

# 太陽光発電用パワーコンディショナ

## Power Conditioning System for Photovoltaic Power Generation Systems

安保 達明      井川 英一      松岡 一正

■ AMBO Tatsuki      ■ IKAWA Eiichi      ■ MATSUOKA Kazumasa

地球環境問題が深刻化するに伴い、再生可能エネルギーの導入拡大が期待されている。特に太陽光発電の拡大で数MW以上の大規模発電プラントの建設が進み、太陽電池の直流出力を一般的に使用される交流に変換する太陽光発電用パワーコンディショナは、発電機器としてだけでなく、電力システムを支える機器として、果たす役割の重要性はますます高まってきている。

東芝グループは、“地球と調和した人類の豊かな生活”の実現に向けて、パワーエレクトロニクス分野で築き上げた経験と技術力を結集し、高効率化（小型化）、大容量化、及び多様化だけでなく、系統運用性や保守性を高めた産業用の太陽光発電用パワーコンディショナ製品を開発し提供している。

Utilization of renewable energy as a measure against further worsening of environmental problems has been driving the expansion of photovoltaic (PV) power generation. With large-scale megawatt-class PV power plants being constructed, power conditioning systems (PCSs) that convert DC power generated by PV cell modules into AC power are playing an important role not only in the improvement of PV power generation performance, but also grid stabilization.

To contribute to the realization of the Toshiba Group's vision of enhanced quality of life in harmony with the Earth, we have been developing PCSs for PV power generation systems that achieve a high grid support capability and easy maintainability as well as high efficiency, compact size, large capacity, and diversity based on our proven power electronics technologies.

### 1 まえがき

地球環境問題が深刻化するに伴い“持続可能な社会”の実現が大きなテーマとなっており、太陽光発電に代表される再生可能エネルギーの導入や技術開発に注目が集まっている。それらのうち特に、太陽電池の直流出力を一般的に使用される交流に変換する、高性能で信頼性の高い太陽光発電用パワーコンディショナの開発、製品化が、太陽光発電の普及、拡大のために急務であり、期待されている。

太陽光発電は、従来、小規模発電装置を建物の屋上に設置することで、住宅を中心に導入が進められてきたが、発電事業用の大規模太陽光発電プラントの規模も拡大してきており、近年、ヨーロッパを中心に数MWから数百MW規模の発電プラントの建設が進んでいる<sup>(1),(2)</sup>。国内でも独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)により、2030年までに太陽光発電の国内累積導入量を100GWにする計画(住宅用及び発電事業用)が提唱され<sup>(3)</sup>、また、国内電力会社などにより数十か所にそれぞれ数MW級の大規模発電プラントが計画されている。

導入の拡大に伴って、太陽光発電用パワーコンディショナには容量の拡大と様々なプラントに対応できる多様性だけでなく、電力システムを支える機器として、運転安定性、信頼性、及び系統事故時の安全性と運転継続性も重要な要素として要求

表1. 太陽光発電用パワーコンディショナのラインアップ  
PCS lineup for PV power generation systems

最大直流 入力電圧	単機/並列 区分	容量*					
		100 kW	250 kW	500 kW	750 kW	1,000 kW	
600 V	単機	○	○	○	—	—	
	並列	250 kW	—	—	○(2)	○(3)	○(4)
		500 kW	—	—	—	—	○(2)
1,000 V	単機	—	○	○	—	—	
	並列	250 kW	—	—	○(2)	○(3)	○(4)
		500 kW	—	—	—	—	○(2)
適用 システム	低圧需要家向け (屋上設置型)						
	発電事業向け(大規模 太陽光発電プラント)						

\*○は製品化済み機種、( )内の数字は並列数

されるようになってきている<sup>(4)-(6)</sup>。

ここでは、発電電力100、250、及び500kWを基幹機種とした、大規模太陽光発電プラントから屋上設置型までをカバーする製品の概要と、系統連系技術について述べる。

### 2 太陽光発電用パワーコンディショナのラインアップ

表1に、発電電力が100kWから1MWまでをカバーする太陽光発電用パワーコンディショナの、単機と並列で構成するラインアップを示す。



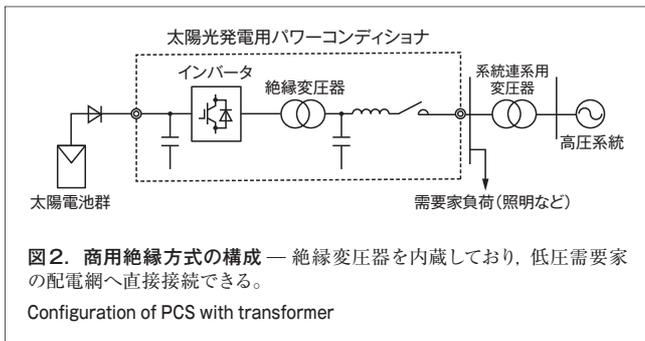
図1. 500 kW機 — 最大直流入力電圧1,000 Vのシステムに対応している。  
500 kW PCS

100 kW機は、業界初<sup>(注1)</sup>のファンレス化により、信頼性の向上とライフサイクルコストの低減を達成し、各地の屋上設置型システムへの適用が始まっている。250 kW機は、4並列の1 MW構成で、各地の大規模太陽光発電サイトでの適用が始まっている。大規模太陽光発電プラントの基幹機種である500 kW機(図1)は、新しい変換技術により、最高効率98.5%を達成した。

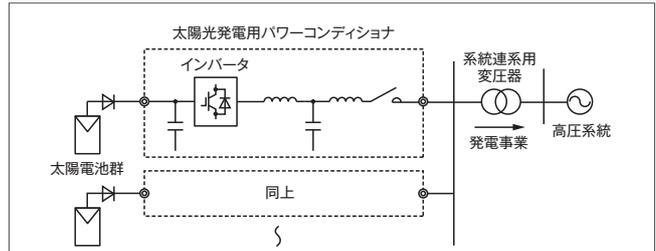
また、系統事故時の運転継続(FRT: Fault Ride Through)機能をはじめとする系統を安定化し支える技術を検証し、大規模太陽光発電プラントへの適用を進めている。

### 3 太陽光発電用パワーコンディショナの構成

太陽光発電用パワーコンディショナは、適用するシステムに合わせて2種類の回路方式で構成されている。図2は、商用絶縁方式の回路構成で、絶縁変圧器を内蔵し、低圧需要家の配電網へ直接接続できる。図3は、一括商用絶縁方式の回路構成で、系統連系用変圧器により一括絶縁することで、パワーコンディショナ内の絶縁変圧器を省いて単機の変換効率を高くする。更に、複数台を並列接続することでシステム全体の変換効率を向上することができ、特に大規模な発電事業用途では有利な構成である。



(注1) 2010年10月時点、当社調べ。



### 4 250 kW機(600 V入力用)の概要と特長

250 kW機は、低圧需要家向け及び発電事業用途にニーズが多い基幹機種である。20年以上にわたる太陽光発電用パワーコンディショナの開発と製造を通して培われた太陽光発電に固有の制御技術、最先端のパワーエレクトロニクス技術、及び製造体制を結集して短期間で製品化した。

250 kW機(600 V入力用)の外観を図4に、主な仕様を表2に示す。このクラスでは世界でトップレベルの高効率と小型・



図4. 250 kW機(600 V入力用) — 商用絶縁方式とトランスレス方式で筐体(きょうたい)を共通化し、床面積1 m<sup>2</sup>の小型化を実現した。  
250 kW PCS for DC 600 V model

表2. 250 kW機(600 V入力用)の主な仕様

Main specifications of 250 kW PCS for DC 600 V model

項目	仕様	
	商用絶縁方式	トランスレス方式
定格容量 (kW)	250	
入力電圧 (V)	最大600	
MPPT範囲 (V)	320~600	
出力電圧 (V)	415 (50 Hz)/440 (60 Hz)	210 (50 Hz/60 Hz)
最大変換効率 (%)	96.5	97.5
質量 (kg)	1,600	1,000
外形寸法 (mm)	1,000 (幅) × 1,000 (奥行き) × 2,000 (高さ)	
設置床面積 (m <sup>2</sup> )	1	

MPPT: Maximum Power Point Tracking

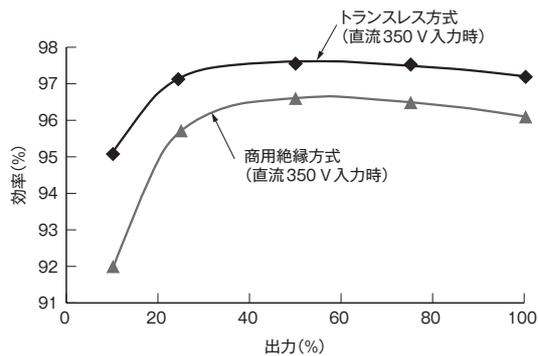


図5. 効率特性カーブ—商用絶縁方式、トランスレス方式とも、低出力領域でも高効率(20%出力から効率95%以上)を実現している。

Characteristic curves of efficiency

軽量化を達成している。また、太陽光発電システムでは出力が日射条件に影響され、50%やそれ以下の出力で運転することが多い。この点を考慮して、図5の効率特性カーブに示すように、低出力領域でも高効率を確保する特性を持たせた。

## 5 並列接続による1MW機(600V入力用)への展開

大規模太陽光発電プラント対応機種として、250kW機の4台並列接続による1MW機を製品化した。回路構成を図6に、外観を図7に示す。

並列接続は引込盤で行う構成としており、パワーコンディショナのメンテナンス及び保護のため、引込盤には各パワーコンディショナ出力ごとに交流遮断器を設けている。直流側は個別入力としており、太陽電池側とパワーコンディショナ単体のメンテナンスは、対象となるパワーコンディショナを停止し、直流側と交流側の遮断器を開放することで行う。ほかのパワーコンディショナは独立して運転できるよう、冗長性を持たせている。

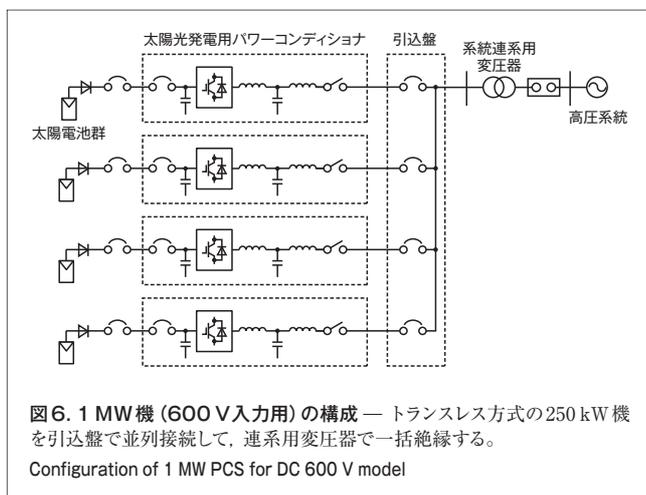


図6. 1 MW機(600V入力用)の構成—トランスレス方式の250kW機を引込盤で並列接続して、連系用変圧器で一括絶縁する。

Configuration of 1 MW PCS for DC 600 V model



図7. 1 MW機(600V入力用)—トランスレス方式の250kW機4台と引込盤から構成される。

1 MW PCS for DC 600 V model



図8. 250 kW機(1,000V入力用)—国内向けより筐体の高さを100mm低減し、幅を200mm広げることで、輸送性と据付性を高めた。

250 kW PCS for DC 1,000 V model

## 6 250 kW機(1,000 V入力用)への展開

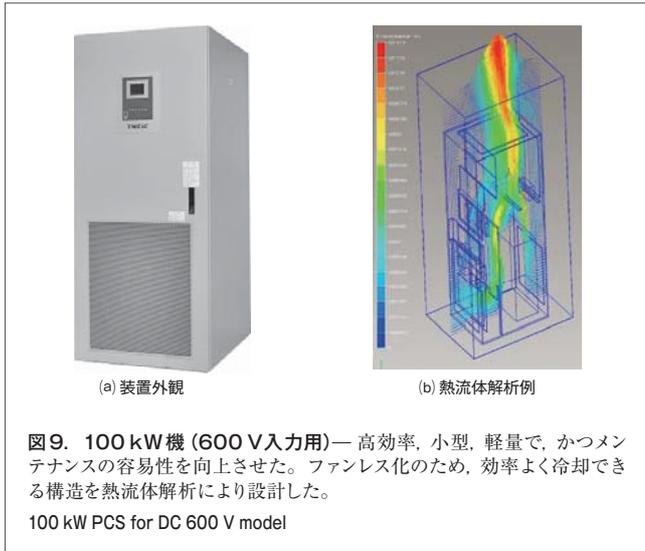
最大入力電圧1,000Vへの対応機種として、IEC(国際電気標準会議)規格に準拠した250kW機を製品化した。外観を図8に示す。この機種は、発電運転時の直流入力電圧が増加した分、交流出力電圧を上げて通電電流を低減できるので、パワーコンディショナの最大変換効率はトランスレス方式で98.2%を達成した。

また、低電圧指令とEMC(電磁環境適合性)指令に基づき、欧州規格のEN50178、EN61000-6-2、及びEN61000-6-4に対応した製品として、CEマーキング<sup>(注2)</sup>の第三者認証を取得した。

## 7 100 kW機トランスレス化への展開

低圧需要家向けの機種として100kW機を製品化した。このクラスで業界初のファンレス化(自然冷却方式)を実現し、最大変換効率は商用絶縁方式で96.2%、トランスレス方式で

(注2) EU(欧州連合)内で流通される欧州指令が対象とする製品に対して、規格要求に適合することを製造者が評価し、CEマークを付けて出荷すること。



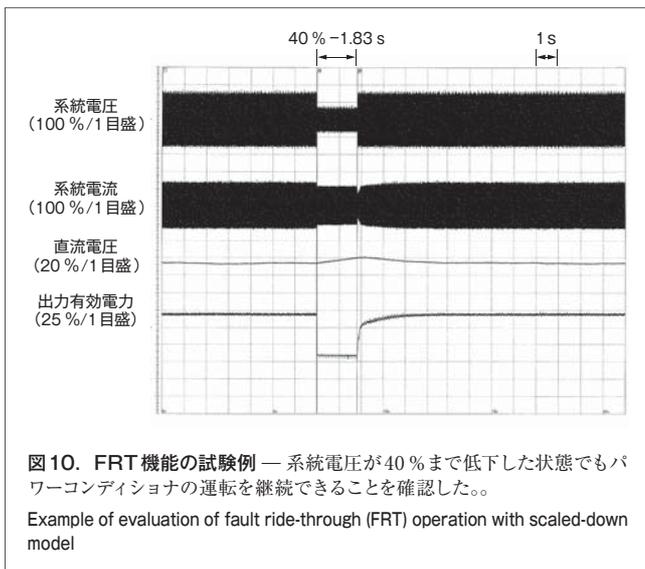
97.3%のトップレベルの高効率である。

設置床面積は0.8 m<sup>2</sup>であり, ファンレスにもかかわらずコンパクトで省スペースな構造を実現した (図9(a))。また, ファンレス化により以下の特長を備えている。

- (1) メンテナンスコストの低減
  - (2) ファンによる低周波騒音がカットされ低騒音化
  - (3) ほこりや湿気などの入り込みが少なく屋外へ設置が容易
- ファンレス化のための冷却構造設計では, 図9(b)に示すような熱流体解析を行い, 効率よく冷却できる構造を設計した。

## 8 系統連系技術の展開

近年, 太陽光発電用パワーコンディショナの大量導入に伴い, 発電装置に必要な, 系統事故時のFRTをはじめとする系統安定化機能への要求が出てきている。



これらの要求に対し, 系統事故の挙動をコンピュータシミュレーションで解析し設計する100 kWクラス以上のシステムでは, 系統事故を模擬するのに実規模の太陽電池やシステムを用いることは困難であるため, 太陽電池まで含めた実機のスケールダウンモデルで評価した。

系統の電圧低下を想定したFRT機能の試験例を図10に示す。パワーコンディショナは, 交流系統の安定化のために, 系統の電圧が低下したときも太陽光発電を継続する必要がある。電力会社向け製品では, この試験により, 系統電圧が40%まで低下した状態でも運転を継続できることを確認した。

## 9 あとがき

パワーエレクトロニクス分野で築き上げた経験と技術力を結集し, 高効率化 (小型化), 大容量化, 及び多様化だけでなく, 系統運用性や保守性を高めた産業用太陽光発電用パワーコンディショナ製品を今後も提供し続け, “地球と調和した人類の豊かな生活”の実現に向けて貢献していく。

## 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) 新エネルギー・産業技術総合開発機構. “2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030)”. <[http://www.nedo.go.jp/informations/other/161005\\_1/gaiyou\\_j.pdf](http://www.nedo.go.jp/informations/other/161005_1/gaiyou_j.pdf)>. (参照2010-12-01).
- (4) Dugan, R.C., et al. Distributed resources standards. IEEE Industry Applications Magazine. 12, 1, 2006, p.27 - 34.
- (5) Petrone, G., et al. Reliability issues in photovoltaic power processing systems. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 55, 7, 2008, p.2569 - 2580.
- (6) Kjaer, S.B., et al. A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules. IEEE Transactions on Industry Applications. 41, 5, 2005, p.1292 - 1306.



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, 分散電源用変換器の開発・設計に従事。電気学会会員。

Toshiba Mitsubishi Electric Industrial Systems Corp.



松岡 一正 MATSUOKA Kazumasa

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 UPS部技術主査。UPS, 分散電源用変換器の開発・設計に従事。電気学会会員。

Toshiba Mitsubishi Electric Industrial Systems Corp.