



光子の高エネルギー化

産業技術総合研究所 西村直之

産業技術総合研究所の西村直之と申します。この度は貴重な機会を賜り、ありがとうございます。私は 2013 年に東京大学堂免研究室にて学位を取得しました。その後、9 年間旭化成株式会社で研究活動を行い、昨年度 (22 年度) 現所属に転職しました。本稿では、私の研究経歴と、経験した光子の高エネルギー化の研究について紹介します。

学生時代に取り組んだのは、金属酸窒化物の粒子からなる水の光酸化電極の高性能化でした。金属酸窒化物はナローギャップであり、従来の金属酸化物では難しい長波長可視光の利用が可能で、材料自体の質向上や、粒子間の粒界抵抗を少なくすることが大きな課題でした。私が研究を始めたころ、着手した電極では数ナノアンペア (nA/cm^2) 程度の光電流しか得られず、測定ノイズに光電流が埋もれるほどでした。そのため、5~6桁も高いミリアンペア (mA/cm^2) 程度の光電流を比較的容易に得られる従来の金属酸化物がうらやましく思っていた時期がありました。(隣の芝は青い)

その後、堂免先生の熱心なご指導の下、学位取得時には mA/cm^2 オーダーの光電流が得られるほどに酸窒化物電極を高性能化できました。生成した酸素の気泡が最初に目視で確認できたときは非常にうれしかったです。(石の上にも三年) この過程で堂免先生には幾度となく「気合い」をいただきました。そのうち、ふいに記憶に残っているのが「数ミリでも、数十ミリでも、数百ミリでもいいから、もっと高性能化するんだ!」というものでした。もちろん、この数十ミリ後半以降は気合いの一貫であり、太陽光のうち金属酸窒化物が吸収できない低エネルギー光子を「高エネルギー化」しないと到達できない、通常の光水分解では不可能な値です。一方で、前述の金属酸化物がうらやましかったことと相ま

って「そんな現象を実現できたらいいな」と思ったのを覚えています。

しかし、約 5 年ほどの時を経て、そのような「光子を高エネルギー化する」研究に携わる機会が訪れました。それは、三重項消滅による光アップコンバージョン (TTA PUC) でした。旭化成に入社後、化学プロセス、光電変換材料などの研究を経て、幸運なことに 2 年間の留学の機会を頂くことができました。この留学での研究テーマとして出会ったのが、この TTA PUC でした。そんな非平衡反応の極みのような現象は起こっても効率 1% 未満だろうと当初は思いつつ、この TTA PUC の調査を進めたところ、量子収率が理論最大値の半分程度に至る報告が複数あると知り、これは夢のある反応だと感じ、留学テーマに決めました。

留学先は、ケンブリッジ大学の Cavendish 研究所に決めました。ここは、Maxwell (電磁気), J.J. Thomson, Rutherford (原子核モデル), Bragg (XRD), Watson, Crick (DNA 二重螺旋) などを輩出し、非常に由緒正しい研究所でした。ここでは、優秀なメンバーに刺激をうけ、経験の少なかった有機材料や高速分光と格闘し、言語と文化の違いを楽しみながら充実した研究生生活をおくりました。

この環境で、石の上にも三年の精神にて得られた成果は、この研究領域にて早い段階で、シリルエシニル基 (TIPS 基など) を有するアセンが有望な TTA 材料であることを見出したことでした。これを利用することで、当時、最長波長の光 ($\leq 1100 \text{ nm}$) の TTA PUC への利用 [1]、最大のエネルギー変換幅と高量子収率の TTA PUC (理論最大値の半分以上) [2] を達成することができました。TTA PUC は太陽光濃縮にはまだ課題があるものの、今後、人工光合成などの太陽光エネルギー変換と組み合わせられれば面白い展開になるのではないかと感じております。

そして、現在はペロブスカイト太陽電池の研究に従事しております。これまでの経験を生かして頑張りたく存じます。

[1] *Chem. Sci.* **2019**, *10*, 4750–4760.

[2] *ACS Materials Lett.* **2019**, *1*, 660–664.