

酸化物系光触媒および光電極による水素と有用化学品製造

Photocatalytic and photo-electrochemical production of hydrogen and valuable oxidation reagents using oxide semiconductors

佐山和弘

産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター, AIST-RCPV

E-mail: k.sayama@aist.go.jp

さまざまな化学薬品の製造には膨大な化石燃料のエネルギーが使用されており、その省エネルギー化やCO₂フリー化は非常に重要な課題である。もし、太陽光エネルギーを利用した光電気化学的な化学薬品製造プロセスが高効率・低電圧で実現できれば大きな省エネ効果と低コスト化が期待できるが(図1)、そのような検討例はほとんど無かった。水素を製造販売するだけで利益を上げることは大変であるが、酸素よりも数百倍付加価値のある化成品を製造できれば経済性は飛躍的に向上できる可能性がある。

酸化的な化学薬品製造用の多孔質の酸化半導体光電極を作成し、各種反応を検討した(図2)。酸化剤としては、硫酸水溶液から過硫酸、食塩水溶液から次亜塩素酸塩、炭酸塩水溶液から過酸化水素、ヨウ素酸塩を含む水溶液から過ヨウ素酸塩、Ce³⁺からCe⁴⁺が効率良く製造できた¹⁾。半導体光電極の種類、電解条件などを調整することにより、S₂O₈²⁻、ClO⁻、

H₂O₂に関しては、これまでの報告の中で最も高い性能が得られた。特に、硫酸水溶液中での過硫酸製造の場合、酸素発生は観測されず、酸化生成物の過硫酸への選択性はほぼ100%であった。通常、この電気化学反応を従来の金属電極で進行させるには2.1V以上の電圧が理論上必要であるが、光電極を用いれば0.6Vからでも反応を進行することができる。太陽光エネルギー変換効率(ABPE 効率)は世界最高の2.2%であった。過酸化水素および次亜塩素酸塩も有用な酸化剤であり、特に漂白剤や飲料水の消毒薬として広く使われている。流れた電流に対する生成物選択性は約54%および46%であった。次亜塩素酸塩は現在、直接または間接的な食塩水の電解により膨大な電力エネルギー(1.4V以上の電解電圧)を用いて大量に製造されている。光電極と太陽光エネルギーを用いてさらに効率的な次亜塩素酸製造の低電圧化ができれば大きな省エネ効果が期待できる。本講演では上記の紹介やレドックス媒体を用いた太陽エネルギー変換などの人工光合成の実現可能性について述べる。

(1) 産総研プレス発表(2015.3.6)およびK. Fuku, K. Sayama et al., ChemSusChem, 8, 1593 (2015); Chem. Commun., 52, 5406 (2016).

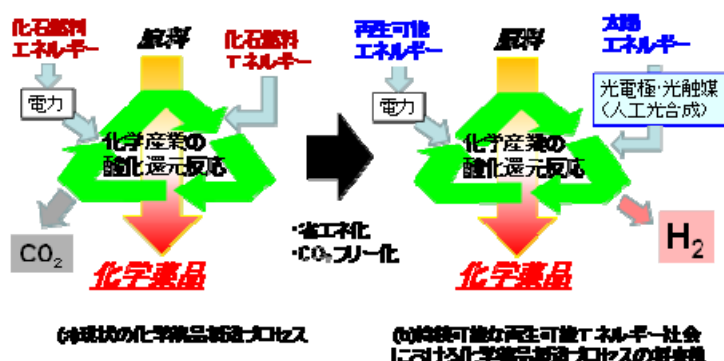


図1：太陽エネルギーによる化学薬品製造の意義の概念図

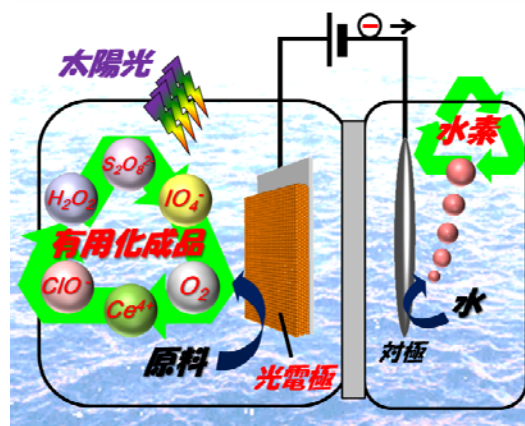


図2：酸化物半導体光電極による水素と有用化成品の同時製造