

蓄電池併設による受電電力ピークカット機能付き 高機能太陽光発電システム

徳田 則昭・龍 治 真・小橋 義昭

新型大容量ニッケル水素蓄電池「ギガセル®」を併用した高機能化太陽光発電システムを開発し、納入した。本システムは、消費電力ピーク時以外の太陽光発電電力を蓄電してピーク時に放電することにより、天候に左右されず確実な受電電力の低減効果を発揮でき、かつ日射が得られない場合にも使用できる災害時予備電源としても有効である。本稿ではその特徴・構成・運用試験結果などについて報告する。

キーワード：ピークカット、太陽光発電、蓄電池、契約電力、自立運転、ギガセル、大容量

1. はじめに

近年、地球温暖化の進行は深刻化してきており、CO₂排出量の削減対策への取り組みが急務であることが世界的に認識されてきている。しかし一方で、2007年12月に開催されたCOP13ではポスト京都議定書へのアプローチは示されながらも具体的な数値目標の記述が外されるなど、この問題への取り組みの難しさを改めて認識することとなった。

日本では(独)新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)が「地域新エネルギー導入促進事業」、「太陽光発電新技術等フィールドテスト(新FT)事業」などを通じ、太陽光発電システムの導入を支援している。

我々は、省エネルギー、環境負荷低減、廃熱有効利用等の保有技術を応用した、エネルギー・環境分野の製品群を提供して来た。また再生可能エネルギーの利用技術においても木質バイオマス発電システムや太陽光発電システムを開発してきている。そしてこの程、新型大容量ニッケル水素蓄電池「ギガセル®」を応用したピークカット・自立運転機能付き高機能化太陽光発電システムを、学校法人八千代松陰学園(千葉県八千代市)に納入した。本稿では、その概要について報告する。

2. カワサキ高機能化太陽光発電システム

カワサキ太陽光発電システムは100kWの大出力太陽光発電システム(PVシステム)に「ギガセル®」と新規開発のピークカットコントローラ(PCC)を組

み合わせることで、最大電力消費時間帯における受電電力を削減して契約電力値を下げるピークカット機能と、系統停電時にも特定重要負荷に対して電力を供給できる自立運転機能を持たせたものである。

(1) システムの構成と機能概要

本システムは図-1の構成図に示すように、主に100kWのPVシステムと大容量のギガセルシステムにより構成される。

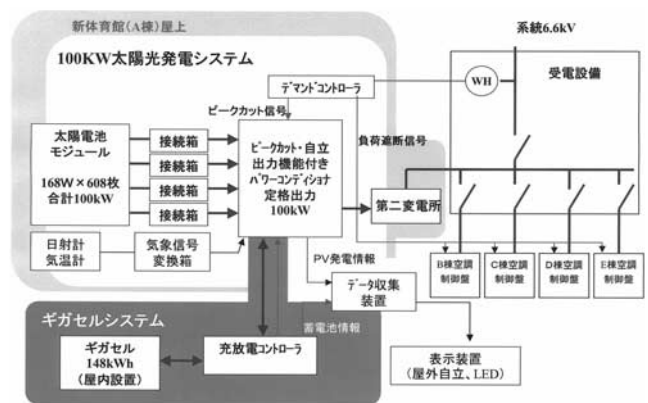


図-1 カワサキ太陽光発電システム構成図

太陽電池モジュールは出力約100kWで、新体育館屋根上に設置され、直下の室外機置場に設置した接続箱を経由して1階屋内の蓄電池室内に設置した定格出力100kWのパワーコンディショナ(パワコン)に接続される。また、蓄電池室内に設置した「ギガセル®」は充放電コントローラ経由で太陽光発電システムのパワコンへ接続され、内部の直流回路で太陽電池モジュールと直接接続される。パワコンの交流側は第二変電

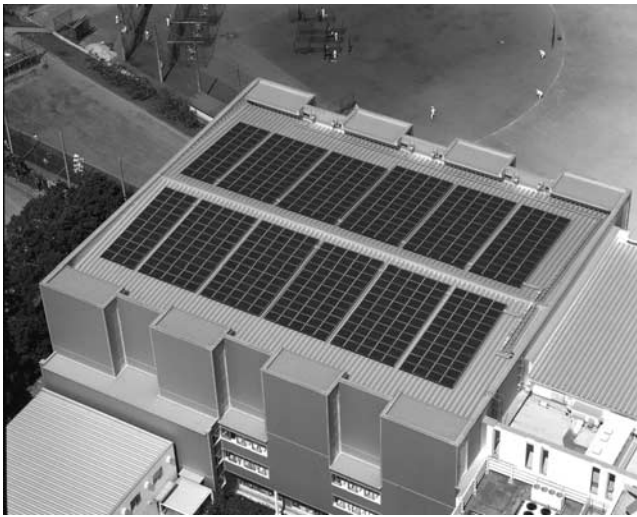
所の漏電遮断器（ELCB）経由で学園電源系統に連系される。PCCは学園の受電設備に設置した客先電力量計パルス発信器に接続され、学園全体の受電電力の状態をモニタして、必要に応じてパワコン、各棟の空調設備への制御信号を出力しピークカット運転を実施する。その他の構成機器としてはデータ収集装置があり、太陽光発電システムの運転状態、ならびに、「ギガセル®」充放電状態を記録するとともに、屋外に設置した表示装置へ表示データを送信する。

(2) 各構成機器

本システムにおける各構成機器の概要を下記に示す。

(a) 太陽電池モジュール

本システムの太陽電池モジュール（図一2）は公称出力167Wの多結晶シリコンモジュールを採用して、パワコン内における蓄電池との直接接続時の充放電電圧を考慮して直列数を決定した。合計標準太陽電池アレイ出力は101.5kWである。



図一2 太陽電池モジュール全景

(b) パワーコンディショナー（パワコン）

パワコンは太陽電池モジュールの合計標準太陽電池アレイ出力に合わせて、定格出力100kWの系統連系型自立運転機能付きパワコンを基本として以下の機能を追加した特殊仕様品を採用している。

①ピークカット機能

PCCからのピークカット運転指令により、ピークカット運転を行う。ピークカット運転中の太陽光発電電力と「ギガセル®」放電電力の割合は、そのときの太陽電池発電電力により変動する。たとえば日射が得られない状態では「ギガセル®」放電電力のみにより

賄うが、最大の日射が得られる状態では70～80%を太陽電池出力が賄い、不足分を「ギガセル®」放電電力により補助することにより、日射無しで最小の60kW、最大日射の状態ではパワコン定格出力の100kWを必要時間、交流側へ供給できるため、最低60kWの確実なピークカット運転を行える。「ギガセル®」からの放電電力は60kWを最大として日射量の増大に伴って低減される。

②「ギガセル®」充電機能

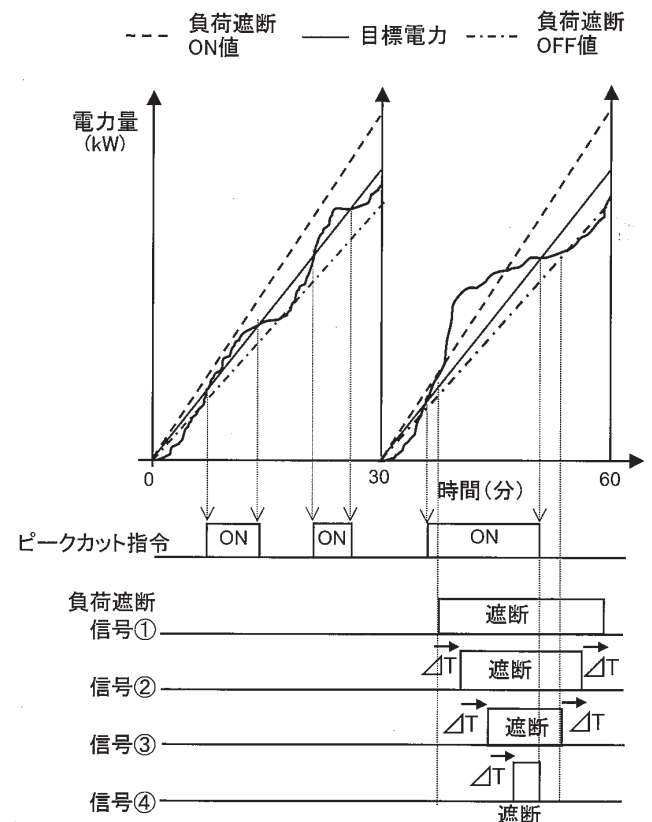
太陽電池モジュールの発電電力／系統電力のいずれかを使用して「ギガセル®」を充電する機能を持つ。

充放電コントローラが充電状態を監視して規定の充電状態以下になると太陽光発電電力のみを使用して充電し、またこれとは別に1回／月の割合で夜間系統電力を利用して「ギガセル®」の機能維持のための均等充電を行う。

(c) ピークカットコントローラ（PCC）

PCCは市販デマンドコントローラを中心として構築したもので、ピークカット信号出力のほかに、4点の負荷遮断信号出力を持っている。

図一3に示すように、PCCは予め設定した目標電力と現状の電力量とを比較し、30分ごとに管理される受電電力量が目標値を超えることが予測された場合、ピークカット指令を出力する。また、ピークカッ



図一3 ピークカットコントローラの信号出力

ト指令出力中にもかかわらず、電力量の予測値が目標電力を超えて、負荷遮断 ON 値に達すると4本の負荷遮断信号を優先度の低いものから順次時間差をもって出力し、負荷遮断を実施して日射不足による蓄電電力不足時にもピークカット機能を発揮する。

(d) 「ギガセル[®]」

図-4に「ギガセル[®]」と従来型ニッケル水素蓄電池の構造比較を示す。

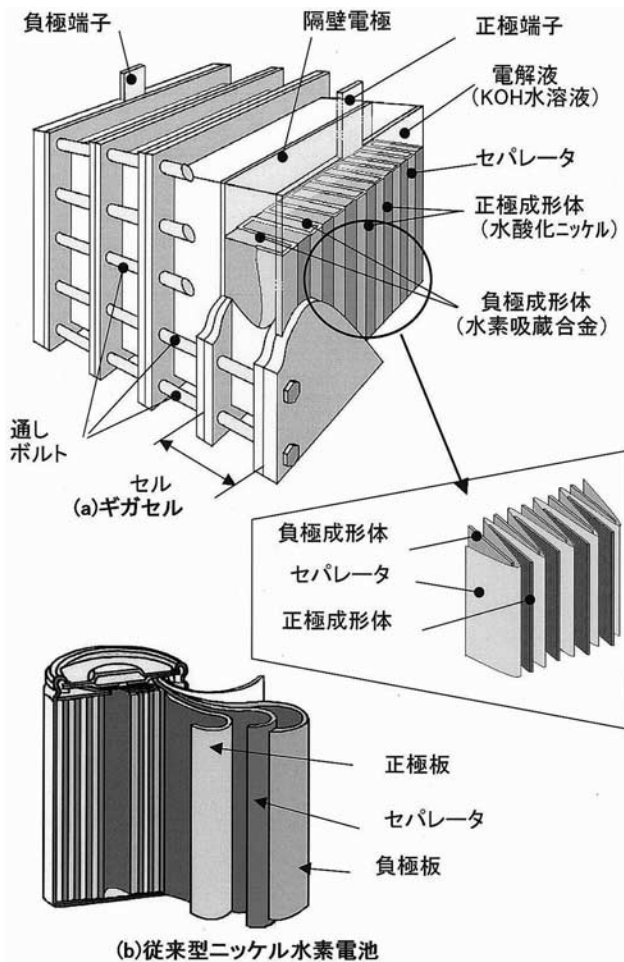


図-4 「ギガセル[®]」と従来型ニッケル水素蓄電池の構造比較

図に示すように、「ギガセル[®]」は電池セルを隔壁によって直列接続したバイポーラ3Dセル構造を持つ。正極成型体と負極成型体を分ける隔壁は表面が正極、裏面が負極の役割をはたし、断面積が大きく厚みが薄いためにセル間の接続抵抗が小さく直列数を大きくすることが容易である。また、電極の幅、高さ、枚数を増やすことによりセルの大容量化も容易なため、低コスト化に適している。

さらに図に示すようにセル間を通しボルトにより結合する非溶接構造を採用しているため分解が容易であり、リサイクル性に優れている。

また、この蓄電池の電解液はリチウムイオン電池のような可燃性電解液でないアルカリ水溶液を使用しているため本質的に安全であり、鉛蓄電池のような環境規制物質を含んでいないために環境に優しい蓄電池である。

性能面では連続2CAの高速充放電が可能であり、サイクル寿命も長い特徴を持つため、マイクログリッドシステム、風力発電などの自然エネルギーの出力平準化への応用や、路面電車(LRV)の架線無し運転での実証試験が進められている。

本システムにおける応用では、学園全体の受電電力についての予備調査の結果から得られた必要蓄電容量、ならびに、太陽電池モジュールの出力電圧とのマッチングのため12V・196Ahのスタックを21直列・3並列として合計148kWhの蓄電容量とし、幅1.8m×奥行約12mの蓄電池室内にパワコン・充放電コントローラとともに収納した。このうち充電状態80%~20%までの60%の範囲を放電範囲として使用し、最大放電出力60kWで約90分間のピークカット運転を可能としている。(十分な太陽電池出力が得られる場合にはそれ以上のピークカット運転が可能である。)

充放電コントローラは電圧、電流、温度といった「ギガセル[®]」の状態を常時計測し、充電状態や過充電・過放電を防止するための制御信号、ならびに過昇温、液面レベル低下などの異常信号を出力して、安全な運転状態を維持する。また、内蔵のカレンダー機能により、毎月1回の均等充電要求をパワコンへ通知して「ギガセル[®]」の性能維持を行う。

(3) システムの運転モード

本システムでは太陽光発電状態、「ギガセル[®]」の充電状態、受電電力状態などに応じて下記の運転モードを自動的に選択して運転を行う。

(a) 連系運転

太陽光発電システムにおける基本的な運転形態で、「ギガセル[®]」を切り離してPVモジュールを電力源として最大電力点追従制御(MPPT)を行い、PVモジュールの全発電電力を負荷系統へ出力する。

(b) 解列充電運転

PVモジュールによる発電電力を全て「ギガセル[®]」の充電に充てる運転モードであり、系統と解列して負荷系統への電力供給は行わない。このとき最大0.5CA程度の高速充電が行われるが、性能劣化等は生じない。

(c) 連系充電運転

「ギガセル[®]」の性能維持のために夜間電力を利用して1ヶ月に1回の頻度で0.2CA程度の低い充電レートで均等充電を行う。

(d) ピークカット運転

PCCがピークカット信号を出力すると、パワコンは太陽電池モジュールの発電電力に「ギガセル[®]」の放電電力を加えて、最大100kWまでの電力を負荷に供給する。これにより、消費電力の一部を本システムの出力電力が受け持つため、受電電力が低減される。

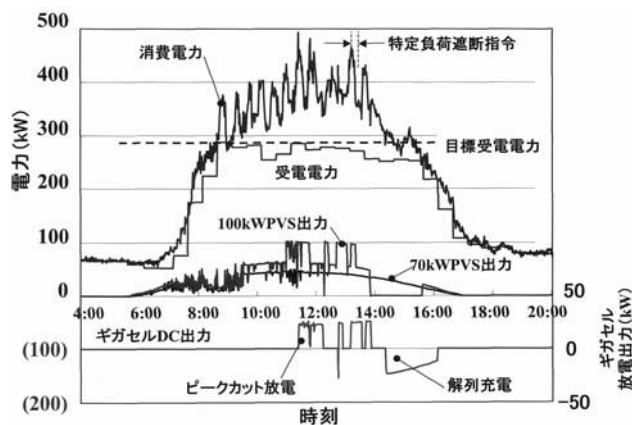
(e) 自立運転

パワコンが系統停電を検知すると、天候や時間に関係なく特定重要負荷に電力の供給を開始する。本システムでは自立運転時の最大出力は20kVAに設定しているため、太陽光発電電力無しの場合でも最長で6時間～7時間程度の電力供給が可能である。日射が得られて太陽光による発電が行える場合には、さらに長時間の電力供給も可能で、条件によっては自立運転中にも「ギガセル[®]」の充電が可能となる。

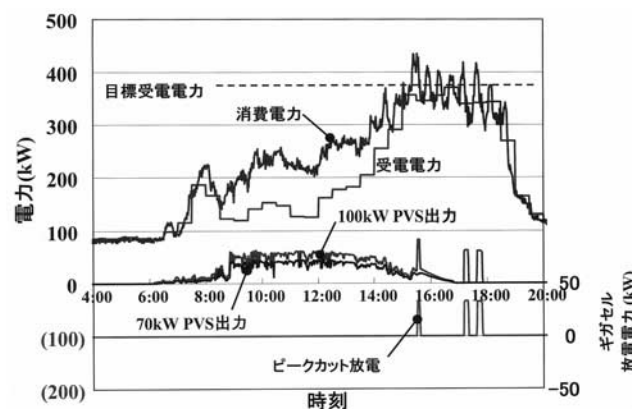
3. 運転実施例

図一5に八千代松陰学園における運転実施例を示す。(a)は従来の実績から1年間で最も受電電力が大きくなると考えられていた文化祭の日(2006年9月10日)における電力推移を示す。当日は比較的晴天に恵まれたため、既設の従来型PVシステム(出力70kW)、および新設の本ピークカット機能付きPVシステムともに順調に発電したが、11時過ぎから14時にかけて空調負荷を中心とした消費電力が増加し、受電電力の目標超過となったため、断続的に最大出力100kWのピークカット運転が行われた。さらに13時過ぎにはピークカット運転中にもかかわらず、目標受電電力の超過をPCCが検知したため負荷遮断信号出力により、校内1棟の空調負荷遮断が実施された。その結果、当日の目標受電電力285kWを守ることができた。その後、14時以降の消費電力低下時には解列充電が実施され充電状態の回復が行われた。

(b)は約1年後のある日(2007年9月28日)における運転状態の一例である。当日は学校行事のため、午後から電力需要が増加したが、日中は2式のPVシステムによる発電電力の供給によって目標受電電力を下回っていたものの、夕刻、日射が低下してきてから空調負荷に加えて照明の使用によると思われる消費電力の増加が生じ、PVシステム出力低下時に約80kWでのピークカット運転が行われ、さらに日没によりPVシステムの運転が停止した後も2回の60kWの



(a) 2006年9月10日



(b) 2007年9月28日

図一5 八千代松陰学園における運転データ

ピークカット運転が実施された。この日の運転では通常のPVシステムでは不可能な日射無しの状態でも電力供給を行い、本システムの有効性を示すことができた。

なお、(a)、(b)で目標受電電力の設定が異なっているのは2006年9月当時、同学園では全ての校舎の建て替え工事中であり、その後、2007年夏に校舎建て替えが完了し、新校舎による最終的な需用電力が確定してきたため、その負荷状況に合わせて目標受電電力の設定値を変更したためである。

4. 今後の課題

本システムは、ピークカットによる契約電力料金低減のメリットに加え、自立運転機能を持った付加価値の高いシステムである。本システムの今後の普及を図るうえで、解決すべき課題を以下に述べる。

(1) ピークカット運転の目標受電電力値の最適設定

八千代松陰学園殿の実施例においては、全校舎建て替え工事の推移に伴って、受電電力量が変化したため、その変化に合わせて目標受電電力値の調整を継続実施

した。これから解るように、ピークカット運転時の目標値の設定は重要な課題である。この受電電力の目標値を適切に設定しなければピークカット運転に必要な蓄電量に過不足を生じて、蓄電池の容量過大によるコストアップや容量不足による能力不足を生じる。したがって過去の受電電力実績と契約電力値および太陽光発電電力の予測を十分に事前検討して目標受電電力値を最適に設定する必要がある。

(2) トータルコストの低減

契約電力単価にもよるが、一般に従来型 PV システムの単純償却年数（初期費用 ÷ 電力料金削減額）は、NEDO のフィールドテストなどの導入促進事業を活用しても約 30 年～40 年程度である。従来型 PV システムの場合でも、PV の発電出力が最大となる晴天日の昼間に消費電力のピークが重なれば、ある程度のピークカット機能を見込めるものの、その効果が不確実であるため、ピークカットによる契約電力の低減を償却費用に織り込むことが出来ず、発電電力量による受電電力料金の低減のみにより償却年数を計算せざるを得ないためである。

これに対し、本システムでは「ギガセル®」の適用により太陽光発電システムの電力供給能力の信頼向上が可能であるため、契約電力の低減も織り込んだ償却期間の計算が可能となる。「ギガセル®」は現在、フィールドでの長期耐久試験中であるが、仮に 7 年から 15 年程度での更新を仮定した場合でも、本システムの償却年数は従来型 PV システムに比べて短縮される見込みである。これに加え、自立運転機能による災害発生時の電力供給能力をいう付加価値を有しているとはいえ、依然として投資費用の回収に長い年月を有することに変わりはなく、今後、本システムの導入推進のためにはシステム全体の初期費用の低減と、「ギガセル®」の低価格化・長寿命化を図ってゆくことが必要である。

5. あとがき

これまでの太陽光発電システムでは、雲の移動などによる頻繁な出力の変動を抑えることができず、夜間など日射の得られない状態では設備の運転を望み得ないため、モニュメント的な位置づけに甘んじてきた。

この弱点を補うべく蓄電池を組み合わせたシステムとしては非常時のライフライン確保のために PV に鉛蓄電池を併設したシステムが学校等の公共施設で一部実用化されているが、初期設置費用に加え、5～7 年ごとの電池交換費用が高価である等のため、一般的ではない。

本システムでは高い充放電能力を持ち、サイクル寿命も長くて、環境に優しい「ギガセル®」の導入により、信頼性の高いピークカット運転と非常時の運転を可能とした、太陽光発電システムの高機能化に成功した。現在さらに大型化したピークカット機能付き太陽光発電システムの建設に着手しており、今後も本システムの普及を進めてゆく計画である。

最後に、本システムへのご理解と多大なご協力を頂いた八千代松陰学園関係者に感謝の意を表したい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 永島・森本・松垣・吉山：産業用新型ニッケル水素電池，川崎重工技報，[159]，pp.32-33 (2005)
- 2) 龍治・小橋・徳田：ニッケル水素蓄電池「ギガセル®」併設ピークカット・自立運転機能付き PV システム，クリーンエネルギー，**16**，[5]，pp.32-39 (2007.5)
- 3) 徳田・横山・小橋・龍治・森本・杉本：契約電力を低減，災害時には電力供給 - 「ギガセル®」適用 高機能太陽光発電システム，川崎重工技報，[165]，pp.44-47 (2007.9)
- 4) Ryoji, Tokuda : Application Of Battery To The Photovoltaic System - Utility Peak-Shaving System With NI-MH Battery , Technical Digest of the International PVSEC-17, Fukuoka, Japan (2007)

[筆者紹介]



徳田 則昭 (とくだ のりあき)
カワサキプラントシステムズ㈱
プロジェクト開発部
システム技術グループ 参与



龍治 真 (りょうじ まこと)
川崎重工㈱
技術開発本部 プロジェクト部
ギガセルプロジェクト室
開発・設計課 課長



小橋 義昭 (こはし よしあき)
カワサキプラントシステムズ㈱
制御システム部
プラント制御グループ
主事