

ディビジョン番号	2
ディビジョン名	光化学

大項目	2. 光化学の応用展開
中項目	2-2. 光エネルギー
小項目	2-2-3. 湿式太陽電池

概要（200字以内）

湿式太陽電池の基本的な原理は、本多藤嶋効果で代表されるように、本多、藤嶋、坪村、松村らによって1960年代から研究されてきた。このなかでも、低コスト太陽電池として期待される色素増感太陽電池は比較の実用化が近いと考えられる。現在、エネルギー変換効率向上と耐久性向上、全固体型や電解液をゲル化させたタイプなど、多くの研究がなされている。また、カラフルでフレキシブルな太陽電池、ロールツーロールで作成できる太陽電池、印刷でできる太陽電池、光が当たると電気をためて蓄電もできる太陽電池など、新たな展開が湿式太陽電池を中心に進んでいる。

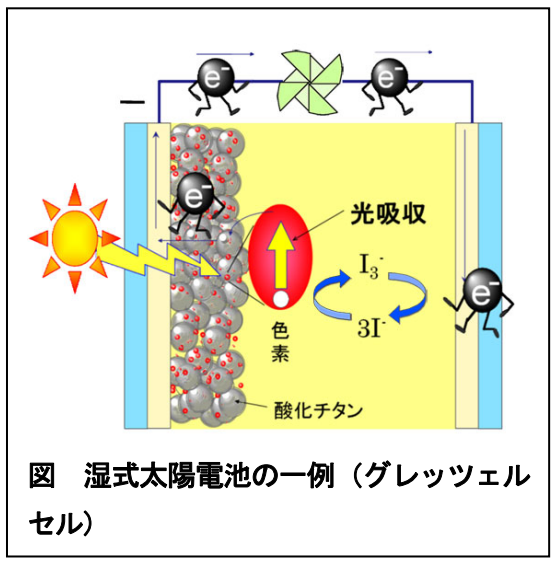


図 湿式太陽電池の一例（グレッツェルセル）

現状と最前線

化石燃料に替わる再生可能エネルギーの獲得が、今世紀の重要課題となっている。再生可能エネルギーの中でも太陽エネルギーは地球上に不偏的かつ無尽蔵に存在し、環境に負担をかけない点でも未来のエネルギーとして最も有力な候補である。太陽電池は、太陽光エネルギーを直接電力に変換するので、自然エネルギーを利用するツールの中では最も使いやすいものである。しかしながら、既存の太陽電池の原料は高純度シリコンをベースにしており、低価格化が要求されるエネルギー生産の方法としてはコスト的に見あうものではない。この問題を解決できる可能性を持つものとして、最近「色素増感太陽電池」(Dye-sensitized Solar Cell, DSSC、図参照)が注目を集めている。

その基本的な原理は、本多藤嶋効果を中心として、我が国では本多、藤嶋、坪村、松村らによって1960年代から研究されてきた湿式太陽電池が原型で<sup>1)</sup>、ワイドバンドギャップ半導体表面に色素を吸着させ可視光増感作用を利用したものが、色素増感太陽電池である。ただし、初期の湿式太陽電池は大量の電解液を使用しておりエネルギー変換効率も低く、「太陽電池」というよりは「光電気化学セル」と言ったほうが正しく、実用的太陽電池の形はとっていなかった。湿式太陽電池は、半導体のバンド間励起によって吸収した光エネルギーを使って電気化学反応を起こすものである。ところが、当初の湿式太陽電池に使われた ZnO、n-TiO<sub>2</sub>などのワイ

ドバンドギャップ半導体は可視光を吸収せず紫外光しか利用できなかった。これを解決するために半導体表面に色素を吸着させ可視光増感作用を利用したものが、色素増感太陽電池である<sup>2)</sup>。ところが、1990年代に入ってスイス EPFL のグレッツェルが実用的な太陽電池としての「色素増感太陽電池」を発表して状況は一変した。既に 1970 年代から多孔質半導体電極を用いると多少光エネルギー変換効率が向上することは知られていたが<sup>3)</sup>、グレッツェルらの TiO<sub>2</sub> 多孔質薄膜を用いた色素増感太陽電池による 7% を優に超える光エネルギー変換効率は衝撃的であった<sup>4)</sup>。その後も改良が進められ、現在では 10% を超える高い効率を報告している<sup>5)</sup>。これらの研究の波及効果は大きく、我が国では、柳田、荒川、宮坂、早瀬、箕浦、昆野、内田らによってエネルギー変換効率向上と耐久性向上、全固体型や電解液をゲル化させたタイプなど、応用面を重視した研究が数多くなされている<sup>6, 7)</sup>。また、この色素増感太陽電池の多機能化の一環として、ITO-PET フィルム上に TiO<sub>2</sub> を焼結させたフィルム型色素増感太陽電池の研究が行われている<sup>8)</sup>。さらに、大型のモジュールも試作されている。グレッツェルセルは、これまでの湿式太陽電池と比べると高い効率を持ち、耐久性も向上しつつある。また、カラフルにしたりフィルムにしたりできるという形状自由度の高さから、従来の太陽電池にはできない機能を付与することができる<sup>9)</sup>。一方、太陽電池は一般に光強度に依存して出力が変動する。例えば日中の太陽光下では出力は最大となるが、暗闇では出力は得られない。このため、太陽電池は外部二次電池と組み合わせて用いられることが多い。ところが、色素増感太陽電池をはじめとする湿式太陽電池は、既存の p-n 接合太陽電池とは異なり、光エネルギーをいったん化学エネルギーに変換した後に電気エネルギーに変換する独特な反応機構のため、工夫すれば二次電池との一体化が可能になる。瀬川らはこの点に着目し、太陽電池そのものに蓄電できる「エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池」を開発した<sup>10)</sup>。今後は、耐久性向上とともに、光エネルギー変換効率の向上に向けた近赤外光吸収色素の開発が重要になる。

1) A. Fujishima and K. Honda, *Nature*, **238**, 37 (1972). 2) H. Tsubomura, M. Matsumura, Y. Nomura, T. Amamiya, *Nature*, **261**, 402 (1976). 3) Goodenough et al., *Nature* (1979). 4) B. O' Regan and M. Gratzel, *Nature*, **353**, 737 (1991). 5) M. K. Nazeeruddin, A. Kay, I. Rodicio, R. Humphry-Baker, E. Muller, P. Liska, N. Vlachopoulos, and M. Gratzel, *J. Am. Chem. Soc.*, **115**, 6382 (1993). 6) T. Tennakone, G. R. R. A. Kumara, I. R. M. Kottegeda, K. G. U. Wijajantha, U. P. S. Perera, *J. Phys. D.*, **31**, 1492 (1998). 7) S. Murai, S. Mikoshiba, H. Sumino, and S. Hayase, *J. Photochem. Photobiol.*, **148**, 33 (2002). 8) Lindstrom, A. Holmberg, E. Magnusson, S. E. Lindquist, L. Malmqvist and A. Hagfeldt, *Nanolett.*, **1**, 97 (2001). 9) 吉田 司, 箕浦秀樹, *機能材料*, **23**, 5-18, 83 (2003). 10) H. Nagai, H. Segawa, *Chem. Commun.*, 974 (2004).

将来予測と方向性

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題  
光合成型太陽電池としての色素増感太陽電池が一部民生用に実用化。
- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題  
本格的な家庭用発電モジュールなどが実用化。

キーワード

湿式太陽電池、色素増感太陽電池、低コスト太陽電池、本多藤嶋効果、光電気化学反応、光蓄電池

(執筆者：瀬川浩司)