

## 2012 PV Korea World Forum にみる太陽電池業界の最新動向

(株)コベルコ科研 中上 明光

未来技術フォーラム神戸 板山克広



会議・展示場 (KINTEX.Seoul)

2012年2月15日から3日間にわたりソウル・KINTEX で開催された首記フォーラム並びに併催された展示会 EXPO Solar に参加した。昨年開催された本フォーラムは、大手財閥企業の積極的な成長戦略の発信の場となり活況を呈していた。PV 産業の成長速度減速の感が漂い、また中国勢の世界市場席捲が顕著になりつつあるなかで、最近、韓国企業の戦

略見直し・慎重姿勢への転換に関する報道が相次ぎ、それを反映してか大手モジュールメーカーの出展

は皆無で来場者も大幅に減少していた。韓国国内の PV モジュール市場は規模、成長性ともに期待は小さい。直後に開催され韓国勢も含めた世界中の大手モジュール・セルメーカーが参加したビッグサトでの PV Japan は、足の踏み場もない混雑ぶりを見せ、地域市場の成長性と産業の勢いとの強い連関性を認識させるものであった。

一方、最新技術関連と市場・事業動向の2会場に分かれて開催されたフォーラムは、200人収容の会場がそれぞれほぼ満席状態であった。技術系では11件の報告があり、そのうち韓国企業が活発に研究開発を行い生産にも動き出している CIGS 系薄膜太陽電池の報告が5件と最も多かった。ここでは、高効率の太陽電池として世界的に研究開発が進められているバックタフ型結晶 Si 太陽電池と併せて紹介する。また、競合状況・市場の構造的変化が起こりつつある PV 業界の直近の状況、ならびにそれへの韓国企業の対応についても紹介する。

### ① 直近における PV 業界の状況：

2011年の PV システム世界市場は、2010年の150%成長の反動、EU 諸国における FIT 見直し警戒などから、年初は低調な滑り出しを見せ2010年並の需要予想もされたが、Solarbuzz の集計によると結果的には前年比60%増の27.5GWに達した。これは FIT の大幅な変更が2012年以降に先送りされたドイツ(7.5GW)、相変わらず好調なイタリア(6.5GW)などの EU 諸国の牽引によるものであるが、大きな変化は中国(2.9GW)、米国(2GW)などの非 EU 新規市場が立ち上がりを見せ始めたことである。2012年は、投資環境の悪化、FIT の順次切り下げにより EU 市場が15GW以下に縮小均衡するのが確実視されるのに対して、中国、米国に加え全量買取の始まる日本、経済成長著しいインドなど非 EU 市場が急成長し、世界全体では前年並みの25~30GW程度が予想されている。2013年以降はこれら新興市場の堅調な伸びと EU 市場の安定化により、年率+25%程度の安定成長市場へと移行されることが期待されている。

このように、EU からアジア・太平洋地域への市場シフトにより、2012年は一時的に市場拡大が足踏みし、この間に業界構造の大きな変化が進展すると見られている。2011年の27.5GWは年後半の駆け込み需要によるものであり、その多くはフィールド設置用等の大規模システムであった。さらに2012年以降期待される米、中国(場合によっては日本も)市場の伸びも、これら大規模システムによるものと見られている。価格が重視され多結晶 Si モジュールが主流となる本用途では、圧倒的なコスト競争力と供給能力を有する中国大手企業の独壇場となっている。

また、2012年の需要見込み25～30GWに対する実質的な供給能力は35～40GWと見られており、この需給ギャップが10GWに迫る在庫積み上がりに繋がり、モジュール平均価格の2011年で～▲30%、2012年でも～▲20%という急速な低下の要因となっている。この価格低下は日・欧米が得意とするルーフ用的高级品種にも波及し、2012年には\$1/Wを切ると見られている。

このような中国企業による市場支配は、Hemlock、Wackerが頑張るポリSi(といってもOCI、GCLがそのシェアを伸ばしつつあるが)を除くサプライチェーン全般に亘り、日・台・韓を加えたアジア全体の生産シェアはインゴットウエイトで90%、セルモジュールで75%に及び、まさにアジアが結晶Si系PVの世界製造基地となった。このような事業環境において、セル製造トップ10から欧州メカが姿を消し、Q-Cellsが破綻するなど欧米メカの苦戦が伝えられる。ポリSi価格が\$25～30/kg近傍で安定化する一方、システム価格低下圧力が続くPV産業において、強力なサプライチェーンの構築が必須となっている。中国大手企業に見られる垂直統合化、中小メカの統廃合の波はさらに強まるものと分析されている。

## ② 韓国企業の対応：

冒頭に述べたように、一年前の本フォーラムにおいては、Hyundai、LG、Samsungなど財閥系企業の結晶Si系PV関連事業への積極投資姿勢が際立ったが、これまで述べたような2011年における事業環境の急変により計画の見直しが相次いでいる。その代表はSamsungで、結晶Si系モジュール生産のゼネラル見直しを表明。既存の150MWラインを全面ストップしてSDIに事業移管するとともに、STX、Hyundaiとの装置売却交渉に入っている。Hyundaiも現有の600MWファブの稼働率が50%に届かず、No.1プラントを閉鎖してSK-Hynix、POSCOと装置売却交渉を行っている。数量的には大きな伸びを続けてきたPVシステム市場であるが、それに比例して価格低下も進み、LUXの分析によると、金額でみた市場規模の伸びは2010-2011年でむしろマイナスとなっている。低価格品主導と市場の中国企業による支配が当面続くと見られる状況で、後発の韓国メカにとっては、投資/事業継続リスクの大きさに比して市場魅力度は小さく、と判断されたものと見られている。

しかしながら、上記2社ともに、結晶Si系モジュールとは別の市場を形成し今後の成長が期待されているCIGS系への投資は継続する。Samsungは2015年までに1.2GW規模での量産化を表明するとともに、Solar Frontierとの協業を検討していると言われている。HyundaiもSaint-Gobinとの合弁でHyundai Avancisを設立し、CIGSに挑戦するとともに同社で結晶系Si事業も継続する。このように足下での中国メカとの競合は避けつつも、将来に備えた取組みを行いつつ様子見をしている、との観測もされている。

これに対して、既に900MWの能力を有し業界で一定の地位を築き上げつつあるHanwhaは、1.5GWへの拡張計画を発表し積極姿勢を堅持している。同社の戦略は、ウォルフェネルギー、クリスタルソーラの買収に見られるように、成長市場である米国への積極的な進出と思われる。また、LG電子も現状の330MWから2013年までに1.2GWへと能力増強を進める。今回のフォーラムでは、EUでの市場開拓・事業開発についての興味深い紹介があった。前述のように、同市場は一旦15GW規模の縮小均衡に入り、その後安定成長市場へ移行するが、その中で大規模電力用途が減り性能重視のルーフ用途が伸びると見られている。同社は用途別顧客満足度調査を行い、ブランドイメージ、デリバリーなど価格以外の要素と商品選定プロセスでの卸売り業者の重要性を指摘している。PVは製品開発からビジネス開発の段階に移った、との認識の下、これまで欧州で築き上げてきた同社のブランドイメージで十分勝負できる、との自信

を示していた。

### ③ 各種太陽電池セル・モジュールの最新技術：

#### (1) CIGS 系薄膜太陽電池

CIGS の講演の最初に Korea Institute of Energy Research (KIER)から「R & D on CIGS thin film Solar Cells」と題して世界の CIGS の研究開発状況の概要講演があった。CIGS 型太陽電池の構造は、一般的にソーダライムガラス(SLG)基板/Mo 裏面電極/CIGS/CdS/TCO/金属電極からなる。CIGS(Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>)の成膜方法に多元(共)蒸着法を用いて Cu,In,Ga,Se を基板温度を変え三段階に分けて堆積しているもの、スパッタで Cu-Ga 合金、その後 In をスパッタしてセレン処理するセレン化法、さらには CIGS の微粒子原料を溶剤に溶かし基板に塗布して焼成するものが紹介された。

変換効率でみると、SLG 基板上に作製した小面積 CIGS セルで最高変換効率 20.3%(ZSW)及び 20.0%(NREL)が報告されている。いずれも CIGS 膜は共蒸着法である。モジュールでは SLG 基板上の 30cm×30cm CIGS で 15.1%(Avancis)をセレン化法で、14.1%(ZSW)を共蒸着法 inline で達成している。フレキシブル基板では金属基板(Ti/SUS)上の CIGS セルでは 17.4%(AGU)、同じく 10cm×10cm モジュールでは 15.9%(AIST)、ポリイミド基板上の CIGS セルでは 17.6%(EMPA)、14.7%(AIST)を共蒸着法で達成している。

実用規模のモジュールでは SLG 基板上の CIGS で 14.2%(Solibro)、13.0%(Wurth solar)を共蒸着法で達成し、13.0%(Avancis)、13.0%(Solar Frontier)をセレン化法で達成している。金属基板(SUS)上の CIGS セルで 14.3%(Miasole)をセレン化法で、10.5%(Global Solar)を共蒸着法で達成している。

KIER ではセル特性に及ぼす Na の効果を確かめるため SLG 基板と無ソーダガラス基板(Corning)でセルを比較し、SLG 基板では 16.36%、一方無ソーダガラス基板では 11.3%であった。また、最近小面積(0.44cm<sup>2</sup>)ながら SLG 基板上の CIGS セルで 20.02%を共蒸着法で達成したとのこと。金属基板(SUS430)上の Na ドープ Mo/Mo/CIGS/ZnO/Al の構成で 15.04%を報告している。

その他、非真空プロセスとして微粒子原料を溶剤に溶かし、塗布・焼成で CIGS 膜を作製する塗布法を紹介した。CZTSSe(Cu,Zn,Sn,S,Se)系で IBM が 9.66%を達成し、貴金属を用いない CIGS 系太陽電池に世界的に興味が注がれている。

韓国の鋼材メーカーの Daiyang Metal (大洋金属)から、「Mass-Product Technology for Flexible CIGS Solar Cell」と題して講演があった。SLG 基板の代わりにステンレス基板を用いて、ステンレスコイル上にロール・ツー・ロール法で構成薄膜を積層し、フレキシブル太陽電池を製造している。ステンレス SUS430 基板(50 μm/127 μm 厚×1020mm 幅)上に Cr バリア膜/Mo 電極/CIGS/CdS/i-ZnO/AZO を順次堆積する。CIGS 膜は共蒸着法で 2 μm 製膜する。その後コイルからレーザー加工してセルサイズに取り出し、金属電極を形成する。セルの変換効率は 10.0%で、1枚が丁度シリコン結晶太陽電池 1枚に相当する。このセルを絶縁性樹脂材料(封止材)上に直列・並列接続してフレキシブル・モジュールを形成する。モジュール変換効率は 9.4%。クリーンルームを必要とせず、ロール・ツー・ロール法の採用で低価格化が可能とのこと。生産能力は 2012 年には 25MW。同社はガラス基板 CIGS モジュールで変換効率 12.5%を達成しているとのこと。展示会でも大々的にフレキシブル CIGS 太陽電池セル・モジュールを展示していた。

#### (2) バックコンタクト型太陽電池

Hanwha Chemical から「P-Type Back-Contact Solar Cells」と題してバックコンタクト型高効

率 Si 太陽電池の概要講演があった。高効率結晶 Si 太陽電池として、アモルファス Si と結晶 Si とのヘテロ接合型太陽電池（旧三洋電機が開発した所謂 HIT）及び表面から電極を無くして p および n 層電極を裏面に形成して表面電極によるシャドローロスがない構造（所謂バックコンタクト）の 2 種類の太陽電池の研究開発、実用・量産化が進行している。本講演ではバックコンタクト型太陽電池について技術・市場への参入・市場浸透性について紹介があった。

バックコンタクト型には 2 種類有り、一つは表面から全く電極を無くして裏面に p 型、n 型の電極ならびに拡散層をパターンングなどにより形成するもの(IBC\*)と、もう一つはレーザー加工によりウエハに開けた多数の微小貫通孔を通して受光面側の拡散層や電極を裏面に形成するもの (EWT、MWT\*) がある。いずれの種類も p 型、n 型の電極が裏面にあるので、モジュール作製時のプロセスが容易になり、今後のウエハの薄肉化に適している構造である。表面の電極を無くしたことにより受光面積が増え、変換効率の向上に寄与している。現状、セルレベルで HIT や ICB 型バックコンタクトでは 22~25%の変換効率を達成しており、MWT,EWT 型バックコンタクトでは 17~22%とトップに迫ってきている。構造・プロセスの簡素化、材料面（現在 p 型ウエハが安定供給されている）から MWT,EWT 型バックコンタクトの方が有利と見ており、低コスト化への開発が進められている。バックコンタクト型太陽電池の全太陽電池に占める割合は 2011 年 5%程度であるが、2013 年あたりから増加し、2020 年には 40%にも達するだろうとの予測である。

個々の型について現状の変換効率を見ると IBC 型では SunPower の n 型 Si ウエハに形成した 5 インチ単結晶 Si セルで 24.2%、シャープも IBC 型であるが数値発表は無い。MWT 型では Bosch の p 型 6 インチ単結晶 Si セルで 19.6%、Canadian Solar の p 型 6 インチ単結晶 Si セルで 19.5%及び多結晶 Si セルで 18.0%、JA solar の p 型 6 インチ多結晶 Si セルで 18.0%の報告がある。EWT では Applied Materials の p 型 6 インチ単結晶 Si セルで 19.8%の報告があり、講演者の Hanwha Chemical は EWT で p 型 6 インチ単結晶 Si セルで 21%を目標に開発している。（Hanwha はこの EWT 型の主たる開発社とのこと）。

（注）IBC: interdigitated back-contact, MWT: metal wrap-through, EWT: emitter wrap-through

以上