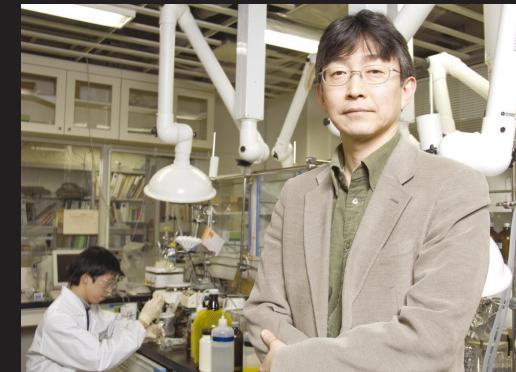


# 人工光合成を実現し 地球規模の課題を克服する

## 金属錯体による光反応化学の進歩

植物の光合成は究極の光エネルギー変換。そのシステムを人工的に実現することでエネルギー問題の克服が見えてくるのである。



東京工業大学  
大学院理工学研究科 教授

石谷 治

工業技術院資源環境技術総合研究所主任研究官、  
埼玉大学助教授などを経て、2006年より現職。  
2007年光化学協会賞受賞。

### Column

『発想の変換は、家族とのスキー旅行??』

研究活動のリフレッシュは、趣味の家族や学生と行くスキー。しかし、本当のリフレッシュ法は、仲間との徹底的な討論で頭の中を整理することらしい。中学生のときに体験した石油ショックが、自分でエネルギー問題を解決する使命感につながっている。

## 二酸化炭素の還元で地球を守る

大気中の二酸化炭素濃度の上昇による地球温暖化、化石燃料の枯渇によるエネルギー危機など、人類が抱える課題を克服するカギとなる技術が光エネルギー変換だ。ほぼ無尽蔵にふり注ぐ太陽の光を、人間が利用しやすい形に変換する技術である。世界中の研究者が光エネルギー変換技術の開発に挑んでいるが、東京工業大学の石谷治教授が目指すのは、植物の光合成と同じ機能を有するシステム、人工光合成の実現だ。

光エネルギー変換にはいくつかの方法があるが、基本原理は光電効果 (Photoelectric effect) だ。物質が光を吸収した際に励起された電子をエネルギー変換に利用するもので、利用方法は大きくわけて3つある。1つはすでに実用化されている太陽電池。2つめは、光触媒で水を酸素と水素に分解する技術で、生じた水素は燃料電池などの燃料にもちいる。そして、3つめが

植物の光合成と同じように光触媒で二酸化炭素を還元し、メタノールなどの燃料を作る方法だ。

石谷教授は、もっとも優れているのが二酸化炭素の還元だと考えている。「二酸化炭素は、地球温暖化の元凶だといわれているが、自然界のなかでは植物によって吸収され生命を育む重要な循環型資源でもある。二酸化炭素を還元することによって利用可能なエネルギー資源に変換すれば、地球温暖化とエネルギー枯渇の問題が同時に解決できる」(石谷教授) からだ(図1)。また、二酸化炭素の還元によって得られた物質は、電気や水素と比べ保存や輸送に有利である点も重要であろう。

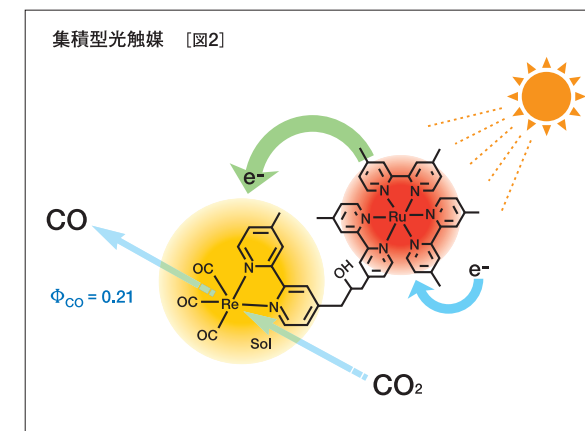
## 超 分子錯体で高効率を実現

では、石谷教授はどのようにして二酸化炭素を還元、人工光合成を実現しようとしているのか。石谷教授は、1980年代から金属錯体や半導体による光触媒反応の研究を行ってきたが、その反応機構が複雑なことが、効率のよい触媒開発のネックとなっていたという。そのブレークスルーとなったのは、二酸化炭素の光還元を、高い効率と選択性で行うルテニウム錯体の反応機構を解明したことだ。2007年にはルテニウム錯体によって世界で最も効率のよいシステムを生み出した。

「このシステムでは、光子100個あたり59分子の二酸化炭素を還元することができる。しかも、最新の分析機器でルテニウム錯体の反応機構を詳細に検討することによって、有用な機能を発現するための分子設計も可能になった」と石谷教授。例えば、金属錯体の反応機構の解明に重要な役割を果たしたのが堀場製作所の蛍光寿命測定装置だ。「分析で最も重要なのが励

起時間の測定。この装置は励起状態で発する十億～百万分の1秒の蛍光を、はっきりと捉えることができるもので、メカニズムの解明には欠かせない」と石谷教授はいう。

分子設計の手法を得て、石谷教授が次に取り組んでいるのが、複数の錯体を連結することで優れた機能を実現する集積型錯体の研究だ。二酸化炭素還元にも優れたルテニウム錯体と可視光の吸収に優れたルテニウム錯体を組み合わせたシステムによって変換効率が高まることを明らかにし、次世代の光触媒開発の手がかりを得た(図2)。

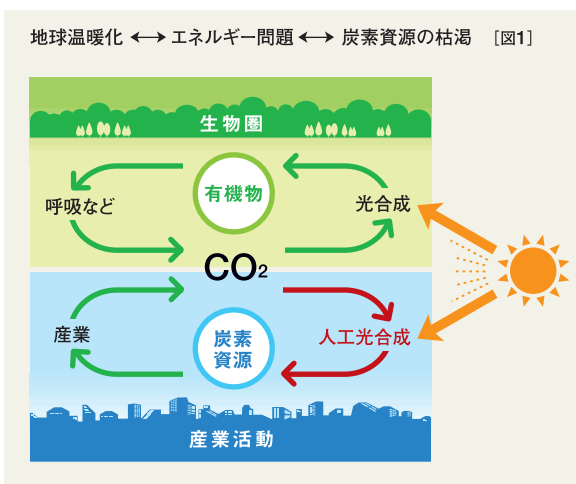


では、金属錯体の研究により、私たち人類は人工光合成実現に王手をかけたのか。「残念ながらそう簡単にはいかない。光合成では、二酸化炭素の還元と水の酸化という2つの光化学反応が連動して起こっている。植物は、葉緑体のなかで2つの反応を巧みにアセンブリし実現しているが、私たちはまだそうした戦略をもっていない」と石谷教授はいう。

逆にいえば人工光合成の研究は、ようやくその段階にたどりついたといえる。現在、科学技術振興機構の支援のもと「水を電子源とする人工光合成システムの構築」というプロジェクトが始動。水の酸化については、首都大学東京の井上晴夫教授らのグループがルテニウムポルフィリンをもちい可視光で効率良く起こすことに成功しており、石谷教授らはそれを金属錯体の二酸化炭素還元と組み合わせることなどによって人工光合成を実現しようとしている。

「本音をいえば、かなりの時間が必要かもしれない。人工光合成の実現には、まだ多くのブレークスルーが必要だ。しかし、あらゆる可能性にチャレンジしていくことでしか、人類は生き残っていけない」と石谷教授。

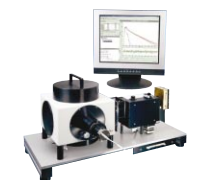
いま「光の化学」が、人類の将来を背負っているのだ。



## ■ 希土類元素や錯体を用いた機能性材料の開発、有機材料からなる太陽電池や有機ELの評価、タンパク質の研究分野に。

HORIBAの蛍光寿命測定装置 FluoroCubeは、TCSPC (時間相関単一光子計数) 方式により標準でサブナノ秒～マイクロ秒台の蛍光寿命測定に対応できます。コンパクト励起光源、フラッシュランプ、分光器、検出器などを選択

可能なモジュール構成で将来的な機能の拡充にも柔軟に対応できます。多様なアプリケーションに応じた最適な測定環境をご提案します。



■ 蛍光寿命測定装置 FluoroCube