

ニオブ酸ナノスクロールを用いた色素増感型可視光水素生成反応

(ペンシルベニア州立大*1・東京大*2) ○前田 和彦*1,*2・Thomas E. Mallouk*1

太陽エネルギーと光触媒作用を利用した水の分解反応は、“人工光合成型”の水素製造手法として注目を集めています。もしも無尽蔵な太陽エネルギーと地球上に豊富に存在する水から大規模に水素を製造できれば、地球規模でのエネルギー・環境問題の解決に大きく貢献すると期待されます。

図 1 に我々が目指す水の光分解システムの模式図を示します。この系に可視光を照射すると色素分子が励起状態となり、隣接する半導体微粒子(金属酸化物)へ電子(e^-)の移動が起こります。電子を放出した色素は、系内の電子供与剤から電子を受け取って励起前の状態(基底状態)に戻り、金属酸化物に移った電子は水素発生サイト上で水を還元して水素を発生し、触媒反応のサイクルが完成します。この系では、励起状態の色素から直接水素を生成することはできないため、**電子伝達を担い、かつ水素発生活性点を提供する金属酸化物が重要**となります。さらに、電子移動の効率を高めるため、**色素との強力な相互作用も求められます**。

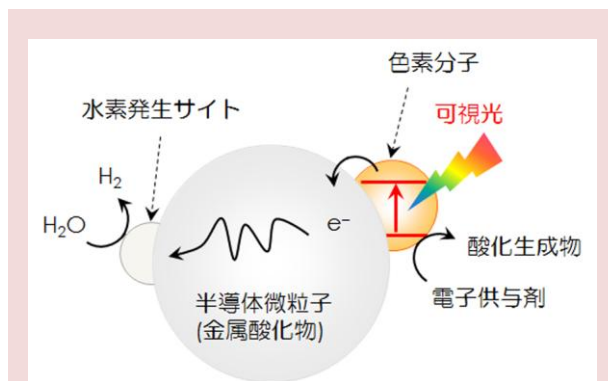


図 1. 色素分子と金属酸化物からなるハイブリッド型水分解システムの模式図

本研究で我々のグループは、**ニオブ酸ナノスクロール**に着目しました。ニオブ酸ナノスクロールは層状ニオブ酸を単層剥離して得られるナノ材料の一種で、その表面には**負電荷を帯びた層の面が高密度に露出**しています(図 2)。ここで**正電荷をもつ色素**を用いれば、強力な静電的相互作用が得られ、その結果として高い水素発生効率をもたらされると考えられます。

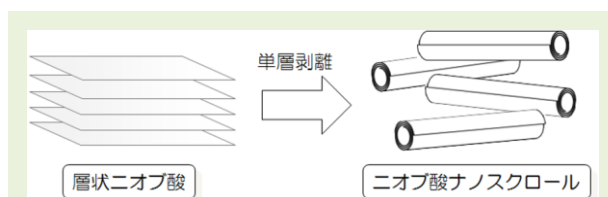


図 2. 層状ニオブ酸とニオブ酸ナノスクロール

実際に、ニオブ酸ナノスクロールと正電荷をもつルテニウム系色素を用いて図 1 に示すような光水素発生系を構築すると、色素の可視光吸収に対応して水素の発生が観測され、**ニオブ酸ナノスクロールは層状ニオブ酸よりも 20 倍以上の高性能を示すことがわかりました(図 3)**。また、このような色素増感型水素発生系にしばしば用いられる**酸化チタン(P25)**を使った場合と比べても、**10 倍以上の高性能を示すことが確かめられました**。

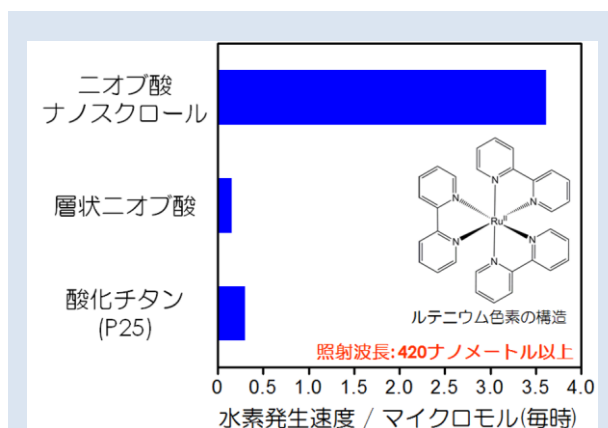


図 3. 各種酸化物を用いた水素発生速度の比較 (電子供与剤: エチレンジアミン四酢酸塩)

用いる色素の種類や反応条件を最適化することで、この反応系の量子収率(反応に使用された電子数の反応系に照射された光子数に対する割合)は、450 ナノメートル付近の波長で 25%以上に達します。今後さらに反応系を改良して酸素発生系と連結することができれば、水を水素と酸素に完全分解する太陽エネルギー変換システムの構築も可能になると期待されます。

【参考文献】 Chem. Mater. **2008**, 20, 6770–6778. J. Phys. Chem. C **2009**, 113, 7962–7969.