

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05263

研究課題名（和文）インコヒーレント非線形光スイッチ分子の学術基盤創生

研究課題名（英文）Creative research and development of incoherent nonlinear photoswitchable molecules

研究代表者

阿部 二郎 (Abe, Jiro)

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：70211703

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 149,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は近赤外光応答フォトクロミック分子や入力光強度に閾値を有する可視光非線形応答フォトクロミック分子を開発することを目的とした。5年間の研究期間で可視光非線形の応答バイフォトクロミック分子、近赤外光応答逆フォトクロミック分子、三重項-三重項消滅（TTA）アップコンバージョン高速フォトクロミック分子、可視光・近赤外光応答完全逆フォトクロミック分子、紫外パルス光非線形応答逆フォトクロミック分子を創製した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のフォトクロミック分子では、少なくとも一方向の変換には紫外光照射が必要であり、可視光駆動が可能な系の開発が渴望されていた。本研究では前例のない近赤外光応答フォトクロミズムや、光生成物が照射光強度に依存する非線形フォトクロミズムを実現し、有機フォトクロミズム分野に大きな波及効果をもたらした。近年では可視光応答フォトクロミック分子や可視光を用いた双方向完全光スイッチ分子の開発研究が大きな潮流となっている。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to create photochromic molecules that respond to near-infrared light and visible light in a nonlinear manner, with a specific threshold for input light intensity. Over the course of five years, various types of photochromic molecules were developed, including: (1) visible light nonlinear responsive biphotochromic molecules, (2) near-infrared light responsive negative photochromic molecules, (3) fast photochromic molecules utilizing triplet-triplet annihilation (TTA) upconversion, (4) negative photochromic molecules responsive to both visible and near-infrared light, (5) negative photochromic molecules responsive to ultraviolet pulsed light in a nonlinear manner.

研究分野：光化学、機能物質化学

キーワード：フォトクロミズム 光化学 非線形応答 電子状態

1. 研究開始当初の背景

準安定状態を含む複数の状態間を光照射により可逆的に変換できるフォトクロミック分子は、材料科学や生命科学分野における光応答システムを構築するための重要な基盤である。しかし、従来のフォトクロミック分子では、少なくとも一方向の変換には、物質深部には到達しにくく、また物質の光劣化をもたらすエネルギーの大きな紫外光照射が必要であり、可視光駆動が可能な系の開発が渴望されていた。さらに、微弱光でも光反応が進行してしまうため、ノイズとして作用する背景光の影響を避けることが難しかった。

2. 研究の目的

本研究では、可視光でのスイッチが可能で、入力光強度に閾値を有する可視光非線形応答を示すフォトクロミック分子を開発することを目的とする。本研究で創製する背景光に影響されない非線形光スイッチ分子は、「生体の窓」領域の近赤外光にまで感度を持ち、材料科学分野だけでなく、生命科学分野でも新しい可能性を切り拓く。さらに、二光子フォトクロミズムを考究することで、インコヒーレント光を用いた非線形光スイッチ分子の学術基盤の創生を目指す。本研究では、われわれがこれまでに実現した3つの要素技術、①高速フォトクロミズム、②高励起状態を経由した段階的二光子フォトクロミズム、③バイフォトクロミック分子の段階的二光子フォトクロミズムを融合させることにより、フォトクロミック分子に求められている可視光励起と選択的光励起を実現する革新的な可視光応答非線形光スイッチシステムを創成する。5年間の研究期間で、波長が650 nmよりも長波長の「生体の窓」領域の近赤外光で実現できるフォトクロミック分子を創出する。本研究では二つの戦略に基づいて非線形フォトクロミックシステムを構築する。第一の戦略は要素技術①と③を融合し、波長400~600 nmの可視連続(CW)光で作動する非線形フォトクロミック分子を創製する。第二の戦略では要素技術②を更に発展させ、波長650 nmよりも長波長の赤色光、及び近赤外光領域のパルス光で作動する非線形高速フォトクロミック分子を創製する。

3. 研究の方法

(1) 赤色光応答型逆フォトクロミック分子の設計および合成：研究代表者らが見いだした逆フォトクロミズムを示すビリアル架橋型イミダゾール二量体、およびビリアル架橋型フェノキシルーイミダゾリルラジカル複合体を基本骨格として用い、電荷移動吸収あるいは π 共役拡張を活用することで、着色体の吸収帯を近赤外光領域まで長波長シフトさせる。

(2) 可視CW光応答型二光子フォトクロミック分子の設計および合成：研究代表者らは二つの高速フォトクロミック分子を組み込んだいくつかのバイフォトクロミック分子において、照射するインコヒーレントCW光の強度変化に敏感に反応して物性が変化する段階的二光子フォトクロミズムを見いだしている。図1に示すPC-bisImDでは紫外光の一光子反応により、一方のフォトクロミック部位に可視光を吸収する短寿命ピラジカルを生じ、短寿命ピラジカルがさらに紫外光あるいは可視光を吸収すると他方のフォトクロミック部位の光反応も進行して長寿命キノイドを生成する。長寿命キノイドの生成には、共役部位(PC-bisImDでは中央の[2,2]パラシクロファン)を介してのラジカル間相互作用が重要になるため、二つのフォトクロミック部位の結合方法にも考慮が求められる。このように、照射紫外光強度が弱い場合には着色を目視することはできないが、紫外光と可視光を同時に照射した場合、あるいは照射紫外光強度が強い場合だけ長寿命キノイドの生成に由来する着色が確認される。本研究では、可視光に反応する正あるいは逆フォトクロミック部位を含むバイフォトクロミック分子を開発し、照射する可視光の強度が弱い時には色変化が起きず、照射光強度が閾値以上の場合だけ色変化を生じる可視CW光応答型段階的二光子フォトクロミック分子を創製する。

(3) 近赤外パルス光応答型二光子フォトクロミック分子の設計および合成：研究代表者らはビナフチル架橋型イミダゾール二量体に亜鉛ポルフィリンを連結した分子において、波長600 nmの可視光を用いた段階的二光子フォトクロミズムが起きることを見いだした。フェムト秒パルスレーザーを用いた超高速分光測定により、この分子ではポルフィリン部位の段階的二光子吸収により高励起状態を生成し、その高励起状態からフォトクロミック部位への電子移動反応を経てフォトクロミック反応が進行することを明らかにした。本研究では近赤外光領域に吸収をもつアンテナ部位を導入することで、赤色光、あるいは近赤外光領域のパルス光で作動する近赤外パルス光応答型二光子フォトクロミック分子を創製する。

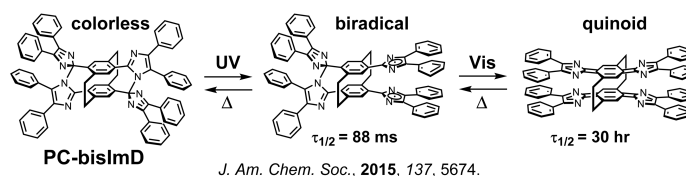


図1. 要素技術③：バイフォトクロミック分子の段階的二光子フォトクロミック分子

4. 研究成果

(1) 可視 CW 光に非線形的に反応するバイフォトクロミック分子¹⁾

逆フォトクロミック部位を二つ導入したバイフォトクロミック化合物 **1** (図 2) を開発した。化合物 **1** のベンゼン溶液は最安定状態で橙色を呈し、室温で青色光を照射すると可視光領域の吸光度が減少し、光照射を止めると半減期 2 秒で照射前の吸光度に復帰する高速逆フォトクロミズムを示す。光照射により生成する過渡光異性体の熱戻り反応を抑制するために、 -28°C において青色光を照射すると可視光領域の吸収帯は照射時間に応じて形状を大きく変え、光定常状態でほぼ完全に消失する。光照射を止めると逆の経路を辿り、半減期 8 分の CL-CL および 50 分の CL-C を経て C-C に戻る。すなわち、室温では一光子反応で生成する CL-C は速やかに安定異性体である C-C に戻るのに対して、二光子反応で生成する CL-CL は比較的安定なため、CL-CL \rightarrow CL-C は目視で観測することができる。このように化合物 **1** は mW オーダーの弱い強度の可視光で励起しても、可視光領域の吸光度が照射光強度の二乗に依存して減少する非線形フォトクロミズムを示す。

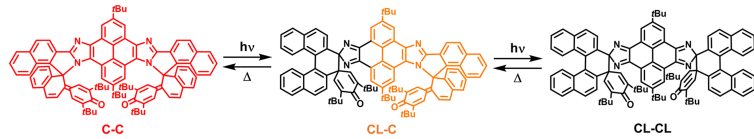


図 2. 化合物 **1** の段階的二光子フォトクロミック反応

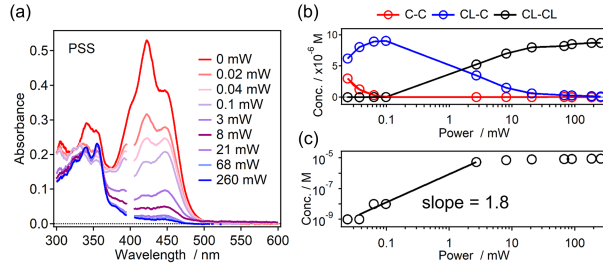


図 3. 化合物 **1** の (a) 波長 405nm の青色光照射下における光定常状態 (PSS) の吸収スペクトル、(b) 吸収スペクトルのグローバル解析によって得られた異性体存在比の照射光強度依存性、(c) CL-CL 異性体濃度の照射光強度依存性。(測定温度: -28°C)

(2) 近赤外 CW 光に反応する逆フォトクロミック分子²⁾

ビナフチル架橋型イミダゾール二量体 BN-ImD は、安定な着色体に可視光照射することで短寿命ピラジカルを経由して準安定な無色体へ可逆的に光異性化する逆フォトクロミズムを示すが、近赤外光に反応する誘導体は開発されていなかった。本研究では、ビナフチル部位やイミダゾール環の 4, 5 位に電子供与性置換基や π 拡張アリール基を導入した様々な誘導体を合成して、フォトクロミック特性を検討した。図 5 に示すように、BN-ImD と比較して、TPAOMe2 や APery は着色体の吸収帯が大幅に長波長シフトし、APery では吸収端は 800 nm 以上に達した。これらの吸収は DFT 計算により、電荷移動吸収に帰属され、700 nm よりも長波長の近赤外光に反応する逆フォトクロミズムを示した。さらに、TPAOMe2 の着色体に赤色光を照射して生成する過渡種の半減期は室温で 15 秒という高速逆フォトクロミズムを示した。

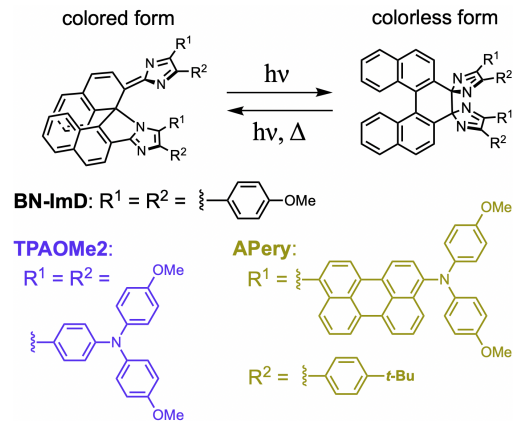


図 4. ビナフチル架橋型イミダゾール二量体

(3) 可視・近赤外パルス光に反応する非線形高速フォトクロミック分子³⁾

三重項-三重項消滅 (TTA) を経る蛍光はアップコンバージョン蛍光として知られており、長波長の光を短波長の光に変換する波長変換技術の一つとして注目されている。ドナーとして PdPh₄TBP、アクセプターとしてペリレンを含む溶液に赤色光を照射することで、以下に説明する反応機構によりペリレンの青色蛍光が観測される。赤色光励起により生成した PdPh₄TBP の S₁ 状態から項間交差により T₁ 状態を生成し、アクセプターのペリレンに三重項エネルギー移動する。二分子の T₁ 状態のペリレンが衝突し、TTA を起こすことで S₁ 状態のペリレンが生成する。S₁ 状態のペリレンは、青色蛍光を放出して基底状態に失活する。本研究では、S₁ 状態のペリレンからフォトクロミック部位への効率的なエネルギー移動を起こすことで、赤色光に反応するアップコンバージョンフォトクロミック反応を実現した。図 6 に示す Pery-RPIC 単体は赤色光に

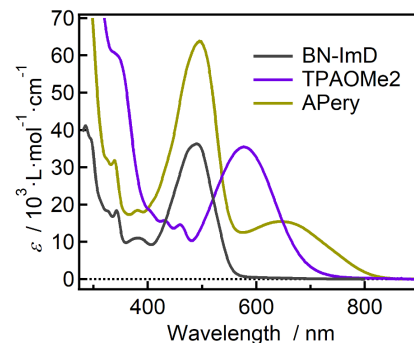


図 5. ビナフチル架橋型イミダゾール二量体着色体の紫外可視近赤外吸収スペクトル

は応答しないが、PdPh₄TBP との混合溶液では、波長 635 nm の赤色光に反応するフォトクロミズムを示した。このように、本研究では TTA アップコンバージョンを初めてフォトクロミック反応に利用することで、可視・近赤外ナノ秒パルス光に非線形応答するフォトクロミックシステムを実現することができた。

(4) 可視光と近赤外光で双方向完全光スイッチを示す逆フォトクロミック分子⁴⁾

BN-ImD は赤色の最安定異性体 5MR に可視光を照射すると、短寿命の BR を経て無色の 6MR へ異性化し、室温で約 20 分かけて 5MR に戻る。6MR と 5MR の紫外光領域の吸収スペクトルは重なりが大きいので、6MR だけを選択的に 5MR に光異性化させることは困難である。5MR は緑色光に反応するが赤色光や近赤外光には反応しない。そこで架橋部位の一方のナフタレン環をペリレン環に、他方をベンゼン環に置換した PhPe-ImD を開発した。PhPe-ImD は PP-5MR の発色団であるジアザフルベン骨格の π 共役が拡張し、近赤外光に反応する逆フォトクロミズムを示す。また、PP-6MR はペリレン由来の吸収帯が 400~500 nm まで長波長化したため、吸収帯が PP-5MR と分離し、660 nm と 470 nm の光照射によって逆フォトクロミック分子で初めてとなる双方向で高選択的な完全光スイッチが達成された。

(5) 紫外パルス光に非線形応答する逆フォトクロミック分子⁵⁾

逆フォトクロミック化合物 BN-ImD を基盤として、架橋部位にピレンとナフタレンを導入した NPy-ImD を合成し、フォトクロミック特性を評価した。NPy-ImD は架橋部位の非対称性によって発色団であるジアザフルベン骨格の異なる 2 種類の着色体 (5MR-R, 5MR-B) と無色体 (6MR)、ビラジカル (BR) の 4 種類の異性体に関与する逆フォトクロミズムを示す (図 9)。5MR-R と 5MR-B の可視光領域の吸収は 150 nm 以上離れており、スペクトルの重なりも小さいため、それぞれを青色光と赤色光で波長選択的に励起できる。加えて、励起光強度に依存した非線形光応答を示し、ナノ秒レーザーパルスによる紫外光照射によって BR を経由した二光子反応で特異的に 5MR-B が生成する。このように、NPy-ImD は光照射条件を制御することで 4 種類の異性体間を相互変換できる逆フォトクロミック化合物である。

(6) 逆フォトクロミック分子の可視光励起蛍光スイッチ⁶⁾

高速フォトクロミック分子を用いた蛍光スイッチは超解像蛍光顕微鏡イメージングを可能とするが、光照射に伴い蛍光強度が増大する turn-ON 型の蛍光スイッチ分子は PALM や STORM のような蛍光イメージングに利用できる。逆フォトクロミック分子は可視光領域に吸収を有する着色体が安定な異性体で、可視光照射により紫外光領域に吸収を有する無色の異性体に光異性化する。逆フォトクロミック分子の着色体の吸収スペクトルと重

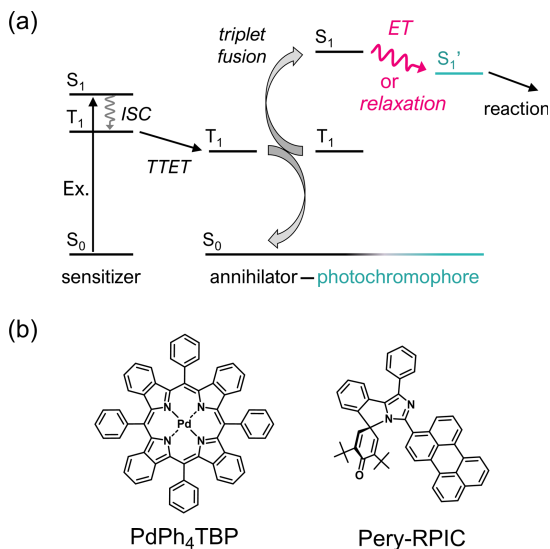


図 6. (a) TTA を利用したフォトクロミック反応機構、(b) PdPh₄TBP と Pery-RPIC

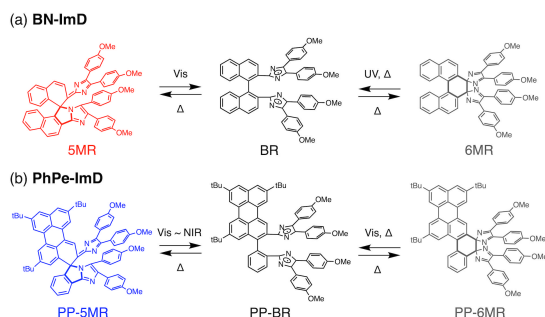


図 7. (a) BN-ImD、(b) PhPe-ImD のフォトクロミック反応

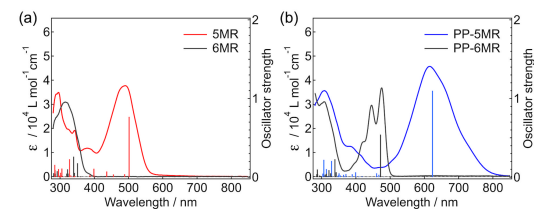


図 8. (a) BN-ImD、(b) PhPe-ImD の異性体の吸収スペクトル

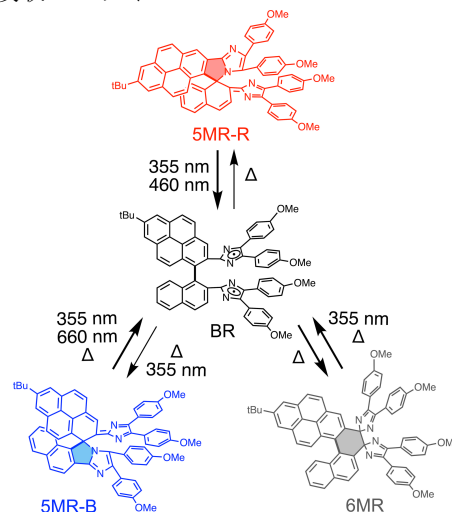


図 9. NPy-ImD のフォトクロミック反応

なりが大きな蛍光スペクトルを有する蛍光分子を組み合わせることで、可視光照射による turn-ON 型の蛍光スイッチが可能となる。すなわち、フォトクロミック部位が着色体の状態では、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) により蛍光消光が起きるが、可視光照射による光異性化により生成した無色体では、蛍光消光が起きなくなり蛍光を発するようになる。図 10 に示すビナフチル架橋型イミダゾール二量体は、蛍光ユニットとして 1,8-ナフタルイミドを有しており、オレンジ色の着色体 (O) に可視光を照射すると黄色体 (Y) に変色する逆フォトクロミズムを示す。図 11 に吸収スペクトル変化を示す。着色体は 500 nm 付近に強い吸収帯を示すが、この吸収帯は黄色体では完全に消失する。一方、この逆フォトクロミック反応を 1,8-ナフタルイミドの蛍光が観測される 405 nm の青色光の照射下で観察すると着色体では蛍光は認められず、黄色体では強い蛍光を発する。このような逆フォトクロミズムを利用した turn-ON 型蛍光スイッチは初めての例であり、生細胞超解像蛍光イメージングへの利用が期待される。

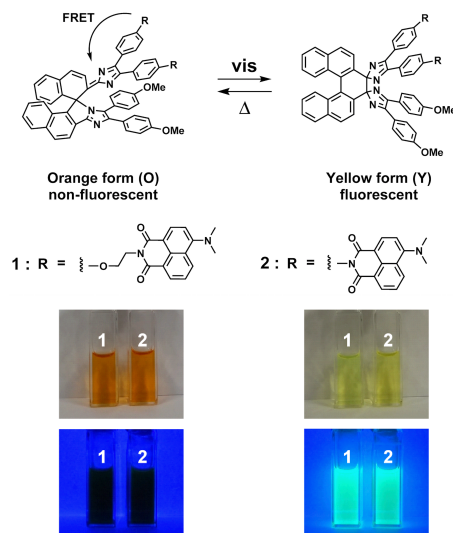


図 10. 蛍光スイッチを示す逆フォトクロミック化合物 1 および 2

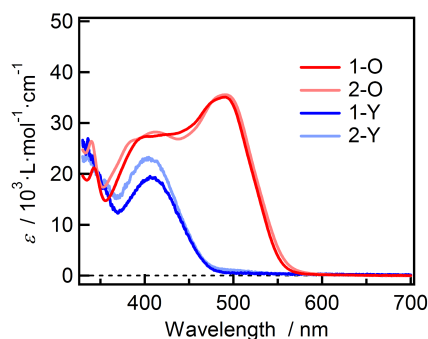


図 11. 化合物 1、2 の吸収スペクトル

<引用文献>

1. I. Yonekawa, K. Mutoh, J. Abe, *Chem. Commun.*, **2019**, 55, 1221-1224.
2. A. Kometani, Y. Inagaki, K. Mutoh, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2020**, *142*, 7995-8005.
3. A. Tokunaga, L. M. Uriarte, K. Mutoh, E. Fron, J. Hofkens, M. Sliwa, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2019**, *141*, 17744-17753.
4. N. Moriyama, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2023**, *145*, 3318-3322.
5. H. Ito, K. Mutoh, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2023**, *145*, 6498-6506.
6. K. Mutoh, N. Miyashita, K. Arai, J. Abe, *J. Am. Chem. Soc.*, **2019**, *141*, 5650-5654.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Ito Hiroki, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 145 |
| 2. 論文標題 Bridged-Imidazole Dimer Exhibiting Three-State Negative Photochromism with a Single Photochromic Unit | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 6498 ~ 6506 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00476 | 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 Mutoh Katsuya, Moriyama Natsuho, Abe Jiro | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Acceleration of the thermal back-reaction and the finding of a non-photochromic isomer for a negative photochromic binaphthyl-bridged imidazole dimer | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 2962 ~ 2965 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC06942C | 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 Moriyama Natsuho, Abe Jiro | 4. 巻 145 |
| 2. 論文標題 Negative Photochromic 3-Phenylperylene-bridged Imidazole Dimer Offering Quantitative and Selective Bidirectional Photoisomerization with Visible and Near-Infrared Light | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 3318 ~ 3322 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c13331 | 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 Nishijima Moe, Mutoh Katsuya, Shimada Rintaro, Sakamoto Akira, Abe Jiro | 4. 巻 144 |
| 2. 論文標題 Controlling Diradical Character of Photogenerated Colored Isomers of Phenoxy-Imidazolyl Radical Complexes | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 17186 ~ 17197 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c07562 | 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 Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Stepwise Photochromism of Bis(Imidazole Dimer) Bridged by a Sulfur Atom | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Organic Letters | 6. 最初と最後の頁 5166 ~ 5170 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.2c01998 | 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 Mutoh Katsuya, Yamamoto Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Excitation wavelength- and intensity-dependent stepwise two-photon-induced photochromic reaction | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Photochemical and Photobiological Sciences | 6. 最初と最後の頁 1445 ~ 1458 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43630-022-00234-y | 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 Kawanishi Yasuki, Segawa Yasutomo, Mutoh Katsuya, Abe Jiro, Kobayashi Yoichi | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 A photochromic carbazolyl-imidazolyl radical complex | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 4997 ~ 5000 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC01196D | 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 Yoichi, Abe Jiro | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 Recent advances in low-power-threshold nonlinear photochromic materials | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Society Reviews | 6. 最初と最後の頁 2397 ~ 2415 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CS01144H | 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 Brazevic Sabina, Sikorski Marek, Sliwa Michel, Abe Jiro, Rode Michal F., Burdzinski Gotard | 4. 巻 201 |
| 2. 論文標題 Cisoid-cis intermediate plays a crucial role in decolouration rate in photochromic reaction of 8H-pyranoquinazolines and 3H-naphthopyrans | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Dyes and Pigments | 6. 最初と最後の頁 110249 ~ 110249 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2022.110249 | 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 Mutoh Katsuya, Toshimitsu Shota, Kobayashi Yoichi, Abe Jiro | 4. 巻 143 |
| 2. 論文標題 Dynamic Spin-Spin Interaction Observed as Interconversion of Chemical Bonds in Stepwise Two-Photon Induced Photochromic Reaction | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 13917 ~ 13928 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c06775 | 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 Nishijima Moe, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 A Qualitative Measure of Diradical Character Based on Radical-Radical Coupling Reaction | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 1423 ~ 1427 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210267 | 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 Kawanishi Yasuki, Mutoh Katsuya, Abe Jiro, Kobayashi Yoichi | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Extending the Lifetimes of Charge Transfer States Generated by Photoinduced Heterolysis of Photochromic Radical Complexes | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 891 ~ 900 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202100032 | 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 Sabina Brazevic, Stanislaw Nizinski, Michel Sliwa, Jiro Abe, Michal F. Rode, Gotard Burdzinski | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Control of the photo-isomerization mechanism in 3H-naphthopyrans to prevent formation of unwanted long-lived photoproducts | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences | 6. 最初と最後の頁 7825(1-15) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21217825 | 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 Hiroki Ito, Sho Tanaka, Katsuya Mutoh, Jiro Abe | 4. 巻 22 |
| 2. 論文標題 Fast photochromism of the imidazole dimers bridged by group 14 atoms | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Organic Letters | 6. 最初と最後の頁 5680 ~ 5684 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c02072 | 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 Hiroki Ito, Katsuya Mutoh, Jiro Abe | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Enhancement of negative photochromic properties of naphthalene-bridged phenoxy-imidazolyl radical complex | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemPhysChem | 6. 最初と最後の頁 1578 ~ 1586 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cphc.202000296 | 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 Ryosuke Usui, Katsuya Yamamoto, Hajime Okajima, Katsuya Mutoh, Akira Sakamoto, Jiro Abe, Yoichi Kobayashi | 4. 巻 142 |
| 2. 論文標題 Photochromic radical complexes that show heterolytic bond dissociation | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 10132 ~ 10142 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c02739 | 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 Aya Kometani, Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe | 4. 巻 142 |
| 2. 論文標題 Red or near-infrared light operating negative photochromism of a binaphthyl-bridged imidazole dimer | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 7995 ~ 8005 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c02455 | 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 Tokunaga Ayako, Uriarte Lucas Martinez, Mutoh Katsuya, Fron Eduard, Hofkens Johan, Sliwa Michel, Abe Jiro | 4. 巻 141 |
| 2. 論文標題 Photochromic Reaction by Red Light via Triplet Fusion Upconversion | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 17744 ~ 17753 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b08219 | 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 Kobayashi Yoichi, Mamiya Yukie, Mutoh Katsuya, Sotome Hikaru, Koga Masafumi, Miyasaka Hiroshi, Abe Jiro | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Excited state dynamics for visible-light sensitization of a photochromic benzil-substituted phenoxy-imidazolyl radical | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Beilstein Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 2369 ~ 2379 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3762/bjoc.15.229 | 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 Li Ruiji, Arai Hiroki, Kobayashi Yoichi, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Molecular design to increase the photosensitivity of photochromic phenoxy-imidazolyl radical complexes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers | 6. 最初と最後の頁 2380 ~ 2387 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9QM00468H | 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 Inagaki Yuki, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 17 |
| 2. 論文標題 Stepwise photochromism of bisnaphthopyrans exhibiting an excitation intensity-dependent color change | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences | 6. 最初と最後の頁 946 ~ 953 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8PP00205C | 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 Setoura Kenji, Memon Ahsan M., Ito Syoji, Inagaki Yuki, Mutoh Katsuya, Abe Jiro, Miyasaka Hiroshi | 4. 巻 122 |
| 2. 論文標題 Switching of Radiation Force on Optically Trapped Microparticles through Photochromic Reactions of Pyranoquinazoline Derivatives | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 22033 ~ 22040 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b03420 | 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 Mutoh Katsuya, Sliwa Michel, Fron Eduard, Hofkens Johan, Abe Jiro | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Fluorescence modulation by fast photochromism of a [2.2]paracyclophane-bridged imidazole dimer possessing a perylene bisimide moiety | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 9523 ~ 9531 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8TC02713G | 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 Kuroiwa Hayato, Inagaki Yuki, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 On-Demand Control of the Photochromic Properties of Naphthopyrans | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Advanced Materials | 6. 最初と最後の頁 1805661 ~ 1805661 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201805661 | 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 Yonekawa Izumi, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 55 |
| 2. 論文標題 Visible light intensity dependent negative photochromism of a binaphthyl-bridged phenoxy-imidazolyl radical complex | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 1221 ~ 1224 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC09591D | 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 Katsuya, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 123 |
| 2. 論文標題 Photo- and Electro-Driven Molecular Switching System of Aryl-Bridged Photochromic Radical Complexes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A | 6. 最初と最後の頁 1945 ~ 1952 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.8b12384 | 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 Mutoh Katsuya, Miyashita Nanae, Arai Kaho, Abe Jiro | 4. 巻 141 |
| 2. 論文標題 Turn-On Mode Fluorescence Switch by Using Negative Photochromic Imidazole Dimer | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 5650 ~ 5654 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b01870 | 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 Katsuya, Gomita Isshu, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Mutoh Katsuya, Abe Jiro | 4. 巻 55 |
| 2. 論文標題 Electrochromism of fast photochromic radical complexes forming light-unresponsive stable colored radical cation | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 4917 ~ 4920 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC00455F | 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 Toshimitsu Shota, Shima Kentaro, Mutoh Katsuya, Kobayashi Yoichi, Abe Jiro | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 Rational Molecular Designs for Controlling Photochromism: Thermally Activated Valence Isomerization of Phenoxy-Imidazolyl Radical Complexes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ChemPhotoChem | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.201800243 | 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109件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 51件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 森山夏帆、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 環状ビスピナフチル架橋型フェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の可視光応答逆フォトクロミック特性 |
| 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 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR-light responsive negative photochromism of naphthylpyrene-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 7th IRP NanoSynergetics2 Workshop (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森山夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 可視光応答環状ビスピナフチル架橋型フェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の開発 |
| 3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ナフチルビレン架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズム |
| 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 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ナフチルビレン架橋型イミダゾール二量体のマルチフォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森山夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 環状ビスピナフチル架橋型フェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小高慧人、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ジフェニルジアセチレンで架橋した環状ピフチル架橋型フェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2022年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高野恵未依、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ビフェニル架橋型イミダゾール二量体の熱異性化反応経路のDFT計算 |
| 3. 学会等名 第23回理論化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Natsuho Moriyama, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR-light-induced photochromic reaction of perylene-based-aryl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 30th International Conference on Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroki Ito, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Negative photochromism of pyrene-based-biaryl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 30th International Conference on Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Experimental measure of diradical character based on radical-radical recombination reaction |
| 3. 学会等名 30th International Conference on Photochemistry (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photochromism driven by near-infrared light |
| 3. 学会等名 30th International Conference on Photochemistry (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松浦佳樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 逆フォトクロミズムを示すピナフチル架橋型イミダゾール二量体の熱戻り反応の高速化 |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森山夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 Unexpected highly fluorescent isomer generated by NIR-light-driven negative photochromism of bridged imidazole dimers |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 Photochromism of biaryl-bridged imidazole dimers with different types of aryl unit in the bridging unit |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 Experimental evaluation of biradical character from reactivity of radical recombination reaction |
| 3. 学会等名 2021年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 小高慧人、伊藤弘紀、高野恵未依、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズム反応機構 |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ピレンを基盤としたピアリアル架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミック特性 |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森山夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 近赤外光応答架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズムで生成する予想外の高蛍光性異性体 |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ラジカル反応性に基づくピラジカル性の実験的評価 |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 阿部二郎 |
| 2. 発表標題 近赤外光応答フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 第15回分子科学討論会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Qualitative measure of biradical character based on radical recombination reaction |
| 3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Keiki Matsuura, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Negative photochromism of BN-ImD derivatives substituted with ethynyl groups |
| 3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Natsuho Moriyama, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Unexpected highly fluorescent isomer of bridged imidazole dimers formed by NIR-light-induced negative photochromism |
| 3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Emii Takano, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Theoretical study on the thermal isomerization path of biphenyl-bridged imidazole dimers |
| 3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR light responsive negative photochromism |
| 3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Experimental measure of diradical character by using radical reactivity of imidazolyl radicals |
| 3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Natsuho Moriyama, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR-light responsive photochemical properties of perylene-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroki Ito, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photochromic properties of naphthylpyrene-bridged imidazole Dimer |
| 3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Near-infrared light-driven negative photochromism of biaryl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松浦佳樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ビフェナントレン架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 高速フォトクロミックペンタアリアルビイミダゾール開環体の電子状態に及ぼす芳香族効果 |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ナフタレン架橋型フェノキシルーイミダゾリルラジカル複合体のフォトクロミック特性の高感度化 |
| 3. 学会等名 2020年web光化学討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森山夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ビスペリレンル架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズム |
| 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 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ピアリアル架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミック反応特性 |
| 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 武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 らせん状芳香族分子で架橋されたイミダゾール二量体のフォトクロミズム |
| 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 阿部二郎 |
| 2. 発表標題 有機フォトクロミズムのニューフロンティア |
| 3. 学会等名 有機合成化学協会関東支部ミニシンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photoresponsivity of open-shell singlet biradicals |
| 3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Reversible valence photoisomerization between closed-shell quinoidal and open-shell singlet-biradical forms |
| 3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Effect of aromaticity on the biradical character of the open-ring isomer of fast photochromic pentaarylbiimidazole |
| 3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kaho Arai, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Electrochemical behaviors of negative photochromic compound via biradical |
| 3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Katsuya Mutoh, Katsuya Yamamoto, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photo- and electrochemically driven molecular switch of aryl-bridged photochromic radical complexes |
| 3. 学会等名 10th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒岩隼人、稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ビスピナフチル架橋型イミダゾール二量体の励起子相互作用 |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松浦佳樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 励起光強度依存性を示すフェノキシイミダゾリルラジカル複合体の赤色光誘起高速フォトクロミック反応 |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 高速フォトクロミックペンタアリアルピイミダゾール開環体のピラジカル性に対する芳香族効果 |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 新井夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 近赤外光応答性ピピレニル架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 阿部二郎 |
| 2. 発表標題 近赤外光に応答するフォトクロミック分子の開発 |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 励起子相互作用を示すバイフォトクロミック分子の開発 |
| 3. 学会等名 2019 年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 近赤外光応答性逆フォトクロミズムを示すピピレニル架橋型イミダゾール二量体の開発 |
| 3. 学会等名 第13回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kanna Tsuji, Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Yoichi Kobayashi |
| 2. 発表標題 Stepwise two-photon-induced photochromic reaction of rhodamine derivatives |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yoichi Kobayashi, Ryosuke Usui, Katsuya Yamamoto, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photochromic radical complexes that show heterolytic bond cleavage |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Lucas M. Uriarte, Katsuya Mutoh, Michel Sliwa, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Red-light driven photochromic reaction by utilizing triplet fusion |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Correlation between aromaticity and photochromic properties of fast photochromic pentaarylbiimidazole |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Keiki Matsuura, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Red-light-responsive fast photochromic reaction of phenoxy-imidazolyl radical complex |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hayato Kuroiwa, Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Development of multi negative photochromic compounds based on 1,1-binaphthyl-bridged imidazole dimers |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiroki Ito, Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Rapid negative photochromism of naphthalene-bridged phenoxy-imidazolyl radical complex derivatives |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR light-responsive negative photochromic compounds based on 1,1'-binaphthyl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kaho Arai, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 NIR-light responsive negative photochromism of bipyrenyl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Katsuya Mutoh, Katsuya Yamamoto, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photo- and electrochemical molecular switch based on aryl-bridged radical complexes |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe, Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh |
| 2. 発表標題 Reversible valence photoisomerization between quinoidal and biradical forms of photochromic phenoxy-imidazolyl radical complex |
| 3. 学会等名 9th International Symposium on Photochromism (ISOP2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ビビレニル架橋型イミダゾール二量体の近赤外応答性逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 黒岩隼人、稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 励起子相互作用を示すビスピナフチル架橋型イミダゾール二量体の開発 |
| 3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Red-light induced photochromic reaction based on triplet fusion |
| 3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Keiki Matsuura, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Red and NIR-responsive fast photochromic reaction of phenoxy-imidazolyl radical complex |
| 3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Aromatic effect on photochromic properties of fast photochromic pentaarylbiimidazole |
| 3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kaho Arai, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Negative photochromism of bipyrenyl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Valence photoisomerization of the transient colored isomers of photochromic phenoxy-imidazolyl radical complex |
| 3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18ACC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 Photocontrol of the valence isomerization process between biradical and quinoidal forms by radical-dissociation type photochromism of phenoxy-imidazolyl radical complexes |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ラジカル再結合反応速度に基づくPABI光生成ピラジカルの電子状態の考察 |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤弘紀、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 イミダゾール環を反転させたナフタレン架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズム |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松浦佳樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 光学活性なピフェナントレン架橋型イミダゾール二量体の逆フォトクロミズム |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Reversible valence photoisomerization between quinoidal and singlet biradical form |
| 3. 学会等名 3rd International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hayato Kuroiwa, Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Development of high performance naphthopyran derivatives |
| 3. 学会等名 3rd International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kaho Arai, Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photochemical properties of BN-PIC derivative with fluorenyl units |
| 3. 学会等名 3rd International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Investigations on the stepwise photochromic reactions |
| 3. 学会等名 3rd International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM 2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Excitation light intensity-dependent coloration of photochromic bisnaphthopyrans |
| 3. 学会等名 International Symposium on Advanced Molecular Sciences (ISAMS2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Valence photoisomerization between closed-shell and open-shell transient species of photochromic molecule |
| 3. 学会等名 International Symposium on Advanced Molecular Sciences (ISAMS2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Two-photon-gated stepwise photochromic reactions |
| 3. 学会等名 International Symposium on Advanced Molecular Sciences (ISAMS2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Nishijima, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Effects of aromaticity on photochemical properties of fast photochromic pentaarylbiimidazole |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nanae Miyashita, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photoactivatable fluorescence using a negative photochromic binaphthyl-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Keiki Matsuura, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Red-light-responsive fast photochromism of phenoxy-imidazolyl radical complex combined with an aza-bodipy unit |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hayato Kuroiwa, Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Rational molecular design for controlling the thermal back reaction rate of photochromic Naphthopyrans |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kaho Arai, Katsuya Yamamoto, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Electrochemical study of negative photochromic binaphthyl-bridged radical complex |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsuya Yamamoto, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Stepwise fast photochromism depending on excitation light wavelength and intensity |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ayako Tokunaga, Lucas M. Uriarte, Katsuya Mutoh, Michel Sliwa, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photodissociation dynamics of phenoxy-imidazolyl radical complex derivative |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yukie Mamiya, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Photochromic properties of phenyl-naphthalene-bridged imidazole dimer |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Aya Kometani, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Rational molecular design for the control of negative photochromic properties of binaphthyl-bridged imidazole dimers |
| 3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 阿部二郎 |
| 2. 発表標題 次世代フォトクロミック材料の開発戦略 |
| 3. 学会等名 錯体化学若手の会・関東支部前期勉強会2018 (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 阿部二郎 |
| 2. 発表標題 フォトクロミズムの基礎と応用 |
| 3. 学会等名 日本化学会関東支部群馬地区講演会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 硫化ジフェニル架橋型フェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体のフォトクロミズム |
| 3. 学会等名 2018年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Mechanical force-induced color change of photochromic bisnaphthopyran |
| 3. 学会等名 2018年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsuya Yamamoto, Katsuya Mutoh, Jiro Abe |
| 2. 発表標題 Excitation wavelength- and intensity-dependent photochromic reaction of fast biphotochromic molecule |
| 3. 学会等名 2018年光化学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 米谷 彩、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 逆フォトクロミズムを示すピナフチル架橋型イミダゾール二量体の色調制御 |
| 3. 学会等名 第12回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 黒岩隼人、稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ナフトピランの消色速度を調整するための新しい分子設計 |
| 3. 学会等名 第12回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井夏帆、山本将也、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 逆フォトクロミズムを示すピナフチル架橋型フェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の酸化還元特性 |
| 3. 学会等名 第12回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 徳永彩子、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 光生成ピラジカルの可逆的原子価異性化ダイナミクス |
| 3. 学会等名 第12回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山本将也、岡島 元、坂本 章、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 アリアル架橋型高速フォトクロミックラジカル複合体のエレクトロクロミック特性 |
| 3. 学会等名 第12回分子科学討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松浦佳樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 aza-BODIPYを結合させたフェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の赤色光誘起フォトクロミック反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 徳永彩子、武藤克也、L. M. Uriarte、M. Sliwa、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ペリレン部位を有するフェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体の励起状態ダイナミクス |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 米谷 彩、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 赤色光応答型逆フォトクロミックピナフチル架橋型イミダゾール二量体の創製 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ヘテロ型ビスナフトピランの励起光強度および波長に依存した色調変化 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒岩隼人、稲垣佑樹、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 ナフトピランの熱消色速度を制御するための新しい分子設計 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中 翔、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 Si架橋型ビスイミダゾール二量体のフォトクロミズム |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮下奈々恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 逆フォトクロミズムを示すピナフチル架橋型イミダゾール二量体を用いたターンオン型蛍光スイッチング |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西島萌恵、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 架橋基の芳香族性による高速フォトクロミックペンタアリールビイミダゾール開環体のピラジカル性制御 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井夏帆、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 逆フォトクロミックピナフチル架橋型ラジカル複合体の分光電気化学 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山本将也、武藤克也、阿部二郎 |
| 2. 発表標題 フォトクロミックフェノキシル - イミダゾリルラジカル複合体のエレクトロクロミック特性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 臼井良介、武藤克也、阿部二郎、小林洋一 |
| 2. 発表標題 フェノチアジン骨格を用いたフォトクロミックラジカル複合体の合成と光応答特性 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Moe Saito, Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Yoichi Kobayashi |
| 2. 発表標題 Elucidation of excited state dynamics of photogenerated biradicals of photochromic PIC derivatives |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 日本化学会、阿部 二郎、武藤 克也、小林 洋一 | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 共立出版 | 5. 総ページ数 192 |
| 3. 書名 フォトクロミズム | |

〔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 |
|-----------|---|------------------------------------|----|
| 研究 分担者 | 小林 洋一 (Kobayashi Yoichi) (10722796) | 立命館大学・生命科学部・准教授 (34315) | |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|