

複数の再生可能エネルギー活用を意識した 複合形PCS（Power Conditioning Subsystem）

🔗 複合形PCS，分散電源，再生可能エネルギー，太陽光発電，風力発電，電気自動車

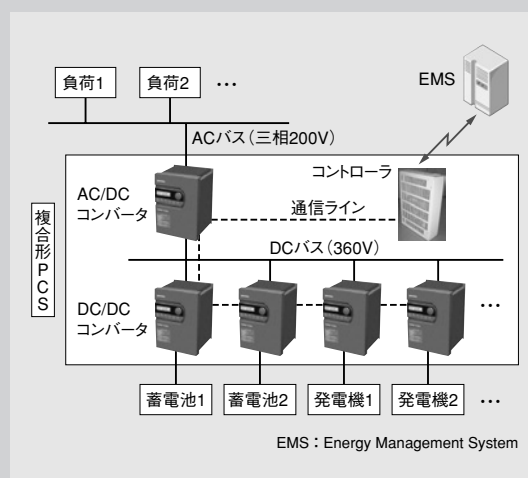
* 石田 清 Kiyoshi Ishida * 飯島 渉 Wataru Iijima

概要

再生可能エネルギー（太陽光・風力など）の活用，非常時の電力の安定供給，より賢い効率的な電力消費などを目的として，スマートグリッドの実用化に向けた技術開発・実証試験が進んでいる。

当社は，再生可能エネルギーを利用した発電デバイス・蓄電デバイス・当社保有のパワエレ機器を組み合わせ，分散電源の仮想化（分散配置された電源が外部からは一つに見える）技術に取り組んできた。

さらに電気自動車搭載バッテリーの充放電を組み合わせた電力需給制御方式を確立することで，再生可能エネルギーの更なる有効活用と，より安定した電力を供給できるシステムの構築を目指す。



複合形PCSのシステム構成

1. ま え が き

太陽光・風力などの再生可能エネルギーの有効活用，非常時の負荷への電力の安定供給，より効率的な電力消費に対する要求が高まる中，これを実現するため分散電源の仮想化技術の開発に取り組んでいる。

これまで，再生可能エネルギーを利用した発電デバイス（太陽光発電装置〈PV〉・風力発電装置など）と蓄電デバイス（鉛蓄電池・電気二重層キャパシタなど）を当社保有のコンバータを介して接続し，不安定な再生可能エネルギーに左右されずに安定した電力を供給できるシステム（複合形PCS〈Power Conditioning Subsystem〉）を構築し，検証を進めてきた。

現在検証を行っている複合形PCSは，系統との連系がない状態でシステムが起動し，自立運転す

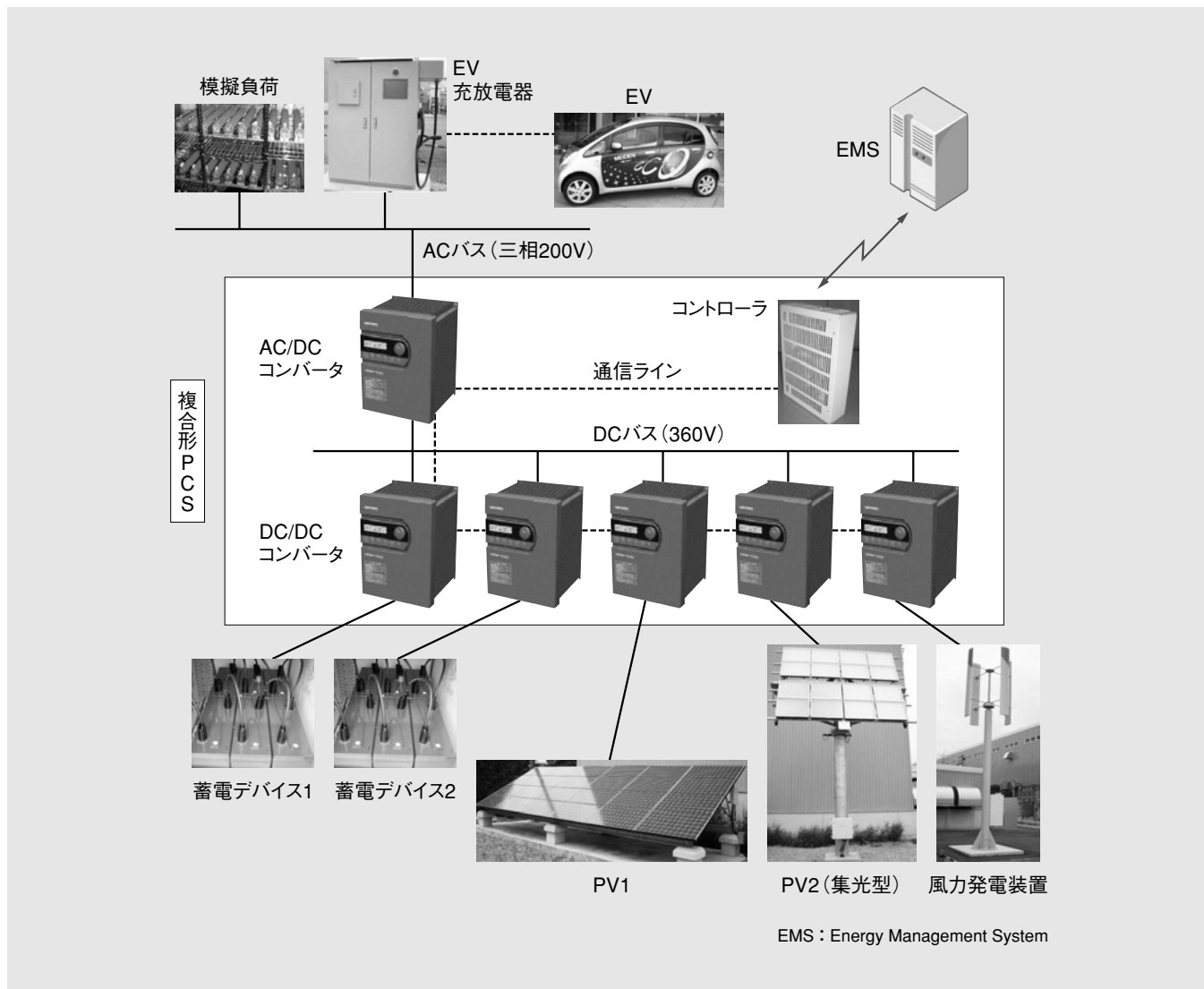
る。本システムでは，蓄電デバイス・PV・風力発電装置などの電力供給装置が直流母線に電力を供給する。また，直流母線に供給された電力を，AC/DCコンバータで交流に変換し，負荷に電力を供給する。

今回，複数種類の発電デバイスと蓄電デバイスを組み合わせ，それぞれを協調動作させることで，負荷に安定した電力を供給できる電力需給制御技術を確立したので，本稿で紹介する。

2. 複合形PCSのシステム構成

第1図に複合形PCSのシステム構成を示す。今回紹介する検証システムは，複合形PCS盤内に，直流母線（360V）とこの母線に接続されたDC/DCコンバータ（当社製）5台，AC/DCコンバータ（当社製）1台，各コンバータと通信ラインで接続したコントローラ（当社製）を備えている。

*システム技術研究所



第1図 複合形PCSのシステム構成

各発電デバイス・蓄電デバイスは、DC/DCコンバータを介して直流母線に接続する。各デバイスが協調して母線電圧を一定に保ちながら負荷に安定した電力を供給する。

盤外には、発電デバイス（PV1・PV2〈集光型〉・風力発電装置）と蓄電デバイス（鉛蓄電池などを最大2台）と負荷装置（模擬負荷、電気自動車〈EV〉充放電器）を設置する。発電デバイスと蓄電デバイスは、盤内のDC/DCコンバータを介して直流母線に接続され、直流電力を供給する。この際、直流母線電圧を一定に保つように、各コンバータは協調して電力の入出力制御を行う。負荷装置として用意した模擬負荷（抵抗器・その他電気機器）とEV充放電器（EVを充電ケーブルで接続）を、盤内AC/DCコンバータを介して直流母線に接続し、電力（三相交流200V）を供給する。この時EV充放電器は、外部から指定した電力値に応じてEV搭載のバッテリーの充電を行う。第1表に本システムで使用する主要デバイスの諸元を示す。

第1表 主要デバイスの諸元

各発電デバイス・蓄電デバイス・負荷・コンバータの定格出力・消費電力を示す。

太陽光発電装置	
単結晶シリコン	定格出力4.5kW
集光型 (GaAs系)	定格出力1.8kW
風力発電装置	
風車 (垂直軸形)	定格出力1.0kW
蓄電デバイス	
鉛蓄電池	〈公称電圧6V, 容量1時間率65Ah〉 ×27個
蓄電池 (代用)	当社電気二重層キャパシタ又は 三相200Vの整流出力
負荷	
模擬負荷	最大6kW (抵抗器他)
電気自動車充放電器	定格容量7kW (車載バッテリーへの充電)
コンバータ	
DC/DCコンバータ	当社製品ベースの試作品
AC/DCコンバータ	当社製品ベースの試作品

PV1は、定格出力190Wの単結晶太陽光モジュールを24枚使用するもので、定格出力は約4.5kWである。

PV2は集光型太陽光発電装置 (CPV) を採用し、定格出力は約1.8kWである。CPVは、太陽を追跡しながらレンズで集光させた高密度の太陽光を発電素子に入射させ、小面積の発電素子で効率よく発電できるモジュールを搭載している。

風力発電装置は、垂直軸形の風車を採用しており、定格出力は1.0kWである。

蓄電デバイスは、現在最大2台を接続できる。蓄電デバイス1は、公称電圧6V、容量1時間率65Ahの鉛蓄電池を27個搭載したもの (合計3kW程度で充放電が可能) を使用している。蓄電デバイス2は、鉛蓄電池の代わりに電気二重層キャパシタ (当社製) や商用電源 (三相交流200V) を整流した出力を直流母線に供給する構成で検証してきた。

負荷装置は、模擬負荷とEV充放電器を接続している。模擬負荷は、抵抗器を接続したもの (合計3kW) と電気ストーブなどの電気機器を使用しており、最大約6kWの負荷をかけることができる。EV充放電器は、定格容量が約7kWのものを採用している。

DC/DCコンバータとAC/DCコンバータは、当社製品をベースとした試作品を使用している。

コントローラは、当社製組み込み制御用コントローラを使用している。本コントローラは、各コンバータと通信ラインで接続し、各デバイスの動作状態などのデータを収集しながら、システム全体の管理・制御を行う。

3. 複合形PCSの動作

現在検証に用いているシステムは、商用系統と接続せず、自立運転するものである。電力の供給源は、PV・CPV・風力発電装置・蓄電デバイスで、これらが直流母線に電力を供給する。直流母線に接続されたAC/DCコンバータを経由して、負荷に必要な電力を供給しながら、直流母線電圧を一定に保つ。

まず、蓄電デバイス1 (鉛蓄電池) を接続するとコントローラが起動する

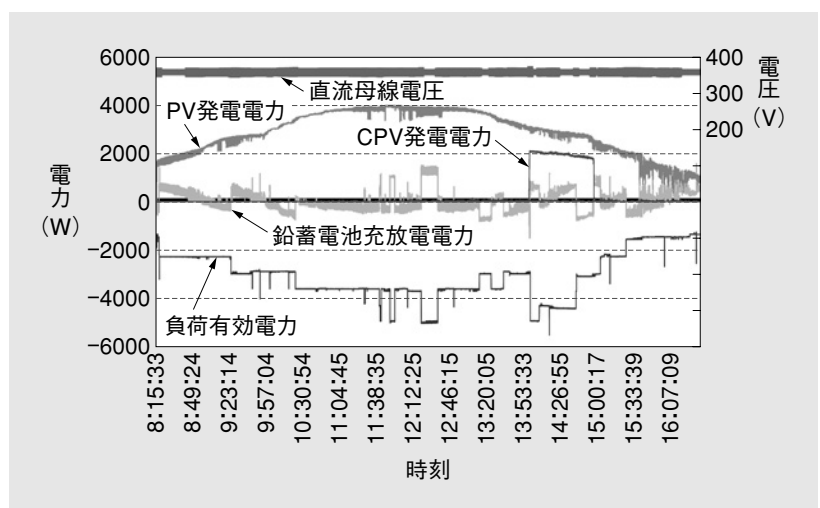
とともに、各コンバータも起動する。コンバータが起動すると、コントローラとの通信を開始し、コントローラは各コンバータから各デバイスの動作状態などの情報を収集し始める。

この状態で複合形PCSシステムの動作を開始すると、各発電デバイスは発電を開始し、直流母線に電力を供給し始める。負荷が接続されている場合は、必要な電力をAC/DCコンバータで交流に変換して負荷に供給する。発電電力が消費電力より大きい場合は、余分な電力を蓄電デバイスに充電する。発電電力より負荷が必要とする電力の方が大きい場合は、不足する電力を蓄電デバイスが放電して負荷に供給する。

直流母線電圧を一定に保つ制御は、主に蓄電デバイスが接続されたバッテリーコンバータが行う。太陽光発電装置が接続されたPVコンバータ2台 (PV用・CPV用) と風力発電装置が接続された風力コンバータは、発電可能な限りの電力を直流母線に供給する (MPPT: 最大電力点追従 Maximum Power Point Tracking)。ただし独自の制御技術と高速通信技術によって、発電量の変動や負荷の変動に応じてシステムの安定運用ができる。

直流母線に接続された各コンバータは、コントローラから指示された電力値と動作モードに従い、接続されたデバイスに対して発電/充放電電力を制御する。

第2図に各デバイスの発電・充放電電力を示す。実際、PV・CPVと風力発電装置が発電してい



第2図 各デバイスの発電・充放電電力

太陽光発電 (PV・CPV) と風力発電の電力、バッテリーの充放電電力、負荷に供給する電力の時間推移を示す。発電電力や負荷の変動をバッテリーが吸収しながら、直流母線電圧を一定範囲に保つ。

る状態で、鉛蓄電池は直流母線電圧を一定に保つように充放電動作しながら、負荷に電力を供給している。本データは、6月上旬の8:15から16:30の間で収集したデータである。電力値の符号がプラスの場合は、直流母線に電力を供給している状態を示す。またマイナスの場合は、直流母線から電力を取り出している状態を示す。PVは最大で4kW程度発電し、CPVは最大で2kW程度発電している。負荷は、模擬負荷やEV充放電器への供給電力を適当に切り替えながら動作させている。鉛蓄電池は、発電量の変動や負荷の急激な変動に応じて充放電の制御を繰り返す。第2図から、直流母線電圧は、目標の360Vを中心として一定範囲内に収まるように制御できていることが分かる。

4. 複合形PCSの特長

本システムの特長は、以下のとおりである。

(1) 直流母線を採用 DC/DCコンバータを介して、各発電デバイス・蓄電デバイスを直流母線に接続する。これによって、再生可能エネルギーによる発電量の変動や負荷変動に対し、直流電圧を安定化することで安定した電力を供給することができる。特長は、以下の通りである。

- (a) 周波数制御が不要
- (b) 無効電力制御が不要
- (c) 交直変換回数の低減

(2) 系統連系しない自立運転 システムを立ち上げた後に運転を開始すると、発電デバイスは発電を開始して充放電を行い、負荷に電力を供給する。

(3) 負荷への電力安定供給 各デバイスの制御は、コントローラからの指示に従い個々のコンバータが行っており、各デバイスの状態や直流母線の状態の変化に十分追従することができる。また直流母線電圧を安定に制御することで、負荷への安定した電力供給ができる。

(4) 接続するデバイスの拡張性 DC/DCコンバータは接続するデバイスによらず、同一のハー

ドウェアを使用している。接続するデバイスによって、設定パラメータを変更することでいろいろなデバイスへの対応ができる。

5. む す び

複数種類の発電デバイスと蓄電デバイスを組み合わせ、それぞれを協調動作させることで、負荷に安定した電力を供給できる電力需給制御技術を確立し、系統連系せずに自立運転ができるシステムとして構築した事例について紹介した。このシステムで、再生可能エネルギーによる発電量の大きな変動や、負荷の急激な変動に影響されことなく直流母線電圧を一定に保ち、負荷に安定した電力を供給できることも確認できた。

今後は、実際の応用システムや製品化を想定し、EVを蓄電デバイスとして必要な時に必要な電力を取り出して負荷に供給して、余った電力は自由に充電できる、より高度な電力需給制御技術を確立する。また、発電デバイスや蓄電デバイスなどを追加・交換する場合に、煩雑な設定を行うことなく自動で設定・調整して、システムとして動作できるようにする技術も確立していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



石田 清 Kiyoshi Ishida
情報通信関連システム開発に従事



飯島 渉 Wataru Iijima
通信関連機器の開発に従事