

色素増感太陽電池の未来

荒川 裕 則

1. はじめに

21世紀の最大の課題である地球温暖化問題の解決には化石エネルギーから再生可能エネルギーへの大幅なシフト、エネルギー供給のパラダイムシフトが必須である。地熱エネルギーを除く再生可能エネルギーの源は太陽エネルギーである。なかでも太陽光発電システムは最も注目されており、ここ数年の世界の太陽電池の生産量は約2 GWから10 GW以上と急激に伸びているが、世界のエネルギー需要に較べれば依然微々たる生産量である。太陽光発電技術が真に地球温暖化問題の解決に貢献できるためには、太陽電池がわれわれの社会へ大量普及することが必要であり、そのためには太陽電池で発電した電力コストが現行の電力料金より安くなければならない。政府は太陽電池の技術開発目標として、20年後の2030年の太陽光発電による電力コストを、現行の一般家庭電力料金25円/kWhの1/3以下の7円/kWhを掲げている。このコストの実現には、Si太陽電池などの従来の太陽電池ではとても及ばず、安価で高性能な次世代型太陽電池の開発が求められている。

2. なぜ色素増感太陽電池か

色素増感型太陽電池(DSC)¹⁾は、この次世代型太陽電池の候補の一つとして見なされている。DSCの製造コストは、従来型の太陽電池にくらべ1/3から1/5になると予想されているからである。原材料のチタニアなどの酸化半導体や増感色素、電解質溶液などが金属半導体に比べ安価であること、製造プロセスでは高温や高真空の製造条件を必要としないことが主な理由である。仮にDSCモジュールで変換効率8.4%、寿命10年が達成された場合、DSCの製造コ

ストは年間生産量100 MWの規模で79円/Wp程度になると試算され、Si太陽電池が当面目標としている100円/Wpを大きく下まわり、現在の一般家庭電力料金と同等になると推定される。さらにモジュールの変換効率15%が達成されると、製造コストは49.6円/Wpと計算され、発電コストは太陽光発電研究開発の最終ターゲットである7円/kWhに近くなる。このようにDSCは、その経済性に大きな潜在的可能性がある。またDSCは、酸化半導体と色素、基板の組み合わせにより、目的に合わせたカラフル、透明、フレキシブル、軽量などの高付加価値で多様な種類のものが製造可能であり、移動電子機器用の電源など、屋内外の広範囲な領域で使用可能な高機能型発電デバイスともなり得る。21世紀のビックビジネスと考えられている太陽電池業界に、DSCという化学系新産業の創成が期待される。

3. 研究開発の現状

研究室レベルの5 mm角程度の大きさのガラス基板型DSCの世界最高性能は、変換効率12%である²⁾。さらなる高性能化の観点から、色素、半導体光電極、電解質を中心とした開発研究が進められている一方で、高性能DSCモジュールの作製や実用化を目指した耐久性試験、屋外実証試験が国内外において精力的におこなわれている。図1には我々が作製した10 cm角DSCの写真と太陽電池性能(I-V曲線)を示す。発電面積基準の変換効率(η_{ac})で10.3%が達成された。これは経済的観点からみて実用化が十分可能な性能である。また、長期耐久性試験結果についても、-40℃~90℃の温度サイクル試験、85℃・1000時間の加熱試験、連続光照射試験1000時間以上で実用化が有望な成績が示されている。図2は(株)フジクラがおこなっているメートルサイズDSCの屋外実証試験である。今後数年以内に市場に出るものと推定される。

軽量フレキシブルなプラスチック基板型DSCの研究開発も盛んである。TiO₂やZnO光電極を利用したプラスチック基板DSCで5~6%の性能が報告されている。我々は、TiO₂光電極を室温加圧だけで製造する方法を開発し、1 cm角DSCで変換効率8%と世界最高クラスの効率を得ている³⁾。加圧Role to Roleプロセスの採用で量産効果により低価格化も予想される。10 cm角サブモジュールの場合は変換効率4.5%程度であった。図3に写真を示す。国内でも多くの企業が研究開発をおこなっている。軽量フレキシブルな鋼



Future prospect of dye-sensitized solar cell
Hironori ARAKAWA

1976年 東京工業大学大学院理工学研究科
博士課程化学工学専攻修了(工学博士)

現在 東京理科大学工学部工業化学科
教授,
大学院総合化学研究科 研究科長
連絡先; 〒162-0826 東京都新宿区市谷船
河原町 12-1

E-mail h.arakawa@ci.kagu.tus.ac.jp

2010年11月8日受理

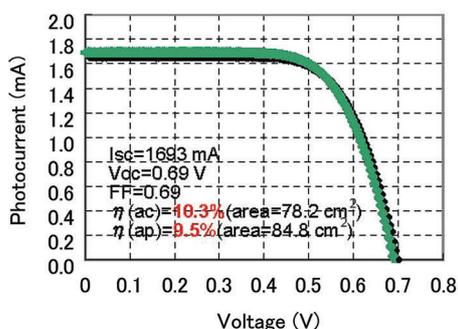
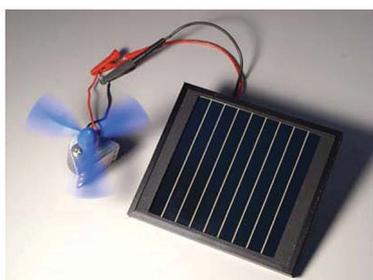


図1 理科大が作製した10 cm 角 DSC サブモジュールとその性能



図2 (株)フジクラの DSC モジュールの屋外実証試験

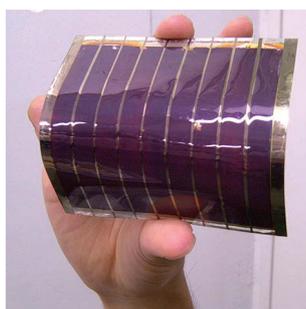


図3 理科大が作製したプラスチック基板 DSC サブモジュール (変換効率 4.5%)

板を基板とした DSC サブモジュールが G24i から販売されているが変換効率は現在のところ 2% 程度である⁴⁾。

4. 色素増感太陽電池の未来

DSC は、個人的には 2015 年ころから太陽光発電所や一般家庭の屋根や壁などの固定サイトに試験的に導入されはじめると予想しており、この際用いられるのはガラス基板の DSC である。10 年後の 2020 年ころには変換効率 10% の DSC が導入され 14 円/kWh の電力が供給できるようになり、



図4 Sony のランプシェード型カラフル DSC

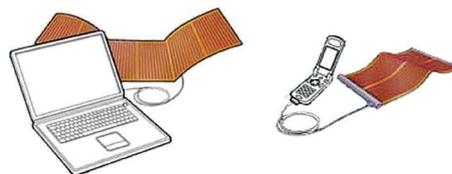


図5 Konarka 社が提案している軽量フレキシブル DSC の用途

化石燃料由来の電力より安くなると想定される。いったん実用化された後は、変換効率の向上の研究開発が重点となるであろう。2030 年には変換効率 15% の DSC モジュールで電力料金が 7 円/kWh が実現されることを期待したい。このころには、地球温暖化問題は太陽光発電の大量導入によりだいぶ緩和されていよう。

DSC の特徴であるカラフル、シースルーが可能と言う観点からは、住宅用の窓ガラスにもカラフルな発電窓として使用されるかもしれない。またソニー(株)が提案するように図4に示すファッションな発電可能なランプシェードのような使用の仕方も出てこよう⁵⁾。軽量・フレキシブルの観点からは、図5に示す携帯電話、ノートパソコンなどのモバイル電子機器電源は、テントやサンシェードの上に貼り付けるような使用の仕方もある⁶⁾。また、休耕田や空き地などに太陽電池シートを広げて発電し、必要に応じて取り除くような使い方もできる。“あふれる光をエネルギーに変える”ようなさまざまな使い方が生まれてこよう。ただし、太陽電池のコストが安いことが条件である。電力システムのインフラの整っていない途上国や未開地には軽くて運びやすくして安価な太陽電池 DSC は必需品となろう。

引用文献

- 1) 荒川裕則; 化学工学, **71**, 424-428 (2007)
- 2) 荒川裕則; 電子情報通信学会誌, **93**, 198-203 (2010)
- 3) 荒川裕則; 化学工業, 293-299 (2009)
- 4) 「日経エレクトロニクス」, 2008 年 5 月 5 日号
- 5) <http://www.sony.co.jp/Fun/design/activity/sustainable/dssc.html>
- 6) Konarka 社パンフレットより