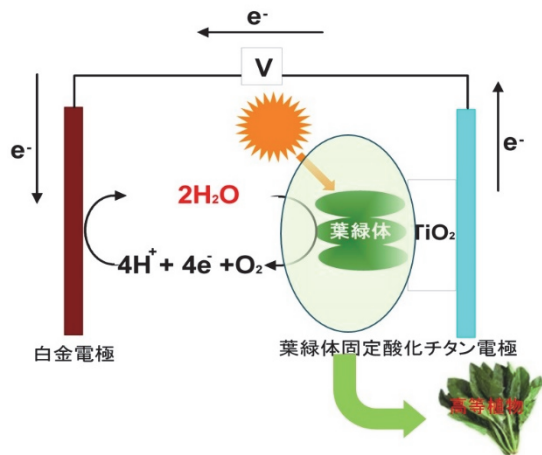


## ● 生体触媒と光触媒との融合による人工光合成系

公募C班 天尾 豊

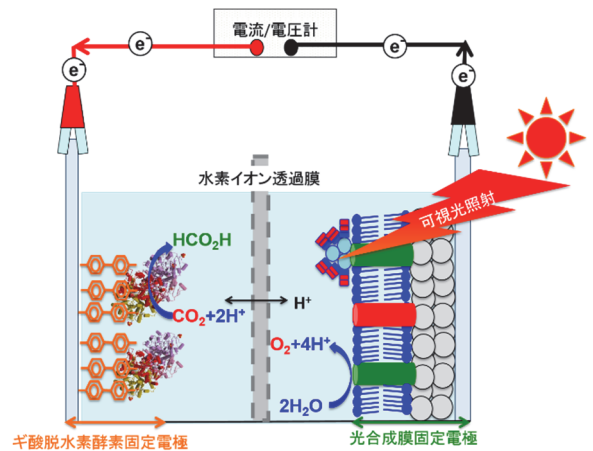
日本では金属酸化物半導体に代表される光触媒等と生体触媒との複合化に関する研究はまだまだ進んでいませんが、近年、欧米ではかなりこの分野が進んできています。私たちは今からちょうど10年前にホウレンソウから抽出した葉緑体を酸化チタン薄膜電極に担持し、白金電極とともに利用した光電変換系を構築しました（下図 *Electrochemistry*, 2009, 77, 862-864）。



この系では、光照射に伴い葉緑体担持酸化チタン電極側から酸素が発生し、白金電極側で水に還元されるサイクルを利用した太陽光で駆動するバイオ燃料電池です。光電流は  $10 \mu\text{Acm}^{-2}$  程度でしたが、半導体光触媒と生体材料との複合化で様々な機能を生み出せることがわかりました。この時に例えば光化学系 II タンパク質を使わなかった理由は、光合成タンパク質が働きやすい環境をある程度保持しようという考えで葉緑体や光合成膜が材料として適していると考えたからです。

この系をさらに発展させるべく、私たちの研究室のもう一つのキーマテリアルである二酸化炭素をギ酸に還元するための生体触媒ギ酸脱水素酵素とこの系の複合化を考えました。水系での光電変換系を考慮して陸上で生育するホウレンソウよりも水中で生育する濃緑色単細胞微細藻類スピルリナの酸素発生型光合成機能に着目もしました。

スピルリナ由来の光合成膜を酸化チタン薄膜に固定した電極と電子伝達体ピオローゲンを介したギ酸脱水素酵素を固定した電極とを連結し、可視光の照射により、発電しながら同時に二酸化炭素を削減しギ酸を生成する機能を持つバイオ燃料電池を



考案しました（右上図）。

上図に示す、二酸化炭素を含む溶液中で光合成膜固定電極とギ酸脱水素酵素固定電極とを連結した系において、可視光を光合成膜固定電極に照射すると回路に一定の電流が流れ（ $55 \mu\text{A}$  を計測）、一方、ギ酸脱水素酵素固定電極上では二酸化炭素が還元されてギ酸が生成することを見出しました。

3時間の光照射でギ酸脱水素酵素固定電極側では  $30 \text{ nmol}$  のギ酸が生成し、光合成膜固定電極側では  $12 \text{ nmol}$  の酸素が発生しました。おおよそ化学量論比でギ酸生成・酸素発生が見られました（*New Journal of Chemistry*, 2018, 42, 9269-9280）。

筆者は本新学術領域で「色素・半導体光触媒・生体触媒ハイブリッド型革新的二酸化炭素光還元系」の設計と創製」という課題に取り組んでいますが、今回のニュースレターでは以前進めていた生体材料と半導体光触媒との複合化の可能性について紹介しました。長らく生体触媒を利用した人工光合成系に関する研究を進めてきた中で、依然として生体触媒と半導体触媒との複合化は効率や安定性の面でまだまだ発展途上の技術であることは否定できません。しかしながら、生体触媒や半導体触媒のそれぞれの機能を最大限発揮できるよう知恵を結集した人工光合成系が組み上がれば、例えば二酸化炭素還元生成物の高い収率での選択性も達成できるはずです。微力ながら本領域の生物と化学との真の融合研究の一端に貢献できればと思っております。

新学術領域「革新的光物質変換」ニュースレター  
第2巻・第7号（通算第19号）令和元年7月1日発行  
発行責任者：沈 建仁（岡山大学 異分野基礎科学研究所）  
編集責任者：八木政行（新潟大学 自然科学系）  
<http://photoenergy-conv.net/>