

DSC-IC2009 ショート速報

宮坂 力 (桐蔭横浜大学)

会議名 : 3rd International Conference on the Industrialisation of DSC (DSC-IC 2009)

開催期間 : 2009年4月22日~24日

開催場所 : Nara Prefectural New Public Hall (奈良、日本)

*****要 約*****
色素増感太陽電池(DSC)の実用化に向けた研究開発の成果を情報交換する目的として、DSC を実用化する Dyesol 社 (オーストラリア) が企画して 2006 年に始まった会議である。第 3 回目の本会議では、大阪大学の柳田祥三特任教授とペクセル・テクノロジーズ株式会社代表の宮坂力 (桐蔭横浜大学教授) の 2 名がオルガナイザーを務め、参加者約 250 名、研究発表 38 件を集めて 2 日半の討論を行った。韓国から日本を超える 35 名の参加者があり、Grätzel 教授を含め西欧からも多くの発表があり、新規材料技術の紹介から、実用モジュールの製作、建設物への設置の実証試験など、基礎から応用まで広範囲の情報交換が行われた。

1. 会議の背景

この会議の特徴は、スイス・ローザンヌ連邦工科大学(EPFL)の特許 (M. Grätzel 教授の発明) を取得して DSC を最初に実用化・販売した民間企業である Dyesol 社によって営利事業の 1 つとして企画・運営させている点である。第 1 回が 2006 年に、Dyesol 地元のオーストラリア、キャンベラにおいて、第 2 回が、2007 年にスイスのセント・ガレンにおいて開催され、年を重ねて参加者が増えている。会議の収入は、参加費と展示を募った企業の出展費であり、参加者を事前に集める作業と会議の進行は、オルガナイザーに委ねられている (今回は、宮坂、柳田)。しかし、Dyesol 社自体も研究開発を行っており、Dyesol 社がもつ研究者ネットワークをフルに活用して最先端の研究を行う大学研究者と企業研究機関を集めていることから、結果的に密度の高い会議となっており、この会議に参加することによって、DSC に関して、未発表の最新データや、普段表に出てこない企業の進める研究の開示を含めて、かなりの国際的な情報交換ができてというのが現状である。

2. 今回の会議の特長

当初、経済不況と円高の影響が危ぶまれていたが、これまで最高の 250 名近くの参加者があり、会議は盛況であった。ただし日本国内からの参加者数は 50 名前後と少なかった。DSC の研究開発が盛んな国は、日本、韓国、中国であり、韓国から 35 名を超える参加者があったことは、韓国が追い上げる勢いを表している。しかし会議と並行して行われた展示会は、Dyesol 社 (メインスポンサー)、3GSolar 社 (イスラエル)、SolarCoating 社 (ドイツ)、Solaronix 社 (スイス)、Ermarco 社 (イタリア) など数社のみでの展示であった。これらの企業はまた、研究発表 (自社事業の紹介) も行った。会議の最後には、Dyesol 社の代表者である Gavin Tulloch 氏により、DSC 技術の実情と将来、メリットと課題、Si 太陽電池との競争、DSC ビジネスの置かれる社会状況、政府のエネルギー政策などについて、50 項目以上にわたるこまかな観点が紹介された。技術の各論のみならず、こういった DSC 事業戦略についての話題提供が、企業サイドの何人かの発表者からあったことは、企業で DSC 開発に携わる者にとって貴重な機会を提供している。また、太陽電池の特徴

を、エクステリア、インテリアの一部として、住空間での美的な適応という観点で捕らえる建築サイドの研究の報告もあり、この会議が、太陽電池を取り巻く多くのテーマを開発面だけでなくユーザー面からも集めている点で、情報密度の高いものになっている。

3. 会議での報告内容

3. 1 高効率化

Grätzel教授（スイス、EPFL）から、電極に従来の二酸化チタン多孔膜を使いながら、改良型のルテニウム錯体色素(Z991)を増感色素に使い、これに共吸着の添加剤を併用することによってエネルギー変換効率12.3%（電圧0.69V）を達成したとの発表があった。昨年末に中国の学会で予備実験をもとに予告した数値を確認した形であり、論文も投稿したとのことである。この最高効率は、小型テストセル（面積0.2cm²程度）によるもので、日本からEPFLグループに参加している若手研究者の別所氏が達成したものである。一方、実用化に向けた直列型大面積のモジュールの効率向上は、多くは日本勢が手がけており、大学研究機関（東京理科大学、荒川教授）と企業（シャープ、フジクラ、ソニー、松下電器、Solaronixなど）によって各種サイズのモジュールで6%~8%の値が報告された。以上は、透明導電ガラス基板を使ったガラスセルの結果であり、プラスチック基板を使ったフレキシブル型のDSCにおいては、6%の効率（桐蔭横浜大）が報告された。

3. 2 高耐久化

最近のDSC研究のなかでより明確になってきたのは、環境加速条件（高温高湿）におけるセルの耐久寿命に関する評価結果である。ほとんどがガラス基板型セルの結果であるが、JIS規格の85°C85%の加速試験では1000時間以上の耐久性が実証され（フジクラと荒川教授の共同）、また、Dyesol社では60°Cにおいて10000時間以上の耐久性を確保したとの報告があった。オランダ国立研究所ECN、Solaronix社でも高温下で4000時間以上の耐久寿命が検証されている。アイシン精機では住宅の壁に設置したモジュールが5年以上稼働している。多くの発表の中で、平均的に、60°C~85°Cの高温環境において2000時間以上、連続光照射下（1kW/m²）で数1000時間以上の安定性が確保できているのが現状である。一方、プラスチックDSCにおいては、50°Cの連続光照射下で1000時間の耐久性が得られている。また、以前に比べて、劣化要因の解析も盛んに行われており、封止の不備による電解液の漏出の問題はほぼ対策が進んでいるが、水分の浸入によって起こる色素の脱離や電解液（ヨウ素）の分解、紫外線の進入が引き起こす光触媒反応による色素の分解退色が原因となる発電性能の劣化が問題にあがっている。10000時間を超える高い耐久性は、UVカットを施し水分の浸入をほぼ完全になくした対策による結果と考えられる。また、ヘルシンキ大学J.Halme氏からは性能と耐久性の関係について基礎的な解析、シミュレーションを行った結果が紹介された。

3. 3 色素と新材料の開発

色素に関して多くの発表があった。開発の観点は、これまでのRu錯体(N719 など)より高い吸光係数と耐久性の確保である。吸光能力を増やすためにアンテナ色素を連結したRu錯体系の色素を、Grätzel教授のグループ、国立台湾大学のHo教授のグループが紹介した。Ho教授は新規色素について特に多くの報告を行った。オーストラリアWollongong大学のD.Officer教授は高い吸光係数の各種ポルフィリン色素を増感に使っている。岐阜大の吉田教授はZnOの増感技術で各種有機色素を使用し6%以上の効率と3年以上の耐久性実証試験の結果を報告した。ソニーの研究チームはスクワリリウム色素を用いて7%の効率を報告した。より長波長の近赤外に感度を持たせたRu錯体誘導体の開発については、産総研（つくば）の杉原氏のグループが報告した。一方、耐久性は、微量水分の存在下でのTiO₂からの脱離防止が1つの決め手となり、疎水基を結

合したRu錯体色素、吸着性を強めた有機色素について報告があった。高温下の長期安定性について、Grätzel教授の報告があった。Grätzel教授の考えによれば、色素を選ぶことによって、水分の存在下でも十分な耐久寿命（数 1000 時間）を何ら問題なく出せるということであるが、これについては反論もあった。反論の根拠は、耐久性の劣化は、水分が引き金になる電解液（ヨウ素等）の分解や対極材料の変質も根拠になることである。

3. 4 フレキシブル DSC の開発

有機太陽電池の方向を受けて DSC もフレキシブル化の実用化研究が増加する方向にある。英国の G24i 社は対極に Ti 金属箔、光電極 (TiO₂) 側に ITO-PEN フィルムを用いた薄型フレキシブル DSC の試作の現状を報告した。すでにサンプルの販売を開始しているが、耐久性とコスト高の問題に直面しており、コストは Ti 箔の使用が原因と考えられる。ペクセル社は、フルプラスチックの DSC モジュール開発に関して技術の現状を報告した。テストセルの効率¹は 7%に達し、モジュール効率²は 4%、耐久性は 50°Cで 1000 時間以上である。ペクセル社は今後、有機色素を用いたモジュール製作に注力する。岐阜大の吉田教授のグループは ZnO を低温で電着したプラスチック電極をフレキシブル化に用いており、これを実用化するためのベンチャーを起業したとの報告があった。このほか、イランの大学研究チーム、オーストラリアの Monash 大学、台湾の研究グループからもプラスチック DSC に新規色素を組み合わせた技術の報告があった。フレキシブル太陽電池については、昨今活発化する有機太陽電池(OPV)との競争に触れる場面もあったが、OPV はとくに耐久性に部分で脆弱であり、その評価には多くの課題が未解決であるとの指摘が多かった。

3. 5 低コスト化の戦略

DSC が低コストを売り物にする太陽電池であることは多くの講演のイントロで指摘され、とくに真空工程を使わず Roll-to-roll の連続生産を含めた安価な工程が可能なが根拠とされたが、材料面では透明電極基板（導電酸化スズガラス (FTO) など）のコストが依然として高く、総原価の 1 / 2 近くを占めることが問題視されていた。この対策として、通常 2 枚のガラス電極基板を挟んで作製する DSC に対して、透明電極を 1 枚だけ用いるモノリシック型の構造がいくつかの企業で採択されて試作されている。シャープ、Solaronix 社、ソニー、などがその例であるが、ここでは対極との電氣的連結にカーボン材料が使われ、カーボンは印刷によって設置されている。しかし、この構造はセル全体を不透明として、「透明電極を使った両面発電」を難しくするとされていた。今回の会議では、このモノリシック型を透明構造で作ることを紹介（提案）するメーカーがあった。また、透明電極の材料である FTO あるいは ITO を別の安価な素材で置き換える提案があった。その 1 つはファブリック電極であり、網目状に織った金属メッシュを樹脂で多い、平板のフレキシブル基板に加工したものであり、スイスの Sefer AG 社から報告された。すでに G24i 社などへの供給を計画しているとのことである。また、G24i 社が現在用いている Ti 箔に代えて、安価な Al 箔を DSC 用の耐腐食性の基板として用いることが可能であるとの報告が東洋製罐工業から発表された。表面に特殊な保護膜を加工したことでこれが可能になったとのことで、大阪大学の柳田教授が共同研究を進めている。ペクセル社は一方、フレキシブルなプラスチック基板を両電極に使うことによって電解液の使用(注入)量を 1/5 近くに低減する技術を報告した。ペクセル社も ITO に代わる低抵抗の透明導電プラスチック基板の開発を進めており、従来の ITO 膜の 1/10 以下の抵抗で透明度 75%以上の導電膜を、プラスチック基板に非真空工程で設置する方法を開発している。Ru 錯体色素（とくに耐久性を付与したもの）が依然として高価であることから、これを有機色素に代える研究開発も多く発表された。しかし、最高効率 10%以上は依然として、Ru 錯体の系列で得られており、有機色素は効率が 8~10%の範囲にとどまっている。

3. 6 商品開発と生産プラント開発

商品開発の多くの情報がここで公開された。要旨集には具体的に記載されていないが、これらは口頭でアウンスされた。G24i 社は新しい CEO を迎えて、基板に新材料を採用しながら低コスト化に向けたサンプル生産に余念が無い。フジクラは大型集積モジュール（ガラス型）の実証試験を進め、UV 光による性能の影響（色素のダメージ等）を計測し、高耐久化に適したモジュール構造の仕様を決める段階である。ソニーは、商品化の方向を明確に打ち出した。現在 2 種の色素を併用した “Concerto effect” によって 10% 以上の効率を達成しており、Si 太陽電池との差別化を明確にした結果、主に屋内での用途にも十分に対応できる光発電商品を設計している。ねらう市場は消費者エレクトロニクスであり、自社が培ってきたリチウム二次電池の開発要素技術を DSC に応用する開発を進めており、電源としてはポータブル機器等の電池の置き換えを図っている。パナソニックも同じねらいで開発を進めており、高いモジュール効率を達成している。2 社ともに、DSC の機能を引き出すための Si 系太陽電池（結晶、アモルファス）との比較をしっかりと行っており、その結果がグラフと数値で発表された。屋内照明と微弱な光に対しては、DSC が有利であり、屋内での用途を希望するユーザーも明確になっているとのことである。生産プラントを建設した会社は、G24i のみであるが、ニュース（当日の追加講演）として、韓国の Timo Technologies 社が、ソウル大学や LG 社と共同で、DSC 製造ラインを 2000 万ドルの投資で建設するとの話があった。これには PV 開発を促進する韓国政府から 500 万ドルの支援があるとのことである。応用は屋外用であり、まずは 15×15cm サイズのモジュールを商品化する。