

## 第5回(最終回)

## 良質な電気を利用するための技術研究の紹介

## ◆はじめに

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では、電気の新たな価値の創出、効果的な電気の活用、良質な電気を提供するための技術開発などに取り組んでいます。

本号では、太陽光発電や蓄電池といった需要家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、それらが今後数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、需要家に質の高い電気を使っていただくための「次世代配電技術に関する研究」についてご紹介します。

## ◆電気を利用する需要家の能動化と配電系統の課題

近年、電気を利用する需要家自身も、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Vt0H (Vehicle to Home)・電気自動車を住宅用蓄電池として活用する「HE」など、分散形エネルギーシステムを所有するようになつてきただとともに、「HEMS (Home Energy Management System)・住宅を対象としたエネルギー管理システム」や「BEMS (Building Energy Management System)・中小ビルを対象としたエネルギー管理システム」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」が進んできています。加えて、再生可能エネルギー固定価格買取制度の導入により、メガソーラーなど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ります。

このような太陽光発電を中心とする分散形電源が資料① (37ページ) 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つて電気が流れる、いわゆる「逆潮流」が生じます。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ります。

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 首席研究員 博士(工学) 小林 広武氏

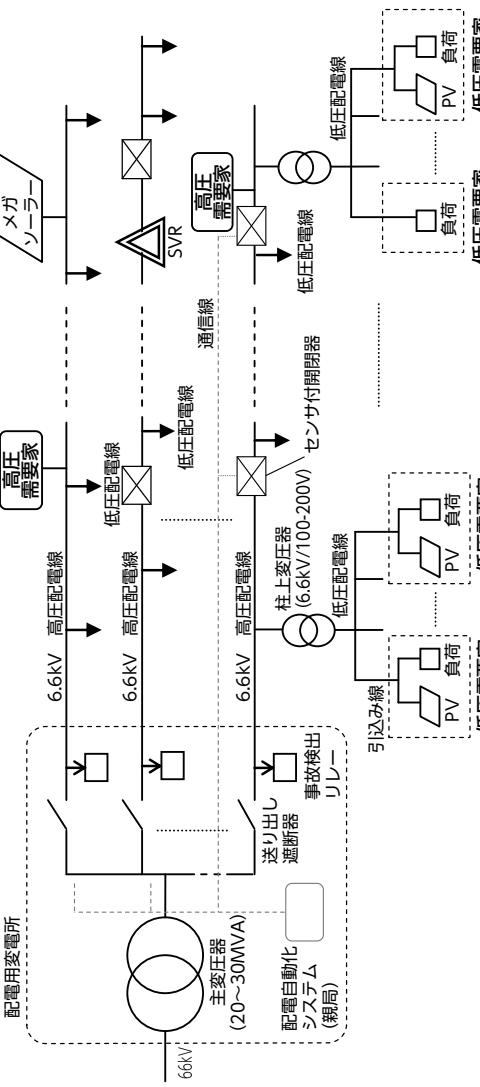
また、災害などにより配電線が切れて地面に接触（地絡）した場合やショート（短絡）した場合、変電所でこれらの事故を検出し、1秒程度以内の短時間で当該配電線を変電所から切り離して電気を流れないようにすることで安全を確保しますが、こうした時でも分散形電源や蓄電池設備が配電線に接続したまま運転を継続して電気を流し続ける、いわゆる「単独運転」が発生し、安全確保に影響を及ぼす可能性があります。

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」に基づいて、分散形電源や蓄電池設備側で各種の対策が施されています。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設備の所有者自らが監視し、これが上限を超えそうになつた時には無効電力を出力して電圧を低下させたり、発電電力を減少させて適正範囲を維持しています。

しかしながら、分散形電源などが将来的に一層大量に接続された時には、電圧上昇の程度もより大きくなり、その結果発電電力の抑制量も増大するケースが増え、新たな問題となることが懸念されています。

加えて、将来的に需要家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に一斉に充電が行われたときなどは、逆に配電線電圧が下限値を逸脱し、

資料① 配電系統の構成例



配電線の長さ・需要家軒数（住宅地域）

・高压配電線（幹線）の長さ：平均4km程度。一つの高压配電線の住宅軒数：1000～2000軒。

充電量に制約がかかるケースも想定されます。このため、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技術が必要になっています。

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可能性もあります。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ます。が、当該配電線に接続された分散形電源からの給電によって負荷の一部が相殺され、見かけ上の負荷が変わつて正確な負荷量を把握できなくなると、配電線ルートを切り替えた際に設備容量を超える過大な電流が流れ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ます。この対策として、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も求められています。

## ◆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需要家の良質な電気の供給を維持していくために、当研究所では、需要家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ます。

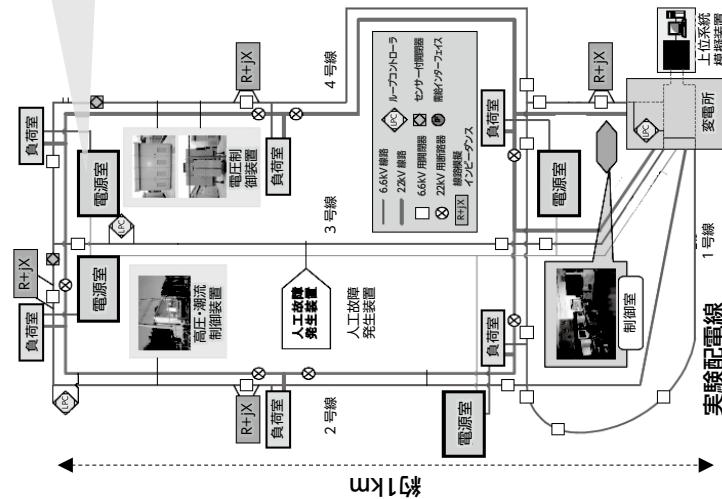
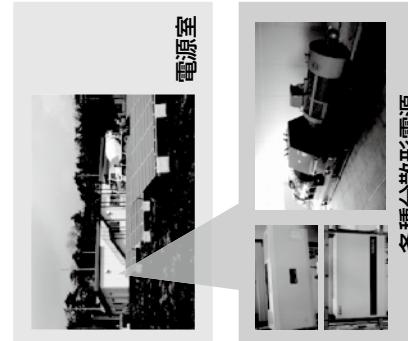
### (1) 概要

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、当研究所では、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ました。

並行して、当研究所・赤城試験センターの構内に、各種分散形電源を併設し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」（資料②・41ページ）を建設し、これらの開発技術を実証しています。その成果は、既に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ます。「需要地系統ハイブリッド実験設備」は、現在も国のプロジェクトや電力会社からの多くの受託実験に活用されており、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ます。

## 資料② 需要地系統ハイブリッド実験設備の概要

分散形電源の種類と容量	台数	総容量
回転形発電機	6	600kW
PV用パワーパワーコンディショナー	40	180kW
インバータ形模擬電源	15	540kW
計	51	1320kW



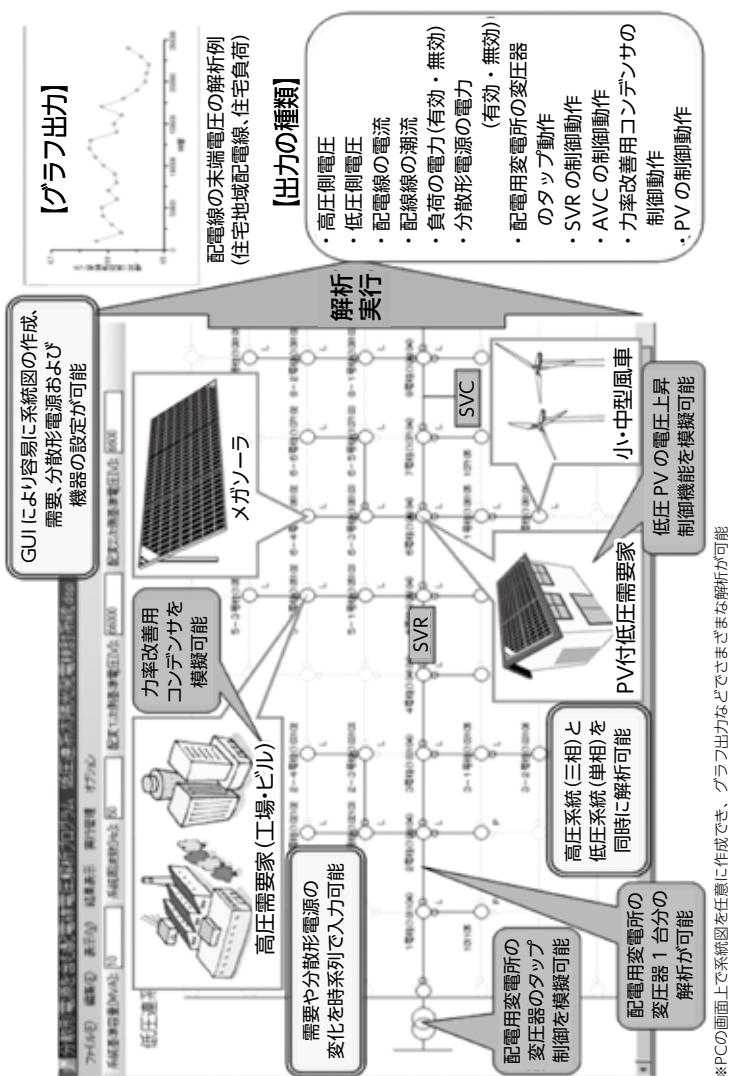
当研究所では、これらの知見や実験設備をベースに、現在、太陽光発電大量導入や需要能動化に対応する以下の次世代配電技術に関する研究開発を進めています。

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需要家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」の開発を進めています。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年にわたり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

### 資料③ 配電系統総合解析プログラムの入出力項目

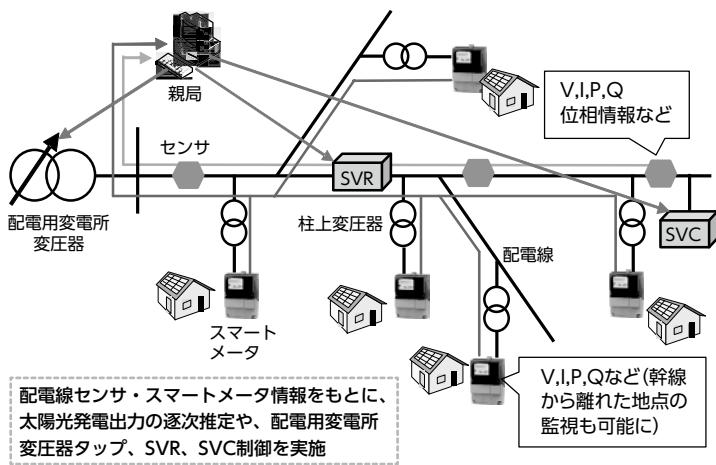


特徴は、汎用PC（MS-Windows）上で動作し、GUI（Graphical User Interface）を用いることにより操作が容易であり、任意の配電系統構成（高圧・低圧線路形態、各地点の負荷量時系列パターン、分散形電源出力時系列パターン・電圧制御方式など）に対応するとともに、将来技術を含め、配電線側のあらゆる対策技術の評価（各種技術適用時の各地点電圧・潮流時系列特性、分散形電源の抑制出力電力量など）を可能としています。また、三相間で電圧が異なつたりした際の不平衡解析も可能です。資料③（44ページ）にPC上の高圧配電線構成例と入・出力項目を示します。

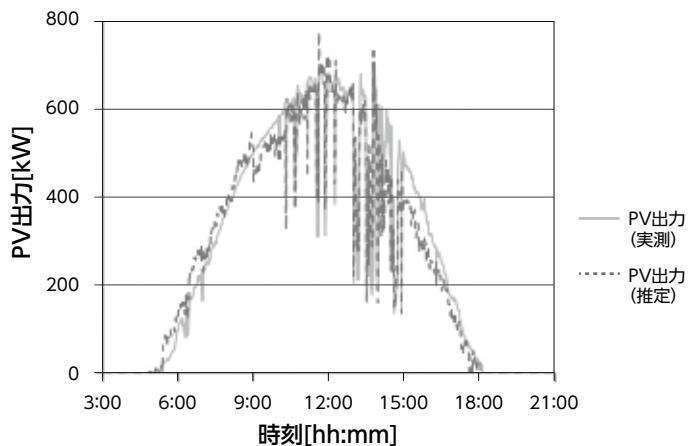
また、太陽光発電などの分散形電源の多くはパワーコンディショナ（PCS）を用い、パワーエレクトロニクス技術による周期1万分の1秒以下の高速スイッチングにより直流を交流に変換して電力系統に接続しています。今後、配電線への導入が想定される同様くパワー・エレクトロニクス技術を適用した高速電圧調整装置（TVR・Thyristor Voltage Regulator）、無効電力補償装置（STATCOM・STATIC synchronous COMPensator）などの協調制御方式や、配電線事故時や単独運転時などの過渡変動に対する分散形電源の動作特性の評価のためには、電圧や電流の波形レベルでの解析が必要となります。この

特徴は、汎用P.C. (MS-Windows) 上で動作し、G.U.I. (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 (高压・低压線路形態、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) に対応するとともに、将来技術を含め、配電線側のあらゆる対策技術の評価 (各種技術適用時の各地点電圧・潮流時系列特性、分散形電源の抑制出力電力量など) を可能としています。また、三相間で電圧が異なつたりした際の不平衡解析も可能です。資料③ (44ページ) にP.C. 上の高压配電線構成例と入・出力項目を示します。

## 資料④ 配電自動化・制御システム高度化技術の概念



## 資料⑤ 太陽光発電出力リアルタイム推定結果



ため、当研究所で開発した電力系統瞬時値解析プログラム（XTAP-eXpandable Transient Analysis Program）に用いるために、太陽光発電用PCSを含めこれらの解析に必要となる配電系統構成要素のシミュレーションモデルの開発を進めています。

(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）や需要家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（資料④・46ページ）を開発しています。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単な手法を開発し、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ました（資料⑤・46ページ）。

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的確に制御する方式の開発を進めています。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、断線検出方式なども開発する予定です。

#### (4) 需要家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定されます。これら住宅の需要家は、電圧変動面で高压配電線より厳しくなる低压配電線に接続されます。そこで、最終的には太陽光発電用や蓄電池用のPCSへの組込みを目指し、電圧変動対策として低压配電線用無効電力補償装置の開発を進めています。

また、これら低压配電線用や需要家設置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合せや配置法についての解析評価に取り組んでいます。さらに、余剰電力問題を含め、需要家からの逆潮流電力に制限がかかった場合の対応策として、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需要家機器を利用した太陽光発電出力の有効活用技術の開発にも取り組んでいます。

#### (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）が発生します。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、需要家機器に悪影響を与える可能性があります。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需要家機器の仕様条件や組合せ条件などの研究を進めています。

#### (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ます。

### ◆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」は需要家単位から需要家群の単位で進むことも想定さ

## 講 師 略 歴

### ●小林 広武 (こばやし ひろむ)

一般財団法人 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  
配線システムグループ長  
首席研究員 博士（工学）



1982年3月 北海道大学工学部電子工学専攻修士課程修了  
1982年4月 (財)電力中央研究所 入所  
1995年8月～1996年8月 米国テキサス大学 客員研究員  
2011年4月～2012年3月 岐阜大学 電気電子工学専攻 非常勤講師  
日本太陽エネルギー学会 理事

当研究所では、このような需要家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ます。  
今後は、前回第4回目で紹介したデマンドレスポンス（D.R.）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、上述の需要家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  
進める所存です。