



## 光化学反応中心、光、水、 電子伝達の接触界面を如何 に増やすか

東京大学 先端科学技術研究センター  
野地 智康

天然光合成の光化学反応中心の電荷分離の量子収率は 90%以上であるため、光化学反応中心は一つの理想的な人工光合成光ナノ触媒と見なせる。「これら理想光ナノ触媒の効率を最大限に引き出せるデバイスはどのようなものか」という課題を自ら立て、取り組んできた。

一般的に、平面、または凹凸のある電極平面上に光触媒を多く積層すればするほど効率は改善されるが、ある一定の固定量を超えると、徐々に効率は減衰する。これは、3つの要因に由来する。要因①水(あるいは電子伝達物質)との接触界面は、光触媒が固定された最表層であるにも関わらず、最も電子移動効率が高い電極への界面は最下層になる。要因②光照射側に固定された電極面より遠い光触媒が光を吸収するため、電極近傍の光触媒の励起頻度が低下する自己光遮蔽効果が起こる。要因③一つの反応中心に必要なアンテナ量(どの波長の光をどの程度吸収するかで決定される励起頻度)と、反応中心の無応答時間(電荷分離中のため、光を吸収しても電荷分離できない時間)のバランスが非合理的になるためである。

天然の酸素発生型光合成は、チラコイド膜と呼ばれる脂質二重膜中に存在する2つの光化学系 I, 光化学系 II により達成されている。水との接触界面がチラコイド膜の層の隙間にあり、電子移動層はチラコイド膜内である。要するに、すべての光化学系 I, II が、

電子移動界面と水との界面に合理的に接触しており、最高効率引き出せる環境下に置かれていると言え、要因①が起きていない。天然の葉でさえ、要因②の自己光遮蔽効果は起きている(下層のチラコイド膜は上層よりも光を受け取る機会が少ない)。要因②と要因③は密接に関係しており、最上層のアンテナ量を減らすか、短波長側を吸収するアンテナにし、最下層は比較的長波長の大量の光捕集アンテナを持たせるようなデバイス設計ができれば、これらの問題を同時に解決する事ができると考えられる。

私はこれまで、50 nm の穴が無数に空いた厚さ 0.5 mm の透明なガラス板(多孔質ガラス板)を葉の鋳型(積層可能な光触媒固定素材)と見立て、天然の光化学系 I, II を理想的な光ナノ触媒と見なし、上記3つの要因に由来する問題を解決する研究を行ってきた。その研究を通し、理想デバイスがどのようなものであるべきか、自分なりの答えを出しているつもりである。しかし、天然の光合成を理解せずそのまま利用する事に固執しては、それらの問題に対するその場のしのぎの解決策は提案できたとしても、人工光合成を達成するために根本的に必要な解決策は出せていない。

なぜ、光化学系の効率が良いのか、耐久性がどのようにして決定されるのか、その本質を理解できれば、根本的な解決策がわかるかもしれない。現在、理論化学(石北研究室)で、天然の光合成の仕組みを理解し、人工光合成のための光触媒がどのようなものであるべきか、その答えを知りたいと思っている。光化学系反応中心を理想光ナノ光触媒とした考えを元に、人工光合成に必要な分子やデバイスの設計を提案し、人工光合成の実現に貢献したい。