

電力会社向け メガソーラーシステム

Mega Solar Systems for Electric Power Utilities

長谷川 義朗 新井本 武士 大和田 晃司

■ HASEGAWA Yoshiaki ■ NIIMOTO Takeshi ■ OWADA Koji

東芝は、大容量の太陽光発電システム（以下、メガソーラーシステムと呼ぶ）を普及させるために、風況解析による太陽電池アレイの基礎工事コストの低減、構造のデザインレビューによる太陽電池アレイの架台コストの低減、パワーコンディショナ（PCS）を臨海部へ設置するための密閉型パッケージの開発、及び系統安定化機能の開発などを行い、電力会社向けのメガソーラーシステムに適用してきた。

今後、システムを構成する機器仕様の標準化と新たな工事工法の開発によりシステム構築コストを低減することで、メガソーラーシステムの更なる普及に努めていく。

Toshiba is making efforts to disseminate large-capacity photovoltaic (PV) power generation systems, or so-called mega solar systems, through the development of various technologies for electric power utilities. Among the results achieved are the following: (1) reduction in the cost of solar cell array foundations through wind velocity distribution analysis, (2) reduction in the cost of solar cell array frameworks through a structural design review, (3) development of sealed-type packages for power conditioning systems (PCSs) to facilitate the installation of inverters in coastal areas, and (4) functions for system stabilization so as to make mega solar systems more widely available.

We are continuing our efforts to reduce system construction costs through both the standardization of equipment specifications and the development of new construction methods, to promote the further spread of mega solar systems.

1 まえがき

2009年8月の中部電力(株)メガソーラーたけとよの受注を機に、東芝の電力会社向けメガソーラーシステム（以下、メガソーラーシステムと呼ぶ）の開発が本格化した。太陽光発電システムを普及させるためには発電コストの低減がもっとも重要な課題であることは、それが実用化されたときから言われており、今も変わっていない。発電コストを引き下げするためのコスト指針として、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が示したロードマップが表1である。

NEDOのロードマップによれば、太陽光発電のコストは、太陽電池モジュールに関する技術のブレークスルーなどにより、2010年代には現状の家庭用電力並みになる（グリッドパリティ）とされている。

一方、太陽光発電システムのコスト構造は、NEDOの補助事例によれば図1のようになっており、太陽電池モジュールがおよそ半分を占め、以下、架台、パワーコンディショナ（PCS）、そして基礎工事の順となる。メガソーラークラスのコスト構造はこの図とは若干異なっており、基礎工事の割合が大きく、太陽電池モジュール、基礎工事、及び架台で全体の80%程度を占めている。

当社は、NEDOのロードマップの目標コストを達成し、メガソーラーシステムを普及させるための戦略として、以下の方針

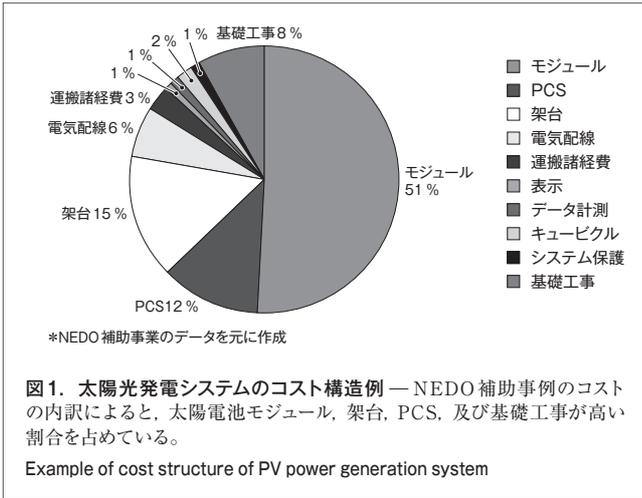
表1. 太陽光発電ロードマップ（PV2030+）のシナリオ
Scenario of roadmap for PV power generation (PV2030+)

実現時期 (開発完了)	2010年～ 2020年	2020年 (2017年)	2030年 (2025年)	2050年
発電コスト	家庭用 電力並み (23円/kWh)	業務用 電力並み (14円/kWh)	事業用 電力並み (7円/kWh)	汎用電源として 利用 (7円/kWh以下)
モジュール 変換効率 (研究レベル)	実用モジュール 16% (研究セル20%)	実用モジュール 20% (研究セル25%)	実用モジュール 25% (研究セル30%)	超高効率 モジュール 40%
国内向け生産量 (GW/年)	0.5～1	2～3	6～12	25～35
(海外市場向け (GW/年))	～1	～3	30～35	～300
主な用途	戸建住宅、 公共施設	住宅（戸建、 集合）、公共 施設、事務所 など	住宅（戸建、 集合）、公共 施設、民生業務 用、電気自動車 など充電	民生用途全般、 産業用、運輸用、 農業他、独立電源

出典：NEDO、「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）に関する見直し検討委員会」報告書

を定めて開発を推進している。

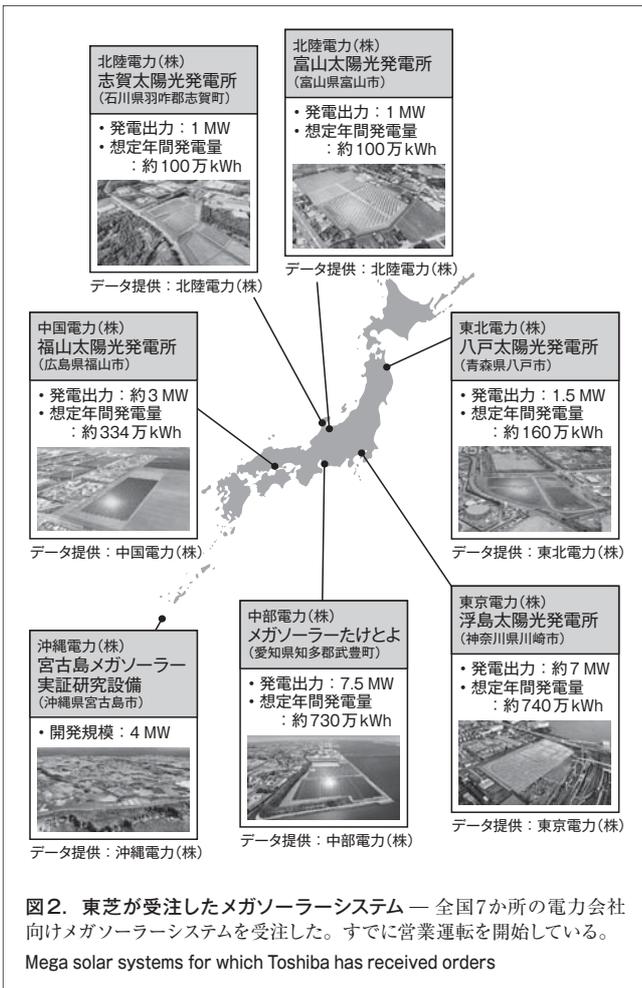
- (1) 太陽電池モジュールはグローバル調達とすることで、コスト及び性能の観点からシステムを構成するうえで最良の物を使用する。
- (2) システムのコストに大きな割合を占める架台や基礎工事については、徹底的にコストを低減したモデルを策定し、順次開発するシステムに適用する。
- (3) コストの低減に加え、定常的な電源として稼働するた



めに必要な機能を、逐次、開発し適用していく。
ここでは、この方針に従って開発した技術について述べる。

2 メガソーラーシステム実現のための開発技術

当社が2010年までに受注した電力会社向けメガソーラーシ



ステムは、図2に示す7システムである。これらを実現するために開発した技術内容について以下に述べる。

2.1 風況解析による架台及び基礎のコスト低減技術

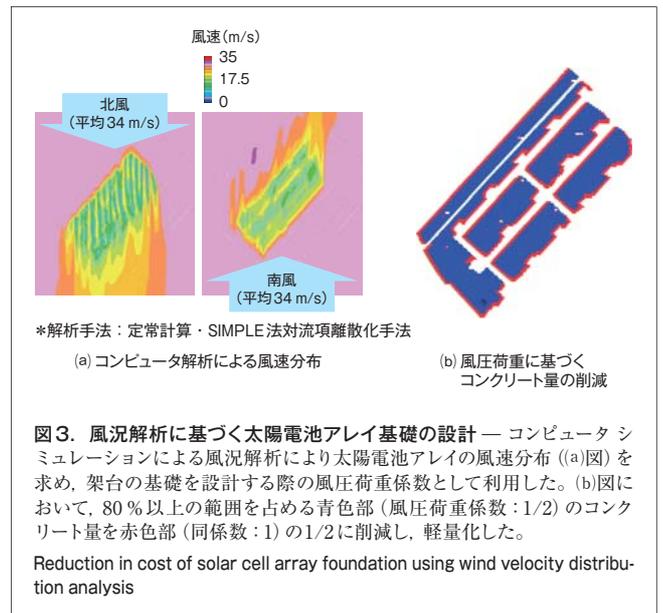
平均風速 34 m/s の風を受けた際に太陽電池アレイに発生する風速分布をコンピュータシミュレーションにより求め、色分け表示した結果を図3(a)に示す。これにより、太陽電池アレイの周囲端部で風圧荷重は大きく、中央部では小さいことがわかる。

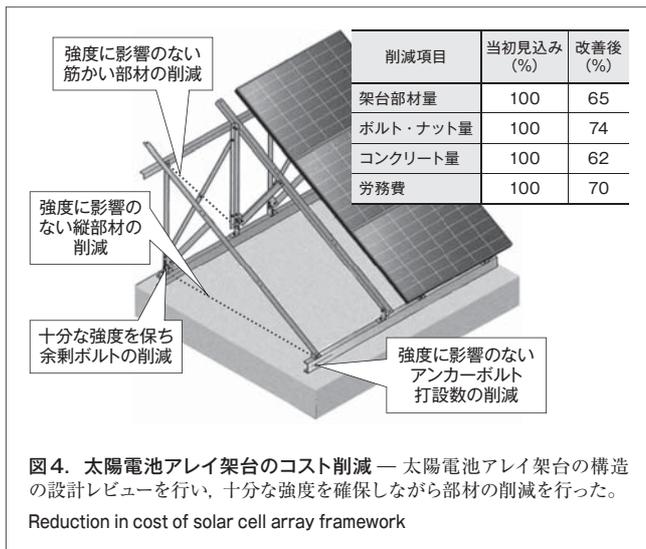
また、JIS C8955「太陽電池アレイ用支持物設計標準」には、風速から太陽電池アレイに加わる風圧荷重を算出する近似式が定められている。これを適用する際、架台が複数の場合には、太陽電池アレイの周囲端部には近似式の値を、中央部には近似式の値の1/2を使用してもよいとされている。JIS C8955の規定を参照し、風速分布のコンピュータシミュレーションにより太陽電池アレイの中央部の風速が周囲端部の1/2であることを確認したうえで、架台と基礎の設計を行った。

太陽電池アレイを設置する際には、風圧荷重を受け止める重量物となるコンクリートの基礎上にその架台を取り付ける。コンピュータシミュレーションによる風圧分布データに基づき、風圧荷重がアレイ周囲端部の1/2となる中央部では、風圧荷重への抗力となるコンクリート基礎の重量を1/2に削減する。具体的な例として、図3(b)において、風圧荷重の係数を1とする太陽電池アレイの周囲端部(赤色)に対し、風圧荷重の係数を1/2にできる中央部(青色)の架台基礎のコンクリート量を削減する。この例では、青色の領域は全体の80%に達した。

2.2 太陽電池アレイ架台のコスト低減技術

図4は、架台の低コスト化を図るために行った施策を示したものである。架台の構造を分析し、太陽電池モジュールが受ける主な荷重である風圧荷重に耐えうる強度を確保しながら、





徹底的な簡略化を図っている。

具体的には、強度に影響しない部材の削減及び十分な強度を確保したうえでの余剰ボルトの削減である。これらにより、部品材料費の低減（部品により約26～38%）だけでなく、組立てに掛る労務費も約30%低減した。なお、架台には、新日本製鐵(株)のスーパーダイヤ^(注1)を主に使用している。

2.3 高効率PCSの採用

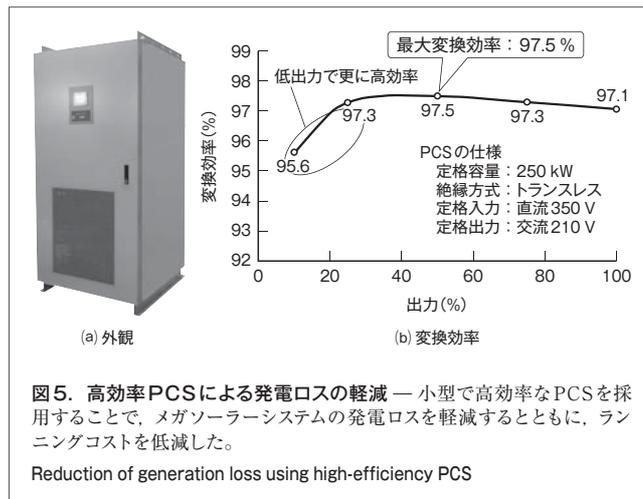
小型で高効率なPCSを適用することで、システムコストを低減することができる。まず、小型であることから、PCSを収容するパッケージを小型化することができる。また、高効率化による発熱量の低減により冷却装置の容量を小さくことができ、システムのランニングコストを軽減することができる。

PCSが高効率であることのいちばんの利点は、太陽電池モジュールが発電した直流電力を少ないロスで交流電力に変えられることであるが、当社が電力会社向けのメガソーラーシステムに使用しているPCSは、低出力時の効率の面でも優れている。一般的に太陽光発電においては、雲の影響など気象条件により、PCSが定格の100%で稼働する機会は少ない。通常は定格の30～70%で稼働しているため、当社が使用するPCSは、この領域での変換効率がピークとなるように設計している(図5)。実用域での効率を高めることで、実運用においてより多くの発電量が得られるようにしている。

2.4 密閉型PCSパッケージ

PCSを屋外に設置するために、密閉型のパッケージに格納することとした。密閉型のパッケージにPCSを収容することで、臨海部などに設置されることが多いメガソーラーシステムのPCSを塩害から守ることができる。また、パッケージ内の温度や湿度をエアコンディショナで一定範囲に保つことができる。

(注1) めっき層成分が亜鉛を主成分として、約11%のアルミニウムと約3%のマグネシウム及び微量のシリコンから成るめっきを施した高耐食性めっき鋼板。

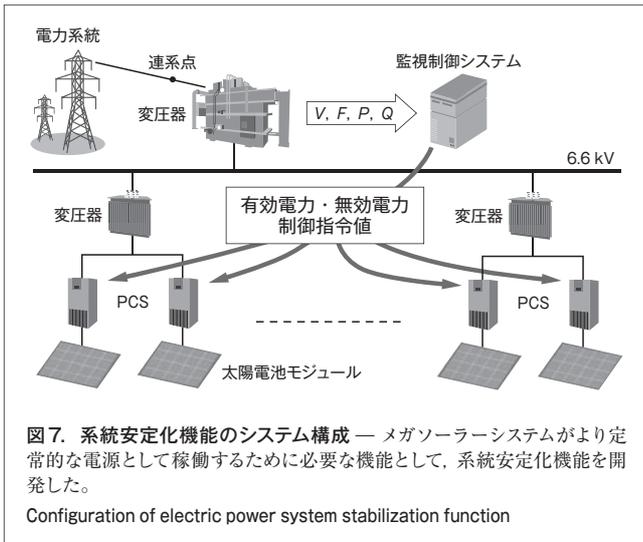


実際のPCSパッケージの外観を図6に示す。左側がアルミニウム製のPCSパッケージであり、右側には昇圧用変圧器が併設されている。標準的な構成では、PCSパッケージには250 kWのPCSを4台又は500 kWのPCSを2台格納する。

2.5 システム安定化機能

メガソーラーシステムをより定常的な電源として稼働させるために、システム安定化機能を開発した。システム安定化機能には有効電力制御機能、無効電力制御機能、及びスケジュール機能があり、以下にその概要を述べる。

システム安定化機能に関するシステム構成を図7に示す。監視制御システムは、電圧 V 、周波数 F 、有効電力 P 、及び無効電力 Q といった電力系統の状態情報を連系点で計測する。また、計測したデータに基づき、電力系統の安定化を図るために必要な電力制御量を計算し、指令値としてPCSに送信する。PCSは、監視制御システムからの指令値に従い、 Q 及び P の制御を行う。



系統安定化の観点から、監視制御システムが実行する以下の2種類の制御機能を開発した。

- (1) 系統電圧の変動抑制 監視制御システムは連系点の電圧変動を計測し、その変動を抑制するために、PCSの Q を制御する。このとき、PCSに発生させる Q を次式により求める。

$$Q = k \cdot (V_{ref} - V)$$

k : ゲイン V_{ref} : 基準電圧 V : 連系点電圧

- (2) 系統周波数の変動抑制 監視制御システムは、連系点の周波数偏差を計測し、その偏差を抑制するために、PCSの P を制御する。このとき、PCSに発生させる有効電力制御量 (ΔP) を次式により求める。

$$\Delta P = \beta \cdot \Delta f$$

β : ゲイン Δf : 周波数偏差

これらの系統安定化機能に加え、PCSが自立的に運転することで系統安定化に寄与する次の機能も開発した。

- (3) 力率一定運転 太陽光発電システムの発電電力が電力系統に流れ込むことで引き起こされる電圧上昇を抑制するために、PCSは、太陽光発電の出力に応じた Q を発生させる。PCSは、太陽光発電電力における P と Q の比（力率）が一定となるよう、次の式に基づいて出力を制御する。

$$Q = a \cdot P$$

a : ゲイン

この力率一定運転は、(1)又は(2)の監視制御システムからの指令値に基づく運転を行っていないときに、PCSが自立的に行う制御である。

3 あとがき

電力会社向けのメガソーラーシステムを実現し、NEDOのロードマップの目標コストを達成するために、ここで述べた技術開発を進めてきた。しかしながら、太陽光発電のコストが、現在の家庭用電力並みのレベル（グリッドパリティ）に達していないのが現状である。更なるコスト低減を達成するためには、コストのもっとも大きな部分を占める太陽電池モジュールのコストが下がることが重要である。

また、コストの大きな部分を占める架台と基礎工事に関わるコスト低減だけでなく、太陽光発電システムを構成する機器の仕様を標準化することによる機器のコスト低減を進めることも必要である。

これまでに開発したメガソーラーシステムでは、太陽電池アレイを設置する際に土地を掘削できない場合が多かった。今後は様々な条件の土地においてメガソーラーシステムの開発が計画されると予想され、掘削が可能な土地におけるメガソーラーシステムの構築も視野に入れる必要がある。その際の架台及び基礎工事のコストを低減する新たな工法を開発するとともに、工期の短縮によるコスト低減をも追求する必要がある。

メガソーラーシステムの導入初期において、もっとも大きな関心事はシステムの構築コストであった。しかしながら、多くのメガソーラーシステムが構築されるようになると、新たに発電事業を目指す事業主の関心は、構築コストの低減は当然として、システムの運用や保守コストの低減にも及んでいる。今までの成果を活用するとともに、更に、運用や保守に関わるコストの低減にも踏み込み、システムのトータルコストの低減を推進することで、太陽光発電が他の電源と肩を並べるコストを実現できるよう努力していきたい。



長谷川 義朗 HASEGAWA Yoshiaki

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 太陽光発電システム推進部グループ長。太陽光発電システムの開発に従事。電気学会会員。

Transmission & Distribution Systems Div.



新井本 武士 NIIMOTO Takeshi

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 太陽光発電システム推進部主務。中部電力(株)メガソーラーたけとよのエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



大和田 晃司 OWADA Koji

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 太陽光発電システム推進部主務。東京電力(株)浮島太陽光発電所のエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.