

# クリーンエネルギーPV技術

佐々木 明\*  
鈴木吉輝\*\*

## Photovoltaic Power Generator Technology for Clean Energy System

Akira Sasaki, Yoshiteru Suzuki

### 要 旨

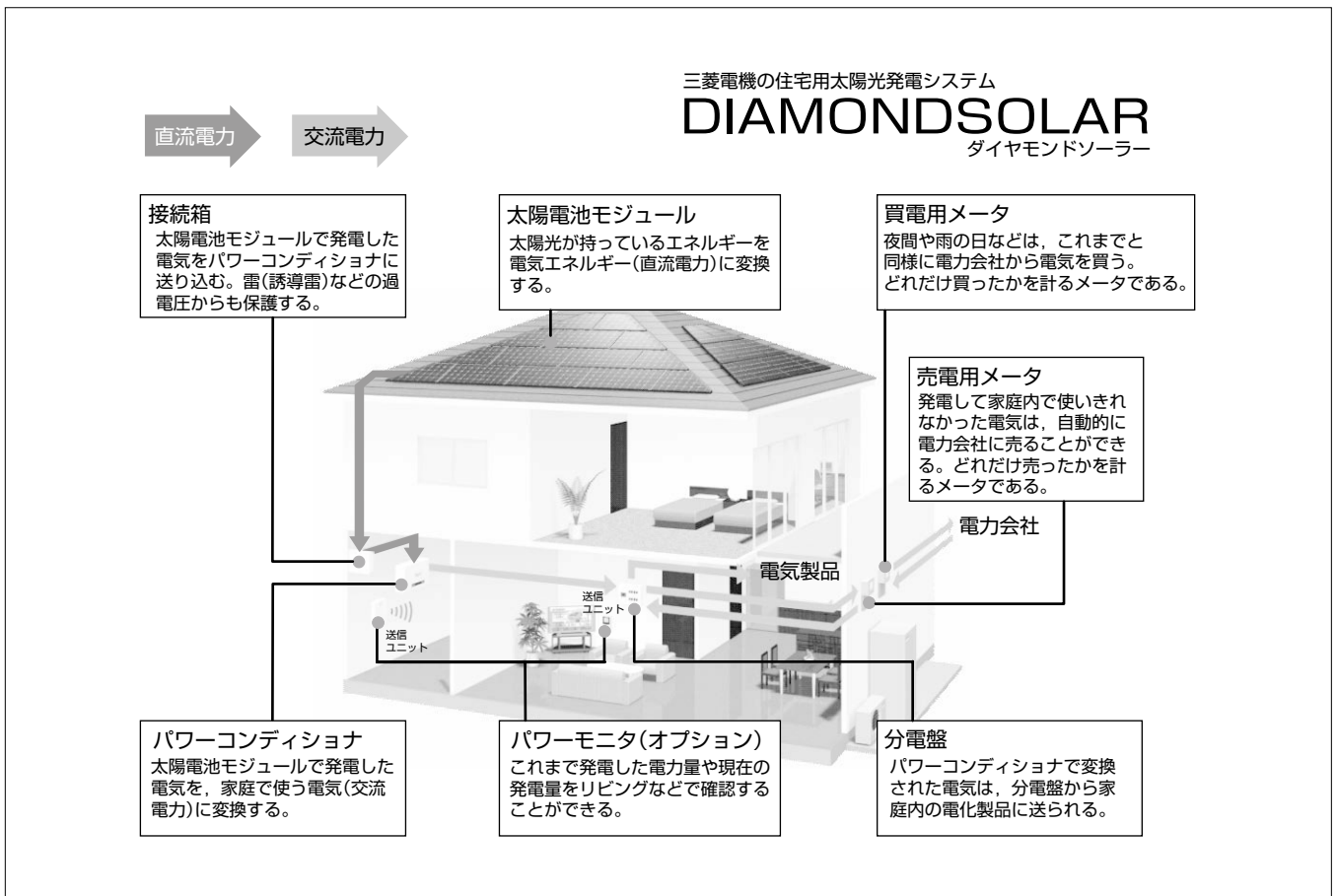
東日本大震災とそれに伴う福島第一原発事故は、需要家レベルの節電、自立電源系に対する関心を俄(にわか)に高めた。太陽光発電や風力発電等で代表される自立電源系は家庭用から公共・産業用まで、広範囲な需要家から期待されており、今後の導入増加が見込まれている。

太陽光発電では、太陽エネルギーを限られた設置面積で効率よく電力に変換し、かつ、長期にわたり性能を維持できるかどうか重要な技術課題の一つである。

本稿では、まず、三菱電機太陽光発電システムの特徴である大出力PV(Photo Voltaic)モジュールの“屋根たっぷり発電”、垂木固定方式を採用した“しっかり設置”、パワーコンディショナ電力変換効率業界No.1<sup>(注1)</sup>技術の“きっちり変換”について述べる。

次に、太陽光発電による発電量と主要な電力消費機器の電力消費パターンを示し、太陽光発電システムと無線などの情報通信手段によって制御可能な家電製品群(以下“スマート電化”という。)との協調、さらに、蓄電システムとの連携も考慮したHEMS(Home Energy Management System: ホームエネルギーマネージメントシステム)構築例を述べる。これらによる平常時の電力消費時間ピークシフト、地震など天災による電力網の寸断を想定した非常時での自立電源系を議論する。最後にスマートハウスにおけるエネルギーシステム構成と運用例を述べ、東日本大震災以降の電力事情に対する社会の節電行動方向性について述べる。

(注1) 2011年10月現在、当社調べ



### 当社の住宅用太陽光発電システム“DIAMONDSOLAR”

高効率な太陽電池モジュールと業界最高の電力変換効率をもつパワーコンディショナで構成される当社の太陽光発電システムを示す。

1. ま え が き

2011年8月に開催された通常国会で、“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”（再生エネ法）が参議院本会議で可決成立、2012年7月1日から施行される。この法律では住宅用の太陽光発電（以下“PV”という。）は除外されているが、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付けるものであり“全量買取法”とも呼ばれる。住宅用PVの余剰電力買取制度は2009年11月から施行され、2011年度に住宅用（10kW未満）は48円/kWhから42円/kWhへ減額、非住宅用（10kW以上）は24円/kWhから40円/kWhに大幅増額されている。日本は従来住宅用PV普及に注力しているが、加えて産業用PV普及に再生エネ法は大きな力を発揮することが期待されている。

福島原発事故に端を発するエネルギー政策の転換で、“再生可能エネルギー”“分散型エネルギー”の実現は喫緊の課題であり、PVはその中心的な役割を果たす。とくにパワー・コンディショニング・サブシステム（以下“PCS：Power Conditioning Subsystem”という。）を核としたスマートハウス、HEMS関連事業は電機産業にとって新たな需要産業として魅力的である。東日本大震災を経験した上でのエネルギー需給体系のパラダイムシフトによって、独立したエネルギーシステムへの欲求が高くなっている。従来の省エネルギー、創エネルギー、蓄エネルギーが、節電を意識してシステム化されることで“我慢の節電”から“快適な節電”に進化する。当社のリビングデジタルメディア事業本部では、快適な節電を実現する機能を搭載した“節電アシスト”製品群の発売を開始している。

本稿では当社の太陽光発電システムの特長を述べ、さらに、太陽光システムと家電製品の協調制御によるゼロエミッション実現性の検討について述べる。

2. 当社PVシステムの特長

2.1 “屋根たっぷり発電”

まず、単結晶材料を用いたPVセルの採用によって、同一サイズのPVモジュールで出力を5%向上させるモジュールを新たに製品ラインアップに追加した。図1に多結晶と単結晶の表面外観を示す。単結晶の方が黒っぽく、反射が少ないこと、つまり太陽光の利用率が高いことが分かる。

次に、PVで発電する電力を取り出すバスバー電極構造で業界初<sup>(注2)</sup>の4本バスバー電極を採用することによって、モジュール発電量はハイパワーな単結晶タイプで200W、通常多結晶タイプで190Wを実現する。PVセル表面上のバスバー電極を従来の2本から4本に増やすことでセル内の電気

(注2) 2010年2月16日現在、当社調べ

抵抗を低減し、セル1枚あたりの出力を従来品に比べ3%向上させた。図2に2本バスと4本バスの2種類のセルを示す。

さらに、グリッド電極の細線化技術と、PVセルの保護ガラスへの低反射ガラス採用によって標準モジュールで従来比5%アップの210Wの大出力を実現した。図3に示すようにグリッド電極を従来比約20%細線化したことによる受光面積の増加及び低反射ガラスによる光反射の3%抑制の結果である。

また、屋根面積を最大限に活用するために、日本の住宅の屋根に多い奥行・間口・勾配の243パターン（切妻屋根144パターン、寄棟屋根99パターン）でPVモジュールの設置シミュレーションを実施し、ハーフモジュール、台形モジュールを用意した。寄棟屋根の検討例では、標準モジュールだけの場合、出力は2.4kWであったが、台形モジュールを活用することで出力を4.2kWまで増加させることができた（図4）。

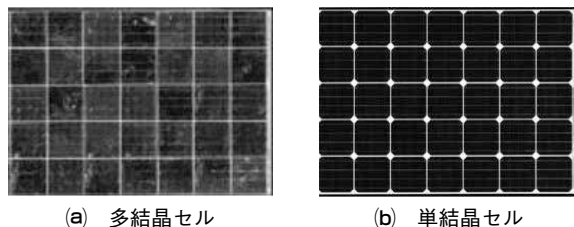


図1. 多結晶セルと単結晶セルの外観比較

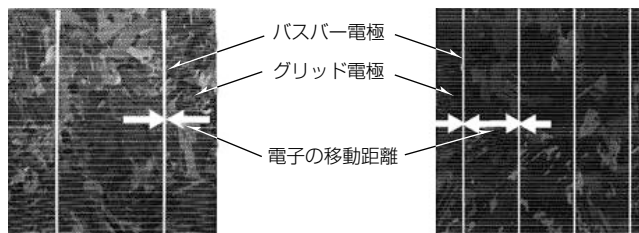


図2. 2本バスと4本バスの外観比較

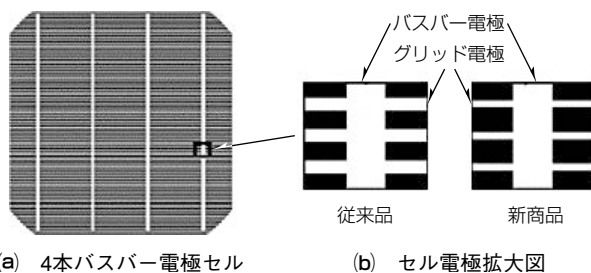


図3. グリッド電極の細線化

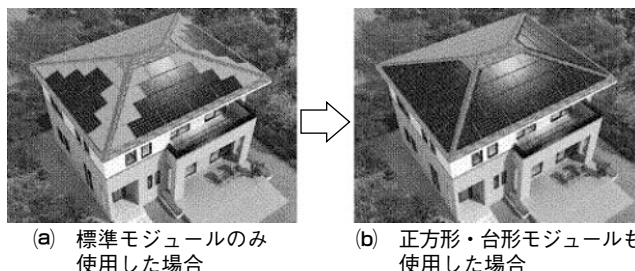


図4. “屋根たっぷり発電”状況

## 2.2 “しっかり設置”

PVを長く安定的に使用し続けるためにはPVモジュールの設置方法及び設置工事も重要なポイントである。従来の瓦をおく野地板にはなく構造材である垂木に固定する“垂木固定施工方式”を採用し、さらに、4重防水処理やアルミニウム架台を採用することで高い設置強度と防水構造を特長としている。さらに、当社認定のエキスパートが信頼性の高い施工工事を実施する。また、垂木に固定することで、冬場の温度差によるねじの結露を防止、さらに図5に示すように防水シート・コーキング材・取付け金具のブチルシート・木ネジパッキン部分による4重防水処理によって雨水の浸入を防止する。

また、耐候性・耐湿性・密閉性に優れた3層構造バックフィルムをはじめ耐食性めっきを施したフレームやねじ類の採用によって、塩害地域(直接塩水がかかる重塩害地域を除く)でも専用のモジュールや架台等を必要とせず、標準品のままで設置可能である(図6)。

## 2.3 “きっちり変換”

PVからの直流電力を家庭で利用する交流電力に変換するのが、PCSの主な機能である。直交変換による損失を最小に抑えるPCS単体の高効率化、時々刻々変動する日照条件への対応に加え、昨今は系統へ電力を供給する再生可能エネルギー発電システムとしての総合的な信頼性向上への取組みも加速している。

PCS単体の高効率化で特筆すべきは、電圧の異なる複数のインバータの出力を組み合わせることで擬似正弦波を出力する階調制御方式である。従来のパルス幅変調(Pulse Width

Modulation : PWM)方式では高周波・高電圧スイッチングによる損失増加に加え大容量の平滑フィルタを必要とするのに対し、階調制御方式は低周波スイッチング、かつ、チョッパ機能のバイパスが可能で、また、小容量の平滑フィルタで系統に電力を連系することができる。図7に構成、図8に動作波形を示す。

階調制御方式PCSの特性を図9に示す。定格4kWに対し25%負荷から100%負荷までの領域で業界最高の97.5%以上、最大で98.2%の電力変換効率を達成している。

次にPVモジュールに影がかかる場合、直列接続するPVモジュールごとの特性ばらつきによる出力低下の対策について述べる。現在主流の制御方式であるMPPT(Maximum Power Point Tracking)ではこの多数直列接続したPVモジュール全体の発生電力を最大電力出力点で動作させるように制御回路が作用する。一般に日陰などのない状態では、PVモジュールの出力—電力特性は図10の点線のようになり、一点に最大電力を得られる山型の特性となる。しかし、PVモジュールの一部に日陰ができると、発電特性が複数のピークを示すようになる。図10の実線はPVモジュールの一部に日陰がある場合の発電特性の一例を示している。

従来のシステムでは電圧の高い側(図10の右側)から見て発電電力が最大となる最初の頂点を検出するのに対し、すべての頂点から発電電力が最大となる頂点を検出する技術を開発した。日陰や汚れによってPVモジュールの発電特性が時間とともに変化する場合でも、常に最大電力出力点を選択するため、PVモジュールの発電能力を最大限に引

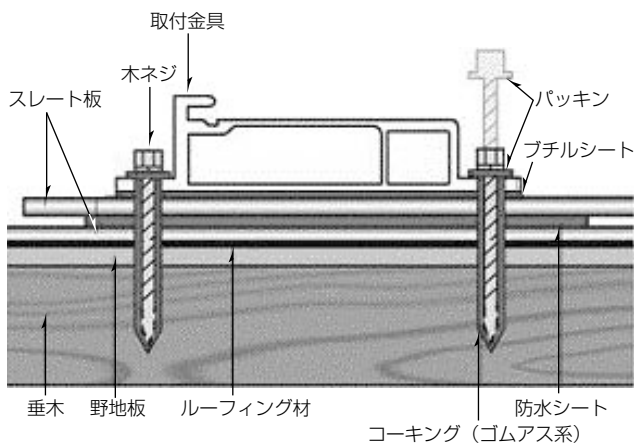


図5. 4重防水処理



図6. 塩害対応

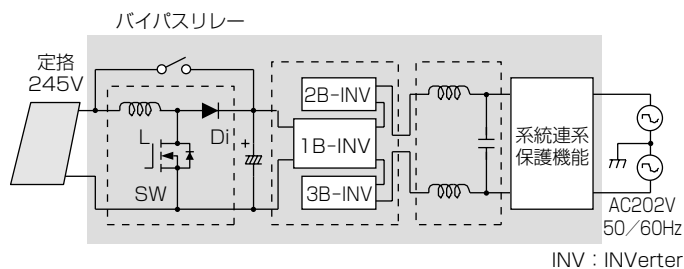


図7. 階調制御方式PCSの構成

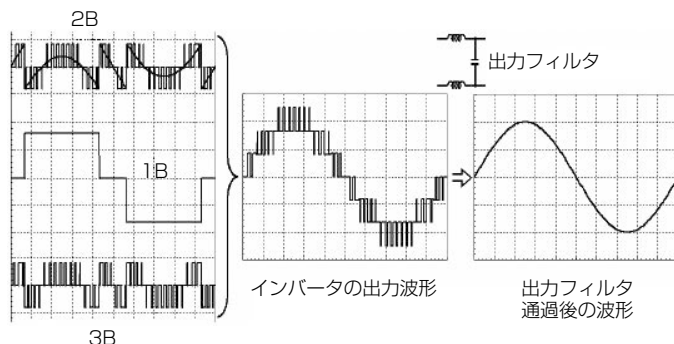


図8. 階調制御方式PCSの動作波形

き出すことが可能である。この技術は今後の製品への搭載を検討していく。

### 3. 需要家におけるシステム構築

日本の電力システムに安定的に接続できるPVなどの再生可能エネルギーの発電容量は、特別な処置をしない場合1,000万kW程度が限界と言われている。2010年度末でのPVシステム導入量は400万kWに迫り、2020年度導入目標は2,800万kWと言われ、今後数年でシステムの許容値を超えてしまう。現在想定される限界値を超えても電力システムを安定に保つために、PCS側での高度な制御機能は不可欠であり、電力システムの安定化を目的としたスマートグリッドの実証実験の必要性は高い。当社は自社内に実証実験設備を構築し、配電システム側の観点と需要家側の観点の両面から技術開発を進めている。

住宅における夏季一日の太陽光発電による発電量と主要な電力消費機器である空調機（ルームエアコン）と給湯機（エコキュート）の電力消費パターンを図11に示す。太陽光発電の発電量は日射量の多い正午ごろにピークを示す一方、ルームエアコンによる電力消費は、在室人数の多い朝

8時前後、昼12時前後、夕方から夜間（16時～22時）に発生する。エコキュートは一般的に深夜電力料金が適用される23時～翌朝7時に運転され、同時間帯に電力が消費される。

このようにPV発電量と家庭の電力消費量は時々刻々合致しない場合が通常である。つまりスマートハウスでは創ったエネルギーを適切に活用する蓄エネルギーの技術開発が必要となる。熱源機である空調機、給湯機は熱による蓄エネルギーが可能であるためスマートハウスの実現に重要な機器と言える。エコキュートは1日分の使用湯量を昼間に比べて外気温が低い夜間、給湯タンクに貯湯する方式が現状主流である。一方、外気温が高くなると、熱源機の理論効率が高くなる。外気温の高い昼間、太陽光発電の余剰電力発生時にエコキュートの運転を実施することで、蓄エネルギーに加え省エネルギーも実現できる。また給湯では太陽熱利用も効果的である。昼間の日射より得られた熱を給湯タンクに貯湯し、必要なときに用いることで、エコキュートの運転を抑え、省電力（エネルギー）を図ることができる。PVと太陽熱の併用も今後の開発課題と考える。

図12に2世帯オール電化住宅を想定した当社大船地区

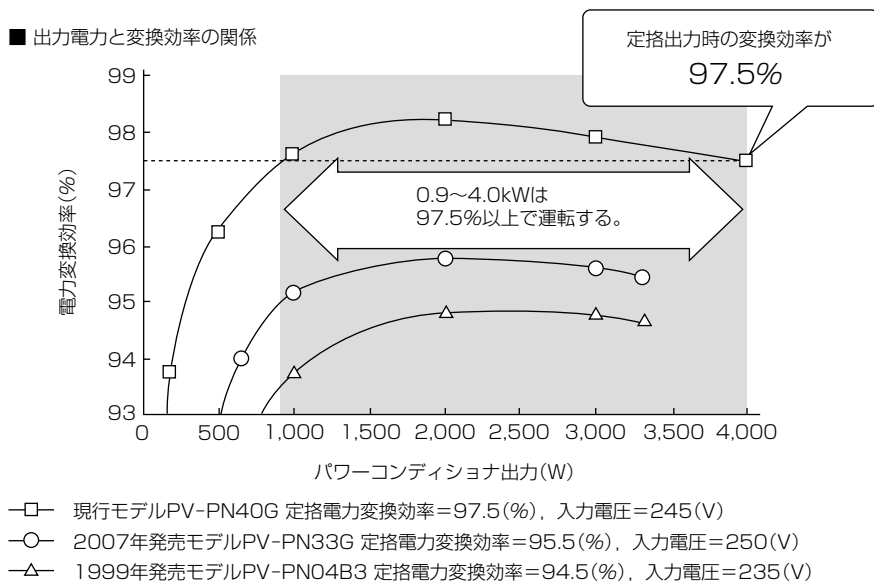


図9. 階調制御方式PCSの特性

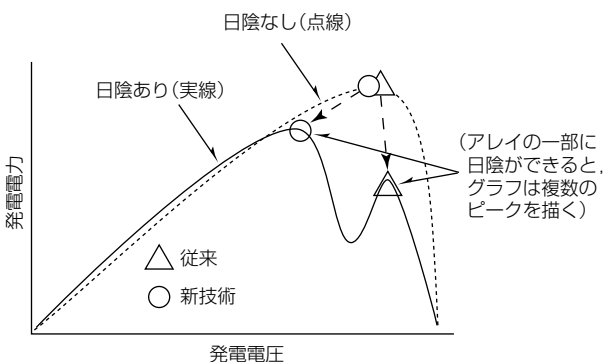


図10. 日陰がある場合のPVモジュール発電特性

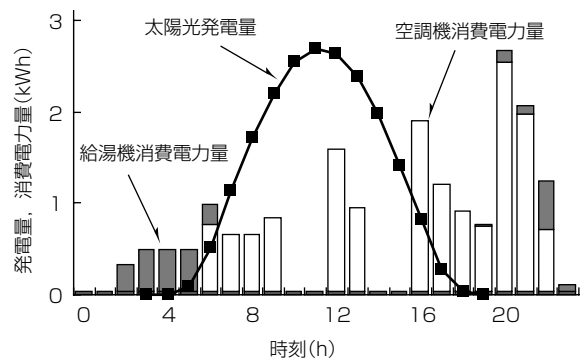


図11. 住宅におけるPV発電量と主要な電力消費

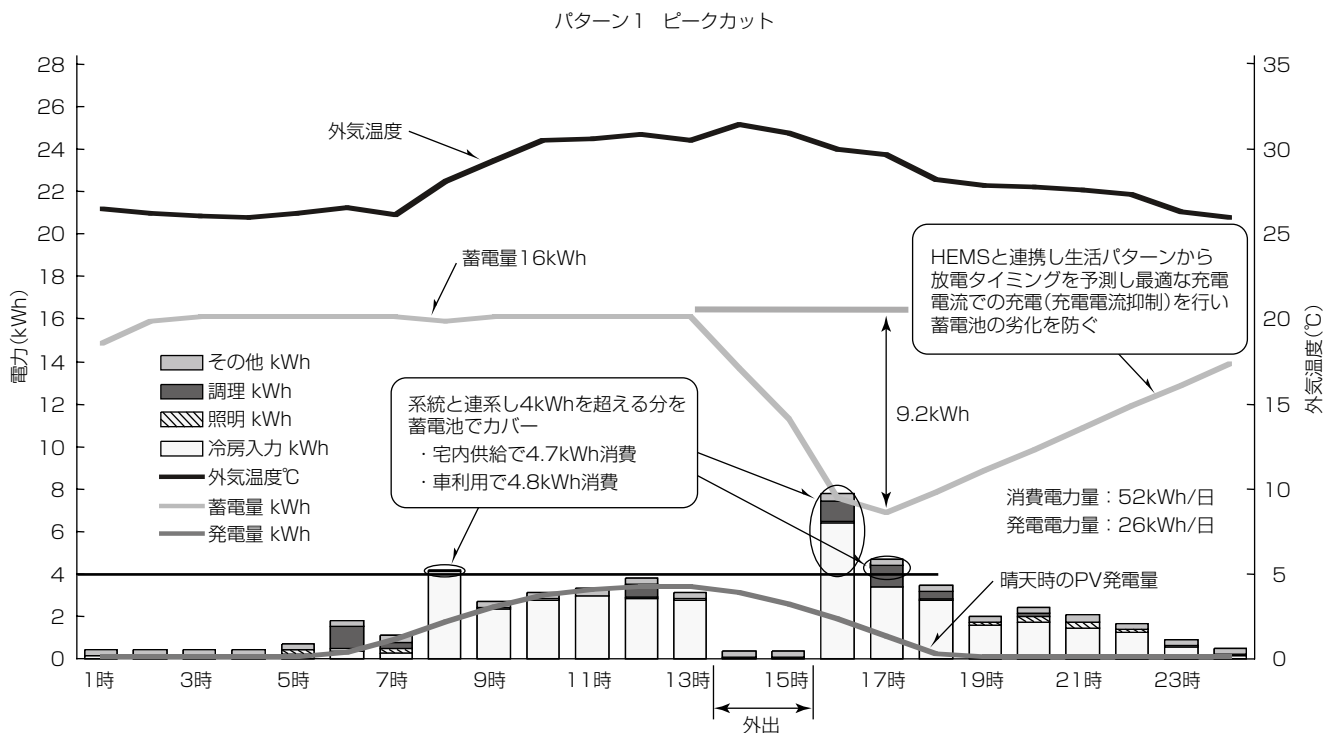


図12. 大船スマートハウスにおける電力ピークシフト対応例

にある実証実験住宅“大船スマートハウス”における電力ピークシフト対応例を示す。システムから受電する最大電力量を4 kWhに制限するために、PVと電気自動車(Electric Vehicle: EV)搭載の蓄電池を活用する。

#### 4. む す び

“再生可能エネルギー”“分散型エネルギー”の根幹にPVが位置付けられる。本稿では、まず、当社PVの特長をPVモジュール、設置法、PCSで述べた。次にスマートハウスにおけるエネルギーシステム構成と運用例を述べ、東日本大震災以降の電力事情に対する節電社会の方向性について述べた。今後、実証実験の積み重ねによる需要家システムの提案によってPVの更なる普及拡大を目指す。

#### 参 考 文 献

- (1) 三菱電機広報：国内住宅用「単結晶無鉛はんだ太陽電池モジュール210Wシリーズ」発売，2011年8月31日(2011)
- (2) 東 聖，ほか：最新技術動向から学ぶ太陽電池(第8回：パワー・コンディショナ)，NIKKEI ELECTRONICS，2011年8月22日号，92～97(2011)
- (3) 浦壁隆浩：太陽光発電用パワーコンディショナとその高効率化技術，電気評論，95，No.11，38～42(2010)