

海外向け 大容量太陽光発電用パワーコンディショナ

Large-Scale Power Conditioning Systems for Photovoltaic Generation Systems in Overseas Markets

安保 達明 井川 英一 ルベン インスンサ

■ AMBO Tatsuki ■ IKAWA Eiichi ■ Ruben INZUNZA

再生可能エネルギーの利用拡大が世界的に期待されており、特に太陽光発電では、10 MW超の大容量発電プラントが世界各地で計画されている。

東芝グループは、海外の太陽光発電プラント向けパワーコンディショナ (PCS) として、欧州を中心とした国際規格の IEC (国際電気標準会議) 規格や中国の金太陽認証規格に適合した 500 kW 機及び 630 kW 機と、米国の UL (米国保険業者安全試験所) 規格に適合した 500 kW 機を開発し製品化した。また、大容量の太陽光発電システムでは、PV (Photovoltaic) ステーションとして、PCS、高圧連系用 絶縁変圧器、及びスイッチギヤを一体化した屋外設置用パッケージを分散配置することが多く、今回、1 MW の PV ステーションを試作し評価した。更に、PCS を北米市場に提供していくためには系統連系規格に適合することが不可欠であり、実規模での試験を実施したほか、信頼性試験を行い、実用上問題ないことを確認した。

The introduction of renewable energy systems is rapidly expanding worldwide. In particular, projects for large-scale photovoltaic (PV) power plants with a capacity of 10 MW or higher are in progress in various countries.

The Toshiba Group has developed and released a lineup of power conditioning systems (PCSs) for PV generation systems targeted at overseas markets, including 500 kW and 630 kW models compliant with both the International Electrotechnical Commission (IEC) standards and the Golden Sun Certification standards and a 500 kW model compliant with the UL standards. As integrated PV substations, including PCSs, high-voltage interconnection type insulated transformers, and switchgears in outdoor-rated enclosures, are often installed separately in large-scale PV power plants, we have developed and evaluated a prototype 1 MW PV substation. To fulfill the requirements for system interconnection in the North American market, we have confirmed the compliance of the system through utility interconnection tests performed with a full-scale setup.

1 まえがき

世界的に持続可能な社会の実現が大きなテーマとなっており、再生可能エネルギーに対して注目が集まっている。特に太陽光発電は、近年、各国で導入の動きが盛んになっており、大容量システムの構築も推進されている。海外における太陽光発電事業は欧州から始まり、現在では米国及び中国を中心に 10 MW 超の発電プラントの建設が進んでいる^{(1), (2)}。

太陽光発電では、太陽電池で発生した直流電力を一般的な交流電力に変換する、高性能で信頼性の高いパワーコンディショナ (PCS) の開発及び製品化が重要な使命となっている。太陽光発電の導入拡大に伴い、PCS では、単機の容量拡大や設備導入の容易性だけでなく、各国の規格への適合や信頼性の確保も重要な課題となってきている^{(3), (4)}。

ここでは、東芝三菱電機産業システム (株) が開発した、500 kW 機をコアとする PCS のラインアップと 500 kW 機を 2 台収納する 1 MW 屋外 PV (Photovoltaic) ステーションについて述べるとともに、各国の規格への対応と信頼性確保への取組みについて述べる。

表 1. 海外向け大容量 PCS のラインアップと仕様

Specifications of large-scale PCS lineup for overseas markets

項目	仕様		
	UL 規格 (米国)	IEC 規格 (欧州/アジア) 金太陽認証規格 (中国)	
最大直流入力電圧 (V)	600	1,000	
定格容量 (kW)	500	500	630
MPPT 範囲 (V)	320 ~ 550	450 ~ 950	550 ~ 950
出力電圧 (V)	208	300	380
周波数 (Hz)	60	50/60	
最大変換効率 (%)	97.5	98.5	98.6
質量 (kg)	1,300		
外形寸法 (mm)	1,900 (幅) × 700 (奥行) × 1,900 (高さ) (冷却ファン含まず)		

MPPT: Maximum Power Point Tracking

2 大容量 PCS のラインアップ

海外向け大容量 PCS のラインアップとそれらの仕様を表 1 に示す。米国と欧州及び中国とでは太陽電池モジュールからの最大直流入力電圧の仕様が異なるため、大きく 600 V 系と 1,000 V 系の二つに分類されている。また、欧州や中国向けの



図1. UL規格に適合した500 kW機 — UL規格特有の要求に対応した構造となっている。

500 kW PCS compliant with the UL standards

製品では、入出力条件により500 kWと630 kWの2種類の容量をラインアップした。

入力が600 V系で、米国のUL（米国保険業者安全試験所）規格に適合した500 kW機の外観を図1に示す。大容量でありながら、外形は幅1,900 mm、奥行き700 mmとコンパクトである。

また、入力が1,000 V系で、欧州のIEC（国際電気標準会議）規格及び中国の金太陽認証規格に適合した500 kW及び630 kW機の外観を図2に示す。630 kW機は、500 kW機の



図2. IEC規格及び中国規格に適合した500 kW/630 kW機 — 500 kW機と630 kW機は、共通のきょう体と、回路の一部だけが異なる類似の回路構成で実現した。

500 kW/630 kW PCS compliant with IEC standards and Chinese standards

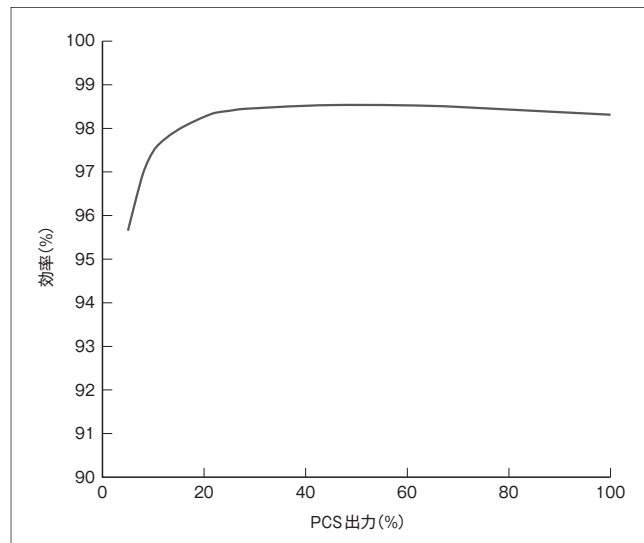


図3. 630 kW機の変換効率特性 — 最大変換効率は98.6%を達成した。太陽光発電での使用頻度が高い50%前後の出力領域でも高い効率を実現している。

Conversion efficiency characteristics of 630 kW PCS

回路構成の一部だけを変更し、共通のコンパクトなきょう体で実現している。

630 kW機の変換効率特性を図3に示す。最高変換効率は98.6%を達成し、太陽光発電で使用される頻度が高い50%前後の出力領域でも高い効率を実現している。

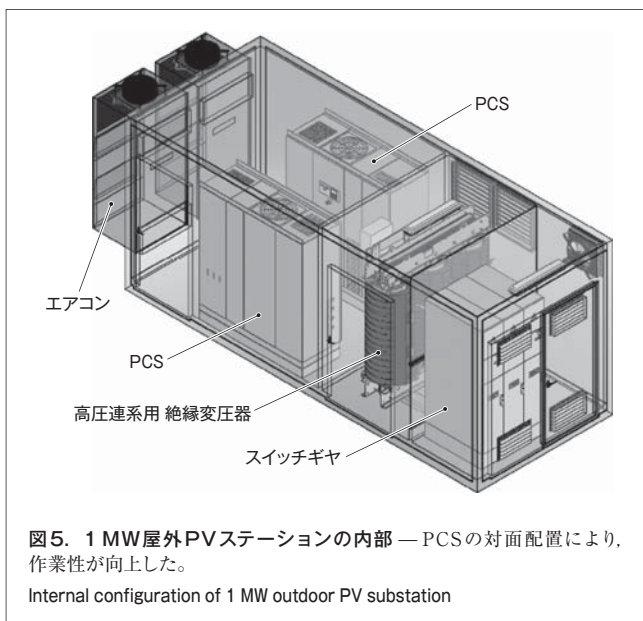
3 大容量1 MW屋外PVステーション

海外の発電プラントは、発電容量が数MWから数百MWと規模が大きく、500 kW単位のPCSを導入しても数十台から数百台の規模になってしまう。そこで、設備の導入を容易にす



図4. 1 MW屋外PVステーション — 500 kW PCS×2台、高圧連系用絶縁変圧器、及びスイッチギヤを一体化した屋外設置用パッケージである。

1 MW outdoor PV substation



るため、図4に示す1 MWの屋外PVステーションを開発した。このPVステーションは、2台の500 kW PCSを、高圧連系用絶縁変圧器、及びスイッチギヤとともに収納して一体化した屋外設置用パッケージである。発電プラント内の設置場所へ一体で搬入して据付け、外部入力（直流側：太陽電池）と外部出力（交流側：高圧系統）へ接続することで容易に導入でき、工期削減とコスト低減に寄与する。

また、PCSの奥行き寸法が700 mmと小型化されているため、収納した屋外パッケージの寸法が輸送用トレーラに積載可能な範囲内に抑えられるとともに、図5に示すように、パッケージ内でのPCSの対面配置を実現でき、作業性の向上につながった。

図6は、イタリアにあるMW級発電所へ納入した1 MW屋

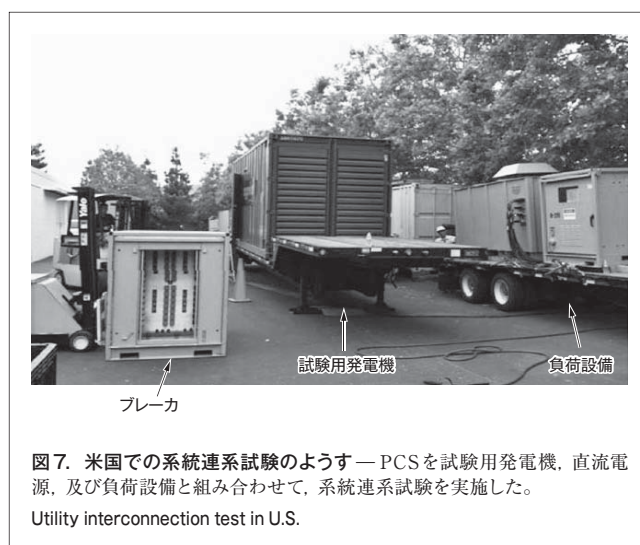
外PVステーションである。PVステーションの後方には、高圧系統の鉄塔があり、太陽電池モジュールが設置されている。

4 各国の規格への対応

PCSを海外へ提供していくためには、各国ごとの規格に適合することが必須となる。

国際標準のIEC規格に準拠した欧州やアジア向けの製品については、低電圧指令とEMC（電磁環境適合性）指令に基づいて第三者認証試験を実施し、これらの規格に適合していることを確認した。

また、北米市場では、IEC規格に適合した製品を納入する場合でも、分散電源に対する北米の系統連系規格への適合を確認することが必要である。系統連系規格への適合性を確認する試験のようすを図7に示す。試験用発電機、試験対象の630 kW PCS、直流電源、及び負荷設備を組み合わせ、運転状態と負荷条件を種々設定して試験を実施した。この試験は第三者試験機関立会いのもとで行われ、系統連系規格に適合することが確認された。



5 信頼性確保への取組み

太陽光発電システムは、広大な場所を必要とするため、海岸周辺や、砂漠、原野など様々な環境条件の場所に設置される。設置状況によっては昼夜で極端な高温と低温を繰り返すなど、PCSは厳しい環境条件にさらされることがある。更に、海外に導入されるPVステーションにエアコンが設置されない場合も多く、PCSには優れた耐環境性が要求される。

そこで、今回開発した大容量PCSの環境信頼性試験を行うにあたって、大型恒温槽の中に実際の装置を設置し、定格直流入力電圧を印加して、系統連系している実際の運転状態に



(a) 恒温槽内のPCS



(b) 恒温槽と外部からPCSの動作を監視するパソコン

図8. 環境信頼性試験のようす — PCSを大型恒温槽に入れ、実運転を模擬した状態で-25℃と60℃の環境を約1か月間繰り返して評価した。

Setup of environmental test

するとともに、環境信頼性を評価するための各種の温度・湿度条件及びそれらの変動条件を作り出して実施した。環境信頼性試験のようすを図8に示す。

環境信頼性評価の条件として、温度を-25℃と60℃の間で繰り返すヒートサイクル試験や、温度60℃で湿度85%の条件にした高温・高湿試験などをそれぞれ約1か月かけて行い、これらの試験前後にPCSの耐圧試験や運転特性測定を行って評価した。その結果、それぞれ変化が見られないことを確認した。

6 あとがき

海外向け大容量太陽光発電用PCSの開発と製品化の状況について述べた。10 MW超の大容量太陽光発電システムが世界各地で計画されており、今後も再生可能エネルギーを利用した主要な発電システムとして期待されている。

東芝は、太陽光発電用PCSで25年以上の経験と実績を持っており、今後も、これまでに培ったPCS技術と最新のパワーエレクトロニクス技術を融合させ、更に大容量で、高効率、小型化、及び高信頼性を備えたPCSを開発し提供していく。

文 献

- (1) Shahidepour, M.; Schwartz, F. Don't let the sun go down on PV. IEEE Power & Energy Magazine. 2, 3, 2004, p. 40 - 48.
- (2) Key, T. Finding a bright spot. IEEE Power & Energy Magazine. 7, 3, 2009, p.34 - 44.
- (3) Dugan, R. C. et al. Distributed resources standards. IEEE Industry Applications Magazine. 12, 1, 2006, p.27 - 34.
- (4) Petrone, G. et al. Reliability issues in photovoltaic power processing systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 55, 7, 2008, p.2569 - 2580.



安保 達明 AMBO Tatsuaki

東芝三菱電機産業システム(株) パワーエレクトロニクスシステム事業部技監。汎用インバータ、分散電源用変換器、UPS、PVインバータの開発設計に従事。電気学会会員。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



井川 英一 IKAWA Eiichi

東芝三菱電機産業システム(株) パワーエレクトロニクスシステム事業部 パワーエレクトロニクス部技術主査。特殊電源、分散電源用変換器、PVインバータの開発設計に従事。電気学会会員。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



ルベン インズンサ Ruben INZUNZA, Ph.D.

東芝三菱電機産業システム(株) パワーエレクトロニクスシステム事業部 パワーエレクトロニクス部主任、工博。風力発電用変換器、交通用電源、PVインバータの開発設計に従事。IEEE会員。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.