世界のトップを走る太陽光発電*

Japan, Running the Top in the Photovoltaic Power Generation Industry

大谷 謙仁**
Kenji OHTANI

Key words photovoltaic systems, solar cell, energy, silicon, grid-connected, IEA, Feed-in Tariff

1. はじめに

太陽光発電システムの普及は、日本が世界を牽引している。太陽電池生産量は、世界市場のほぼ半分を占め、6割以上が欧米に輸出されている。太陽光発電の累積導入量は約4割で、日本とドイツの両国だけで8割にもなる。本稿では、2000年以降の太陽光発電システムの普及状況を概説し、わが国が太陽光発電産業において先頭を走る理由と今後の普及策について展望を述べる。

2. 太陽光発電システムの普及状況

2.1 太陽電池の利用形態

太陽光発電システムは、太陽電池を用いて太陽エネルギーを電気に変換する発電装置である。太陽電池から発生する電力は、電力変換器を介して電気機器（負荷）に供給される。太陽光発電システムは、商用電力システムとつながっているのか否かで、系統連系形システム（GCS）と独立形システム（SAS）とに大別することができる。

太陽電池が発明されてから数年後の1958年には人工衛星に搭載されるなど、初期の太陽光発電では、宇宙や山岳・海洋・離島などの電源供給が困難な場所において独立形システムとして使われることが一般的であった。現在でも、発展途上国等において村落電化のための一手段として利用されることは多い。基本的には、独立形システムは電力貯蔵装置やその他の発電機（ディーゼル発電機等）を組み合わせ、特定の負荷に対する電力供給手段として用いられる。

一方で、昨今の太陽電池価格の低下や地球環境の保護意

識の高まりと共に、商用電力システムの発達した都市部においても、太陽光発電システムが利用されるようになってきた。この場合には、太陽光発電システムは既存の電力システムと接続し、電力需要のピークに対応した補助電源として利用する他、系統停電時におけるバックアップ電源として利用することが可能である。

なお、系統連系形システムと独立形システムの利用率は、国際エネルギー機関（IEA）に加盟するOECD諸国においては8:2であり、わが国においては図1に示すように9:1と、現在では系統連系形システムの利用が圧倒的に多くなっている¹⁾。

2.2 世界の太陽電池生産量

太陽電池の代表的な種類としては、シリコン結晶から切り出したシリコン基板を用いた結晶シリコン太陽電池や、ガラス等の基板上に蒸着等で形成されたアモルファスシリコン太陽電池等がある。硫化カドミウムやヒ化ガリウムなどの化合物半導体を利用することもある。図2に太陽電池の主な種類の分類を示した。

現在市場に出回っている太陽電池は主に結晶シリコン形（単結晶シリコン形と多結晶シリコン形）であり、世界市場で結晶シリコン形が84.7%のシェアを占めている²⁾。そのうち多結晶シリコン形が56.3%であり、半分以上のシェ

図1 OECD 諸国における太陽光発電の利用形態 (2004年時点のシェア)

*原稿受付 平成18年11月28日

**独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センター（茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2）

大谷謙仁

1995年、東京農工大学大学院修士課程修了。同年、通産省工業技術院電子技術総合研究所に入所。現在、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センターに所属し、太陽光発電システムの実環境における運転性能の分析や、最適設計法の研究を実施。

図2 太陽電池の種類と主な国内メーカー

図4 太陽電池導入量の年推移

図3 2005年における地域別の太陽電池生産量

図5 太陽光発電累積設備量の年推移 (IEA 加盟国)

アをもち、単結晶シリコン形は28.3%である。残りは、アモルファスシリコン形が3.4%、リボンシリコン形が3.0%と続き、ほとんど(98%)がシリコンを材料としている。

2005年の太陽電池生産量は世界全体で1758.7 MWであり²⁾、その地域別のメカシェアを図3に示す。日本企業は世界上位5社中に4社が食い込んでおり、約半分に当たる832.6 MWを出荷している(シャープ:427.6 MW, 京セラ:142 MW, 三洋:125 MW, 三菱:100 MW 他)。そこに欧州が470 MWと続き、日米欧を除く他の国(ROW)が289 MWと第3勢力に、米国が154 MWとなっている。

太陽電池生産量の近年の伸びは著しく、この2000年からの6年間では毎年30~50%の拡大を続け、生産量は2000年時点と比べて約6倍にもなった。2004年度における日本の太陽電池生産量は658.1 MWであったが、そのうち、約6割は欧米に輸出された³⁾。特に、ドイツを中心とした欧州市場への輸出が牽引となり、輸出量は対前年度比で110%と飛躍的に拡大し、日本は世界最大の生産基地となった。しかし、ここ数年は中国・台湾・インド等のROWのシェアが急拡大しており、今夏に中国のSuntech社が日本の太陽電池パネル製造会社のMSKを買収したというM&Aのニュースは記憶に新しい。日本がトップの座を守るにはどうかしていただけないのが現状である。

2.3 世界の太陽光発電導入状況

近年、原油価格の上昇が石油依存への警鐘を鳴らし、地

球環境保全の意識の高まりと相まって、再生可能エネルギー利用の拡大が続いている。太陽光発電は、各国の普及推進政策の後押しもあり、設置容量は年々着実に増加している。図5に太陽光発電の累積設備容量の年推移²⁾を示すように、世界全体で年率40%もの増加が見られる。

中でも日本とドイツは太陽光発電システムの導入量が際立って大きい国である。IEAの統計によると、2005年末におけるわが国の太陽光発電設備量は1422 MWに上ったものの、1997年から守り続けた世界第一位の座を初めてドイツ(1429 MW)に譲り渡している。ドイツと日本の太陽光発電導入量は世界全体の約8割にも達し、両国が太陽光発電の世界市場を牽引しているといえる。

2.4 わが国における太陽光発電導入状況

2004年度における日本の太陽電池出荷量は658.1 MWであったが、そのうち、約4割が国内需要である³⁾。用途別では、住宅向けの一般電力用途が246 MWで9割を占めた。残りがその他の一般電力用途で7.5%、電卓・時計等の電気機器や照明・標識等の電力応用商品用途が2.5%であった。住宅向けでは、新築住宅に設置するケースが8割と多い。

太陽光発電システムの設置価格は市場拡大と共に着実に低下し、1994年度には1 kW当たり平均200万円であった設置価格が、2005年度には平均66万円と約3分の1にまで低下した。この支援策は太陽光発電システムの導入拡

大と設置価格の低減という一定の成果を上げたため、2005年度で終了している。図6にNEFから補助金交付を受けた住宅用太陽光発電システムの設置価格の推移を示す。ここ数年は設置価格がほとんど低減していないが、太陽電池の市場拡大による需給逼迫が主要因と思われる。

2.5 メガワット級大型システム（メガソーラ）の導入

太陽光発電は、数メガワット級の大規模システムから数十ワット級システムの小規模まで、ユニット化された太陽光発電パネルの総出力を調整することによって自在に設計できるのが特徴である。わが国では先述のように住宅向けの小規模（4kW級）分散利用がほとんどである。これとは対称的に、ドイツ・米国などでは大規模システムを集中設置する事例が多い。

ドイツでは、フィードインタリフ（Feed-in Tariff）という制度によって、急速に大規模太陽光発電の普及が進んでいる。フィードインタリフでは、太陽光発電や風力発電などからの電気を固定的な買い取り価格で一定期間買い上げることが約束される。その買い取りの原資は、17.2ユーロセントの電気単価から2%が充てられ、2004年の総費用は22億ユーロであった。買い取り価格は、その再生可能エネルギー発電が既存の化石燃料発電と競争力をもてるようなプレミアムを上乗せして決められるため、発電コストを出来るだけ下げて、一層の利益拡大を目指そうとするインセンティブが働くようになっている。2005年には、屋根置き形の30kW以下の太陽光発電システムに対して、発電量1kWh当たり54.53ユーロセントが買い取り価格とされた。太陽光発電の場合は燃料が必要なく、保守費用もほとんどかからないことから変動費が小さく、固定費をいかに小さくするかが損益分岐点を早める最大のポイントとなる。このために、太陽光発電システムの大型化と集中化によって設置コストと運用コストを低減する方策が採られることが多い。

わが国においても、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究」や環境省の「メガソーラ共同利用モデル事業」によって太陽光発電の大規模・集中導入を目指す動きが活発化してきた。現在の国内最大の太陽光発電は、シャープの亀山工場屋上に設置された5MWの太陽光発電システムで、建物の屋上に設置されたものとしては世界一の規模を誇る。独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンターでは、住宅用のユニットを多数台並べてメガワット級太陽光発電設備を実現した。ここでは、わが国が世界最大の太陽光発電の普及国かつ生産国であることを記念するかのように国内主要各社の太陽光発電システムを2004年に211台導入した。図7に示す太陽光発電パビリオンでは、6社6仕様の太陽光発電システムが4台ずつ合計96kWが導入され、発電性能のベンチマークが行えるようになっている。

図6 国内住宅用太陽光発電システムの設置価格の推移

図7 産業技術総合研究所つくばセンター太陽光発電パビリオンの鳥瞰写真

3. わが国の太陽光発電大国化の理由

わが国では、太陽光発電システムの事業および普及が世界に先駆けて進んでいる。その理由として確実にいえることは、政府・自治体による導入促進政策が功を奏したということである。1992年度からNEDOによる太陽光発電フィールドテスト事業、1994年度から財団法人新エネルギー財団（NEF）による住宅用太陽光発電システムモニター事業が実施され、太陽光発電システムが一般家庭や公共建物等に最も普及した再生可能エネルギーとなった。NEDO フィールドテスト事業では、2005年度までに約1800件（約53MW）⁶⁾の太陽光発電システム、NEFの導入基盤整備事業では2005年度までに25万件以上（約932MW）⁴⁾の住宅用太陽光発電システムが実現された。2006年度に住宅用太陽光発電システムの設置支援策を有する自治体は319市町村ある。

当然のことながら、単に財政的支援のみが太陽光発電の普及を促したわけではない。通商産業省（当時）のサンシャイン計画からニューサンシャイン計画へと引き継がれた連続的な研究開発の実績が下地にある。メーカ各社が高効率で耐久性のある太陽電池を開発し、国内市場の拡大をパネとして、世界市場に進出できる高品質の太陽電池パネルの製造技術を立ち上げたことが大きい。住宅や建材メーカ等とタイアップして、建材一体型太陽電池パネルの開発に

もいち早く取り組んでいた。

太陽電池パネルだけでなく、電力変換器（パワーコンディショナ）などのシステム開発にも他国に先んじるものがあった。電力各社による余剰電力購入サポートにより、わが国の住宅用太陽光発電システムは電力会社の配電ネットワークに連系し、余剰電力を逆流させることが可能となった。日本の高い電力品質を保持するためには、太陽電池の直流電力を交流電力に変換し、安全に連系するためのパワーコンディショナの高性能化が不可欠である。太陽電池から最大の電力を引き出すための最大電力追尾（MPPT）制御や高い変換効率、さらに、パワーコンディショナは室内に置かれることもあるので静穏・小型化が必要であった。これら全てのハードルをクリアしたパワーコンディショナ製品が、国内市場の信頼を勝ち得ている。

また、実際に太陽光発電システムを購入し、小さな発電所長となった個人ユーザの数が、世界的に見て圧倒的に多い。25万世帯もの個人ユーザが目を見らしている国内市場は、アフターセールの点でメカにとって最も厳しい市場であるといえるかもしれない。このため、各社は10年保証などのメンテナンスサービスを充実させてきた。個人ユーザ側からも、自身が所有する太陽光発電システムの健全性の評価のために、互惠グループを発足する等の工夫を試みてきた。自然エネルギー推進市民フォーラム（REPP）やクリーンエネルギーライフクラブ（CELC）によるモニタリング活動や、太陽光発電所ネットワーク（PV-Net）によるPV健康診断等の活動が挙げられる。PV健康診断では、産業技術総合研究所がNEDOからの受託研究によって開発した発電量シミュレーション技術⁵⁾を用い、会員の申告する発電量実績値と推定値を比較し、乖離度を基にシステムの故障診断を行っている。

4. さらなる普及拡大のために

わが国でNEFによる住宅用太陽光発電システムの設置補助が終了した只今、欧州を中心にフィードインタリフが太陽光発電普及の切り札として注目を浴びており、お隣の韓国でも導入されたばかりである。それでは、わが国でもフィードインタリフを導入することが太陽光発電普及にとってハッピーかという、そうとはいいい切れないと思う。もちろん、太陽光発電を大規模に導入する即効薬としては期待できるのであるが、太陽光発電が電気収入を得るための道具と化して、地球環境保全という錦の御旗を掲げながら私利追求の場となってしまう傾向があるからである。ドイツでは既にファンドや投資家らがメガソーラの担い手であると聞く。日本は、住宅向け市場が主戦場であり、さらに共同出資による市民共同発電所の建設などの良い事例があるため、街づくりや村おこしと協調した独自の普及形態が模索できると思う。

ただ、市民共同発電所や街づくり・村おこしでの太陽光発電導入計画では、作ることが目的と化してモニュメントとしては意味をなすものの、長期運用成績では発電量や稼働率が見劣りする可能性がある。発電所として好成績をあげる上ではフィードインタリフのようなインセンティブは効果的であるので、同様の長期モニタリングの仕組みを組み合わせると良いだろう。

個人ユーザが自身の太陽光発電の健全性を判断するのは実は難しい。太陽光発電の性能に影響する気象（特に日射量）の変化が日々大きいことや、太陽光発電装置に対する知識不足などが原因である。（財）電気安全環境研究所が産業技術総合研究所と共同で実施した太陽光発電ユーザの不具合事例意識調査の結果⁵⁾からは、約4割のユーザが自身の太陽光発電の発電量が適切であるかを判断できていないことが分かった。発電量が多い（普通）と感じていても実際は標準より10%以上も少ない発電量しか得られていなかった楽観的なユーザに対しては、毎月の運転履歴を検査し、故障の有無を自動診断する仕組みがいる。発電量が少なく感じても実際は標準以上に得られていた悲観的なユーザに対しては、太陽電池パネルの物理的解説が必要かもしれない。後者の「発電量が期待よりも出ていない」という悲観的ユーザは結構多く、期待値が高く設定されていることに原因があると思われる。これは、太陽電池パネルの銘板定格出力が結晶シリコン系太陽電池にとってほぼ最良の環境条件で規定されていることをほとんど知らされておらず、実環境において定格出力より小さい出力しか表示されないことが不満として現れたものと考えられる。

太陽電池パネルの銘板表示を出力（ワット）定格から発電量（ワット時）定格で補完するという国際規格（IEC 61853）策定の動きが進行中であり、このような一般消費者の誤解を解く一助となるであろう。さらに、発電量定格の策定は、真に発電性能の優れた太陽電池を引き立てるため、諸外国に急迫されるわが国の太陽電池産業にとって、得意とする高効率太陽電池の開発推進の追い風となるであろう。

参 考 文 献

- 1) IEA International Energy Agency, Trends in Photovoltaic Applications, Report IEA-PVPS T1-15:2006, (2006).
- 2) Photovoltaic News, Vol.25, No.4, The Prometheus Institute, (2006).
- 3) 光産業技術振興協会, オプトニュース, 153号, (2006).
- 4) 新エネルギー財団 (NEF) ホームページ: <http://www.nef.or.jp>
- 5) 電気安全環境研究所, 産業技術総合研究所, NEDO 平成16~17年度研究報告書「太陽光発電システム評価技術の研究開発」, (2006).
- 6) 太陽光発電協会, 第23回太陽光発電システムシンポジウム, 2006年, 他からの著者集計.