

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21184

研究課題名（和文）電位入力型ON/OFF機能の付与された双安定性分子ジャンクションの創成

研究課題名（英文）Creation of bistable molecular junction with electrical ON/OFF switching mechanism

研究代表者

鈴木 孝紀（Takanori, Suzuki）

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：70202132

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：ON/OFF機能が付与されたスイッチャブルな分子ジャンクションの特性を左右する要因を明らかにし、それを利用した画期的なデバイスを目指すための基礎研究として、分子薄膜形成に供する材料開発を行い、電位入力型材料開発のための斬新な分子設計指針を確立した。特に、OFF状態とON状態が同一分子内に共存する物質を合成することで、動的酸化還元系における電気化学的雙安定性の完全な証明を行うとともに、OFF状態とON状態変換の中間状態のスペクトル観測を通じてそのメカニズムの解明を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

分子薄膜の両面に電極が接合された分子ジャンクションは、エレクトロニクス的高速化とダウンサイジングに不可欠な将来的技術であり、ON/OFF機能を付与し、更にその特性を左右する電極接合の方法ならびに分子薄膜を形成する材料開発の両面での研究を推進することで、画期的なデバイスデザインにより新たなパラダイムを拓き、近未来での持続可能な社会へ貢献できる新技術を確立することが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Molecular thin film attached with electrodes are called molecular junction. As part of research aimed at clarifying the factors that influence the characteristics of switchable molecular junctions with ON/OFF functions, and aiming at epoch-making devices using them, we developed materials for molecular thin films under the novel molecular design concept. In particular, by synthesizing substances in which the OFF state and the ON state can coexist in the same molecule, we demonstrated the electrochemical bistability in the dynamic redox system. In addition the mechanism for the interconversion between the OFF and ON state was clarified through spectral observations of intermediate state.

研究分野：有機化学

キーワード：分子デバイス 酸化還元系 動的酸化還元 電気化学的雙安定性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

分子薄膜の両面に電極が接合された分子ジャンクションは、エレクトロニクスの高速度とダウンサイジングに不可欠な将来的技術であり、その特性を左右する電極接合の方法ならびに分子薄膜を形成する材料開発の両面で、多くの研究が行われている。薄膜を構成する分子の導電性が外部刺激によって変化する場合は、分子ジャンクションに ON/OFF 機能を付与することができる。その一方で、分子ジャンクション研究の現状では実用には未だ程遠い。スイッチ可能なジャンクションであっても、それがモデル実現のための工夫(光照射、温度変化)である限りには、応用には結びつけるのは困難な為である。画期的なデバイスデザインにより新たなパラダイムを拓くことが必要であり、それにより、近未来での持続可能な社会へ貢献できる新技術を確立することが不可欠である。

### 2. 研究の目的

ON/OFF 機能が付与されたスイッチャブルな分子ジャンクションの特性を左右する要因を明らかにし、それを利用した画期的なデバイスを目指すための基礎研究として、1) 分子薄膜を形成する材料開発、2) 電極接合の方法の両面から検討を進め、分子ジャンクションの導電性を電位で制御するという、挑戦的課題を解決することを最終目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 解決すべき問題点：

従来の ON/OFF 機能を付与されたスイッチャブルな分子ジャンクションの問題点：その特性は、W(Write: OFF ON), E(Erase: ON OFF), R(Read: 状態読み取り)のステップを経て評価され、アゾベンゼン誘導体について、紫外/可視光照射による制御例が報告されている。紫外光照射が W, 可視光照射が E のステップであり、スイッチされた二つの状態の電流密度の差を R ステップで検出する。しかしこのような系では、状態間のスイッチを行う装置(紫外/可視光照射)を別途組み込む必要がある点で、例え分子ジャンクションのスイッチングが実現できても、デバイスのダウンサイジングにはつがならない。

電位を入力とするスイッチャブルな分子ジャンクションの問題点：電位で ON/OFF スwitchを行えば、上記の問題は一気に解決できるが、R ステップが単純な状態読み取りにならない点が非常に大きな課題である。即ち、繰返し耐性を持つ可逆な酸化還元系は、系固有のある電位を境に ON 状態と OFF 状態が変化する。W や E のステップにより予め状態を設定しておいたとしても、その状態を保ったままで、状態読み取り R が不可能というジレンマがある(図 1)。それは R の設定電位に応じて、OFF ON あるいは ON OFF への状態変化が起きてしまう為である。

#### (2) 解決方法：

「電位入力型材料開発のための斬新な分子設計指針」：報告者が研究を続けている動的酸化還元系の電気化学挙動では、「電気化学的双安定性」により ON 状態と OFF 状態の両者が安定に存在する電位領域が存在する(図 2)。その領域を超えた電圧で W や E のステップを行なったあと、中間領域で R ステップを行うことで、それぞれの状態を保ったまま読み取りができると着想し、報告者の構造有機化学分野での研究成果を踏まえた分子設計と合成、特性評価を実施する。。

「デバイス作成と材料評価」：報告者の共同研究者である C.A.Nijhuis 教授がブレークスルーをもたらした電極接合の手法は、共融ガリウム-インジウム電極の蒸着技術を用い、Au/分子薄膜//GaO<sub>x</sub>/EGaIn 型のデバイスを構築するものであり、電位を入力とするスイッチャブルな分子ジャンクション構築に最適なものである。a) で開発した分子を用いて、国際共同研究の推進によってデバイス開発を行う。

### 4. 研究成果

本研究において、前項 3 - (2) に示したように、「電位入力型材料開発のための斬新な分子設計指針」、「デバイス作成と材料評価」の 2 点を進める計画であったが、研究期間を通じて全世界的に国際交流が大きく制限されるという想定外の事態となった。これにより国際共同研究によって進める b) の研究を計画通りに遂行することは困難であった。一方で、「電位入力型材料開発のための斬新な分子設計指針」に関しては重要な研究成果が得られており、以下にその成果を詳述する。

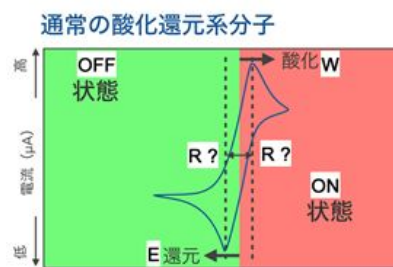


Fig1 双安定性のない通常の酸化還元

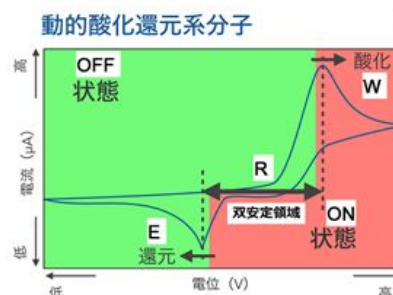


Fig2 双安定性を持つ動的酸化還元系

(1) 動的酸化還元系における「電気化学的双安定性」の完全証明：

電位入力型材料設計の基本となる電気化学的双安定性は、前ページ図2に示す電気化学的測定での電位シフトとして示唆される。一方で、OFF状態とON状態の永続的な安定性は、デバイスを構築する前の材料レベルで完全に証明される必要があることから、テトラアリアルアントラキノジメタン型分子(1)をモチーフとした研究を計画した。スキーム1に示すように、中性分子でバタフライ型の構造をした(1)は、二電子酸化により中央骨格の平面化と上下環外結合の回転によりねじれ型の二価陽イオン種(2<sup>2+</sup>)となり、(1)をOFF状態(2<sup>2+</sup>)をON状態とすると、両者の酸化還元電位の差(0.5-1.0 V)が双安定性の電位領域に対応する。その双安定性の完全証明には、(1)と(2<sup>2+</sup>)を共存させた状態で、両者の間で電子交換が起こらないことを示す必要がある。そこで、ペンタセンテトラオンを出発物とする多段階合成を行い、同一分子内に、(1)と(2<sup>2+</sup>)の部分構造が共存する分子を合成単離し、その構造をX線結晶構造解析によって明らかにした(図3)。それぞれの部分構造は、(1)のバタフライ型および(2<sup>2+</sup>)のねじれ型をよく保っており、合わせて、(1)の酸化電位と(2<sup>2+</sup>)の還元電位に近いポテンシャルでレドックス反応を行う分子である。図4に示すVT-NMRからは、OFF状態とON状態に対応するシグナルが別々に観測され、さらに温度を上昇させても電子交換を示唆するようなシグナルのブロード化が見られなかったことから、永続的な安定性が証明された[1]。

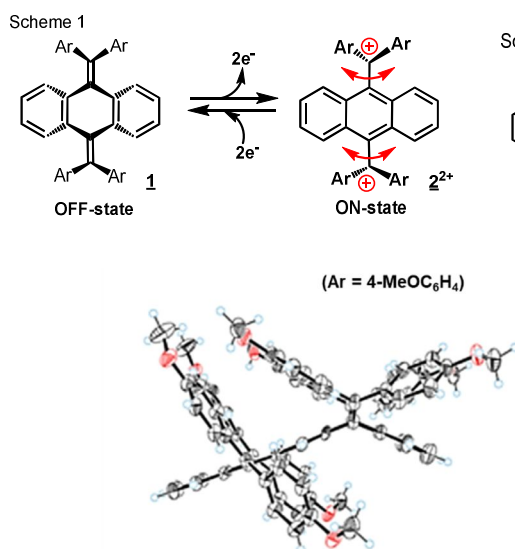


Fig 3 X線構造解析  
(OFF状態とON状態が分子内で共存)

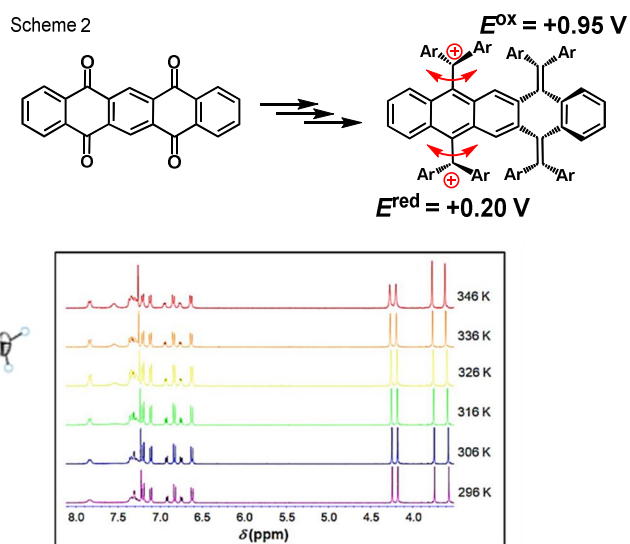
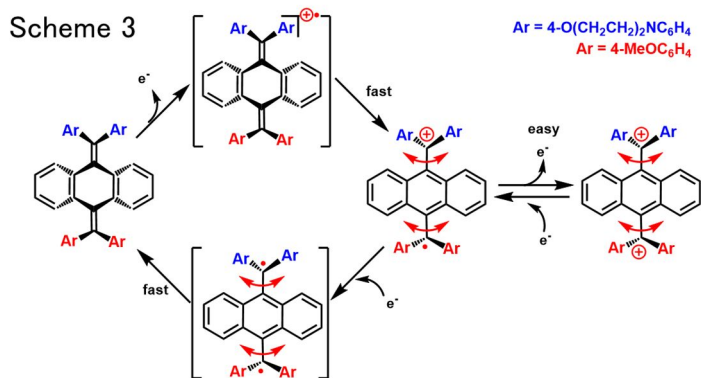


Fig 4 VT-NMR  
(OFF状態とON状態が交換していないことを確認)

(2) 動的酸化還元系における OFF 状態と ON 状態変換メカニズムの解明：

動的酸化還元系において、電気化学的双安定性を生じさせているものは、OFF状態とON状態での分子構造の変化であるが、全体で二電子移動過程のどの段階で構造変化が生じているのかを明らかにすることが、電位入力型材料設計指針に重要となる。スキーム1に示す分子について、Arとして示した部分に、様々な置換フェニル基を導入したが、これまでその中間状態は短寿命であり観測することは困難であった。また、理論計算を駆使しても、解釈に任意性が残る結果となった。

そこで、スキーム3に示すように2種類の置換フェニル基を導入する新たな設計指針の元で物質開発を実施し、中間体であるカチオンラジカル種の吸収スペクトルとしての測定に成功した。これにより、OFF状態からON状態の変換に際しては1電子移動後に、ON状態からOFF状態の変換に際しては2電子移動後に構造変化が起こるといふ、詳細な電子移動過程が明らかとなった[2]。



<引用文献>

[1] Y. Ishigaki, T. Harimoto, K. Sugawara, T. Suzuki, *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, *143*, 3306-3311.

[2] Y. Ishigaki, R. Fukagawa, K. Sugawara, T. Harimoto, T. Suzuki, *Chem. Asian J.* **2022**, *17*, e202200914.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Suzuki Takanori, Ishigaki Yusuke, Takata Masaki, Nishida Jun-ichi, Fukushima Takanori	4. 巻 102
2. 論文標題 9,9'-Bi(xanthene)-Type Hexaphenylethane Derivatives as Advanced Organic Electrochromic Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 419 ~ 419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/REV-20-938	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 Suzuki Takanori, Medebielle Maurice, Hayashi Yuki, Ishigaki Yusuke, Merad Jeremy	4. 巻 103
2. 論文標題 5-Arylidene-tetronate as a Versatile Electrophore for Pi-Extended Electron Acceptors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 165 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-20-S(K)2	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 Ishigaki Yusuke, Asai Kota, Shimajiri Takuya, Suzuki Takanori	4. 巻 50
2. 論文標題 [1,2,5]Chalcogenadiazole-fused Dicyanonaphthoquinodiimines: Larger Contribution from Chalcogen Bond than Weak Hydrogen Bond in Determining Crystal Structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1184 ~ 1187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210095	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 Ishigaki Yusuke, Sugawara Kazuma, Tadokoro Tomoki, Hayashi Yuki, Harimoto Takashi, Suzuki Takanori	4. 巻 57
2. 論文標題 Redox-active tetraaryldibenzoquinodimethanes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7201 ~ 7214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC02260A	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 Wu Luyan, Ishigaki Yusuke, Zeng Wenhui, Harimoto Takashi, Yin Baoli, Chen Yinghan, Liao Shiyi, Liu Yongchun, Sun Yidan, Zhang Xiaobo, Liu Ying, Liang Yong, Sun Pengfei, Suzuki Takanori, Song Guosheng, Fan Quli, Ye Deju	4. 巻 12
2. 論文標題 Generation of hydroxyl radical-activatable ratiometric near-infrared bimodal probes for early monitoring of tumor response to therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 6145 ~ 6145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-26380-y	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 Ishigaki Yusuke, Harimoto Takashi, Sugawara Kazuma, Suzuki Takanori	4. 巻 143
2. 論文標題 Hysteretic Three-State Redox Interconversion among Zigzag Bisquinodimethanes with Non-fused Benzene Rings and Twisted Tetra-/Dications with [5]/[3]Acenes Exhibiting Near-Infrared Absorptions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 3306 ~ 3311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c00189	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 Sun Kewei, Sugawara Kazuma, Lyalin Andrey, Ishigaki Yusuke, Uosaki Kohei, Taketsugu Tetsuya, Suzuki Takanori, Kawai Shigeki	4. 巻 60
2. 論文標題 Heterocyclic Ring Opening of Nanographene on Au(111)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 9427 ~ 9432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202017137	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 Ishigaki Yusuke, Uchimura Yasuto, Shimajiri Takuya, Suzuki Takanori	4. 巻 94
2. 論文標題 Expandability of the Covalent Bond: A New Facet Discovered in Extremely Long Csp3-Csp3 Single Bonds	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 1385 ~ 1393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200374	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 Ishigaki Yusuke, Asai Kota, Rouville Henri Pierre Jacquot, Shimajiri Takuya, Heitz Valerie, Fujii Shinomiya Hiroshi, Suzuki Takanori	4. 巻 2021
2. 論文標題 Molecular Recognition by Chalcogen Bond: Selective Charge Transfer Crystal Formation of Dimethylnaphthalene with Selenadiazolotetracyanonaphthoquinodimethane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 990 ~ 997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202001554	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 Ishigaki Yusuke, Asai Kota, Shimajiri Takuya, Akutagawa Tomoyuki, Fukushima Takanori, Suzuki Takanori	4. 巻 3
2. 論文標題 Chalcogen Bond versus Weak Hydrogen Bond: Changing Contributions in Determining the Crystal Packing of [1,2,5]-Chalcogenadiazole-Fused Tetracyanonaphthoquinodimethanes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Materials	6. 最初と最後の頁 090 ~ 096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0041-1725046	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 Zeng Wenhui, Wu Luyan, Ishigaki Yusuke, Harimoto Takashi, Hu Yuxuan, Sun Yidan, Wang Yuqi, Suzuki Takanori, Chen Hong Yuan, Ye Deju	4. 巻 61
2. 論文標題 An Activatable Afterglow/MRI Bimodal Nanoprobe with Fast Response to H <sub>2</sub> S for In Vivo Imaging of Acute Hepatitis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	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/anie.202111759	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 Ishigaki Yusuke, Tadokoro Tomoki, Harabuchi Yu, Hayashi Yuki, Maeda Satoshi, Suzuki Takanori	4. 巻 95
2. 論文標題 Anthraquinodimethane Ring-Flip in Sterically Congested Alkenes: Isolation of Isomer and Elucidation of Intermediate through Experimental and Theoretical Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 38 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210355	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 Ishigaki Yusuke, Shimomura Kai, Asai Kota, Shimajiri Takuya, Akutagawa Tomoyuki, Fukushima Takanori, Suzuki Takanori	4. 巻 95
2. 論文標題 Chalcogen Bond versus Halogen Bond: Changing Contributions in Determining the Crystal Packing of Dihalobenzochalcogenadiazoles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 522 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220008	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 Ishigaki Yusuke, Asai Kota, Jacquot de Rouville Henri Pierre, Shimajiri Takuya, Hu Johnny, Heitz Valerie, Suzuki Takanori	4. 巻 87
2. 論文標題 Solid State Assembly by Chelating Chalcogen Bonding in Quinodimethane Tetraesters Fused with a Chalcogenadiazole	5. 発行年 2022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.202200075	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 Wu Luyan, Zeng Wenhui, Ishigaki Yusuke, Zhang Junya, Bai He, Harimoto Takashi, Suzuki Takanori, Ye Deju	4. 巻 61
2. 論文標題 A Ratiometric Photoacoustic Probe with a Reversible Response to Hydrogen Sulfide and Hydroxyl Radicals for Dynamic Imaging of Liver Inflammation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	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/anie.202209248	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 Kawai Shigeki, Sugawara Kazuma, Ma Yujing, Sun Kewei, Custance Oscar, Ishigaki Yusuke, Suzuki Takanori	4. 巻 24
2. 論文標題 Multiple molecular interactions between alkyl groups and dissociated bromine atoms on Ag(111)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 22191 ~ 22197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CP03198A	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 Ishigaki Yusuke, Fukagawa Reina, Sugawara Kazuma, Harimoto Takashi, Suzuki Takanori	4. 巻 17
2. 論文標題 Geometrical and Electronic Structure of Cation Radical Species of Tetraarylanthraquinodimethane: An Intermediate for Unique Electrochromic Behavior	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian 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/asia.202200914	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 Ishigaki Yusuke, Takata Masaki, Shimajiri Takuya, Wu Luyan, Zeng Wenhui, Ye Deju, Suzuki Takanori	4. 巻 28
2. 論文標題 Near Infrared Electrochromic Behavior of Dibenzothiepin Derivatives Attached with Two Michler's Hydrol Blue Units	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.202202457	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 Shimajiri Takuya, Ishigaki Yusuke, Kawakami Yuta, Kawaguchi Soki, Hayashi Yuki, Hada Kazuto, Suzuki Takanori	4. 巻 -
2. 論文標題 Ultralong C(sp <sup>3</sup> )-C(sp <sup>3</sup> ) Single Bonds Shortened and Stabilized by London Dispersion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Synlett	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) 10.1055/a-1934-1346	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 Kobayashi Yuzu, Yokota Yasuyuki, Wong Raymond A., Hong Misun, Takeya Jun, Osawa Saho, Ishiwari Fumitaka, Shoji Yoshiaki, Harimoto Takashi, Sugimoto Keisuke, Ishigaki Yusuke, Suzuki Takanori, Fukushima Takanori, Kim Yousoo	4. 巻 127
2. 論文標題 Single-Molecule Observation of Redox Reactions Enabled by Rigid and Isolated Tripodal Molecules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 746 ~ 758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c07362	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 Ma Yujing, Sugawara Kazuma, Ishigaki Yusuke, Sun Kewei, Suzuki Takanori, Kawai Shigeki	4. 巻 29
2. 論文標題 Strain Sensitive On Surface Ladderization by Non Dehydrogenative Heterocyclization	5. 発行年 2023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.202203622	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 Hayashi Yuki, Suzuki Shuichi, Suzuki Takanori, Ishigaki Yusuke	4. 巻 145
2. 論文標題 Dibenzotropylium-Capped Orthogonal Geometry Enabling Isolation and Examination of a Series of Hydrocarbons with Multiple 14 -Aromatic Units	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2596 ~ 2608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c12574	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 Harimoto Takashi, Suzuki Takanori, Ishigaki Yusuke	4. 巻 29
2. 論文標題 Enhancement of NIR Absorbing Ability of Bis(diarylmethylum) Type Dicationic Dyes Based on an Ortho Substitution Strategy.	5. 発行年 2023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.202203899	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 Sugawara Kazuma, Ono Toshikazu, Yano Yoshio, Suzuki Takanori, Ishigaki Yusuke	4. 巻 7
2. 論文標題 Exceptionally flexible quinodimethanes with multiple conformations: polymorph-dependent colour tone and emission of crystals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1591 ~ 1598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2QM01199A	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 Ishigaki Yusuke, Tachibana Takuya, Sugawara Kazuma, Kikuchi Moto, Suzuki Takanori	4. 巻 88
2. 論文標題 Bis(triarylmethyl) type Macrocyclic Dications: Mechanochromic Emission Extending to the Red Region	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.202300110	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 Truong Minh Anh, Funasaki Tsukasa, Ueberricke Lucas, Nojo Wataru, Yamada Takumi, Akatsuka Aruto, Sekiguchi Naomu, Nakamura Tomoya, Shioya Nobutaka, Kan Daisuke, Tsuji Yuta, Iikubo Satoshi, Yoshida Hiroyuki, Shimakawa Yuichi, Hasegawa Takeshi, Kanemitsu Yoshihiko, Suzuki Takanori, Wakamiya Atsushi	4. 巻 145
2. 論文標題 Tripodal Triazatruxene Derivative as a Face-On Oriented Hole-Collecting Monolayer for Efficient and Stable Inverted Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7528 ~ 7539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00805	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 Shimajiri Takuya, Jacquot de Rouville Henri-Pierre, Heitz Valerie, Akutagawa Tomoyuki, Fukushima Takanori, Ishigaki Yusuke, Suzuki Takanori	4. 巻 -
2. 論文標題 Crystal Engineering, Electron Conduction, and Molecular Recognition and Reactivity by Chalcogen Bonds in Tetracyanoquinodimethanes Fused with [1,2,5]Chalcogenadiazoles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Synlett	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) 10.1055/a-2072-2951	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

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 鈴木孝紀
2. 発表標題 構造有機化学からバイオセンサーへ、癌治療へ
3. 学会等名 有機合成化学夏季セミナー (関西支部) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木孝紀
2. 発表標題 " " 刺激的 " な有機合成化学： 電気化学刺激応答性を利用した 単一分子メモリへの挑戦"
3. 学会等名 CSJフェスタ（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木孝紀
2. 発表標題 動的酸化還元系の化学
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takanori Suzuki
2. 発表標題 Hexaarylbutadienes Exhibiting NIR-electrochromism for the Development of H2S-Bioimaging and Photodynamic Therapy
3. 学会等名 19th International Symposium on Novel Aromatic Compounds
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			
中国	南京大学			
フランス	リヨン大学			
シンガポール	国立シンガポール大学			
オランダ	トゥウェンテ大学			
フランス	ストラスブール大学			