

良質な電気をお使いいただくための研究の紹介

電力中央研究所 次世代電力需給マネジメント特別研究チーム 配電システムグループ長 研究参事 小林 広武

「次世代電力需給マネジメント特別研究チーム」の研究や取り組みを4回にわたり紹介する最終回は、太陽光発電や蓄電設備といったお客さまサイドの分散形エネルギーシステムや負荷機器との連携・協調をうまく取りながら、それらが多く系統に接続されても配電線電圧を適正な範囲内で維持し、質の高い電気をお客さまにお使いいただくための“次世代配電技術に関する研究”などの取り組みを紹介する。

電気を利用するお客さまの能動化と配電システムの課題

近年、電気事業者のお客さま自身も太陽光発電を中心とした分散形電源、蓄電池設備、電気自動車によるVtoHなど、分散形エネルギーシステムを所有するとともに、HEMSやBEMSにより自ら電気利用を管理運用する、いわゆる「需要の能動化」が進みつつある。加えて固定価格買取制度の導入により、メガソーラーなどの事業を目的とした太陽光発電も需要地域に大量導入されつつある。

このような太陽光発電を中心とする分散形電源が図1に示す電力会社の配電線に接続され、発電した電気

や住宅などで余った電気（余剰電力）が配電線に送り込まれると、配電線末端側から変電所側に向かって電気が流れるいわゆる逆潮流が生じる。その結果、配電線電圧が上昇し電気事業法で規定されている適正範囲（100V系で95V～107V）を逸脱する可能性がある。

また、災害などにより配電線が切れて地面に接触（地絡）した場合やショート（短絡）した場合、変電所でこれらの事故を検出し、1秒程度以内の短時間で当該配電線を変電所から切り離して安全を確保するが、この時分散形電源や蓄電池設備が配電線に接続したまま運転を継続する

いわゆる単独運転が発生し安全確保に影響を及ぼす可能性がある。

現状では、このような配電線接続問題については、基本的に、系統連系規程^[1]にもとづき分散形電源や蓄電池設備側で各種の対策が施されている。例えば、電圧上昇問題については、配電線接続地点の電圧を自ら監視し、これが上限を超えそうになったら無効電力を出力して電圧を低下させたり、発電電力自体を減少させて適正範囲を維持している。

しかしながら、大量接続時には電圧上昇の程度が大きくなり、これにより発電電力の抑制量が増大するケースが増え、新たな問題となる。

加えて、将来的にお客さまサイドに蓄電池設備や電気自動車が普及した場合、例えば電気料金の安い時間帯で一斉に充電が行われる時など、逆に配電線電圧が下限値を逸脱し、充電量に制約がかかるケースも想定される。このような分散形電源の発電や蓄電池設備の充放電への制約を極力与えずに配電線電圧を適正範囲内に維持する新たな

図1 配電システムの構成例

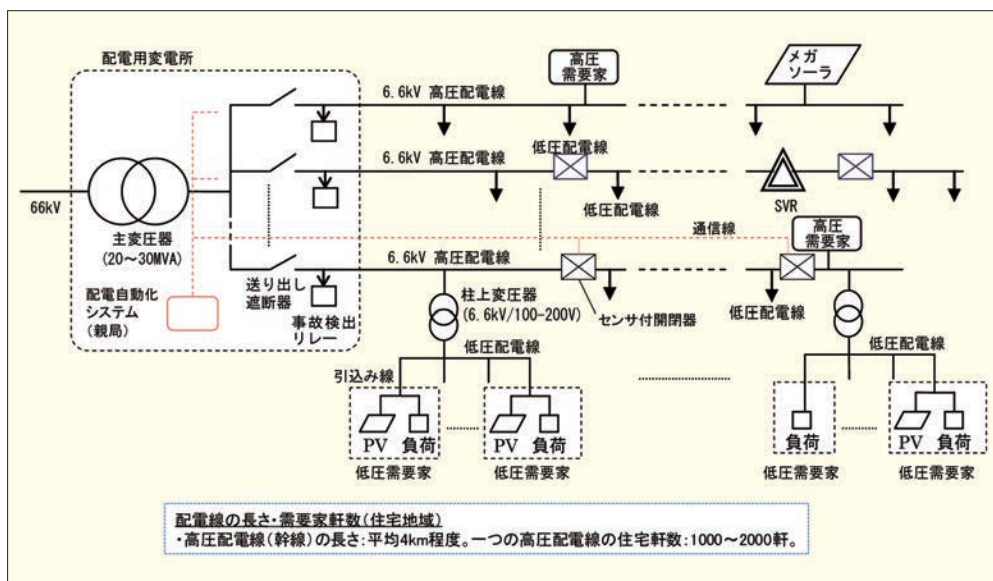
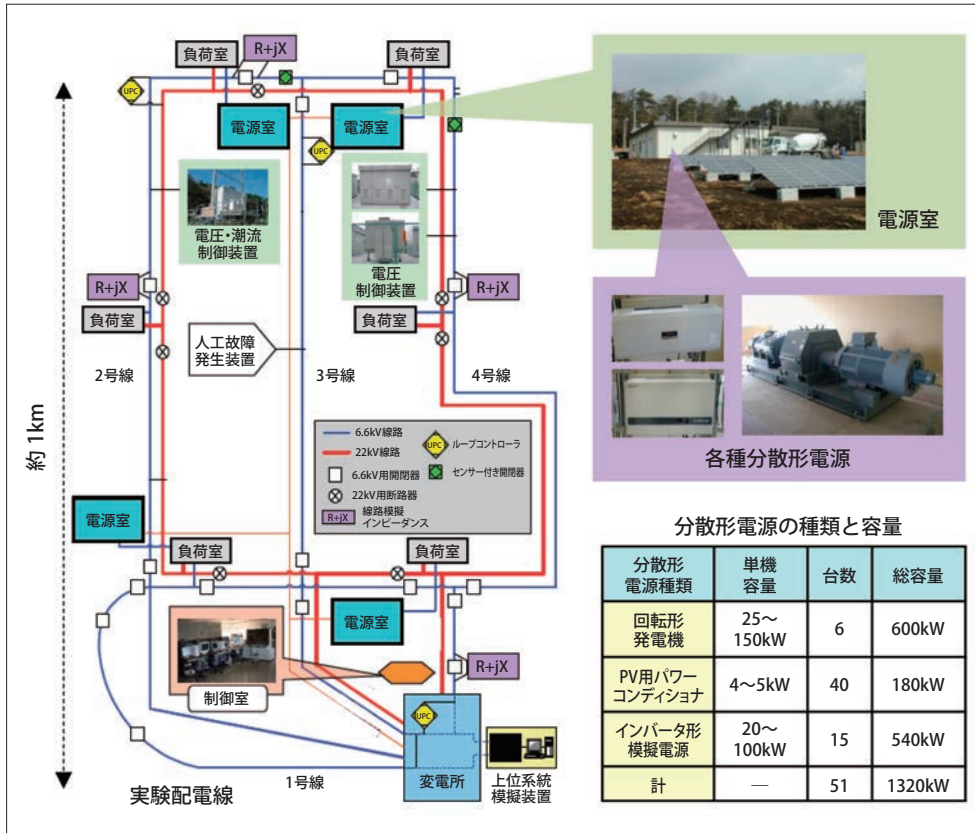


図2 需要地系統ハイブリッド実験設備の概要



た実規模スケール配電系統実験設備である「需要地系統ハイブリッド実験設備」(図2)を建設し、これらの開発技術を実証した。成果は各電力会社の配電自動化システム高度化の検討などに資されている。「需要地系統ハイブリッド実験設備」は、引き続き国プロや電力会社からの多くの受託実験にも活用されており、実規模スケールで配電系統技術や分散形電源接続技術を総合的に実験できるわが国随一の設備となっている。

当所では、これらの

技術が必要になっている。

さらに、分散形電源の運転により、配電線の実際の負荷量が把握できなくなるケースが生じる。通常、事故などにより配電線で停電が発生した場合、停電地域の負荷量に供給可能な別の配電線ルートを決定し、ルート切り替えにより早期復旧が図られるが、正確な負荷量を把握できなくなると、切り替えた配電線ルートに設備容量を超える過大な電流が流れて再度の停電を招くなど、早期復旧ができなくなる可能性が生じる。対策として、配電線に接続している分散形電源の発電出力をリアルタイムで簡易に推定する手法の開発が求められている。

電力中央研究所における次世代配電技術の開発

このような新たな課題に合理的か

つ的確に対応し、対策コストを極力抑えながらお客さまへの良質な電気の供給を維持していくために、当所では、お客さまの所有する分散形電源、蓄電池設備さらには負荷機器との連携・協調も考えた次世代配電技術の開発に取り組んでいる。

(1) 概要

分散形電源の大量接続に対応する配電系統の構成・運用技術に関しては、当所では、2000年度に「需要地系統」の概念を提案し、国の開発プロジェクトにも参画しながら、配電線を流れる電気の向きや量および配電線電圧を同時に高速でコントロールする新型配電線制御装置や、情報通信によるこれらの制御装置の集中制御方式を開発した^[2]。

並行して、当所赤城試験センターの構内に、各種分散形電源を併設し

知見や実験設備をベースに、現在、太陽光発電大量導入や需要能動化に対応する以下の次世代配電技術に関わる研究開発を進めている。

- ①配電系統の電圧管理や事故時運用への影響評価と対応策検討を支援する配電系統解析ツール
- ②配電線センサやスマートメータの情報を活用した配電自動化・制御システム高度化技術
- ③お客さま機器と連携した電圧変動抑制技術
- ④高調波対策技術
- ⑤高性能二次電池の性能評価技術

(2) 配電系統解析ツールの開発

電力会社の配電現場での使用も視野に入れたもので、配電系統の電圧管理への影響評価と対応策の検討を支援する解析ツール「配電系統総合解析プログラム」の開発を進めてい

図3 配電系統総合解析プログラムの入出力項目

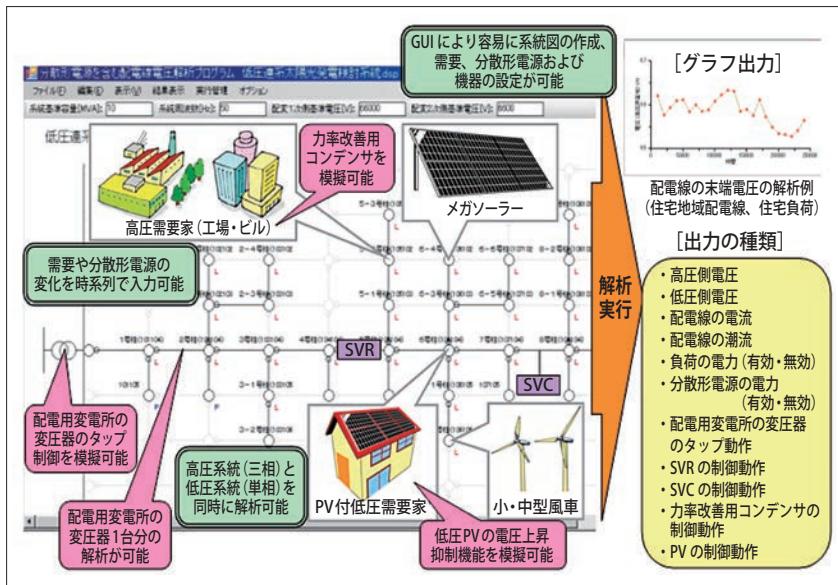
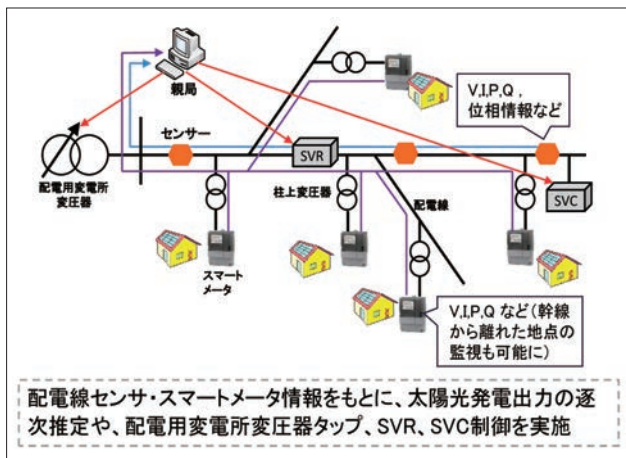


図4 配電自動化・制御システム高度化技術の概念



る[3]。本プログラムは、「需要地系統ハイブリッド実験設備」において過去10年にわたって実施した各種実証試験結果を反映させたもので、現バージョンは、電力会社10社において配電運用や研究開発に活用されている。

特徴は、汎用PC(MS-Windows)上で動作し、GUI(Graphical User Interface)を用いることにより操作が容易であり、任意の配電系統構成(高圧・低圧線路形態、各地点の負荷量時系列パターン、分散形電源出力時系列パターン・電圧制御方式など)

三相不平衡解析も可能である。図3にPC上の高圧配電線構成例と入・出力項目を示す。

また、太陽光発電などの分散形電源の多くはパワーコンディショナ(PCS)を用い、パワエレ技術による周期1万分の1秒以下の高速スイッチングにより直流を交流に変換して電力系統に接続している。今後、配電線への導入が想定される同じくパワエレ技術を適用した高速電圧調整装置TVR(Thyristor Voltage Regulator、STATCOMなど)との協調制御方式や、配電線事故時や単独運転時などの過

渡変動に対する分散形電源の動作特性の評価のためには、電圧や電流の波形レベルでの解析が必要となる。このため、当所開発の電力系統瞬時値解析プログラムXTAP(eXpandable Transient Analysis Program)に用いるもので、太陽光発電用PCSを含めこれらの解析に必要な配電系統構成要素のシミュレーションモデル開発を進めている[4][5]。

(3) 配電自動化・制御システム高度化技術

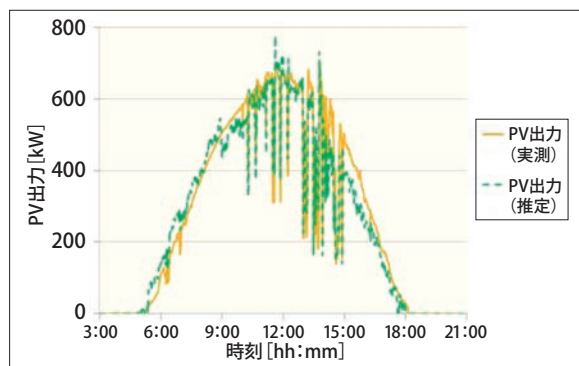
配電系統の管理・運用面の対策技術として、電力会社が設置・更新を進めている配電線センサ(配電線の電圧や電流を逐次計測する装置)やお客さまへの導入が進められているスマートメータの各情報を活用した、配電自動化・制御システム高度化技術(図4)を開発している。これまでに、課題となっている配電線の太陽光発電出力推定法として、配電線センサで得られる潮流変動分を負荷変動分と太陽光発電出力変動分にベクトル分解することによってリアルタイムで推定する簡易な手法を開発し、実際の運転データとの比較により実用精度が得られることを確認した[6](図5)。

また、配電線センサ・スマートメータ情報の活用により、配電線電圧調整装置をよりの確に制御する方式の開発を進めている。さらに、これらの情報を活用した配電線事故地点の探索方式、断線検出方式などを開発する計画である。

(4) お客さま機器と連携した電圧変動抑制技術

住宅には太陽光発電の導入が進んでいるほか、将来的には電気自動車を含めた蓄電池設備の導入拡大も想

図5 太陽光発電出力推定結果
(誤差：平均6%、90%値12%)



定される。これら住宅のお客さまは電圧変動面で高圧配電線より厳しくなる低圧配電線に接続される。そこで、最終的には太陽光発電用や蓄電池用のPCSへの組み込みを目指すものであるが、電圧変動対策として低圧配電線用無効電力補償装置の開発を進めている[7]。

また、これら低圧配電線用やお客さま設置PCSを含め、経済性の観点から、適切な配電線電圧調整装置の組み合わせや配置法についての解析評価に取り組んでいる[8]。さらに、余剰電力問題を含め、お客さまからの逆潮流電力に制限がかかった場合を対象に、ヒートポンプ式給湯機(エコキュート)や蓄電池設備などのお客さま機器を利用した太陽光発電出力有効活用技術の開発にも取り組んでいる[9][10]。

(5) 高調波対策技術

分散形電源や蓄電池設備に使用されるPCSのほか、インバータエアコンなど多くの負荷機器からは高調波電流(50Hzや60Hzの基本周波数の整数倍の周波数をもつ電流)が発生する。これらが大きなものとなると配電線電圧にひずみが生じ、お客さま機器に悪影響を与える可能性がある。そこで、負荷機器の高調波電流限度値の研究や電圧歪みの低減につ

ながるお客さま機器の仕様条件や組み合わせ条件などの研究を進めている[11][12]。

(6) 高性能二次電池の性能評価技術

電気自動車用のほか、再生可能エネルギー大量導入時の電力系統安定化対策と

しても期待されるリチウム二次電池を対象に、適切な蓄電池設備の設計や長寿命運転を達成する運用方法の検討、および電池自体の長寿命化に資するものとして、運用時の性能低下傾向を把握する性能評価技術の開発や、電池劣化メカニズムの解明を進めている[13][14]。

おわりに

今後とも、太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーの導入が進められるとともに、2016年度からの電力小売全面自由化に伴い、地域によっては多数の小売事業者が参入し、これによって需要の能動化はお客さま単位からお客さま群の単位で進むことも想定される。当所では、このようなお客さま群単位での能動化を一種のコミュニティ化として捉え、コミュニティが分散形電源も活用しながら経済最優先で運用した場合の配電系統の運用に与える影響や対策法など、いわゆる部分最適(コミュニティ単位での経済運用など)と全体最適(電力系統全体の安定運用など)の両立を目指した研究にも着手している[15]。

今後は、連載第3回で紹介したデマンドレスポンス(DR)もうまく活用しながら、再生可能エネルギーの大量導入への対応はもとより、上述の

お客さまサイドの大きな変化にも柔軟に対応できる配電系統技術さらには電力系統全体の運用技術の開発・構築を鋭意進める所存である。

参考文献

- [1] (社) 日本電気協会、系統連系規程 (JEAC 9701-2010)、オーム社、(2012)
- [2] 小林、石川、浅利、岡田、上村、八太、大谷：需要地系統の運用制御技術の開発、電力中央研究所報告 R08、(2008)
- [3] 上村：配電系統総合解析ツールの開発(その1)―PV大量導入に対応する配電・需要家機器動作解析プログラム―、電力中央研究所報告 R11025、(2012)
- [4] 長嶋、野田：瞬時値解析による配電系統の動的電圧解析手法(その1)―配電用変電所およびSVRのモデル化―、電力中央研究所報告 H13007、(2014)
- [5] 長嶋、福島、野田：瞬時値解析による配電系統の動的電圧解析手法(その2)―配電用STATCOMのモデル化―、電力中央研究所報告 H14014、(2015)
- [6] 坂口、上村、松田：配電線センサー情報による区間単位での太陽光発電出力推定手法の開発、電力中央研究所報告 R14012、(2015)
- [7] 福島、野田、樺澤、根本：需要家端に分散配置する無効電力補償装置μSTATCOMの開発(その1)―概念と試作機による基本性能の検証―、電力中央研究所報告 H11029、(2012)
- [8] 高木、田頭、岡田、浅野：低圧用無効電力補償装置の設置方策の検討―PV導入時における電圧上昇対策の費用対効果分析手法の提案―、電力中央研究所報告 Y14010、(2015)
- [9] 大嶺、浅利：需要家機器による太陽光発電余剰電力有効利用手法の改良―当日補正機能の追加と検証―、電力中央研究所報告 R13022、(2014)
- [10] 大嶺、八太、浅利、上野、小林：ヒートポンプ式給湯機と電力貯蔵装置を用いた太陽光発電余剰電力利用のための需要地系統運用手法、電気学会論文誌B, Vol.133, No.7, pp.631-641、(2013)
- [11] 雪平、岡田：高圧需要家から流出する高調波電流の電圧ひずみ抑制効果(その2)―重負荷期と軽負荷期の相違―、電力中央研究所報告 R11009、(2012)
- [12] 雪平、岡田、渡辺：電力系統の第5次高調波電圧に対する負荷種別ごとの影響の定量分析、電力中央研究所報告 R14002、(2015)
- [13] 吉田、三田、小林、宮代：定置用リチウムイオン電池の寿命評価方法の開発(1)―容量変化要因の分離による電池容量変化の分析―、電力中央研究所報告 Q14009、(2015)
- [14] 小林、宮代、三田：太陽光発電出力平滑化運転におけるリチウムイオン電池寿命推定法の検討、電力中央研究所報告 Q11015、(2012)
- [15] 大嶺、八太、上野：スマートコミュニティの経済的成立条件の検討―蓄電池とコジェネの導入を考慮したコミュニティ利益の試算―、電力中央研究所報告 R14017、(2015)