

低炭素社会を実現するスマートグリッドと スマートシティ

中田 祐司 (株式会社日立製作所)

Smart Grid and Smart City to Achieve a Transition to a Lower Carbon Society
Yuji Nakata (Hitachi, Ltd.)

1. はじめに

今、世界中でスマートグリッドやスマートシティが活発に議論されている。スマートグリッドとは、電力技術や情報技術を駆使した次世代の電力流通基盤である。スマートシティ (またはスマートコミュニティ) とは、スマートグリッドのコンセプトを拡張し、ある地域内の電力やガスなどの複数のエネルギーの需給システムを統合し、エネルギーの効率化を図るとともに家庭用太陽光発電 (以下、家庭用 PV: Photovoltaic) などの再生可能電源を最大限活用しようとする取り組みである⁽¹⁾。以下に、スマートグリッドおよびスマートシティの技術動向について紹介する。

2. スマートグリッドの背景

スマートグリッドの議論の背景は、化石燃料枯渇問題、電力流通基盤の老朽化問題、および地球温暖化問題である。化石燃料枯渇問題は図 1 に示すようにエネルギー採掘可能年数が限られていることである。この年数は、石炭、ウラン、天然ガス、石油の順であり、石油は 40 年ほどで枯渇することが予想されていることである。また 2030 年の世界の一次エネルギー消費量は 2006 年の約 1.5 倍に増加する見通しである。特にエネルギー資源の多くを海外に依存している国々では、エネルギー安全保障は大きな課題である。

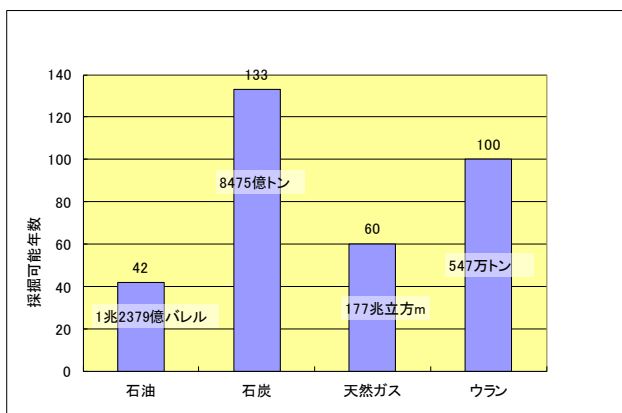


図 1. 世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量、可能年数
出典 電気事業連合会電気事業の現状 2009 年

また電力に対する依存度が増加している今日のデジタル化社会の中で、世界中で大規模の停電が頻発している。2003 年の北米停電の損失額は 5~60 億ドル、米国の停電や電力事故による経済損失は年間 250~1,800 億ドルと推定されている。電力流通基盤の老朽化が原因の一つと考えられており、電力供給の信頼性を向上し巨額の経済損失額を低減すべきであるとの議論がスマートグリッドの背景の一つである。さらに地球温暖化問題がスマートグリッドを加速する大きなドライバーとなっている。

3. スマートグリッド実現のための課題と取り組み

<3・1>課題 日本では、2020 年までに 2,800 万 kW、2030 年までに 5,400 万 kW の太陽光発電を普及させる計画である。今後、家庭用 PV や風力発電設備など大量の分散電源が消費地の近くに設置され、配電系統に連系されることになると予想される。

家庭用 PV などの再生可能電源は、気象に左右され出力が変動することや必要ときに発電できるとは限らないなどの課題が存在する。また、電力は生産と同時に消費しなければならない究極のジャストインタイムのシステムである。時々刻々に変化する需要に合わせて発電量を調整しなければならない。以下のような系統安定上の問題が発生することが懸念されている。

(1) 配電系統電圧問題

配電系統では系統末端の電圧低下を防止する対策がなされているが、家庭用 PV 導入により末端の電圧が上昇する問題が新たに生じる。また気象の変化に応じて家庭用 PV 出力が変化し電圧が変動する。このため、配電系統を適正電圧に維持することが困難になると予想される。

(2) 余剰電力問題

ゴールデンウィークや正月などの電力需要が少ない期間では、出力調整が出来ない再生可能電源による発電のために、電力供給量が需要量を上回ることが懸念される。これを余剰電力問題と呼ぶ。

(3) 系統安定度問題

電力系統に落雷などにより故障が発生すると、故障設備を一旦、系統から切離した後、再度送電を行なう。

多くの場合、この再送電により電力供給を再開することが可能である。しかしながら多くの再生可能電源は系統故障時に系統から離脱する可能性があり、再送電後に電力供給量が不足することが考えられる。また過渡的な電力安定度の維持も大きな課題である。

<3・2>取り組み 図 2 に電力分野における低炭素社会に向けた取り組み(スマートエネルギーシステム)を示す。スマートエネルギーシステムは大きく 3 つの分野に分かれる。第一はスマートジェネレーションであり、二酸化炭素フリーの電源設備や二酸化炭素の排出低減や回収方法の開発に取り組んでいる。第二は需要側の取り組みであるスマートエンドユースと呼ばれるものである。一般家庭、ビルや工場などの省エネルギー活動であり、それを実現するためにホームエネルギー管理システムなどの導入が検討されている。

第三はスマートジェネレーションとスマートエンドユースをつなぐスマートグリッドである。

スマートグリッドでは、制御技術による系統安定化⁽²⁾や設備管理システムなどの情報技術による運用の効率化に加えて電力貯蔵や需要家と電力系統の間に位置する自動検針インフラの構築⁽³⁾、さらに需要家が系統安定化に参画するデマンドレスポンスの検討⁽⁴⁾が進められている。

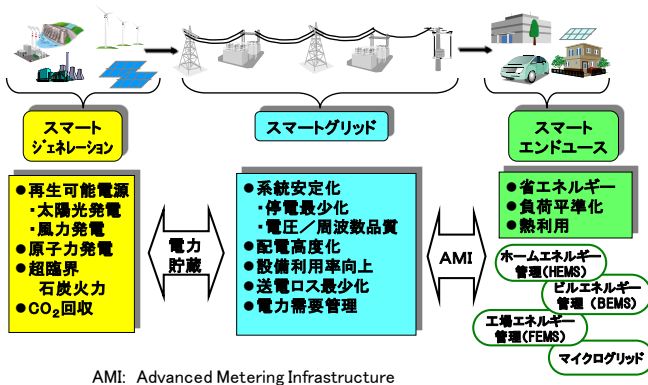


図 2. スマートエネルギーシステム

以下に代表的なスマートグリッド実現のための取り組みとして電力貯蔵装置と配電系統電圧制御を紹介する。電力貯蔵装置は、主に余剰問題および系統安定化問題を解決する手段である。また小容量の蓄電池は配電系統電圧問題の解決手段になりえる。配電系統電圧制御は、配電系統電圧問題を解決する制御方式である。

<3・3>電力貯蔵装置 電力システムにおける電力貯蔵には、設置場所別に電源側設置型と電力系統側設置型に分類される。さらにそれぞれの用途設置場所において、短時

間に電力を取り出す電力タイプ(kW タイプ)とエネルギーを保存する電力量タイプ(kWh タイプ)に分かれる。電源用途では出力変動を緩和するための電力タイプおよび一定の電力を電力系統に供給するための電力量タイプの電力貯蔵が求められる。

表 1. 電力システム用の電力貯蔵の分類

場所	種別	応用先	技術
電源用	電力タイプ	出力変動対策	鉛電池 リチウムイオンキャパシタ
	電力量タイプ	出力一定制御	NaS電池 鉛電池
系統用	電力タイプ	周波数制御 電圧制御	可変速揚水 鉛電池 FESS リチウムイオンキャパシタ
	電力量タイプ	負荷平準化 需給調整	(可変速)揚水 NaS電池 大型リチウムイオン電池 レドックスフロー電池 CAES

FESS: Flywheel Energy Storage System
CAES: Compressed Air Energy System
NaS 電池: Sodium Sulfur Battery

一方、電力系統側設置では、余剰問題や出力変動に伴う周波数問題の解決策として可変速揚水発電などの大規模電力貯蔵装置と地域的な電力系統安定化対策のための変電所に設置する蓄電池や配電系統に分散設置する分散型蓄電池のニーズが高まると思われる。

<3・4>配電系統電圧制御 配電系統の電圧問題の対策として、SVC (Static Var Compensator) などの無効電力補償装置を配電系統に設置することが考えられる。また電圧を動的に調整しなければならないため、通信ネットワークを介して SVC や SVR (Step Voltage Regulator) を制御する配電用無効電力制御システムが開発されている⁽⁵⁾。

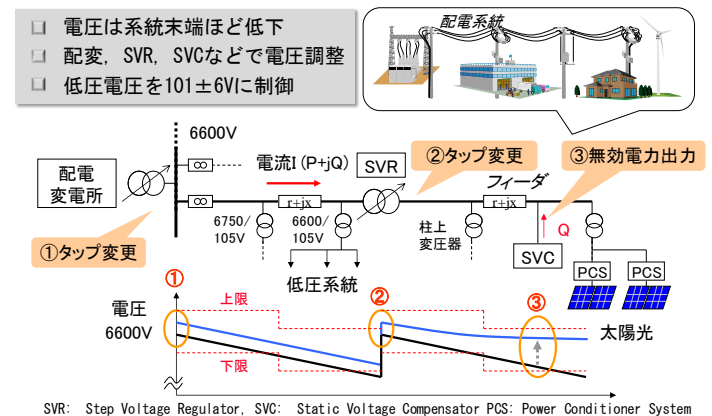


図 3. 配電系統電圧制御システム

4. デマンドレスポンス

デマンドレスポンス (Demand Response (DR)) あるいはデマンドサイドマネージメント (Demand Side Management (DSM)) は、米国において 1970 年～1980 年に始まったもので、需要をエネルギー源として見る活動である。

当初は、需要のピークシフトやピークカット等により、ピーク時だけに運転されるガスタービンなどの削減や発電機の設備利用率の向上により、エネルギーの効率化を実現することが目的だった。日本でも、深夜電力料金を用いた需要誘導による負荷平準化が実施されている。

その後、DR の目的はエネルギーの使用量の削減へと変化した。つまりピーク対応だけではなく全体的な電源不足対策として、DR が期待されるようになった。

「需要をエネルギー源として見る」とは、例えば、10MWh の省電力化は、10MWh の電源設備に相当すると言う意味である。しかも化石燃料を必要としない二酸化炭素フリーの電源である。

スマートメータを用いた時間帯別料金制度 (Time Of Use (TOU)) による DR は、中長期的な需要誘導に効果があると報告されている。

最近では、DR は、アンシラリーサービスのためのエネルギー源、つまり調整力、にまで拡大されている⁽⁶⁾。今後は需給バランス調整や電圧制御のようなアンシラリーサービスにも DR が活用されると思われる。

このアンシラリーサービスのための DR が前述の TOU と異なるのは、リアルタイムに近い制御が必要なことである。例えば、電力会社は、事前に大口需要家、または小売業者 (Load Serving Entity) と事前に契約し、必要時に自動または指令により需要制御を実施することになるであろう。

本 DR プログラムに参画する需要家にはインセンティブが用意され、大口需要家だけでなく一般需要家にも拡大されるようになるだろう。電力会社または小売事業者からの直接負荷制御 (Direct Load Control) も増加すると予想される。

5. スマートシティ

スマートシティとは、電力基盤におけるスマートグリッドのコンセプトを交通、上下水、熱供給や電気自動車などの社会基盤に適用拡大し、低炭素化社会への移行を達成するものである⁽¹⁾。

こうした背景から、アジアをはじめとして世界中で新たな街づくり、すなわち、経済発展と低炭素社会の実現を両立する、人々の生活やビジネスを支える社会インフラを備えたスマートシティの建設が始まっている。スマートシティは、「環境技術」「社会インフラ技術」と「Information and Communication Technology (ICT)」によって構築される「社会イノベーション」の実現にほかならない。

スマートシティの電力基盤の目標を以下に示す。

- (1) 家庭用 PV や風力発電などの再生可能電源の拡大による低炭素化と高品質な電力の供給の両立
- (2) 中長期的な省エネと負荷平準化の実現による電力設備利用率の向上
- (3) アンシラリーサービスのためのリソース (調整力) の提供

アンシラリーサービスのためのリソースの提供に関しては、蓄電池等の電力貯蔵装置の設置とともに、上述した DR のような需要側の制御も含まれる。コミュニティエネルギー管理システム (CEMS) がスマートシティにおける電力基盤の中核のシステムであるが、既存のシステムとの役割分担については今後の検討課題である。

配電系統の電圧制御機能や DR 機能を有した次世代の配電自動化システムが CEMS に相当するとも考えられる。

日立グループは、日本、中国、インド、ハワイ、およびスペインなど各国で実施されている低炭素化社会への移行のためのスマートシティプロジェクトに参画している。以下に中国におけるスマートシティプロジェクトの概要を紹介する。

産業分野での環境への配慮、省エネルギー化の推進に加えて、近年中国では、急速な経済発展にともなうスマートシティの建設が急速に進められようとしている。

現在具体化しつつある中国でのスマートシティは、都市ごとにそれぞれ特色を持っており、今後続く中国での 100 を越えるといわれるプロジェクト、さらには世界でのスマートシティ建設のモデルになるといわれている。

日立グループは、中国とシンガポール政府が主導で進めている「天津エコシティ」の建設に参画した。このプロジェクトは中国、シンガポールの両国政府が共同で出資・推進する国家レベルのシンボリックなプロジェクトである。広さ約 30 平方キロメートルの敷地に 2020 年頃までに人口 35 万人の都市を建設しようとするもので、住宅、エネルギー、交通、資源循環など、包括的な環境都市開発が計画されている。「天津エコシティ」のコンセプトは、「横展開可能、実行可能、普及可能」な都市発展モデルの開発であり、日立グループは、省エネルギー技術、自然エネルギーや蓄電池応用技術などの分野で、CEMS などを提案している。

「広州ナレッジシティ」は、2030 年頃に人口約 50 万人の次世代都市をつくる計画であり、「スマート」「エコ」「ラーニング」をテーマに、研究所や教育機関、クリエイティブな産業の集積地となることを目指している。日立グループは、早期段階からプロジェクトへの支援を行っており、今後、エネルギーマネジメント、自然エネルギー、次世代

交通、スマートホームとそれらを統合・制御する ICT 基盤などの分野で、フィージビリティスタディを行っていく予定である。

6. おわりに

本稿では主に、スマートグリッドおよびスマートシティの技術動向を紹介した。

スマートグリッドおよびスマートシティは、コンポーネント単品やコンポーネントの集まりではなくシステムである。例えば、風力発電や太陽光発電は二酸化炭素フリーの電源であり、低炭素社会を構築する大きなポテンシャルを有している。これを単にポテンシャルに終わらせないためには、再生可能電源で発電された電力を従来以上の安定性や信頼性で、また高効率に需要家に供給するシステムが必要であり、これがシステムと呼ぶ所以である。

システム実現には、技術開発だけではなく制度の開発も必須である。現在、実施されている実証実験の成果を元に新たな制度が提案されることであろう。

文 献

- (1) OECD/IEA: Technology Roadmap, (2011)
- (2) 小海 裕・福井 千尋・河原 大一郎・佐藤 康生: 低炭素社会を支える電力系統安定化ソリューション、日立評論、Vol.92, No8, P.30-33(2010)
- (3) 後藤田 信広・松崎 崇夫・山口 政一・露崎 正雄: 情報・制御の融合による自動検針 (AMI) ソリューション、日立評論、Vol.92, No8, P.34-37(2010)
- (4) 佐藤 康生・柴田 強・Christian Bergins・浦瀬 賢治・加藤 修治: 低炭素社会に貢献する電力供給システム、日立評論、Vol.93, No5-6, P.28-33(2011)
- (5) 渡辺 雅浩・大西 司・大森 隆宏・寺田 博文・足立 昌宏・稲垣 勝敏: 太陽光発電の大量導入に対応した次世代配電監視制御技術、日立評論、Vol.92, No8, P.38-41 (2010)
- (6) FERC: National Action Plan on Demand Response, (2010)