

# 太陽光発電システム 「太陽光発電用パワーコンディショナー」

佐藤 秀夫

地球温暖化対策としての低炭素化（以下CO<sub>2</sub>削減）は、先進国に温室効果ガスの排出削減として京都議定書で義務付けられている。太陽光発電は、そのような中でCO<sub>2</sub>削減が可能なクリーンエネルギーとして注目を集めており、太陽光発電システムの導入を支援する動きが各国で進んでいる。

太陽光発電システムはワールドワイドに年率30%~40%で市場成長しており、今後も導入が進むとみられ世界的に期待された市場である。

図1は、太陽電池主要生産国の生産推移である。中国の生産量の占める割合が大きいが、2009年1月の予測値は、2008年10月の予測値を大きく上回っている。

沖パワーテック株式会社（以下OPT）は、産業分野向けの太陽光発電用パワーコンディショナー（以下PCS）をJFE電機株式会社と共同開発した。業界初のDSP（Digital Signal Processing; デジタル信号処理）制御を絶縁型DC-DCコンバータに採用することにより、電力変換効率に課題のあった絶縁型でも高電力変換効率を実現した。2009年2月に開催された第2回PV EXPO（国際太陽電池展）に出展、高い評価を頂き、2009年10月より公共施設を中心とした産業分野向けに販売を開始する予定で、営業活動を始めている。

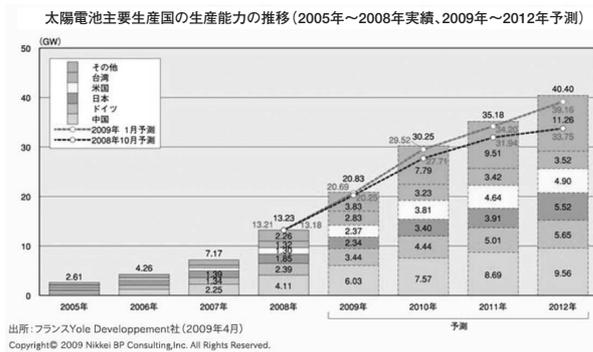


図1 太陽光発電導入状況

## なぜ今、太陽光発電なのか

太陽光発電は、太陽光を太陽電池パネル（以下PV）で集光、電気に変換するシステムである。この発電方法は、CO<sub>2</sub>を排出しない。さらに無尽蔵に降り注ぐ膨大な太陽光はその1時間の日射量で、全人類が消費する1年間のエネルギーを賄うことができる。

今、世界各国では、この太陽光発電の普及が爆発的に進んでいる。

太陽電池の面積を1㎡とすると、2008年には、地球1.7周分の太陽電池が生産された。2005年以降、薄膜太陽電池が台頭、生産量が急激に拡大している。

日本では、相次ぐ原発事故による原子力発電所の停止、渇水の影響による水力発電の電力量減少により、これを火力発電の電力で補ってきたため、CO<sub>2</sub>の排出量は2年ぶりに大幅に増え太陽光発電への期待が益々高まっている。

## 開発経緯

OPTは、1998年10月の操業当時から、OA機器や金融機器端末向けの高性能カスタムスイッチング電源装置の開発・提供を主力としてきた。当時、スイッチング電源装置の制御方式はアナログ回路構成で、一部マイコン化が主流となっていた。このスイッチング電源装置に付加価値を付け、環境に貢献すると共にビジネス拡大ができないかとの思いから、電源装置のデジタル化の検討を開始した。

2004年に、デジタル半導体技術に蓄積のあるテキサスインスツルメンツ（以下TI）社がスイッチング電源制御用DSPを市場投入したことに着眼、TI社と共同でDSPを応用したスイッチング電源の開発に着手した。以降、毎年、幕張メッセで行われる、スイッチング電源展（テクノフロンティア）に出展、成果を発表してきた。

2007年には、DSPを応用した携帯電話基地局用DC-ACインバータ（1kW）を市場に投入、2008年2月、第1回の世界太陽電池展（PV EXPO）にPCS用インバータとして提案、大きな反響を呼んだ。

2008年4月、JFE電機株式会社殿と産業用PCSの共同開発を開始した。TIのDSP、OKI情報システムズ（以下OIS）のDSPを使ったインバータ制御技術、OKIの通信技術、OPTの電源技術を結集し、2009年2月に業界初となる「高周波絶縁型」の10kW PCSを発表した。

製品紹介 [ODPC-P101ZA]

PCSの電力変換部は大きく、DC-DCコンバータ部とDC-ACインバータ部から構成される。DC-DCコンバータ部はPVの直流出力電圧を昇圧しインバータ部に供給する、DC-ACインバータ部はDC-DCコンバータ部の出力電圧を入力とし、直流から交流に変換する。本装置には高効率化のため、DC-DCコンバータ部を4ユニットに分割しPVの発電量に合わせ各ユニットを稼働させる、独自の「マルチフェーズ方式」を採用している。これにより、DC-DCコンバータ部の小型化に成功し、PCSとして、600mm×600mm×280mmの小型化、65kgの軽量化を「高周波絶縁方式」で実現した。DSP制御であるため、各種のPV特性に対応したPCS特有の最大電力点追従制御（以下MPPT）変更もDSPのソフト上で処理できる強みもある。

マルチフェーズ制御により、PVの高範囲な発電領域に対し、実稼動時の効率向上に拘り、実用レベルで90%以上の変換効率を実現した。DSPを応用したデジタル制御で尚かつ、系統連系保護など、電源専門メーカーとしての特長を発揮している。

ターゲット市場は、出力10kW以上、複数設置で60kW級の公共施設、ガソリンスタンド、店舗、ビル、倉庫などの中規模発電分野である。さらに、60kWの並列接続構成で180kWまで対応することも可能である。

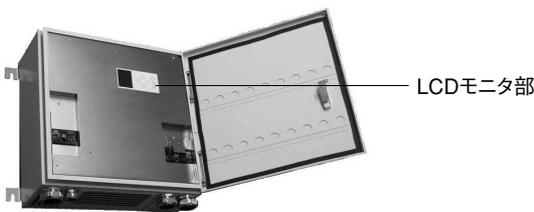


図2 外観図

主な特長

この装置は「高周波絶縁型」であり、スコットトランスが不要であるため、従来システムに比べ小型・低コストが実現できた。スコットトランスはPCSと系統との間に搭載し、系統側との絶縁や三相から单相を引き出す役割

を担っているが、欠点は大きくて重いことにあった。

更に、DSPによるフルデジタル制御を活かし、高効率電力変換や監視、通信など将来の機能UP、保守性に配慮されている。

主な特長は、最大電力点追従制御（Maximum Power Point Tracking ;以下 MPPT）にマルチフェーズ制御を組み合わせたことである。この制御方式によると朝夕や曇りの多い日など日射量が少ない時でも効率よく電力変換ができ、年間を通して高い発電量を得ることができる。PVが発電する電力は朝夕や天候による日射量変動や気温によって大きく変動する。この変動に追従し、常に最大の電力点を追いかけて制御することが必要になる。一般的には「山登り法」といわれる。図3に電力曲線を示す。

また、並列接続機能を搭載しており、システムの大容量にも対応できる。さらに、通信機能や各種I/F機能をオプションで搭載しており、遠隔監視や遠隔制御やネットワーク化が可能になる。

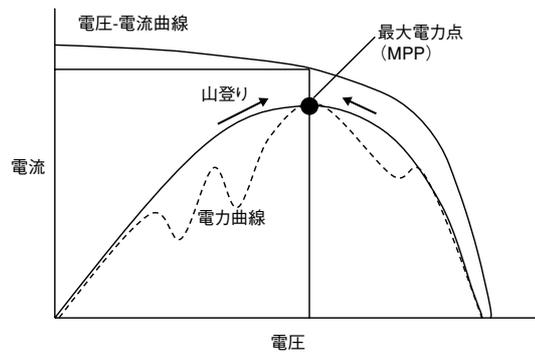


図3 電力曲線

PCSの構成

PCSは大きく次の3つのブロックから構成される。図4に機能ブロック図を示す。

(1) 太陽電池効率制御部

DC-DCコンバータ（DC-DC CONV.）で、PVの不安

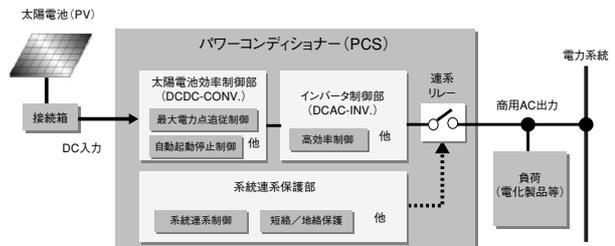


図4 機能ブロック図

定な直流出力電圧を安定な直流高電圧に変換するもので、MPPT制御や自動起動停止制御を行う。特に、PCSの変換効率を左右するもので、PCSメーカー各社は独自の技術を持って対応している。一般的には非絶縁型の昇圧方式が用いられているが、OPTの場合、絶縁型で独自の変圧／電圧積上方式を採用している。

#### (2) インバータ制御部

DC-ACインバータ (DC-AC INV.) で、DC-DC CONV.の直流高電圧出力を入力とし、三相や单相の交流に変換する。安定かつ高精度の交流を出力するための高効率制御を行い、歪や電圧変動、周波数変動を抑制している。

#### (3) 系統連系保護部

系統に接続するための、系統連系制御と短絡／地絡から系統やPV,PCSを保護する機能を備えている。さらに、系統側の安全確保のため停電時に系統を切り離す、連系リレーと連動させている。

#### (4) 電力変換効率

PVの発電効率は年々向上し、太陽光波長の吸収幅を広げた異種太陽電池を重ねた高効率太陽電池の理論的な変換効率の限界は61%とされる。また、集光レンズと組み合わせることにより、更に高効率化が期待でき、集光型の太陽電池の需要が伸びることが予想される。

10年先は、現在の数倍の発電電力を得ることも可能になり、太陽光発電の導入が、益々加速するものと考えられる。

PVの発電効率の向上に伴ってPCSの電力変換効率も向上している。現在のPCSはDC⇒DC、DC⇒ACの構成であり、各々の変換による電力ロスはいずれの変換効率を95%とすると $0.95 \times 0.95 = 90\%$ となる。DC⇒ACの直接構成であれば95%が維持できるが、PVの出力電圧は変動幅が大きいので、一旦、昇圧し更に安定化する必要がある。DC-DCコンバータの果たす役割は大きく、DC-DCコンバータの変換効率がPCSの性能を左右する。

OPTのPCSはこのDC-DCコンバータ部に大きな特長があり、DC-DCコンバータ部を4ユニットに分割、広範囲なPVの出力電圧に対応するため、各ユニット内を更に4回路に分割した。PVの発電量に応じ、ユニットの稼働数を変えるのが前述の「マルチフェーズ制御方式」で、発電量が少ない時でも高い変換効率を維持できる。

DSPによるデジタル制御がこれを可能にした。

## これからの太陽光発電システム

太陽光発電は夜間の発電ができないという最大の弱点がある。これを克服するため、売電していた余剰電力を蓄積し夜間に使用する、蓄電型太陽光発電システムの開発が進んでいる。これができれば24時間太陽光発電エネルギーを利用することができ、更にCO<sub>2</sub>を削減することができる。現在、太陽光発電の電気を蓄積して本格的に使用する方法はまだ採用されていない。蓄電には課題もある、その一つはDC-DC/DC-AC変換時の電力ロスである、この変換がなくなれば電力ロスもなくなることになる。蓄電機能により、使用電力が平均化され過大電力の発生を抑制することが、効率の良い電力消費に繋がる。

一般の電子機器は入力が交流 (AC) であり、内部の電子回路は直流 (DC) で駆動するため、AC⇒DCの変換を行う。電子機器がDC入力で駆動できるのであれば、AC⇒DC変換の必要がなくなる。そこで、使用する電力をACとDC双方使えるようにし、太陽光発電の電力を一旦、バッテリー (以下BATT) に蓄積しDCで使用する「DC給電」方式が考えられている。ACとDCを相互にバックアップ電源として使用する。既に、通信基地局やコンピュータサーバー用に実用化が始まっている。

一般家庭においては、近い将来、系統ACと太陽光発電DCのコンセントが2つ設置されることになるだろう。

## 夢の実現

PVの発電効率向上に伴い、今後、益々その利用価値が上がり導入も加速していくものと考えられる。

将来は、現状の3倍以上の発電効率が期待される。さらに、機器の省エネ化が進むことにより、電力エネルギーを効率よく利用できるようになる。電力ロスが1/2になると利用率は2倍になり、PVの発電効率向上と合するとエネルギー利用率は数倍になることが期待できる。

#### (1) 地球上から無電源地域がなくなる

太陽光発電システムは、今後、蓄電機能付となり昼夜を問わず太陽光発電エネルギーを利用できるようになる。蓄電用の高効率のリチウムイオンBATTの開発も加速している。蓄電機能付太陽光発電システムは、世界中の無電源地域に導入が進んでいくことになる、全ての人類が情報を共有でき、生活体系は変わっていくことだろう。地球上から無電源地域がなくなるのも夢ではない。

#### (2) 昼の世界から夜の世界へ

太陽光発電の最大の弱点が夜間発電できないことであ

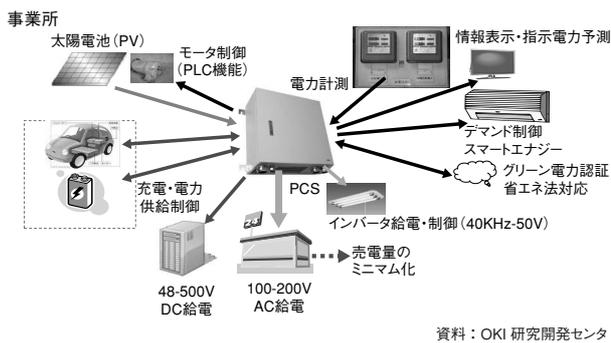
るが、昼の世界から夜の世界へ電気を送り込もうという、壮大な計画「ジェネシス計画」が提唱されている。大規模な太陽光発電所を、世界の砂漠に分散配置し、各砂漠の太陽光発電所と世界の都市を電気抵抗「ゼロ」の超伝導ケーブルで結ぼうというものだ。この計画に必要な面積は、世界の砂漠の4%程度といわれる。壮大な計画であるが、2030年頃には実現できると考えられている。

### (3) 高効率電力網

最近、「スマートグリッド」が特に注目を集めている。「スマートグリッド」とは、一定エリア内にある複数の分散型電源（太陽光発電やコージェネなど）や負荷（家庭や工場、ビルなどの需要家）をネットワーク化し、送電網を通じて双方向を制御する、近未来のエネルギー供給システムである。

一方、事業所内の統合エネルギー管理システムに対応した「マイクログリッド」が検討されている。PCSを進化させソリューションのHUB化をしようというものだ。

既に、電力網を統合するためのPCSのネットワーク化の開発が始められている。



資料：OKI 研究開発センター

図5 マイクログリッド

### (4) 太陽光で宇宙航行

宇宙航空研究開発機構は、薄膜の帆に太陽電池を載せ、太陽光を動力源として宇宙を飛行する「小型太陽帆実証衛星」を2010年夏に国産基幹ロケット「H2A」で打ち上げる。無尽蔵の太陽光を使うことで燃料が不要となるもので、世界に先駆けて実証する。実証衛星の動作検証を踏まえ、2010年代に太陽電池と、燃料電池イオンエンジンを組み合わせた夢の探査衛星の打ち上げを目指す。

近未来においては、宇宙で集光・発電されたエネルギーを地球に伝送することも可能になる。

## これからの展開

太陽光発電システムの中で、PCSは非常に重要な役割を担っており、システムの性能を左右するものである。

今後、PCSメーカー各社は、電力変換効率向上とコスト競争の激化に対応して行かなければならない。

当社では、まずは、国内販売を開始し、09年度上期中に受注の用途を固め、下期から量産規模に合わせた設備導入を進め、需要次第では中国、タイでの製造拠点構築も視野に入れる。海外向けには、海外各国の電力事情に合わせた製品を投入する必要がある。数十kW帯はPCS市場ではニッチ市場と見ており、国内外で受注を獲得し、2012年度にはOKIグループとして売上高100億円達成を目指したい。事業化に向け、OKIグループの検討プロジェクトチームが活動を開始した。OKIの技術を結集させ、是非とも実現させたい。

## おわりに

海外では、米国がグリーンニューディール政策を掲げ、欧州では、ドイツが牽引、スペインの導入率が急増している。中国では、2020年末までに太陽光など再生可能エネルギーの発電能力を13倍に高め、欧米並みの発電比率を目指している。

日本政府はスクールニューディールを始め、太陽光などの再生エネルギーの発電能力を2020年までに20倍に高める方針を打ち出した。今後、企業は環境対応を取り入れた運営、ビジネス展開を余儀なくされる、OKIグループとしても、再生エネルギー問題をビジネスチャンスと捉え、企業価値を高めていく必要がある。

おわりに、PCSの開発にあたり多大なるご支援を頂いておりますJFE電機株式会社様に深く感謝申し上げます。また、事業化計画に対しご協力を頂いておりますOKIグループ各社に対し、深く感謝します。◆◆

## 参考文献

- 1) 日経ビジネス, 2009.7.13 Special Version
- 2) Newton, 2009.9月号
- 3) 半導体産業新聞, 2009.5.27
- 4) 産業タイムズ社 太陽電池産業総覧2009
- 5) 日刊工業新聞, 2009.8.5~

## 筆者紹介

佐藤秀夫：Hideo Sato. 沖パワーテック株式会社 企画商品事業推進室長