

太陽光から水素への高効率エネルギー変換

環境技術研究所（国際環境工学部 環境生命工学科 兼務）

教授 藤井 克司

1. 自然エネルギーの水素としての蓄積技術

太陽電池や風力発電などを用いた自然エネルギーの電力への変換は、自然エネルギーのふらつきのため発電量にふらつきが生じてしまう。すなわち、自然エネルギー利用にはエネルギー蓄積が必須となる。これには二次電池利用が提案されているが、エネルギー蓄積量に比例して電池の価格は増加する。一方、水分解電気化学セルや燃料電池等、電力水素の相互変換デバイスは高価な一方、水素蓄積はそれほど高価ではなく、エネルギー蓄積量に貯蔵システムの価格は比例しない。太陽電池で生成した電力蓄積を、各デバイスが量産化して低価格で製造可能になった場合を想定して比較すると、図1に示すように10kWh前後（日本の一般家庭の平均一日消費電力）のエネルギー蓄積量で二次電池よりも水素貯蔵のほうが安価になるといった結果が得られる。さらに、水素は燃料として直接利用も可能である。

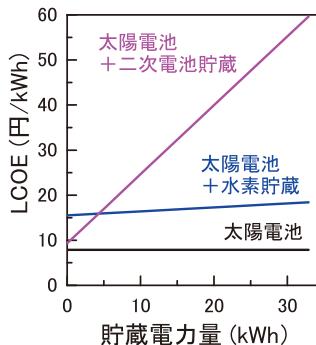


図1 一日平均11 kWhの電力を日本で利用するシステムを基に計算した場合のリチウムイオン電池と水素による電力貯蔵量とその均等化発電原価(LCOE)の関係の模式図。金利等は考慮せず、40%の発電電力は直接利用としている。太陽電池はエネルギー貯蔵を行わない場合の参考値。

2. 太陽電池と電気化学セルの組合せによる水素製造

太陽光を用いた水分解水素製造については、安価な水素製造が期待できる光触媒や光電気化学的な手法が研究の主流であるが、エネルギー変換効率は現状数%であり、開発には時間がかかると考えられる。一方、太陽電池と水分解電気化学セルを用いた水素製造は現在でも10%以上のエネルギー変換効率が期待できる。そこで、図2に示すような接続で太陽電池と水分解電気化学セルによる高効率水素変換を検討してみた。太陽電池も電気化学セルも市販のものを用いている。

太陽電池には最も高効率な集光型積層太陽電池を用いた。この太陽電池はレンズで太陽光を集光するため、電池自体を正確に太陽の方向へ向ける太陽光追尾装置が必要となるなど、通常の太陽電池とは異なる。また、太陽電池自体は40%程度の変換効率であるが、レンズの反射吸収や太陽光追尾装置などのエネルギー損失により、実際の太陽光の電力への変換効率は31%程度であった。(通常のシリコン系の太陽電池の変換効率は15-20%)水分解電気化学セルによる電力から水素への変換効率は、電流密度により高効率条件を得ることができ、ここでは80%程度の条件を用いている。

太陽電池の最高効率を得るには最大電力点の電流電圧を選ぶ必要がある。通常の太陽電池では最大電力点追従(MPPT)装置を用いて最大動作点を保つが、太陽電池で電気化学セルを直接接続する場合は、図3に示すように電気化学セルの電流電圧特性による動作点を太陽電池の最大電力点に合致させる工夫が必要である。通常これは太陽電池と電気化学セルの個数調整で行われ、集光型太陽電池を用いた実験では、3個の太陽電池と5個の電気化学セルの組合せとした。この結果得られた実際の太陽光から水素製造への変換効率は24.4%であった。この値は、太陽光を用いた水素製造が、十分太陽電池と同等な変換効率を達成可能であることを示している。

3. 実際の水素エネルギー貯蔵へ向けて

実際の水素貯蔵には、現実の系に即した装置開発が必要であり、損失を伴う貯蔵を出来る限り避け太陽電池の電力を直接利用する系統や、太陽電池と電気化学セルの電圧整合のためのDC/DC変換などの機器が必要であり、さらなる開発や検討が必要になると考えられる。

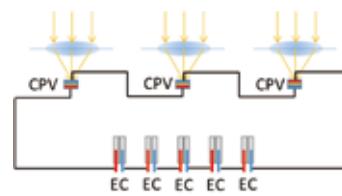


図2 集光型太陽電池と水分解電気化学セルは直接接続している。写真是実際の測定風景。集光型太陽電池は追尾装置の右下中付近に3つ、電気化学セルは机の上に並べられている。

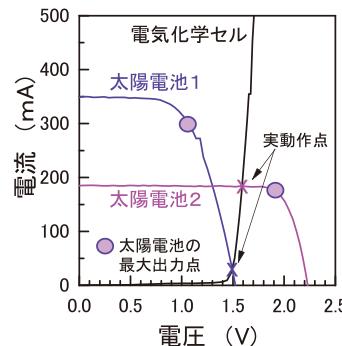


図3 太陽電池と電気化学セルの電流-電圧特性。電流と電圧の交点が実際の動作点となる。最大出力点との差は損失となる。

Profile



藤井 克司

Katsushi Fujii

役職／教授

学位／博士(理学)

学位授与機関／大阪大学

【連絡先】 k-fujii@kitakyu-u.ac.jp

- 研究分野・専門 半導体工学・電気化学・光・化学エネルギー変換
- 主要研究テーマ 太陽光エネルギーを用いた電気化学的手法を用いた水分解水素製造、二酸化炭素還元
- P R・その他 現実に役に立つことを、材料や物性の基礎から検討して製品にまでつなぐことができる研究を心掛けています。もともとの専門は化合物半導体の結晶成長や光開連デバイスですが、最近は光一化学エネルギー変換を主に取り扱っています。