

連携記事

東日本大震災後のスマートグリッド

A Smart Grid after Tohoku Region Pacific Coast Earthquake

神竹孝至 (株) 東芝 研究開発センター
執行役常務待遇
Takashi Kamitake 首席技監

1 はじめに

本年3月11日の東日本大震災は人的物的に甚大な被害をもたらしたのみならず、信頼性が極めて高いとされてきた我が国の電力網にも大きな損傷を与えた。我が国の電力網はこれまで十分な供給能力を備えることにより、基本的に供給側が需要に応えることで対応してきたが、新たな局面に対して、需要と供給が互いの状況を連絡して最適点を見つける考え方の導入が必要と思われる。スマートグリッドはまさにこれを実現するものであって、今後期待が高まるであろう。本稿では大震災後のスマートグリッドのあり方に焦点を当ててみたい。

2 震災後の東京電力・東北電力管内の電力事情

東京電力・東北電力管内において東日本大震災によって停止し、5月4日時点で未復旧の発電量は1672万kWに達した。火力発電所の復旧などにより、東京電力管内では今夏までに供給量は5500万kWまで回復する(5月4日時点の見込み)が、今夏の最大電力需要予想5500万kW(発電端1日最大)に対して余裕がなく、企業・家庭とも15%の節電が求められている。これに対し企業は、自家発電機の運転、空調・照明の抑制、電力使用が少ない夜間、早朝、土日への操業シフト、夏季休暇の長期化などでこの要請に応えようとしているが、全体の電力使用量の1/3を占める家庭での節電が不安である。家庭での節電意識は高まっているとはいえ、戸別の電力使用量がリアルタイムに把握できる訳ではなく自制するにしても目安に乏しい。ネット上に開示されるようになった電力供給量総計及び電力需要総計を目安にするしかないのが実情である。

3 これまでの日本におけるスマートグリッド

地球温暖化防止のために太陽光発電(Photovoltaic Generation 以下PV)を初めとする再生可能エネルギーの大量導入が政策的に計画されている。これまでの日本におけるスマートグリッドの議論は、これに付随して必要になるものとの考え方が強かったように思う。すなわち大量の再生可能エネルギーを導入するとシステムの安定性に問題が生じる懸念があるので、その対策として再生可能エネルギー、蓄電池、スマートメータ、配電機器、エネルギー管理システム、情報通信システムなどを有機的にシステム化したスマートグリッドが必要になるとの考え方である。

とくに、我が国においては、大量のPV導入による配電線の電圧上昇の問題、余剰電力問題が良く検討されており、その要旨は本誌の横山教授の記事¹⁾に記載されている。ただし震災により原子力発電などのベース供給力がこれまでの計画より下がるのであれば、“2020年断面で2800万kWのPV導入に対して3.5兆円程度、2030年断面で5300万kWのPV導入に対して6兆円程度”という余剰電力対策の費用試算は下方修正する必要があると思われる。余剰電力対策は従来予想より軽減できると考えられるからである*1。

4 今後の日本型スマートグリッド

大震災後、分散電源に対する注目が集まっている。この理由は下記の2点と考えられる：①大規模発電所が計画から完成に至るまで長期間を要するのに対して、分散電源は比較的短期間に設置できる、②分散電源は小規模な電源を多数設置するものであるため、1か所あるいはある地域の分散電源が

*1 一方で、ベース供給力が減少すると、4.1節で記載する最大需要低減のための電力貯蔵費用は増加する。

天災などにより障害を受けても大きな電力損失になりにくく、耐障害性に強い。

また震災後、節電の要請、とくにピーク時の節電要請が極めて高くなった。この節電要請は今年に限ったものではなく、相当期間続くと思われる。

上記2点を考えると、今後の日本型スマートグリッドは、供給不足を緩和するために、①システムの安定を保ちつつ多数の分散電源を収容できる機能、②節電、とくにピーク時の節電を支援する機能、の2点がとくに求められるようになると思われる。

4.1 太陽光発電 (PV) 大量導入の効果と課題

本項では分散電源のうち効果や課題が比較的良く検討されているPVについて、考えてみたい。大震災直後、PV装置を設置した家庭からは停電時でも電気が使えた喜びの声があった。家庭用蓄電池を求める声も高まり、1～5kWh程度の小容量ではあるが複数のメーカから商品化計画が発表されている。この傾向が継続するか否かは不明であるが、PV普及の後押し、さらには家庭用蓄電池導入のきっかけになる可能性がある。

さてPVが電力需給をどの程度緩和するかを、東京大学萩本教授の研究成果²⁾から紹介しよう。図1は、最大需要約6000万kWのモデル系統に1900万kWのPV装置が接続され、さらに貯蔵容量4000万kWh、充放電容量500万kWの電力貯蔵装置(揚水発電と分散電力貯蔵装置)が接続された場

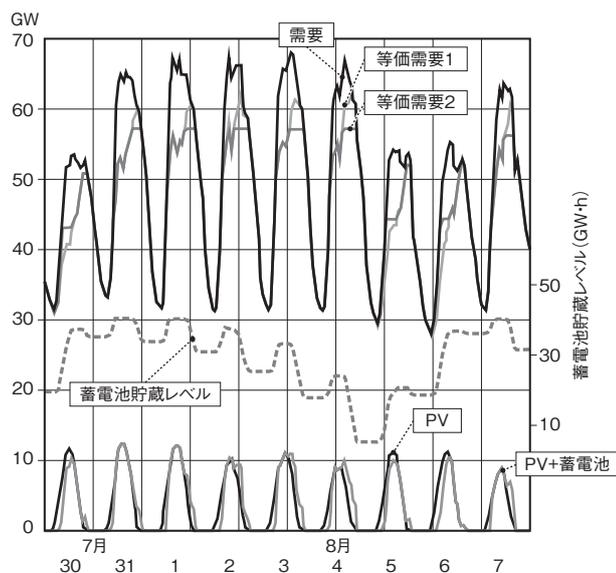


図1 太陽光発電 (PV) による等価需要の抑制効果²⁾

合の8月(電力の逼迫時期)のシミュレーション結果である。図において、等価需要1は電力需要からPV出力を差し引いたもの、等価需要2は電力需要からPV出力と蓄電池からの出力(充電の場合は負の値になる)を差し引いたものである。電力貯蔵装置が無い場合は等価需要1相当分を、電力貯蔵装置がある場合は等価需要2相当分を、既存の発電所から供給しなければならないことになる。図は、PV単独の場合は等価最大需要を500万kW、PV装置と電力貯蔵装置の両方がある場合は等価最大需要を1000万kW減少させることができるという結果である。ただしPVと電力貯蔵装置の適切な組み合わせ、言い換えればエネルギー管理が必要であってここにスマートグリッドの出番がある。

しかし残念ながら、PVの導入量はすぐには1900万kWのレベルにはならない。上述の6000万kWのモデル系統はほぼ東京電力の規模に相当すると考えれば良いが、2020年の日本全体のPVの導入目標が2800万kWであることからして、東京電力の規模に1900万kW導入されるのは早くても2020年以降になるのではなかろうか。また電力貯蔵コストも課題になろう。4000万kWhはNAS電池並のコスト(2.5万円/kWhと仮定)で算定すると1兆円になる。この電力貯蔵装置は、もちろん3章で述べた余剰電力のための電力貯蔵装置と共用できるものであるが、それにしても多額であり、この費用を誰が負担するかは今後の検討を待たなければならない。また需要家設備のPV装置や電力貯蔵装置²⁾と系統側を連携動作させることが望ましいが、系統運用者と需要家の利益は必ずしも一致するとは限らないため³⁾、どのような連携動作をさせるか、技術的というよりむしろ政治的な課題が生じる。

4.2 スマートメータ導入の効果と課題

節電技術としてはとくに家庭用のスマートメータを取り上げてみたい。500kW以上の大口需要家に対しては需要調整契約がありピーク需要を抑える仕組みが既にあるが、家庭にはそのような仕組みがない。それどころか、家庭はどれだけの電力を使っているか適宜知るすべがない。スマートメータの効果の第一は、リアルタイムで電力使用量がわかる“見える化”にあると言われている。“見える化”をすると節電意識が生まれやすいと言われており、米国におけるパイロットプロジェクトの結果を調査した電力中央研究所の調査報告書³⁾によれば、その節電効果は5-15%である。ただし節電意識は最初は高いとしても長続きするののかという疑問があり、今後も継続調査が必要である。

見える化よりさらに強力なのがデマンドレスポンスであ

*2 電力貯蔵装置は系統側機器の場合もある。

*3 例えば電力余剰状態の場合、系統運用者にとって、PVの出力抑制はその解決法の一つという意味で有益であるが、PVを設置した需要家にとっては売電機会の損失になる。

る。デマンドレスポンスとは、電力需給の状態に応じて料金を変更するダイナミック料金設定によって、ピーク時間帯における電力消費を抑制しようというものである。需要調整契約の家庭版と言っても良いかもしれない。デマンドレスポンスは電力需給の厳しい米国でとくに注目されてきた。その米国の実証事業を調査した電力中央研究所の調査報告⁴⁾によれば、①10-20%のピーク削減効果が認められるケースが多い、②ピーク時の料金を他の時間帯より急峻に高くする(オフロード時の4-7倍が多い)緊急ピーク時課金(CPP: Critical Peak Pricing)を導入し、なおかつサーモスタットなどの“支援技術”^{*4}を用いた場合は50%程度のピーク需要削減効果が出たケースがある。支援技術付きCPPは需要家にとっても割高料金の時に自動的に節電することで電気料金の節約ができるメリットがあるが、反面、支援技術付きCPPによる自動的な節電を嫌う需要家もいる。したがって、支援技術付きCPPは強力ではあるが、需要家に強制することは困難であり、任意契約にせざるを得ないと考えられている。また需要ピーク時に価格を上げるのはフェアでないと考えている人もおり、この辺りの受容性が課題である。なおCPPとは逆に、ピーク時に節電した場合にその節電量に応じて報奨金を支払う料金スキーム(PTR: Peak Time Rebate)もあり、この方が受容性が高いとの意見もある。ただし節電量の算定は困難である。

なお、連邦エネルギー規制委員会(FERC)が、デマンドレスポンスによるピーク需要の削減などに関し、米国における現状、および今後10年間の見通しを作成している。2011年のFERC報告⁵⁾によると、現状のデマンドレスポンスにより確保されるピーク需要の削減量は5800万kWであり、これは全米の最大需要の7.6%にあたる。このうち家庭用デマンドレスポンスによるピーク需要の削減は900万kWであり全体削減量の15%にあたる。2009年のFERC報告⁶⁾では、将来、デマンドレスポンスをさらに普及させることによって、ピーク需要をどこまで削減可能か4つのケースに分けて試算している(図2): ①通常ケース、②拡大ケース、③多数参加ケース、④全員参加ケース。全員参加ケースの場合は、ピーク需要を20%(18800万kW)削減できると予測されている。

我が国は米国と比較して既に節電が進んでおり、米国より効果が少ないという意見もある。ともあれ我が国においてもデマンドレスポンスの効果を実証実験などで確認する必要があると思われる。

4.3 スマートコミュニティへ

本稿ではこれまで電力需給に限定して記述を進めてきたが、現実には電力、熱、水、交通、医療などを総合的に構築す

ることが要求されたり、総合的に制御することが効果的である場合がある。今回の大震災においても、電力のみならず全てのインフラが壊滅状態になり、ゼロから構築し直さなければならぬ地域がある。スマートグリッドに留まらずスマートコミュニティとして検討することが必要であることを意味している。図3は、横浜スマートシティプロジェクトの完成予想図である。電力のみならず、電気自動車(EV)を含めた交通、熱などが統合される予定である。これは大都会向けのシステムであるが、今後の東北地方の復興にも是非活かしていきたい。

5 スマートグリッド製品の実際

本章では、スマートグリッドを構成する実際の製品例を紹介する。

(1) スマートメータ

写真1は米国向けANSI規格準拠のスマートメータとイン

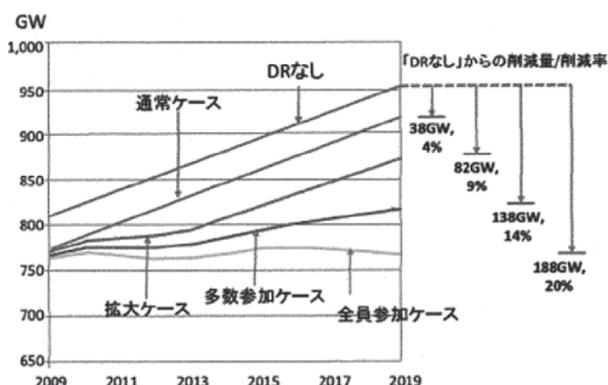


図2 デマンドレスポンスによるピーク需要抑制効果⁶⁾ (米国における見積もり)

インフラ高度化型: 横浜スマートシティプロジェクト概要

プロジェクト全体概要

- CO2の大幅な削減に向けた既存都市における新しい都市づくり
- 実フィールドを活用した大規模な実証を実施
- 地域での熱エネルギー管理の導入
- 河川水、海水などを利用した熱源水ネットワークの整備
- 次世代交通システム(EV)の整備



図3 横浜スマートシティプロジェクト

*4 サーモスタットなどの設定値を料金ごとに予め需要家が登録しておき、運用時はそれによって自動的に制御される技術。

ホームディスプレイの外観写真である。スマートメータは有効電力量、無効電力量、電圧、電流、周波数、力率などを定期的に計測し系統運用者に送信する。これによって、系統運用者は需要の変動をいち早く知ることができると共に、個々の需要家単位での異常を把握できる。またスマートメータの計測結果はインホームディスプレイによって需要家にも提示され、需要家の節電意識を高めることができる。またダイナミック料金設定時の料金単価も表示することができるようになっている。

(2) メガソーラー

写真2は2011年3月に運転開始した北陸電力(株)、志賀太陽光発電所の外観写真である。発電出力は1000kW、パネル総数は4,815枚であり、想定年間発電量は約100万kWh/年と見込まれている。これは一般家庭約250世帯分の年間使用電力量に相当し、CO₂削減量は年間約300tと見込まれている。

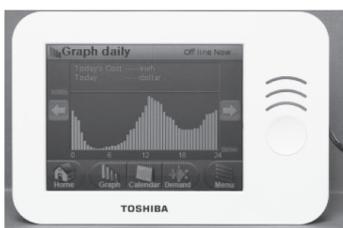


写真1 スマートメータとインホームディスプレイ



写真2 北陸電力(株) 志賀太陽光発電所

(3) 蓄電池

表1は系統向けに開発した50kWリチウムイオン蓄電池システムの基本仕様であり、写真3はその外観写真である。写真の左端が最大充放電容量50kWの電力入出力制御装置(PCS: Power Conditioning System)、その右側が10kWhの蓄電池システムである。それらが数セット設置されているのが見える。なお蓄電池技術の進展は目覚ましく、さらなる蓄電容量・最大充放電容量・寿命の蓄電池システムが今後期待できる。

(4) エネルギー管理装置

スマートグリッドのエネルギー管理を司る μ EMS (Micro Energy Management System)の外観図を写真4に示す。また写真5は実規模システムモデルでの需給制御シミュレーションの

表1 50kW蓄電池システムの基本仕様

項目	仕様
公称電圧	432V
公称容量	24Ah
最大充放電電力	50kW
蓄電容量	10kWh



写真3 50kW蓄電池システム



写真4 エネルギー管理装置(μ EMS)

結果例である。太陽光発電の出力変動がある場合でも、需給アンバランスを5分間平均値で $\pm 2.4\%$ 以内に維持できている。

(5) 企業向け電力見える化サービス

今夏の導入が検討されている総量規制対応として、使用電力の抑制に向けて、企業や組織全体の使用電力を自動集計し、リアルタイムで「見える化」するサービスが発表されている。図4は東芝のサービス例であるが、各拠点の電力使用量を1分～30分周期で測定し、インターネット経由でデータセンターに送信、自動集計することにより、リアルタイムで企業全体の電力見える化を実現している。

6 おわりに

本稿では、大震災前後の日本型スマートグリッドの変化に焦点を当てた。震災後まもなくの記載なので不十分な記載や誤解も多々あると思うがご容赦願いたい。いずれにせよ日本

の電力系統におけるスマートグリッドの重要度が高まったことは事実と思われる。電力供給力不足は日本だけでなく世界各国で起きていることである。電力安定供給に資する経済合理性のあるスマートグリッドを日本が構築できれば、それは世界各国に通用するという意味を意味する。その構築に向け、鉄鋼業界の皆様とも連携できれば幸いである。

参考文献

- 1) 横山明彦：日本型スマートグリッドの現状と今後の動向，本誌，533.
- 2) 荻本和彦：太陽光発電と電力システム，電子情報通信学会誌，93 (2010) 3, 217-221.
- 3) 高山正俊，山口順之，高橋雅仁，戸田直樹，浅野浩志：スマートメータ導入に関する米国の動向とわが国における便益評価の課題，電力中央研究所研究報告書，Y09028 (2010年5月)
- 4) 服部徹，戸田直樹：米国における家庭用デマンドレスポンス・プログラムの現状と展望，電力中央研究所研究報告書，Y10005 (2011年3月)
- 5) FERC, Assessment of Demand Response and Advanced Metering, (2011年2月)
- 6) FERC, A National Assessment of Demand Response Potential, (2009年6月)
- 7) 吉村吉彦，小林武則，矢野良：スマートグリッド監視制御システム μ EMS, 東芝レビュー (2010年9月)

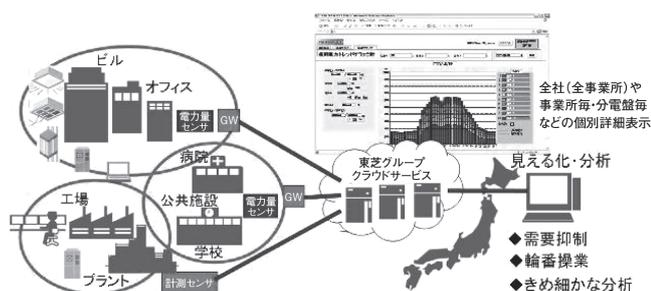


図4 使用電力見える化クラウドサービス

(2011年6月6日受付)

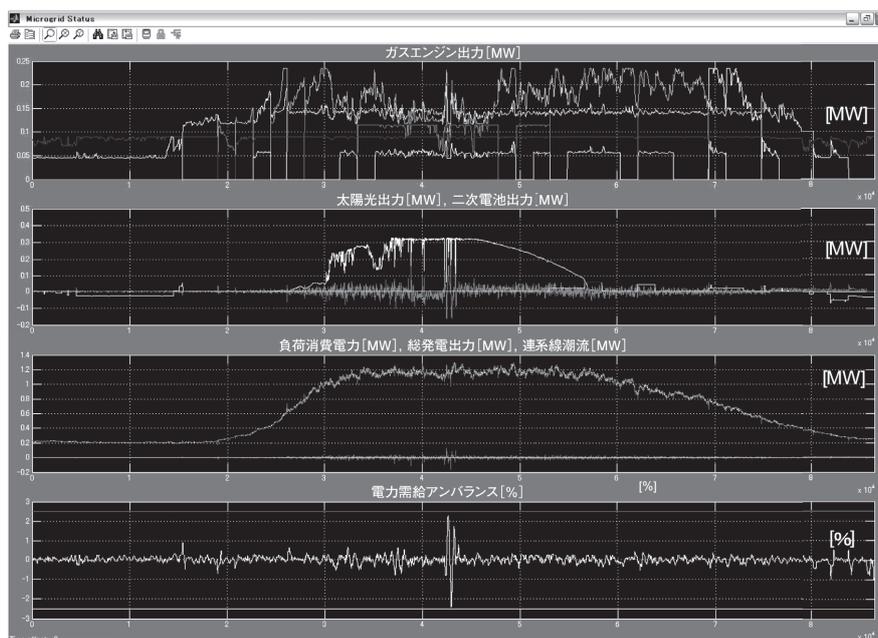


写真5 需給制御のシミュレーション結果例⁷⁾