



人工光合成への期待

(株)豊田中央研究所 森川健志

我々の研究室には「炭素循環系観察器」という名の水槽があり、ここでは数種類の植物と小エビ達が共存しています。厳密に言えば、水(H₂O)のろ過装置などがあるため完全に自立した系ではありませんが、光を当てると植物は酸素(O₂)の泡を発生しながら成長しつづけ、エビ達も光合成で発生した藻類を食べて、特別に餌を与えなくても元気に生き続けている。この様子を見るたびに、「光合成というシステムはなんて素晴らしいんだ!」と日々感動しています。

我々が研究を続けている人工光合成では、文字通り、この植物の光合成と同様な機能を、人工的な素材群を用いて実現する事を目指します。我々の様な企業の研究者がこの研究に取り組んでいる理由は、まさしく、二酸化炭素(CO₂)を有機物に変換する技術の社会実装に期待しているからです。我々も、将来にその可能性はあるのか、の目線を常に持ちながら研究を行ってきました。

取り組んでいた環境浄化用の可視光触媒の研究と事業を他の方々に託し、まずは細々と人工光合成の研究を始めました。また金属錯体の光化学や CO₂還元反応を専門とする先生に、この研究の基本をご指導いただきました。当時感じたことは、「CO₂の光還元系の研究には実験の厳密性が求められる。環境浄化用の光触媒の研究と比べて、さらに慎重さが必要。」。それだけCO₂は安定な物質で不活性、また還元反応による生成物も極めて多様です。

我々の人工光合成の方式は主に、金属錯体触媒と半導体を複合化したものです。研究を進めた結果、これらの人工的な素材を使っても、CO₂とH₂Oのみを原料に用いて、植物を超える太陽光変換効率で有機物を合成できることがわかりました。生産物はギ酸(イオン)です。植物は光合成で有機物

の糖類を合成するので、その高級な機能には遥かに及びません。しかしながら、CO₂とH₂Oを相手にしても、一枚の板状の人工電極(人工の葉っぱみたいなもの)を水溶液中に投入するだけで、植物を超える効率をもって、太陽の光エネルギーを有機物の分子の中に蓄えることが可能だとわかりました。これは、我々が長い間眺めていた分水嶺をようやく超える、重要な到達点でした。粉末状の触媒でも、最近ようやく、O₂の発生を伴いながらギ酸や一酸化炭素を合成する複合系を、半導体光触媒の先生との共同研究によって一つ実現しています。

現在、国内や国外において、地球環境の保全と新しいエネルギーキャリア創成の視点から、人工光合成に対する期待が年々高まっていると感じます。さてそこで、「人工光合成の将来は?」ですが、実はまだ工業的な成立性については断言できない状況である様に思います。我々の研究は、電極は1-2cm角のサイズ、原料にはガスボンベのCO₂とラボレベルのきれいな水を使っています。今後はどこまで、実環境から得られる原料に適合させられるか、が重要でしょう。さらにはCO₂を捕集する系との組合せ、反応生成物の分離、リアクターの最適形態、大量生産の可能性、CO₂から合成する生産物を何にすべきか…。世の中が期待するよりも、もう少し長期的な目線で、しかし明確な意図を持った研究が必要な状況です。上記を満たす触媒及びその周辺の反応環境の設計にも、従来の延長線上にはない新しい考え方が必要な印象があります。それには、CO₂還元反応機構の科学的でかつ正確な理解と、それを新しい設計方針へと展開する研究も大切です。

この様に課題を挙げると多くあります。しかし、資源偏在の課題が比較的小さなCO₂とH₂Oを原料に使う人工光合成が社会実装された時、その波及効果は非常に大きなものになるはずで、今後も皆様に引き続きご指導頂きつつ、効率よい研究を継続し、必ずやこの技術を成功に導きたいです。