

太陽光発電システム用 高効率パワーコンディショナ

High-Efficiency Power Conditioning Systems for PV Systems

飯島 由紀久 井川 英一 高橋 伸広

■ IJIMA Yukihisa ■ IKAWA Eiichi ■ TAKAHASHI Nobuhiro

再生可能エネルギーの導入拡大が世界的に進められており、特に太陽光発電 (PV) 市場は国内外ともに急速な拡大傾向にある。PVシステムの市場においては、数十MW超の大規模なものから、公共施設や産業・商業施設向けの数十kW超のものまで幅広いニーズがあり、世界各地で様々なPVシステムが展開されている。メガソーラーシステム (大規模PVシステム) では、直流電圧を1,000 Vまで上げて通電損失を低減し、かつ単機当たりの容量を増大させることでシステム内の設備台数を低減できるパワーコンディショナ (PCS) の採用が主流になりつつある。一方、ルーフトップ設置のPVシステムでは、導入時や保守時の手間を軽減するために屋外設置タイプでコンパクトな構造のPCSへのニーズが増加しつつある。

東芝三菱電機産業システム (株) は、国内向けPCSのラインアップとして100 ~ 500 kWの単機容量の機種を提供してきたが、メガソーラーシステム向けに更に大容量化した750 kW機と665 kW機を開発した。また、北米向けのラインアップでは500 kW機だけ取り扱っていたが、ルーフトップ設置型として新たに100 kWの屋外機を開発した。

The introduction of renewable energy systems is rapidly expanding both in Japan and around the world, particularly in the photovoltaic (PV) market. In response to a broad range of market needs, the development and installation of various PV power plants, from those with a capacity of tens of kW for public facilities and industrial and commercial facilities to large-scale PV power plants with a capacity of tens of MW, are progressing in various countries. In the field of mega solar plants, both the reduction of current loss by using DC 1,000 V type power control systems (PCSs) and the reduction of the number of PCSs by increasing their unit capacity are spreading into the mainstream. In the field of rooftop PV plants, attention is being increasingly focused on compact PCSs for outdoor use to reduce installation and maintenance costs.

The Toshiba Group has now developed and released a lineup of new PCSs for PV power plants, including models with a capacity of 750 kW and 665 kW in addition to existing models with a capacity of 100 to 500 kW for mega solar plants in the Japanese market, and a 100 kW model for outdoor use to meet the requirements for rooftop PV power plants in the North American market in addition to an existing 500 kW model.

1 まえがき

“持続可能な社会の実現”への機運が世界的に高まり、再生可能エネルギーへの注目が集まっている。特に太陽光発電 (PV) は、近年、各国の導入目標に応じた推進施策により市場の拡大が促進され、大容量システムの導入が進みつつある。PV事業は、海外では欧州から始まり、米国や中国を中心に展開され、国内でも10 MW超の発電設備の建設が進んでいる^{(1), (2)}。

PVシステムにおいてパワーコンディショナ (PCS) は、太陽電池の直流電力を一般的に使用される交流電力に変換する電力変換を担っており、高効率というニーズに応える製品の開発が重要な使命となっている。PV市場の規模拡大に伴い、PCSは単機容量の拡大や設備導入の容易性だけではなく、海外向けには各国の規格への適合及び信頼性への対応も重要な課題^{(3), (4)}となってきている。

ここでは、東芝三菱電機産業システム (株) が国内の1,000 V系メガソーラーシステム向けに開発した750 kW/665 kW機と、北米向けのルーフトップ設置型として開発した100 kW屋外機

について述べる。

2 PCSのラインアップ

当社のPCSのラインアップを表1に示す。これまで、国内向けに600 V系100 ~ 500 kWのJEC (電気学会 電気規格調査会) 規格準拠機を5機種、また、北米向けに600 V系500 kWのUL (アメリカ保険業者安全試験所) 規格準拠機を1機種、欧州・アジア向けに1,000 V系250kW, 500kW, 630 kWのIEC (国際電気標準会議) 規格準拠機を3機種提供してきた。1,000 V系は太陽電池からの配線を含めた通電損失を600 V系よりも低減することができるため、容量の大きいメガソーラーシステムでは1,000 V系のPCSの採用が増えてきている。これまでは、国内の1,000 V系のPVシステムには、周辺機器を含めIEC規格準拠機を採用することが一般的であった。

当社は、国内の1,000 V系メガソーラーシステム向けに、従来品よりも大容量化した750 kW機と665 kW機の2機種を開発した。これらの採用によりメガソーラーシステムの導入コストを低減することができる。

表1. PCSのラインアップ

Toshiba PCS lineup

仕向先	準拠規格	直流電圧 (V)	定格容量							
			100 kW	175 kW	250 kW	490 kW	500 kW	630 kW	665 kW	750 kW
国内	JEC	600	○屋外機*1	○	○	○	○	○		
		1,000			○*2		○*2	○*2	●	●
海外	UL (北米)	600	●屋外機				○			
	IEC (欧州, アジア)	1,000			○		○	○		

*1: 屋内機もラインアップ (特に記載のない機種は屋内機を表す)

*2: IEC機を適用

●: この論文で記載する機種 ○: 当社の既存機種

また、北米向けのルーフトップ設置型として、従来品よりも高効率化した100 kW屋外機を開発した。この機種は、500 kW以上の機種に採用していた3レベル方式インバータ (Advanced Multi-Level Inverter) を、国内向けの100 kW屋外機に適用して高効率化しコンパクト化するとともに、長寿命品を使用してメンテナンスフリー化を実現した。

更した。加えて、国内で需要の高い低圧OVGR (地絡過電圧保護継電器) を、IEC規格準拠機ではユニット外に設置していたが、国内向けではPCSに内蔵できるようにした。また、750 kW、665 kWと大容量化しながらも、従来と同じコンパクトなきょう体と高い変換効率を実現した。750 kW機の変換効率特性を図2に示す。PCSの出力が20%以上の領域にお

3 国内向け1,000 V系750 kW/665 kW機

国内では、低圧基準の分類から600 V系のPCSが一般的に採用される。一方、海外では、IECの低圧基準の分類から1,000 V系のPCSが一般的に採用される。国内において1,000 V系のPVシステムを扱う場合、ケーブル及び遮断器は高圧規格に準拠したものを使用する必要があったため、導入費用の面で難点があった。ところが、2012年6月に「電気設備の技術基準の解釈」の改正により、特定条件に適合するもので1,500 V以下の設備であれば低圧規格のものが使用可能となったため、より高効率で低コストを追求できる1,000 V系のPVシステムの導入が加速すると予想される。

750 kW/665 kW機の外観を図1に、1,000 V系大容量PCSの仕様を表2に示す。従来のIEC規格準拠機に対して、制御電源を海外で一般的な230 Vから国内で一般的な100 Vに変

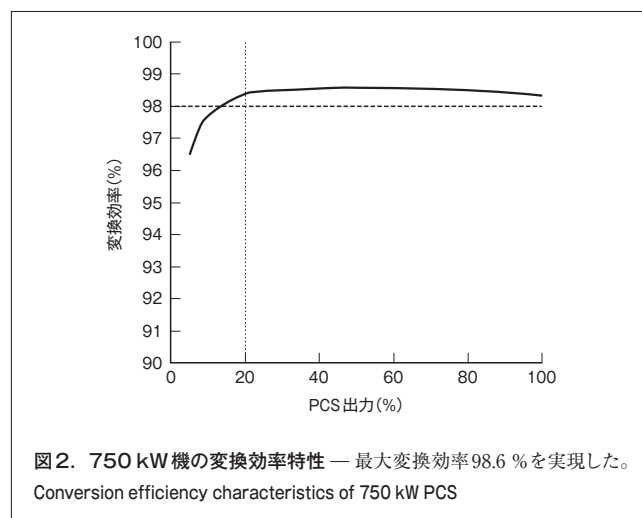
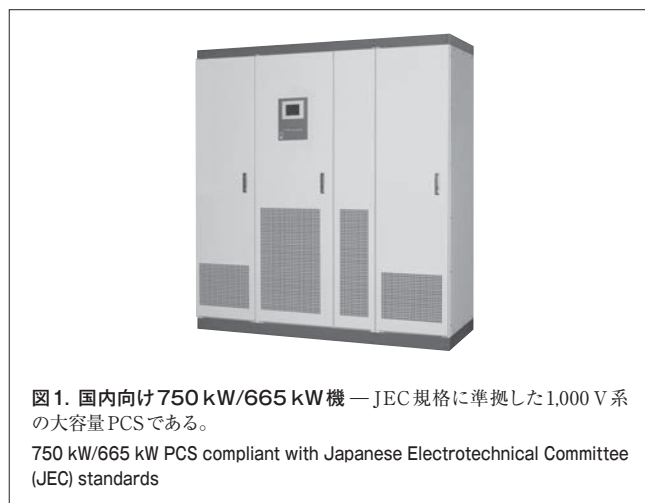
表2. 1,000 V系大容量PCSの仕様

Specifications of large-scale PCS series for DC 1,000 V input voltage

項目	仕様			
	国内		欧州, アジア	
仕向地	国内		欧州, アジア	
準拠規格	JEC 2470		IEC (EN 50178)	
入力直流電圧 (V)	最大1,000			
定格容量 (kW)	750	665	630	500
MPPT範囲 (V)	550 ~ 950		550 ~ 950	
出力交流電圧 (V)	380		380	
周波数 (Hz)	50/60		50/60	
最大変換効率 (%)	98.6		98.5	
制御電源 (V)	100		230	
低圧OVGR	内蔵		ユニット外設置	
外形寸法 (mm)	1,900 (幅) × 700 (奥行き) × 1,900 (高さ) (チャネルベース含まず)			
質量 (kg)	1,300			

EN 50178: 欧州統一規格50178

MPPT: Maximum Power Point Tracking



いて変換効率が98%超であり、また、最高変換効率は98.6%を達成した。

750 kW機は、同一規模のメガソーラーシステムで比較したとき、500 kW機の場合より台数を30%削減することができる。PV市場の拡大傾向が続き、国内外で数十～100 MW超の発電システムがあいついで計画されているため、単機容量の大きいPCSの採用による台数削減の効果は大きい。PCSの台数を減らせることで、システム全体や周辺機器の据付配線工事費などの導入コストや、メンテナンス費などランニングコストの両面で削減効果が期待できる。

4 北米向け100 kW屋外機

ルーフトップ設置のPVシステムの規模としては、100 kWクラスが想定される。PVモジュールの設置面積は1,000m²（例：10×100 m）程度である。国内では倉庫や工場などの屋根（ルーフトップ）が対象となるが、北米では産業・商業施設の屋根が同規模の面積であるため、設置対象が増加する。ルーフトップ設置型のPVシステムは、既存施設への後付けが多いため、電気室にPCSを設置するスペースがない場合が多く、屋外設置が一般的となる。そこで、北米向けのルーフトップ設置型PVモジュールに対応するPCSとして、UL規格に準拠した高効率でコンパクトな100 kW屋外機を開発した。

外観を図3に、仕様を表3に示す。

この機種の主な特長として、次の3点が挙げられる。

- (1) 高効率な変換回路の採用 3レベル方式のインバータを採用することで、フィルタ回路の小型化と高効率化を実現した。また、ファンレス構造にすることにより、冷却ファンが常時消費していた電力を削減でき、高効率化につながっている。



表3. 北米向け100 kW屋外機の仕様
Specifications of 100 kW PCS for outdoor use

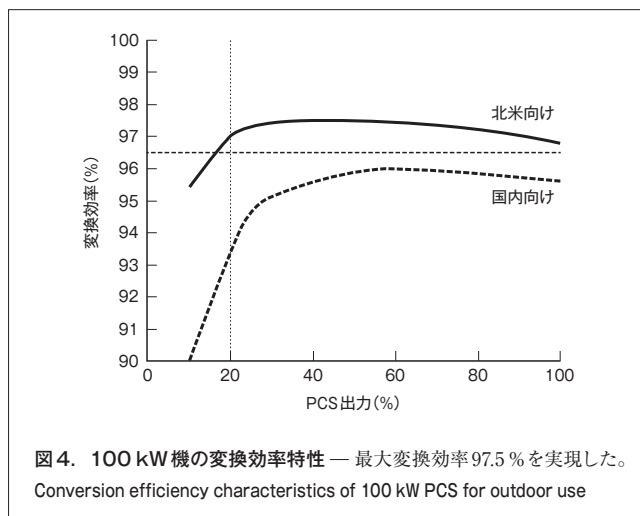
項目	仕様
準拠規格	UL1471
入力直流電圧	最大600 V
定格容量	100 kW
MPPT範囲	320 ~ 550 V
出力交流電圧	480 V
周波数	60 Hz
最大変換効率	97.5 %
絶縁方式	商用絶縁方式
外形寸法	1,800 (幅)×800 (奥行き)×1,950 (高さ)mm
質量	1,350 kg
設置場所	屋外
盤構造	NEMA3R
冷却方式	自然空冷
EMI規制	FCC Part15, Class A

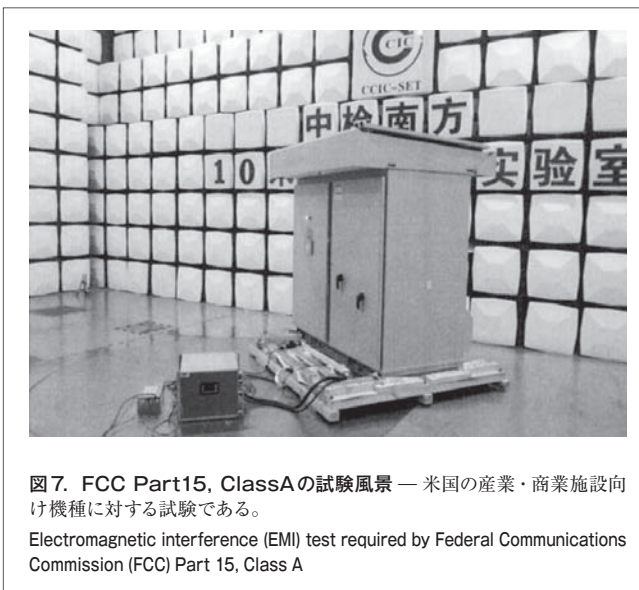
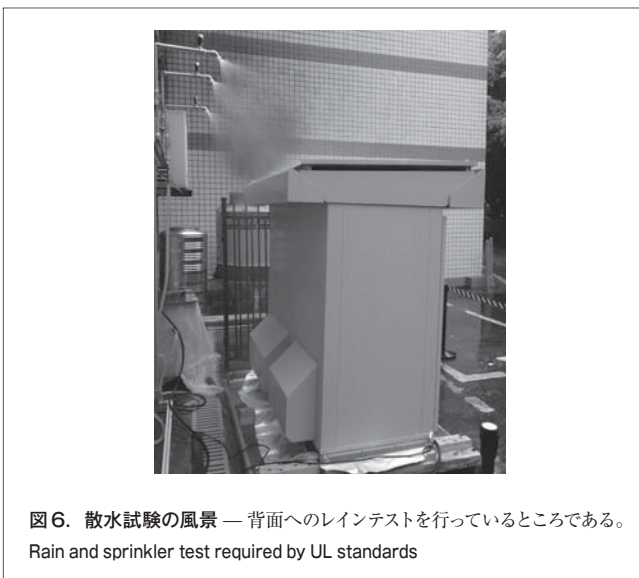
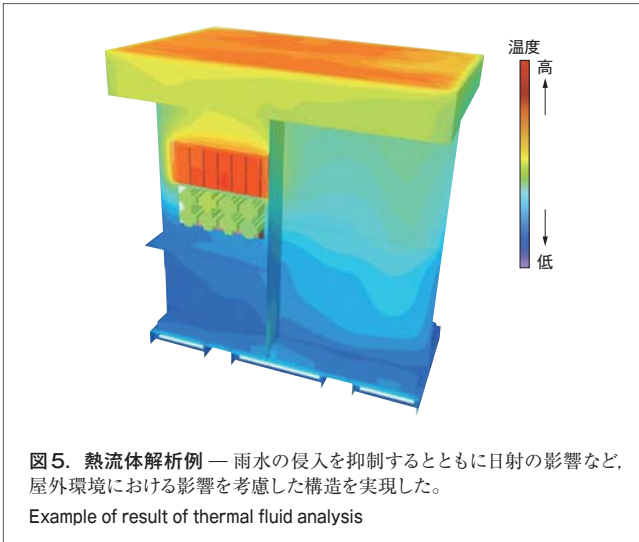
NEMA : 全米電気製造業者協会
EMI : 電磁干渉
FCC : 連邦通信委員会

変換効率特性を図4に示す。PCSの出力が20%以上の領域において、変換効率が96.5%超となっている。また、最高変換効率は世界トップレベルの97.5%を達成している。

- (2) 屋外設置に対応できるメンテナンスフリー構造 国内向け100 kW機のノウハウを継承した自然空冷方式によりファンレス構造とすることで、寿命部品であるファンを削減し粉じんの吸込みを低減した。これにより、装置の信頼性を向上させるとともに、ファンの定期交換やエアフィルタの清掃を省略させた。また、主回路の電気品にフィルムコンデンサを採用することで、装置全体のメンテナンスフリー化を図った。

熱流体解析例を図5に示す。屋外機であるため、雨水などの浸入を抑制しながら効率よく自然空冷するために、三次元構造設計と並行して熱流体解析を実施した。





(3) 産業・商業施設向け北米規格への対応 北米市場向けの機種にはUL規格への準拠が必須である。

環境試験の一つである散水試験の風景を図6に示す。これは、UL規格の認証取得に必要な防水性を評価する試験であり、UL 1741 (61 Rain and Sprinkler Tests) に定められた方法で実施した。

FCC (連邦通信委員会) 規則 Part 15, Class A の試験風景を図7に示す。これは米国の産業・商業向け製品に対するEMI (電磁干渉) 規制の試験であり本認証を取得した。

5 あとがき

国内向け1,000 V系750 kW/665 kW機及び北米向け100 kW屋外機を開発し、PCSのラインアップを拡充した。

メガソーラーシステムをはじめとする多様なPVシステムが世界各地で計画され、今後も、市場は拡大傾向で推移するものと考えられる。東芝グループは、PVシステム用PCSに関して30年以上の経験と実績がある。それらの蓄積されたPV関連技術と最新のパワーエレクトロニクス技術を融合させ、PCSの市場ニーズに適合した高効率で小型、かつ信頼性の高い製品を引き続き提供していく。

文 献

- (1) Shahidehpour, 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.



飯島 由紀久 IIJIMA Yukihisa

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課長。電力用・分散電源用変換器及びPVインバータの開発設計に従事。

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、及びPVインバータの開発設計に従事。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



高橋 伸広 TAKAHASHI Nobuhiro

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。電鉄用・分散電源用変換器及びPVインバータの構造設計に従事。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.