



酸素を過酸化水素に変換する有機高分子光カソード

新潟大学 坪ノ内 優太

私はこれまで金属錯体や金属酸化物を基盤とした光-物質変換に関する研究を進めてきましたが[1]、「何か新しい材料に挑戦したい」という思いから、数年前に有機高分子光電極の研究を始めました。このたび、その成果を発表することができましたので、本稿で紹介させていただきます。[2]

過酸化水素 (H_2O_2) は水以外の副生成物を生じないクリーンな酸化剤であり、幅広い用途を有する重要な化学品ですが、現在の工業的な製造法は化石燃料に依存しているため、再生可能エネルギーを利用した持続可能な H_2O_2 製造技術の開発が進められています。なかでも、太陽光のエネルギーを利用して酸素を還元し、 H_2O_2 を生成する光カソードは、有望な技術として注目されています。有機高分子半導体は、従来の無機半導体に比べて電子状態を分子設計により精密に制御できるため、光カソード材料として研究されていますが、これまで効果的に H_2O_2 を生成する有機高分子光カソードの開発は十分に進んでいませんでした。

今回の研究では、有機モノマー分子の溶液に、多孔質の酸化インジウムスズ (meso-ITO) 層で被覆した透明導電性電極を浸漬し、*in situ* 重合反応を進行させることにより、電極表面にカルバゾール部位を含む共有結合性トリアジン構造体 (Cz-CTF) 修飾電極を作製することに成功しました (図 1A)。meso-ITO 層のない場合には、Cz-CTF 膜はほとんど形成されないため、meso-ITO 層が均一な Cz-CTF

膜の形成に重要であることが分かりました。

作製した Cz-CTF 修飾電極が、中性水溶液中において、可視光により 95% の極めて高いファラデー効率で酸素を H_2O_2 へ還元する光カソードとして機能することを見出しました。さらに、密度汎関数理論 (DFT) 計算による解析から、Cz-CTF のトリアジン部位が活性点として機能して、酸素を高効率で H_2O_2 へ変換することを明らかにしました。この Cz-CTF 光カソードと水を酸化して酸素を発生する BiVO_4 光アノードを組み合わせた光電気化学システムを構築し (図 1B)、外部電気バイアスを印加することなく、可視光で水と酸素から H_2O_2 を合成することに成功しました。本システムは、有機高分子光カソードを用いて、中性水溶液中で可視光により水と酸素から H_2O_2 を合成した初めての例です。環境調和型の H_2O_2 製造の実現に向けて、さらに研究を進展させていきたいと考えています。

参考文献

- [1] 坪ノ内優太, CanApple ニュース(145).
- [2] Y. Tsubonouchi, R. Ide, K. Takakura, K. Takahashi, D. Chandra, Z. N. Zahran, M. Yagi, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2026, e9303504.

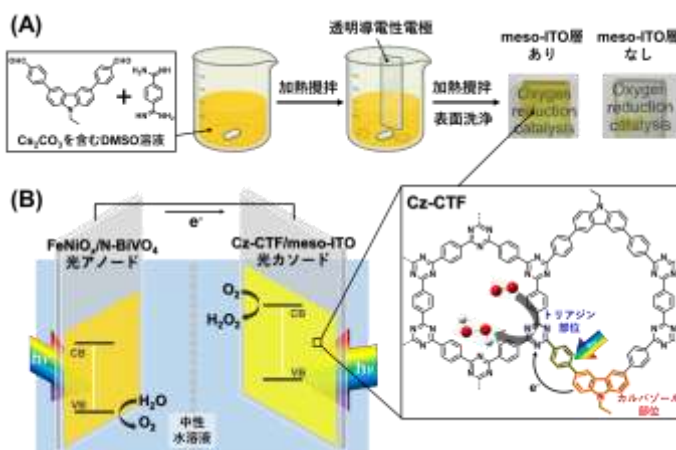


図 1 (A) *in situ* 重合法による Cz-CTF 膜被覆 meso-ITO 電極の合成のスキーム、(B) Cz-CTF 光カソードと助触媒担持 BiVO_4 光アノードを組み合わせた光電気化学セルによる太陽光 H_2O_2 合成