

前田研究室

URL <http://www.chemistry.titech.ac.jp/~maeda/>
E-mail maedak@chem.titech.ac.jp



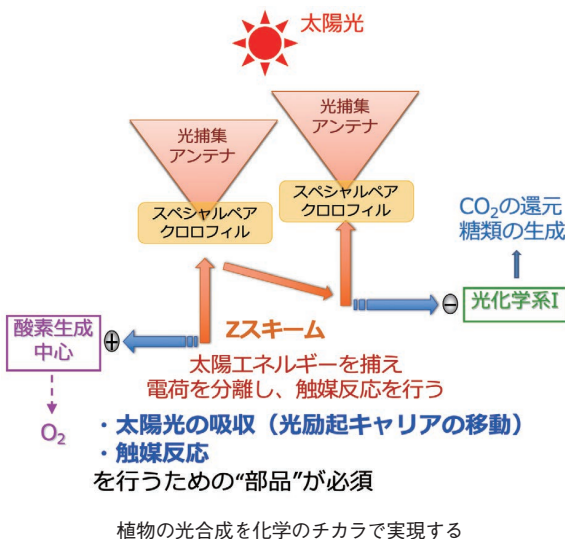
前田 和彦 教授

植物の光合成を学び、真似し、そして超える！ ～人工光合成を実現する化学のチカラ～

1. はじめに

植物が行う光合成は、地球における炭素循環を担う重要なプロセスで、これをヒトの手で行うことは化学者の夢のひとつです。化学の観点で大雑把に捉えると、植物は光エネルギーを吸収する部位と触媒反応（水の酸化とCO₂の還元）を行う部位を有しており、それらは精巧な電子移動経路で結ばれています。すなわち光合成を模倣することは、これらをヒトの手で作りに出すことに他なりません。また、光合成がエネルギー変換反応である点に着目すると、“人工光合成”は植物が行うCO₂固定のみならず、水の分解による水素製造などにも拡張できます。

現在の我々の科学技術では、植物の光合成を完璧に複製することはできません。一方で、精密設計した人工物質を駆逐することで、植物の光合成の機能を超越することが可能となります。すなわち、高効率な人工光合成系の構築は地球温暖化・化石燃料の枯渇によるエネルギー危機など、人類が直面する深刻な問題に対するアプローチとなります。当研究室では、可視光吸収能や触媒能など様々な機能をもった固体材料、ナノ材料、分子を自在に組み合わせ、CO₂固定や水分解に有効な人工光合成系の構築に挑戦しています。以下に代表的な研究テーマを紹介します。



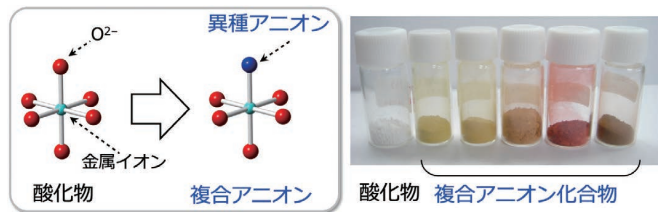
2. 研究テーマ

(1) 複合アニオン化合物を光触媒とした水分解・CO₂固定化

複合アニオン化合物とは、単一の化合物内に複数のアニオン種を含む化合物のことで、単一アニオンの化合物（酸化物など）では見られない革新的な機能発現が期待できます。複合アニオン化合物に特有な可視光吸収能（小さなバンドギャップ）は極めて有用で、人工光合成系を構築するための“部品”となります。一方で、複合アニオン化合物のほとんどは制御された環境下で生み出される人工物質のため、合成は容易ではありません。しかしこのことは、新たな光触媒が複合アニオン化合物の中から見出される可能性を示唆しています。

当研究室では、酸窒化物、酸ハロゲン化物などの様々な複合アニオン化合物の合成とそれらの光触媒機能開拓に取り組んでいます。当研究室で見出した複合アニオン光触媒のいくつかは、既存の光触媒を超える性能を示し、世界の研究者からも注目を集めています。

また最近では、ある種の複合アニオン化合物がCO₂の多電子還元に関与する電気化学触媒となることを見出すなど、既存物質では不可能だった高難度物質変換反応の実現可能性も見えてきました。

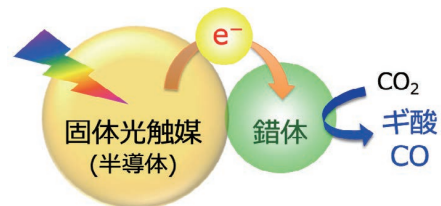


可視光を吸収する複合アニオン化合物

(2) 固体材料と分子の融合光触媒の開発

CO₂還元は関与する電子数の違いにより多様な生成物を与え、かつプロトン（水）の還元と競合します。したがって、CO₂還元を効率良く進行させるには適切な反応場、すなわち触媒活性サイトの構築が不可欠となります。金属錯体はこのような活性サイトとして有用で、例えばレニウムやルテニウムからなる錯体は、CO₂を一酸化炭素やギ酸へ効率良く還元する触媒として働きます。

高効率なCO₂還元（光）触媒となる金属錯体ですが、光酸化力が弱い場合、単独で水を酸化するには大きな困難を伴います。当研究室では、金属錯体の弱点となる光酸化力を複合アニオン化合物などの半導体に担わせ、同時に半導体光触媒の弱点、すなわち還元力の強化を金属錯体に担わせるというコンセプトで、錯体/半導体融合光触媒の開発に取り組んでいます。



金属錯体/半導体融合光触媒を用いたCO₂還元

3. 学生のみなさんへ

好奇心の赴くまま、楽しく研究すること。これが研究室のモットーです。そして、物質合成、解析、機能評価の全てのスキルを世界トップの水準で身につけることができるのが当研究室の強みです。当研究室はまた、国内外の他の研究室との交流も活発です。一研究室という狭い世界にとどまらず、多くの人との協働を通じて研究能力を養い、高い課題解決能力と豊かな人間性を兼ね備えた人材として、みなさんが社会に羽ばたけるサポートをします。まだ見ぬ新物質や高性能光触媒を発見した時の感動、達成感を一緒に味わいましょう！