

## 太陽光発電の2007年レビュー

Michael Adeogun, Technology Analyst, SRI Consulting Business Intelligence

2007年、太陽光発電（PV）市場は活況を呈した。ポリ Si の需給逼迫にも拘らず、セル/モジュールの生産や PV システムの設置では二桁の成長を見た。市場拡大を促進したのは、技術の向上と政府の助成や、株式公開による資金調達への拡大等である。

2007年、ポリ Si の需給逼迫の緩和や生産者のプロセス改善が奏功して、セル/モジュールの小売原価は小幅ながら下落した。あるレポートは、モジュールの2007年の国際平均価格を \$ 4.10/W としており、前年から5%相当の 20¢/W 下落した。同様に、PV システム設置価格も、国際平均価格は \$ 7.80/W から4%下がり \$ 7.50/W になっている。

### **Industry and Market Landscapes**

太陽エネルギー需要急増の主な要因は、政府の補助金政策や公的機関のグリーン購入制拡大ならびに再生エネルギー源からの割高な電力を受容する個人や企業の増加である。2007年、全世界の PV システムは系統接続が80%程度まで拡大し、残りは、系統に接続しない充電用途や民生用途に充てられた。

### **Cell and Module Production**

2007年、セル/モジュールの生産は、2006年の推定生産量3500~4000MWを超え、アジア企業が全世界のセル生産の60%程度を占めた。材料面では、結晶 Si 平面セルが全市場の約90%を占めた。これに次ぐ技術として、三洋やカネカの単結晶スライスに a-Si をヘテロ接合（HIT）したデバイスが挙げられ、さらに各種の薄膜や Si リボン技術が追随する。

- ・日本は、引き続きセル/モジュールの生産をリードしているが、成長率は著しく下落した。
- ・ヨーロッパも、セル/モジュールの生産では主要な地域であった。PV を重視したドイツでは、Q Cells 他が躍進し、全ヨーロッパ生産のおよそ70%を占めた。日本とは異なるのは、様々な業態の企業が PV 事業を展開していることである。
- ・米国のセル生産は増加したが、多くは First Solar の生産拡大に負うところ。興味深いのは、結晶 Si から、a-Si、CdTe、CI(G)S 等の薄膜技術への移行が進んだことである。
- ・その他の国では、中国、インド、オーストラリア、台湾などが大幅に生産量を増やした。中国の生産量は米国を越え、その他の国の生産量はヨーロッパと同等になった。この成長は、株式公開で得た資金に負うところが大きい。

### **PV-System Installations**

昨今の PV 奨励は、系統接続用途が顕著であり、様々な公的支援プログラムが導入されている。支援メカニズムは、固定買取制度、補助金、減税等であり、ドイツ、スペイン、イタリア、日本、米国（多くの州）、中国などの多くの国で導入されている。

高価格の固定買取制度を導入したドイツは、過半数のセル/モジュールの仕向け先となった。米国では、カリフォルニアやニュージャージー等での新しい支援策が成長を支えた。PV 産業への公的な財政支援が、太陽エネルギーは費用対効果に優れ、信頼できる将来のエネルギー源であることをエネルギーシステム供給者に認識させた。これが、オーストラリア、ドイツ、ポルトガル、スペインや米国において、数 MW 規模の大きなソーラーパーク建設を増加させるきっかけとなった。

### **PV Value-Chain Development**

太陽光エネルギーの需要拡大に対し、生産者はバリューチェーン全般にわたって、国内

外、特にヨーロッパにおいて事業拡張を計画している。そして、現在および将来の生産の大部分を、数百万\$規模の複数年売買契約でカバーする考えである。例えば、

- SunPower は、2010 年からポリ Si の供給を受ける 10 年契約を、Hemlock と \$1.13 億で締結した。前払い契約で得た資金は、Hemlock の生産能力増強にあてられる。(Hemlock は、4 年間で生産能力を 17000 t 増やして 36000 t にする計画を発表)
- REC は、Moser Baer PV と \$8.8 億の Si ウエハ供給契約を締結した。

2007 年、多くの企業がバリューチェーン [原料、インゴット、ウエハ、セル、モジュール、BOS (システム周辺機器) コンポーネント、そして時には設置やメンテナンス] のすべて、あるいは極く一部の大きな分野で垂直統合を進めた。これは、供給を担保し市場での立場を強固にするためである。例えば、

- Wacker Chemie (ポリ Si の生産能力を 2006 年の 5500 t から 2009 年の 14000t に増強中) は、2007 年 8 月、Schott Solar との JV 設立を発表し、2012 年までに 22000 t のポリ Si を供給する計画である。さらに、Wacker と Schott Solar は、PV 産業向けに多結晶 Si インゴットとウエハを生産する二つ目の JV、Schott Wacker Solar の設立も発表した。

しかし、2007 年は、すべての PV 企業が順調なわけではなかった。多くの PV 企業が株式公開を進めたが、リスクも発生した。中国企業 2 社 (China Sunergy と LDK Solar) の虚偽申告に対する株主集団代表訴訟、およそ \$1.4 億かけた PV 新興企業 Spherical Solar の経営破綻に伴う ATS Automation の取締役総退陣などが一例である。

### ***PV Technology Development***

PV システム成長には、高コストが大きな障壁で、支援プログラムがなくても、化石燃料に競合できなければならない。セルのコストを下げ続けるには、プロセスも含めた技術革新が不可欠である。特に、材料の使用量 (ウエハの薄型化、切断ロスの減少)、デバイスのデザイン、性能 (信頼性や寿命)、大規模生産、生産技術 (薄膜形成への非真空技術の導入)、Si リサイクル施設の実現やセル/モジュールの効率への対処が重要である。2007 年、PV 産業で注力されたのは、セルの効率向上と W あたりの Si 使用量の削減である。例えば、

- 三菱電機は、150mm<sup>2</sup> の多結晶 Si セルで前モデルを 1.2% 上回る変換効率 18% を達成した。三洋電機は、HIT セルのこれまでの記録 21.8% を上回る 22% を達成した。
- Schott Solar は、セルに新しいテクスチャコーティングを採用して効率を 0.3~0.5% 上げ Si の使用量を 5%/W 削減してコストを下げた。
- Innovalight Inc. は、ナノ結晶 Si インクを使う薄膜結晶 Si セル製造プラントを、\$28 百万調達して建設するが、採用プロセスは結晶 Si の消費量が際立って少ないという。

結晶 Si 原料の需給逼迫下、PV 市場の成長を支えるために、薄膜技術は想像以上のスピードで市場に浸透していくだろう。

2007 年、薄膜セルの生産拡大が多数報道された。Applied Materials や Oerlikon 等の半導体製造装置業者がこの分野に参入し、数十 MW 規模の生産が多く開始され、多接合薄膜セルの商業化が増え、そして、シャープ等の結晶 Si 太陽電池生産者が事業拡大の一環でこの分野に参入し、薄膜セル企業への投資や JV の設立が行われた。例えば、

- シャープは、1GW の薄膜セルプラントを 2010 年までに堺に建設すると発表した。Suntec も、薄膜 (ガラス基板のアモルファス/微結晶薄膜) の R&D および製造拠点を上海に建設すると発表した。この製品の Si 使用量は同等の結晶 Si 製品の 2% 未満でしかないとい

う。Suntech は、現状、効率が 6~9%で当初の生産コストが、効率を 6%と仮定して、およそ \$ 1.20/W の薄膜モジュールを目標にしている。

- CdTe 分野をリードする First Solar は、生産規模を急拡大してきた。ドイツでの 100MW プラント新設に続き、マレーシアに建設中の 2 基のプラントに隣接する 120MW プラントの追加建設を決めた。完成後には、2009 年末の合計生産規模が 570MW となる。
- Schueco Internatinal KG と E.ON AG は、BIPV (太陽光発電建築) 用途 (金属やガラスの壁面) 向け a-Si モジュールの開発に \$ 1.35 億を投資すると発表した。
- 昭和シェルは、\$ 1.27 億を投資して CIGS セルの生産規模を 4 倍の 60MW にすると発表した。
- 2007 年末、Nanosolar は、フレキシブル CIGS セルを初出荷した。特筆すべきは、セルの製造に非真空印刷プロセスとナノ粒子インクを使用することである。

2007 年は、本格的なロール方式により DSC (色素増感) が G24 Innovation によって生産された画期的な年であった。一方、ポリマーおよび低分子系 PV 技術はまだ研究段階にあり、効率と性能面では DSC や他の薄膜セルに劣る。今後、量子ドットや CNT などのナノテクが、有機系セル開発の様々な局面で一定の役割を担うことになるだろう。例えば、

- 2007 年 10 月、G24 は、印刷方式によるフレキシブル DSC の限定生産を開始した。そして、DSC 開発を加速するために、BASF と共同開発契約を締結した。
- シャープは、n/p タイプの導電性ポリマーを使った 1 cm<sup>2</sup> の有機薄膜セルで、記録的な効率 3.5% を達成した。
- 三洋電機は、テトラフェニルジベンゾペリフランテン (p 型半導体) とフラーレン (n 型半導体) をベースにした有機セルを公表した。0.033 cm<sup>2</sup> のセルで効率が 3.6% という。

#### ***Look for These Developments in 2008***

- 精錬能力拡大により、ポリ Si 価格は \$ 30~\$ 50/kg に下落するだろう。
- モジュールや PV システム設置の価格が、下落を続けるだろう。
- 年末までに、シャープと Suntec の生産能力は 1GW に近づき、多くの企業が 500MW 以上の生産能力になるだろう。
- PV 高効率化技術の開発や Si 生産規模の拡大等に支えられて結晶 Si 技術の優位性が続く中、薄膜結晶 Si 技術が台頭してくるだろう。
- PV 研究の進捗を注視しておくこと。セルの多接合、太陽光集中システム、有機セル等の分野で、コスト優位の代替技術が出てくるだろう。DSC (G24) や印刷方式による CIGS (Nanosolar) の大規模な商業化が実現するだろう。
- 薄膜技術の中でも、CIGS はめざましく成長し、生産規模が拡大するだろう。結晶 SiPV 企業の薄膜分野への参入も増えるだろう。
- PV 企業の生産規模拡大のため、民間投資や株式公開が増加するだろう。競争が激化し、バリューチェーンの統合がさらに進むだろう。
- PV 産業にとって重要な支援プログラムを左右する公的政策動向を注視しておくこと。
- 数 MW の大規模ソーラーパークの建設が増えるだろう。それは PV 産業が健全である証しであり、投資家が再生エネルギー政策に確信を持つことによって実現される。

以上