

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「プロセスインテグレーションに向けた高
機能ナノ構造体の創出」
研究課題「高速フォトクロミック分子の高性能化
と新機能創成」

研究終了報告書

研究期間 平成22年10月～平成28年3月

研究代表者：阿部 二郎
(青山学院大学 理工学部 化学・生命科学科、
教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究の目的は、日本発の新しい光産業の創出につながる革新的な高速フोटクロミック分子の創製であり、従来から知られているフोटクロミック分子では実現が難しかった高速調光材料、セキュリティ材料、実時間ホログラム材料、高速蛍光スイッチ材料などに応用し、産業利用に展開することを目指した。産業用途として実用化するためにはいくつかの高いハードルをクリアしなければならない。製品としての性能や安全性に加えて、光耐久性の向上と製造コスト低減が大きな課題となる。本研究が始まる前年にわれわれが開発した高速フोटクロミック分子である[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体は、熱安定性と経時安定性に優れ、高速な発消色反応と高い発色濃度を実現したものであるが、製造工程数が多いことや[2.2]パラシクロファンが高価であることから、製造コストが高額になり、産業的な利用という観点において課題を有していた。この課題を解決すべく、鋭意検討を重ねる中で開発したペンタアリアルビイミダゾール(PABI)、ビナフチルエーテル架橋型イミダゾール二量体、高速熱消色ナフトピラン誘導体は、産業利用に適う優れた光耐久性と、安価で製造できるという優位性を持ち合わせていることから、今後、様々な用途に向けた応用が期待できる。具体的には、イミダゾール二量体に関しては、デジタルセキュリティの脆弱性を補完するセキュリティ材料や目に優しい究極の立体映像といわれる実時間ホログラム材料への応用を、高速熱消色ナフトピラン誘導体に関しては眼鏡用調光レンズ、調光ソフトコンタクトレンズ、調光眼内レンズへの応用を検討している。

研究を実施するにあたり、基盤的研究として電子状態理論および有機合成化学を基軸とした新たな分子系の探索、およびレーザー分光を用いたフोटクロミック反応機構の解析に取り組んだ。分子設計を周到に検討することで、本研究の開始時点には想定していなかった光耐久性に優れた新しい高速フोटクロミック分子系を次々と創出した。また、分子内に二つのフोटクロミック部位を持つデュアルフोटクロミック分子では、光子密度が高いパルスレーザー光だけでなく、光子密度が低い連続光によっても誘起できる高効率な段階的二光子反応を見いだした。さらに、発色状態が安定で、可視光を照射することで可逆的に過渡的な無色状態を生成する逆フोटクロミズムを示す逆フोटクロミズムを示す 1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の創出は、光応答材料分野に新しいフロンティアを切り拓くものとなる。

応用研究としては、溶液中と同じような高速フोटクロミズムを示す適切なホストポリマーの探索、光耐久性の向上、実時間ホログラムの実現、セキュリティ認証システムの開発などに取り組んだ。高速フोटクロミック分子を実用化する上では、高速フोटクロミック特性を維持するポリマーの開発が鍵である。ポリマー中においては粘性の低下や自由体積の減少によりフोटクロミック特性が阻害されることが知られていた。われわれは、マイクロ相分離能、高い光学的透明性、優れた機械的強度および成形性を有している PMMA-*b*-PBA ブロック共重合体中で溶液中と同様な高速フोटクロミズムと高い発色濃度を実現できることを見いだした。このポリマーにフोटクロミック分子を混ぜるだけで、実時間ホログラム材料、調光材料、セキュリティ材料に利用できることから、この発見は高速フोटクロミック分子の産業利用の可能性を大きく加速する研究成果であるといえる。以下に主な研究成果を記す。

【基盤的研究】①[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の高機能化、②サブミリの高速フोटクロミズムを示すキラル BINOL 架橋型イミダゾール二量体の開発、③逆フोटクロミズムを示す 1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の開発、④高速フोटクロミズムを示すペンタアリアルビイミダゾール(PABI)の開発、⑤フェノキシル-イミダゾールラジカル複合体(PIC)の開発、⑥高速熱消色型ナフトピランの開発、⑦励起光強度に閾値を持つ段階的二光子フोटクロミック反応の発見、⑧高速フोटクロミズムを利用した高速蛍光スイッチングの実現、⑨フोटクロミック部位を付与したジペプチドの螺旋ナノファイバーの創製

【応用研究】①高速フोटクロミズムを利用した実時間ホログラフィー、②PMMA-*b*-PBA ブロック共重合体中における高速フोटクロミック特性、③高速フोटクロミック分子を利用したセキュリティ認証システムの開発

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. “Photochromic Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes with Decoloration Rates from Tens of Nanoseconds to Seconds”, Hiroaki Yamashita, Takahiro Ikezawa, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 137, No. 15, pp. 4952-4955, 2015

概要: アリール基のオルト位にフェノキシラジカルとイミダゾリルラジカルを導入したビラジカルが、分子内ラジカル結合により高速フォトクロミズムを示すフェノキシレーイミダゾリルラジカル複合体(PIC)を生成することを見いだした。異なる種類のラジカル同士で分子内結合したラジカル複合体の例もほとんど報告例がないが、このようなラジカル複合体がラジカル解離型フォトクロミズムを示す世界初めての例である。

2. “Stepwise Two-Photon-Gated Photochemical Reaction in Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Bis(imidazole dimer)”, Katsuya Mutoh, Yuki Nakagawa, Akira Sakamoto, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 137, No. 17, pp. 5674-5677, 2015

概要: 効率的な段階的二光子反応が進行する新たなフォトクロミック分子の開発に成功した。高速フォトクロミック反応により生成する過渡種を長寿命の励起状態と同等として捉え、多光子過程へと応用した本研究の発想の転換は、これまで別々に発展してきた非線形光学過程と有機反応過程とを結び付ける可能性を持っており、今後フォトクロミズムを活用した新しい高効率多光子反応過程の発展が期待される。

3. “Unusual Negative Photochromism via a Short-Lived Imidazolyl Radical of 1,1'-Binaphthyl-Bridged Imidazole Dimer”, Sayaka Hatano, Takeru Horino, Atsuhiko Tokita, Toyoji Oshima, Jiro Abe, *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 135, No. 8, pp. 3164-3172, 2012

概要: 安定な発色状態に可視光を照射することで、可逆的に過渡的な無色状態を生成する逆フォトクロミズムを示す化合物は極めて稀である。1,1'-ビナフチル架橋型ビスイミダゾリルラジカルを暗中静置することで得られる赤橙色の化合物は、可視光照射により無色になり、可視光照射をやめると元の赤橙色に戻る逆フォトクロミズムを示すことを見いだした。逆フォトクロミック化合物を用いることで、通常のフォトクロミズムでは困難な新たな機能開拓が期待される。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

1. “A Real-Time Dynamic Holographic Material Using a Fast Photochromic Molecule”, Norihito Ishii, Tetsuya Kato and Jiro Abe, *Scientific Reports*, Vol. 2, pp. 819, 2012

概要: 高速フォトクロミック分子は光が当たっている時にのみ透過率や屈折率が変化し、光を遮ると速やかに光照射前の透過率や屈折率に戻るため、実時間ホログラム材料に適う材料である。高速フォトクロミズムを示す[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体誘導体をアクリル系ポリマーにドーブした高速フォトクロミックポリマーをホログラム材料として用いることで、2次元動画像の実時間ホログラム投影に世界で初めて成功した。

2. “Pentaarylbisimidazole, PABI: An Easily Synthesized Fast Photochromic Molecules with Superior Durability”, Hiroaki Yamashita and Jiro Abe, *Chemical Communications*, Vol. 50, No. 62, pp. 8468-8471, 2014

概要: ヘキサアリールビスイミダゾール(HABI)が発見されてから半世紀以上の時を経て、ベンゼン環が一つ少ないペンタアリールビスイミダゾール(PABI)の合成に成功した。PABIに紫外光を照射することで生成する発色体は、マイクロ秒からミリ秒の時間領域で完全消色する。また合成が容易であり、優れた繰り返し耐久性をもつことから、今後、様々な分野で高速光スイッチ分子として利用されることが期待される。

3. “Rational Molecular Design for Drastic Acceleration of Color-Fading Speed of Photochromic Naphthopyrans”, Katsutoshi Arai, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, *Chemical Communications*, Vol. 51, No. 15, pp. 3057-3060, 2015

概要: ナフトピランは優れた繰り返し耐久性を有するフォトクロミック化合物であり、調光サングラスに利用されているが、発色状態から消色するまでに数分～数十分程度を要すること、および長寿命な発色体である *transoid-trans* 体が生成することが改善すべき課題となっていた。本研究では、消色速度の劇的高速化(マイクロ秒～数秒)と *transoid-trans* 体の生成を抑制する分子設計指針を見いだした。今後の産業分野における発展が期待される。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「阿部」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
阿部 二郎	青山学院大学理工学部	教授	H22.10～H28.3
河合 重和	同上	助手	H22.10～H23.12
辻本 恭	同上	助教	H24.4～H25.7
小林 洋一	同上	助教	H25.9～H28.3
土橋 亜希子	同上	研究協力者	H24.4～H25.3
石井 寛人	同上	研究支援者	H23.4～H25.3
橋本 宗	同上	研究協力者	H23.4～H23.6
橋本 宗	同上	研究支援者	H23.7～H23.12
小林 真之	同上	研究支援者	H24.4～H25.6
波多野 さや佳	同上	研究支援者	H22.10～H25.2
長瀬 裕太	同上	研究支援者	H26.4～H27.8
武藤 克也	同上	研究支援者	H22.10～H28.3
山下 裕明	同上	D3	H22.10～H28.3
天野 良洋	同上		H22.10～H24.3
加藤 哲也	同上		H22.10～H24.3
山口 哲生	同上	D3	H23.4～H28.3
吉田 怜	同上		H23.4～H25.3
中野 絵美	同上		H24.4～H26.3
岩崎 貴大	同上		H24.4～H26.3
太田 直樹	同上		H24.4～H26.3
新井 克敏	同上		H25.4～H27.3
島 健太郎	同上		H25.4～H27.3
山根 拓也	同上		H25.4～H27.3
新井 宏樹	同上	M2	H26.4～H28.3
池澤 孝裕	同上	M2	H26.4～H28.3
藤田 悠暉	同上	M2	H26.4～H28.3
大關 太	同上	M1	H27.4～H28.3
三嶋 泰弘	同上	M1	H27.4～H28.3

研究項目

- ・高速フォトクロミック化合物の合成開発およびフォトクロミック特性評価
- ・実時間ホログラム材料の開発
- ・高速フォトクロミックポリマーの開発
- ・逆フォトクロミック分子の合成開発
- ・分析業務

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

- ・「光応答材料研究ネットワーク」の設立

青山学院大学と奈良先端科学技術大学院大学、横浜国立大学との間において、光応答分子材料分野等における共同研究、教育連携及び国際連携等の推進を目的とする相互協力に関する包括協定を締結した。「光応答材料研究ネットワーク」では、光応答分子材料分野で先端的な研究を推進する3つの大学間において組織的な連携を行い、また、長期的かつ継続的に協力することで、相互の教育研究活動の活性化を図るとともに、国内最先端の教育研究機関による協働体制を構

築することで、光応答分子材料分野等に関する国際的な教育研究拠点の確立を目指す。これまで、国内の大学間の研究連携は個々の研究者レベルの共同研究などが主となっており、特定の分野に関する大学間の包括提携を行うことは、新しい試みである。しかし、共同研究に伴う大学院生や若手研究者の相互派遣、知的財産さらには国際提携など様々な側面で、大学の支援をスムーズに提供するためには、大学機関同士の広範囲な連携が必要である。青山学院大学では、今回のアライアンスネットワークを今後の大学間連携のモデルケースと位置づけ、先端研究を効率よく推進する体制を構築する。

Web サイト:

<http://www.yokoyama-lab.ynu.ac.jp/JaNetPreSS%20HP/purpose/index.html>

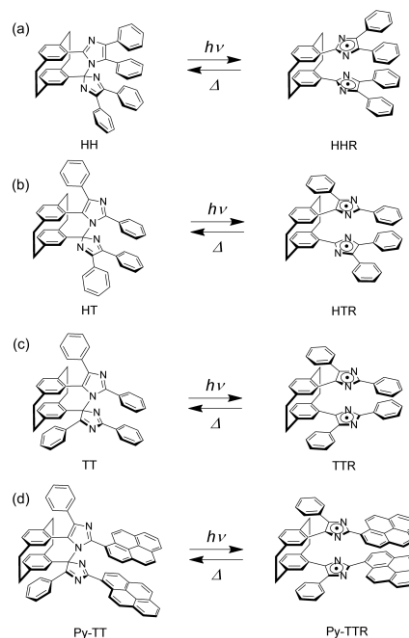
§ 3 研究実施内容及び成果

3. 1 新規高速フォトクロミック分子の創製(青山学院大学 阿部グループ)

(1)研究実施内容及び成果

(1) [2.2]パラシクロファン ([2.2]PC) 架橋型イミダゾール二量体の高機能化

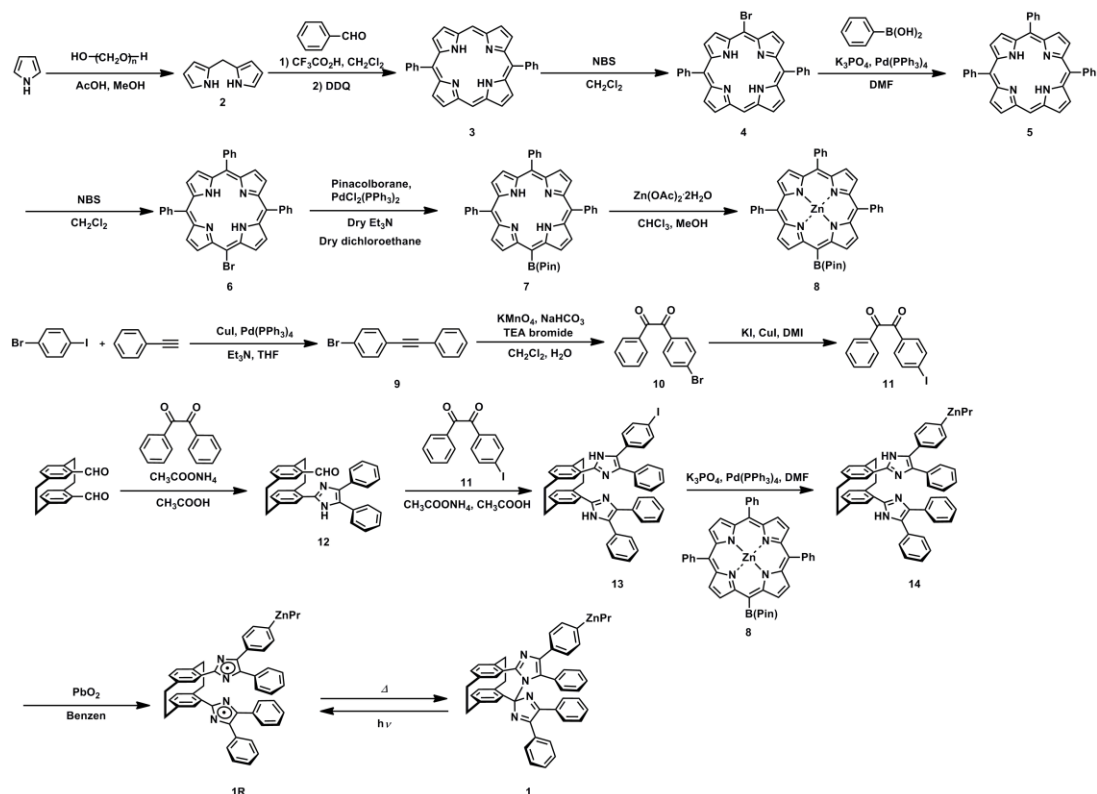
高速フォトクロミズムを示す [2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体は、調光材料や実時間ホログラム材料などへの産業用途が期待されている。従来の[2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体は、イミダゾール環の2位のフェニル基が架橋基に相当する [2.2]PC 骨格を構成している Head-to-Head 型(HH)であった。本研究では、官能基の導入による高機能化を意図して、一方のイミダゾール環を反転させた Head-to-Tail 型(HT)、両方を反転させた Tail-to-Tail 型(TT)を合成した。イミダゾリルラジカル単独の吸収スペクトルと比較して、HHR では対面したイミダゾリルラジカルの電子的相互作用により長波長側に新たな吸収帯が発現するのに対して、HTR と TTR ではイミダゾリルラジカル間の相互作用が弱まり、イミダゾリルラジカル単独の性質が強まることが明らかになった。また、HT と TT では、Py-TT のようにイミダゾール環の2位に様々なアリール基を導入することが可能になったため、用途に合わせたフォトクロミック特性の調整が容易になった。(J. Am. Chem. Soc., 136(10), 3796, 2014)



(2) [2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体の高感度化

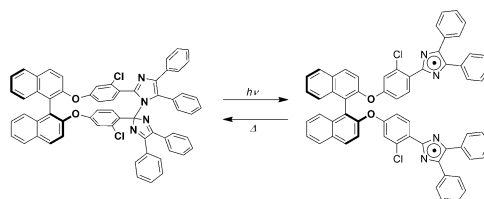
[2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体は UVA 領域に吸収帯を持たないため、太陽光の下では発色しないが、電子供与性置換基を導入した誘導体では、新たに出現した分子内電荷移動吸収帯がフォトクロミック反応の感度を増大させ、太陽光による発色が実現されている。さらに、ピレニル基を導入することで、消色体の吸収端は波長 400nm 程度まで長波長化して、フォトクロミック反応の感度が大幅に向上する。しかし、これまでに開発した誘導体では、フォトクロミック反応を実現できる最も長波長側の光は波長 450 nm 程度の青色光が限界であり、さらに長波長側の緑色 (530 nm) や赤色 (630 nm) の光でフォトクロミック反応を誘起することはできなかった。

ポルフィリンは π 共役系を有する大環状有機化合物であり、波長 400-500 nm 付近の鋭い Soret 帯と、500-700 nm 付近の Q 帯を持つ。ポルフィリンのピロール部位やメソ置換基に多彩な修飾が可能であることや、優れたドナー性を有することから人工光合成の構成分子に用いられている。本研究では亜鉛ポルフィリンの増感作用を狙って、亜鉛ポルフィリンを導入した [2.2]パラシクロファン誘導体(1)を開発した。化合物 1 は亜鉛ポルフィリンに特徴的な Soret 帯と Q 帯を有し、その何れの吸収帯を光励起してもフォトクロミック反応を示すことから、従来の誘導体と比較して大幅に高感度化していることが示された。一方で、発色体の半減期は室温で 40 msec と、無置換体の半減期である 33 msec と遜色のない高速消色反応を示した。興味深いことに、化合物 1 の可視光励起によるフォトクロミック反応は、ポルフィリンの S_1 状態を経由する段階的二光子吸収過程を経由していることが、フェムト秒およびピコ秒レーザーパルスを用いた反応機構解析により明らかになった。



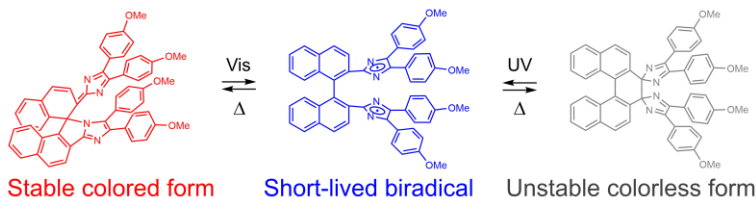
(3) ビナフチルエーテル架橋型イミダゾール二量体

二つのイミダゾール環の2位のフェニル基をキラルな1,1'-ビナフチルエーテル骨格で架橋した化合物を開発した。この化合物の発色体は、室温溶液中で半減期 100 μsec という高速熱消色反応を起こし、優れた繰り返し耐久性を有する。さらに、架橋基は軸不斉を有するために光学異性体が存在し、キラルフォトリズムを示すことを特徴とする。各エナンチオマーの CD スペクトル測定により、フォトリック反応を繰り返しても光ラセミ化が起こらないことが確認されており、フォトリック反応に伴う色変化だけを利用するのではなく、円偏光を利用した高度なセキュリティシステムへの応用が期待される。
(*Chem. Commun.*, **50**(56), 7481, **2014**)



(4) 1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体

発色状態が安定で、可視光を照射することで可逆的に不安定な無色状態を生成する逆フォトリズムを示す例としては、高極性環境のスピロピランやジヒドロピレン誘導体、ジアリールエテン誘導体が知られているが、その例は極めて稀である。われわれは、1,1'-ビナフチルを架橋基とする架橋型イミダゾール二量体が逆フォトリズムを示すことを見いだした。1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の安定体は橙色を呈しており、無色体が安定な通常のイミダゾール二量体と異なる。この安定体に可視光を照射すると消色するが、熱反応により元の橙色の安定体に戻る逆フォトリズムを示す。さらに、反応中間体としてビラジカルを経由して、橙色の状態と無色の状態間で可逆的に分子構造が変化することを明らかにした。このように、1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体は、従来のイミダゾール二量体では見られなかった3種類の状態間



を可逆的に往復する珍しい逆フォトクロミズムを示すことがわかった。さらに、フェニルナフチル基やビフェニル基を架橋基とする架橋型イミダゾール二量体では、3種類の無色体と2種類の着色体を有する複雑な逆フォトクロミズムを示すことが明らかになった。

発色状態に可視光を照射することで消色する逆フォトクロミズムを積極的に利用することで、無色状態に紫外光照射することで発色する通常のフォトクロミズムでは不可能な新たな機能開拓が期待される。光応答材料としての逆フォトクロミック分子の利点は、①励起光源として安価な可視光を利用できること、②光異性化反応の進行に伴い可視光領域の吸収が減少するため、物質内部まで光反応が起きることである。通常のフォトクロミック分子では、紫外光照射で異性化した着色体は可視光領域のみならず、紫外光領域にも強い吸収帯を持つため、物質表面の着色反応しか誘起できないことが課題となっているが、逆フォトクロミック分子では、この課題が完全に解決されるため、固体や生体を対象とした様々な応用展開が約束される。このように、高性能逆フォトクロミック分子の創出は、光応答材料分野に新しいフロンティアを切り拓くものとなる。

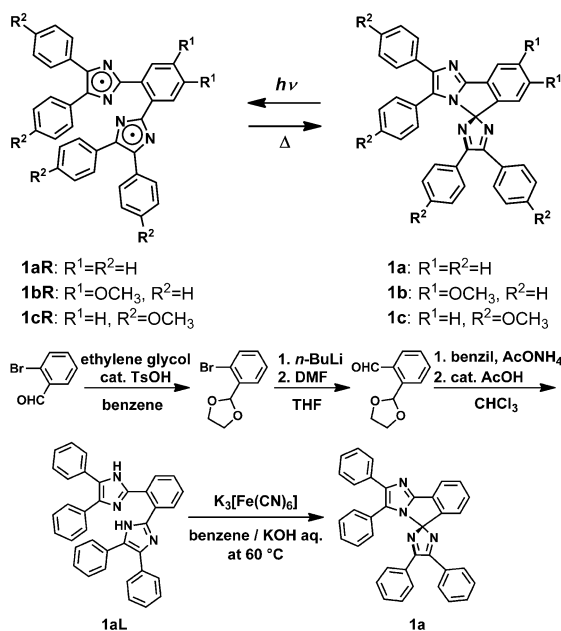
(*J. Am. Chem. Soc.*, **135**(8), 3164, **2014**, *J. Phys. Chem. A*, **118**(1), 134, **2014**)

(5) ペンタアリアルビイミダゾール (PABI)

ヘキサアリアルビイミダゾール (HABI) が発見されてから半世紀以上の時を経て、アリアル基の数が一つ少ないペンタアリアルビイミダゾール (PABI) の合成に成功した。これまでのイミダゾール二量体は、2つのイミダゾール環と6つのアリアル環が基本骨格となるとされてきたが、今回、2つのイミダゾール環と5つのアリアル環を基本骨格とする高速フォトクロミズムを示す PABI の合成に成功した。

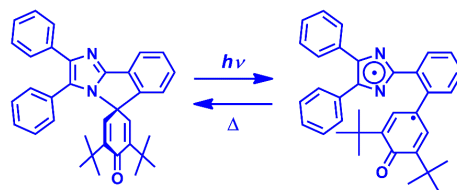
PABI は、2つのイミダゾリルラジカルをオルトフェニレン基で架橋した、最もシンプルなイミダゾール二量体である。この化合物は、従来の架橋型イミダゾール二量体と比較して合成のステップ数が少なく安価な原料から合成できるという特徴を有する。また、イミダゾール環の4、5位のフェニル基だけではなく、オルトフェニレン基にも置換基を導入することが可能であり、分子設計の自由度が高いといえる。

PABI のベンゼン溶液は紫外光照射下で発色し、その溶液は不対電子の存在を示す電子スピン共鳴シグナルを示すことから、PABI は従来のイミダゾール二量体と同様に C-N 結合が均等開裂することで発色体を生成することが確認された。PABI の発色体は波長 700~800 nm の近赤外光領域に強い吸収帯を有しており、従来の架橋型イミダゾール二量体の発色体の吸収スペクトルとは異なっていることが明らかになった。これは、オルトフェニレン基を介した through-bond のラジカル間相互作用が働いているためであると考えられる。すなわち、発色体は閉殻オルトキノイド構造の寄与を有することを示している。誘導体である 1aR、1bR、1cR の半減期はそれぞれ、2.0、101、3.6 μsec とマイクロ秒の時間領域で高速なフォトクロミズムを示した。オルトフェニレン部位に電子供与性置換基であるメキシ基を導入すると発色体の半減期が約 50 倍となることから、オルトフェニレン部位に置換基を導入することでフォトクロミック特性を効果的に変調できることを示す結果となった。さらに、波長 355 nm のナノ秒紫外レーザーパルス光を 13,000 回照射後と照射前のサンプルの紫外可視吸収スペクトルに変化は認められず、PABI 誘導体は光照射に対して極めて優れた耐久性を有していることがわかった。(*Chem. Commun.*, **50**(62), 8468, **2014**)



(6) フェノキシルーイミダゾリルラジカル複合体 (PIC)

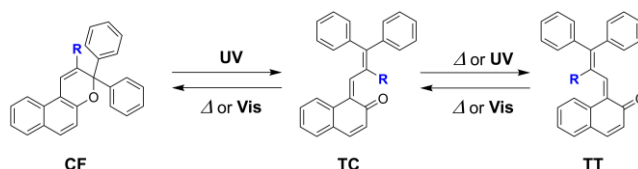
ベンゼン環のオルト位にフェノキシラジカルとイミダゾリルラジカルを導入したビラジカルが、分子内ラジカル間結合により高速フォトクロミズムを示すフェノキシルーイミダゾリルラジカル複合体(PIC)を生成することを見いだした。異なる種類のラジカル同士で分子内結合したラジカル複合体の例もほとんど報告例がないが、このようなラジカル複合体がラジカル解離型フォトクロミズムを示す初めての例である。



今回新たに開発した PIC は合成が簡便な上、置換基導入による分子修飾が容易であり、熱消色反応速度を自在に制御できること、および優れた繰り返し耐久性を有することから、高性能光スイッチ分子として、調光材料、ディスプレイ材料、セキュリティ材料、分子マシン材料などのさまざまな用途に応じた利用が期待できる。PABI とは異なり、フォトクロミック反応により 4π イミダゾール環と 6π イミダゾール環が入れ替わったイミダゾール二量体の構造異性体(ジアステレオマー)を生成しないため、キラリティを保持する分子系の開発が容易であることも特筆すべき特徴である。(J. Am. Chem. Soc., **137**(15), 4952, 2015)

(7) 高速熱消色型ナフトピラン

ナフトピランは、無色の閉環体(CF)に紫外光を照射することで幾何異性体の関係にある2種類の発色体である transoid-cis(TC)体と transoid-trans(TT)体を生成する。TC 体は速やかに



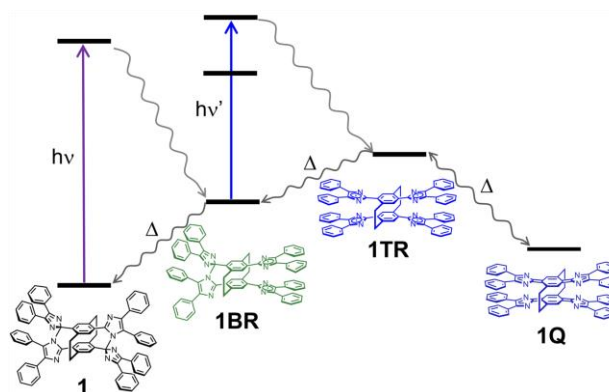
熱的に CF に戻るが、TT 体は熱的に安定であり CF へ戻るのに時間を要する。ナフトピランは繰り返し耐久性に優れるだけでなく合成も簡便であることから、フォトクロミックレンズなどの調光材料として実用化されているが、TC 体から CF への熱異性化反応に数分を要すること、さらに熱的に安定な TT 体の生成により長時間にわたり発色が残存することが改善すべき課題として残されていた。

本研究では、3H-ナフトピランの2位の炭素原子にハロゲン基やアリール基を導入することで、消色速度の劇的高速化と TT 体の生成抑制を実現できることを見いだした。この分子修飾は、3H-ナフトピランに対する N-ブロモスクシイミドによるブロモ化反応と、それに続く鈴木-宮浦クロスカップリング反応により達成することができるので、多様な誘導体を簡便に合成することができ、高速フォトクロミズムが必要とされている幅広い分野への応用が期待できる。(Chem. Commun., **51**(15), 3057, 2015)

(8) 励起光強度に閾値を持つ段階的二光子フォトクロミック反応

複数の光子を吸収することにより生じる多光子吸収過程は、光子の有効活用に関する基礎研究だけでなく、二光子吸収顕微鏡や太陽電池のバックパネルなど様々な応用展開があり、近年盛んに研究がされている。特に、三重項状態や希土類金属の電子状態などの長寿命励起状態を用いた蛍光アップコンバージョンは、パルスレーザーなどではなく安価な連続光によっても誘起できるため、新しい段階的な二光子吸収過程として注目されている。

本研究では、[2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体の高速フォトクロミズムと、1,4-ビスイミダゾリルベンゼンのビラジカルキノイド原子価異性の二つの特性に着目し、効率的に段階的二光子反応が進行する新たな分子系の開発を行った。[2.2]PC 架橋型ビスイミダゾール二量体 **1** は、2つのイミダゾール二量体部位が[2.2]パラシクロファンで架橋された構造をしている。**1** に可視光を照射してもフォトクロミック反応は起きないが、紫外光励起による1光子反応により一方の C-N 結合が解離してビラジカル **1BR** を生じる。

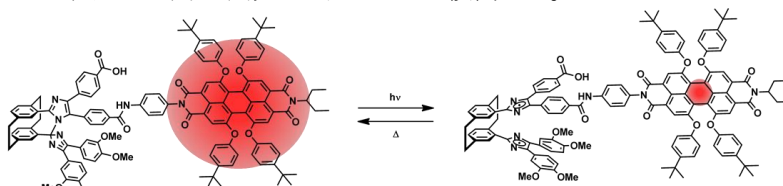


1BR は熱的に速やかに **1** に戻るが、**1BR** がさらに可視光を吸収すると他方の C-N 結合が解離して生成するテトララジカル **1TR** を経由してキノイド **1Q** を生成する。**1BR** と **1Q** は吸収スペクトル、消色時間などの物性が異なり、この段階的二光子反応過程は高強度のパルス光だけでなく、LED などの光子密度の低い連続光によっても誘起できるほど高効率であることがわかった。高速フォトクロミック反応により繰り返し生成する過渡種を長寿命の励起状態と同等として捉え、多光子過程へと応用した本研究の発想の転換は、これまで別々に発展してきた非線形光学過程と有機反応過程とを結び付ける可能性を持っており、今後フォトクロミズムを活用した新しい高効率多光子反応過程の発展が期待される。(J. Am. Chem. Soc., 137(17), 5674, 2015)

(9) 高速フォトクロミズムを利用した高速蛍光スイッチング

光の回折限界を超える空間分解能を実現する超解像顕微鏡技術の 1 つである STED 顕微鏡は、蛍光分子に強いレーザー光を照射することで、励起状態から誘導放出を起こす非線形光学過程を基本動作原理としている。しかし、誘導放出に用いるレーザー光強度が強いため、観測対象である生体細胞に損傷を与えることが課題となっている。本研究では、フォトクロミック分子のように、線形光学過程で光異性化する分子を用いることで温和な条件下において高解像度を達成することを目指し、高速フォトクロミズムを利用した高速蛍光スイッチングを検討した。

[2.2]PC 架橋型イミダゾール二量体に蛍光色素としてペリレンビスイミド (PBI) を導入した化合物は、室温において 150 msec 以内に完全消色する



高速フォトクロミズムを示し、高い繰り返し耐久性を有する。消色体に可視光を照射してもイミダゾール二量体部位のフォトクロミック反応は誘起されず、PBI 部位からの赤色蛍光が観察される。一方で、発色体では PBI 部位からビラジカル部位への共鳴エネルギー移動 (FRET) が起こり、PBI 部位の励起状態が熱的に失活し赤色蛍光は消光される。PBI からビラジカルへのエネルギー移動効率は約 98%と見積もられた。このように、ビラジカルを発色体とする高速フォトクロミズムを利用することで、高速蛍光スイッチングが容易に実現できることを実証した。(J. Phys. Chem. C, 117(9), 4808, 2013)

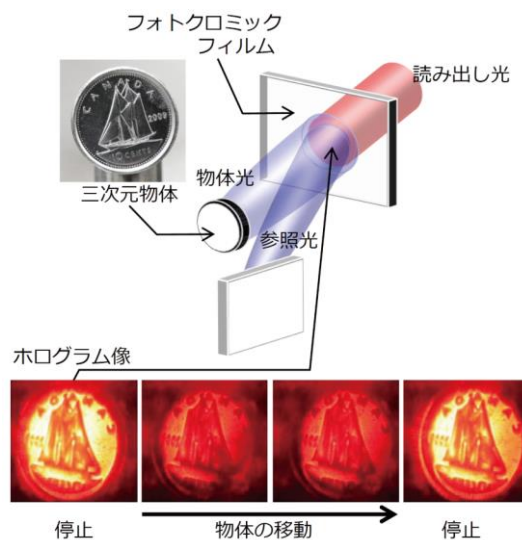
4. 2 高速フォトクロミック分子の応用、用途開発(青山学院大学 阿部グループ)

(1) 高速フォトクロミズムを利用した実時間ホログラフィー

ホログラフィー方式空間像再生技術は、被写体から発せられた光の波面そのものを再生する方式であり、眼が疲れず、自然な立体視ができることから、「究極の立体映像方式」と言われている。しかし、ホログラム再生技術が発達する一方で、物体の動きに追従して表現できる高速応答ホログラム材料がこれまでになく、材料面からのアプローチが不可欠であった。

われわれは [2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体誘導体をポリマーに分散した高速

フォトクロミックフィルムを用いて、二次元フォトマスクの実時間ホログラムを世界で初めて成功した。さらに、対象物体を二次元フォトマスクから三次元物体に展開して実時間ホログラムを観測した。三次元物体を用いたホログラム形成実験では、二次元フォトマスクを用いた場合と比べて散乱により物体光の強度が著しく減少してホログラムの形成時間が遅くなるため、形成時間と消滅時間の両方を考慮する必要がある。高速フォトクロミックフィルムのホストポリマーの柔軟性や、ポリマーにドーピングするフォトクロミック分子の濃度や熱消色反応速度を最適化してホログラムの形成時間を高速化させた結果、図に示すような三次元物体の連続的な実時間ホログラムを世界で初めて観測した。また、異なる熱消色反応速度を持つ高速フォトクロミック分子を用いたホログラム測定から、熱消色速度の速い分子よりもむしろホログラムの形成時間に近い熱消色反応速度を持つ高速フォトクロミック分子の方が連続的なホログラムを実現できることがわかった。この結果は、連続応答するホログラムを実現するためには物体を動かしたときのホログラムの消滅時間と次のホログラムの形成時間が同程度であり、物体移動時のホログラム像の欠落をなくす必要があるためと考えられる。

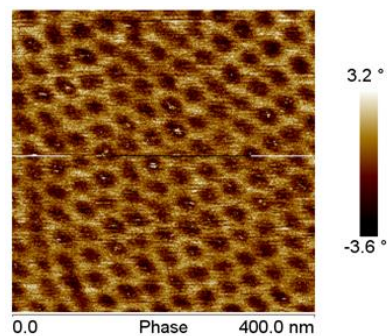


(*Sci. Rep.*, **2**, 819, **2012**, *Appl. Phys. Lett.*, **102**, 163301, **2013**)

(10) PMMA-b-PBA ブロック共重合体中における高速フォトクロミック特性

高速フォトクロミック分子を実用化するためには、ポリマー中において高速フォトクロミック特性を維持することが求められるが、ポリマー中においては粘性の低下や自由体積の減少によりフォトクロミック特性が阻害されることが知られている。本研究では、ハードセグメントであるポリメチルメタクリレート (PMMA、ガラス転移温度: 120 °C) とソフトセグメントであるポリブチルアクリレート (PBA、ガラス転移温度: -40 °C) から成るブロック共重合体 (PMMA-b-PBA block copolymer) が、マイクロ相分離能、高い光学的透明性、優れた機械的強度および成形性を有していることに着目した。

各種のフォトクロミック分子を 10 wt% ドープしたスピコートフィルムを 150 °C で 12 時間アニーリングし、AFM 測定によりフィルム形状を測定することで PMMA 相と PBA 相がマイクロ相分離していることを確認した。アニーリング前後における熱消色特性をレーザーフラッシュフォトリシス測定により評価すると、マイクロ相分離に伴い熱消色反応が高速化し、ポリマー中においても良好な熱消色特性を維持可能なことを見いだした。アニーリング後の PMMA-b-PBA ブロック共重合体中における熱消色速度は PBA フィルム中における熱消色速度と良い一致を示したことから、ガラス転移点の低い PBA 相に存在するフォトクロミック分子が良好な発色効率を有していることが示された。さらに、熱消色反応の活性化体積の異なるフォトクロミック分子の PMMA-b-PBA ブロック共重合体中における熱消色速度を比較することで、活性化体積の絶対値の小さい分子、すなわち消色反応に伴う分子構造変化が小さい分子ほどポリマー中で高速フォトクロミック特性を維持可能なことを明らかにした。



われわれが、これまでに開発した全ての高速フォトクロミック分子は、PMMA-b-PBA ブロック共重合体中で溶液中と同様な高速フォトクロミズムと高い発色濃度が実現されており、実時間ホログラム材料、調光材料、セキュリティ材料として応用する場合のホストポリマーに適用することが実証された。

§ 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 34 件)

1. Katsuya Mutoh and Jiro Abe, "Comprehensive Understanding of Structure-Photosensitivity Relationships of Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 115, No. 18, pp. 4650-4656, 2011 (DOI: 10.1021/jp201969q) (Times cited: 22)
2. Katsuya Mutoh and Jiro Abe, "Photochromism of a Water-Soluble Vesicular [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer", *Chemical Communications*, Vol. 47, No. 31, pp. 8868-8870, 2011 (DOI: 10.1039/C1CC12640G) (Times cited: 21)
3. Sayaka Hatano, Kana Fujita, Nobuyuki Tamaoki, Takashi Kaneko, Takuya Nakashima, Masanobu Naito, Tsuyoshi Kawai and Jiro Abe, "Reversible Photogeneration of a Stable Chiral Radical-Pair from a Fast Photochromic Molecule", *The Journal of Physical Chemistry Letters*, Vol. 2, No. 21, pp. 2680-2682, 2011 (DOI: 10.1021/jz2012935) (Times cited: 13)
4. Hiroaki Yamashita and Jiro Abe, "Photochromic Properties of [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer with Increased Photosensitivity by Introducing Pyrenyl Moiety", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 115, No. 46, pp. 13332-13337, 2011 (DOI: 10.1021/jp204440s) (Times cited: 16)
5. Masahiro Takizawa, Atsushi Kimoto and Jiro Abe, "Photochromic Organogel Based on [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer with Tetrapodal Urea Moieties", *Dyes and Pigments*, Vol. 89, No. 3, pp. 254-259, 2011 (DOI: 10.1016/j.dyepig.2010.03.019) (Times cited: 25)
6. Sayaka Hatano and Jiro Abe, "A Peroxide-Bridged Imidazole Dimer Formed from a Photochromic Naphthalene-Bridged Imidazole Dimer", *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 14, No.16, pp. 5855-5860, 2012 (DOI: 10.1039/C2CP40239D) (Times cited: 12)
7. Shigekazu Kawai, Tetsuo Yamaguchi, Tetsuya Kato, Sayaka Hatano and Jiro Abe, "Entropy-Controlled Thermal Back-Reaction of Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer", *Dyes and Pigments*, Vol. 92, No. 5, pp. 872-876, 2012 (DOI: 10.1016/j.dyepig.2011.04.009) (Times cited: 12)
8. Katsuya Mutoh, Emi Nakano and Jiro Abe, "Spectroelectrochemistry of a Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer: Clarification of the Electrochemical Behavior of HABI", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 116, No. 25, pp. 6792-6797, 2012 (DOI: 10.1021/jp3038973) (Times cited: 13)
9. Norihito Ishii, Tetsuya Kato and Jiro Abe, "A Real-Time Dynamic Holographic Material Using a Fast Photochromic Molecule", *Scientific Reports*, Vol. 2, pp. 819, 2012 (DOI: 10.1038/srep00819) (Times cited: 33)
10. Masayuki Kobayashi and Jiro Abe, "Optical Motion Control of Maglev Graphite", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 134, No. 51, pp. 20593-20596, 2012 (DOI: 10.1021/ja310365k) (Times cited: 15)
11. Sayaka Hatano, Takeru Horino, Atsuhiko Tokita, Toyoji Oshima, Jiro Abe, "Unusual Negative Photochromism via a Short-Lived Imidazolyl Radical of 1,1'-Binaphthyl-Bridged Imidazole Dimer", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 135, No. 8, pp. 3164-3172, 2012 (DOI: 10.1021/ja311344u) (Times cited: 35)
12. Katsuya Mutoh, Michel Sliwa, Jiro Abe, "Rapid Fluorescence Switching by Using a Fast Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer", *The Journal of Physical Chemistry C*, Vol. 117, No. 9, pp. 4808-4814, 2012 (DOI: 10.1021/jp309917s) (Times cited: 22)
13. Norihito Ishii and Jiro Abe, "Fast Photochromism in Polymer Matrix with Plasticizer and Real-Time Dynamic Holographic Properties", *Applied Physics Letters*, Vol. 102, pp. 163301, 2013 (DOI: 10.1063/1.4803025) (Times cited: 16)

14. Stephanie Delbaere, Maylis Orio, Jerome Berthet, Michel Sliwa, Sayaka Hatano and Jiro Abe, "Insights into the Recombination of Radical Pair in Hexaarylbiimidazoles", *Chemical Communications*, Vol. 49, No. 52, pp. 5841-5843, 2013 (DOI: 10.1039/C3CC43037E) (Times cited: 5)
15. Katsuya Mutoh, Kentaro Shima, Tetsuo Yamaguchi, Masayuki Kobayashi and Jiro Abe, "Photochromism of a Naphthalene-Bridged Imidazole Dimer Constrained to the "Anti" Conformation", *Organic Letters*, Vol. 15, No. 12, pp. 2938-2941, 2013 (DOI: 10.1021/ol401012u) (Times cited: 9)
16. Bruno Debus, Michel Sliwa, Hiroshi Miyasaka, Jiro Abe and Cyril Ruckebusch, "Multivariate Curve Resolution – Alternating Least Squares to Cope with Deviations from Data Bilinearity in Ultrafast Time-Resolved Spectroscopy", *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol. 128, pp. 101-110, 2013 (DOI: 10.1016/j.chemolab.2013.08.001) (Times cited: 5)
17. Tetsuo Yamaguchi, Sayaka Hatano and Jiro Abe, "Multistate Photochromism of 1-Phenylnaphthalene-Bridged Imidazole Dimer That Has Three Colorless Isomers and Two Colored Isomers", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 118, No. 1, pp. 134-143, 2014 (DOI: 10.1021/jp411190d) (Times cited: 13)
18. Hiroaki Yamashita and Jiro Abe, "Remarkable Solvatochromic Color Change via Proton Tautomerism of a Phenol-Linked Imidazole Derivative", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 118, No. 8, pp. 1430-1438, 2014 (DOI: 10.1021/jp5007928) (Times cited: 6)
19. Kentaro Shima, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Enhancing the Versatility and Functionality of Fast Photochromic Bridged Imidazole Dimers by Flipping Imidazole Rings", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 136, No. 10, pp. 3796-3799, 2014 (DOI: 10.1021/ja501028v) (Times cited: 16)
20. Emi Nakano, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Electrochemistry of Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers: Rational Understanding of the Electronic Structures", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 118, No. 12, 2288-2297, 2014. (DOI: 10.1021/jp412672a) (Times cited: 5)
21. Takahiro Iwasaki, Tetsuya Kato, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "A Chiral BINOL-Bridged Imidazole Dimer Possessing Sub-Millisecond Fast Photochromism", *Chemical Communications*, Vol. 50, No. 56, pp. 7481-7484, 2014 (DOI: 10.1039/C4CC02710H) (Times cited: 12)
22. Hiroaki Yamashita and Jiro Abe, "Pentaarylbiimidazole, PABI: An Easily Synthesized Fast Photochromic Molecules with Superior Durability", *Chemical Communications*, Vol. 50, No. 62, pp. 8468-8471, 2014 (DOI: 10.1039/C4CC03137G) (Times cited: 9)
23. Katsuya Mutoh and Jiro Abe, "Pressure Effects on the Radical-Radical Recombination Reaction of Photochromic Bridged Imidazole Dimers", *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 16, No. 33, pp. 17537-17540, 2014 (DOI: 10.1039/C4CP02793K) (Times cited: 3)
24. Katsuya Mutoh, Yuki Nakagawa, Sayaka Hatano, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Entropy-Controlled Biradical-Quinoid Isomerization of a π -Conjugated Delocalized Biradical", *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol. 17, No. 2, pp. 1151-1155, 2015 (DOI: 10.1039/C4CP04606D) (Times cited: 6)
25. Tetsuo Yamaguchi, Michiel F. Hilbers, Paul P. Reinders, Yoichi Kobayashi, Albert M. Brouwer and Jiro Abe, "Nanosecond Photochromic Molecular Switching of a Biphenyl-Bridged Imidazole Dimer Revealed by Wide Range Transient Absorption Spectroscopy", *Chemical Communications*, Vol. 51, No. 7 pp. 1375-1378, 2015 (DOI: 10.1039/C4CC06001F) (Times cited: 4)
26. Katsutoshi Arai, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Rational Molecular Design for Drastic Acceleration of Color-Fading Speed of Photochromic Naphthopyrans", *Chemical Communications*, Vol. 51, No. 15, pp. 3057-3060, 2015 (DOI:

- 10.1039/C4CC10294K) (Times cited: 5)
27. Kentaro Shima, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Relationship between Activation Volume and Polymer Matrix Effects on Photochromic Performance: Bridging Molecular Parameter to Environmental Effect", *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 119, No. 7, pp. 1087-1093, 2015 (DOI: 10.1021/jp511074y) (Times cited: 3)
 28. Katsuya Mutoh, Hiroaki Arai, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Photo-control of the Thermal Radical Recombination Reaction: Photochromism of an Azobenzene-Bridged Imidazole Dimer", *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 87, No. 6, pp. 511-523, 2015 (DOI: 10.1515/pac-2014-0910) (Times cited: 1)
 29. Hiroaki Yamashita, Takahiro Ikezawa, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Photochromic Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes with Decoloration Rates from Tens of Nanoseconds to Seconds", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 137, No. 15, pp. 4952-4955, 2015 (DOI: 10.1021/jacs.5b02353) (Times cited: 9)
 30. Katsuya Mutoh, Yuki Nakagawa, Akira Sakamoto, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Stepwise Two-Photon-Gated Photochemical Reaction in Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Bis(imidazole dimer)", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 137, No. 17, pp. 5674-5677, 2015 (DOI: 10.1021/jacs.5b02862) (Times cited: 6)
 31. Tetsuo Yamaguchi, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Fast Negative Photochromism of 1,1'-Binaphthyl-Bridged Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complex", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 138, No. 3, pp. 906-913, 2016 (DOI: 10.1021/jacs.5b10924) (Times cited: 1)
 32. Takahiro Ikezawa, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi and Jiro Abe, "Thiophene-Substituted Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes with High Photosensitivity", *Chemical Communications*, Vol. 52, No. 12, pp. 2465-2468, 2016 (DOI: 10.1039/C5CC10133F) (Times cited: 1)
 33. Yoichi Kobayashi, Tetsuro Katayama, Takuya Yamane, Kenji Setoura, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka and Jiro Abe, "Stepwise Two-Photon Induced Fast Photoswitching via Electron Transfer in Higher Excited States of Photochromic Imidazole Dimer", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 138, No. 18, pp. 5930-5938, 2016 (DOI: 10.1021/jacs.6b01470) (Times cited: 0)
 34. Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Yasukazu Hirao, Takashi Kubo and Jiro Abe, "Stealth Fast Photoswitching of Negative Photochromic Naphthalene-Bridged Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes", *Chemical Communications*, Vol. 52, No. 41, pp. 6797-6800, 2016 (DOI: 10.1039/C6CC01534D) (Times cited: 0)

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 阿部二郎、架橋型イミダゾール二量体の高速フォトリソリズム、「フォトリソリズムの新展開と光メカニカル機能材料」監修: 入江正浩、関隆広、シーエムシー出版(2011年11月発行)
2. 阿部二郎、ヘキサアリアルビイミダゾール: もう一つの日本発のフォトリソミック化合物、「フォトリソリズム」最先端材料システム One Point 8巻、高分子学会編集、共立出版(2012年5月発行)
3. 阿部二郎、「高速フォトリソミック分子の高性能化」、化学工業、63巻、2号、17-22、2012年
4. 阿部二郎、「高速熱消色型フォトリソミック分子の進展」、光化学、43巻、1号、2-9、2012年
5. 阿部二郎、「高速光スイッチ分子の進展」、高分子、61巻、8号、545-550、2012年
6. 武藤克也、阿部二郎、「光の限界を超える! 回折限界を超える超解像顕微鏡」、化学、68巻、5号、74-75、2013年
7. Jiro Abe, Chapter 9: Fast Photochromism of Bridged Imidazole Dimers, *New Frontiers in Photochromism* (Eds. Masahiro Irie, Yasushi Yokoyama, Takahiro Seki), pp.161-181, Springer, 2013年
8. 阿部二郎、トピックス夢の技「磁気浮上グラフィットの光駆動技術」、NEW DIAMOND、30巻、

- 1 号、31-34、2014 年
9. Jiro Abe, Hiroaki Yamashita, Katsuya Mutoh, "Photochromism", Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials (Eds. Shiro Kobayashi, Klaus Müllen), pp. 1572-1579, Springer, 2015 年
10. 小林洋一、阿部二郎、「高速フォトクロミック分子の高性能化と新機能創成」、超分子材料の設計と応用展開、シーエムシー出版、219-228、2014 年
11. 阿部二郎、「超解像蛍光顕微鏡を可能にした蛍光分子 —有機化学の観点から」、化学、69 巻、12 号、27-30、2014 年
12. 武藤克也、阿部二郎、「新奇高速フォトクロミック化合物の創製」、化学工業、66 巻、7 号、50-55、2015 年
13. 小林洋一、阿部二郎、「動画ホログラフィー用フォトクロミック材料」、光学、44 巻、8 号、316-319、2015 年

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 15 件、国際会議 9 件)

(国内)

1. 阿部二郎、高速フォトクロミック分子の開発と将来展望、分子研所長招聘研究会「2020 年の物質分子科学を語る」、分子科学研究所、2010 年 12 月 1 日
2. 阿部二郎、高速フォトクロミック分子の開発と新機能創成、第 5 回有機 π 電子系シンポジウム、ホテルアウリーナ大阪、2011 年 11 月 25 日
3. 阿部二郎、高速フォトクロミック分子の高機能化、第 16 回液晶化学研究会シンポジウム、横浜国立大学教育文化ホール、2012 年 5 月 18 日
4. 阿部二郎、高速フォトクロミック分子の開発、東北ポリマー懇話会いわき地区講演会、株式会社クレハいわき事業所、2012 年 12 月 14 日
5. 阿部二郎、フォトクロミズムを利用した光応答性機能材料の開発、九州大学先端物質化学研究所講演会、九州大学伊都キャンパス、2013 年 1 月 11 日
6. 阿部二郎、実用化を目指した高速フォトクロミック分子の高機能化、第 13 回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム、東京工業大学すずかけ台キャンパス、2013 年 2 月 22 日
7. 阿部二郎、Unique Photoresponsive Materials: Photochromism and Maglev, The 319th MANA Special Seminar、物質・材料研究機構、2013 年 3 月 12 日
8. 阿部二郎、反磁性磁気浮上物体の時空間運動光制御、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 22 日
9. 阿部二郎、高速フォトクロミック分子材料の創製と応用、高分子学会「13-1 超分子研究会」、東京工業大学蔵前会館、2013 年 5 月 14 日
10. 阿部二郎、おもちゃに使える光応答性材料、高分子学会・関東高分子若手研究会、東京大学本郷キャンパス、2013 年 6 月 22 日
11. 阿部二郎、光化学協会賞受賞講演・高速フォトクロミック分子の開発、2013 年光化学討論会、愛媛大学城北地区、2013 年 9 月 12 日
12. 阿部二郎、架橋型イミダゾール二量体の高速および逆フォトクロミズム、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 30 日
13. 阿部二郎、進化する高速フォトクロミック分子と未来技術、2014 年光化学基礎講座 16(光化学協会主催)、大阪大学豊中キャンパス、2014 年 9 月 3 日
14. 阿部二郎、高速フォトクロミック材料の基礎と応用、ラドテック研究会第 139 回講演会、学士会館、2014 年 11 月 19 日
15. 阿部二郎、高速フォトクロミック材料を用いたリアルタイムホログラフィー、ホログラフィック・ディスプレイ研究会、東京工業大学すずかけ台キャンパス、2015 年 6 月 15 日

(国際)

1. *Jiro Abe, Fast Photochromism of [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers,

- 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 8 日
2. Jiro Abe, Fast Photochromism of [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers, 14th Asian Chemical Congress (14ACC), Bangkok (Thailand), 2011 年 9 月 8 日
 3. Jiro Abe, Development of Fast Photochromic Molecules, 16th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD2012), Jeju (Korea), 2012 年 6 月 28 日
 4. Jiro Abe, Real-Time Photocontrol of Chiral Nematic Liquid Crystalline Phases by the Fast Photochromic Molecules, 6th Japanese-Italian Workshop on Liquid Crystals, 東京理科大学森戸記念館 (Japan), 2012 年 7 月 26 日
 5. *Jiro Abe, Unusual Negative Photochromism of Biaryl-Bridged Imidazole Dimer, International Conference on Photochemistry 2013 (ICP2013), Leuven (Belgium), 2013 年 7 月 25 日
 6. *Jiro Abe, Unusual Negative Photochromism via Biradical of Biaryl-Bridged Imidazole Dimer, International Symposium on Photochromism 2013 (ISOP2013), Berlin (Germany), 2013 年 9 月 23 日
 7. Jiro Abe, Recent Developments of Fast Photochromic Molecules, TSRC meeting "Breaking and Making Bonds with Light", Telluride (USA), 2014 年 7 月 1 日
 8. *Jiro Abe, Fundamentals and Applications of Fast Photochromic Materials, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 14 日
 9. *Jiro Abe, Recent Development of Rapid Color-Fading Photochromic Molecules, Gordon Research Conference (Artificial Molecular Switches & Motors), Boston (USA), 2015 年 6 月 7 日

② 口頭発表 (国内会議 57 件、国際会議 8 件)

(国内)

1. 山下裕明、阿部二郎、顕著な色変化を伴うケト-エノール互変異性、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 25 日
2. 石井寛人、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトリソミック分子を用いた実時間ホログラフィー、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
3. 波多野さや佳、堀野 建、鴛田敦大、大嶋豊嗣、阿部二郎、特異なフォトリソミズムを示すビナフチル架橋型イミダゾール二量体、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
4. 加藤哲也、阿部二郎、1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の高速フォトリソミズム、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
5. 山口哲生、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトリソミック分子を用いたキラルネマチック相の光制御、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
6. 武藤哲也、阿部二郎、高速フォトリソミック分子を用いた蛍光スイッチング、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
7. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の分光電気化学、日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉・矢上キャンパス、2012 年 3 月 26 日
8. 辻本 恭、阿部二郎、フォトリソミック酵素阻害剤の設計・合成とその活性、第 61 回高分子学会年次大会、パシフィコ横浜、2012 年 5 月 29 日
9. 辻本 恭、阿部二郎、フォトリソミック酵素阻害剤の設計・合成とその生理活性、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 13 日
10. 波多野さや佳、阿部二郎、イミダゾールラジカルと酸素分子の特異的反応、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 12 日
11. 小林真之、阿部二郎、磁気浮上した反磁性グラファイトを用いた光運動制御システムの開発と発電装置への応用、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、

2013 年 3 月 24 日

12. 武藤克也、阿部二郎、蛍光色素を有する高速フォトクロミック分子を用いた蛍光スイッチング、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
13. 石井寛人、阿部二郎、高速フォトクロミズムのリアルタイムホログラムへの応用、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
14. 山口哲生、波多野さや佳、阿部 二郎、ビリアル架橋イミダゾール二量体のフォトクロミズム 2、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
15. 波多野さや佳、阿部二郎、ビリアル架橋イミダゾール二量体のフォトクロミズム1、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
16. 中川由紀、武藤克也、波多野さや佳、辻本 恭、阿部二郎、架橋型ビスイミダゾールのフォトクロミック特性、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
17. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体のレドックス特性、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
18. 山根拓也、武藤克也、阿部二郎、水溶性ナフトピランのフォトクロミック特性、日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013 年 3 月 23 日
19. 武藤克也、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型ビスイミダゾール二量体のフォトクロミック特性、第 24 回基礎有機化学討論会、学習院大学目白キャンパス、2013 年 9 月 5 日
20. Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Photochromism of [2.2]paracyclophane-bridged bis(imidazole dimer), 2013 年光化学討論会、愛媛大学城北地区、2013 年 9 月 11 日
21. 中川由紀、中川久子、小林洋一、阿部二郎、高速熱消色ナフトピランのフォトクロミック特性1、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 27 日
22. 中川久子、中川由紀、小林洋一、阿部二郎、高速熱消色ナフトピランのフォトクロミック特性2、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 27 日
23. 武藤克也、阿部二郎、高速フォトクロミズムを利用したビラジカルキノイド原子価異性の直接観察、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 27 日
24. 小林洋一、中川由紀、中川久子、阿部二郎、高速フォトクロミズムを用いた三次元物体の実時間ホログラム、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 27 日
25. 山口哲生、小林洋一、阿部二郎、ビリアル架橋イミダゾール二量体のフォトクロミック特性の制御、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 27 日
26. 新井宏樹、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、アゾベンゼン架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミック特性、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 28 日
27. 藤田悠暉、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、架橋型イミダゾール二量体の架橋点間距離とフォトクロミック特性の相関、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 28 日
28. 中野絵美、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、ビリアル架橋型イミダゾール二量体の電気化学特性、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 28 日
29. 島健太郎、小林洋一、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体構造異性体のフォトクロミック特性、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 29 日
30. 山根拓也、小林洋一、阿部二郎、亜鉛ポルフィリン部位を有する[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の可視光応答性、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 29 日
31. 新井克敏、小林洋一、阿部二郎、嵩高い置換基を有するナフトピラン誘導体の合成と物性、日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 29 日
32. 山下裕明、阿部二郎、ソルバトロミズムを利用したパイ電子構造のスイッチング、日本化学

- 会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス、2014 年 3 月 30 日
33. 山下裕明、阿部二郎、架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズムに対する圧力効果、2014 年光化学討論会、北海道大学札幌キャンパス、2014 年 10 月 11 日
 34. 武藤克也、新井克敏、小林洋一、阿部二郎、PMMA-b-PBA ブロック共重合体にドーピングした高速フォトクロミック分子のフォトクロミック特性、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 26 日
 35. 新井克敏、小林洋一、阿部二郎、高速熱消色型ナフトピランの開発とフォトクロミズム、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 26 日
 36. 生澤孝裕、武藤克也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、チオフェン骨格を有する高速フォトクロミックフェノキシル-イミダゾリルラジカル共役体の創製と基板表面制御、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 26 日
 37. 藤田悠暉、新井克敏、武藤克也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、フォトクロミックジフェニルアラニンの自己組織化ナノファイバーの創出と光学特性、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 26 日
 38. 新井宏樹、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、キラルな高速フォトクロミック PABI 誘導体の合成、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 26 日
 39. 山口哲生、小林洋一、阿部二郎、ビリアル架橋型イミダゾール二量体の熱異性化速度の制御、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 40. 長瀬裕太、小林洋一、阿部二郎、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の熱異性化および光応答挙動、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 41. 小林洋一、山下裕明、阿部二郎、時間分解赤外吸収分光を用いた高速フォトクロミック化合物の解析、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 42. 山根拓也、武藤克也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、フェノキシル-イミダゾリルラジカル共役体誘導体の光応答性、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 43. 島 健太郎、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、二つの過渡種を介した段階的フォトクロミズムを示す Tail 型フェノキシル-イミダゾリルラジカル共役体、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 44. 山下裕明、小林洋一、阿部二郎、高速フォトクロミック分子フェノキシル-イミダゾリルラジカル共役体(PIC)の設計と開発、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
 45. 武藤克也、小林洋一、阿部二郎、段階的 2 光子反応を示す高速フォトクロミック化合物の開発、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 10 日
 46. 小林洋一、山下裕明、阿部二郎、時間分解赤外吸収分光を用いた高速フォトクロミック化合物の過渡種の解析、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 10 日
 47. 生澤孝裕、武藤克也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、チオフェン骨格を有するフェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体のフォトクロミズム、第 9 回分子科学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015 年 9 月 19 日
 48. 小林洋一、片山哲郎、米田勇祐、山下裕明、宮坂博、阿部二郎、新規ラジカル解離型フォトクロミック分子“フェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体”の光解離反応ダイナミクス、第 9 回分子科学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015 年 9 月 19 日
 49. 新井宏樹、小林洋一、阿部二郎、フェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体誘導体の合成とフォトクロミック特性、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 26 日
 50. 藤田悠暉、小林洋一、阿部二郎、フォトクロミックナノファイバーの合成と光化学特性、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 25 日

51. 米川いずみ、武藤克也、米田勇祐、五月女 光、小林洋一、宮坂 博、阿部二郎、ビフェニル架橋型ビスフェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体の段階的二光子誘起フォトクロミズムとラジカル生成初期過程、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 25 日
52. 三嶋泰弘、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、フェノキシル-ジメチルイミダゾリルラジカル複合体のフォトクロミック特性、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 25 日
53. 利光翔太、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、チオフェン環を有する逆配置型フェノキシル-イミダゾリルラジカル複合体のフォトクロミズム、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 25 日
54. Yoichi Kobayashi, Tetsuro Katayama, Kenji Setoura, Shoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Jiro Abe, Two-Photon Induced Fast Photoswitch System Involving Electron Transfer from Higher Excited States, 日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 24 日
55. 生澤孝裕、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、チオフェン骨格を有する PABI 及び PIC 誘導体のフォトクロミック特性、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 24 日
56. 武藤克也、小林洋一、五月女 光、米田勇祐、宮坂 博、阿部二郎、ナフタレン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ック特性、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 24 日
57. 山口哲生、小林洋一、阿部二郎、ビ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、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス、2016 年 3 月 24 日

(国際)

1. Hiroshi Miyasaka, Yusuke Satoh, Yukihide Ishibashi, Syoji Ito, Yutaka, Nagasawa, Seiji Taniguchi, Haik Chosrowjan, Noboru Mataga, Daisuke Kato, Azusa Kikuchi and Jiro Abe, Ultrafast Photodissociation Dynamics of Hexaarylbiimidazole Derivatives in Solution Phase, The 3rd Japanese-French Joint Seminar on Organic Photochromism, Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 21 日
2. J. Piard, A. Patra, R. Metivier, A. Brosseau, K. Nakatani, P. Yu, F. Brisset, Tsuyoshi Asahi, Sayaka Hatano, Jiro Abe, "Nanophotoswitches" obtained by Laser Ablation, The 3rd Japanese-French Joint Seminar on Organic Photochromism, Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 21 日
3. Jiro Abe, Recent Development of the Fast Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers, XXIVth IUPAC Symposium on Photochemistry, Coimbra (Portugal), 2012 年 7 月 17 日
4. Jiro Abe, A Real-Time Holographic Display Based on Fast Photochromism, Phenics International Network Symposium 2012, Nantes (France), 2012 年 11 月 30 日
5. Hiroaki Yamashita, Jiro Abe, Theoretical Design of Fast Photochromic Molecules, 9th Phenics International Network Symposium, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 19 日
6. Yoichi Kobayashi, Hiroaki Yamashita, Jiro Abe, Revealing Sequential Photochromic Reaction of Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complex Derivatives by Time-Resolved Infrared Absorption Spectroscopy, 10th Phenics International Network Symposium, Cargese (France), 2015 年 11 月 24 日
7. Michel Sliwa, Bruno Debus, Romain Bernex, Cyril Ruckebusch, Corentin Pavageau, Remi Metivier, Pei Yu, Hiroshi Miyasaka, Jiro Abe, Single Particle and Ultrafast Spectroscopy of New Photochromic Nanoparticles, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu

(USA), 2015 年 12 月 18 日

8. Yoichi Kobayashi, Hiroaki Yamashita, Shota Toshimitsu and Jiro Abe, Revealing Transient Species of Photochromic Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes by Time-Resolved Infrared Absorption Spectroscopy, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日

③ ポスター発表 (国内会議 50 件、国際会議 46 件)

(国内)

1. 波多野さや佳、堀野 建、鵜田敦大、大嶋豊嗣、阿部二郎、新規HABI誘導体の短寿命ラジカル種を経由した逆フォトクロミズム、2011 年光化学討論会、宮崎市河畔コンベンションエリア、2011 年 9 月 6 日
2. 武藤克也、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体ベシクルのフォトクロミズム、2011 年光化学討論会、宮崎市河畔コンベンションエリア、2011 年 9 月 6 日
3. 武藤克也、阿部二郎、高速フォトクロミックベシクルのフォトクロミック特性、第 60 回高分子討論会、岡山大学津島キャンパス、2011 年 9 月 28 日
4. 吉田怜、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体を有するポリウレタンのフォトクロミズム、第 60 回高分子討論会、岡山大学津島キャンパス、2011 年 9 月 30 日
5. 今井和俊、阿部二郎、高速フォトクロミックポリマーの創製、第 60 回高分子討論会、岡山大学津島キャンパス、2011 年 9 月 30 日
6. 石井寛人、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトクロミック分子を用いた実時間ホログラム、第 60 回高分子討論会、岡山大学津島キャンパス、2011 年 9 月 28 日
7. 波多野さや佳、堀野 建、鵜田敦大、大嶋豊嗣、阿部二郎、HABI誘導体の短寿命ラジカル種を経由した特異なフォトクロミズム、第 5 回有機 π 電子系シンポジウム、ホテルアウィーナ大阪、2011 年 11 月 25 日
8. 石井寛人、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトクロミック分子を用いたホログラムの実時間投影、第 5 回有機 π 電子系シンポジウム、ホテルアウィーナ大阪、2011 年 11 月 25 日
9. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、イミダゾール二量体の電気化学的還元挙動の解明、第 16 回液晶化学研究会シンポジウム、横浜国立大学教育文化ホール、2012 年 5 月 18 日
10. 山口哲生、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトクロミック分子を用いたキラルネマチック相の光制御、第 16 回液晶化学研究会シンポジウム、横浜国立大学教育文化ホール、2012 年 5 月 18 日
11. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、フォトクロミックイミダゾール二量体の分光電気化学、第 61 回高分子学会年次大会、パシフィコ横浜、2012 年 5 月 29 日
12. 波多野さや佳、阿部二郎、ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の特異なフォトクロミズム、第 61 回高分子学会年次大会、パシフィコ横浜、2012 年 5 月 29 日
13. 岩崎貴大、加藤哲也、阿部二郎、新規 1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の合成とフォトクロミズム、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 12 日
14. 石井寛人、阿部二郎、可視光に感度を有する高感度 [2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の合成、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 12 日
15. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、フォトクロミックイミダゾール二量体の電気化学特性、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 12 日
16. 武藤克也、阿部二郎、フォトクロミック [2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体を用いた蛍光スイッチング、2012 年光化学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 9 月 12 日
17. 波多野さや佳、阿部二郎、イミダゾールラジカルと酸素分子との反応メカニズムの検討、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 21 日
18. 石井寛人、阿部二郎、可視光に感度を有する [2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量

- 体の合成、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 21 日
19. 岩崎貴大、加藤哲也、阿部二郎、1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の高速フォトクロミズム、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 21 日
 20. 辻本恭、阿部二郎、フォトクロミック阻害剤を用いた酵素反応の制御、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 21 日
 21. 武藤克也、阿部二郎、蛍光性部位を有する高速フォトクロミック分子の蛍光スイッチング挙動、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 21 日
 22. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、HABI 誘導体の電気化学特性、第 23 回基礎有機化学討論会、京都テルサ、2012 年 9 月 19 日
 23. 山口哲生、加藤哲也、阿部二郎、高速フォトクロミック分子を用いたキラルネマチック液晶の光制御、第 2 回 CSJ 化学フェスタ、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 10 月 17 日
 24. 太田直樹、阿部二郎、ベンゾトリアジニルラジカルの磁気特性、第 2 回 CSJ 化学フェスタ、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 10 月 17 日
 25. 岩崎貴大、阿部二郎、1,1'-ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の合成とフォトクロミック特性、第 2 回 CSJ 化学フェスタ、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 10 月 17 日
 26. 中野絵美、武藤克也、阿部二郎、[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の電気化学特性、第 2 回 CSJ 化学フェスタ、東京工業大学大岡山キャンパス、2012 年 10 月 17 日
 27. 武藤克也、阿部二郎、ダブル CT 遷移による[2.2]パラシクロファン架橋型イミダゾール二量体の高感度化、第 6 回有機 π 電子系シンポジウム、道後温泉・茶波瑠、2012 年 12 月 14 日
 28. 波多野さや佳、阿部二郎、ビアリール架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズム、第 6 回有機 π 電子系シンポジウム、道後温泉・茶波瑠、2012 年 12 月 14 日
 29. 新井克敏、武藤克也、阿部二郎、特異な構造を有するビスフェノキシラジカル酸素付加体の物性、2013 年光化学討論会、愛媛大学城北地区、2013 年 9 月 12 日
 30. 島 健太郎、武藤克也、阿部二郎、anti 配置架橋型イミダゾール二量体の合成とフォトクロミック特性、2013 年光化学討論会、愛媛大学城北地区、2013 年 9 月 12 日
 31. 山根拓也、武藤克也、阿部二郎、水酸基を導入したナフトピランの光応答性、2013 年光化学討論会、愛媛大学城北地区、2013 年 9 月 12 日
 32. 新井克敏、阿部二郎、特異な構造を有するビスフェノキシラジカル酸素付加体の特性、第 3 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船越、2013 年 10 月 22 日
 33. 島 健太郎、武藤克也、阿部二郎、anti 配置架橋型イミダゾール二量体の合成とフォトクロミズム、第 3 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船越、2013 年 10 月 22 日
 34. 山根拓也、阿部二郎、新規ナフトピランのフォトクロミズムにおける溶媒効果、第 3 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船越、2013 年 10 月 22 日
 35. 武藤克也、阿部二郎、架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズムに対する圧力効果、2014 年光化学討論会、北海道大学札幌キャンパス、2014 年 10 月 11 日
 36. 新井克敏、阿部二郎、高速フォトクロミズムを示すナフトピランの合成と物性、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 37. 生澤孝裕、山口哲生、小林洋一、阿部二郎、新奇ビナフチル架橋型イミダゾール二量体の合成と光学特性、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 38. 山根拓也、小林洋一、阿部二郎、ポルフィリンを導入したイミダゾール二量体の物性、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 39. 藤田悠暉、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、架橋点間距離が異なるビフェニル架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズム、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 40. 新井宏樹、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、アゾベンゼン架橋型イミダゾール二量体のフォトクロミズム、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 41. 島 健太郎、小林洋一、阿部二郎、イミダゾール環の反転による架橋型イミダゾール二量体の高性能化、第 4 回 CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2014 年 10 月 15 日
 42. 大關太、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、ピレン骨格を導入したペンタアリアルビイミダゾール

ル誘導体の合成と光化学特性、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日

43. 三嶋泰弘、山根拓也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、シクロヘキサジエノン環とイミダゾリル基が複数置換された新規フェノキシイミダゾリルラジカル共役体の合成と光応答性、日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス、2015 年 3 月 27 日
44. 米川いずみ、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、ビフェニル架橋型 bisPIC 誘導体の段階的 2 光子誘起フォトリソリズム、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 11 日
45. 利光翔太、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、逆配置型フェノキシイミダゾリルラジカル複合体のフォトリソミック特性、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 10 日
46. 生澤孝裕、武藤克也、山下裕明、小林洋一、阿部二郎、チオフェン骨格を有するフェノキシイミダゾリルラジカル複合体の光学特性、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 9 日
47. 山下裕明、小林洋一、阿部二郎、異種ラジカル複合体の高速フォトリソリズム、2015 年光化学討論会、大阪市立大学杉本キャンパス、2015 年 9 月 10 日
48. 米川いずみ、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、ビフェニル架橋型 bisPIC 誘導体の段階的 2 光子誘起フォトリソミック特性、第 9 回分子科学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015 年 9 月 19 日
49. 利光翔太、武藤克也、小林洋一、阿部二郎、逆配置型フェノキシイミダゾリルラジカル複合体のフォトリソリズム、第 9 回分子科学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015 年 9 月 19 日
50. 武藤克也、小林洋一、阿部二郎、段階的 2 光子反応を示す高速フォトリソミック分子の開発、第 9 回分子科学討論会、東京工業大学大岡山キャンパス、2015 年 9 月 18 日

(国際)

1. Yuka Harada, Jiro Abe, A Fast Photochromic Molecule Showing Extremely Fast Thermal Bleaching, 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 18 日
2. Tetsuya Kato, Jiro Abe, Real-Time Photoswitching of Chiral Nematic Phase by Fast Photochromic Molecules, 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 18 日
3. Hiroaki Yamashita, Jiro Abe, [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer with a Pyrenyl Group, 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 18 日
4. Katsuya Mutoh, Jiro Abe, An Efficient Strategy for Enhancing the Photosensitivity of Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimers, 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 18 日
5. Sayaka Hatano, Ken Sakai, Jiro Abe, Unprecedented Radical-Radical Reaction of a [2.2]Paracyclophane Derivative Containing Imidazolyl Radical Moiety, 6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP), Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 18 日
6. M. Sliwa, S. Aloise, Z. Pawlowska, N. Mouton, B. Debus, C. Ruckebusch, Anna de Juan, Jiro Abe, Chemometric Analysis of Ultrafast Transient Absorption Spectroscopy Data: Strategies to Help Elucidate the Ultrafast Photodynamics of Photoswitchable Compounds, The 3rd Japanese-French Joint Seminar on Organic Photochromism, Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 21 日
7. B. Debus, M. Sliwa, C. Ruckebusch, Yukihide Ishibashi, Tetsuro Katayama, Hiroshi Miyasaka, Jiro Abe, Chemometric Analysis of Ultrafast Transient Absorption

- Spectroscopy Data: Strategies to Help Elucidate the Fast HABI Photochromic Reaction, The 3rd Japanese-French Joint Seminar on Organic Photochromism, Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 21 日
8. Tetsuro Katayama, Yukihide Ishibashi, M. Sliwa, C. Ruckebusch, B. Debus, Hiroshi Miyasaka, Jiro Abe, Ultrafast Photodissociation Dynamics of the HABI Derivative in Femtosecond -Picoseconds Time Region, The 3rd Japanese-French Joint Seminar on Organic Photochromism, Nisseki Yokohama Hall (Japan), 2010 年 10 月 21 日
 9. Kazuhiro Ohkawa, Atsushi Kimoto, Jiro Abe, Conjugated Pyridinium Betaines Showing Unusual Dual Charge Transfer Characteristics, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 10. Katsuya Mutoh, Sayaka Hatano, Jiro Abe, Efficient Strategy for Enhancing the Photosensitivity of Fast Photochromic Molecules, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 11. Mao Suzuki, Kana Fujita, Jiro Abe, Fast Photochromism of Naphthalene-Bridged Imidazole Dimers, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 12. Hiroaki Yamashita, Jiro Abe, Novel [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer with a Pyrenyl Chromophore, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 13. Yoshihiro Amano, Azusa Kikuchi, Jiro Abe, Open-Shell Character of Diphenquinone Derivatives, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 14. Tetsuya Kato, Kana Fujita, Jiro Abe, Real-Time Photoswitching of Chiral Nematic Phase by the Fast Photochromic Dyes, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 15. Yuka Harada, Sayaka Hatano, Atsushi Kimoto, Jiro Abe, Remarkable Acceleration for Back-Reaction of Fast Photochromic Molecule, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 16. Jiro Abe, Development of Fast Photochromic Molecules, PACIFICHEM 2010, Honolulu (USA), 2010 年 12 月 17 日
 17. Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Fluorescence Switching by Using Fast Photochromic [2.2]Paracyclophane-Bridged Imidazole Dimer, XXIVth IUPAC Symposium on Photochemistry, Coimbra (Portugal), 2012 年 7 月 17 日
 18. Sayaka Hatano, Jiro Abe, Photochromism of 1,1'-Binaphthyl-Bridged Imidazole Dimer, XXIVth IUPAC Symposium on Photochemistry, Coimbra (Portugal), 2012 年 7 月 17 日
 19. Sayaka Hatano, Jiro Abe, Negative Photochromic Reaction of 1,1'-Binaphthyl-Bridged Imidazole Dimer, 6th Japanese-Italian Workshop on Liquid Crystals, 東京理科大学森戸記念館 (Japan), 2012 年 7 月 26 日
 20. Emi Nakano, Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Clarification of the Electrochemical Behavior of HABI, 6th Japanese-Italian Workshop on Liquid Crystals, 東京理科大学森戸記念館 (Japan), 2012 年 7 月 26 日
 21. Tetsuo Yamaguchi, Tetsuya Kato, Jiro Abe, Photocontrol of Chiral Nematic Phase with Fast Photochromic Molecules, 6th Japanese-Italian Workshop on Liquid Crystals, 東京理科大学森戸記念館 (Japan), 2012 年 7 月 26 日
 22. Takahiro Iwasaki, Tetsuya Kato, Jiro Abe, Fast Photochromism of Novel 1,1'-Binaphthyl-Ether-Bridged Imidazole Dimers, 6th Japanese-Italian Workshop on Liquid Crystals, 東京理科大学森戸記念館 (Japan), 2012 年 7 月 26 日
 23. Sayaka Hatano, Jiro Abe, Photochromism of Dimethylbiphenyl-Bridged Imidazole Dimer, Phenics International Network Symposium 2012, Nantes (France), 2012 年 11 月 28 日
 24. Norihito Ishii, Jiro Abe, Fast Photochromism in Polymer Matrix with Plasticizer

- and the Application to Real-Time Holographic Material, Phenics International Network Symposium 2012, Nantes (France), 2012 年 11 月 28 日
25. Tetsuo Yamaguchi, Sayaka Hatano, Jiro Abe, Unusual Negative Photochromism of 1-Phenylnaphthalene-Bridged Imidazole Dimer, International Conference on Photochemistry 2013 (ICP2013), Leuven (Belgium), 2013 年 7 月 23-24 日
 26. Katsuya Mutoh, Michel Sliwa, Jiro Abe, Fluorescence Switching Property of Fast Photochromic Molecule, International Conference on Photochemistry 2013 (ICP2013), Leuven (Belgium), 2013 年 7 月 23-24 日
 27. Katsuya Mutoh, Yuki Nakagawa, Sayaka Hatano, Jiro Abe, Extremely slow valence isomerization from biradical state to quinoid state, International Symposium on Photochromism 2013 (ISOP2013), Berlin (Germany), 2013 年 9 月 24 日
 28. Katsutoshi Arai, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Fast Photochromic Naphthopyrans, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 14 日
 29. Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Real-Time Holography of 3D Objects with Fast Photochromism, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 14 日
 30. Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Negative Activation Enthalpy and Entropy Dictates the Fate of Biradical-Quinoid Valence Isomer, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 14 日
 31. Tetsuo Yamaguchi, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Tuning the Thermal Isomerization Processes of Biaryl-Bridged Imidazole Dimers by Bridging Units, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 15 日
 32. Takuya Yamane, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Sensitization of the Photochromic Reaction of Bridged Imidazole Dimer by a Zinc Tetraphenyl Porphyrin Unit, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 15 日
 33. Hiroaki Yamashita, Jiro Abe, Photochromism of Pentaarylbiimidazole, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 15 日
 34. Kentaro Shima, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Enhancing the Versatility and Functionality of Fast Photochromic Bridged Imidazole Dimers by Flipping Imidazole Rings, XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France), 2014 年 7 月 15 日
 35. Shota Toshimitsu, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Optical Properties of the Reversed Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complex, 10th Phenics International Network Symposium, Cargès (France), 2015 年 11 月 24 日
 36. Izumi Yonekawa, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Stepwise Two-Photon-Induced Photochemical Reaction of Biphenyl-Bridged Bis(Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complex), 10th Phenics International Network Symposium, Cargès (France), 2015 年 11 月 24 日
 37. Yasuhiro Mishima, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Durable Radical Dissociation Type Photochromism without Bulky Substituents for Protecting Radicals, 10th Phenics International Network Symposium, Cargès (France), 2015 年 11 月 24 日
 38. Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Two-Photon-Gated Photochemical Reaction with Fast Photochromic Compounds, 10th Phenics International Network Symposium, Cargès (France), 2015 年 11 月 24 日
 39. Tetsuo Yamaguchi, Michiel F. Hilbers, Paul P. Reinders, Yoichi Kobayashi, Albert M. Brouwer, Jiro Abe, Revealing the Initial Process of the Photochromic Reaction of Biphenyl-Bridged Imidazole Dimer, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
 40. Yuki Fujita, Hiroaki Yamashita, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Photochromic Properties of Biphenyl-Bridged Imidazole Dimers by Changing Distances between Two Cross-Linking Points, The International Chemical Congress of Pacific Basin

Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日

41. Takahiro Ikezawa, Katsuya Mutoh, Hiroaki Yamashita, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Development of a Photochromic Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes Having Thiophene Backbone, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
42. Hiroki Arai, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Optical Properties of an Azobenzene-Bridged Imidazole Dimer, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
43. Dai Ozeki, Hiroaki Yamashita, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Synthesis and Photochemical Properties of Pentaarylbiimidazole Derivative Substituting Pyrenyl Groups, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
44. Yasuhiro Mishima, Hiroaki Yamashita, Yoichi Kobayashi, Yusuke Yoneda, Tetsuro Katayama, Hiroshi Miyasaka and Jiro Abe, Synthesis and Optical Properties of Novel Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complex Derivatives, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
45. Hiroaki Yamashita, Takahiro Ikezawa, Yuri Lee, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Photochromic Phenoxyl-Imidazolyl Radical Complexes with Decoloration Rates from Tens of Nanoseconds to Seconds, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日
46. Katsuya Mutoh, Yuki Nakagawa, Izumi Yonekawa, Akira Tuchiya, Akira Sakamoto, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Two-Photon-Gated Photochemical Reaction in [2.2]Paracyclophane-Bridged Bis(Imidazole Dimer), The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM-2015), Honolulu (USA), 2015 年 12 月 17 日

(4)知財出願

①国内出願 (10件)

1. 発明の名称:ビスイミダゾール化合物、発明者:阿部二郎、和泉 忍、出願人:株式会社トクヤマ、出願日:2011 年 3 月 28 日、出願番号:特願 2011-69763
2. 発明の名称:調光組成物、発明者:加藤裕久、清水武洋、中川由紀、阿部二郎、出願人:伊藤光学工業株式会社、阿部二郎、出願日:2011 年 6 月 6 日、出願番号:特願 2011-126111 (特許第 5564467 号)
3. 発明の名称:酵素阻害剤、発明者:辻本 恭、阿部二郎、出願人:阿部二郎、関東化学株式会社、出願日:2012 年 6 月 11 日、出願番号:特願 2012-132385
4. 発明の名称:磁気駆動装置および磁気駆動方法、発明者:阿部二郎、小林真之、出願人:阿部二郎、出願日:2012 年 9 月 10 日、出願番号:特願 2012-198290
5. 発明の名称:パラシクロファン骨格化合物及びフォトクロミック化合物、発明者:阿部二郎、加藤裕久、清水武洋、中川由紀、出願人:阿部二郎、伊藤光学工業株式会社、出願日:2013 年 3 月 7 日、出願番号:特願 2013-45799
6. 発明の名称:パラシクロファン誘導体、発明者:阿部二郎、加藤裕久、清水武洋、中川由紀、出願人:阿部二郎、伊藤光学工業株式会社、出願日:2013 年 3 月 7 日、出願番号:特願 2013-45800
7. 発明の名称:ナフトピラン化合物の消色速度調節法、発明者:阿部二郎、加藤裕久、清水武洋、中川由紀、出願人:阿部二郎、伊藤光学工業株式会社、出願日:2013 年 12 月 27 日、出願番号:特願 2013-273217
8. 発明の名称:ベンゾクロメン化合物、フォトクロミック剤及びフォトクロミック光学材料、発明者:阿部二郎、中川久子、加藤裕久、中川由紀、出願人:阿部二郎、株式会社三城ホールディングス、伊藤光学工業株式会社、出願日:2014 年 1 月 23 日、出願番号:特願 2014-10029

②海外出願 (2件)

(5)受賞・報道等

①受賞

1. 阿部二郎、第 26 回光化学協会賞(2012 年 9 月 13 日)
2. 阿部二郎、青山学院学術褒賞(2013 年 11 月 15 日)
3. 波多野さや佳、ベストポスター賞
6th International Symposium on Organic Photochromism (ISOP-2010), Nisseki Yokohama Hall (Japan) (2010 年 10 月 18 日)
4. 波多野さや佳、ポスター賞
第 5 回有機 π 電子系シンポジウム、ホテルアウィーナ大阪(大阪府) (2011 年 11 月 25 日)
5. 波多野さや佳、学生講演賞
日本化学会第 92 春季年会、慶応義塾大学日吉キャンパス(神奈川県) (2012 年 3 月 26 日)
6. 武藤克也、ポスター賞
第 33 回光化学若手の会、草津セミナーハウス(群馬県) (2012 年 6 月 23 日)
7. 波多野さや佳、講演賞
第 33 回光化学若手の会、草津セミナーハウス(群馬県) (2012 年 6 月 23 日)
8. 武藤克也、学生講演賞
日本化学会第 93 春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県) (2013 年 3 月 23 日)
9. 小林洋一、優秀講演賞(学術)
日本化学会第 94 春季年会、名古屋大学東山キャンパス(愛知県) (2014 年 3 月 27 日)
10. 山下裕明、講演賞
第 35 回光化学若手の会、休暇村志賀島(福岡県) (2014 年 6 月 14 日)
11. 新井克敏、ベストポスター賞
XXV IUPAC Symposium on Photochemistry, Bordeaux (France) (2014 年 7 月 14 日)
12. 山下裕明、優秀学生発表賞 & Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews Presentation Prize
2014 年光化学討論会、北海道大学札幌キャンパス(北海道) (2014 年 10 月 11 日)
13. 武藤克也、学生講演賞
日本化学会第 95 春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス(千葉県) (2015 年 3 月 26 日)
14. 生澤孝裕、優秀ポスター賞
科研費新学術領域研究・第 1 回「高次複合光応答」若手の会、ホテルコスモスクエア国際交流センター(大阪府) (2015 年 7 月 31 日)

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 「「究極の 3D テレビ」実現に向けたホログラム材料を開発」 2012 年 11 月 6 日
【掲載紙】 日刊工業新聞、化学工業日報、科学新聞、朝日新聞デジタル、日経速報ニュースなど
【プレス発表概要】 JST 課題達成型基礎研究の一環として、青山学院大学 理工学部化学・生命科学科の阿部 二郎 教授らは、リアルタイムで物体の 3次元情報を記録・再生することが可能な新しいホログラム材料の開発に成功しました。

ホログラフィーは空間に自然な 3D 画像を作り出せる技術で、クレジットカードや紙幣の隅にある光る部分などで使用されています。そこでは、画像や数字が立体的に写っていますが、実際は画像や数字そのものではなく、その 3次元情報が暗号化されてホログラムという材料に記録されています。ホログラムに光を当てると、暗号化された物体の 3D 画像が浮かび上がります。これまでは、展示やアート作品に、また複写機では複製できないことを利用して、偽造防止などに使われていました。リアルタイムで暗号を記録・再生できるホログラム材料が開発されれば、3D 画像の動画を再

生できる3Dテレビの開発が実現するため、新しいホログラム材料の開発が求められていました。

本研究グループは、光を照射すると瞬時に着色し、光を遮ると速やかに無色に戻る独自に開発した高速フォトクロミック化合物を応用して、暗号をリアルタイムで記録・再生することができるホログラム材料の開発に成功しました。このホログラム材料では、物体の動きに応じて、古い暗号が消失し新しい暗号が新たにリアルタイムで記録されるため、3D映像を再生することができます。

今回開発したホログラム材料は、大面積スクリーンにすることも可能であり、今後は新しいタイプの3D映像表示システムをはじめとして、光コンピューター素子、エンターテインメントへの利用が期待されます。

2. 「磁気浮上したグラファイトを光で自在に動かす新技術の開発に成功」 2012年12月17日

【掲載紙】 朝日新聞、毎日新聞、ウォールストリートジャーナル日本版、日刊工業新聞、化学工業日報、電気新聞、陸奥新報、東奥日報、山形新聞など

【プレス発表概要】 青山学院大学理工学部化学・生命科学科 阿部二郎教授らは、この度、磁気浮上したグラファイトを光で動かす新技術の開発に成功しました。

負の磁化率を有する反磁性体は、磁石に対して反発力を生じるため、反磁性体を非常に強い磁石の上に置くことにより磁気浮上することが知られています。磁気浮上させた反磁性体は磁石との接触面を持たないため、摩擦が少なく、僅かな力で効率よく運動させることが可能であり、このような特性を利用して、超電導リニアに代表される交通機関やアクチュエータ等への応用が検討されています。

強い反磁性を示すグラファイトの磁化率は温度に依存することが知られていましたが、本研究グループは、磁気浮上したグラファイトに光を照射すると、グラファイトの持つ優れた光熱変換特性により光照射部位の温度が速やかに上昇して磁化率が增大することで浮上距離が減少するのに対して、光照射されなくなるとグラファイトの温度は高熱伝導特性のために速やかに室温に戻り、磁化率が元の大きさに戻り光照射前の浮上距離に戻ることを発見しました。このようなグラファイトの性質を利用して、磁気浮上グラファイトの2次元面内方向の運動を光で自在に操作する技術の開発に成功しました。本技術では、超電導磁石のような高価な超強力磁石ではなく、一般に市販されている安価なネオジム磁石を使用していることが特徴です。さらに、磁気浮上したグラファイト円板に太陽光を照射することで1分間に200回転以上の高速回転を実現することにも成功しており、今後は光による物質輸送や、光アクチュエータのみならず、従来の技術には無い、環境に優しく、安全な全く新しい低コスト太陽光発電の開発が期待されます。

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

②社会還元的な展開活動

・真鍋大度と石橋素が山口情報芸術センター(YCAM)企画展(2011年3月5日～31日)に出展した作品「fade out(フェード・アウト)」の製作に協力した。この作品は、紫外光を当てると着色し、光照射を止めると徐々に元の無色に戻るフォトクロミックフィルムに、紫外線レーザーを照射することで、ビデオ映像とは全く異なる光学反応によるポートレートを描く装置である。カメラで撮影された来場者の画像データは、輝度分布が自動解析され、暗い部分から順に壁面のフォトクロミックフィルムに照射される。フィルム上に残る着色のグラデーションは、突如ポートレートとして認識され、眼前に浮かび上がる。また、この作品は動画サイトの You Tube にも公開されている。

Web サイト: <https://www.youtube.com/watch?v=5hmmjEhqS8k&feature=relmfu>

・日本科学未来館で開催された日本化学会主催の「世界化学年 2011 特別展・きみたちの魔法ー化学『新』発見」(2011年11月19日～27日)の体験型展示物「ひかりでいろがかわる」に使用するフォトクロミック材料を提供した。

Web サイト: <http://www.csj.jp/iyc2011/magic/>

・NHK総合テレビ「特ダネ！投稿 DO 画」(2013 年 1 月 20 日放送)に出演し、磁気浮上グラファイトについて紹介した。

・放送大学の専門科目「場と時間空間の物理('14)」第 8 回「物質中の電磁場」にゲスト出演し、磁気浮上グラファイトのデモ実験を行うとともに、磁気浮上したグラファイトに光を照射することで自在に動く原理について説明した。この放送は 2014 年から 2019 年まで使用される。

Web サイト: <http://ocw.ouj.ac.jp/tv/1562681/08.html>

§ 5 研究期間中の活動

5. 1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2012 年 2 月 24 日	International Symposium on Photoresponsive Materials 2014	青山学院大学 相模原キャンパス	60 名	国内外から 6 名の研究者を招待して光化学に関する国際会議を開催
2013 年 4 月 26 日	日仏二国間光応答性材料国際会議 (JF-SYMPHONIA 2013)	青山学院大学 相模原キャンパス	60 名	研究総括の入江正浩先生も含め、国内外から 7 名の研究者を招待して有機フォトクロミズムに関する国際会議を開催
2014 年 2 月 24 日	光応答性材料国際会議 (iSPM2014)	青山学院大学 相模原キャンパス	60 名	研究総括の入江正浩先生も含め、国内外から 8 名の研究者を招待して機能性分子科学に関する国際会議を開催

§ 6 最後に

応募時の研究提案書で、「従来のフォトクロミック分子では実現することが困難であった実用的高速調光材料、実時間ホログラム材料、高速フォトメカニカル変換材料、高速フォトニクス材料などのような、革新的フォトクロミック材料を5年間の研究期間で開発し、日本発の新しい光産業を創出することを目的とする。」と記したが、この5年間で繰り返し耐久性に優れた新たな高速フォトクロミック化合物の創製に成功しただけでなく、高速フォトクロミック材料を用いた世界初の実時間ホログラム材料、およびセキュリティ認証技術の開発に成功した。さらに、複数の企業との共同研究により実用化研究が加速し、製品への応用展開を検討するに至った。5年という短期間で、ここまで研究を進展させることができたのは、CREST 事業による研究環境の充実、および研究総括やアドバイザーの先生方のご助言の賜物であり、大変充実した5年間であったと感じる。高速フォトクロミズムも世界で認知されるようになり、国際会議での基調講演、招待講演の機会も増え、多くの研究者の興味を惹きつける現象となったと自負している。今後は「光産業の創出」を目指して、高速フォトクロミック分子の基礎性能向上、および人々の暮らしの改善に役立つ実用品の開発に注力したい。

