

Photon's Conference にみる太陽電池業界の最新動向

未来技術フォーラム神戸 板山克広

2012年3月26日から3日間にわたり独・ベルリンで開催された Photon's Solar Terawatt-hours Conference Series に参加し、PV産業にとって大きな転換点となると見られている2012～2013年の市場・業界動向に関する情報収集を行った。例年のように、主題ごとに50～100名の各国の専門家を集め、まる一日をかけて集中討議する方式で6つのConferenceが開催された。そのうち、Solar Silicon、PV Investors、Solar Electric Utilityの3Conferenceに参加したので、その概要を以下に報告する。

① 2011～2013年のシステム設置市場：

2011年のPVシステム世界市場は、年後半の急激な伸びにより、前年比55%増の27.6GWと年初の不安を払拭する堅調な伸びを示した。システム設置市場については公式な統計数値はなく、また定義の違いもあり各調査会社・工業会の発表に違いがあるが、iSuppliのデータによると、独7.5GW、伊7.6GW、仏1.5GW、英0.9GWと相変わらずEUがその約70%を占め市場拡大を牽引した。しかし2011年の特徴は、中国2.1GW、米1.9GW、日1.3GWと非EU市場が急伸し新たなGW超え市場を形成したことで、2012年以降、これら3国にインド、オーストラリア、マレーシア、タイを加えたアジア・太平洋地域への市場拡大が、現実のものとして姿を現しつつある。

一方、PV導入が先行するEUでは、その累積導入量(51.3GW)が全消費電力量の平均で2%、ピーク電力では4%を賄うところまできており(ドイツだけみると平均で4%)、買取価格の順次切り下げもあって2012年の設置量は一旦10GW近傍まで収縮すると見られている。しかしながらシステムの急速な低価格化により、発電コストが電気料金を下回るGrid Parity成立の状況となっており、今後はユーティリティ等による投資目的中心から政策インセンティブに依存しない本来の電気代削減目的での導入に移っていくと見られている。EPIA(欧州太陽光発電産業協会)によると、欧州全体では本来21GW/年の導入ポテンシャルがあり、今後はドイツ、イタリア以外の国々での導入が進み、10～15GW/年の安定した市場を形成していくことが期待されている。

このように、2012年のシステム市場は市場シフトの節目の年に当たり、EUの急落と新興市場の成長が相殺される形で2011年並(25～30GW)となり、2013年以降に+10～20%程度の安定成長時代を迎える、というのが業界の共通した見方となっている。従来、調査会社によるこの種の予想は外れることが多かったが、現在はユーティリティ・大型プロジェクト主導の市場でほぼ需要規模が読めること、急激な政策変更、予想外の新規需要出現などのサプライズ要因が期待できないことなどから、2012年が成長ストップの年となることは確実視されている。

② 2011～2013年は業界淘汰のステージ：

前述のように前年に続いて高成長を遂げた2011年のPV業界であるが、数多くの欧米企業の経営破綻、工場閉鎖、要員削減が報道され、ついにはセル製造トップ10の常連であったQ-cellsの破綻が直近に報じられた。これは、足下の好調な需要と今後の大きな成長を見込んでトップ企業がシェア確保の為に能力増強競争に入ったことと、中国企業を中心とした新規参入が相次いだことで需給バランスが崩壊し、ポリSi～モジュールの各製品段階において価格競争が激化したためである。2012年は、新規設備立ち上がりで成長停滞の重なりで需給バランスが更に悪化し、各製品段階での実需要は設備能力の半分以下となると見られている。既に2012年初頭のモジュール在庫は、4か月分の需要に相当する10GWを超え、設備稼働率の急速悪化が報じられている。

Photon Consultingによると、モジュールまでの上流側の製造業者の付加価値はシステム設置価格の高々31%とされている。低価格化が最も進むドイツ市場では、住宅用システム価格で\$5.2/W、

大規模・電力用で\$3~3.7/W が報告されている。iSuppli の調査によると、2011 年の一年間での価格下落率はシステムで 23%、モジュールで 45%と、大規模電力用市場で際立つ強い価格低下圧力がモジュール価格全体の押し下げに繋がっている。この結果、製造業者が大幅な赤字を強いられる一方、システムメカ、設置・サービス業者が利益を出すという業界の構図が固まり、供給過剰の状況が鮮明となる 2012 年は、この傾向が一層強まると考えられている。

このような製造メカ苦難の状況は長期化し、“次の波”が訪れる 2013 年までに各業界での企業淘汰が本格化的に進むと予想されている。Photon Consulting は、2011 年での企業数(ポリ Si : 約 30 社、インコットウエハ : 約 70 社、セル : 約 100 社、モジュール : 約 110 社)が 2013 年には少なくとも半減する、と厳しく予測している。新規参入した専門メカの多くは財務体質が弱く、赤字状況が継続する中で経営破綻の危機を迎える。一方、体力のある大手メカは、原料～システム設置・サービスまでのバリューチェーン全体で利益を確保することを目的に、上・下流側との垂直統合あるいは協力関係強化を進める動きを強めている。また、EU から非 EU 諸国への市場ソフトに伴い、“製造拠点ー市場の距離”という新たな問題も加わる。更には、米国での中国製セル・モジュールに対する ITC 訴訟に見られるような摩擦も生じている。今後、**業界構造・秩序が国際的に大きく変化していくことも予想される。**

③ ポリ Si 業界の動き :

Wacker、Hemlock、GCL、OCI といった強力な Tier1 メカが存在するポリ Si 業界も前述の厳しい状況と無縁ではない。20%の伸びを示した 2011 年のポリ Si 生産量 21 万トンは上記 4 社の実質設備能力 19 万トとほぼ一致。トップ 10 各社の稼働率は 90%を超え合計シェアが 90%となった一方、残り 23 社で 10%を分け合う結果となった。4 社のシェア争いは極めて熾烈で、意欲的な設備増強も継続され、2012 年の生産能力は Tier1 の 4 社だけで 25 万ト、業界全体では 35 万トとなる見込みである。一方、需要は前年並みの 20 万ト近傍に留まることが予想され、**需給ギャップが急拡大する。**これを受けて、2011 年のポリ Si 価格は年初の\$80/kg から年後半に急落し、**2012 年初めにはスポット価格で\$20/kg 台前半、長期契約価格で\$30/kg 近傍となった。**

一方で、ポリ Si 生産の主流となっているゾーメンス法は低コスト化が進んでいるトップメカでもキャッシュコストで\$17~24/kg と言われており(Photon、iSuppli、Centrotherm 等の推定)、Tier2 以下のメカにとっては現時点のスポット価格は限界利益すら出ないものとなっている。このような状況から、Tier3~4 メカの撤退、Tier1 メカの設備投資先送りにより **2012 年に設備能力は 25 万ト程度に縮小し、需要の回復する 2013 年には需給ギャップがほぼ解消すると予想されている。**この結果、価格はスポット\$20/kg 台前半、長期契約\$30/kg 前後で下げ止まり、**2013 年以降、スポット、契約価格ともに\$30/kg 前半に収斂していくと見られている。**

価格競争と並んで品質競争も無視できない状況となっている。ポリ Si の不純物量バラツキによる高性能歩留への影響は大きく、このため 9n+の電子グレードと 7n のソーラグレードでは長期契約、スポットともに\$6/kg 程の価格差がある。原料の金属 Si の品質により、ポリ Si メカは品質バラツキ抑制のための余分なコストを発生させており、**良質かつ安定した品質の金属 Si の確保がポリ Si メカにとって極めて重要となっている。**更に、出荷用のシリング費用、輸送費などの金属 Si の隠れたコストも無視できず、**山元～金属 Si～ポリ Si の流れ全体を通しての品質・コストの最適化が今後のポリ Si メカの課題**と言われている。このため、Wacker、OCI、GCL、LDK、コーニング、ブルスター、信越化学などが欧州、中国、豪州、マレーシア、米国等の金属 Si メカの抱え込みに動いている。勿論、金属 Si の主用途は化学・冶金用であり、体力のない Tier3 以下のポリ Si 専門メカにとっては更に不利な状況となることが予想される。

④ ポリ Si 代替新技術ならびにその他材料技術 :

ポリ Si の主流の製造技術であるジーンズ法は、Hydro-chlorination(HC)法の採用によりこの 10 年間でエネルギー消費量が 1/2 以下、生産性は約 4 倍となり、低コスト化が急速に進んでいる。これに対抗する FBR(流動床炉)法は、ジーンズ法とほぼ同等の設備生産性ながら消費エネルギーが 1/2 以下と低コスト化技術としての期待が大きい。現時点での実生産は MEMC と REC の数千トンレベルのプラントのみだが、今回、Siliken より技術ライセンスの PR があった。同社は、中国で 125 トン/年炉×80 基の 1 万トンプラントを立ち上げ中。同社によると、本プラントでのポリ Si 製造総コストは\$19.6/kg で、析出炉能力を 250 トン/年と大型化することにより同規模の次世代プラントでは\$15.2/kg を達成できるとのことである。設計は既に完了しているが、操業の安定化、スパック歩留改善、インゴット製造での使いこなし技術(遷移金属濃度が高く方向性凝固が必要)、を課題として挙げている。

もう一つの対抗技術である冶金法については、Elkem と Silicor から報告があった。Elkem は同社の ESSTMを 70%配合したインゴットから製造したセルの評価結果を紹介。Voc624mV、Isc33.8mA/cm²、FF78.7%、 η 16.6%といずれも通常のポリ Si を用いたセルと同等以上の性能としている。また、不純物量が高いことにより懸念される逆耐圧 RBV、光劣化 LID についても、インゴットウエハプロセスでの適切な対応により問題ないとのこと。現状の生産量は 5 千トン/年レベルであるが、12 千トン/年の No.2 プラント計画(立地未定)。一方、Silicor は通常の大気炉を用いて金属 Si を Al で精錬することを特徴とする。900°C近傍の低温において Al で不純物を除去(Al と Si の共晶を利用)した後、洗浄→方向性結晶成長→切断・梱包のプロセスにより 6n+クラスの Si を製造する。本法の特徴は B、P 他の不純物濃度を抑えて電子グレード並みのセル変換効率を出せることと、FBR 法より更に低コスト(<\$20/kg)を狙えるところにある。エネルギー消費が 25kWh/kg と低いことに加えて、副産物の Al-Si(構成比 34%)を自動車用母合金として\$2~3/kg で、そして洗浄工程で出る塩化アルミ(同 51%)を水処理用に\$0.05~0.15/kg で活用することにより、低コスト化を実現している。同社は Calisolar の子会社で、カナダ、米国、ドイツに拠点を有し、既に 65MW の出荷実績があるとのことである。

PV モジュールのコストダウンを進める中で、最も大きな障壁となっているのはモジュールコストの 1/3 を占める Si 材料費で、前述のように今後セル価格の下落に対してポリ Si 価格がむしろ上昇することを考えると、この問題は更に深刻化する。インゴット製造～モジュールの工程において、比較的材料歩留の高い多結晶タイプでも Si は 2/3 程度減失するが、その減失の 65%がウエハ製造工程で発生する。現状、インゴットから一般的に使われている 180 μ m 厚ウエハをスライスするのに、ほぼウエハと同量のカーボス(切り代)が生じる。100 μ m 程度までのウエハ薄肉化、あるいは細径ワイヤによるカーボス低減が課題とされているが、いずれも多く課題を抱えており、現状、解決策が見えていない。一方、冷却スラリーからの Si 切削屑の回収は、切削材の SiC との分離が難しくこれも実現していない。しかしながら近年、SiC 分離が不要な固定ダイヤモンド砥粒によるスライス技術の実用化が進んでおり、この問題に光が見えてきた。今回、Garbo 社が Q-Cells 等との共同開発(FAS Project)による Si 切削屑回収技術を発表。切削屑は平均粒径 \sim 3 μ m と小さいため、表面の酸化とケラント・ワイヤ成分による表面汚染が問題となるが、ケラント種類(水系、グリコール系)、ワイヤ種類(砥粒固定用金属/樹脂バインダー)によらず基本的には化学エッチにより除去可能である。問題は、処理後の溶解原料に整形する迄の工程における微粒であるが故の酸化・汚染である。同社は第 1 ステップとして、5~10mm 径の粒状のものを純度 5.5~6N、コスト€5/kg で溶解補助原料用に製品化。第 2 ステップの目標では、溶解工程を加えて純度 6N+ の塊状のものをコスト€<10/kg でソーラグレード原料として製品化することを目指している。セル低コスト化に向けた一つの重要な試みと評価される。

以上