

# 大規模太陽光発電システムの開発

Large-scale Photovoltaic Power Generation System

三村 英之 Hideyuki Mimura

宮田 博昭 Hiroaki Miyata

相原 孝志 Takashi Aihara

内山 倫行 Noriyuki Uchiyama

永山 祐一 Yuichi Nagayama



図1 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究／北杜サイト」  
山梨県北杜市に約2 MW級の太陽光発電システムを建設中のメガソーラー発電設備の外観を示す。

地球温暖化防止対策あるいは石油などの化石エネルギー資源依存からの脱却のため、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーの導入が世界的に進展している。これら自然エネルギーの出力は、設置点の地形や環境、日照などに依存するため、一定ではなく不安定である。将来、これら大規模太陽光発電システムが大量に電力系統に連系された場合、系統に電圧変動や周波数変動など、悪影響を及ぼすことが懸念されており、それらの諸課題についての対策技術が求められている。

日立製作所は、大規模太陽光発電システム向けの大容量パワーコンディショナーを開発する際に、従来にない機能として、電圧変動抑制機能、瞬時電圧低下時の運転継続機能を設けた。また、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(図1参照)。これらにより、将来を見据えた電力系統の安定化に寄与する大規模太陽光発電システムを提案していく。

## 1. はじめに

近年、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーの導入が世界的に進展している。特に欧州では、ドイツやスペインを中心に数メガワットから数十メガワット級の大規模太陽光発電設備の建設が急速に進んでいる。これはフィードイン・タリフ(Feed-in Tariff:電力会社が、再生可能エネルギーを通常の電力単価よりも高価な固定価格で長期間にわたり買い取ることを保証する制度)によるところが大きい。主要国における太陽光発電設備の導入量を図2に示す。

日本では、2008年に「低炭素社会づくり行動計画」を閣議決定し、2020年までに太陽光発電による発電量を2005年の10倍に、2030年には40倍にするとの目標を決定した。その結果、2005年の累積設置量が142万kWであることから、太陽電池の年間平均発電効率を12%と仮定すると、年間発電量は約15億kWhにすぎないものが、2020年では、150億kWh、

2030年では600億kWhとなる。また総需要(長期エネルギー需給見通しの努力継続ケースを基に試算)は、2020年で1兆575億kWh、2030年では1兆1,258億kWhであり、太陽光発電の総電力需要量に占める割合は、2020年度で約1.4%、2030年度で約5.3%となる。なお、現状は0.2%程度である。

国内の太陽光発電の導入実績を図3に示す。その8割が住宅向けとなっている。上記の目標を達成するには、2020年で、新築住宅の7割が、2030年においては、新築住宅の8割が太陽光発電設備を備えている必要があり、この目標を達成するためには、住宅用だけでは限界があり、大規模太陽光発電設備(以下、メガソーラーと記す。)の導入が必要である。

大規模太陽光発電の取り組みの一つとして、日立製作所は、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(Power Conditioning System:パ

ワーコンディショナー)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いる。

ここでは、系統への影響を極力及ぼさない大容量PCSの開発を中心に述べる。

## 2. 自然エネルギー大量導入に伴う系統連系の課題

太陽光や風力といった自然エネルギーは、日照や風速などの影響を受けて出力変動を生じるため、連系している電力系統に対し、以下の課題が出てくる。

### (1) 出力変動による系統の電圧変動

太陽光発電では、雲の流れなどによって日照量が変化することにより、発電電力が変動して連系点で電圧変動が発生する。メガソーラーの場合には電力系統に大量の太陽光発電が集中して連系されるため、系統の安定運用に及ぼす電圧変動の影響が懸念される。

### (2) 出力変動による周波数変動

(1)と同様に、発電電力が大きく変動すると、需要側と供給側のバランスが崩れ、周波数が変動する。

### (3) 系統擾(じょう)乱時の一斉脱落による電圧・周波数変動

インバータ電源は通常20%程度の交流電圧低下で停止する。瞬時電圧低下(以下、瞬低と記す。)などの系統擾乱が発生した場合、広範囲のメガソーラーが一斉に解列(太陽光発電の運転を停止すること)し、系統の需給バランスが崩れて、電圧・周波数変動が起こる。場合によっては、系統の安定性に影響を与えることもある。将来、メガソーラーが普及することを考えると、不要解列しないように耐量を上げる必要がある。

### (4) インバータ電源の増大による高調波の増大

メガソーラーの導入に際し、連系する系統の系統容量に対するインバータを使用した太陽光の出力容量の比率が大きくなることから、高調波に関して系統に与える影響も大きくなり、流出高調波電流をよりいっそう抑制する必要がある。

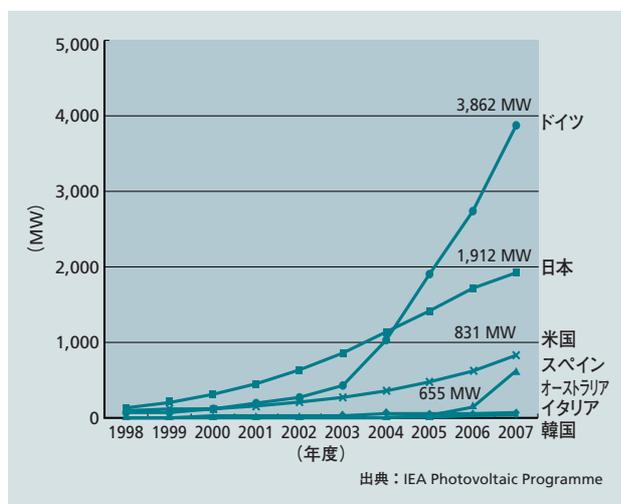


図2 主要国における太陽光発電設備の累積設置容量

主要国における太陽光発電設備の累積導入量を示す。近年ではドイツとスペインが急速に伸びている。

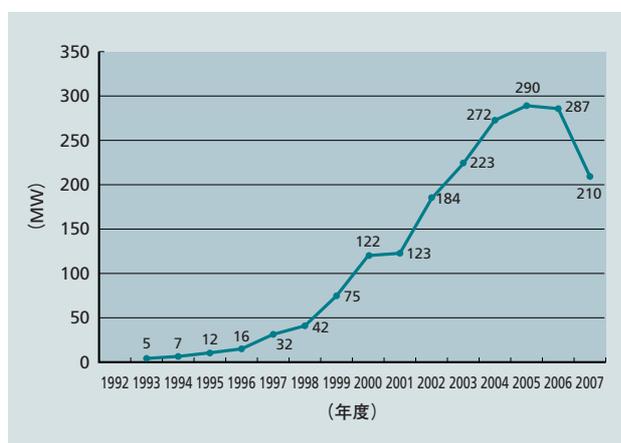


図3 日本における単年度の太陽光発電設備設置容量

日本では住宅用を中心に発展してきた。

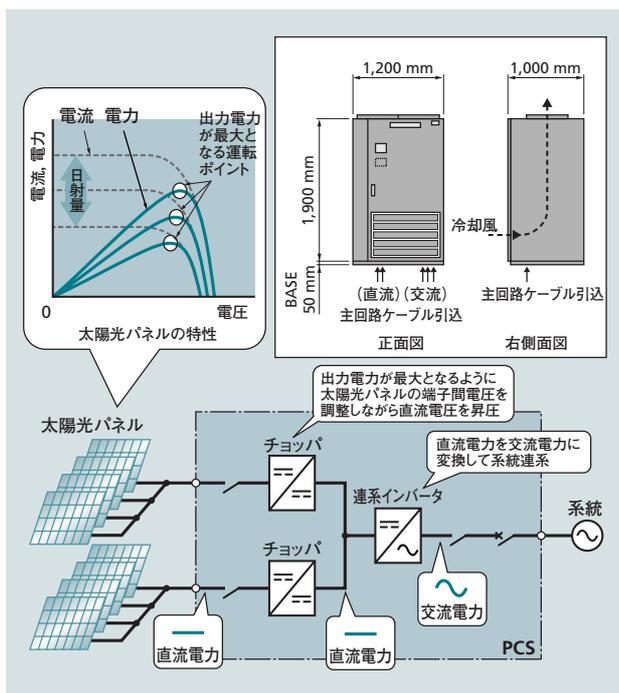
### 3.1 大容量PCS

特徴としては、UPS(Uninterruptible Power Supply:無停電電源装置)技術をベースとした高信頼性化、大容量化、高効率化、汎用品利用による経済性の追求および大規模系統連系に特化した機能の実現である。大容量PCSの外形図およびその構成を図4に示す。

入力となる太陽電池の面積が大きくなるため、入力を2回線に分割し、おのおのでMPPT制御(Maximum Power Point Tracking:太陽電池の出力電力が最大になる最適動作点を追従する制御)を行うことで、システムの発電効率を上げている。

### 3.2 電圧変動抑制機能

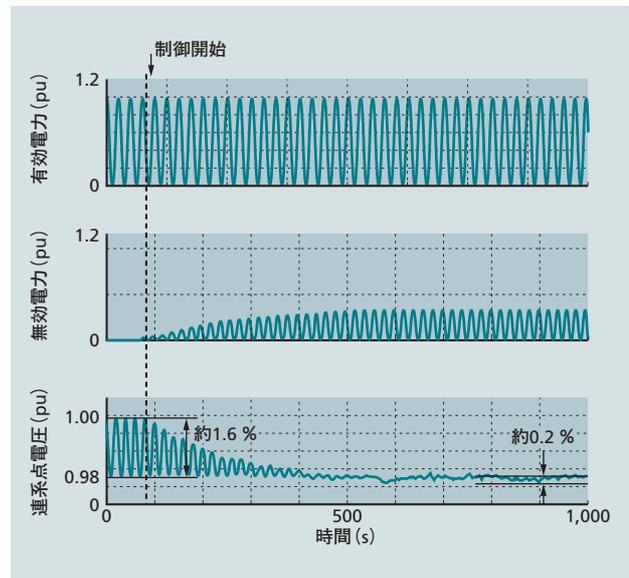
太陽光発電システムの出力変動による電圧変動を抑制するためには、蓄電池などで脈動電力を吸収・放出するか、あるいは発電出力を制限する方法などが考えられるが、前者では設備コストが高くなり、後者ではエネルギーを有効利用できなくなる。そこで、今回、発電による有効電力とともに電力系統の状態に応じて、無効電力を適切な量に自動的に調整して連系インバータから出力することで、太陽電池の出力変動に起因する電圧変動を抑制する機能を開発した。この機能の効果をPCSのミニモデルを用いて確認した結果を図5に示す。PCSから定格出力相当の出力変動を発生させ、無効電力の初期値をゼロとして変動抑制制御を開始した。その結果、無効電力の出力は系統条件に応じた適切な値に自動的に調整され、連系点の電圧変動が0.2%程度に抑制された。



注:略語説明 PCS(Power Conditioning System)

図4 大容量PCSの外形図と構成

大容量PCSは、太陽光パネルの端子間電圧を調整して出力電力を最大化するチョップパと、直流電力を交流電力に変換する連系インバータから構成される。



注:略語説明 pu(Per Unit)

図5 電圧変動抑制機能の効果

66 kV特別高圧系統に連系した太陽光発電用PCSの電圧変動抑制機能のミニモデル試験結果を示す。この機能により、制御開始前に1.6%程度あった電圧変動が0.2%程度に抑制されている。

### 3.3 瞬低時運転継続機能

従来のPCSは、瞬時電圧低下(瞬低)発生時に連系インバータが過電流となることから、PCSをいったん停止する必要があった。将来、太陽光発電が多数連系されるようになると、系統事故などによる瞬低が発生した場合には、広範囲でPCSが電力系統から一斉脱落することになり、発電電力が一斉に喪失して、最悪の場合は大規模停電につながる恐れがある。

電力系統への影響を低減するためには、瞬低時においても運転を継続し、可能な限りの発電電力を出力することが必要である。そこで、高速で波形ひずみに強い電圧位相検出や高速の電流制御によって、連系インバータの過電流を防止するとともに、系統へ出力可能な電力とバランスがとれるように発電電力を制御する瞬低時運転継続機能を開発した。

ミニモデルを使った実験で、交流正相電圧が定格の約35%程度まで低下しても運転継続できる見通しを得た(図6参照)。これは瞬低の約9割をカバーするものとなる。

### 3.4 高調波発生抑制

電力系統にPCSを大量連系する場合、高調波電流によって、系統電圧ひずみやPCS周辺に接続された機器の異常過熱などの心配がある。パルス幅変調(PWM:Pulse Width Modulation)方式のインバータの場合、インバータから流出する低次の高調波電流は比較的小さいが、系統電圧ひずみに起因して高調波電流が流入する可能性がある。そこで系統電圧ひずみの影響を考慮した制御系を連系インバータに適用し、高調波電流を低減している。新ガイドラインの80%以下を実現した。

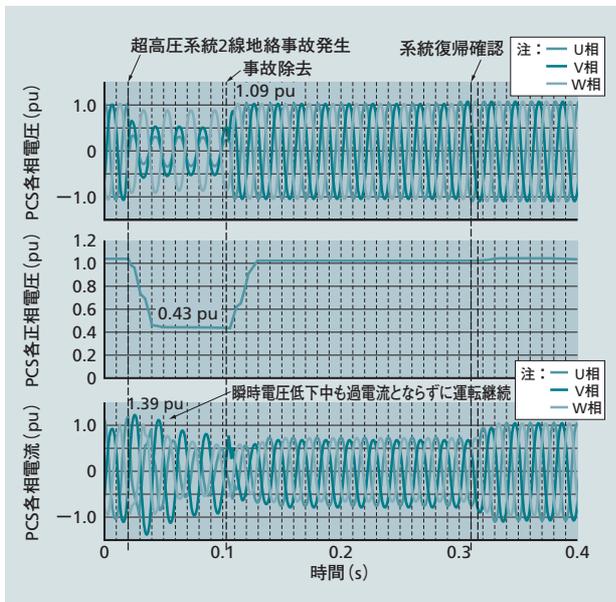


図6 瞬時電圧低下時運転継続機能

超高压システムの系統事故による瞬時電圧低下時におけるPCS運転継続のモデル試験結果を示す。瞬時電圧低下中でも可能な分だけ発電電力の出力を行っている。

#### 4. おわりに

ここでは、NEDO「大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究」を通して、メガソーラー向けの系統安定化技術を伴った大容量PCSの開発について述べた。

この実証研究は、山梨県北杜市に約2 MW級の太陽光発電設備を設置し、系統連系時に電力系統側に悪影響を及ぼさないシステムの実現をめざし、メガソーラーの普及拡大を推し進めるものである。また、系統安定化に寄与する大容量PCSの開発、先進的太陽電池モジュールの特性評価、経済性・環境性を考慮した最適設計などの研究も行われている。研究スケジュールとしては、2006年度から2010年度までの5年間の計画であり、2009年度から大容量PCSを含めた全体シス

#### 執筆者紹介



##### 三村 英之

1990年日立製作所入社、電力グループ 電機ソリューション本部 電源システム部 所属  
現在、分散型電源システムのソリューションの企画に従事



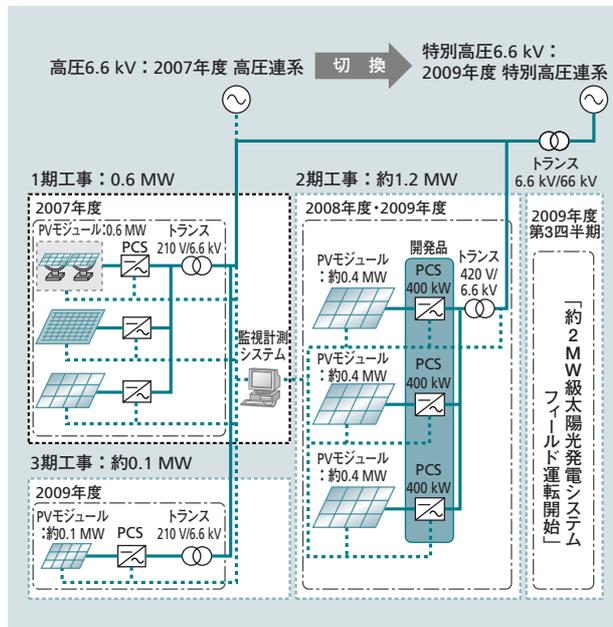
##### 宮田 博昭

1994年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 パワーエレクトロニクス設計部 所属  
現在、大容量UPS、系統連系インバータの開発設計に従事  
電気学会会員



##### 相原 孝志

1992年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電力システム本部 電力流通エンジニアリング部 所属  
現在、電力系統に関する解析・コンサルティング業務および制御システム開発に従事  
電気学会会員



注：略語説明 PV (Photovoltaic:太陽電池)

図7 北杜サイトのプロジェクト全体構成

2009年度から約2 MW級太陽光発電システムのフィールド運転が開始される。

テムのフィールド試験が予定されている(図7参照)。

今後、日本においても電力会社や自治体を中心にメガソーラーが導入されていくものと考えられる。日立製作所は、これまで蓄えてきた配電系統制御技術やマイクログリッド技術を生かして、系統への影響を考慮した大規模太陽光発電に取り組んでいく所存である。

#### 参考文献など

- 1) 宮田, 外:新エネルギー分野を開拓するパワーエレクトロニクス製品, 日立評論, 90, 12, 1000~1005(2008.12)
- 2) 内山, 外:平成20年電気学会8部門大会, No.147(2008.9)
- 3) 瞬時電圧低下対策専門委員会:瞬時電圧低下対策, 電気協同研究, 第46巻, 第3号(1990.7)
- 4) NEDO, 大規模電力供給用太陽光発電システム安定化等実証研究, <http://www.nedo.go.jp/activities/portal/p06005.html>



##### 内山 倫行

1990年日立製作所入社、電力グループ エネルギー・環境システム研究所 電力流通プロジェクト 所属  
現在、分散型電源の運用制御技術の研究に従事  
電気学会会員



##### 永山 祐一

1991年日立製作所入社、電力グループ 日立事業所 電機プラントシステム部 新エネルギーシステムエンジニアリンググループ 所属  
現在、新エネルギー関係のシステム設計に従事