

新電力向け電力需給管理システム

Power Supply and Demand Management System for Power Producers and Suppliers

岡山 仁

豊嶋 伊知郎

和田 幸祐

■OKAYAMA Hitoshi

■TOYOSHIMA Ichiro

■WADA Kosuke

一般家庭を含む低圧需要家への電力販売が2016年4月に解放されたことで、わが国の電力小売は全面的に自由化された。従来電力小売を行ってきた旧 特定規模電気事業者（以下、新電力と呼ぶ）や旧 一般電気事業者に加えて、様々な企業が小売への参入を検討している。全面自由化後の新電力は、計画値同時同量制度への対応や新規顧客である大量の低圧需要家の需要予測が可能なシステムを必要としている。

東芝は長年培ってきた電力需給管理技術を生かし、全面自由化後の新電力向け電力需給管理システムを開発した。このシステムは、新たに自由化対象となった低圧需要家の需要予測機能を中心に、太陽光発電（PV）などの再生可能エネルギーによる発電量の予測機能や、需要調達計画など各種計画の作成機能、同時同量監視機能などから構成される。更に、先進的な需要抑制手段として、デマンドレスポンス（DR：Demand Response）機能も備えている。

The Japanese retail electricity market, including that for low-voltage consumers, was fully liberalized in April 2016. In addition to conventional power producers and suppliers (PPS) and general electricity utilities, various companies are entering the retail electricity market. There has been a growing need for systems for such PPS to support planned power balancing, as well as to perform demand forecasting for the increasing number of new low-voltage consumers.

With these market trends as a background, Toshiba has developed a power supply and demand management system for PPS after the full liberalization of electricity retailing based on its know-how cultivated through the development of electricity supply and demand control technologies. This system incorporates the following functions: a demand forecasting function for new low-voltage consumers, a photovoltaic (PV) power generation forecasting function, various planning and scheduling functions including a demand procurement schedule, and a balancing monitoring function. It also supports a demand response (DR) function as an advanced control measure for the suppression of electricity demand.

1 まえがき

わが国の電力小売の自由化は、2000年3月に大規模工場や、デパート、オフィスビルなどの特別高圧の需要家を対象に始まり、2004年4月から中規模工場や中小ビルなどの高圧の需要家へも範囲が拡大された。更に、一般家庭を中心とした低圧需要家への電力小売が2016年4月に解放されたことで、わが国の電力小売市場は全面自由化された。これを受けて小売電気事業者への登録を行った新電力は2016年8月現在で約330社に上っており、自由度の高い料金プランの提案や電力以外の商材とのセット販売などの新たなビジネスが多数展開されている。

小売電気事業者に課せられる義務のうちもっとも重要なものは、需要家が消費する電力に対応する供給力（自社で保有する発電機以外に取引所や相対取引で調達するものも含む）を確保することである。これを効率的に行うためのソリューションが、新電力から求められている。

東芝は旧 一般電気事業者に対して、中央給電指令所システムに代表される需給管理システムをはじめとする様々なソリューションを提案し、システムを納入してきた。国内向け自動

給システムで、業界のトップシェア^(注1)を維持している。また、2000年3月の電力小売部分自由化の開始以降、需給管理技術や電力取引技術を搭載したシステムを一般送配電事業者、小売電気事業者、及び発電事業者に納入してきた⁽¹⁾⁻⁽³⁾。当社は電力小売の全面自由化に際して、低圧需要家向けの事業にも対応できる新電力向け電力需給管理システムを、これまでの経験に基づいて開発した。

ここでは、全面自由化後の電力需給管理の課題を解決する電力需給管理システムの主な特徴と、その要素技術の詳細について述べる。

2 電力需給管理システムに要求される機能

2016年4月の低圧需要家への電力小売の自由化は、一連の電力システム改革の流れのなかで小売電気事業の全面自由化と位置づけられる。関連する制度上の主な変更は以下の3点である。

- (1) 一般家庭を含む低圧需要家が、小売電気事業者を自

(注1) 2016年9月現在、当社調べ。

3 電力需給管理システムを構成する機能の特徴

電力需給管理システムを構成するそれぞれの機能の特徴を以下に説明する。

3.1 需要家・供給力情報管理機能

需要家情報や供給力情報など、計画値同時同量を管理する単位であるバラシンググループ (BG) の情報を登録し、管理する。データモデルはシステム連係先である広域機関システムとのデータ連係プロトコルに準拠しており、この機能に基づくデータを活用することでOCCTO及び他の新電力とスムーズな情報連係を実現できる。

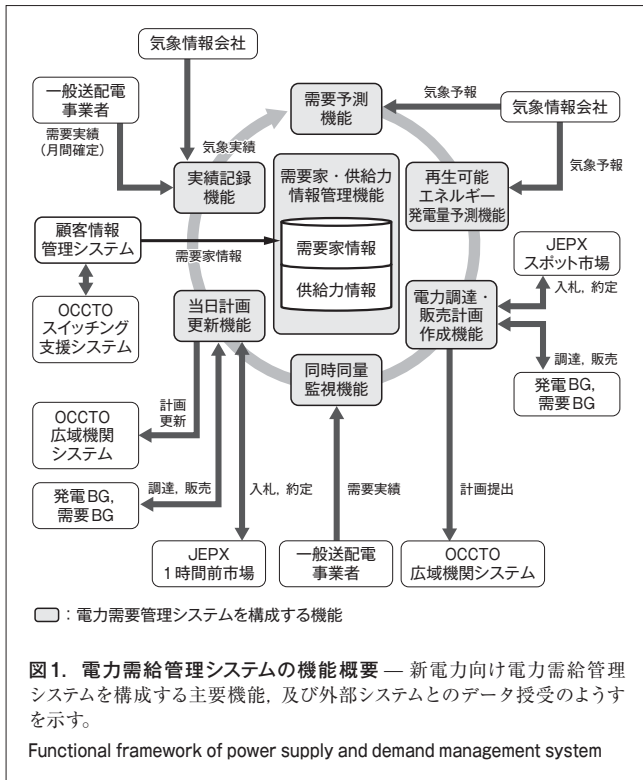
また旧一般電気事業者の供給区域単位で複数の小売電気事業者を管理でき、それらをまとめたBG単位で需給を管理できる。

3.2 需要予測機能

計画値同時同量制度の下では、需要計画値と需要実績値 (実際に需要家が消費する電力) の間に差 (インバランス) が生じた場合、小売電気事業者は一般送配電事業者に対して、ペナルティとしてインバランス料金を支払わなくてはならない。このインバランス料金をできるだけ抑えるために、需要予測は非常に重要な機能であり、高い予測精度が求められる。電力小売全面自由化後の需要家は多様であり、その需要パターンも複雑かつ多彩である。電力需給管理システムの需要予測機能では、特徴の異なる二つの予測手法を用意することで、どのような需要家に対しても高精度の需要予測を提供する (図2)。

予測手法はパターンマッチ法と回帰分析法の2種類であり、ユーザーがどちらかを選択して実行する。どちらも気象予報値を説明変数とする統計的予測手法であるが、前者は特徴的な需要パターンが繰り返し現れる場合に適しており、後者は需要が複雑に変化するケースに向いている。

低圧需要家の需要予測については回帰分析法が予測精度



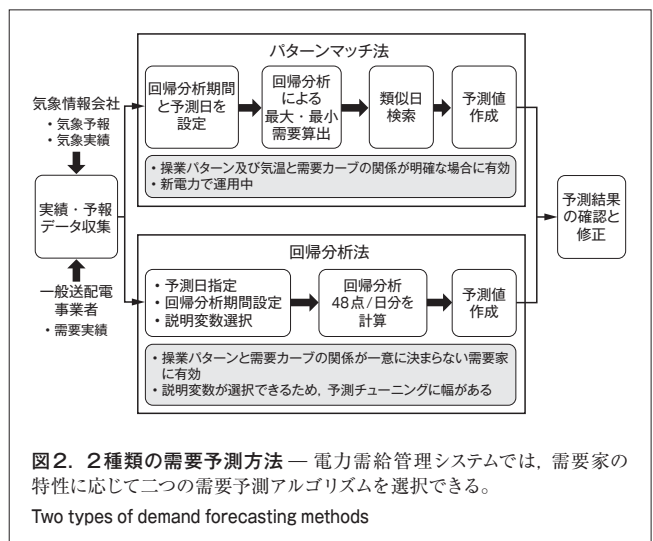
由に選択できるようになった。これにより、全ての需要家との契約が自由化された。

- (2) 同時同量制約が、実同時同量制度から、提出期限 (電力受渡の1時間前) までに電力広域的運営推進機関 (OCCTO) に提出した計画を順守する計画値同時同量制度に変更された。
- (3) 一般社団法人 日本卸電力取引所 (JEPX) が365日営業になり、それまでは休業だった土曜日、日曜日、及び祝日も取引が行われるようになった。従来のシングルプライスオークション方式の時間前市場は閉鎖され、当日市場として1時間前市場が新設された。

全面自由化後は、小売電気事業者はこれらの変化に対応することが必須となる。したがって電力需給管理システムの要件は、次の2点に集約される。

- (1) 新たに自由化の対象になった低圧需要家を含む全ての区分の需要家を登録管理できる機能と、電力市場取引も包括した供給力管理機能を搭載すること。
- (2) 計画値同時同量の実現手段を備えること。具体的には、需要量と発電量の予測機能、需要調達計画の各種計画作成機能、及び当日の同時同量の監視機能を持つこと。

電力需給管理システムの機能概要を図1に示す。このシステムは、需要家・供給力情報管理機能、需要予測機能、再生可能エネルギー発電量予測機能、電力調達・販売計画作成機能、同時同量監視機能、当日計画更新機能、実績記録機能により、上の2要件を実現している。



向上に寄与すると考えているが、これは家庭の電力使用傾向に関して当社がこれまでに培ってきた知見に負うところが大きい。また補助機能として、需要家を任意にグルーピングしてグループ単位で予測することで、計算時間を短縮できる。

3.3 再生可能エネルギー発電量予測機能

PVに代表される再生可能エネルギーを新電力の供給源として活用するためには、電力需給管理システムが発電量の予測をより正確に行う必要がある。当社はこれまでのPV発電量予測の運用経験⁽⁴⁾、⁽⁵⁾を生かし、過去実績を基にした回帰分析による予測を採用している(図3)。発電と気象の実績データを基に設定した計算条件で回帰分析を行い、その結果を確認修正して発電量の予測値を得る。

また、日の出・日の入り時刻を考慮して予測結果を作成することは、精度の面で大変重要である。一般に新電力などが保有するPVの設置場所は国内全域に存在しており、それぞれの位置における日の出・日の入り時刻は各々異なっている。この予測機能では、わが国の任意のPV設置地点に対する日の出・日の入り時刻補正機能を搭載している。

3.4 電力調達・販売計画作成機能

3.4.1 収益最大化を実現する計画作成機能 電力調達・販売計画作成機能は、従来は需要計画に見合う供給力の調達コストが安くなるような供給力の組合せを求め、つまりコスト最小化を計画作成の目的としていた。電力需給管理システムでは、需要計画値を超える供給力を他社から調達しても、余剰分をより高い価格で市場などに転売できるのであればその計画を採用するという、収益最大化を目的とするものに見直した。これは、現在ではスポット市場や1時間前市場が開設されており、有利な価格で売電することが可能になったため、今後もこれを収益機会とするケースが増加すると考えられる。

JEPX市場における入札戦略の最適化は、電力調達・販売計画作成機能と当日計画変更機能に含まれる電力取引支援シ

ステムPower Trader^{TM(3)}が自動的に実施する。したがって電力需給管理システムの運用者は、JEPXにおける入札方式の仕組みを意識することなく、需要調達計画などの各種計画を作成できる。

3.4.2 電力取引市場価格予測機能 スポット取引市場の価格予測は、過去の約定価格の実績をベースとした統計的予測により求める。いわゆる1時間前市場の価格予測は、次のインバランス価格予測機能の項で述べる。

3.4.3 インバランス価格予測機能 計画値同時同量制度においては、30分ごとに需要家の消費電力を予測した需要計画値に見合う供給力を電力取引などで調達しなければならない。インバランスは需要実績値が需要予測値と乖離(かいり)することによって起こるので、予測の精度を上げることがインバランスの減少につながる。一般的に、電力需要は気象条件に追従するので、需要予測の精度は気象予報の精度に左右されると考えられる。

この機能では気象予報値の時刻ごとの変化量を定量化し、これがインバランスに与える影響を計算によって求める。更に、その結果をスポット取引市場及び当日市場の需給曲線モデルに反映していくつかの指標を算出することで、インバランス価格の予測値を計算する。これらの因果関係を図4に示す。現在は、計画時からの気象予測変化に着目してインバランス価格を予測するモデルを使用している。今後は、発電機故障や再生可能エネルギーの予測変化も反映するよう研究開発を進める。

この機能では独自の需給曲線再現アルゴリズムにより、スポット市場と1時間前市場の需給曲線を予測する。これらの曲線に、気象変化量から系統全体のインバランス量を予測した結果を反映することで、スポット市場及び1時間前市場の価格変化を予測できる。需給曲線の考え方や、インバランス価格の定義は、2016年3月の経済産業省告示⁽⁶⁾に準じている。

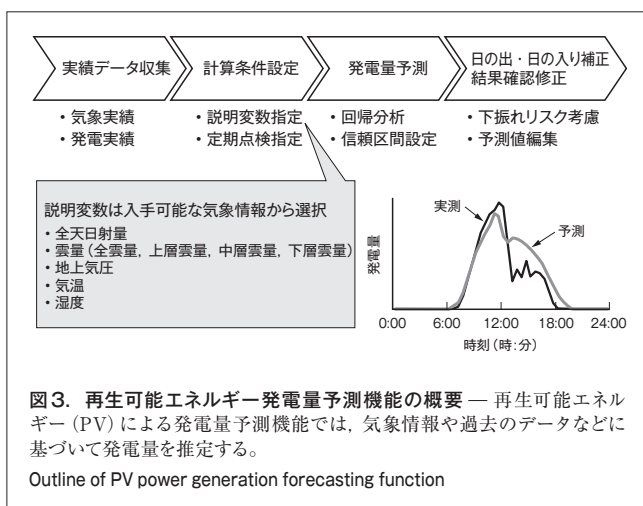


図3. 再生可能エネルギー発電量予測機能の概要 — 再生可能エネルギー(PV)による発電量予測機能では、気象情報や過去のデータなどに基づいて発電量を推定する。

Outline of PV power generation forecasting function

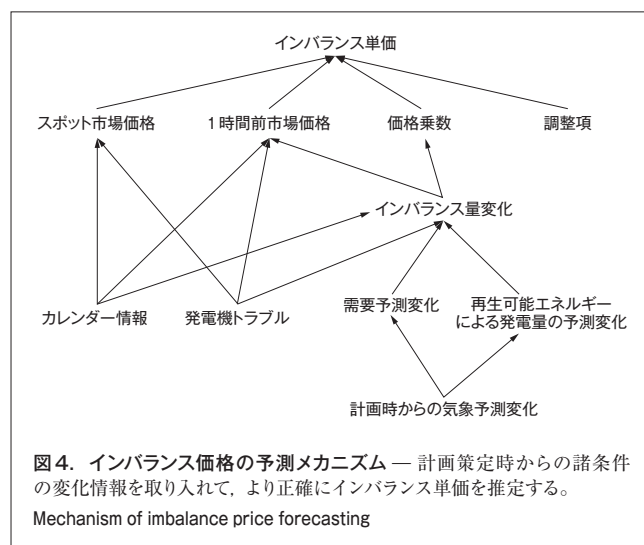


図4. インバランス価格の予測メカニズム — 計画策定時からの諸条件の変化情報を取り入れて、より正確にインバランス単価を推定する。

Mechanism of imbalance price forecasting

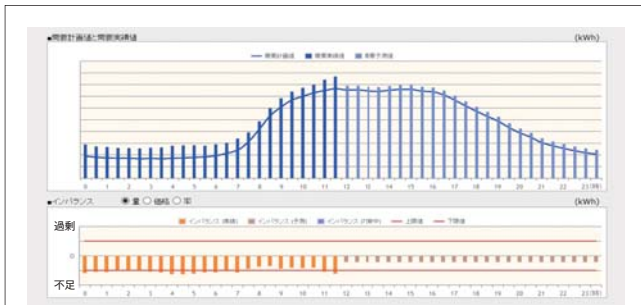


図5. 同時同量監視画面の例 — 電力需給管理システムのメイン画面である同時同量監視画面では、需要電力量やインバランス(量, 価格, 及び率を切換え可能)を表示できる。

Example of balancing monitoring display

電力取引市場は現在の形態になってから日が浅く、その統計的性質も刻々と変化している。インバランス価格予測は、3.4.2項の電力取引市場価格予測と併せて、調査と開発を継続する必要がある。

3.5 同時同量監視機能

30分ごとに一般送配電事業者のネットワークサービスセンター (NSC) から送信されてくる需要実績値とOCCTOへ提出した需要計画値を比較し、インバランス発生状況を監視する(図5)。

加えて電力需給管理システムでは、DRによる需要抑制を行う機能も搭載している。需要家へのDR送出には、実証事業にて実績のある⁽⁷⁾OpenADR 2.0bを用いている。

3.6 当日計画更新機能

当日計画更新機能では、NSCから受信した実績データで補正した需要予測をOCCTOへ提出した需要計画と比較し、当日分のインバランス発生見込みを予測する。そして、インバランス発生見込みがシステムで事前に登録されたしきい値を超える場合に、1時間前市場取引などを活用したインバランス解消施策を作成し実行する。この機能は、運用者を介さず自動実行することも想定しており、深夜、早朝、及び休日の運用における省力化の要となる。

3.7 実績記録機能

実績記録機能は、NSC及び気象情報会社から日々受信する実績データを保存し管理する。また日々の需給管理業務で作成する予測の結果やOCCTOへ提出した需要調達計画などの各種計画も一定期間保存する。これらのデータは任意のグループごとにインポートすることが可能であり、様々な分析に活用できる。

4 運用状況

2016年4月以降、電力需給管理システムは複数の新電力に導入され、需給管理業務に使用されている。業務の基幹となる

予測機能や計画機能だけでなくDRを活用した例もあり、自由度の高い運用に貢献している。

5 あとがき

全面自由化された電力小売市場において新電力の事業形態は多様であり、求められるソリューション也多岐にわたっている。今後はソフトウェアプロダクトライン管理の最適化により更に低コスト化を進めつつ、新電力に応じたシステムを開発していく。

また低压カテゴリーを中心とした需要家の動向や電力取引市場の変化を継続的に調査し、予測機能や計画機能の洗練化を進めるとともに、これらの機能と知見を旧一般電気事業者の小売部門向け需給管理システムへも展開していく。

文献

- (1) 都築辰夫 他. 規制緩和・電力自由化時代の電力系統・配電システム. 東芝レビュー. 56, 8, 2001, p.62-65.
- (2) 都築辰夫 他. イーレックス(株) 託送エネルギー管理システムへのイントラネット技術適用. 東芝レビュー. 57, 2, 2002, p.52-53.
- (3) 廣本博史 他. 電力取引及びリスク管理システムPower Trader™. 東芝レビュー. 59, 4, 2004, p.48-51.
- (4) 高木喜久雄 他. 災害に強い電力供給インフラを実現するスマートグリッド技術. 東芝レビュー. 66, 8, 2011, p.8-12.
- (5) 勝山 実 他. スマートグリッドにおける監視制御技術. 東芝レビュー. 68, 8, 2013, p.6-9.
- (6) 経済産業省 資源エネルギー庁 小売全面自由化に向けてインバランス料金の算定の基となる単価の告示の公布を行いました. 経済産業省ホームページ. <<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160301004/20160301004.html>>. (参照 2016-08-29).
- (7) 金子 雄 他. 地域エネルギーマネジメントシステムのOpenADR^(®) 2.0b対応. 東芝レビュー. 70, 9, 2015, p.29-32.



岡山 仁 OKAYAMA Hitoshi

エネルギーシステムソリューション社 電力流通システム事業部 系統ソリューション技術部主務。電力需給管理システムのエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



豊嶋 伊知郎 TOYOSHIMA Ichiro, Ph.D.

エネルギーシステムソリューション社 府中エネルギーシステムソリューション工場 電力系統システム部主務。博士(工学)。電力需給管理システムのワークフローの最適化や需要及び価格予測の研究・開発・設計に従事。電子情報通信学会, IEEE会員。

Fuchu Operations - Energy Systems & Solutions



和田 幸祐 WADA Kosuke

エネルギーシステムソリューション社 府中エネルギーシステムソリューション工場 電力系統システム部主査。電力需給管理システムの設計・開発に従事。

Fuchu Operations - Energy Systems & Solutions