

量子収率約 100%で水を分解する微粒子光触媒

信州大 高田 剛・久富隆史・堂免一成、山口大 姜 君哲・酒多喜久、
東京大 中林麻美子・柴田直哉、産総研 Nandal Vikas・関 和彦

1. 研究背景

半導体光触媒を用いた水分解において高い太陽エネルギー変換効率を出すためには、半導体の応答波長領域を広げることと量子収率(吸収した光子数に対する反応に利用された光子数の割合)を向上させるという二つの要素があります。本研究では後者の要素について、理論限界値である 100%に近い量子収率を達成しました。水の光分解は可逆的かつ多電子移動からなる化学反応であるために逆電子移動の機会が多く含まれ、それが必然的に効率低下の要因となります。このような反応において理論上最大となる量子収率 100%を達成できるかどうかは一般的な疑問かつ重要な挑戦の一つでした。

2. 研究概要

本研究では Al ドープ SrTiO₃ に Rh/Cr₂O₃ および CoOOH をそれぞれ水素生成および酸素生成助触媒として担持した光触媒を用いると約 100%の量子収率で水分解が進行しました。光触媒粒子内で何らかの特別な機能が働かない限りはこのような反応効率はありません。この特別な機能は何かというのが本発表の焦点となります。

結晶性の半導体微粒子内で光励起により生成した電子と正孔が異なる特定の結晶表面に異方的に移動する現象が鍵となります。これによって光励起電荷が一つの半導体粒子内で空間的に分離されることとなります。また、光電着法にて電子が到達しやすい結晶表面に水素生成助触媒および正孔が到達しやすい結晶表面に酸素生成助触媒を選択的に担持することにより、表面まで移動してきたそれぞれの電荷を速やかに水分解反応に移行させることで電荷の流れの停滞を防ぐことができます。これによって順方向の電荷移動のみを選択的に進め、吸収した光のほぼ全てを水分解反応に利用することが可能となりました。今回の研究は高い量子収率で水分解を進行させるための一つの明確なモデル構造を示す結果となりました。

このような異方的な電荷移動は異なる結晶表面間に電位差があるためと考えられます。今後はこのような機能を人為的に触媒に組み込むための方法を確立する必要があります。また、今回用いた SrTiO₃ はバンドギャップが大きく紫外光にしか応答しません。太陽エネルギー変換効率を大幅に向上させるためには上述のもう一つの課題である応答波長域の拡張が必要であり、よりバンドギャップの小さな半導体を用いて同様の機能と効果を引き出していくことが課題となります。

