

太陽光水素生成と電池発電を繰り返す新しいエネルギーサイクル

(名古屋工業大学) 川崎 晋司

太陽光や風力に代表される再生可能エネルギーは出力の安定性に問題がある。したがって、再生可能エネルギー社会の構築には太陽電池のようなエネルギー創造デバイスだけでなく出力の不安定さをカバーするためのエネルギー貯蔵デバイスの開発が不可欠である。大規模発電のバックアップとなると既存の二次電池では価格や安全性に問題がある。これに対して水素ガスの形でエネルギーを貯蔵しようという考えが期待されている。再生可能エネルギーで水素を生成し、エネルギーが必要な時に燃料電池による発電などで水素からエネルギーを取り出そうというものである。再生可能エネルギーで水素を生成するには太陽電池の電気エネルギーで水を分解する方法と光触媒で水素をつくりだす太陽光水素生成という方法の2つが有力である。ここでは後者の太陽光水素生成について議論する。

太陽光水素生成では半導体である光触媒の価電子帯の電子を太陽光で伝導帯へ励起し、励起した電子でプロトンを還元し水素を得る。この時、対となる酸化反応は多くの場合、水の酸化による酸素生成が利用される。この太陽光水分解には大きなバンドギャップの半導体が光触媒として要求される。伝導帯の底が H^+/H_2 の酸化還元電位より十分に高く、価電子帯のトップが H_2O/O_2 の酸化還元電位より十分に低いことが要求されるからである。一方、太陽光エネルギーの有効利用のためには輝度の高い可視光の有効利用が求められるのでワイドギャップ半導体は不利となる。

水素生成の対となる酸化反応を酸素生成ではなくヨウ化物イオン (I^-) からヨウ素分子 (I_2) の生成にすると光触媒に要求されるバンドギャップを 0.7 eV 程度小さくすることができ、高効率の太陽光水素生成が期待できる。しかし、この場合、生成した I_2 分子が I^- イオンと結合し I_3^- イオン

を生成し溶液が着色するため太陽光水素生成効率が低下する。この問題を解決するために単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を利用する。

SWCNT が I_3^- イオンから I_2 分子を引きはがし、チューブ内部に貯蔵 ($I@SWCNT$ の生成) することにより、溶液は透明になる。また、生成した $I@SWCNT$ を金属亜鉛と組み合わせると電池として機能し、発電することが可能である。発電を行うと中空の SWCNT が得られるのでヨウ化水素から水素生成する際に I_3^- イオンから I_2 分子を除去する目的に再利用することができる。つまり、ヨウ化水素からの太陽光水素生成と $I@SWCNT$ を用いた電池発電を繰り返すことができる (図1)。当日はこの“HI サイクル”について詳しく議論する。

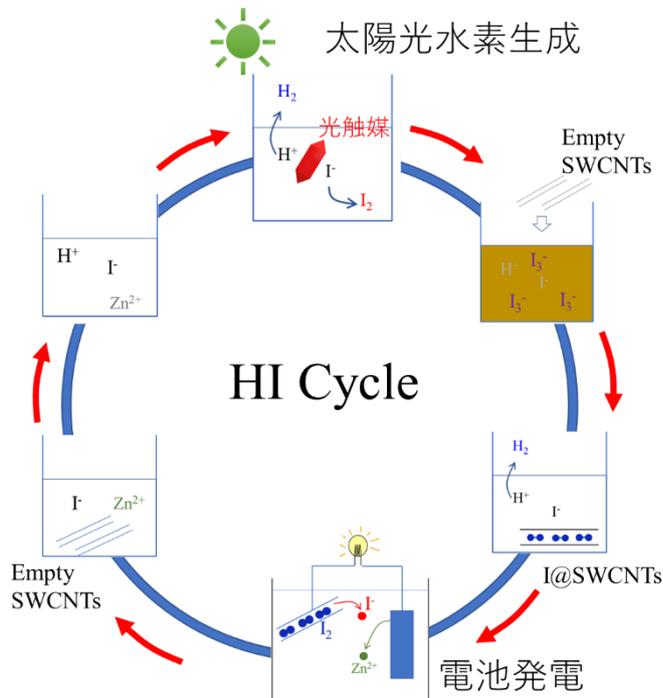


Fig.1 New energy cycle “HI Cycle” to repeat solar hydrogen generation and battery power generation.