

人工光合成による水素・化学品合成の研究動向

◆色素増感光触媒による水素製造研究の進展

2022年8月、東京工業大学理学院の西岡駿太特任助教、前田和彦教授らの研究グループは、色素増感型光触媒を絶縁体酸化物とポリマーで修飾することにより、太陽光エネルギーによって水から水素を製造する光触媒反応の効率を従来の約100倍まで高めることに成功したと発表した。

修飾に用いた絶縁体は酸化アルミニウムであり、そしてポリマーはアニオン性のポリスチレンスルホン酸ポリマーを用いており、触媒性能である水分解効率を大きく左右する逆反応の進行を抑制することで実現した。

この触媒により最適化したシステムでは、太陽エネルギーの水素への変換効率は0.12%、波長420nmでの見かけの量子収率（反応系が吸収した光子数に対して、生成物を与えるために使用された電子数の割合）4.1%を達成した。

この新規光触媒開発によって、緑色植物の光合成と同等の太陽光エネルギー変換効率に到達したこととなり、色素増感型では世界トップクラスの性能向上の実現であり、色素増感型光触媒を水素変換デバイスに展開する可能性が示された。

◆貴金属触媒不要の光触媒で二酸化炭素からギ酸を

22年9月、東京工業大学と関西学院大学の研究グループは、鉛-硫黄結合を有する配位高分子からなる可視光応答型固体光触媒「KGF-9」を開発し、この触媒を用いて、二酸化炭素からギ酸に高効率に変換することに成功した。この触媒は貴金属などの高価または希少な金属を含まないため、低コストによる触媒設計を見込むことができる。

◆人工光合成のケミカル事業への取組

22年2月、三菱ケミカルを幹事会社とした、三菱瓦斯化学と人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCHEM）の三者は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から公募された「グリーンイノベーション基金事業／CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発」の研究開発項目4「アルコール類から

の化学品製造技術の開発」に対して、「人工光合成型化学原料製造事業化開発」を提案し採択されたと発表した。本事業は、①「グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証」、②「CO₂からの基礎化学品製造技術の開発・実証」の2つのサブテーマを実施する。具体的には、①において、ARPCHEMを中心に光触媒技術により太陽光を用いた安価な水素製造システムを開発し、商用レベルの製造コストでグリーン水素を製造する技術の確立を目指す。また、②において二酸化炭素と水素を原料として、高効率にメタノールを製造し、これを原料としてオレフィンを製造する技術の確立を目指す。

メタノール製造プロセスに関しては、膜型反応分離プロセスの開発を三菱ケミカルと三菱瓦斯化学が共同で、オレフィン製造プロセス開発に関しては、革新的MTO (Methanol to Olefine) 触媒プロセスの開発を三菱ケミカルがそれぞれ実施する。

◆人工光合成プロセスの活用ターゲット

太陽光による人工光合成プロセスは、カーボンニュートラル社会実現には有効な手段の一つと考えられている。水を分解し水素を製造するプロセス、及び二酸化炭素を水素キャリアに用いられる可能性のあるギ酸などの有用な化学品に変換するプロセスの主に二つのプロセスへの活用をターゲットとして、研究開発が盛んに実施されている。特に、どちらのプロセスにも用いられる光触媒の性能向上が研究開発の最重要課題であり、適した反応器及び精製系も含め、今後の早期の開発進展が望まれる。

【下田晃義】

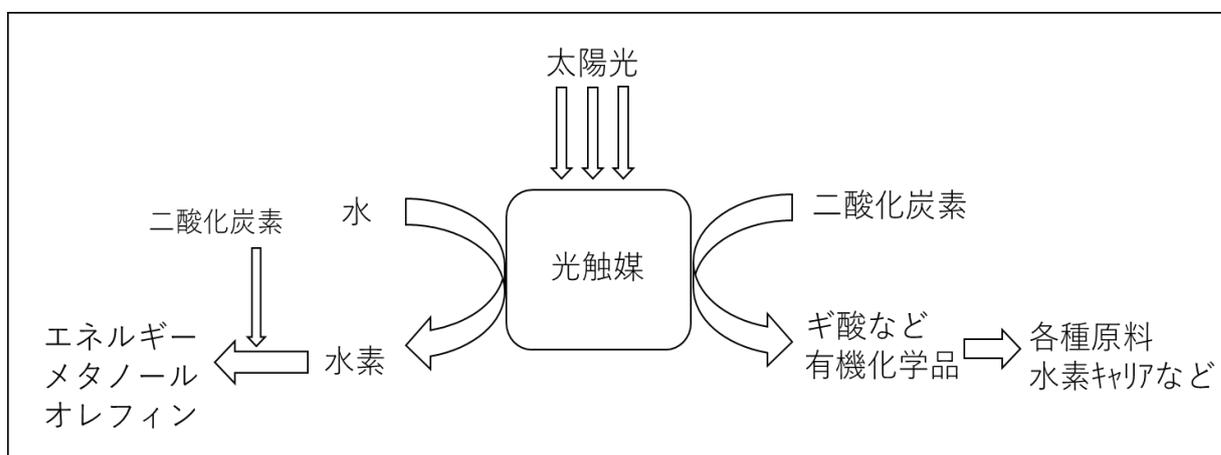


図. 太陽光／光触媒を用いたクリーンケミストリー (ARC作成)