



光触媒反応と熱エネルギー

九州工業大学 村上直也

自由エネルギー変化が正となる光触媒反応系では、反応に利用された光のエネルギーが化学エネルギーとして蓄積される。一方で、反応に利用されなかった光エネルギーは、主に熱として放出されることになる。従って、量子効率の高い反応系では、放出される熱量は小さくなることが予想され、これは優秀な半導体デバイスと似ているように思われる。私は、光熱変換を用いた分光法の一つである光音響分光法 (Photoacoustic spectroscopy; PAS) を半導体光触媒の反応系に適用した研究を行ってきた。本稿では、自己紹介とともに、これまでの研究を紹介させて頂く。

PAS は、光吸収によって生じた熱を、物質や雰囲気中の圧力変化 (音) として検出する手法である。特に、不透明物質の光吸収評価に有効な手法として用いられることが多いが、アプリケーションはこれだけではなく、光熱変換を伴う過程であれば PAS を用いた評価が可能である。

私が PAS について初めて知ったのは、修士課程のときで、大阪大学・服部公則先生のもとで薄膜シリコン太陽電池材料の分光分析を行っていた。当時は、PAS は文献上でしか知らず、変わった分光法程度にしか思っていなかった。その後、半導体の粒子を用いて化学物質を変換するという光触媒反応に衝撃を受け、光触媒の研究をどうしても行いたいと思い、北海道大学・大谷文章先生のもとを訪ね、博士課程の学生として受け入れて頂いた。大谷先生の配慮により、修士課程で行っていた研究に比較的近い内容である PAS を用いた研究を行うことになり、PAS を用いた酸化チタン (IV) 光触媒の過渡吸収に関する内容で学位を取得した。学位取得後は、九州工業大学・横野照尚先生の研究室の助教として採用して頂いた。横野先生からは「引き続き PAS もやってもいいよ」と言って頂いたが、当時は光触媒

合成を主とする研究で手いっぱいであり、この頃は PAS の分析法としての進展はなかったことは否めない。しかし、実際に合成した様々な光触媒材料を評価することができ、非常に良い機会であった。

研究室を主宰する立場になり、PAS の研究を再開したが、これまでの延長研究では意味がないと思い、新たな PAS システムの構築に取り組んだ。試行錯誤の結果、当時、市場に出始めだったデジタルマイクロフォンを利用することによって、安価で高感度な分析システムを組むことができた。これにより、中～近赤外 FT-IR と PAS を組み合わせた光触媒材料の解析 [1] や、懸濁液系の光触媒反応のその場分析 [2] などを行うことができるようになった。

最近では、上記の研究に加えて、半導体光電極や光触媒粒子上で起こる反応の「見かけではない量子効率」の測定にも取り組んでいる。これは、冒頭で述べさせて頂いたように、効率の良い反応系では、光照射に伴う熱の発生量が小さくなる (実際には、量子効率が 100% であっても、電子・正孔の緩和や遷移の際に生じるエネルギーロスによりある程度の熱は生じる) という考えに基づいている。この手法の最大のメリットは、物質の光吸収量を求めなくとも、量子効率を測定することができる点であり、粉末系の光触媒に有用な評価法となることを期待している。これまでに、半導体光電極上における反応の量子効率を測定することに成功しており [3]、現在は、粉末系光触媒反応の量子効率の計測にトライしている。一刻も早くこの分析法を確立し、光触媒研究の進展に貢献していきたい。

[1] N. Murakami, T. Shinoda, *J. Phys. Chem. C*, 2019, **123**, 222-226.

[2] T. Shinoda, N. Murakami, *J. Phys. Chem. C*, 2019, **123**, 12169-12175.

[3] N. Murakami, K. Okuzono, *Chem. Commun.*, 2020, **56**, 5417-5420.