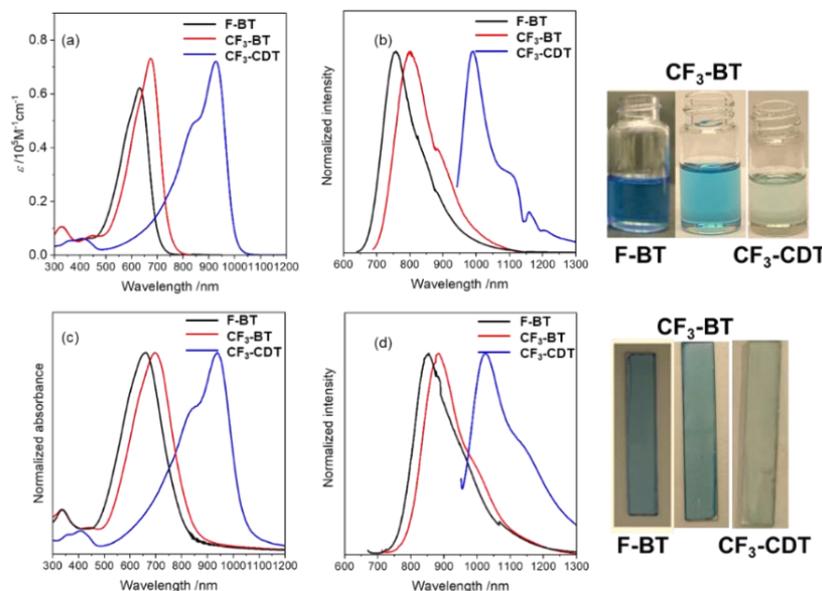


図 5. 合成した材料の光吸収と発光スペクトル。

上の結果から、ホウ素上の置換基を  $\text{CF}_3$  に変換した  $\text{CF}_3\text{-Br}$  を高分子化することで、従来のアゾベンゼンホウ素錯体を基盤とした高分子に比べ、吸収・発光を長波長化させることに成功し、NIR-II 領域で明確な発光を観測することができた。特に、 $\text{CF}_3\text{-CDT}$  は図のように高い透明性を示したことから、透明近赤外発光という目標の物性を達成することができたといえる。

以上、ホウ素上の置換基に  $\text{CF}_3$  基を導入したアゾベンゼンホウ素錯体  $\text{CF}_3\text{-Br}$ 、及び D-A 型  $\pi$  共役系高分子  $\text{CF}_3\text{-BT}$ 、 $\text{CF}_3\text{-CDT}$  の合成に成功した。光学測定の結果から、ホウ素上の置換基を F から  $\text{CF}_3$  に変換することによる吸収発光の長波長化がみられた。これは CV 測定や DFT 計算の結果とも一致しており、モノマーの LUMO 準位の低下は、ホウ素上の置換基の改変による効果であると推察される。また、 $\text{CF}_3\text{-Br}$  をアクセプターとしたポリマーは溶解性もよく、さまざまなドナーコモノマーと重合できる可能性があり、NIR-II 発光性高分子における有望なビルディングブロックであるといえる。また、今回合成した  $\text{CF}_3\text{-CDT}$  は、溶液状態において量子収率 2% で 991 nm の近赤外発光を示した。フィルム状態では、1000 nm を超える第二近赤外発光に達し、アゾベンゼンホウ素錯体を基盤とした第二近赤外発光性高分子の創出に成功した。

本研究では目的の可視光を透過し近赤外発光を示す材料を得ることができた。本概念を元に、実用性の向上を図る。本研究目標のように、近赤外吸収による光発電効率の向上の他に、さらなる用途についても応用展開を図る。例えば、植物の生育抑制については 750 nm 程度の光が有用であることが分かっている。本研究で得られた材料は可視光を透過し、近赤外領域の光を吸収することができるので、光合成の効率は維持しつつ太陽光の中の近赤外光成分を除去することで、植物の生育を劇的に向上するフィルム材料の創出が期待できる。これらのアイデアの有効性を調べるとともに、吸収効率の向上を図ることなど、それぞれの用途において特に発光波長の調節と効率向上について引き続き材料開発を進めていく。さらに、本研究を遂行する中で特異な機能材料も得られてきた。例えば、ホウ素錯体部位へ異なる金属種を配位させることにより得られる錯体では、外部刺激に応答して発光色が変わるといった刺激応答性材料が見出されてきた。特に近赤外領域で発光波長の変化が観測されたことから、これらを用いることで近赤外発光センシング技術への展開が期待できる。材料内部からも光により情報が得られることが想定されるため、材料の劣化の早期診断に有用であると考えられる。引き続き、錯体部位への分子配位や構造変化を利用して、近赤外発光センサーの開発を進めていく。さらに本研究では、特にホウ素の代わりにスズを導入すると、超原子価スズ錯体が得られ、これはさらに長波長領域で光吸収と発光を示すことが明らかとなった。さらに、ジフェニル酸化スズの粉末と本研究で得られた配位子を混合し、無溶媒で攪拌することで錯体が生成した。これはメカノケミカル反応によるスズ錯体化という新反応の発見を意味し、実際に発光材料開発の新手法を提示することにつながった。これは極めて新規性の高い反応であることからトップジャーナルへの報告を目指しつつ、ユニークな応用展開を図っていく。現在考案中のテーマとして、例えばスズ粉末とリガンド高分子のコンポジットを作製しておき、外部刺激に反応して色素が形成され、発光が得られる系の構築が挙げられる。特にナノ領域での力学負荷の可視化については当該領域での既存材料では実現困難な技術であるが、メカノケミカル反応に立脚すると可能かもしれない。また、透明電極である ITO のスズ成分を抽出することにも使用できる可能性もある。これらの新技術創出に向けて引き続き研究を進めていく。

#### <引用文献>

- [1] Tanaka, K.; Chujo, Y. New Idea for Narrowing an Energy Gap by Selective Perturbation for One Frontier Molecular Orbital. *Chem. Lett.* **2021**, *50*(2), 269–279.
- [2] Gon, M.; Ito, S.; Tanaka, K.; Chujo, Y. Design Strategies and Recent Results for Near-Infrared-Emissive Materials Based on Element-Block  $\pi$ -Conjugated Polymers. *Bull. Chem. Soc. Jpn* **2021**, *94*(9), 2290–2302.
- [3] Gon, M.; Tanaka, K.; Chujo, Y.  $\pi$ -Conjugated Polymers Based on Flexible Heteroatom-containing Complexes for Precise Control of Optical Functions. *Polym. J.* **2023**, *55*(7), 723–734.
- [4] Nakamura, M.; Kanetani, I.; Gon, M.; Tanaka, K. NIR-II Absorption/Fluorescence of D-A  $\pi$ -Conjugated Polymers Composed of Strong Electron Acceptors Based on Boron-Fused Azobenzene Complexes. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2024**, *63*(22), e202404178.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Gon Masayuki, Yaegashi Misao, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 29
2. 論文標題 Near Infrared Emissive Hypervalent Compounds with Germanium(IV) Fused Azobenzene Conjugated Systems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry -A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202203423
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202203423	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 Watanabe Hiroyuki, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 11
2. 論文標題 Position Dependent Effects of the Aza Substitution on the Electronic Properties and Crystal Structures Based on Hexaazaphenylene Isomers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e202200221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202200221	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 Ito Shunichiro, Fukuyama Misuzu, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 223
2. 論文標題 Effects of Regioregularity of Conjugated Polymers Composed of Boron Diketimate on Their Stimuli Responsive Luminescence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Macromolecular Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 2100504 ~ 2100504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/macp.202100504	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 Ochi Junki, Yuhara Kazuhiro, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Controlling the Dual Emission Character of Aryl Modified o Carboranes by Intramolecular CH-O Interaction Sites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	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/chem.202200155	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 Yamamoto Hideki, Ochi Junki, Yuhara Kazuhiro, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 3
2. 論文標題 Switching between intramolecular charge transfer and excimer emissions in solids based on aryl-modified ethynyl-o-carboranes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cell Reports Physical Science	6. 最初と最後の頁 100758 ~ 100758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.xcrp.2022.100758	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 Nakamura Masashi, Gon Masayuki, Natsuda Shin-ichiro, Tamai Yasunari, Ohkita Hideo, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 51
2. 論文標題 Development of NIR emissive fully-fused bisboron complexes with -conjugated systems including multiple azo groups	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 74 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT03652A	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 Ito Shunichiro, Ito Yoshinori, Kazuo Tanaka, Chujo Yoshiki	4. 巻 239
2. 論文標題 Near-infrared-emissive -conjugated polymers based on five-coordinated silicon formazanate complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 124463 ~ 124463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2021.124463	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 Himeno Ryoji, Ito Shunichiro, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 45
2. 論文標題 Synthesis, crystal structure, solid-state optical property and C-H activation of sp <sup>3</sup> carbon of highly-stable 1-(2,6-dimesitylphenyl)-2,3,4,5-tetraphenylborole	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 22569 ~ 22573
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ04666G	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 Watanabe Hiroyuki, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of Long Wavelength Light-Absorptive Homopolymers Based on Pentaazaphenylene by Regioselective Oxidative Polymerization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 4021 ~ 4021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym13224021	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 Wada Keisuke, Hashimoto Kazushi, Ochi Junki, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 2
2. 論文標題 Rational design for thermochromic luminescence in amorphous polystyrene films with bis o-carborane substituted enhanced conjugated molecule having aggregation induced luminochromism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aggregate	6. 最初と最後の頁 e93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/agt2.93	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 Ochi Junki, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 60
2. 論文標題 Dimerization-Induced Solid-State Excimer Emission Showing Consecutive Thermochromic Luminescence Based on Acridine-Modified o-Carboranes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 8990 ~ 8997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c00901	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 Watanabe Hiroyuki, Tanaka Kazuo, Chujo Yoshiki	4. 巻 94
2. 論文標題 The Effect of the Substituent Positions on Self-Assembly Behaviors of Liquid-Crystalline 1,3,4,6,9b-Pentaazaphenylene Derivatives	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 1854 ~ 1858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210150	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 Gon Masayuki、Tanimura Kazuya、Yaegashi Misao、Tanaka Kazuo、Chujo Yoshiki	4. 巻 53
2. 論文標題 PPV-type -conjugated polymers based on hypervalent tin(IV)-fused azobenzene complexes showing near-infrared absorption and emission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1241 ~ 1249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00506-x	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 Kato Taichi、Gon Masayuki、Tanaka Kazuo、Chujo Yoshiki	4. 巻 59
2. 論文標題 Modulation of stimuli responsiveness toward acid vapor between real time and write erase responses based on conjugated polymers containing azobenzene and Schiff base moieties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Science	6. 最初と最後の頁 1596 ~ 1602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pol.20210329	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 Ito Shunichiro、Yaegashi Misao、Tanaka Kazuo、Chujo Yoshiki	4. 巻 27
2. 論文標題 Reversible Vapochromic Luminescence Accompanied by Planar Half Chair Conformational Change of a Propeller Shaped Boron Diketimate Complex	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 9302 ~ 9312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202101107	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 Ohtani Shunsuke、Yamada Natsumi、Gon Masayuki、Tanaka Kazuo、Chujo Yoshiki	4. 巻 12
2. 論文標題 The effect of alkyl chain lengths on the red-to-near-infrared emission of boron-fused azomethine conjugated polymers and their film-state stimuli-responsivities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 2752 ~ 2759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1PY00213A	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7件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 Development of Chemical Sensors for Plastic Materials
3. 学会等名 PPC17 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 A New Strategy for Developing NIR-AIEgens Based on Aza-Substitution at the Isolated LUMO Position
3. 学会等名 IC-AIE-FA 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 New strategy for designing NIR-luminescent materials without expansion of $\pi$ -conjugated system
3. 学会等名 Japan-US Workshop on Organic/Inorganic Hybrid Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 Development of stimuli-responsive luminescent polymers based on a flexible "element-block"
3. 学会等名 ACS spring meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 Design for solid-state NIR-emissive materials based on aza-substituted AIEgens
3. 学会等名 International Conference on Aggregate Science 20th Anniversary of AIE Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 Development of film-type sensors based on stimuli-responsive conjugated polymers containing element-blocks
3. 学会等名 PACIFICHEM2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuo Tanaka
2. 発表標題 Design of Stimuli-Responsive Luminescent Materials Containing Flexible Boron "Element-Blocks"
3. 学会等名 PACIFICHEM2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 化合物	発明者 田中一生；中條善樹；權 正行；秋山誠治、他3名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-030493	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 色素とその製造方法、溶液、金属水酸基量の評価方法、金属水酸基処理率の評価方法	発明者 田中一生；權 正行；中條善樹；武田 怜；伊藤 智海；原	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-26890	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究内容  
<https://poly.synchem.kyoto-u.ac.jp/research/>  
発表論文リスト  
<https://poly.synchem.kyoto-u.ac.jp/publications/>

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