



「複合」的な系の面白さ

東北大学 熊谷啓

東北大学の熊谷と申します。ご縁あって学生時代から人工光合成に関わった研究を続けております。本稿執筆の機会を頂きましたので、自身の研究と最近の考え事を紹介させていただきます。

私は2015年に学位を取得後、東京工業大学の石谷治先生に特任助教として取っていただき、金属錯体と半導体の異種の光触媒による光電気化学的なCO₂還元系の開発を行って参りました。金属錯体と半導体の複合化によるCO₂還元系については、豊田中央研究所の森川健志先生、東工大石谷治先生、前田和彦先生をはじめとする諸先生方が素晴らしい光触媒系をいくつも開発されています。(詳細な紹介は関澤佳太先生(No. 124)や中田明伸先生(No. 136)のニュースレターをご参照ください。)

私が取り組んでいる光電気化学系は、金属錯体光触媒からなる光カソードと、半導体光触媒からなる光アノードで構成される「複合」系です。2段階の光励起によってZスキーム型の電子移動が進行します(図1)。これによってエネルギーを汲み上げ、CO₂の還元と水の酸化を同時に達成するものです。特に金属錯体光触媒を用いた(所謂色素増感を含んだ)反応系としては、水を電子源としたCO₂還元を達成した初めての例であると考えています[1]。

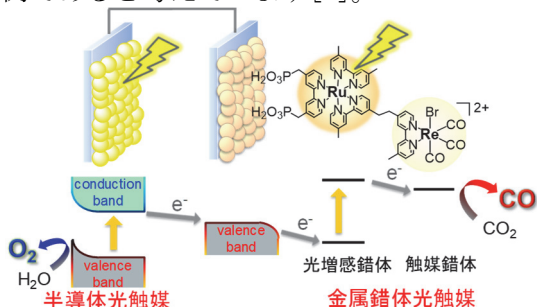


図1. 異種の光触媒からなる光電気化学系。

さて実のところ、開発初期に用いた両光触媒はともに、犠牲的な試薬を用いた半反

応において高い光触媒活性の報告があるものでありました。これらの機能を融合的に発現させることで「水とCO₂による光合成様の反応を実現する」系を構築したわけですが、(強い自省の意を込めて表現しますと)材料の特性から言えば、原理的には進行するものを「組み合わせただけ」にも見えます。学会(特に一方の材料にフォーカスしたもの)などにおいて、系が複雑になればなるほど発表のハードルが上がっていくと感じ、どのように系の魅力と開発のポイントをお伝えするか、を強く意識するようになりました。

反応システム(系)として「複合」的な機能を構成する上で、いくつもの乗り越えるべき課題があり、各々の材料への理解を深めながらそれを着実にクリアしていくことが複合系の開発の醍醐味だと感じております。また組み合わせただけでは実現できないような制御性や機能を創り出すことができれば、面白みが増すと考えております。不均一系の電気化学は、(単純ではありませんが)電流と電位を観測・制御できるという観点から“地に足がついて”おり、この点が魅力の一端です。これを活かし、金属錯体の電気化学的な重合がカソードの光還元活性と安定性の向上に有効であることを見出した[2]ほか、電気化学インピーダンスといった測定手法の活用も試みております。

最後に、私は2019年度から東北大学に異動し、現在加藤英樹先生の研究室で助教としてお世話になっております。自身に不足していた無機固体材料の設計・合成の知見を勉強させていただきながら、それをこれまでの「複合」系の開発の経験とさらに「複合化」して、新しい人工光合成系を提案していけたらと意気込んでおります。

[1] G. Sahara, H. Kumagai, R. Abe, O. Ishitani, et al., *J. Am. Chem. Soc.* **138**, 14152 (2016).; H. Kumagai, O. Ishitani, et al., *Chem. Sci.* **8**, 4242 (2017).

[2] R. Kamata, H. Kumagai, O. Ishitani, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **11**, 5632 (2018).