



天然色素分子から代謝過程、 半人工的色素分子開発まで

立命館大学 木下 雄介

昨年からの COVID-19 の猛威により、未だ収束の兆しは見られず、未曾有の危機の中、これまでの日常生活は一変し、これまでの常識は通用せず、常に変化と対応が求められる時代へと激動している昨今、皆様におかれましても、研究の進め方もこれまでとは大きく異なってしまう、創意工夫や新しい取り組みに尽力されておられるかと思えます。そんな中、昨年、開催された新学術領域「革新的光-物質変換」第一回若手交流オンラインセミナーに幹事の一人として参加させていただきました。そのご縁で、今回、執筆させていただく機会をいただきました。

我々の研究室では、古くから、光合成色素分子（主にクロロフィル色素分子）の研究を行っています。高等植物から光合成細菌に至るすべての天然光合成生物は、緑から赤など多彩な色を有しています。これは、太陽から降り注ぐ光エネルギーを吸収し、そのエネルギーを高効率に用い、生命に必要なグルコースなどへ変換し、その命を古くから繋いできています。我々、哺乳類などの光合成できない生物はその恩恵を受けつつ、己の種を存続させています。その光合成初期過程において太陽光の吸収、その光エネルギーを反応中心への高効率な移動、反応中心部での電荷分離を主に担っているのが、クロロフィル色素分子です。天然の色素分子の構造決定やその色素分子の天然における代謝過程、さらに天然の色素から人工的に開発した色素とその物性について、一部簡単にですがこの場をお借りしてご紹介させていただきます。

まず、天然には多種多様な光合成色素分子が存在しています。その中には構造と名前だけが先に予約されていた色素が存在していました。遺伝子組換え光合成生物からこのバクテリオクロロフィル-*f*と呼ばれる

色素分子を初めて生成させることが報告されました。⁽¹⁾そこでさらにバクテリオクロロフィル-*f*の構造異性類縁体を単離精製し構造決定などを行いました。⁽²⁾

一方、クロロフィル色素分子の代謝過程についても研究が行われてきています。クロロフィル色素はタンパク質に含まれていると安定で吸収した光エネルギーを高効率に反応中心へと移動させていますが、代謝過程において、タンパク質から遊離されると光エネルギーを酸素分子へと渡し、非常に反応性の高い活性酸素種が生成されてしまいます。このため光毒性という一面を持ち併せています。そこで高等植物などはこの光毒性を抑えるために、速やかにクロロフィルを直鎖のテトラピロールに変換し代謝過程が進んでいきます。最近、水圏での色素分子の代謝過程も最近明らかになってきています。⁽³⁾ここではクロロフィル色素分子は、分子内環化反応を経て特殊なクロロフィル色素分子に変換されます。この特殊なクロロフィル色素分子は、蛍光を発しないという特徴を持ち、化学修飾することでも特殊なクロロフィル色素を合成可能であることを示してきました。

最後に、天然の色素分子から化学修飾をもちいて半人工的な色素分子の開発も行っています。天然に存在しない置換基をクロロフィル色素に導入させることで、単分子で、赤外から紫外領域にかけて幅広く光吸収可能な色素分子の開発も行っています。今後、開発した色素分子の幅広く吸収した光エネルギーを用いてさらに物質変換が可能な系の構築を行っていく予定です。

(1) J. Harada, T. Mizoguchi, Y. Tsukatani, M. Noguchi, H. Tamiaki, *Scientific Reports*, **2**, 671; DOI:10.1038/srep00671 (2012).

(2) Y. Kinoshita, J. Harada, T. Mizoguchi, H. Tamiaki, *Dyes Pigments*, **164**, 267–271 (2019).

(3) Y. Kashiya, A. Yokoyama, Y. Kinoshita, S. Shoji, H. Miyashita, T. Shiratori, H. Suga, K. Ishikawa, I. Inouye, K. Ishida, D. Fujinuma, K. Aoki, M. Kobayashi, S. Nomoto, T. Mizoguchi, H. Tamiaki, *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, **109**, 17328–17335 (2012).