

将来の電力需給プラットフォーム化を想定した

電力中央研究所の取り組み



DIGITAL × ENERGY

一般財団法人 電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry

本冊子は、電気新聞連載寄稿「電力需給プラットフォームの将来（連載 6 回 2018 年 7 月掲載）」にて、ENIC の取り組みを紹介した記事を加筆修正したものです。

はじめに

電力システム改革の進展やエネルギー基本計画の見直し、需要家のプロシユーマー化による需要カーブの変化など、電気事業を取り巻く環境が大きく変化する中、これからは「需給協調」というコンセプトが重要です。ENICでは、需要家の分散型エネルギー資源（DERs：Distributed Energy Resources）を情報ネットワークで繋ぎ、需給双方のメリットを最大化する「次世代電力需給プラットフォーム」の構築が必要と考えています。電力自由化で先を行く欧米でも、配電プラットフォームを構築し、蓄電池、電気自動車やデマンドレスポンス（DR）を活用した仮想発電所（VPP：Virtual Power Plant）の実証をはじめ、DSO（配電系統運用者）がこれを管轄し、需給バランスの価値をTSO（送電系統運用者）に提供する実証など、様々な実験が行われ、運用面での実効性やマネタイズの可能性などの観点から、その効果検証が進められています。

一方、電気事業が社会やお客さまから選ばれ続けるためには、電化も含めた省エネ・省CO₂の推進、新たな顧客便益の提供など、電力バリューチェーンを活用した社会問題の解決と新たなサービス提供など、CSV（Creating Shared Value）経営の重要度がますます高まるものと考えられます。次世代電力需給プラットフォームでは、これまでの配電システムをベースに、小売電気事業者やプロシユーマーなどと情報を双方でやり取りすることで様々なサービスが提供できるのではないかと期待しています。

本冊子は、次世代電力需給プラットフォームの重要性、先行する欧米の動向、ENICの取り組みについて、その概要を取り纏めて紹介するものです。本冊子を読まれた方々と、次世代の電気事業を支えるビジョンを共有出来ることを期待しています。

エネルギーイノベーション創発センター 所長
根本 孝七





電力・エネルギー事業環境の 変容と研究の概要

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)

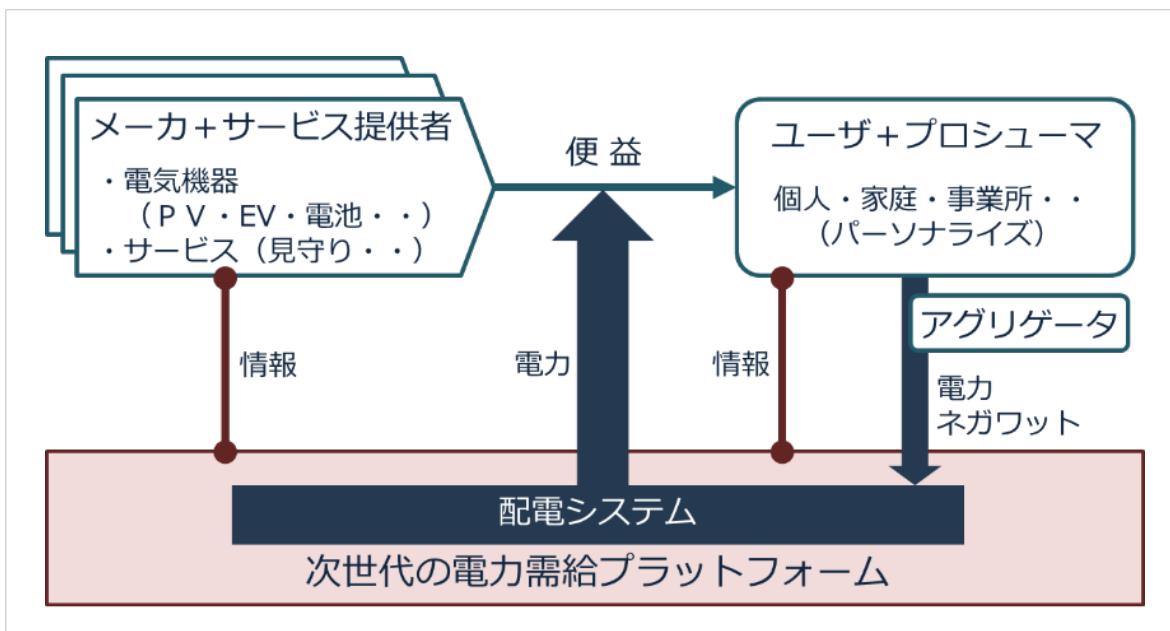
首席研究員 小林 広武

電力システム改革、再生可能エネルギー大量導入の下での、将来の電力需給プラットフォーム化を見据え、電力中央研究所（以下、当所）では配電システム分野を中心に、エネルギー事業者、アグリゲーター事業者などの多様なプレーヤーがそれぞれの目的・目標にかなった便益を獲得でき、全体最適を実現させる、次世代電力需給マネジメントの研究開発に取り組んでいる。

電力・エネルギー事業環境の変容

電力・エネルギー分野の事業環境は、電力システム改革、再生可能エネルギーの大量導入などで大きく変容しつつある。その中でも、配電部門を中心とする電力サプライチェーンの下流部門では、太陽光発電、ヒートポンプ給湯機、蓄電池、電気自動車などのいわゆる分散エネルギー資源（D E R）の普及拡大とともに、エネルギー事業者やサービスプロバイダー、分散電源所有の消費者（プロシユーマー）、仮想発電所（V P P）を運用するアグリゲーター事業者などの様々なプレーヤーが参加し、D E Rを活用しながら、多様な価値創造を競い合うことが想定される。

このような状況で、電気の品質や供給信頼性を維持しながら、各プレーヤーの参加を制約なく実現させるためには、これまでの電力システムを図に示すような「電力需給協調と情報のプラットフォーム」に進展させ、送配電事業者を含めた各プレーヤーの新たな協調関係を形成していくことが重要と考える。



将来の電力需給プラットフォームのイメージ

研究の概要

当所では、従来の配電システム分野を中心に、各プレーヤーがそれぞれの目的・目標にかなった便益を獲得でき、全体最適を実現させる、次世代電力需給マネジメントの研究開発に取り組んでいる。これは、将来の電力需給プラットフォーム化を見据えたもので、先行している海外事例を調査するとともに、コミュニティーやVPPの自律的な運用が配電系統に与える影響の評価、各々のプレーヤー同士がWin-Winの関係を構築できるようなDER、配電システム、コミュニティー、VPPなどを連携・協調させた電力需給マネジメント高度化技術などの研究を進めている。

次ページ以降は、第2編から第6編まで、当所が取り組んでいる研究・調査の内容として代表的なものを5つ紹介する。

小林 広武 (こばやし ひろむ)

[研究分野] 再生可能エネルギー、配電系統
<https://wocriepi.denken.or.jp/member/hiromuk/>





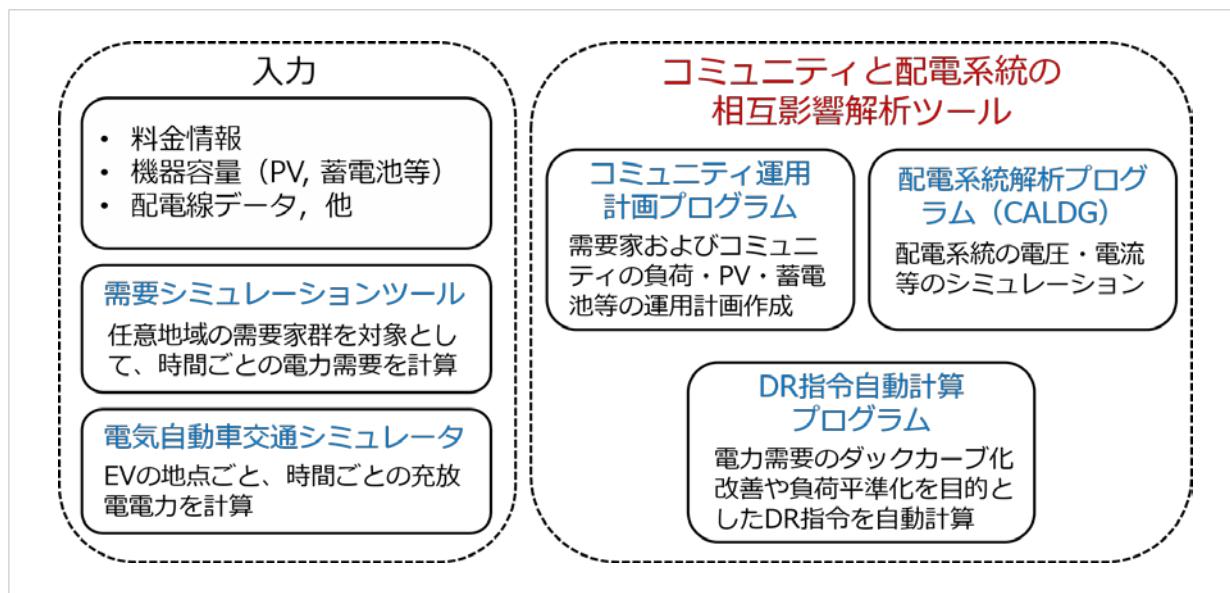
電力需給プラットフォーム化に 資する解析ツールの開発

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)

上席研究員 はつた ひろゆき
八太 啓行

太陽光発電（P V）の大量導入に加えて、今後はF I T（再生可能エネルギー固定価格買取制度）後の電力自家消費ニーズにより、需要側における蓄電池や電気自動車（E V）の導入拡大が見込まれる。また、電力システム改革の進展により、小売り全面自由化や電力取引市場の整備が進められており、今後は様々な小売事業者やアグリゲーター事業者が出現し、需要地域（コミュニティ）において様々な需要家資源を仮想発電所（V P P）として統合制御することも考えられる。

このように、需要家やコミュニティ運用者が能動的に需要家資源を活用して、経済性を重視した自律運用や系統全体の需給調整に向けた運用を行うと、配電系統では想定外の需要変動による過負荷の発生や電圧変動など電力品質への影響が懸念される。このため、当所では、将来の電力需給プラットフォーム化に資する解析ツール開発の一環で、コミュニティと配電系統の相互影響を評価やデマンドレスポンス（D R）指令の与え方など、対策技術の開発を支援する解析ツールを開発している。



解析ツールの概要

解析ツールは図に示す構成で、需要家およびコミュニティーと配電系統を一括してシミュレーションする。コミュニティーの自律運用が配電系統の電圧・潮流に与える影響、ならびに配電系統の電圧・潮流に関わる制約がコミュニティーの運用に与える影響を、それぞれ解析できる。また、本ツールは、当所開発の需要シミュレーションツールと電気自動車交通シミュレーターと連携して、任意地域における、需要家の電力需要とEV充電需要を合わせた電力需要データを作成・利用できるようにして実用性を高めている。

さらに、需要家がエネルギー管理システムにより自動でDRに対応できるという条件の下、電力需要カーブのダックカーブ化（電力需要が昼間に下がることにより、夕方から夜にかけて急速に立ち上がり、電力需要カーブがアヒルのような形になること）の改善や負荷平準化を目的としたDR指令を自動計算する機能も備えており、DRを活用した対策手法の評価にも利用できる。

活用分野

本解析ツールは、送配電事業者をはじめ、コミュニティー運用者、アグリゲーターなど、様々な事業者の立場に立って利用できることを目指している。例えば、送配電事業者ではPVや蓄エネルギー機器大量導入時の配電系統の設備形成や運用の合理化、コミュニティー運用者やアグリゲーターでは配電系統の電圧・潮流に関わる規定・制約を順守しながらの需要家資源の有効活用、小売電気事業者ではDRを含めた料金設定や収益の分析、などの利用が挙げられる。

これまでの解析例として、コミュニティー運用者が配電系統に分散設置した蓄電池を利用して経済運用した場合、調達価格の安い時間帯（深夜・早朝）に蓄電池への充電が集中して、配電線の最大電流、ならびに配電線の電圧調整装置との兼ね合いで、最大電圧がともに増大する場合のあることなどを確認した。

今後、DRの活用法など、対策技術を含めて、将来の電力需給プラットフォーム化に資する様々な開発・評価に活用していく予定である。

八太 啓行 (はった ひろゆき)

[研究分野] 配電、需要家、エネルギー利用の効率化
<https://wpciepi.denken.or.jp/member/hatta/>





配電プラットフォームに関する 海外事例調査・分析

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)

ばんどう しげる
上席研究員 坂東 茂

電気新聞ゼミナール記事（2018年6月27日掲載）において、米国ニューヨーク（NY）州公益事業委員会（PSC）が推進しているエネルギー・ビジョンリפורム（REV）の中で、配電事業者が運営するプラットフォーム（DSP）を用いた新しいビジネスモデルについて報告されている。このプラットフォームの役割は、第1が系統設備計画の最適化、第2がきめ細かい潮流監視・制御による系統運用の高度化、第3が分散エネルギー資源（DER）市場の運営である。本編では、第1、第2の役割の展望について解説する。

配電設備計画の高度化

DERの導入が進むと、その導入量やペース、連系地点の偏りなどにより潮流の不確実性が増すため、配電設備計画は複雑さを増す。そこでPSCが設置した市場設計・プラットフォーム技術作業部会は、DERが運用のニーズを満たしつつ、より効率的に配電網にDERを統合するための設備計画手法を開発する必要があるとして、そのアプローチの方法を提案している。

まずは「Hosting Capacity」（HC：追加費用無しで配電網に統合できるDER導入量の上限）の特定である。これには、配電網の特性（設備構成、地域性、既存DER接続量など）、DERの種類・分布を考慮したモデルの開発が必要となる。

続いて、DERの価値（設備投資費用抑制、レジリエンシー向上など）の場所別、時間別の特定である。これにより、HCを踏まえたDERの最適配置、配電網の効率化を図ることができる。

その他、不確実性に対応するために、複数のDER導入シナリオを想定し、それをベースにした確率論的計画手法を開発することや、将来的にDERの普及が大幅に進む場合には送電系統の設備計画との融合により、HCの増加や、送電レベルでの設備増強の繰り延べの可能性についても述べられている。

配電運用の最適化

D E R の普及により配電網に流れる電流や電圧の変動幅が大きくなり、系統運用者が電圧品質を維持していくためには、より高精度に系統の状況を把握し制御できるツールが必要となる。高精度な状況把握には、配電系統の電圧や電流、開閉器の入切状態、D E R の発電量などの情報をリアルタイムに一元的に監視できるシステムの構築、ならびにスマートメータ（次世代電力量計）を含めたセンサー類の面的整備が必要となる。

これらの情報を基に系統運用の最適化を図るためには、D E R の指令制御技術を確立した上で、D E R と協調した系統電圧、電流の自動調整システムが必要である。また、D E R に給電指令を出すためのルール整備や設備投資、D E R 所有者との調整も必要となる。

さらに、D E R の普及が進めば、送電系統との協調によりリアルタイムで配電系統の再構成、最適化が必要になるとしている。

将来的に、N Y 州は電圧制御やピーク負荷抑制といった送配電網の構築・運用の高度化に資するサービスをD E R 市場で取り扱うことを指向しており、様々な実証試験を実施している。

N Y 州の実証試験

N Y 州では現在 16 のR E V のプロジェクトが実施されており、中には配電設備計画の最適化に資するものもある。配電事業者は、配電網上のD E R の配置最適化やD S P 運用者としてのノウハウ蓄積、新たな収入源創出等の知見を得る段階である。

一方で、今後、より系統運用に資するサービス・商品が取り扱われる可能性も示されており、第3の役割である将来のD E R 市場の機能・役割、規模感等の詳細が明らかになると期待される。

DSP 事業検討のキーポイント

最後に、N Y 州のこれらの取り組みについて、筆者が重要だと感じている点について触れる。それは、N Y 州の配電プラットフォーム事業の必要性や、その機能について検討する文書が配電事業者ではなく、州政府や公益事業委員会から発行されているという点である。我が国でもN Y 州と同様に、今後、分散電源の大量導入によって既存の配電事業は減収と設備投資の増加が見込まれる中、配電事業者による新しいビジネスモデルの検討が必要となる。国民の理解を得ながら検討を進めるためには、N Y 州のような官民一体での取り組みは非常に重要であろう。

坂東 茂 (ばんどう しげる)

[研究分野] 再生可能エネルギー、需給協調
<https://wpcriepi.denken.or.jp/member/bando/>





需給運用・設備形成に資する 需要家資源との連携・協調技術

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)

上席研究員 八太 啓行 主任研究員 大嶺 英太郎

太陽光発電(PV)、蓄電池、電気自動車(EV)、ヒートポンプ式給湯機(HP給湯機)などの様々な需要家資源と連携・協調を図ることにより、電力系統の需給運用面や設備計画面での各種問題の緩和や解決が期待される。このため、当所では、これらに資する各種の技術開発を行っている。

PV大量導入時の需給運用問題への取り組み

PV大量導入時には、軽負荷期を中心に、余剰電力が発生することが想定される。この対策の一つとして、余剰電力が見込まれる時間帯に蓄電・蓄熱などの需要家機器の運転をシフトし、PV発電電力を最大限利用することが有効である。当所では、需要家の便益を考慮した需要家機器の運転計画手法を開発しており、実験とシミュレーションにより、需要家のPV出力抑制電力量や電気料金を低減できることを確認している。

また、PV大量導入により電力需要カーブがダックカーブ化（電力需要が昼間に下がる一方、夕方から夜にかけて急速に立ち上がり、電力需要カーブがアヒルのような形になること）し、夕方に必要な需給調整力が大きく増大することも想定される。この対策として、電力需要カーブの変化が極力滑らかになるように需要家の蓄電池やHP給湯機の運転時間帯をシフトさせるインセンティブ付与手法を開発している。これまでに、住宅地域を対象としたシミュレーションにより、同地域の電力需要ダックカーブ化を有意に改善できることを確認している。

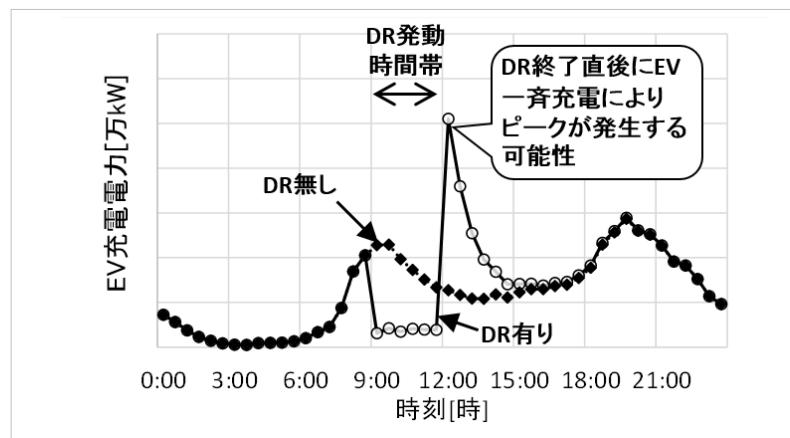
蓄電池の充放電集中緩和に対する取り組み

需要家資源のうち、蓄電池は特に運用の自由度が高いため、需要家が蓄電池を経済運用すると、電気料金が安価な時間に充電が集中するなど、配電系統への影響（過

負荷、電圧変動など)が懸念される。蓄電池の充放電集中緩和策の一つとして、デマンドレスポンス(DR)を活用して、需要家の蓄電池充電を分散させながらシフトさせ、配電系統の負荷平準化を行う手法を開発している。開発手法では、負荷シフト量があらかじめ設定した目標量になるときに、最大のインセンティブを与えるようにして、新たな負荷ピークが発生しない工夫をしている。これまでに、住宅地域配電線を対象としたシミュレーションにより、年間ピーク負荷を最大で約10%低減できることを確認している。

EVのDR活用に関する取り組み

EVは需要家資源の一つであり、将来的にはDRに活用することも考えられている。しかしながら、EVは移動体で、常に電力系統に接続されているわけではなく、どの程度DRに活用できるのか不明である。そこで、当所では電気自動車交通シミュレーターにより、需要抑制指令を与えた場合のDR活用可能量を試算している。これまでに、DR活用可能量(充電抑制と放電の合計)は、日中では自宅と職場で同程度あり、夕方は帰宅により自宅で大きいことを明らかにした。また、需要抑制指令が解除された後にEV充電が集中して新たなピークが発生する可能性のあることも明らかにしており(図参照)、今後、対策を検討していく予定である。



EVをDRに活用した場合の充電電力パターンの解析例

八太 啓行 (はった ひろゆき)

[研究分野] 配電、需要家、エネルギー利用の効率化
<https://wpcrieipi.denken.or.jp/member/hatta/>



大嶺 英太郎 (おおみね えいたろう)

[研究分野] 需要家機器、スマートコミュニティ、余剰電力
<https://wpcrieipi.denken.or.jp/member/eitaro/>





配電線電圧管理に資する 需要家資源の協調制御技術

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)

主任研究員 福島 健太郎 主任研究員 高木 雅昭

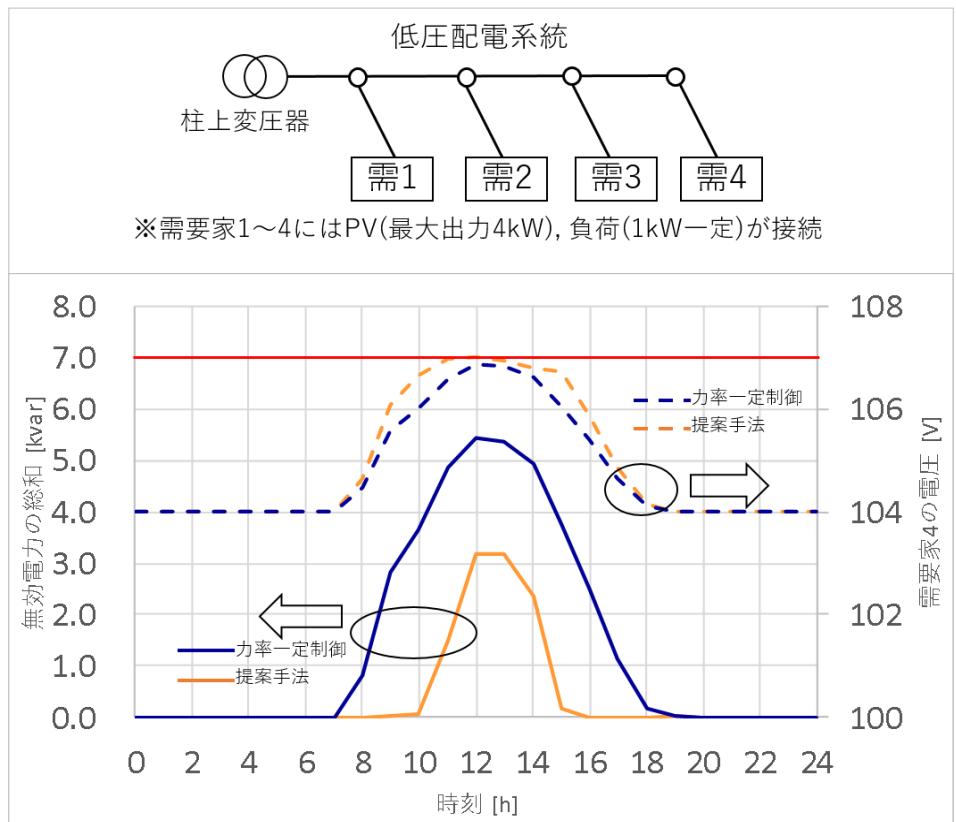
需要家機器の協調制御手法の開発

太陽光発電（P V）の増加に伴い、逆潮流による配電線電圧の過度の上昇が懸念され、これまで種々の対策技術が開発、実用化されてきた。将来的には、蓄電池や電気自動車（E V）の一斉充電などによる新たな電圧変動問題も顕在化する可能性がある。これまで電力会社では、P V対応を含め配電線側の対策として、自動電圧調整装置（S V R）や無効電力補償装置（S V C）などの各種電圧調整装置の設置や改良を行ってきた。

一般的に、長さが数km～数十kmに及ぶ配電線では、需要家間での消費電力パターンの違いに加え、天候によってはP V出力パターンも地点によって異なるものとなる。これらにより、P V大量連系時では電圧変動特性が地点間で大きく異なるケースが想定される。このため、配電線側の電圧調整装置での一括制御に加え、P V、蓄電池、E V用の各パワーコンディショナー（P C S）などの利用を考えた、局所的な電圧変動に対する対策も必要といえる。

現状、P C Sの対策として、P Vを対象に力率一定制御手法（常時、出力有効電力に比例して無効電力を出力）が系統連系規程により規定されているが、今後、F I T（再生可能エネルギー固定価格買取制度）終了などに伴い、P V出力電力を自身で消費する自家消費型に移行した場合、出力される無効電力が過剰となり、配電系統や2次送電系統で電圧が過度に低下するなど、新たな課題が生じる可能性がある。

そこで、当所ではより少ない無効電力で電圧調整を図るためのP C Sの協調制御手法の検討を進めている。その一つとして、配電線の需要家を低圧配電線単位などの複数の需要家群に分け、群ごとで通信により、連系点電圧値、出力電力、無効電力、連系位置などの情報を共有しながら、自律的に無効電力を最適配分する手法を開発している。これまでに、低圧配電線を対象にした実験とシミュレーションによって、快晴日の例で現状の力率一定制御運転と比較して1日の平均無効電力値が約70%低減される（図参照）など、有効性を確認している。



需要家機器の無効電力を自律的に最適配分する手法の効果解析例

需要家機器の経済的成立条件の検討

無効電力による電圧調整について、蓄電池やEV用PCUなどの需要家機器を利用した場合の経済性の検討も行っている。系統側に機器を設置するよりも、需要家機器に調整機能を付加する方が安価であれば、需要家機器活用の経済的メリットが生じる。当所では、これまでに系統側に設置する機器としてSVCを想定し、需要家機器に調整機能を付加する場合との経済性を比較している。

本経済性分析では、PVが分散して連系している配電線モデルを対象にシミュレーションを行い、需要家機器が電圧上昇抑制面で最適に配置された場合、ランダムに配置された場合など、複数の配置パターンについて、SVCに対するブレークイーブンコスト（この価格以下で需要側機器に電圧調整機能を付加することができれば、SVCを用いるよりも経済的に有利となる）を算出した。今後は、前述したような無効電力を最小化する手法の経済性評価を行い、実用化に必要な条件を明らかにする予定である。

福島 健太郎 (ふくしま けんたろう)

[研究分野] 電力品質、需要協調

<https://wp-criepi.denken.or.jp/member/k-fuku/>



高木 雅昭 (たかぎ まさあき)

東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻（博士課程）

[研究分野] エネルギーシステム分析、エネルギー経済、電力系統工学





FastDR を対象とした産業分野における 需要家資源の活用ポテンシャルとコストメリット

一般財団法人 電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター(ENIC)
上席研究員 坂東 茂 たかはし しげる 上席研究員 高橋 雅仁 まさひと

従来、需給逼迫時の対策として、需給調整契約などのデマンド・サイド・マネジメント（D S M）が行われてきたが、I T の進歩や電力市場整備に伴い、需要家のエネルギーマネジメントシステムを通じたデマンドレスポンス（D R）が実現されつつある。2017 年度の冬は東京電力管内にて、2018 年度の夏は関西電力管内にて調整力公募で調達された D R {電源 I' (イチダッシュユ)} が実際に発動された。当所では、海外の電力系統運用者である I S O / R T O における高速デマンドレスポンスプログラム「F a s t D R」活用動向の調査や、我が国での「F a s t D R」向け需要側リソースの活用方法やコストメリットの評価を行っている。

米国の事例

米国の I S O / R T O では、先行して 2000 年代よりアンシラリーサービス供給に需要家資源を登録可能とする制度が定められているところが多く、「F a s t D R リソース」として多くの需要側資源が活用されている。

北米最大の I S O である P J M の周波数調整市場について、リソース種別に、そのパフォーマンススコア（P S）と呼ばれる、0~100%の値で示される成績係数の平均値が公開されている。大型蓄電池を主なリソースとする蓄エネルギー装置はガスタービンと同様 90%を超える高い評点を得ている。近年、登録数が急激に伸びている電気温水器をはじめとした需要側リソースは、水力発電と遜色ない評価（80%以上）を得ており、系統運用への貢献度は総じて高いといえる。

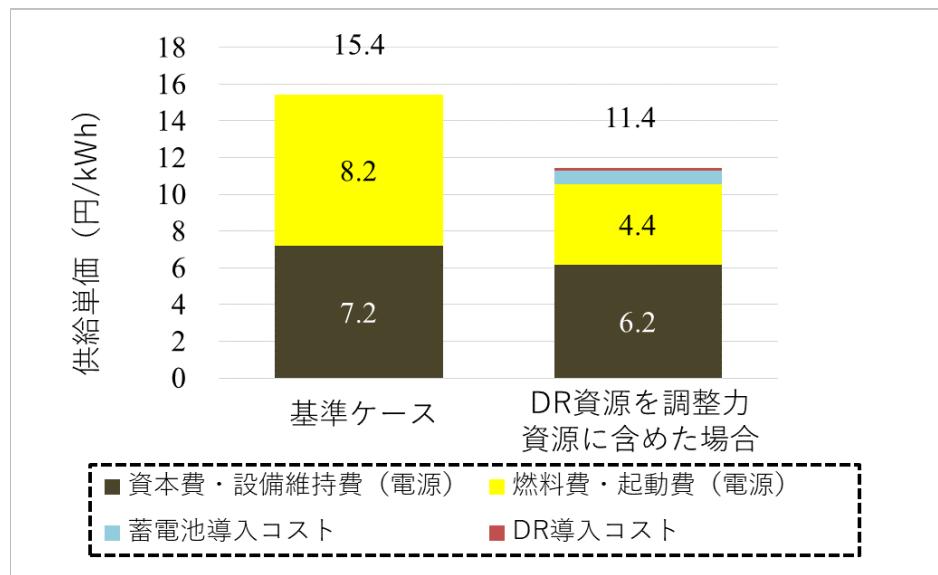
テキサス電力信頼度評議会（E R C O T）の予備力市場では、ピーク需要の 5%にあたる 400 万 kw 規模の予備力登録があり、そのうち 100 ~200 万 kw 程度が市場で落札されている。主なりソース種別は、石油採掘・精製関係やガス製造（窒素など）、電炉であり、これらの業種だけで需要家資源総登録規模のほとんどを占める。日本での適用性を考える上では、産業構造上、量を期待できるリソースは少ないものの、E R C O T がこれほど多くの需要側リソースを集めることができたことは注目に値し、我が国で同様の状況になるための条件整理を試みている。

「Fast DR」のコストメリット評価

将来、再生可能エネルギー電源の大量連系によって、周波数制御や需給バランス調整のための調整力必要量が増え、蓄電池やDRなど従来電源以外の調整力が必要になる。当所では、再生可能エネルギー電源大量導入時代に、どのような調整力資源を開発すべきかを評価できる手法（柔軟性資源計画モデル）を開発している。

検討事例として、再生可能エネルギー電源が大量導入した、ある電力供給エリアを対象に、蓄電池（ナトリウム硫黄、リチウム）とDR資源（家庭用ヒートポンプ給湯機と産業用プロセスの需要能動化）を調整力資源に含めた場合のシステム全体コストを評価し、火力と揚水式水力のみが調整力資源である場合（基準ケース）と比べて26%程度のコスト低減効果があることを明らかにした。

また、配電システムに連系しているリソースが系統運用の信号に一斉に反応すると、電圧変動など局所的に悪影響を及ぼす可能性もあり、これらの評価を今後検討する予定である。



DR資源を調整力資源に含めた場合の系統運用費用軽減効果

坂東 茂 (ばんどう しげる)

[研究分野] 再生可能エネルギー、需給協調

<https://wpcriepl.denken.or.jp/member/bando/>



高橋 雅仁 (たかはし まさひと)

[研究分野] 経済性、電力需要、技術評価、DR

<https://wpcriepl.denken.or.jp/member/m-taka/>





Energy Innovation Center
<https://wp-criepi.denken.or.jp/>

