

無色透明な近赤外光吸収有機半導体材料の開発

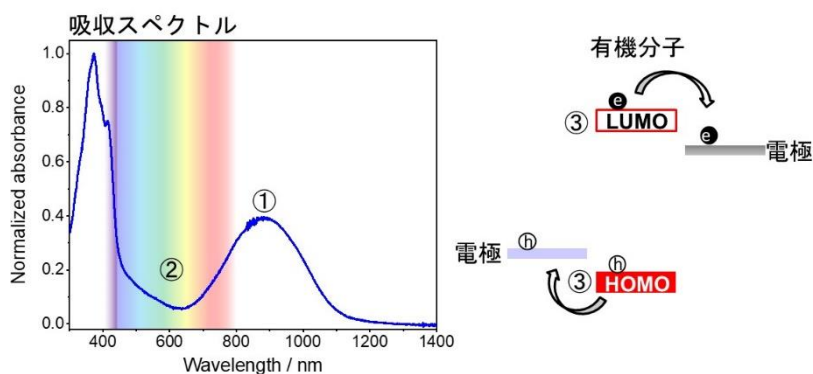
(阪大産研¹・阪大 ICS-OTRI²) ○家 裕隆^{1,2}

Development of NIR Absorbing Organic Semiconductors Bearing Colorless and Transparent Characteristics (¹SANKEN, Osaka University, ²ICS-OTRI, Osaka University)
○Yutaka Ie^{1,2}

Near-infrared (NIR) organic semiconductors have attracted significant interest for applications in photodetectors and organic solar cells within the field of organic electronics. The development of organic semiconducting materials with NIR absorption properties requires the molecular design of compounds with a narrow energy gap between the highest occupied molecular orbital and the lowest unoccupied molecular orbital. Furthermore, achieving wavelength selectivity in the NIR region could enable new applications in colorless and transparent organic electronics. In this study, we discuss the molecular design and synthesis of novel π -conjugated molecules exhibiting selective light absorption in the NIR region. Additionally, we present preliminary results from NIR wavelength-selective photodetectors and solar cells based on these molecules.

Keywords : NIR-Absorbing Dyes; Organic Electronics; Organic Solar Cells; Organic Semiconductor; Photodetector

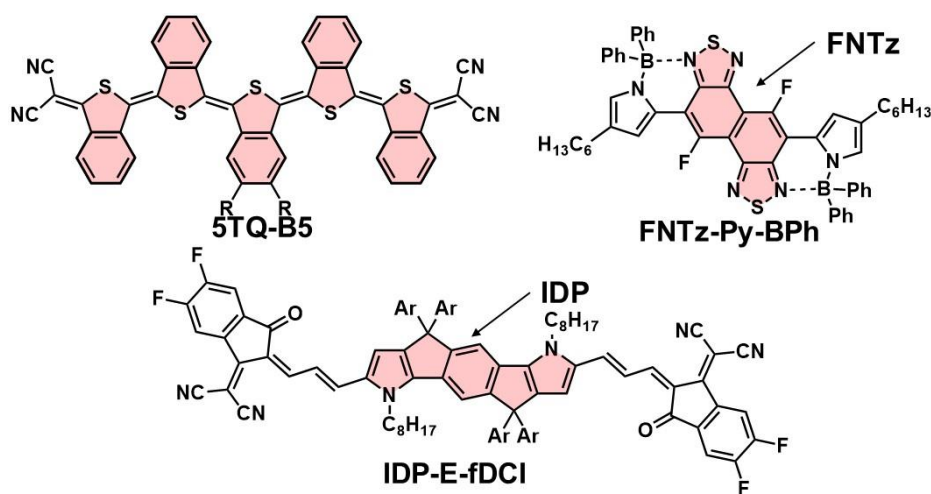
近赤外 (NIR) 領域の波長に選択的な光吸収特性を有する有機半導体材料は、無色透明な構造を活かすことができることから、フォトランジスタ、有機太陽電池、フレキシブルな生体センサーなどの幅広い応用が期待される。このような有機半導体材料を実現するためには、NIR 領域まで吸収波長を伸ばす分子設計として、バンドギャップを劇的に狭めることが不可欠である。この際に、狭バンドギャップ化に伴う酸素や水に対する化学的安定性の低下を抑制することも考慮しないといけない。また、無色透明性を付与するためには、可視光領域の光吸収特性を精密に抑制することも不可欠である。さらに、有機半導体材料として機能させるためには、電極へのキャリア伝達を効率的に行うため、最高占有軌道 (HOMO) および最低非占有軌道 (LUMO) のエネルギー準位の調節も重要となる。これらを満たす分子の開発は遅れており、分子設計指針の確立が求められる。



近赤外波長選択型の有機半導体材料開発に必要な要素

- ① 近赤外領域の光吸収を付与
- ② 可視光領域の光吸収を抑制
- ③ キャリア輸送に適したエネルギー準位

これらの要件を満たす有効な手法として、キノイド構造や、ドナー (D) とアクセプター (A) の組み合わせによる分子構造の狭バンドギャップ化と、分子構造修飾による HOMO および LUMO 準位の精密制御が挙げられる。我々は、ベンゼン縮環させて安定化させたキノイド構造チオフェンを 5 量体 5TQ-B5 や 6 量体まで鎖長を伸長させることで、近赤外吸収特性を付与することに成功し、^{1,2)} 近赤外応答型のフォトトランジスタとして機能することを見出している。¹⁾ また、後者のアプローチからは、アクセプター性を高めるためにナフトビスチアジアゾール (NTz) にフッ素原子を導入した新規ユニットのフッ素化ナフトビスチアジアゾール (FNTz) を開発し、FNTz の強力なアクセプター性が NIR 領域への長波長化に有効であるとの作業仮説のもと、ドナーユニットとしてピロール誘導体を組み合わせた D-A-D 構造を構築した。また、D-A 間に LUMO 準位を選択的に低下させるホウ素架橋を導入することで、NIR 領域波長選択的に光吸収を持つ共役分子 FNTz-Py-BPh を分子設計・合成した。³⁾ さらに、最近では、ドナー性を高めたインダセノジピロール (IDP) を中心骨格として、アクセプターユニットと組み合わせた近赤外光波長選択的な共役分子 IDP-E-fDCI を開発し、近赤外応答型のフォトトランジスタや有機太陽電池として機能することを見出している。本研究では、これらの分子構造を通じて、近赤外波長選択的な有機半導体材料の分子設計、光学および電気化学的特性、結晶構造などの基礎物性を評価するとともに、分子構造と半導体特性の相関について議論する。



- 1) K. Yamamoto, S. M. Quintero, S. Jinnai, E. Jeong, K. Matsuo, M. Suzuki, H. Yamada, J. Casado, Y. Ie, *J. Mater. Chem. C* **2022**, *10*, 4424.
- 2) K. Yamamoto, S. Jinnai, Y. Ie, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2024**, *97*, uoae036.
- 3) S. Yokoyama, S. Utsunomiya, T. Seo, A. Saeki, Y. Ie, *Adv. Sci.* **2024**, *11*, 2405656.