

メガソーラーEPCを支えるコアコンポーネント

Core Components for Large-scale PV Generation Systems

相河 幸昭

Aikawa Kosho

大久保 享一

Ohkubo Kyoichi

坂本 理一郎

Sakamoto Riichiro

須々木 晃

Susuki Akira

近年、再生可能エネルギーシステムの開発および導入が世界各国で進んでおり、システムの性能だけではなく、コスト低減にも大きな進展がみられる。日立グループは、太陽光発電向けインバータ、アモルファス変圧器、およびシステムエンジニアリング全般といった、この分野の主要技術の開発に取り組んでいる。太陽光発電事業を軌道に乗せるには、こうした要素を適切に取りまとめるノウハウが重要である。日立グループは再生可能エネルギー利用におけるコアコンポーネント開発などの実績を生かし、グローバルに展開していく。

1. はじめに

近年、世界各国で太陽光や風力などの再生可能エネルギーの活用が推進されている。日本でも、2011年8月の「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の成立を受け、2012年より開始された固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariffs）によって太陽光発電設備の導入計画が急速に拡大している。固定価格買取制度での価格は2012年度の40円/kWh（税抜き）から、2013年度には36円/kWh（税抜き）に下がったものの、国内各所では継続して大規模太陽光発電設備の建設が進んでいる。

一方、海外でも欧州に続き、サンベルトを中心とした中東、アジアなどの各国で太陽光発電システムの導入が計画されている。

日立は、国内ではEPC（Engineering, Procurement and Construction）として大規模太陽光発電事業を進めるとともに、高効率の次世代型PCS（Power Conditioning System）、待機電力の少ないアモルファス変圧器など、年間発電量の最大化に寄与するコアコンポーネントを展開している。

2. 大規模太陽光EPC

日立は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」において、株式会社NTTファシリティーズからの再委託により、太陽電池で発電された直流電力を交流に変換して電力系統に連系するPCSとシステム全体の運転状態を監視する監視計測システムの開発を行ってきた。大規模太陽光発電システム向けの電圧変動抑制機能、瞬時電圧低下時の運転継続機能、高調波電流の流出量をより低減する高調波抑制機能を設けた大容量PCSを製品化し、国内外で販売している。

2011年12月に東京電力株式会社によって運転が開始された「扇島太陽光発電所」は、電気事業用としては運転開始時点で国内最大級のメガソーラー発電所である。最大出力で13 MW、CO₂排出量の削減効果（推定）も年間約5,800 tを達成している。

また、茨城県企業局中央水道事務所（水戸浄水場：上水道）では1 MWの太陽光発電設備が、2011年7月に運転を開始した。2011年3月の東日本大震災発生以降の東京電力管内における発電能力不足に伴う節電要請に対し、夏季のピーク時間帯の需要削減（ピークカット）を目的として設置されたものである。ここでは、EPCとして機器の設計、製作、基礎工事、据付け工事、試運転までの一式を行った。

このシステムでは、発電量を最大化するために以下の施策を織り込み、発電効率と信頼性を満たすシステム構成とした。

- (1) 最適設計による軽量架台を実現
- (2) 低発電出力時にも高変換効率のPCS
- (3) モジュール工法による工期短縮
- (4) アモルファス変圧器による待機電力低減



芦北メガソーラー(発電出力8 MW)



茨城県企業局県中央水道事務所(発電出力1 MW)



北陸電力株式会社三国太陽光発電所
(発電出力1 MW)



北陸電力株式会社珠洲太陽光発電所
(発電出力1 MW)



株式会社シーテック ソーラーファームとよはし
(発電出力1 MW)



大分ソーラーパワー株式会社太陽光発電所
(発電出力82 MW)

図1 | 大規模太陽光発電設備の外観

日立グループは、EPCとして大規模太陽光発電事業を進めるとともに、高効率の次世代型PCS、待機電力の少ないアモルファス変圧器などのコアコンポーネントを有している。

また、このような開発実績を踏まえ、北陸電力株式会社の「三国太陽光発電所」、珠洲太陽光発電所、株式会社シーテックの「ソーラーファームとよはし」、東京都が進める官民連携インフラファンド事業でありSGET芦北メガソーラー合同会社を中心となって運営する「芦北メガソーラー」などで運転を開始しており、計画中のものを含め数百MWの発電所を稼働していく予定である(図1参照)。

大分ソーラーパワー株式会社のメガソーラー発電システムは、メガソーラー発電システムメーカーが受注したシステムとして、国内最大規模の太陽光発電所である。大分ソーラーパワーを事業者として、2014年春の運転開始に向けて大分県大分市に建設が進められている。発電所敷地面積は105ヘクタール、発電出力は82 MW、年間予想発電電力量は一般家庭約3万世帯分に相当する8万7,000 MW/hとなる。敷設されるパネルを1列に並べると東京から大阪の距離に匹敵する約500 kmにおよぶ。

このシステムによるCO₂排出量削減効果は年間約3万6,000 tに上る。また、周辺の自然環境にも配慮したレイアウトとしたことも特徴である。

これらのシステムには、高効率PCS(容量:500 kW、直流入力最大電圧:660 V、最大変換効率:98.0%)を使用し、晴れの日から曇りの日まで幅広い負荷状況で発電効率を大幅に向上させた。また、低負荷時に効率の高いアモルファス変圧器を組み合わせることで、日本の天候に対応し、発電量の増加を図っている。

また、2013年度より、後述する直流入力最大電圧1,000 Vに対応した最高変換効率98.8%の高効率PCSを採用した発電所の建設にも着手している。

日立は、メガソーラー発電システムを構成するコアコンポーネントであるPCSなどの機器の製作、建設前に必要となる各申請のサポート、設計・製作から試運転間までの建設、運用開始後の遠隔監視サービスなど、幅広く対応し、国内最高水準の効率で信頼性の高いメガソーラー発電システム全体を一括で取りまとめている。

3. 中規模太陽光システムの展開

2012年の固定価格買取制度開始以降、多様な業種からの太陽光発電事業への参入が進むとともに、遊休地などを活用した1 MW~2 MW程度の中規模太陽光システムの建設も活発になっている。日立グループは、こうしたニーズに対応するため、発電設備に要求される主要機器類を組み合わせてパッケージ化し、年間発電量を第一に考えた太陽光発電システムパッケージ「メガキット」を開発した。

太陽光発電では、天候などによって、刻一刻と状況が変わるため、1年を通じて良好な発電量が得られる日はわずかであり、いかに効率よく年間発電量を増やし売電に結び付けるかが重要となっている。メガキットは、システム構成時に機器選定の手間を省くだけでなく、高効率の運転や待機電力の低減など、さまざまな有意味を持ったシステムをスムーズに建設できる構成としている。

具体的には、太陽光パネル、PCS、アモルファス変圧器、スイッチギアなどの主要機器を用い、基本構成として2 MWと1 MWを用意した。それぞれ、パネル容量で1.3 MW、2.6 MWが標準構成である。日射量と年間発電量の関係から、日本において発電量が最大化するように構成したもので、PCSとアモルファス変圧器の最も効率のよい運転範囲を、最大限に活用できる。

4. PCS

PCSは、太陽光パネルで発電された直流電力を交流電力に変換して、電力系統に連系するインバータ装置である。太陽光パネルは、日照状態や端子間電圧に応じて取り出せる電流が変化する特性を持っており、端子間電圧と電流の積で決まる出力電力もこれらに依存する。PCSは、それぞれの日照状態で発電電力が最大になるように、太陽光パネルの端子間電圧を最適値に調整するMPPT (Maximum Power Point Tracking: 最大電力追従) 機能を備えており、より効率的に発電を行える(図2参照)。

メガソーラー発電システム用の大容量PCSでは、これらに加えて電力系統安定化のための機能が必要となる。日立グループは、前述したNEDOの実証研究などを通し、系統電圧変動抑制、瞬時電圧低下時運転継続、高調波抑制などの機能を開発し実用化してきた。

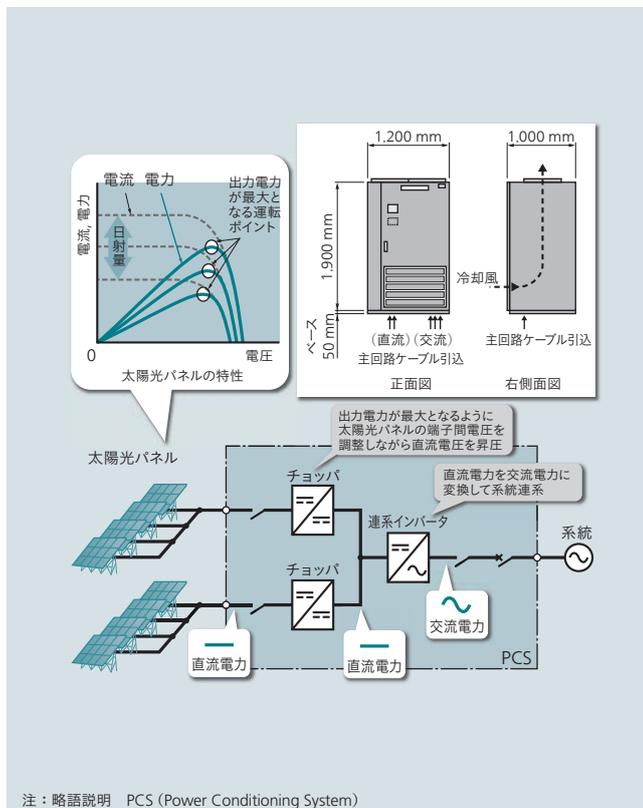


図2 | 太陽光発電システム用PCS

太陽光パネルで発電した直流電力を日射条件に合わせ、効率良く交流電力に変換する。

当初は、2レベルPWM (Pulse Width Modulation) インバータを採用し、トランスレス化や出力電圧の高圧化(400 V化)によって小型・高効率化を図ったPCSを国内および海外向けに提供してきた。そして、さらなる効率改善を図ったPCSの開発・製品化を行い、現在、入力最大電圧660 Vの従来モデルに加え、直流入力最大電圧1,000 Vに対応した高効率機の販売も開始している。

4.1 3レベルPWMインバータの採用

従来、3レベルPWMインバータは、鉄道車両用途や大容量モータ駆動用など、変換器の高圧化と高調波低減が必須な用途に限定して適用されてきた。しかし、近年は、600 V~1,200 Vクラスの3レベルインバータ用IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールが製品化され始めており、部品点数の大幅な増加を必要とせず3レベル化を実現できる。こうしたことから、3レベル方式によって変換効率のさらなる改善を図った次世代PCSの製品化を進めた。

3レベルPWMインバータの採用により、スイッチング損失の低減、フィルタリアクトルの小型化・軽量化・低損失化、高周波ノイズと騒音の低減などが期待でき、損失の低減は年間発電量の増加に大きく寄与すると考えられる(図3参照)。

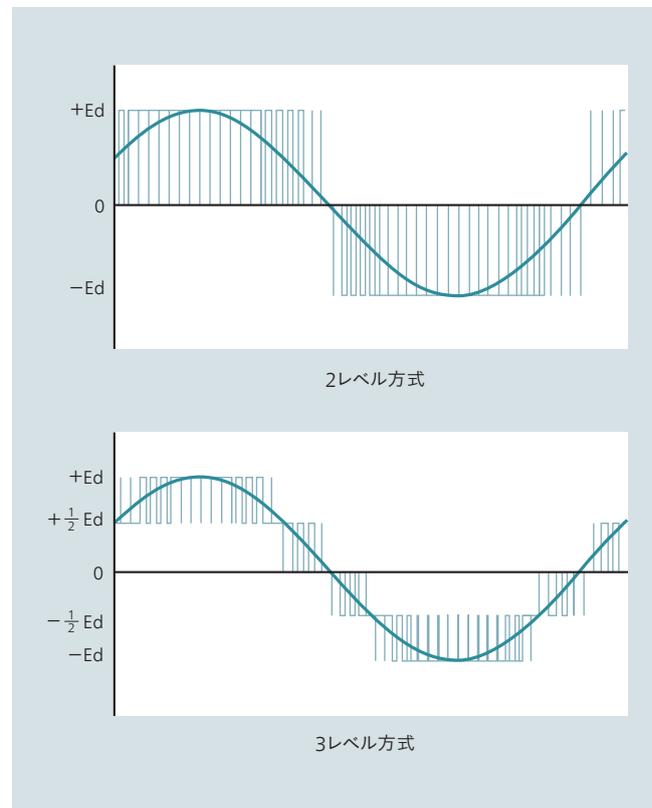


図3 | 2レベル方式と3レベル方式の比較

3レベル方式は、2レベル方式に比較しPWM (Pulse Width Modulation) 波形が正弦波に近く、交流フィルタの小型化が可能である。

4.2 HIVERTER NP203i(500 kW機)の特徴

HIVERTER NP203iは、トランスレス方式の3レベルPWMインバータと入力回路の昇圧チョップにより、DC (Direct Current：直流) 230 V～600 Vの幅広い電圧範囲でのMPPTを可能としたうえで、DC400～500 Vでの変換効率を向上させたモデルである。昇圧チョップを入力250 kWの2系統にそれぞれ設置し、系統ごとのMPPT動作を可能としている(図4, 表1参照)。

4.3 HIVERTER NP213i(660 kW機)の特徴

HIVERTER NP213iは、ワールドワイドモデルのHIVERTER NP201i (550 kW機)をベースに高出力化を図ったモデルである。入力最大電圧1,000 Vに対応した3レベルPWMインバータの採用とチョップレス化により(図5参照)、最大変換効率で98.8%を実現し、同クラスのPCSにおいて世界最高水準^{※)}を達成している。効率特性は運転範囲全般において高変換効率を実現し、小型・軽量化も図っている(図6, 表2参照)。

※500 kWクラスの大規模太陽光発電用パワーコンディショニングシステムにおいて。2012年10月現在、日立製作所調べ。

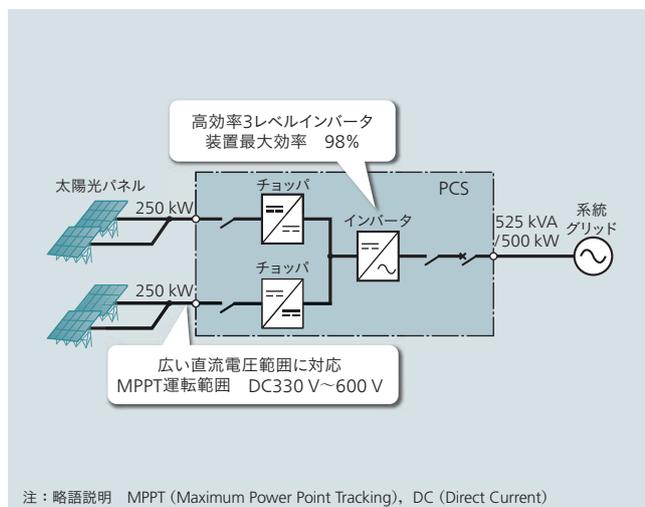


図4 | PCS単線結線図 (HIVERTER NP203i)

HIVERTER NP203iは、入力回路に昇圧チョップを採用し、幅広い電圧範囲でのMPPT動作を実現した。

表1 | HIVERTER NP203iの基本仕様

HIVERTER NP203iの基本仕様を示す。

項目	内容
最大出力	500 kW/525 kVA
直流入力最大電圧	660 V
運転直流電圧範囲	DC 230 V～600 V
交流出力定格電圧	AC 420V/440V (+/- 10%)
定格周波数	50/60 Hz (+/- 6%)
変換効率	最大98% (DC 500 V, AC 420 V, PF=1.0)
寸法 (mm)	1,200 (W) × 1,000 (D) × 1,900 (H)
質量	1,350 kg

注：略語説明 AC (Alternating Current), PF (Power Factor)

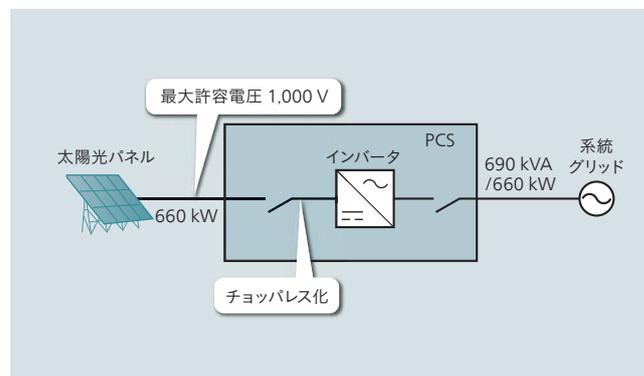


図5 | PCS単線結線図 (HIVERTER NP213i)

HIVERTER NP213iは、直流入力最大電圧1,000 Vに対応し最大変換効率98.8%を達成した。

4.4 PCS屋外パッケージ

HIVERTER NP203i/NP213iは、大規模太陽光発電設備に適した屋外パッケージも併せてラインアップしている(図7参照)。屋外パッケージ内にPCS2台ないし3台を収納した状態での現地搬入が可能であるため、現地据付け作業を効率よく実施することができ、工期短縮にも貢献できる。屋外パッケージはPCSを外気から遮断するとともに、複数設置した空調機器によって内部を効率よく冷却しPCSの安定運転を実現している。

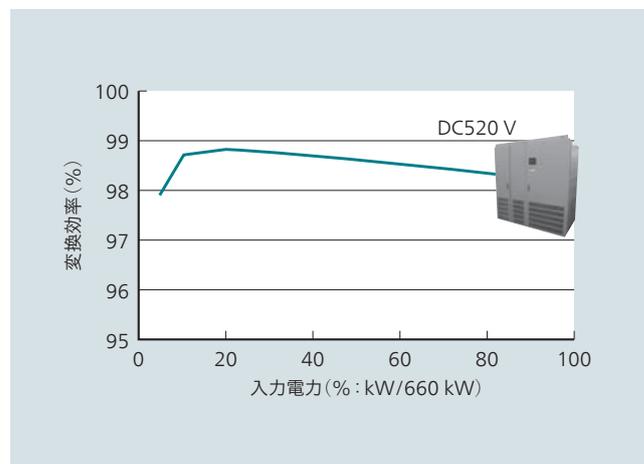


図6 | PCS変換効率特性 (HIVERTER NP213i)

太陽光発電の実用領域で高い変換効率を実現し、発電量の最大化に貢献している。

表2 | HIVERTER NP213iの基本仕様

HIVERTER NP213iの基本仕様を示す。

項目	内容
最大出力	660 kW/690 kVA
直流入力最大電圧	1,000 V
運転直流電圧範囲	DC 520 V～900 V
交流出力定格電圧	AC 360V (+/- 10%)
定格周波数	50/60 Hz (+/- 6%)
変換効率	最大98.8% (DC 520 V, AC 360 V, PF=1.0)
寸法 (mm)	1,400 (W) × 1,000 (D) × 1,900 (H)
質量	1,400 kg



図7 | PCS屋外パッケージの外観

最大3台のPCSが収納可能な屋外パッケージの外観を示す。外気から遮断し内部を効率的に冷却することで、長期間の安定運転に寄与する。

5. ソリューション事業への取り組み

大規模太陽光発電事業の導入にあたっては、太陽光発電事業者に対して設備の選定・設計だけでなく、許認可手続きや電力会社との系統連系、さらには運営・保守まで、多くの課題解決が求められる。日立は、これまで蓄積してきた大規模太陽光発電設備のノウハウに加え、グループの総合力を活用して、未利用地や低利用地において大規模太陽光発電事業の建設を検討している自治体・企業向けに、大規模太陽光発電システムの導入を一括で提供していく。

具体的には、大規模太陽光発電システムを構成する重要な機器である太陽光パネル、高効率PCS、受変電システム、遠隔監視システムなどの関連機器の選定・提供だけでなく、許認可手続きや電力会社との系統連系、日立キャピタル株式会社などとの連携による20年間の運営・保守などを一括して提供する。

また、自社で大規模太陽光発電を建設・運用することで、機器の品質や信頼性を向上させるとともに、事業性の評価精度を高めることを目的に、茨城県日立市に所有する約2ヘクタールの土地に、発電出力1.8 MWの太陽光発電システムを建設する。

このシステムでは、晴れの日から曇りの日まで幅広い日射状況でも発電効率を大幅に向上させるために、2013年度から販売を開始した高効率PCS（最大許容電圧1,000 V、定格容量660 kW、変換効率98.8%）および、低負荷時に効率の高いアモルファス変圧器などを採用し、システムの構築を行う。なお、発電した電力は再生可能エネルギー固定価格買取制度を活用して全量を売電する予定である。

2013年8月に着工し、運転開始は2014年4月を予定している。

日立はこれまで、大分ソーラーパワー株式会社の82 MW大規模太陽光発電設備や、東京電力株式会社の扇島太陽光発電所（発電出力13 MW）をはじめ、多数の大規模太陽光発電設備を一括受注（EPC契約）しているほか、メガキットや、コスト低減に寄与する高効率PCSを中心とした関連機器、遠隔監視システムなどで豊富な納入実績を有している。

6. おわりに

ここでは、大規模太陽光発電事業に関する日立グループの取り組みと実績のほか、コアコンポーネントであるPCSなどを中心に述べた。これらのコアコンポーネントをはじめ、再生可能エネルギーにおける技術を総合的に活用し、海外の製造・エンジニアリング拠点とも連携することで、海外においても地域のニーズに適したソリューションを提供できるものとする。

執筆者紹介



相河 幸昭

1989年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 太陽光発電推進部 所属
現在、太陽光発電関連システムの国内外への事業展開に従事



坂本 理一郎

2002年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 太陽光発電推進部 所属
現在、太陽光発電システムの国内外への普及拡大業務に従事



大久保 享一

1991年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 自然エネルギー発電運営部 所属
現在、自然エネルギーシステム運営事業に従事



須々木 晃

1990年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 太陽光発電推進部 所属
現在、太陽光発電システム用PCS拡販事業に従事