



## 人工光合成ふたたび

TOTO株式会社 徳留 弘優

TOTOの徳留です。企業、しかも陽の当たる必要のないトイレを扱う会社の人間が人工光合成？と思う方も多いですよ。実は当たらずも遠からずの世界にいますので、拙文ながら自己紹介を兼ねて現在の研究内容を説明させていただきます。

わたしは、九州大学で、電子ドナーおよびアクセプター連結化合物への磁場印加による光誘起電荷分離の長寿命化を研究しており、まさに人工光合成の世界にいました。

2000年にTOTOに入社してからは、色素増感太陽電池や酸化物ナノチューブの研究に数年間取り組みました。ここで取り組んだ金属酸化物の微粒子合成、分散及び印刷製膜技術が後々現在のテーマで実を結ぶことになりました。この経験から、まずは博士号を取得できたことで研究者として一歩踏み出せたとともに、研究の指針として実用時を想定したデバイスとして機能評価を行うことで、新たな課題や視点を見出だせると強く感じました。

そして、人工光合成への期待感の高まりを感じて沸々と心が騒ぎ出し、2011年から再び人工光合成にチャレンジすることになりました。ただし、学生時代とは違い、自分でテーマの攻め所を考えなければなりませんし、企業では想いだけではテーマは始められません。そこで、目をつけたのが光触媒粒子の固定膜化です。当時、水の可視光全分解が可能な光触媒は数例しかない一方で、2種類の可視光応答型光触媒を組合わせたZスキーム水分解は数多く報告されていました。しかし、従来の主な評価対象は粒子懸濁系で、実用デバイスには不向きなものでしたので、希薄な太陽光を効率的に吸収できる二次元的なデバイスが実現できれば実用化に一步近づくだらうと考えました。しかし当時可視光Zスキーム水分解可能な製膜体の報告例はありませんでしたので、自ら設計を考えなければならませ

ん。このZスキーム水分解膜を実現するには、2種類の光触媒粒子が膜中で高密度に接触した構造で、かつ高効率かつ低コスト化を両立する必要がありました。

そこで着想したのが、以前取り組んだ安価かつ大面積化可能なスクリーン印刷を利用した複合粒子厚膜化です。これにより、2種類の光触媒粒子を粘性ペースト中に分散し、安価なガラス基板上に印刷後に固定化し焼成することで、2つの粒子間の高密度な接合が達成できるはずと考えました。

次に製膜体の設計を考えました。Zスキーム水分解の高効率化には（水分解に寄与しない）キャリア同士の電荷再結合を促進することが重要となります。そこで、（1）高結晶性微粒子化による接触点増加と、（2）導電性粒子を仲介した電子リレーを検証しました。

まず（1）の検討では、酸化物合成の知見を元に、水中での金属錯体／クラスターを原料とした湿式合成プロセスを新たに開発しました。そして、複合微粒子膜において可視光Zスキーム水分解を達成しました。さらに（2）については、2013年に参画した国プロの中で、同時期に開発された東大・堂免教授らの蒸着型光触媒シートの知見を応用して、金コロイドを導電性メディエーターとして光触媒粒子とともに混合した塗布型光触媒シートという新たな形態に進化させました。この新たな水分解膜は、金の添加により活性が飛躍的に向上し、太陽光水素エネルギー変換効率（STH）＝0.1%を達成しました。さらに最近、可視光で透明なITOコロイドを利用することで、金コロイドの課題であった可視光吸収や高い酸素還元特性を抑制することで、現在STHは0.4%に向上しています。

このように学生時代に触れるだけだった人工光合成に、企業の中で独自に培った技術を武器に再度取り組むことになりましたが、実用化に向けてはまだ多くの課題があります。なんとか花咲けるように、前と太陽を向いて取り組んでいきたいです。