

PV EXPO 2016 第9回国際太陽電池展及び専門技術セミナー調査報告

(株) 科研テック 中上明光

【1】PV EXPO 2016の展示会の概要

2016年3月2日から4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 2016の複数展の一つPV EXPO 2016 第9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の全参加者数は主催者発表によると63,420人(去年は71,665人)と減少しているが、太陽電池展は昨年同様盛況であった。

ヨーロッパ(イタリア、スペイン、ドイツ)で始まった再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)により太陽光発電は大きな市場を形成してきた。日本でも2011年3月11日の東日本大震災後、2012年7月から始まった日本版FITの実施が契機となり、大きな市場が発生した。その後、国の補助金のFIT単価が低下し続け、一方で電気料金の上昇で、グリッドパリティが見えてきた。このような状況下で、今後電力会社に余剰電力を売電するよりは蓄電システムと組み合わせ、自家消費に回す動きが出てきている。

2016年4月、政府は日本の今後の電力需要に対して徹底した省エネを推進する一方、電力供給能力を勘案し、2030年には再生可能エネルギー、特に太陽光発電には7%の供給を期待している(現状は約1%)。今後、太陽光発電を20年から30年あるいはそれ以上供給しうる発電施設として期待している。

このような状況で、今回のPV EXPO 2016の展示会は昨年と一変して、太陽光発電システム、スマートエネルギーシステムの提案が日本メーカーの展示ブースのメイン展示となっていた。モジュールを全面に出しての展示は影をひそめた。二次電池(蓄電池)と併用した自家消費型の太陽光発電システムの提案、HEMSによる家電製品の制御、エネルギー消費を年間ゼロに抑えるゼロエネルギーハウス(ZEH)やゼロエネルギービルディング(ZEB)の提案、建材一体型にした太陽光発電(BIPV)などを各社が提案していた。

モジュール耐用年数の向上を狙い高分子膜バックシートから、ガラス/ガラス封止の展示が多くみられた。ガラスを4mm厚から強化ガラスの2mm厚にして重量増加を抑えている。この型で従来の20年から30年の出力保証をしているメーカー例えばSolar World(独)、Canadian Solar(カナダ)、Torinasolar(中国)、LG Electronics(韓国)が出てきた。

今回の出展企業は日本のメーカーでは常連のシャープ、京セラ、パナソニック、長州産業、XSOL他、海外からTrinasolar(中国、2年連続世界1の年間出荷額)、Jinko Solar(中国)、Yingli Solar(中国)、Suntech(中国)、Canadian Solar(カナダ)、LG Electronics(韓国)、Q'CELLS(韓国)などであった。

【2】PV EXPO 2016 専門技術セミナー参加報告

(1) ZEH、ZEB、BIPVの取り組みの紹介、(2)全世界の太陽電池の生産・販売の90%を占める結晶系シリコン太陽電池の最近の動向、(3)ここ数年話題の絶えないペロブスカイト型薄膜太陽電池、(4)薄膜太陽電池の競争力について概要を紹介する。

(1) ゼロエネルギー化に向けた住宅用/建材一体型の取り組み

「シャープが考える今後の家庭用ソーラーシステム」シャープ：黒澤正美氏

FITによる国の補助金制度の下、国内の太陽光発電市場は急拡大を続けてきた。しかし、



PV EXPO 2016 セミナー会場

その後の FIT 単価の低下（経済性・インセンティブの低下）、送電線熱量オーバー、メガソーラーなど普及し、サーチャージ分で電気代が上昇し、太陽光発電の余剰電力の売電の期待が低下してきている。

政府は 2020 年に戸建ての新築住宅の過半数を ZEH＝省エネを実現したうえで再生可能エネルギーの導入を行い、エネルギー自給率 75・100%となる住宅を推進している。シャープが考えるソーラーシステムは、経済性（電気代）を配慮した売電、買電を行う蓄電池マネジメント制御、蓄電池による防災対応システム、高効率で発電量を最大限にしなが、消費電力を抑えた進化し続けるソリューションシステムとのこと。戸建て住宅の屋根の形状に合わせ、モジュールを最大限敷き詰め、高効率太陽光発電システムを実施していく。ZEH 実現のため、省エネ、創エネ（太陽光発電）、蓄エネ（蓄電池）でエネルギー費用を節約する。太陽光発電の直流を活かした DC ハイブリッドエアコンによる電力変換ロスの削減も一例として挙げていた。HEMS による省エネ家電製品、LED 照明制御、大震災時の停電対応冷蔵庫の優先運転等、総合家電メーカーだからできる取り組みと強調していた。

「大成建設の BIPV と ZEB の取り組み」 大成建設：斉藤正文氏

資源エネルギー庁平成 27 年 8 月の資料によると、日本の 2030 年での総発電電力量は 10,650 億 kWh 程度と想定され、電源構成として石炭・石油・天然ガスの化石燃料で 56%、原子力で 22～20%、再生可能エネルギーで 22～24%程度と見積もられている。再エネの比率が高められており、中でも太陽光発電に 7%を期待している。現状 1%程度であり、今後耐用年数を高めた大規模太陽光発電所や戸建て住宅用の耐用年数を上げたモジュールの設置、建材一体型の太陽光発電住宅が強く期待されている。

BIPV について、大型建築物での太陽光発電の利用に従来の屋根に太陽電池モジュールを設置するもの、屋根自体を太陽電池と一体にするもの、ビルやマンションのベランダにモジュールを設置するもの、壁が太陽電池壁となるもの、太陽光の遮光・熱回収・発電等が可能なルーバー（羽板を並べて回転可能な一種のよろい戸）等が提案・実施されている。大成建設は大都市での ZEB（＝年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの建築物）の開発を進めている。日本では国土面積の 5%の大都市に人口の 49%が住み、電力の 48%が消費されている。建物自体の断熱構造、自然光の積極的な採光、低消費型照明（LED・有機 EL 照明）、感知型センサーで無駄な照明の排除等の省エネ技術の採用に加え、創エネとして熱回収や太陽光発電を積極的に採用している。ビルの屋上には高効率 Si 単結晶太陽電池や影に強い CIGS 系薄膜太陽電池、壁には軽量で意匠性に富む有機薄膜太陽電池を採用して、トータルで ZEB の実現を目指している。この ZEB の実証棟を同社技術センター内に設置し、データ蓄積中。夏場の冷房、冬場の暖房でエネルギー消費は大きい、中間期は太陽光発電量は多く、年間で概ね差引ゼロの建物を 2020 年に目指している。

（2）結晶系シリコン太陽電池の最新技術動向

「結晶シリコン太陽電池モジュールの将来技術」 産業技術総合研究所：近藤道雄氏

単結晶 Si 太陽電池の変換効率について 2014 年パナソニックが IBC ヘテロ接合型で 25.6%（面積 143.7cm²）、2015 年カネカが EU PVSEC 2015 でヘテロ接合単結晶 Si で 25.1%（セル面積 151.9cm²）、米国 SunPower 社が IBC（背面接合）セルで 25.0%を報告している。長州産業は裏面エミッタの改良とバスバーの代わりに表面多数ワイヤ構造による表面電荷の送電ロスを少なくしたマルチワイヤグリッド構造の Si ヘテロ接合太陽電池を作製した。

低コスト化に有効なウエハ厚さの低減が進められている。豊田工大では 95 μm 厚、福島大学では 40～20 μm 厚のウエハでの研究が進められている。現状 160 μm から 2022 年に

は 100 μ m 厚セルが可能との予測である。産総研では 100 μ m 厚結晶 Si 太陽電池製造が可能なプラットフォームを 23 社からなるコンソーシアムで作った。スライス→テクスチャ形成→イオン注入→スクリーン印刷→セル形成→モジュール形成の工程が可能とのこと。

高効率 Si 太陽電池の ZEB への適用や BIPV への適用能力の算定のため気象データを取り入れ、建造物の構造シミュレーション解析を行っている。近藤氏によると、太陽光発電の新市場は MENA（中東と北米）の高温砂漠地帯及び BIPV にありとのことであった。

(3) 高性能ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けて

「高効率と高信頼性を両立するペロブスカイト太陽電池」物質・材料研究機構：韓 礼元氏

物材研・韓氏によると、有機無機ハイブリッドのペロブスカイト太陽電池の課題として、効率の再現性が悪い、セル面積が非常に小さい(～0.1cm²)。セル作製後の変換効率の分布が大きく、高効率セルは極少数しかない。ペロブスカイト太陽電池のセル面積が 1cm² 以下なので、他の種類の太陽電池（安定した変換効率）との比較ができない。物材研ではペロブスカイト太陽電池の研究の目的として大面積セルで高効率化と高信頼性化を進めている。研究項目として、(1) 再現性の向上、(2) キャリア抽出層の高性能化、(3) 混合カチオンの導入を挙げている。

大面積化には従来構造のメソポーラス構造：ガラス基板/FTO/高密度 TiO₂/ポーラス TiO₂/ペロブスカイト膜/ホール輸送層/金属電極を基本に、逆構造：ガラス基板/ITO/電子阻止層/ペロブスカイト層/電子輸送層/金属電極の太陽電池に取り組み、1cm² 以上の大面積セルを作製した。

研究項目(1)の再現性の向上として、ペロブスカイト膜形成法（塗布法）での結晶化を改良し、均一な結晶粒のペロブスカイト膜を生成すると、変換効率の分布も抑えられた。(2)のキャリア抽出層の高性能化については、電子輸送層や電子阻止層に高濃度のドーピングにより導電性の向上を図った。(3)混合カチオンの導入（従来の CH₃NH₃ 基に CH₃IN₂ を混合してバンドギャップ制御）により光吸収の増加、キャリア寿命の向上が可能となった。その結果、従来のメソポーラス構造では 16.7%、今回の逆型構造では 17.8%の変換効率を得られた。

尚、現時点でのペロブスカイト太陽電池の変換効率の世界最高は韓国(KRICT)の 22.1%（米 NREL:再生可能エネルギー研究所発表）である。

(4) 薄膜太陽電池の競争力

「薄膜シリコン太陽電池技術の展開—高効率ヘテロ接合結晶シリコン太陽電池、及びそのペロブスカイト太陽電池との組み合わせへの適用」カネカ：山本憲治氏

カネカはアモルファス Si(a-Si)薄膜太陽電池技術を出発に、1998 年に a-Si/mc-Si タンデム構造太陽電池(11.7%)、Top cell(a-Si)/Middle cell(a-SiGe)/Bottom cell(μ c-Si)の 3 接合構造の太陽電池を 2015 年に発表してきた。日本の屋根の材質に適合し、軽量、景観、デザイン性に優れた薄膜 Si 太陽電池を BIPV モジュールとして製造してきた。この a-Si 薄膜技術をヘテロ接合単結晶 Si 太陽電池に適用し、変換効率 25.1%(面積 151.9%)を達成した。

更にヘテロ接合 Si 太陽電池セルとの多接合セルでより高効率の太陽電池の開発を進めている。太陽光スペクトルを有効利用するためバンドギャップの異なる 2 つのセルを組み合わせる。まず、オプティカルスプリッティング法により太陽光スペクトルを二分し、別々のバンドギャップを持つセルにそれぞれ照射し、変換効率等を解析する。候補としてトップセルには a-Si 太陽電池とペロブスカイト太陽電池、ボトムセルにはヘテロ接合 Si 太陽電池がある。ペロブスカイトセル/ヘテロ Si セルの組み合わせでは分離した光を 2 つのセルに照射して別々に測定すると 8.1%と 20.3%、2 つを足して 28.4%を得た。このことはセルの組み合わせで高変換効率実現のポテンシャルを示している。今後、これら 2 種類のセルの 2 端子タンデム構造を形成し、高変換効率と低製造コストを両立する太陽電池の実現を目指す。