導電性高分子と色素増感太陽電池を組み合わせた蓄電できる太陽電池

瀬川 浩 司

京都議定書により、炭酸ガス排出抑制が義務づけられた今、太陽電池の利用拡大が求められている。しかしながら、暗所で発電できない太陽電池は単独では用途に制約があり、二次電池との組み合わせが必要となる。一方、色素増感太陽電池 (DSSC) は、グレッツェルらにより数%の光エネルギー変換効率をもつセル (通称グレッツェルセル) が報告されて以来、安価で高性能な次世代太陽電池として一躍脚光を集めるようになった¹⁾。筆者らは、この DSSC が湿式太陽電池²⁾のひとつで反応過程に光エネルギーの化学エネルギーへの変換過程を含み蓄電に適する点に着目し、光アノードとカソードの他に電荷蓄積電極を加えた 3 極式の「エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池 (ES-DSSC)」を開発し、太陽電池自身に蓄電機能をもたせることに成功した³⁾。

ES-DSSC (図 1) は、簡単にいうと DSSC と二次電池を融合したもので、グレッツェルセルの対極を白金メッシュにし、その先に陽イオン交換セパレータを介し酸化還元対を含む半電池を電荷蓄積電極として組み合わせたものである。電荷蓄積電極の酸化還元電位は、 TiO_2 を基材とする光アノードからの電子を有効に蓄えられるように TiO_2 の伝導帯 (E_c) よりも低く、DSSC 内のヨウ素の酸化還元電位よりも十分高いものが良い。筆者らは、この蓄電材料に導電性高分子のポリピロールを用いた。光エネルギーは、ヨウ素の酸化還元電位 $E(I^-/I_3^-)$ とポリピロールのドーパ脱ドーパの電位 $E(\text{redox})$ との差分の化学エネルギー (最大電圧は $V_{\text{max}} = E(I^-/I_3^-) - E(\text{redox})$) として貯蔵される。このセルでは、ポリピロールが負極材料となるため、過剰酸化による特性の低下が起きないなどの利点がある。

光照射時に A-B 間を閉じれば、C-D 間に太陽電池出力しながら蓄電もできる。光が途絶えても、十分に光充電が行われていれば C-D 間で出力できる。ここで重要な点は、太陽電池出力時も暗所放電出力時も C-D 間で正負が同じ方向になることである。また、C-D 間に負荷がない状態では、普通の太陽電池では捨てられてしまう光を有効に使って光充電が起こることも魅力である。ES-DSSC は、セル分解構成図 (図 2) を見てわかるとおり比較的単純な構造で、DSSC 同様に製造が容易である。

現在では、電荷蓄積電極の基板としてステンレスメッシュを用い、光充電後の放電電流量や開回路電圧を向上さ

せ、充放電速度も速くすることが可能になっている。さらに、ポリピロール/ステンレスメッシュに Nafion コーティングした電荷蓄積電極をグレッツェルセルの中央に挿入した構造を採用し、電解質を 1 種類にしてセルを単純化し、特性を飛躍的に向上することもできている。太陽電池の多機能化のひとつとして、蓄電機能を付与した色素増感太陽電池の展開に期待がもたれる。

文 献

- 1) B. O'Regan, M. Gratzel: *Nature*, **353**, 737 (1991). M. K. Nazeeruddin, A. Kay, I. Rodicio, R. Humphry-Baker, E. Muller, P. Liska, N. Vlachopoulos, M. Gratzel: *J. Am. Chem. Soc.*, **115**, 6382 (1993)
- 2) A. Fujishima, K. Honda: *Nature*, **238**, 37 (1972)
- 3) H. Nagai, H. Segawa: *Chem. Commun.*, 974 (2004). 瀬川浩司: M&E, **31**, 242 (2004). 瀬川浩司: “薄膜太陽電池の開発最前線”, NTS, 2005, p. 274

図 1 ES-DSSC のエネルギーダイアグラムおよび作動原理図

図 2 ES-DSSC のセル分解構成図

SEGAWA, Hiroshi 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻・助教授, 工学博士。専門は光化学, 電気化学, 高分子錯体化学, 分子工学。

Energy-storable Dye-sensitized Solar Cell with a Conducting Polymer Electrode