

# XA115

## 太陽光発電の大規模普及に向けた次世代太陽電池の開発

(東京大学 先端科学技術研究センター) ○瀬川 浩司\*

### 【はじめに】

低炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの利用拡大は必須である。その中でもわが国では太陽光発電の果たすべき役割が最も大きい。国内における太陽光発電の導入拡大の目標は、「2030年に一般の戸建住宅の約三割(1400万戸)に太陽光発電設備を設置する」というものであるが、これは一戸あたりの設置容量を3.5 kWとすると全体で約49 GWに相当する。また、事業用太陽光発電も含めると「太陽電池の発電量(能力ベース)を2020年に現在の20倍、2030年に40倍にする」という高い目標も掲げられている。これらの目標は、2008年末の太陽光発電設置容量約2 GWを基にすると2020年に約40 GW、2030年に約80 GWに相当するものである。前述の一般の戸建住宅だけを考えても、あと10年足らずで現状の40万戸強から20倍に増やすことは並大抵のことではない。これを達成するためには、政府や自治体の継続的な支援策に加え太陽光発電設置価格の大幅な低減と、それを可能にするための低コスト次世代太陽電池の研究開発が不可欠である。

太陽電池の分類を図1に示す。現状では、低コスト次世代太陽電池として薄膜シリコン系太陽電池の研究開発が進んでいるが、その次に来るものとして有機系太陽電池に期待が集まっている。既に、欧米では有機系太陽電池の研究開発に相当な力が入れている。有機系太陽電池にはさまざまなタイプのものであるが、いずれもシリコンを使わず、有機化合物、高分子材料、無機半導体材料、有機電解液など、安定確保可能な安価な材料から作られる。また、その製造プロセスも従来の太陽電池に比べれば単純化することができ、製造装置も格段に安くできる。さらに将来的には、印刷工程を利用する太陽電池製造なども可能と考えられる。本講演では、これらの次世代太陽電池の現状と、最近の新技术の展開について報告する。

### 【太陽電池の市場拡大予測と低コスト太陽電池】

米国の調査会社が2009年に発表した太陽電池市場の予測によると、「太陽電池市場は2008年から2013年にかけて年平均成長率17%で拡大することが予想され、2013年には340億米ドル規模にまで成長すると見られる」としている。日本の調査会社の予測でも、2012年の市場規模は4兆6,751

億円になるとしている。こうした中で2009年における世界の太陽光発電設置量は前年比24%増の6.4 GWまで拡大する見込みで、特に低価格の各種の薄膜太陽電池に実績が出始めていることが注目される。2008年には、カドミウムテルライド(CdTe)を原料とする低コスト太陽電池を販売する米国ファーストソーラー社が、販売実績で世界第二位(シェア約7%)に大躍進し、この低コスト化の流れは今後一層加速されると考えられる。CdTe太陽電池の性能は、従来のシリコン太陽電池の性能に及ばないものの薄膜シリコンを凌駕して一気に普及拡大した点に注目する必要がある。ただし、CdTe太陽電池は、原料にカドミウムを使う点から環境への配慮の上で問題があり、わが国では製造していない。今後、有機系太陽電池が効率と耐久性でCdTe太陽電池と肩を並べれば、その市場の獲得が期待でき、経済戦略的にも重要である。日本のある調査会社の報告では、「太陽電池市場が今後成長する中で有機系太陽電池の色素増感太陽電池と有機薄膜太陽電池に注目すべき」としている。特に、色素増感太陽電池は、製造コストが従来の太陽電池より安く、大量生産が可能であり、又、原材料の資源的制約が少ない事から、様々な目的や用途にあった製品開発が可能である。一方、有機半導体技術を使った有機薄膜太陽電池は従来の太陽電池と比較して、軽い、柔らかい、カラフルに出来るといった特徴を持ち、将来はシリコン系では困難な用途であるモバイル製品、ユビキタス機器のバッテリー一源として、太陽電池市場の拡大効果が期待されている。

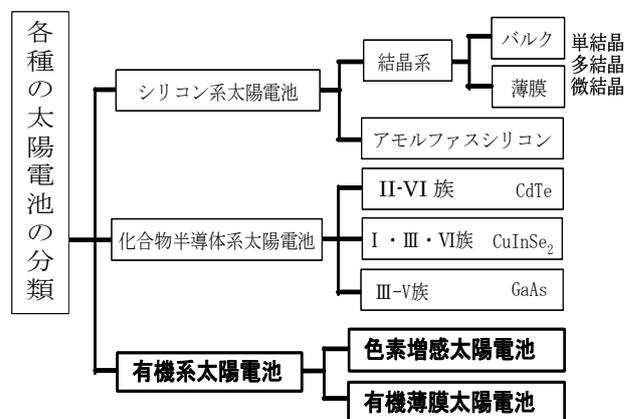


図1 太陽電池の分類

### 【有機系太陽電池の課題】

有機系太陽電池は前述のメリットの一方、現状では従来の太陽電池と比較して変換効率と耐久性において、従来型太陽電池の性能に大きく劣っているのが実情である。このため、技術面の課題解決を加速する必要がある。代表的な有機系太陽電池である色素増感太陽電池と有機薄膜太陽電池では、電子移動やナノ構造構築などにおいて本質的に共通する部分が多く、両分野の研究者が協力することは重要である。また、理論科学、時間分解分光計測、高分子化学、電気化学、合成化学、有機半導体物性、素子作成・評価技術、製造プロセス、などの様々な専門を持つ研究者と技術者を結集することが必要である。有機系太陽電池の実用化に向けた課題は以下の様にまとめられる。

#### (1) 高耐久性有機系太陽電池の開発

有機系太陽電池実用化の最大の課題は耐久性向上である。このため、劣化要因解析と封止技術改良を幅広く行う必要がある。色素増感太陽電池については、電解液の固体化、高耐久性有機色素開発、新規ホール輸送材料開発等を行う必要がある。有機薄膜太陽電池については、安定な新規有機半導体材料の開発、太陽電池特性と有機半導体構造や電池作製プロセス、発電層内部構造との相関などについて検討する必要がある。波長制御レーザー励起光電流分布測定により、太陽電池の劣化箇所の経時変化を観察し分子種毎の劣化状態を明らかにすることなども必要になるだろう。また、これらの知見に基づいて、高耐久性の設計指針を確立し、最終的には最適セル構造及び使用材料を決定し耐久性に目処をつけることになる。

#### (2) 有機系太陽電池のエネルギー変換効率向上

有機系太陽電池は、原理的には発電効率20%も達成可能であるが、これを実現するには電子輸送系の改良による高電圧化、近赤外光の有効利用による高電流化、新タンデム構造の開発などが課題である。有機薄膜太陽電池については、既存のバルクヘテロ接合素子の持つ限界を超え、励起子拡散長と電荷移動度の課題を解決することにより、高効率な有機薄膜太陽電池実現のために必要となる材料技術、素子技術、モジュール技術のそれぞれの基盤技術を確立する必要がある。これには、熱刺激電流測定装置による電荷トラップの解析を行い、トラップサイトの起源を明らかにすることや、これらの知見に基づいて電極やバッファ層の設計を行い高効率化を図ることが求められる。

#### (3) 大面積有機系太陽電池開発

製品の生産を考える上では、低コスト化を実現する高生産性プロセスの技術開発が必須である。こ

のため、印刷技術を駆使したナノ構造形成、封止技術確立、タンデム化等について研究する必要がある。例えば、大型コーターを用いた塗布プロセスによる太陽電池の試作検討を行い、製造プロセス的観点から諸課題の抽出、対策技術についても検討を行う必要がある。さらに、高効率化との関連で、印刷プロセスによる多接合化技術の検討も行う必要がある。

#### (4) 新原理を利用する革新的有機系太陽電池

2020年、2030年といった将来を考えた場合、現状の技術を中心にしながらも、ドラスティックに耐久性や変換効率を向上できる革新的有機系太陽電池の基礎的な研究を進める必要がある。従来の太陽電池の発電原理とは異なる新構造有機系太陽電池について、薄層光吸収型素子や配向性分子の利用等も検討する必要があるだろう。従来の色素増感太陽電池と有機薄膜太陽電池の電荷輸送原理を融合し、これらの太陽電池の延長線上にない、新たな有機固体系太陽電池を設計し、既存の有機系太陽電池の限界を超える高効率と高機能を引き出すための基盤技術などが有力なターゲットである。また、中間バンドの利用や光閉じ込め機能付与といった無機系太陽電池で現在トピックスになっている研究にも取り組む必要がある。

#### (5) 内部に蓄電できる太陽電池の開発

このような、太陽光発電の大規模普及が進んだ場合、最終的に問題になるのが「蓄電」である。この蓄電については、スマートグリッドや電気自動車との組み合わせといった考え方もあるが、その前に太陽電池の系統連携に関し本質的な課題である出力電力安定化・制御を達成することが不可欠である。われわれのグループでは、蓄電可能な太陽電池を開発し、微弱な光もエネルギーとして貯めて出力可能になるだけでなく光量が急激に変化する条件でも常に安定な電力を出力することができる太陽電池を作ること成功している。

### 【まとめ】

太陽電池の用途としては、携帯機器や室内用途などもあるが、やはり主流は住宅用や大規模発電用になる。その場合、モジュール化と厳しいフィールド試験を経て実用化を目指すことになるが、これには忍耐強い技術開発と安定した研究開発投資が必要になるだろう。「継続は力なり」である。グリーンイノベーションの一つとして、日本がこの分野をリードできるように努力していきたい。

\*連絡先 E-mail: [csegawa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:csegawa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)