

NEWS RELEASE

報道関係者 各位

2023年7月18日
国立大学法人 東京農工大学

「見えないものを見る」ために —ベンゼン環1つの小さな色素で高度な蛍光を実現—

国立大学法人東京農工大学大学院生物システム応用科学府の王子菜（研究当時）、産業技術総合研究所エネルギープロセス研究部門の堀口元規研究員、国立大学法人東京農工大学大学院工学研究院の神谷秀博教授、ならびに同大学院農学研究院応用生命化学部門の岡田洋平准教授は、たった1つのベンゼン環から成る非常に小さな分子にも関わらず優れた蛍光特性を示す新たな色素を開発しました。今回の成果は「見えないものを見る」ための蛍光標識技術を始めとして、様々な分野での応用に繋がると期待されます。

本成果は、Chemistry A European Journal 誌（Wiley）への掲載に先立ち、6月21日に Web 上で公開されるとともに、同誌の Front Cover に採用されました。

タイトル：Merger of Rotation Restriction and Symmetrical Push-Pull to Synthesize Single-Benzene Yellow Fluorophores

URL：<https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/chem.202301411>

著者のインタビュー記事である Cover Profile も公開されています。

URL：<https://doi.org/10.1002/chem.202302000>

本論文の蛍光色素に関する特許：特願 2022-094528（出願人：国立大学法人東京農工大学）

現状：蛍光標識は「見えないものを見る」ために必須の技術であり、これまでに様々な色素が開発されてきました。対象となる化合物が有する本来の機能を損なわずに標識するためには、蛍光色素は小さければ小さいほど好都合です。しかしながら、「見やすさ」などの蛍光特性を高めるためにはどうしても色素が大きくなりがちであり、これに伴って溶けにくくなってしまいう問題が生じます。特に、タンパク質や核酸などの生体分子を標識する場合には、ほとんどの実験が水中で行われることから、溶解性の改善は蛍光色素にとって非常に重要な課題です。

蛍光色素を設計する基本は、ベンゼン環に代表される「共役系」（単結合と二重結合が交互に連続する構造）を延ばすことです。複数のベンゼン環が繋がったピレンやペリレンは鮮やかな蛍光を発することが知られています（図1）。しかしながら、ベンゼン環を延ばせば延ばすほどに蛍光色素の溶解性は著しく低下してしまうため、生体分子の標識には不都合です。そこで、現在広く用いられているフルオレセインやローダミンと呼ばれる蛍光色素では、共役系の延長に加えて、電子を「押す」電子供与基（プッシュ）と、電子を「引く」電子求引基（プル）を活用して（プッシュ-プル系）、優れた蛍光特性と溶解性の両立を実現しています（図2）。特に最近では、電子供与基と電子求引基を適切に配置することによって、たった1つのベンゼン環から成る小さな分子にも関わらず優れた蛍光特性を示すことが見出されており、新たな色素の研究開発が進められています（図3）。

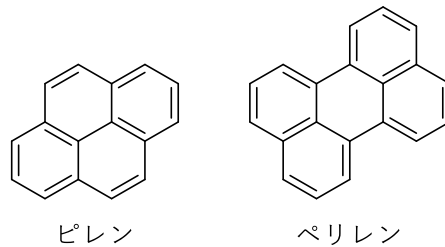


図 1. 共役系を延ばした蛍光色素の例

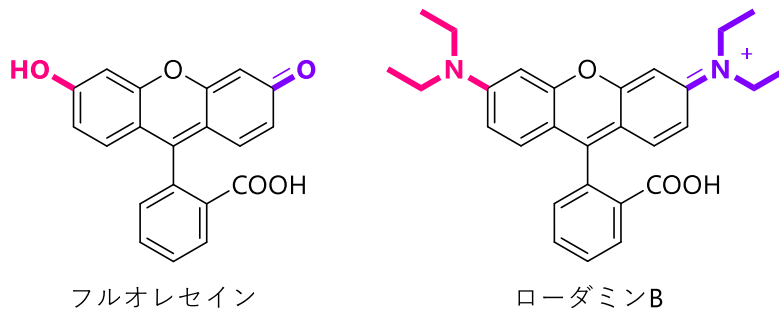


図 2. プッシュ-プル系を活用した蛍光色素の例

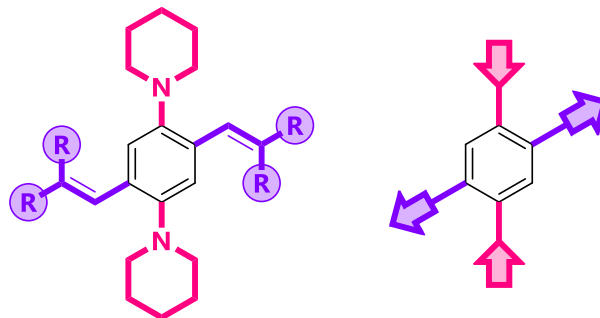


図 3. たった 1 つのベンゼン環から成る蛍光色素の例

研究体制：本研究は、東京農工大学大学院生物システム応用科学府 王子茉（研究当時）、産業技術総合研究所エネルギープロセス研究部門 堀口元規研究員、東京農工大学大学院工学研究院 神谷秀博教授、ならびに同大学院農学研究院応用生命化学部門 岡田洋平准教授の研究チームで実施しました。

研究成果：本研究グループでは、電気や光といった持続可能なエネルギーを活用した、有機合成化学における新しい方法論の開発に取り組んできました。これまでに、穏やかな反応で炭素と炭素を繋ぎ合わせる独自の物質変換法（[2019年11月5日](#)、[2016年8月23日プレスリリース](#)）や、エネルギー効率を最大限に高めた反応技術（[2023年5月8日](#)、[2022年3月15日プレスリリース](#)）を報告しています。本研究では、電気のエネルギーを用いた独自の反応技術によって、たった1つのベンゼン環から成る非常に小さな分子にも関わらず優れた蛍光特性を示す新たな色素を開発することに取り組みました。

上述した通り、特に最近では、プッシュ-プル系を活用することによって、たった1つのベンゼン環から成る小さな分子にも関わらず優れた蛍光特性を示すことが見出されており、新たな色素の研究開発が進められています。本研究グループはこれまでに、プッシュ-プル系を活用した独自の蛍光色素を報告するとともに（*J. Org. Chem.* **2016**）、電子供与基（プッシュ）をベンゼン環に縛り付けることで蛍光特性が

飛躍的に向上することを見出しています (*Chem. Eur. J.* **2012**) (図 4)。本研究では、これら 2 つの設計指針を融合することで新たな蛍光色素が実現できるのではないかと考え、開発に取り組みました。候補となる化合物は、電気エネルギーを用いた独自の反応技術によって効率的に組み立てることが可能です。このような設計指針に基づいて候補化合物を合成した結果、得られた色素は非常に小さな分子にも関わらず、優れた蛍光特性を示すものであることが明らかとなりました (図 5)。

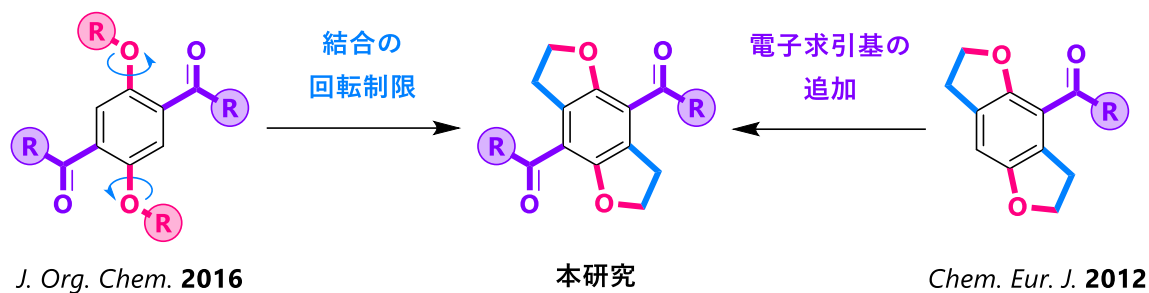


図 4. 新たな蛍光色素の設計指針

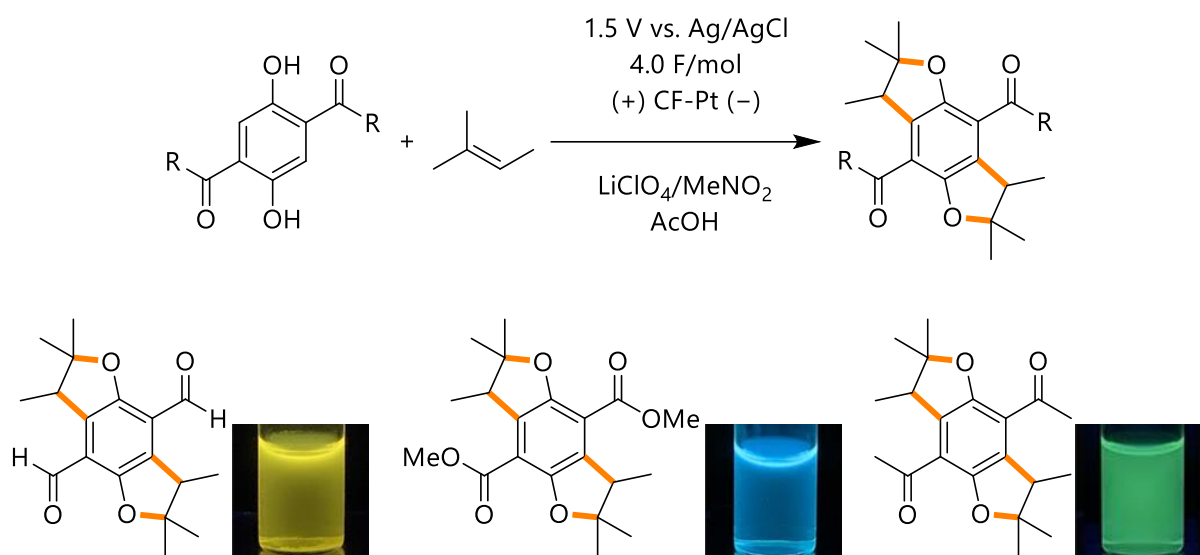


図 5. 本研究で開発した新たな蛍光色素



図 6. *Chemistry A European Journal* 誌の Front Cover

今後の展開：今回の成果は、独自の設計指針ならびに反応技術によって、新たな蛍光色素を創出したものです。「見えないものを見る」ための蛍光標識技術を始めとして、様々な分野での応用に繋がると期待されます。

◆研究に関する問い合わせ◆

東京農工大学 大学院農学研究院
応用生命化学部門 准教授
岡田 洋平 (おかだ ようへい)
TEL/FAX : 042-367-5667
E-mail : yokada@cc.tuat.ac.jp