

高野 勇太

(北海道大学 電子科学研究所 分子フォトンクス研究分野 兼 同大学 環境科学院)

「光励起状態の高効率利用に向けた有機分子開発・物性解明とその生体応用」

高野は、将来のエネルギー・環境問題解決および医療技術向上を目指した光機能性有機分子開発研究を行っている。電子ドナー・アクセプター分子とナノマテリアルを鍵物質とした化学修飾・分子機能解明を基に、これまでに数々の新奇な光機能性や磁気機能性、電子的特性を見出し報告してきた。

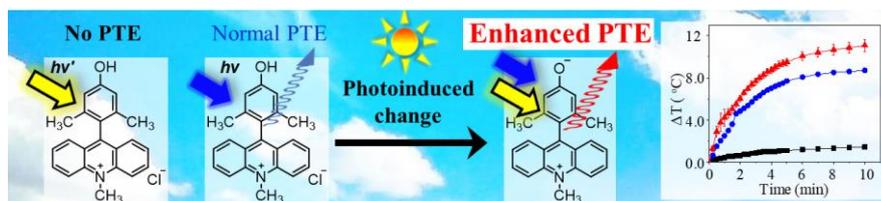
(1) π 共役分子の新規光特性の発見・利用による光エネルギー変換分子の開発

太陽から得られる光エネルギーは人類が半永久的に利用可能なエネルギー源である。太陽光を利用するために太陽電池や人工光合成デバイス開発が盛んに行われている。光エネルギーを利用した分子変換、エネルギー抽出あるいは物質固定化を行う「人工光合成」は、光エネルギーのロスが少なく、高効率なエネルギー利用が可能になる技術として近年注目を集めている。また光エネルギーを熱エネルギーにする光熱変換技術は、太陽光の利用法として古くから知られているものの一つである。

高野はこれまでに、分子による光エネルギー利用に必須なプロセスである分子の光誘起励起状態と遷移状態変化の解明について、ナノカーボンや半導体ナノマテリアルの分子変換技術の開発と評価をもとに多くの新発見を報告し、その知見を基にした光機能性分子デバイス素子を開発してきた。

例えば *Chem. Commun.* 2020 論文では、近赤外光の有効利用を実現する π 共役拡張ポルフィン・フラーレン C_{60} 連結型分子を開発し、時間分解スペクトル測定をはじめとする光物理学的な詳細解析により、近赤外光照射をトリガーとした分子内電子移動と電荷分離状態を高効率化するための分子設計指針を明らかにした。また、*Chem. Eur. J.* 2020 論文では、分子への光照射によって生じる準安定状態に特有の光熱変換機構を利用した、新機軸の光熱変換分子を開発した (図1)。

図1. 分子の光誘起準安定状態を利用した新規光熱変換アプローチ研究概要図【*Chem. Eur. J.* 2020 論文】



分子の光誘起励起状態の解明と利用は、効果的な光応答分子材料開発に必須である。申請者の以上の研

研究成果は、この進展に貢献する分子基盤技術である。

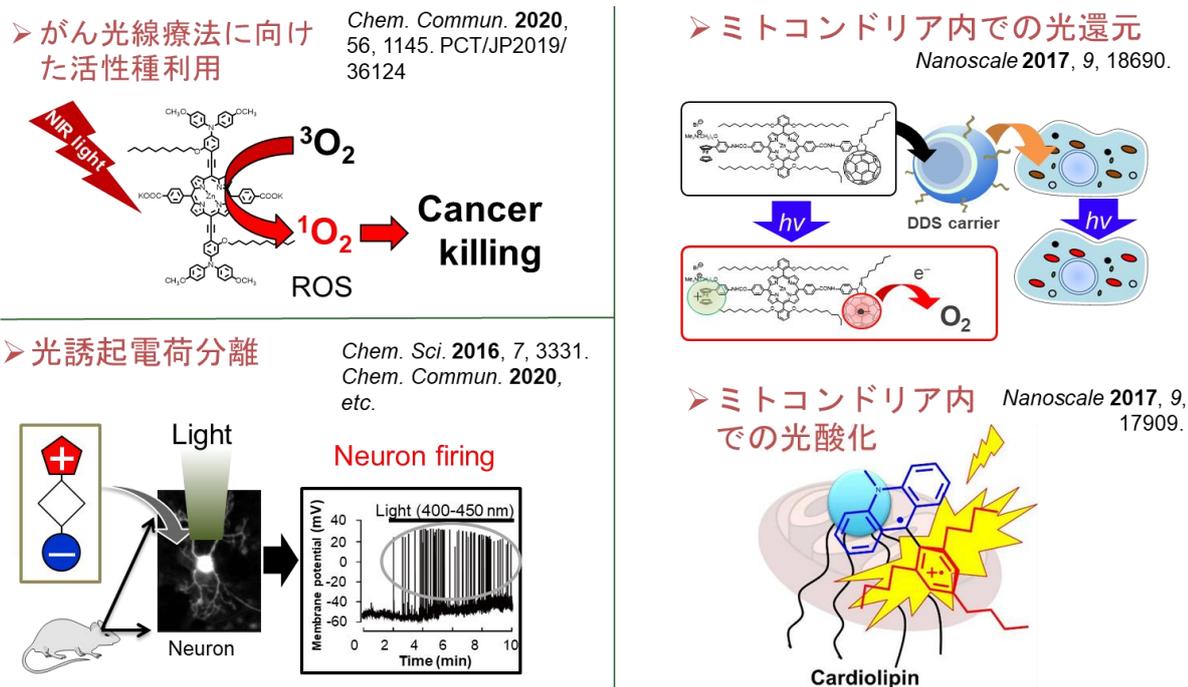
(2) 細胞工学のための π 共役分子創製と光による細胞機能制御法開発

高野はまた、これまでの光機能性分子研究で得られた知見を応用展開し、光治療薬応用を指向した機能性分子開発研究も精力的に行っている(図2)。

一例として、細胞内環境において光誘起による「分子内電荷分離状態」を高量子収率・長寿命で生成する分子を開発し、これを用いた細胞機能の制御およびがん細胞殺傷効果の実証を行った。*Chem. Sci.* 2016論文では開発分子をラット由来のニューロンに導入し、細胞膜電位を照射により変化させ、神経細胞に用いて神経活動において重要な「神経発火」を照射により引き起こすことに成功した。さらに分子構造を改良することにより、同様の光誘起細胞膜電位変化を可視光だけでなく、生体への毒性が低く透過性が高いメリットを持つ近赤外光でも引き起こすことに成功した【*Chem. Commun.* 2020論文】。

有機合成分子や新規ナノマテリアルの生物学的利用においては、しばしばその毒性が問題視される。高野は、有機分子やナノマテリアルに照射を行った際の特異な励起状態研究を基に、照射に起因して起こりえる細胞毒性の解明と、それを積極的に利用した光線がん治療向け分子の開発を行っている。特に *Chem. Commun.* 2020 では π 共役拡張ポルフィンとミトコンドリア標的型 DDS を組み合わせることにより、既存薬の10倍以上の効果を発揮した。

図2. 有機分子の光励起状態利用による細胞機能光制御研究の概要図



【研究成果リスト】 <https://researchmap.jp/yu-tak>

【謝辞】

本研究の遂行にあたりサポートをいただいた北海道大学電子科学研究所のヴァスデヴァンピライ・ビジュ教授、京都大学工学研究科の今堀博教授、および一緒に実験を行ってくださった学生諸氏に感謝いたします。