技術紹介

次世代型双方向通信出力制御実証事業への取組み

村下　直久　Naohisa Murashita
森口　益巳　Masumi Moriguchi

1 はじめに

2010年6月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において，我が国が低炭素社会を実現していくための電力供給システムとして，再生可能エネルギーや原子力の利用が中長期的に大幅に拡大する中，電力の安定供給を維持しつつ，社会的コストが最小となるような需給管理を可能とすることが提言された。このため2020年代を目途に原則全ての電源や需要家と双方向通信が可能な次世代送配電ネットワークの構築を目指すこととなった。

太陽光発電の大量導入に伴う電力系統安定化対策の一つして，余剰電力対策コストの削減の観点からゴールデンウィーク等の特異日における出力抑制が想定される。現在のところ，再生可能エネルギー電源の双方向通信制御は，世界的に見てもほとんど行われておらず，今後の日本のスマートグリッドの国際展開においても非常に有効なツールとなると考えられる。

太陽光発電の設置者等の機会損失（出力抑制）を最小限に抑えるために，将来的にきめ細やかな出力抑制を行うことが可能な，双方向通信機能を用いた太陽光発電等の出力制御に関し，経済産業省の補助事業として2011年度～2013年度の3年間で実証を行うこととなった。

実証事業の概略スケジュールを**図1**に示す。

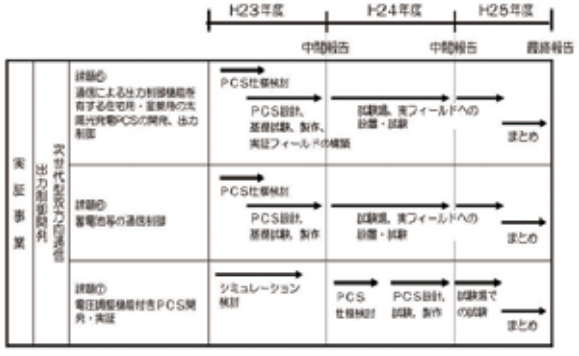

図1　実証事業の概略スケジュール

東光高岳はこの実証事業に参画し，2011年10月に開所した配電ネットワーク実証試験場[1]を活用して，太陽光PCSおよび蓄電池用PCS[注1)]への双方向通信による出力制御検証試験を実施した。その概要について報告する。

2 実証の内容

2.1　実証事業の全体概要

本実証事業はおおまかに以下の五つに区分される。

(1)通信による出力制御が可能な太陽光用PCS（住宅用，事業用）ならびに蓄電池用PCSの開発【課題⑤-1，課題⑥】

現行の太陽光発電用PCSならびに蓄電池用PCSに，データ通信によって制御信号などの授受を行う機能を付加するための開発を行う。

太陽光発電用PCS開発では，国内の主要なPCSメーカが８社参画し，本実証の中で要求する共通の仕様に対し，それぞれが自社製品をベースに通信制御機能を付加開発し，蓄電池用PCS開発では，本実証試験で蓄電池システムを提供する事業者が通信制御機能を付加開発する。

開発品について，通信手段を用いて信号授受，動作などの確認試験を実施する。

(2) 電圧調整機能付きPCSの開発【課題⑦】

太陽光発電用PCSに具備される電圧調整機能は，様々な制御方式が考えられるため，シミュレーション等の検討で望ましい制御方式を絞り込み，家庭用（3～5kW級），産業用（10～50kW級）の開発を行い，東光高岳・小山事業所内の配電ネットワーク実証試験場を用いて，動作・効果の実証試験を実施する。

(3) 双方向通信に用いる通信手段の検討と基礎試験【課題⑤-2】

本実証試験では，電力系統と需要家を結ぶ種々の双方向通信の手段に対し，住宅地・商業地・農村などの様々な地域環境や，通信先の第一義的対象である太陽光発電用PCSの設置環境（宅内，宅外など）を模擬した通信環境を構築し，動作・機能の評価を行う。

(4)　フィールド試験【課題⑤-3】

フィールド試験としては，配電ネットワーク試験場の模擬配電線系統および関連設備を活用した試験，関電工・技術研究所を活用した業務ビルを想定した試験，青森県むつ小川原地域の六ヶ所村（以下，青森県六ヶ所村，という）において，実際の住環境を使った総合的な実証試験を実施する。**図2**に，フィールド試験イメージ図を示す。

このフィールド試験では，複数の通信手段あるいは異なる通信手段を同時に使うなど，より実適用に近い環境において実施し，通信インフラの課題や複合したネットワーク構成がPCSコントロールに及ぼす影響などについてとりまとめを行う。また，これらのフィールド試験は同期をとっ

て同時に実施し，地理的に離隔した場所での一斉通信についても実証する。

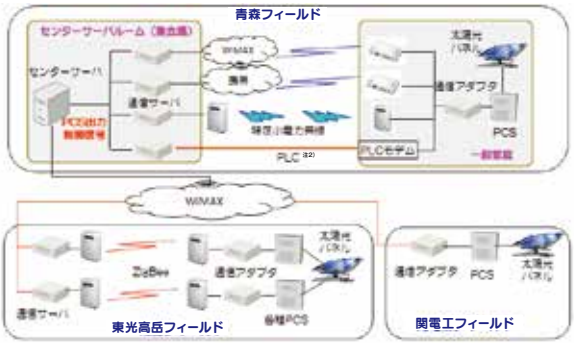

図2　フィールド試験イメージ図

(5) 双方向通信に関連するその他検討

双方向通信によって，太陽光発電や蓄電池を含む機器・システムを制御する状況では，相応のセキュリティ確保が必要となることから，想定される通信ネットワークに内在する危機や脆弱性の検討を行い，防護システムの試作・評価を実施する。

2.2　東光高岳が実施した実証事業項目

本実証事業の中で，東光高岳は以下に示す (1) ～ (4) の項目について担当し，実証試験を行った。

(1)通信による出力制御が可能な事業所向け太陽光発電用PCSの開発【課題⑤-1】

事業所向け双方向通信機能付50kW級太陽光発電用PCSを開発した。

(2)家庭および事業所向け太陽光発電用PCSの双方向通信出力制御フィールド実証試験【課題⑤-3】

・双方向通信機能を搭載した家庭用3～5kW級PCS (他社製5台) を配電ネットワーク試験場に持ち込み，太陽光 (東光高岳保有の2台) もしくは模擬電源装置と接続，低圧系統に連系させ実証試験を実施した。

・事業所用50kW級PCSは，東光高岳製と他社製の2台を使用し，それぞれ50kW太陽光(東光高岳保有)と接続，配電ネットワーク試験場の6kV系統に連系させ，実証試験を実施した。

・各PCSへの出力制御は，青森県六ヶ所村に設置されるセンターサーバから実施。公衆回線，特小無線，有線LANなどの通信経路を介して，双方向通信方式にて出力制御指令の送信とその結果を受信し，評価を行った。

(3) NAS電池[注3]用PCSの通信制御の実証【課題⑥】

200kWＮＡＳ電池用双方向通信機能付きPCSを開発し，試験場内に設置した模擬蓄電池SCADA[注4]から，有線LANを介して充放電出力制御試験を実施し，評価した。

(4) 電圧調整機能付きPCSの検証試験【課題⑦】

上記 (2) 項で，試験場の系統に連系させた3kW級，50kW級PCSそれぞれ1台 (他社製) を使用し，無効電力制御[注5]による電圧変動対策の試験を実施した。

3　実証試験の方法および結果

3.1　双方向通信機能付50kW級太陽光発電用PCSおよび200kWＮＡＳ電池用PCSの開発

(1)50kW級太陽光発電用PCS

本実証では，双方向通信出力制御に対応した太陽光発電用PCSとして，当時開発中であったPWM[注6]によるインバータ制御による50kW級PCS (並列運転機能と無効電力制御機能，最大電力追従機能，FRT機能搭載) に，外部との通信機能をシーケンス部に追加実装することで実現した。

センターサーバから送信される双方向通信出力制御指令は，通信アダプタを経由してPCS内部のシーケンス部で処理され，交流／直流変換部にて発電電力の制御を行う。シーケンス部はリアルタイムで制御結果を交流／直流変換部から収集し，通信アダプタに返送する。

開発したPCSの外観を**図3**に示す。

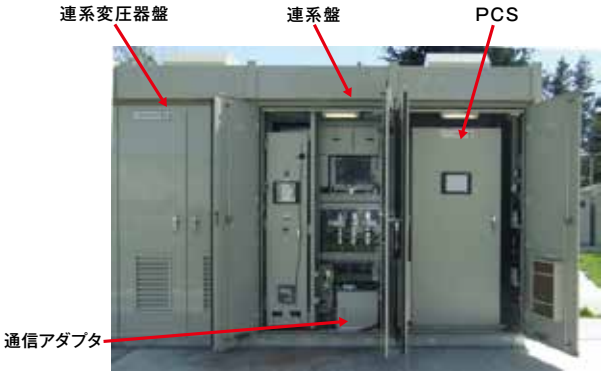

図3　50kW級太陽光発電用PCS外観図

なお，双方向通信出力制御の方式の詳細に関しては3.2項で示す。

(2) 200kWＮＡＳ電池用PCS

本実証事業では，太陽光発電大量導入時の余剰電力対策および周波数調整力不足対策を想定して，蓄電池用PCSを開発した。蓄電池は，配電ネットワーク試験場に設置された200kWＮＡＳ電池を使用する。200kWＮＡＳ電池用PCSは，(1)項で開発した50kW級PCSを4台並列運転する構成とした。なお双方向通信制御機能は，内部の監視ユニットに実装した。装置構成を**図4**に，外観図を**図5**に示す。

なお通信インターフェイスは，PCS内部ユニット間通信としてCAN，外部通信としてRS-485，cc-link，LAN，RS-232Cを実装した。

模擬蓄電池SCADAから指令を行うＮＡＳ電池用PCSの双方向通信制御に用いる通信インターフェイスは，LANとした(詳細は3．3項参照)。

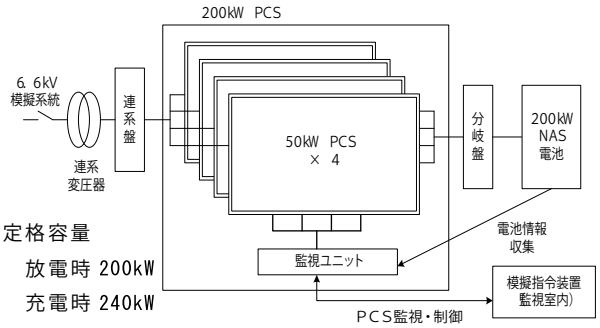

図4　200kWNAS電池用PCS　装置構成図

図5　200kWNAS電池用PCSおよび200kWNAS電池

3.2　家庭および事業所向け太陽光発電用PCSの双方向通信出力制御フィールド実証試験

(1)フィールド実証試験構成

本実証の双方向通信出力制御フィールド試験は，以下に示すシステム構成にて実施した。

双方向通信システムとは，系統側と需要家側を接続するための伝送システムのことで，通信サーバ，DCE[注8]および通信サーバとDCEを接続する通信メディアで構成する。

センターサーバは，需要予測に基づき太陽光発電による余剰電力などの影響により系統に悪影響が発生しないようPCSの出力制御情報の設定を行い，双方通信システムを通じ通信サーバに指示する。

通信サーバとDCEはフィード内の通信を行い，センターサーバからの制御情報を通信アダプタに伝送する。

通信アダプタはセンターサーバからの情報を蓄積しPCSの出力制御を実施する。

双方向通信出力制御システム構成を，**図6**に示す。

センターサーバから通信サーバまでの伝送には，公衆回線網（FOMA，CDMA，WiMAX）を使用した。また試験場内の通信には，通信サーバ～DCE間はZigBee[注9]，DCE～通信アダプタ間はUDP/IPとした。

センターサーバから通信アダプタまでの上位層の通信フォーマットはECHONET Lite[注10]形式に準拠し，基本的に機器オブジェクト「住宅用太陽光発電クラス規定」を使用した。ただし，カレンダ情報など本実証に必要であるがECHONET Liteに規定されていない制御情報に関しては，当該規定を拡張した。

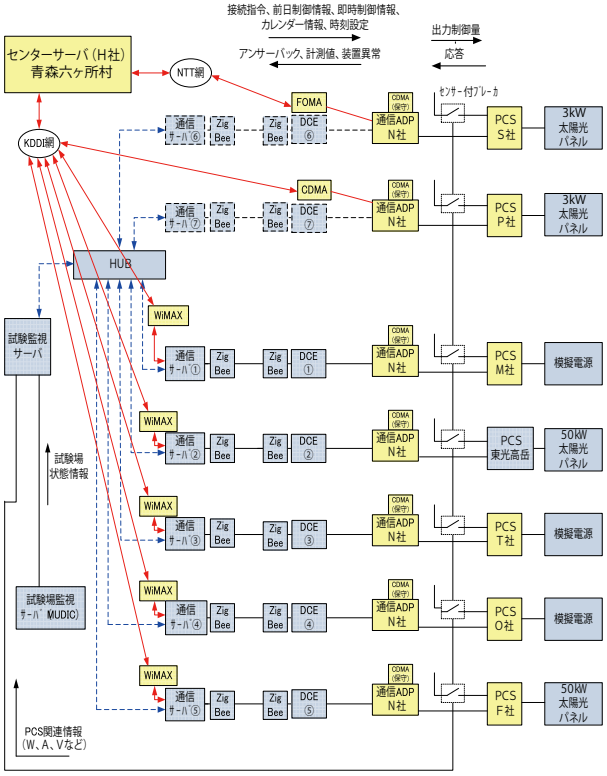

図6　双方向通信出力制御システム構成

また，PCS～通信アダプタ間は，一般的にPCS装置が標準的に実装しているRS-485方式とし，通信フォーマットはECHONET Lite形式をベースに本試験用に新規に作成した。

上記通信システムを使用して，センターサーバから以下に示す実証シナリオに基づいて双方向通信制御を行い，当該出力制御指令の到達率，各PCSでの出力制御状況などを検証した。

・シナリオ①：カレンダ制御方式
　当年と翌年の出力制御カレンダ（年間の特異日（30日程度）の出力制御情報）を必要に応じて設定する。
・シナリオ②：翌日（当日）制御方式
　毎日，翌日の出力制御の要否を判定し，必要であれば翌日の出力制御情報を設定する。また、同じ情報にて当日の出力制御を可能とする。

(2)試験結果

a. 太陽光用PCSの出力制御

センターサーバからの双方向通信出力制御指令により，実証試験場内各PCSの出力制御試験を行った。

代表例として**図7**に，東光高岳の50kW級PCSの出力波形例を示す。

図中の赤線で示したグラフの左側が出力制御あり時（定格出力の30%に出力制御），右側が出力制御なし時（100%出

力）の波形である。

30%出力制御のため左側の波形では，15kW（50kW×0.3=15kW）で出力が抑制されていることがわかる。

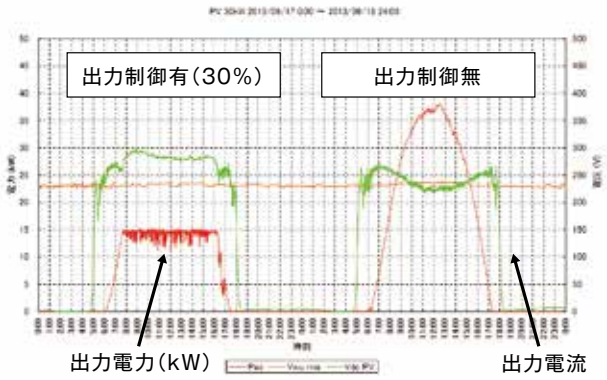

図7　東光高岳の50kW級PCSの出力波形例

b.指令電文到達率

東光高岳試験フィールドでは，2013年の9月～12月において，家庭用3台および産業用2台の太陽光PCSに対する双方向出力制御試験を，センターサーバとフィールド間の通信でWiMAX方式，フィールド内通信でZigBee方式を用いて実施し，出力制御の正否を，電文到達率で評価した。

WiMAX通信方式に関しては，配電ネットワーク試験場は電波状況が最良とはいえない地域であるため，10月にレピータを追加するなどの電波強化対策を実施し，最終的に97%の到達率を確保した。

また，ZigBee通信方式に関しては，4ヶ月間で平均して97～98%程度の電文到達率が確保できた。

なお上記2通りの通信方式とも，今後再送機能を盛り込むことで電文到達率の向上が見込まれる。

3.3　200kWNAS電池用PCSの双方向通信出力制御フィールド実証試験

(1)フィールド実証試験構成

本実証において，NAS電池用PCSの双方向通信出力制御のフィールド実証試験を，**図8**に示す構成で実施した。

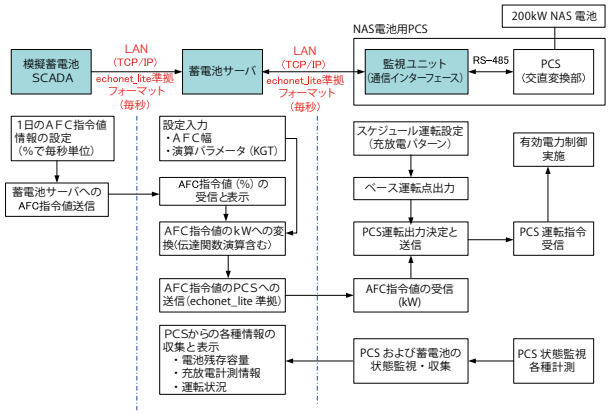

図8　NAS電池用PCSの双方向通信出力制御試験構成

周波数制御に関連した機能を蓄電池サーバに組み込み，模擬蓄電池SCADAから送信されるAFC注[注11]信号（%値）を構内LAN経由で蓄電池サーバが受信して，AFC信号（%値）を蓄電池出力指令値（kW値）に変換し，さらに構内LAN経由で蓄電池用PCSを制御する構成とした。

伝送プロトコルはTCP/IP通信方式とし，情報伝送を行うフォーマットは太陽光PCS制御と同様にECHONET Lite形式に準拠し，基本的に機器オブジェクト「蓄電池クラス規定」を使用した。ただし，太陽光と同様ECHONET Liteに規定されていない制御情報に関しては，当該規定を拡張した。

(2)フィールド試験結果

模擬蓄電池SCADAから1秒周期で送信されたAFC模擬信号どおりに蓄電池用PCSが出力制御でき，その制御応答（AFC指令受領確認および瞬時充放電電力計測）を通信可能であることを確認した。

4　今後の予定

現在，東光高岳の配電ネットワーク実証試験場では，本次世代型双方向通信出力制御実証のフォロー研究が，太陽光発電用PCSと蓄電池用PCSに関して，引き続き実施されている（2014年度～2016年度の3年間）。

太陽光発電用PCSに関しては，現在，経済産業省等で検討されている30分間隔の太陽光発電出力制御情報に対応した新たなシナリオ3による試験および，双方向通信に再送機能を追加した試験を実施する。

また，蓄電池用PCSに関しては，実運用に即した充放電電力の変化に対してもAFC指令が正確に追従できるかなどを確認する予定である。

5　おわりに

本実証において，家庭および事業向けの太陽光用PCSおよび蓄電池用PCSに対する双方向通信による出力制御方式は，良好な結果が得られている。

電文到達率に関しても，通常の通信から考えれば十分に高いと考えられるが，本情報はPCSの出力制御に使われるもので，制御情報の欠落はユーザーのインセンティブや出力抑制に対する不公平感にも関わるため，今後さらなる品質向上を検討する必要がある。

また最近，2013年7月の固定価格買い取り制度の開始以降，太陽光発電を中心に再生可能エネルギー発電設備の接続申し込みが急速に増加した結果，電力会社は一定規模以上の系統への接続申し込みへの回答を保留することを発表しており，その対策として遠隔から出力制御を行える通信システムと，出力制御機能付きPCSを設置する条件で、申し込みを再開した。

今後これらの機器の開発が急務となっている。

東光高岳は，本実証で得られた知見を基に，再生可能エネルギーの出力制御のシステム提案と出力制御に対応したPCSの開発を推進していく。

■参考文献

(1)茂木：「配電ネットワーク実証試験場」，高岳レビュー，Vol.56，No.175，p.19-23 (2011)

■語句の説明

注1) PCS：Power Conditioning System　パワーコンディショナー　直流，交流間の電力変換を実施するシステム。

注2) PLC：Power Line Communication　電力線を通信線として利用する通信技術

注3) NAS電池：ナトリウム・硫黄電池　負極にナトリウムを，正極に硫黄を，電解質にβ－アルミナを利用した高温動作型二次電池。

注4) SCADA：Supervisory Control And Data Acquisition　産業制御システムの一種で，コンピュータによるシステム監視とプロセス制御を行う

注5) 無効電力制御：PCSが無効電力を出力することで，系統の電圧上昇を抑制する制御。Q制御ともいう。

注6) PWM：Pulse Width Modulation パルス幅変調スイッチングの比率を変化させて，インバータの出力電圧を制御する手法

注7) CAN：Controller Area Network 耐ノイズ制の効果を考慮して設計され，相互接続された機器間のデータ転送に使用される規格

注8) DCE：Data Circuit-terminating Equipment　通信回線網の終端部に設置され，通信回線と家庭や事業所などのLAN回線との接続点となる装置

注9) ZigBee：センサーネットワークを主目的とする近距離無線通信規格の一つ。基礎部分の電気的仕様は，IEEE802.15.4として規格化されている。IEEE 802.15.4の総称としてZigBee (ジグビー) と呼ばれることが多い。

注10) ECHONET Lite: エコーネットコンソーシアムが策定した通信プロトコルである。スマートハウス向け制御プロトコルおよびセンサーネットプロトコルであり，ISO規格およびIEC規格として国際標準化されている。

注11) AFC:Automatic Frequency Control 自動周波数制御方式

村下　直久

技術開発本部　技術研究所
プロジェクト推進グループ 兼　スマートグリッド事業推進部
スマートグリッドシステム設計グループ　所属
次世代配電ネットワークおよびスマートグリッドに関する研究・開発に従事

森口　益巳

技術開発本部　技術研究所
プロジェクト推進グループ　所属
次世代配電ネットワークに関する研究・開発に従事