わが国における太陽光発電技術の開発経過 および将来について

橋 本 一 郎

1973年の第一次石油危機を端緒に開始された日本の太陽光発電技術開発は、近年の地球環境問題への関心の高まりや導入支援政策等により実用化が急速に進みつつある。本稿ではこれまでの歴史を概括するとともに今後の方向性について付言する。

1. はじめに

太陽光発電システム (PV システム) は、燃料が不要でかつ発電時に CO₂ の温室効果ガスを排出しないクリーンな発電技術であることから、その技術開発と導入普及が世界各国で積極的に進められている。図 1¹⁾ に示すように、世界の累積導入量は最近の 10 年間で約 10 倍に増大しており、また、近年の世界の太陽電池生産量も平均 35% 程度の割合で増加している (図 2²⁾)。とりわけ、現在のわが国の PV システム導入量および太陽電池生産量は世界全体の半分弱を占めている。このように、わが国が世界の太陽発電技術をリードするまでに成長した背景には、1973 年の第一次石油危機を契機として続けられてきた産学官の技術開発努力と、地球温暖化問題を背景とする近年の導入支援政策がある。

2. 「サンシャイン計画」から 「ニューサンシャイン計画」まで

2.1 「サンシャイン計画」の発足—太陽エネルギー技術開発の幕開け

今から約 30 年前である 1973 年、産業技術審議会は通産大臣のエネルギー技術開発に関する諮問を受けて、新エネルギー技術開発の進め方について答申し、その中で、新エネルギー技術開発計画発足の必要性を提言した。この答申に応えるものとして、通産省工業技術院が 1974 年に発

足させた新エネルギー技術開発に関する長期的な国家プロジェクトが「サンシャイン計画」である。

本計画の四大重点分野である太陽エネルギー、地熱、石炭、水素エネルギーの中でも、太陽エネルギーは常に本計画の旗手的存在であり続けている。しかし、本計画の発足当初は、太陽熱発電や太陽冷暖房・給湯などの太陽熱利用がもっとも実用化に近い技術として先行しており、一方、太陽電池は灯台や僻地の無線中継基地といった特殊用途に利用されていたものの、W あたり数万円と極めて高価なエネルギー機器であった。したがって、太陽電池技術開発は価格を百分の一に低減することを目標に、Si リボン単結晶太陽電池や化合物半導体素子、集光方式太陽電池システ

図 1 世界の太陽光発電システム累積導入量

図 2 世界の太陽電池生産量の推移

HASHIMOTO, Ichiro
NEDO (170-6028 豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60 30F)・太陽・風力・地熱開発室長。1972年 山梨大学工学部電気工学科卒業。専門は送電分野 (地中)。

Past, Present, and Future Perspectives of R&D on Photovoltaic Technology in Japan

ムなどの基礎研究が、当時の工業技術院電子技術総合研究所（現在の独立行政法人産業技術総合研究所）を中心に開始された。また、これと同時に太陽光発電システムとしてのコスト低減方策の検討も進められ、太陽電池だけでなくシステム全体としての低価格化が必要であることも指摘された。

2.2 新エネルギー総合開発機構 (NEDO) の発足—太陽光発電技術開発と導入の進展

その後、イラン革命を契機として1978年に起こった第二次石油危機は、新エネルギー技術開発の加速的推進の必要性を喚起することとなった。このような背景のもと、産学官の研究成果や技術開発能力・人材を結集して新エネルギー技術開発を推進する中核母体として、新エネルギー総合開発機構（NEDO; 現在の新エネルギー・産業技術総合開発機構の前身）が1980年に創設され、また資金面でも特別会計（電源多様化勘定）予算が導入されることとなった。これにより、太陽光発電は、これまでの基礎研究段階から大規模な技術開発段階に移行するとともに、太陽エネルギー技術開発の主役に躍り出ることとなった。

NEDO 創設以降の1980年代における技術開発面でのトピックスとしては、まず太陽電池の大幅な低コスト化に有望な新技術として登場した薄膜アモルファス太陽電池があげられる。大学も含めた産学官の研究体制が組織され、新技術の研究開発を加速的に進められ、1983年度末には10 cm 角の太陽電池で8%の変換効率が得られ、さらに、1992年度末には12%にまで向上した。なお、まずは電卓用電源などの民生用として市場に登場し、この頃には太陽電池生産量の約7割を占めるまでに成長した。

なお、NEDO 発足当時における NEDO モジュール購入価格は2,000円/W 程度であったが、1984年度には1,480円/W、1988年度には800円/W と、コスト低減が進んだ。

一方、太陽光発電システム技術開発の1980年代は、主としてデモンストレーションの時代であり、現在では当たり前となっている系統連系型住宅用3 kW システム（神奈川県横須賀市）や、集合住宅用20 kW システム（奈良県天理市）、工場用100 kW システム（静岡県湖西市自動車バッテリー工場）、学校用200 kW システム（茨城県筑波大学）の実証研究などにより、わが国に適したシステム形態や低コスト化の検討が進められた。また、大規模太陽光発電所の実証研究として、この当時としては世界的にも類例の少ない1 MW の実験システムが愛媛県西条市の埋立地に建設されたのもこの頃である。さらに、1980年には、多数の個人住宅に太陽光発電システムが導入された状態を模擬した実証試験設備（2 kW×100 システム）が神戸市の六甲アイランドに建設され、太陽光発電システムの系統連系に関する実証試験が開始された。このようなシステム技

図3 太陽エネルギー技術開発関連予算の推移

術開発が、逆潮流ありの系統連系を進めるための「系統連系技術要件ガイドライン」に反映・制定されてきた。

また、1990年には、電気事業審議会需給部会の「電力供給目標」において、国としての太陽光発電システムの長期導入目標が2000年度25万kW、2010年度460万kW（その後幾度かの改訂を経て現在は482万kW）と定められた。さらに、1992年には電力会社各社が電力量料金単価での余剰電力購入を開始するなど、太陽光発電システムの導入に関する制度面の整備が着々と進められた。

2.3 「ニューサンシャイン計画」—地球環境問題への対応

1993年、サンシャイン計画は、世界的にクローズアップされてきた地球温暖化問題に対応するため、これまで並行して進められてきたムーンライト計画および地球環境技術研究開発と統合され、エネルギーと環境に関する総合的な技術開発計画、すなわち「ニューサンシャイン計画」として再出発することとなった。このニューサンシャイン計画においても太陽光発電技術は重点技術開発項目に位置づけられ、2010年度までの18年を構想期間とし、2010年度までに一般家庭の電気料金水準を下回る発電コストの達成を可能とする技術の確立を目指した太陽光発電研究開発基本計画が策定された。1994年度に新エネルギー財団（NEF）で開始された住宅用太陽光発電システムの導入助成制度などによって、太陽光発電市場が近く創出され始めることをにらんで、2000年度までの第I期は、市場拡大やユーザーニーズの多様化を見据えた技術開発を指向することとなった。具体的には、太陽電池製造技術開発の中心は薄膜太陽電池の大面積・低コスト化に移行し、100 MW/年・ライン程度の量産規模を前提として140円/Wの製造原価の達成が、2000年度末の目標に掲げられた。また、市場拡大に対応したシリコン原料供給を確保するための太陽電池用シリコン製造技術開発や、アモルファス太陽電池の初期劣化を解明・改善するための集中研究も進められた。

さらに、建材との機能統合によるシステムコスト低減が期待される建材一体型太陽電池モジュールの技術開発や、太陽光発電システムが電力系統に高密度に連系される場合の技術的問題を検討する研究のほか、実際に導入されている住宅用太陽光発電システムの運転状態を詳細に計測し、

発電量の損失要因を分析することによって、さらなる性能向上方策を検討するような研究も実施された。

一方、NEDO は、1992 年に発足した IEA（国際エネルギー機関）の太陽光発電システムに関する共同研究協定（現在は 21 の国と地域が加盟）に発足当初から加盟し、太陽光発電システム技術開発に関してわが国で得られた知見を積極的に提供することで、世界的な太陽光発電の普及活動にも利用されている。

3. 現在の太陽光発電技術開発

2000 年の省庁再編により、ニューサンシャイン計画は終了することとなった。これに伴い、他の新エネルギー技術開発と同様に、太陽光発電技術開発についても、これまで通産省が果たしてきた役割を NEDO が担うこととなった。

具体的には、2001 年度から 2005 年度までを計画期間とする以下の 3 つの研究開発プロジェクトを開始した。

(1) 先進太陽電池技術研究開発

ニューサンシャイン計画の成果を継承して、2005 年度までに太陽電池モジュール製造コストを 100 円/W 以下（100 MW/年程度の生産規模）、発電コスト換算で 25 円/kWh 以下を目標に、薄膜結晶シリコン太陽電池や CIS 系薄膜太陽電池などの大面積製造技術や高速製膜技術などに関する研究開発を行っている。

(2) 大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発

太陽光発電システムの円滑かつ健全な普及拡大を資することを目的として、太陽電池や太陽光発電システムの信頼性、安全性・性能の向上に関する研究開発や、今後の資源循環型社会に適應するための太陽光発電システム構成機器のリサイクル・リユース技術に関する研究開発を行っている。

(3) 革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発

本プロジェクトは一テーマの研究期間を原則 3 年とする提案公募型のものであり、既成の発想にとらわれず、新材料や新構造、新製造方法などにより大幅なコスト低減（太陽電池モジュール製造コスト 50 円/W 以下）の可能性を追求する要素技術の研究開発を実施しており、現在は多岐にわたる 13 テーマが実施されている。

また、これらのほか、太陽光発電システムの本格的普及を実現するために不可欠な量産化技術などを NEDO と共同で研究開発する「太陽光発電システム普及促進型技術開発」を進めている。

さらに、2002 年度からは太陽光発電システムが特定の配電線に局所集中的に導入される（集中連系）場合に懸念される系統影響などを分析・評価し、その対策を開発することを目的とした「集中連系型太陽光発電システム実証研究」が群馬県太田市の「Pal Town 城西の杜」で開始されている。ここでは、2003 年度以降、数百件規模の住宅群に太

図4 住宅用太陽光発電システムの販売価格の推移

陽光発電システムを実際に導入し実配電線に連系した国内では未曾有の実証試験が本格的に実施される予定である。

4. 今後の展望

わが国の太陽光発電は、このような長期的な技術開発努力と導入支援政策の有機的な連携に支えられて、冒頭に述べたように、現在では世界最大の太陽電池生産国・導入国となっている。図4に示すように、3kW住宅用太陽光発電システムの平均販売価格は約220万円と10年前の1/5にまで低下しており、産業規模は2,000億円程度にまで成長している。また、最近では産業界が長期的なビジョンも策定している。実用化に長いリードタイムを要するエネルギー技術開発で、このような成功を収めている例は、きわめて希少であろう。しかし、まだこれはサクセス・ストーリーのほんの書き出しにしかすぎない。わが国の太陽光発電の最終的なゴールは、まず2010年度の導入目標である482万kWを確実に達成し、さらに太陽光発電システムがわが国および世界のエネルギー・環境問題に貢献できるまでに技術と産業が成熟することである。

折しも、2003年5月には、太陽光発電技術に関する世界最大の国際学術会議である第3回世界太陽光発電国際会議(WCPEC-3)、太陽光発電技術に関する政策や産業戦略を議論するIEA太陽光発電国際会議が同時期に大阪のグランキューブ大阪で開催されるとともに、WCPEC-3併設展示会などをはじめとするさまざまな関連イベントが“World PV Epoch in Osaka”と銘打って開催され、国内外の太陽光発電関係者がわが国に集まる予定である。また、NEDOは2003年10月より独立行政法人として再スタートするなど、本年は太陽光発電にとって大きな節目を迎える。

これを機会に、今後の太陽光発電技術の方向性を長期的視点から議論する必要がある。とくに、今後の太陽光発電の導入の進展や太陽光発電が本質的に有する「エネルギー技術」と「産業技術」の二面性を踏まえると、健全な産業の育成と自立に資するための導入支援策と技術開発との連携のあり方や、産学官の役割の再構築、わが国が果たすべき国際貢献のあり方などを十分に議論することが重要である。