

ミドルクラス太陽光発電システムへの取り組み

清宮 繁
Kiyomiya Shigeru

吉川 貴志
Yoshikawa Takashi

遠藤 博之
Endo Hiroyuki

浮須 友和
Ukisu Tomokazu

低炭素社会へ向けて再生可能エネルギーの導入が進む中、2012年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行され自然エネルギーを利用した発電設備の導入が急拡大している。

日立グループでは、太陽光発電分野においてさまざまな技術開発を行っている。この中で今後期待されるミドルクラスと呼ばれる中規模分野における技術開発の取り組みは、さらなる太陽光発電の導入促進に貢献する。

1. はじめに

2012年に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が施行され、再生可能エネルギーの固定価格買取制度がスタートして再生可能エネルギー発電設備の導入が加速し、中でも太陽光発電は大きく拡大し、経済産業省が2012年7月から2013年10月末までに認定した設備容量は、約2,450万kWに達している¹⁾。

ここでは、今後需要拡大が見込まれるミドルソーラー（中規模産業用太陽光発電：100kW～1MW未満）向け機器の開発における株式会社日立産機システムの取り組みについて述べる。

2. 100kWパワーコンディショナーの開発

ミドルソーラーに向けたPCS（Power Conditioning System：パワーコンディショナー）として、定格出力容量100kWの商用周波絶縁トランス方式HSP900-1000LFHを開発した。ミドルソーラー用PCSに求められる要件を満たすために、開発コンセプトを次の3点とした。

- (1) ユーザー視点：総発電量の最大化
- (2) 施工者の視点：より高い工事性の確保
- (3) システム設計者の視点：パネル特性・レイアウトへの対応性向上

太陽光発電システムにおいて、総発電量の最大化を図るには、日射強度の出現率に合致した変換効率カーブを作り込む必要があるとともに、雲などによる日射変動に対する応答性の向上を図る必要がある。

札幌、東京、大阪のアメダス（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System：地域気象観測システム）²⁾データによる1年間の日射強度の出現率（0の時間は除く）から、100%出力時の変換効率よりも部分負荷効率を向上させたほうが年間発電量の増加が期待できる（図1参照）。

このため、アモルファス変圧器とインバータの変換効率特性をマッチングさせ、部分負荷、特に20%～80%出力時の変換効率を向上させた効率カーブを実現した。

アモルファス変圧器絶縁方式で最大変換効率96.3%（負荷率50%時）となっている（図2参照）。

また、日射変動に際しては、独自のMPPT（Maximum

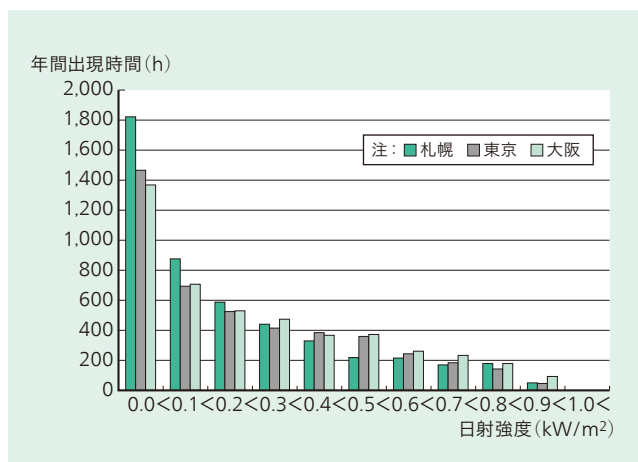


図1 | 日射強度の出現時間

アメダスの1時間ごとの平均日射強度 (kW/m²) 分布を示す。2009年1月1日～12月31日のデータである（0の時間は除く）。

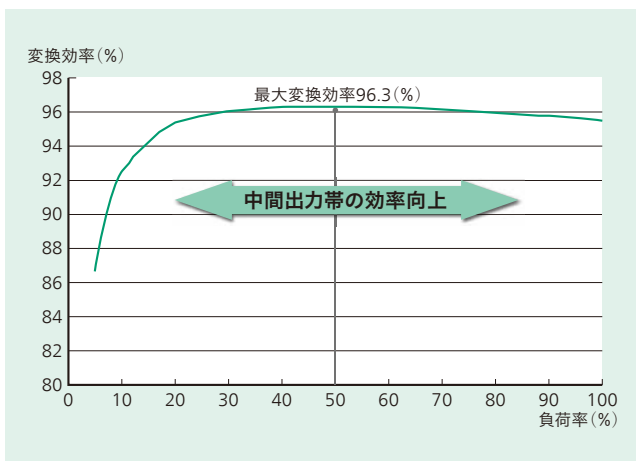


図2 | 変換効率

HSP900-1000LFH DC345 Vの場合の変換効率を示す。総発電量の最大化に寄与する変換効率カーブを実現した。

Power Point Tracking：最大電力点追従）である2分割探索法を開発した。P-V（Power-Voltage）カーブを2分割，すなわち3点の出力を計測し，左右どちらの分割面にMPP（Maximum Power Point）が存在するかを繰り返し判別することによってMPPを探索する方式とした（図3参照）。

日射の変動に対し，一般的な山登り法と比較し高速に応答可能で，かつ，ミドルソーラーに出現しやすい部分陰によるMPPTの誤検出も発生しにくい方式となっている。

以上，日射出現率に即した変換効率カーブ，および日射変動に高速応答するMPPTの2つにより，開発コンセプト（1）ユーザー視点による総発電量の最大化を実現した。コンセプト（2）施工者の視点によるより高い工事性の確保については，直流・交流ケーブル締結用バスバーの高さを確保し，直流側でも最大200 mm²のケーブル引き込みを可能とし現地工事の容易さを実現している。コンセプト（3）システム設計者の視点によるパネル特性・レイアウト

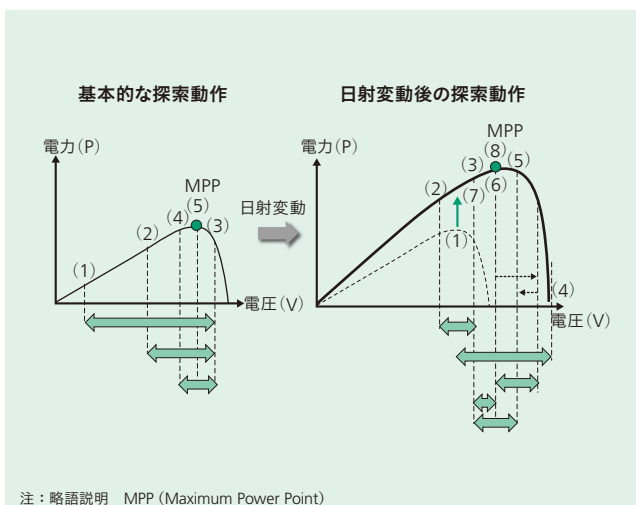
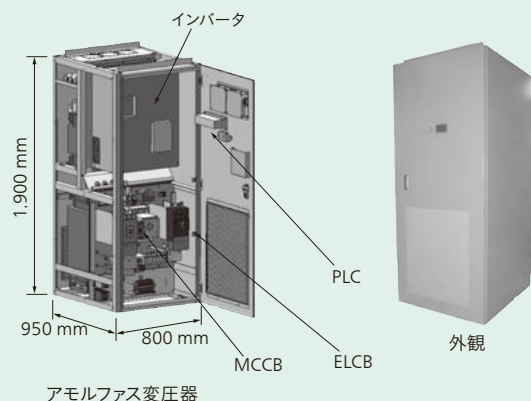


図3 | 2分割探索法

株式会社日立産機システム独自の方式で，部分陰に強く，応答性の高いMPPT（Maximum Power Point Tracking：最大電力点追従）となっている。

	型式	HSP900-1000LFH
	定格出力	100 kW
	絶縁方式	商用周波絶縁トランス方式
直流入力	定格入力電圧	DC345 V
	入力電圧範囲	DC 0 V～650 V
	入力運転電圧範囲	DC 315 V～600 V
交流出力	相数	三相3線
	定格出力電圧	AC202 V
	定格周波数	50 Hz/60 Hz
	定格出力電流	286 A
	電力変換効率	95.3%
	構造	屋内自立閉鎖型
	外形寸法	幅800×奥行950×高さ1,900 (mm) (ベース、天井保護カバー除く)
	質量	1,100 kg



注：略語説明 PCS（Power Conditioning System），PLC（Programmable Logic Controller），MCCB（Molded Case Circuit Breaker），ELCB（Earth Leakage Circuit Breaker）

図4 | PCS機器仕様

HSP900-1000LFHの機器諸元と概要および外観を示す。商用周波絶縁トランス方式では高い変換効率を実現している。

への対応性向上については，パネル出力に応じた直流入力電圧レンジの設定をDC 0 V～650 V（運転範囲は315 V～600 V）とし，パネル組み合わせの自由度を図っている。

開発したHSP900-1000LFHの機器仕様，外観などを図4示す。

3. 昇圧用アモルファス変圧器の開発

変圧器で発生する損失は，大別して無負荷損と負荷損がある。無負荷損は負荷率（変圧器容量に対する負荷運転容量の割合を指す）によって変化せず常時一定量発生する損失であり，待機電力に相当する。負荷損は負荷電流によって発生し，その負荷電流の大きさ（または負荷率）の2乗に比例して発生する損失である。

太陽光発電システムは，夜間など発電していない時間帯があるため設備利用率は約15%～25%と低い。さらに発電していない時間帯では待機電力による電力消費が発生している。そのため太陽光発電システムには低負荷率領域で高効率な変圧器が最適である。太陽光側から系統側へ電力を昇圧させる専用の変圧器は，待機電力を抑え，発電中も発電していないときも損失が小さい変圧器が求められる。

また、PCSの仕様によっては、送られてくる電力に高調波成分が含まれる、あるいは、接地を施すための対応が必要となるといった専用設計が必要となる。そこで、待機電力を大幅に削減できるアモルファス変圧器をベースに高調波成分対策など、昇圧変圧器に求められる仕様を満足するアモルファス変圧器、SuperアモルファスX ceシリーズを開発した。SuperアモルファスX ceシリーズの外観を図5に、効率曲線を図6に、設置状況を図7にそれぞれ示す。

SuperアモルファスX ceシリーズの主な特長は以下のとおりである。

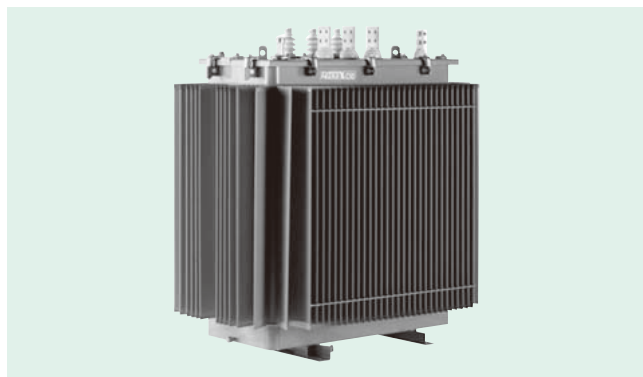


図5 SuperアモルファスX ceシリーズの外観

待機電力の少ないアモルファス変圧器をベースに太陽光発電システム向けに専用設計する。

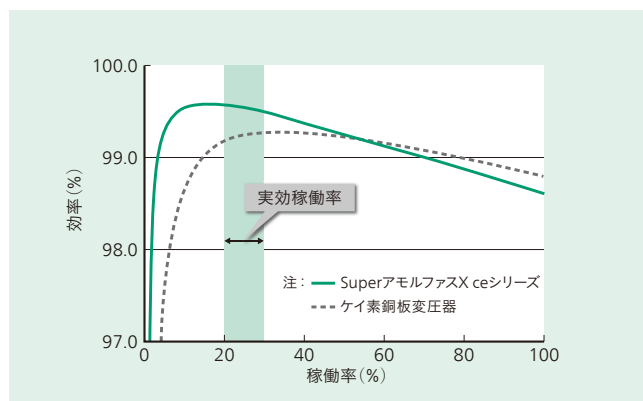


図6 効率曲線比較

太陽光発電の実効稼働率領域で高効率を実現し、発電量の最大化に貢献する。



図7 SuperアモルファスX ceシリーズの設置状況

端子箱で充電部を隠蔽することで安全性に寄与する。

- (1) 変圧器鉄心材料にアモルファス合金を採用し、待機電力に相当する無負荷損を約70%低減
- (2) 太陽光発電システム向け専用設計により実稼働域のシステム効率向上
- (3) 絶縁トランスレスPCSなどさまざまなPCSとの組み合わせが可能

4. ミドルソーラー向け一体化システムの開発

前述した100 kW PCSおよび専用のアモルファス変圧器の採用を前提にそれらをキュービクル内に収納することにより、コンパクトで安価な系統連系盤「BUY電ゲートウェイ」の開発・製品化を行った。まず、基本コンセプトを明確化するため2010年12月ごろから市場分析を実施した。そのころ、日本では地球温暖化防止に向けたCO₂削減の国際的な取り組みや太陽光発電システム、風力発電システムなどの導入拡大をめざし、政府が、再生可能エネルギーの開発と普及促進のため、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（通称：再生可能エネルギー特別措置法）の検討を行っていた。固定価格買取制度ではそれまでの余剰電力買取制度と異なり、発電した電力の全量を電力会社が買い取ることになる。発電した電力と他の電力とを区別するために、既存の受電設備の低圧系統（200 V～400 V）と分離し、新たに高圧系統（6,600 V）に専用の連系点が必要になるため、新規に事業者は連系盤が必要になる（図8参照）。

このような背景の下、設備の効率重視、一体型によるコンパクト化をめざして開発を開始し、100 kWタイプに以下の開発目標を設定した。

- (1) 製造コスト：従来の高圧受電盤とPCS、PCS収納盤のコスト合計を10%低減
- (2) 設置面積：従来の高圧受電盤とPCS収納盤を合わせた設置面積を76.5%に縮小
- (3) 変換効率：従来のPCS効率と変圧器効率の合成値以上の94.5%に向上（昇圧変圧器を含む）

また、実機的设计検討にあたっては機器の選定について以下の項目を重点に検討した。

- (a) 主遮断装置：高圧気中負荷開閉器（LBS：Load Break Switch）・高圧限流ヒューズ（PF：Power Fuse）の組み合わせと、真空遮断機（VCB：Vacuum Circuit Breaker）・断路器（DS：Disconnecting Switch）の組み合わせの比較検討において、コスト面で優位なLBS+PFを採用し、短絡時の保護はPF溶断で行うことにした。
- (b) 冷却方式：PCSは発熱熱量が大きく、内部に多くの電子部品が使用されているため、冷却性能が重要となる。冷却方式については最終的にファンによる機械換気

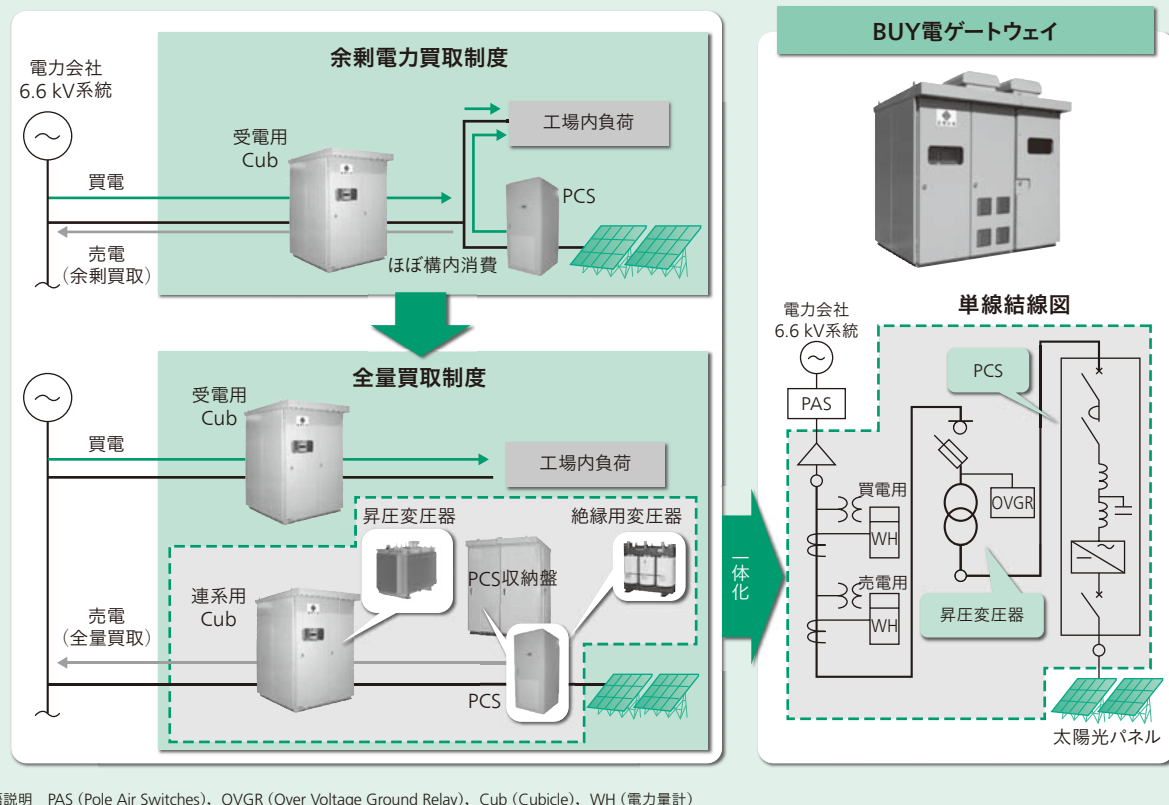


図8 固定価格買取制度での連系方式

固定価格買取制度では発電設備は電力会社の系統へ直結される。

を採用した。

(c) 換気構造：PCS内部の多くの電子部品が屋内仕様であることから、防塵（じん）性能が求められる。換気構造については扉部に防塵フィルタ付きギャラリを採用した。

(d) 日射対策構造：日射による盤内の温度上昇対策として、汎用屋外盤で効果実績のある遮蔽板をPCS収納盤周囲に設けることとした。

(e) 保護継電器：系統連系用の保護継電器は、系統連系

規程を満足するように、地絡過電圧継電器（OVGR：Over Voltage Ground Relay）と地絡方向継電器（DGR：Directional Ground Relay）を設けた。開発目標に従い2011年度中に100 kW試作品を製作し、各種評価を行った。その結果、(1) 製造コスト、(2) 設置面積、(3) 変換効率ともに目標をクリアすることができた（図9参照）。

2012年4月、「安心、手間いらず、高効率で系統に連系」を特徴とする「BUY電ゲートウェイ」100 kWを開発し、

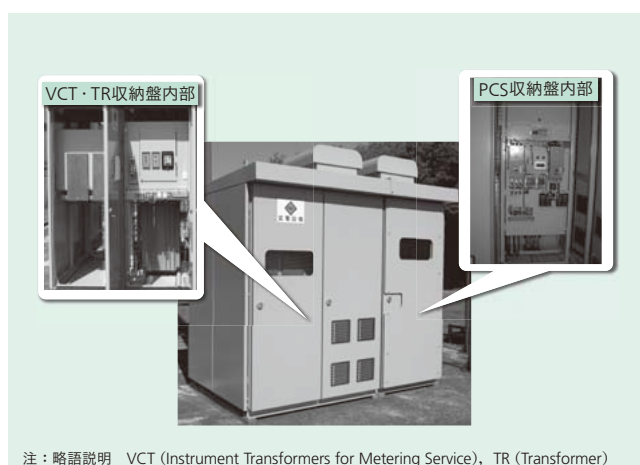


図9 BUY電ゲートウェイ100 kWの外観

高圧受電盤とPCSの一体化を実現し、従来機器比76.5%の省スペース化を達成した。



図10 BUY電ゲートウェイ300 kWの外観

100 kW, 200 kW, 300 kWをラインアップしている。

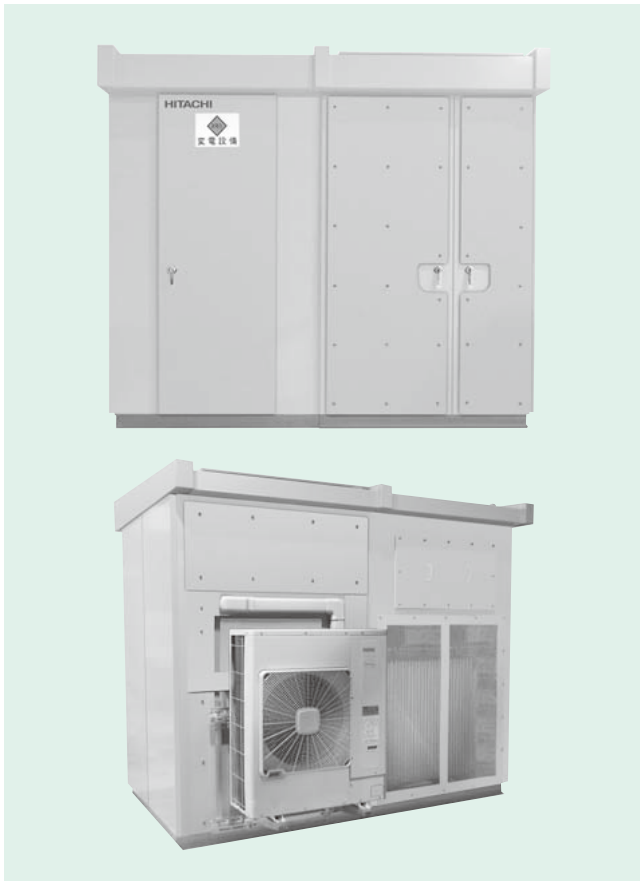


図11 | BUY電ゲートウェイ耐塩仕様100 kWの外観
エアコンによって内外気を分離し、塩害地域の設置に対応する。

2013年1月には200 kWと300 kWのモデルを追加した(図10参照)。100 kW PCSを200 kWでは2台、300 kWでは3台用いるシステム構成で容量拡大に対応している。

さらに、海岸沿いの塩害地域にも設置可能な(海岸から飛散した海水が直接かかる地域は除く)耐塩モデルを力率一定制御機能搭載と合わせて2013年11月に製品化した。

容量も標準タイプと同じく100 kW, 200 kW, 300 kWをラインアップした。耐塩モデルはキュービクル内のPCS保護のため、従来の換気ファン・ギャラリ仕様からエアコン採用によって内気と外気の分離に成功し、沖縄地区でも条件付きで設置可能とした(図11参照)。

5. おわりに

日立グループは、再生可能エネルギーの普及、および、エネルギーの効率的な利用のためにスマートグリッド、マイクログリッドなど幅広い分野で取り組みを進めている。

日立産機システムが、太陽光発電関連コンポーネントの開発で培ってきたパワーエレクトロニクス、系統連系、配電、制御の技術を生かし、蓄電システムやマイクロ水力発電などの分野での機器およびシステムの開発にも取り組むことで、CO₂削減やエネルギーの有効活用に貢献することができる。

参考文献など

- 1) 資源エネルギー庁ニュースリリース(2014.1.10)
- 2) 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

執筆者紹介



清宮 繁

株式会社日立産機システム システム推進事業部 新エネルギー推進部 所属
現在、新エネルギー関連事業企画に従事
電気学会会員



吉川 貴志

株式会社日立産機システム システム推進事業部 新エネルギー推進部 所属
現在、新エネルギーおよびパワーコンディショナーの事業企画に従事



遠藤 博之

株式会社日立産機システム 受配電環境事業部 変圧器設計部 所属
現在、アモルファス変圧器の開発に従事



浮須 友和

株式会社日立産機システム 受配電・環境システム事業部 配電機器設計部 所属
現在、配電盤などの設計に従事