



螺子山をひとつ超えて

産業技術総合研究所 (AIST)

中里 亮介

この度は寄稿の機会をいただき誠にありがとうございます。私は、東京都立大学にて高木慎介先生と井上晴夫先生からご指導を賜り、人工光合成とその周辺分野の研究に取り組んできました。

高木先生のもとでは、無機ナノシートと複合化した有機分子の特異的な光化学物性によって、発光増強や光異性化抑制、高効率な光エネルギー移動といった興味深い光化学現象が発現すること (ニュース No.242) を学び、有機-無機複合体の奥深さに魅了されました。井上先生のもとでは、有機-無機複合体を用いて人工光合成系を構築することの面白さと難しさを学び、特にポルフィリンを活用した反応系 (図 1) の研究に夢中になりました。^[1-3]

ポルフィリンは、天然の光合成で有名なクロロフィルの類縁体で、類稀な光化学物性を有するため、人工光合成の構成要素として盛んに研究が行われてきました。中心に配位する金属種に応じて様々な機能を発現することも魅力で、例えば亜鉛 (Zn) では CO₂ 還元触媒に電子供与が可能な光増感剤^[4]、鉄 (Fe) では CO₂ 還元の光触媒^[4]として働きます。特に分子性光触媒の中でも特異的といえるのは、アルミニウム (Al) やスズ (Sn) を中心金属にもつ場合に、1 光子 2 電子酸化反応によって水を過酸化水素 (H₂O₂) に変換する光触媒になることです。1 光子 2 電子酸化反応によって光子束密度問題^[5]を解決でき、酸素よりも高付加価値な H₂O₂ を得られるため、一般に酸化力と耐久性の低い分子性光触媒の中では、ポルフィリンが有望な水の酸化触媒になりえます。

これまでの私の検討では、Sn-ポルフィリンを n 型半導体の酸化スズ (SnO₂) と複合した光電極が、有機溶媒フリーの水溶液中で高選択的な H₂O₂ の生成を可能にすること

や、Sn-ポルフィリンと SnO₂ の複合化手法を工夫することにより、さらに性能が向上することを見出しました。^[2] Sn-ポルフィリン/SnO₂ 光電極は、同じく分子性光触媒/半導体からなる CO₂ 還元光電極と連結することで、水溶液中・ノンバイアス条件の「水を電子源とした CO₂ 還元反応」を実現し、世界初の 2 電子酸化還元反応のみによる人工光合成系の構築に貢献しました。^[3]

現在は AIST 研究員として、引き続き CO₂ や水から高付加価値化合物を生み出す触媒の開発に取り組んでいます。電極触媒を研究対象にしていますが、太陽電池を前段反応とすれば、電極触媒反応は人工光合成の後段反応とみなせます。また、光触媒反応と電極触媒反応には密接な関係があるので、両方の技術に精通することで見えてくる景色もあるのではないかと期待しています。

最後に、最近ある方から「螺子山をひとつ超えた景色こそ」というお言葉をいただきました。研究の世界は螺子山をひとつ超えても、その先には無数の螺子山が広がっているように思います。それでも、次の螺子山の上の景色を楽しみに進めるようになったのは、ひとえに井上先生、高木先生をはじめ研究生活で関わってきた方々の教えとご支援のおかげです。この場を借りて深く御礼を申し上げます。

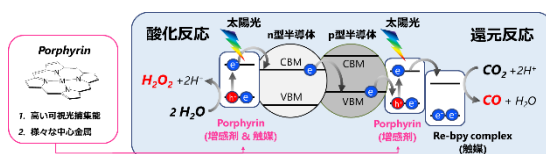


図 1 ポルフィリンを光触媒または光増感剤として用いた人工光合成系の概略図

[1] R. Nakazato *et al.*, *Res. Chem. Intermed.* **2021**, 47, 269–285.

[2] R. Nakazato *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **2024**, 128, 19122–19133.

[3] F. Kuttassery *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, 62, e202308956.

[4] M. Robert *et al.*, *Nature* **2017**, 548, 74–77.

[5] ブルーバックス 夢の新エネルギー「人工光合成」とは何か (講談社出版) 2016.