

PV EXPO 2015 第 8 回国際太陽電池展及び専門技術セミナー

(株)科研テック 中上明光、神鋼リサーチ(株) 大西良彦

【1】PV EXPO 2015 の展示会の概要

2015年2月25日から27日まで、東京ビッグサイトで開催されたスマートエネルギーWeekの複数展の一つ「PV EXPO 2015 ; 第8回国際太陽電池展」と併設の専門技術セミナーに参加した。今年のスマートエネルギーWeekの全参加者は主催者発表によると71,665人(昨年は67,371人)であり、太陽電池展は昨年以上に盛況であった。



PV EXPO 2015 展示会場受付風景

3.11の東日本大震災後、2012年7月から始まった再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度の実施が契機となり、日本に大きな市場が発生した。固定価格買い取り額が低下したものの、多くの市場が日本に有りと期待から今年の展示会にも海外からの出展に賑わいがあった。

国内メーカーの出展には常連大手のシャープ、京セラの展示には従来の勢いは薄れたが、1GWの生産力を達成した薄膜CIGS太陽電池のソーラーフロンティア、垂直統合型Si単結晶太陽電池メーカーの長州産業、屋根一体型多結晶Si太陽電池のカネカが、独自の展開で参加者をひき付けていた。パナソニック、東芝、三菱電機、日立は、スマートグリッドEXPOで展示があった。モジュール組み立て・施工業者のLoop社や、4本バスバーの新規単結晶Siも含め大規模展示を行っているXSOL社も存在感を示していた。またXSOL社は、米国First Solarの薄膜CdTe太陽電池の代理店として本邦発上陸をPRしていた。中国からは、出荷量世界一のTrina Solarを始め世界トップ企業Yingli Solar、Jinko Solar、Up Solar、Hanergy(薄膜CIGS)等今年も多数出展していた。中国以外で常連のCanadian Solar(中国からカナダ籍に戻った)、韓国のQ-CELLS、Hanwha Solar等も出展していた。

【2】PV EXPO 2015 専門技術セミナー参加報告

同時開催の専門技術セミナーに出席した。全世界の太陽電池の出荷量ではSi系が約90%を占めている中、注目のセッション：(1)結晶系Si、(2)太陽光発電モジュール・システムの信頼性、(3)化合物系薄膜、(4)有機系の太陽電池について概要を紹介する。

(1) 結晶系Si太陽電池の最新技術動向

「高効率n型Si太陽電池の最先端技術」Fraunhofer ISE, Martin.Hermle氏

n型単結晶Siを用いた従来構造の太陽電池で、変換効率が20%を越える太陽電池が開発され、バックコンタクト構造やヘテロ接合構造の適用により最高効率は25.6%に達した。一方、変換効率を向上させるプロセスを追加することにより、製造コストも上昇するため、できるだけシンプルなプロセスによる変換効率向上技術の探索が必要である。

Fraunhofer ISEでは、n型単結晶Siを用いて変換効率が22%を越える太陽電池のコストアップ分を抑えるために、できるだけ追加プロセスの少ないセル構造を探索している。例としてトンネル酸化膜を用いて界面準位を低減するTOPCon(Tunnel Oxide Passivated Contact)セルを提案した。

「IBC太陽電池における性能向上」SunPower, Mike Morse氏

同社のバックコンタクト構造(IBC: Interdigitated Back Contact)の太陽電池について、第1世代から現在の第3世代までの変換効率向上と生産技術改善の変遷が紹介された。モジュール化の際に、セルのリード接合部にフレキシブル構造を採用して応力を低減するこ

とにより、熱サイクルに対して耐性があるモジュールを実用化することができた。

「高効率 Si ヘテロ接合太陽電池の最新技術動向」パナソニック，岡本真吾氏

真性 a-Si 層で界面準位を低減したヘテロ構造 HIT(Heterojunction with Intrinsic Thin-layer)太陽電池の原理と、HIT とバックコンタクト構造を組み合わせることで 25.6%の変換効率が得られた経緯の紹介があった。

(2) 太陽光発電モジュール・システムの信頼性に関する課題と最新技術動向

「太陽電池モジュールの信頼性向上技術と試験法開発」産総研，増田淳氏

産総研では、種々の太陽電池モジュールの長期屋外暴露テストを実施してきており、20~30 年経過した太陽電池モジュールの劣化要因の解明と信頼性試験方法の開発を行っている。モジュール中に浸入した水分により封止材の EVA (エチレン酢酸ビニル共重合体) が分解して酢酸が生成され、酢酸による電極金属の腐食がセル劣化の主要因となっていた。屋外暴露試験で 30 年経過したモジュールの EVA 中酢酸濃度は約 2000 $\mu\text{g/g}$ であり、これは温度 85°C、湿度 85%のダンプヒート試験 4000 時間後の状態に相当する。

(3) 化合物系薄膜太陽電池技術の現状と今後

「薄膜太陽電池技術の現状と将来展望」東京工業大学，山田明 教授

冒頭薄膜太陽電池全体についての現状紹介があった。

CIGS[Cu(InGa)(SeS)₂]太陽電池の変換効率が更新され、ソーラーフロンティアの 20.9%(2014 年 4 月)に続き ZSW (独) が 21.7%(2014 年 9 月)の世界新記録を発表した。変換効率向上の主たる原因はガラス基板中に存在する Na に加え、CIGS 成膜後に K を堆積・熱処理したことによる。K の逐次添加により 1.5~2%変換効率が向上する。理論的な解明が待たれる。

CdTe 薄膜太陽電池についても変換効率向上に大きな変化があった。CdTe を製造販売している米国 First Solar は透明導電膜の高品質化、光吸収層 p 型 CdTe 膜の高品質化等により変換効率 21.5%を達成した。CdTe 薄膜太陽電池は結晶 Si 系に比べ薄膜なので材料費が少なく、製造プロセスが簡単なことから太陽電池のプライスリーダーとも言われている。

有機系薄膜太陽電池では色素増感型及び有機薄膜太陽電池が研究され、現在色素増感型では 11.9% (シャープ)、有機薄膜型では 11.1% (三菱化学) の変換効率が報告されている。

最近、有機無機ペロブスカイト膜を光吸収層に用いた太陽電池で変換効率 20.1%(KRICT, 韓国化学研究所) を達成し、注目を集めている。この 2 年間で、効率が一気に 10%も向上し、世界での研究が激化している。現状この太陽電池は高効率の可能性を秘めた期待の星と見なされているが、安定性 (経時劣化、ヒステリシス) が問題視され、解明が急がれている。

CIGS 系、CdTe 及びペロブスカイト型太陽電池の変換効率が 20%を超え、多結晶のそれに肩を並べたことから、今後の動きが注目されるとの事であった。

「ソーラーフロンティアにおける技術：現状と将来展望」同社，櫛屋勝巳氏

ソーラーフロンティアでは宮崎の 3 プラントに次いで、東北工場 (150MW) を立ち上げ、4 工場合わせて生産量 1GW を達成した。この第 4 工場を海外での工場建設 (米国) に向けたモデルプラントと位置づけ、2016 年以降の展開を検討しているとの事。ソーラーフロンティアの CIS 太陽電池の製造の特徴は Cd フリーであり、金属合金を予め製膜しておき (金属プリカーサー)、反応炉でセレン化、硫化をして Cu(InGa)(SeS)₂ 光吸収層を作製することにある。ZSW が発表した Na→K 逐次堆積による変換効率向上の紹介は無かった。

「ファーストソーラーの技術：太陽光発電へのロードマップ」同社，R. Garabedian 氏

CdTe 太陽電池モジュールは既に 10GW 以上世界中に設置されている。日本では北九州市の日本板硝子の子会社の工場屋根他に 1.3MW（直流）のパネルを設置し、2014 年 4 月から発電開始との事。2012 年以降 First Solar と GE（米）とで CdTe 太陽電池の効率競争が激化し、変換効率が 18%から一気に向上し、2014 年 12 月 21.5%に達した。First Solar と GE は 2013 年 4 月協力契約を締結し、次の目標を 25%に接近、超えることを挙げている。

（４）有機系太陽電池の高性能最新動向

「室内光高効率完全固体型色素増感太陽電池の開発状況と今後の展開」リコー、大谷伸二氏

あらゆる「モノ」がネットにつながる社会：IoT(Internet of Things)社会に向かってセンサーの活用が急激に増加している。通常の方法ではセンサーの電源確保が難しい場所においては、環境から電源を得る手段が必須となり、安定したエネルギーを得るには、照明などの室内光発電が有望である。これまで液漏れなどの安全性に課題があった電界液を完全固体型に変えた色素増感型太陽電池を開発した。その結果、a-Si 太陽電池を超える出力を実現した。

「岐路に立つ有機薄膜太陽電池の研究開発」産総研、吉田郵司氏

p/n 接合を用いる有機薄膜太陽電池では、キャリア拡散長が数十 nm と短いため平行な p,n2 層のヘテロ接合からバルク全体でマイクロな pn 接合へと研究が進み、いわゆるバルクヘテロ接合太陽電池が開発された。p 及び n 層の有機材料がナノレベルで混合され、3 次元的なネットワークによりキャリアパスが形成される。このようにしてバルクヘテロ接合太陽電池が開発され、シングルセルで三菱化学が 11.1%、東芝が 11.0%の変換効率を報告している。低分子の有機膜には蒸着法、高分子には塗布法により作製され、低価格の有機太陽電池として期待されている。変換効率、寿命、信頼性が課題である。

「高効率ペロブスカイト太陽電池」韓国 Sungkyunkwan 大学 ,Nam-Gyu Park 教授

ペロブスカイト太陽電池は色素増感型太陽電池の色素の代わりに、有機・無機材料から成るハイブリッド材：ペロブスカイト型膜を用いたもの。2009 年桐蔭横浜大学・宮坂力教授により初めて紹介された。2012 年固体ペロブスカイト太陽電池の変換効率が 9.7%に達し、世界的なブームとなった。2014 年末には韓国 KRICT から、20.1%の変換効率が報告され、NREL（米）の変換効率の年推移の図にペロブスカイトセル（not stabilized）として登録された。Park 氏は、ペロブスカイト太陽電池の次の目標として、24%達成を挙げている。

ペロブスカイト膜は溶液を塗布・加熱乾燥して数分で作ることができる。ペロブスカイト太陽電池は、プロセスが簡単で短時間に製造できることから、効率が 20%台に達した CIGS や CdTe 太陽電池よりも更に安価な薄膜太陽電池として期待されている。しかし、現状では変換効率の経時変化や I-V 測定時のヒステリシスが測定されており、安定化膜の確保が必須の課題となっている。

以上