



人工的な光合成とは何か？ —学生への答えを探して—

成蹊大学 山崎 康臣

学生時代に塾講師のアルバイトをしていた時、中学生の生徒さんに「大学で何を研究してるの？」と聞かれたことがあります。理科で光合成の勉強をしていたので「人工的に光合成をする研究してるよ」と答えてみたところ、「じゃあその研究ができれば食べ物食べなくてよくなるね」と返ってきました。どうやら光合成用の細胞のようなものを人工的に体に埋め込む研究であり、光合成で作った糖を体内に直接供給すれば食物を食べる必要がなくなるのではと考えたようです。奇抜な発想だとは思いましたが、この時の「素朴な」やり取りは印象的で、今でも自分の心に引っかかっています。生徒さんの言葉を聞いて、確かに今の研究を進めても植物のように「糖」を合成することはできそうになく、自分の今行っている研究は本当に「人工的な光合成」と呼んでいいのだろうか？という難問に出会ってしまったからです。

もちろん、太陽光などの再生可能エネルギーを用いて、化石資源に代わる「エネルギー資源・炭素資源」を恒常的に手に入れる科学技術は社会的に極めて重要であることは理解していますし、光合成反応の骨格である「光捕集（吸収）」、「電荷分離」、「水の酸化」、「二酸化炭素やプロトンの還元」という重要な要素を抽出して重点的に研究することは、技術確立に向けてとても合理的であると思います。ただ、生徒さんとのやりとり以降、どうしてももっと植物の光合成に近い形、例えば糖を作ったり、究極的には植物を人工的に作ったりすることはできないかとよく考えてしまいます。

光合成の仕組みを少し勉強するとあまりに「よくできた」システムであることに何度も驚かされます。上述の骨格となる反応過程それぞれが高効率で進行するための適

切な反応場が用意されているだけでなく、プロトンや分子等が必要とされる場所へ自発的に移動する「動的なシステム」も完備されています。理学に携わる人間として、この素晴らしい系と同等のものを自分で作り出すことはできないかという壮大な研究課題はとても魅力的に感じます。

光合成のシステム全てを再現することはとても困難そうですが、天然の光合成に近づく第一歩として、分子が自発的に場所を移動する「動的なシステム」をこれまでの光触媒系に導入できないかを最近学生さんと検討しています。その中で、混和しない2層の溶液間を電子メディエーターが還元状態に応じて自発的に移動する系を見つけることができました(図1)。古くから知られるRu錯体を用いたビオローゲン誘導体(EV²⁺)の光還元反応をMeCN-K₂CO₃水溶液の2層系に適用したところ、還元種由来の青色は上層へと移動しました。これは下層のEV²⁺が還元されて対アニオンを失ったことで、MeCNへの分配比が上昇したからだと考えられます。このような動きは、還元された時に自発的に膜から離れる、電子伝達系におけるキノンの動きに似ています。酸化還元に伴った分子の層間移動は、酸化と還元を分離することにも応用できます。この移動サイクルを利用した新しいタイプの光触媒系が構築できないか現在奮闘中です。まだまだ天然の光合成には程遠いですが、あの時もらった素朴な疑問を時折思い出して自分の研究の在り方を見つめ直しながら、自分なりの「人工光合成」の形を模索していきたいと思います。

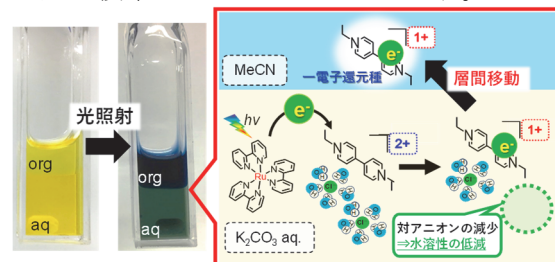


図1. 光還元反応に伴うEV²⁺の層間移動の様子（未発表データ、論文作成中）。