



半導体光電極の固液界面

東京大学 東 智弘

この度は本寄稿への執筆の機会を賜り、感謝申し上げます。私の簡単な自己紹介と研究内容について紹介させていただきます。

私は学部・修士・博士課程まで、長崎大学工学部の相楽隆正先生の研究室にて「分光電気化学」および「電気分析化学」について学びました。電気と光をツールに用いて、構造規制電極上における有機分子超薄膜の動的挙動を追跡し、その機構を分子レベルで明らかにすることを目的とした研究を進めてきました。分子エレクトロニクスに近い分野であると言えます。博士号の取得後、人工光合成に関しては全くの門外漢でしたが、ご縁があつて東京大学工学部の堂免一成先生（現：東京大学特別教授）の研究室へ特任研究員に採用していただき、光触媒・光電極を用いるソーラー水素製造プロセスに関する研究に従事することになりました。2017年度からは同研究室にて特任助教にさせていただき、私のこれまでの基礎電気化学の知識と経験をいくらか材料開発へ活かすことができた（勝手に）と思っています。2019年度からは東京大学工学部の高鍋和広先生のもとで特任助教として、光触媒・光電極の研究を継続しています。

最近の研究成果として、600 nm までの光を吸収して水を分解し酸素を生成する窒化タンタル (Ta_3N_5) 光電極、及びタンデム型光電気化学セルの開発について紹介します。タンデム型セルは、一段目にワイドバンドギャップ材料の光電極を、二段目に一段目からの透過光を吸収できるナローバンドギャップ材料からなる二段型セルで構成されています。このタンデム型セルを用いて高効率に水を水素と酸素へ分解するためには、一段目に配置する透明な光電極の高性能化が鍵になります。 Ta_3N_5 をベースとした赤色透明な光電極を開発し（図 1）、1100 nm までの光を吸収できる $CuInSe_2$ 系太陽電池と組み合わせたタンデム型セルを構築し

ました。このセルは、太陽光-水素エネルギー変換効率 7% に相当する光電流を生成することができました[1]。水分解反応中での安定性が課題であり、表面修飾による耐久性の向上を目指しています。

Ta_3N_5 光電極に限らず、半導体光電極による水の分解反応効率を高める上で、光吸収から始まる物質変換までの一連の素過程を切り分けて論じる必要性があります。私は等価回路を用いて現象を記述しようと試みているのですが、難航することが多いです。バンド曲がりやが固液界面で生じ、これが駆動力となって生成キャリアが輸送されるのはよく知られたことかと思いますが、固液界面の実構造はいまだ不明な点が多く、界面の不均一性も相まって単純な等価回路で系全体を記述することは難しく感じております。数学的に正しくても、それがどこまで実際の物理化学現象を反映しているのか？ という問題にも直面しています。固液界面までのキャリア輸送効率が十分に高ければ、反応サイトとして機能する助触媒（電極触媒）の電気化学的特性が変換効率に直結すると予想され、助触媒と光電極との接合状態とキャリア捕集能との関係を明らかにすることも課題であると考えます。

色々述べてきましたが、複雑であるからこそ固液界面に魅力を感じています。電気分析化学の側面から固液界面の構造を俯瞰し、界面の実構造把握と高度設計によって、光エネルギー変換系の高効率化に資する研究を展開したいと考えています。

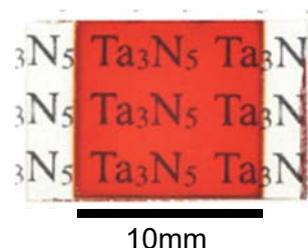


図 1. 赤色透明な水分解用 Ta_3N_5 光電極

[1] T. Higashi *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, *18*, 2300-2304.