



太陽光エネルギーの高効率 利用を目指して

富山大学 萩原英久

この度はこのような寄稿の機会を頂戴し、感謝申し上げます。私は 2003 年に九州大学石原達己先生の研究室に学部 4 年生で配属されてから現在に至るまで、無機半導体光触媒による水の光分解について研究してきました。本稿では、これまで研究してきた色素修飾光触媒による水分解と、現在研究している光-熱化学ハイブリッド水素製造プロセスについて紹介します。

色素修飾光触媒は無機半導体の表面をポルフィリン等の金属錯体色素で修飾した触媒であり、無機半導体に KTaO_3 を、色素に Cr-TPPCl を用いたものを中心に検討しました^[1]。この系では KTaO_3 が紫外光を、色素が可視光を吸収することで水分解活性が著しく向上し、光起電力や吸収スペクトルの過渡応答測定、ESR 測定の結果から、 KTaO_3 に正孔が、色素に電子が残る形で長期の電荷分離状態が達成されていることを見出しました^[2]。これは、図 1 に示すように植物の光合成の明反応と同じ Z スキーム型の電荷移動であり、無機半導体と金属錯体色素の組み合わせで光成型水分解の系の構築に成功しました。また、修飾する半導体を可視光応答性の GaN:ZnO 固溶体^[3] に代え、修飾色素に環拡張ポルフィリン^[4] を用いても同様の効果が得られており、金属錯体修飾が半導体光触媒の活性を向上させる汎用的な手法であることを明らかにしました。さらに、金属錯体の複合や助触媒の共担持により、 KTaO_3 光触媒の水分解活性は約 1000 倍に向上することを見出しています^[5]。これらの結果は、半導体表面を色素で修飾することで、それまで表面で再結合していた光生成電荷を水分解反応に利用できるようになったことに起因しています。

近年では、太陽光の赤外光エネルギーを水分解に利用するため、光-熱化学ハイブ

リッド水素製造プロセスという新たな水分解法を研究しています^[6]。このプロセスは、ヨウ化水素分解反応、硫酸分解反応、ブンゼン反応の 3 つの化学反応で水を分解する IS プロセスをベースにしており、太陽光に含まれる紫外から可視光のエネルギーでヨウ化水素を光分解し、赤外光のエネルギーを熱にして硫酸を分解することで、多段階水分解反応を進行させるものです(図 2)。特に、高い活性と耐久性を有する触媒材料の開発を中心に検討を進めています。

今後も、これらの太陽光エネルギーの高効率変換の研究を通して、エネルギー問題の解決に貢献できるよう取り組んでまいります。

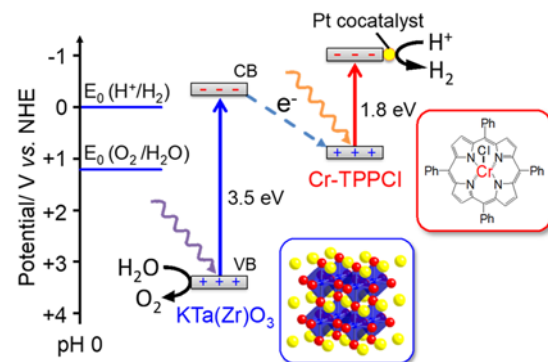


図 1. 色素修飾光触媒の電荷移動機構

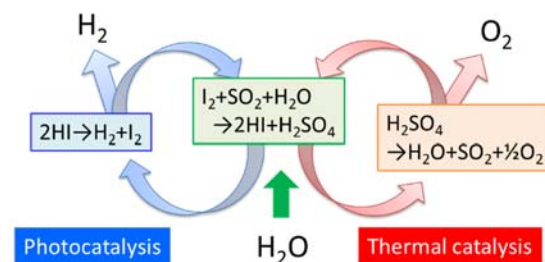


図 2. 光-熱化学ハイブリッド水素製造プロセスの概略図

- [1] *Angew. Chem. Int. Ed.*, **45**, 1420 (2006).
- [2] *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **13**, 18031 (2011).
- [3] *J. Photochem. Photobio. A*, **272**, 41 (2013).
- [4] *Chem. Commun.*, **50**, 12515 (2014).
- [5] *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **60**, 10 (2017).
- [6] *Sustain. Energy Fuels*, **3**, 3021 (2019).