

スマートグリッドの技術動向と東芝の取組み

Trends in Smart Grid Technologies and Toshiba's Approach

渡部 洋司

正畑 康郎

■ WATANABE Hiroshi

■ SHOBATAKE Yasuro

低炭素社会の実現のため自然エネルギーの導入やエネルギー利用の効率化が必要とされ、これらを実現する次世代電力送配電網（スマートグリッド）の構築が求められている。太陽光や風力などの自然エネルギーによる発電量は天候によって変化するもので、これらの効率的な利用を実現するためには新たな課題を解決する必要がある。

東芝は、これらの課題を解決するため、大規模な実証実験プロジェクトに参加して知見を深めるとともに、それらを基にスマートグリッド構築に必要な技術の確立を目指している。更に、グローバル市場への展開で重要になるスマートグリッドの国際標準化活動に積極的に取り組み、標準化の側面からもスマートグリッド構築に貢献していく。

Global warming due to increased emissions of greenhouse gases has become a serious issue in recent years. In order to achieve a low-carbon society, there is a strong need for the construction of smart grids to introduce renewable energy sources and improve the efficiency of energy usage in the power generation sector. However, as renewable energy sources such as solar, wind, and other natural energies are extremely dependent on natural factors, more efficient integration of solar and wind power into existing grid systems has been attracting considerable attention as a solution to these issues.

Toshiba has been participating in large-scale pilot projects to gain a deeper understanding of these issues, and developing related technologies to realize a smart grid based on the results of these efforts. We are also actively promoting the international standardization of such smart grid-related technologies for entry into the global market.

低炭素社会の実現に向けて

近年、温室効果ガス排出量の世界的な増加に起因するとされる地球温暖化が社会的な問題になっている。2007年の主要国首脳会議（G8サミット）では、2050年までに世界全体の温室効果ガスの排出量を50%削減することが合意された。これは世界全体の統一目標であり、その対策として太陽光や風力といった自然エネルギーの大量導入やエネルギー利用の効率化などの低炭素社会の実現に向けた取組みが積極的に推進されている。

この取組みでは、天候に影響されて発電量が不規則に変化する自然エネルギーを効率的に利用しながら、電力の安定供給を実現することが重要になる。これを実現するためには、様々な技術的課題を解決しながら電力の需給バランスをとることが必要になり、更に、情報通信技術（ICT）の活用を含めた次世代

電力送配電網（スマートグリッド）の構築が求められる。

太陽光発電の大量導入による系統への影響

自然エネルギーの中でも、太陽光はほぼ無限に降り注ぐクリーンなエネルギーであり、資源に乏しいわが国にとってエネルギー確保の観点からも重要である。

わが国では、政府が太陽光発電を2020年までに2005年の約20倍に増やすという目標を掲げて普及を促進しており、また、2009年11月からは「太陽光発電の新たな買取制度」が開始され、太陽光発電からの余剰電力の買取単価が通常の2倍に設定された。現在、太陽光発電の全量買取制度の検討が進められており、これが制度化されると、太陽光発電の導入が更に加速すると考えられる。

国内では、原子力、火力、水力などの発電所と送配電系統の充実によって、高効率、高品質、及び高信頼性の電力供給システムが既に構築されているが、太陽光発電の大量導入時にも安定した電力供給を維持するためには、新たな技術的課題を解決する必要がある。想定される課題とその対策を表1に示す。

需要家側に太陽光発電を大量に導入すると、今までになかった電力の流れ、すなわち需要家側から電力系統への流れ（逆流電力）が大きくなるとともに、日射変動による出力変動に伴って逆流電力が変動するため、配電線電圧を一定に保つ新しい技術が必要になる。

これらの課題は、配電線設備（電圧管理機器を含む）の増強や、将来的には太陽光発電の出力変動を補う蓄電池の新たな導入を柱として、ICTによって電力送配電網を高度に制御することで解決できる見込みである。

宮古島での離島独立型系統新エネル

表1. 太陽光発電の大量導入による課題

Technical issues related to large-scale introduction of photovoltaic power generation

項目	事象	課題	対策
配電線電圧の上昇	逆潮流電力が大きくなると発電端の電圧が上昇	・電圧管理(101±6Vの調整)が困難	・配電線設備増強(電圧管理機器を含む) ・蓄電池による制御
潮流変動	日射変動による太陽光発電の出力変動	・周波数調整力の不足 ・配電電圧変動	・蓄電池による変動抑制 ・LFC容量の確保 ・制御の高度化
余剰電力の発生	軽負荷時にフルに発電すると余剰電力が発生	・負荷率・稼働率低下による効率の悪化	・出力制限 ・蓄電池によるタイムシフト
瞬時電圧低下での解列	配電系統で瞬時電圧低下が発生した場合、太陽光発電システムが一斉解列	・瞬時電圧低下での解列	・瞬時電圧低下発生時に運転継続を可能とする機器と制御
単独運転	配電系統が系統故障で単独系になっても運転を継続し危険	・単独運転の早期検出と停止	・多数台連系時でも確実に動作する単独運転検出装置の開発
高調波の発生	インバータからの高調波発生	・機器誤動作、過熱、通信障害など	・インバータの制御方式とフィルタ定数の最適化

LFC: 負荷周波数制御

ギー導入実証プロジェクトや米国ニューメキシコ州での日米スマートグリッド実証研究プロジェクトなどの検証アイテムの一つとして、これら対策技術の評価が行われる計画である。

東芝は、これらの実証実験プロジェクトに積極的に参画して知見を深め、スマートグリッド構築技術の確立を目指している。

欧州では、国境を越えた電力融通自由化に対応済みであるが、洋上風力発電による大規模再生可能エネルギーを接続することの影響が懸念されている。また、2006年に制定されたエネルギー消費量の削減を求める「エネルギー効率化・エネルギーサービス指令」をき

かけに、スマートメータの導入が本格化している。

スマートグリッドの基本構成

スマートグリッドの基本構成を図1に示す。既存の電力送配電網は、原子力、火力、水力などの既存発電所と、一般家庭や、ビル、工場といった多種多様な需要家が電力網によって接続されている。スマートグリッドではこれらに加えて、新たな電源として太陽光や風力といった自然エネルギーと蓄電池を組み合わせた分散型電源や、新たな需要として新交通システムや充電スタンドなどが電力送配電網に接続される。

これらの新旧の電源と需要を効率的に連携するスマートグリッド監視制御システムがμEMS (Micro Energy Management System) である。更に、需要家側にも小規模な分散型電源が配備

海外の動向

世界各国や地域によって電力事情などの背景が異なることから、抱える課題は様々であり、スマートグリッドの位置づけもそれらによって異なっている。

米国では、多くの老朽化した送電設備が残っており、供給信頼度も高くないため、大規模再生可能エネルギーの接続は困難な状況にある。また、今後も増え続ける電力需要に対しては、設備利用効率の向上や、スマートメータの導入、動的な料金プログラムの導入などが検討され、政府補助金などを活用した様々なプロジェクトが推進されている。

中国では、エネルギー分布が不均衡(西高東低)で、西方の地域に設置した風力発電を中心に自然エネルギーを東方の需要地に送電するため、超々高圧(UHV)による長距離、大容量、及び低損失の送電系統設備の整備に注力している。

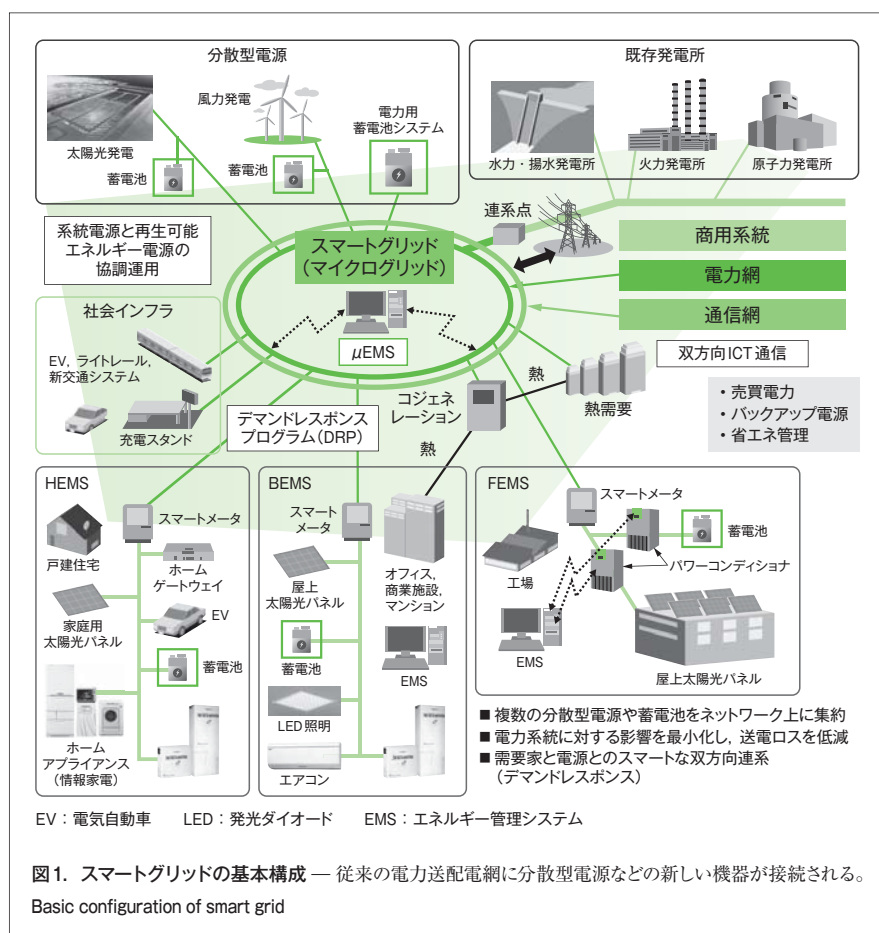


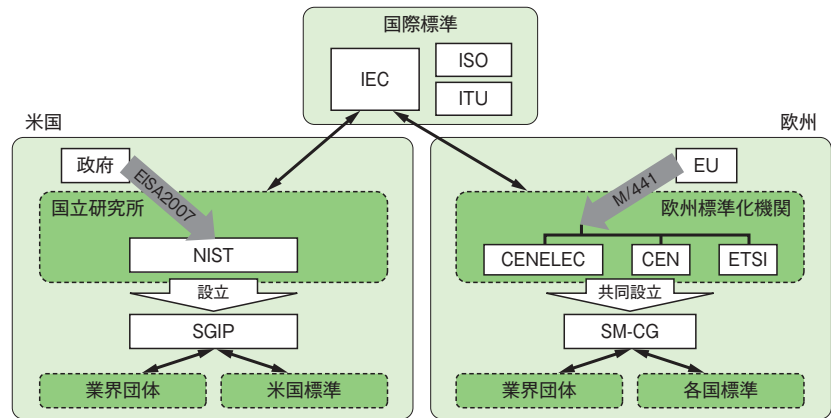
図1. スマートグリッドの基本構成 — 従来の電力送配電網に分散型電源などの新しい機器が接続される。
Basic configuration of smart grid

スマートグリッド標準化の動向

自然エネルギーの普及を促進するためにスマートグリッドでは、配電システムを高度な情報通信機器で制御するので、それらの機器の相互運用性を確保することが重要となる。スマートグリッドへの取組みが全世界で活発になるなか、各国政府や各標準化機関も積極的に活動し、機器の標準化を進めている。

米国では、「2007年エネルギー自給・安全保障法 (EISA: Energy Independence and Security Act)」での指名を受け、商務省国立標準技術研究所 (NIST) が中心になって相互運用性を確保する取組みを進めている。NISTは、これを実現するためにスマートグリッド相互運用性パネル (SGIP) を組織し、スマートグリッドに関連する多くのステークホルダーを一堂に集め、コンセンサス作りを進めている。18項目の優先行動計画 (PAP) を示し、関連標準化団体と連携して、スマートグリッド構築に必要な標準の整備を進めている。

一方欧州では、M/441 (Mandate) が欧州連合 (EU) から発行され、欧州標準化委員会 (CEN)、欧州電気標準化委員会 (CENELEC)、及び欧州電気通信標準化機構 (ETSI) に欧州域内のスマートメータの相



ISO: 国際標準化機構 ITU: 国際電気通信連合

図. 欧米での標準化の流れ — 米国ではEISA2007, 欧州ではM/441に従って、それぞれ標準化機関が中心になって標準化を進めている。

互運用性を確保する取組みを行うことを求めている。これに対応して3団体は、SM-CG (Smart Meters Coordination Group) を組織し、活発に議論を進めている。

この分野の国際標準化機関である国際電気標準会議 (IEC) でも動きが活発化している。標準管理評議会 (SMB) 戦略グループ (SG) 3がスマートグリッドの相互運用性を確保するためのロードマップの策定を進めている。今後、各国が進めている標準化の取組みとのリエゾン活動が活発化すると予測される。

わが国では、経済産業省が2010年1月に「スマートグリッドに関する国際標準化ロードマップ」を発表し、26項目の標準化すべき重要アイテムが挙げられた。これに対応して独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が「スマートコミュニティ・アライアンス」を設立し、官民連携して標準化を含む共通課題に取り組んでいる。

当社は、これらの動きに積極的に関与し、国際標準化という側面からもスマートグリッドの実現に貢献している。

されるが、これらの制御のために、一般家庭向けにHEMS (Home Energy Management System)、ビル向けにBEMS (Building Energy Management System)、工場向けにFEMS (Factory Energy Management System) がそれぞれ導入され、よりきめ細かな電力制御を実現する。現状では、これらのシステムは需要家内での自律的なエネルギー管理の実現にとどまっているが、将来的にはμEMSなどと連携してシステム全体のエネルギー管理の一役を担うことになると期待される。

ここまで述べてきた仕組みを実現することで、既存の発電所と分散型電源、更に需要家との間で高度な協調運用が

可能になる。これによって、電力システムへの影響を極小化しつつ、太陽光や風力などの自然エネルギーを豊富に取り込んだ地域エネルギー供給システムや、需要家と電源とのスマートな双方向連系による需要家参加型のデマンドレスポンスといった新しい形態の電力供給サービスが生み出される。

東芝の取組み

現在、スマートグリッドに関連する取組みが全世界で活発に行われており、世界各所で行われている実証プロジェクトに加えて、システムやその構成要素である機器の技術開発、スマートメータ

などの機器の導入も盛んである。更に国際標準化の動き(囲み記事参照)も活発化している。

こういった流れを受けて、当社は、関連する技術の確立と製品開発に取り組んでいる。この特集では、当社が開発しているスマートグリッドのコア技術に焦点を当てている。なお、需要家側でのエネルギー管理システムに対する取組みについては、東芝レビューの2010年5月号⁽¹⁾を参照いただきたい。

■スマートグリッド監視制御システム μEMS

従来の基幹系統側の給電技術 (需給計画及び需給制御) と配電系統側の配

電技術を融合し、更に分散型電源や電力用蓄電池システムに対応したシステムがμEMSである。μEMSは、基幹系統及び自然エネルギーによる分散型電源と電力用蓄電池システムを効率的に連系し、二酸化炭素(CO₂)排出量の削減と安定した電力供給を最適コストで実現する(この特集のp.6-9参照)。

■太陽光発電システム

自然エネルギーの中で今後もっとも導入拡大が期待されるのが太陽光発電と風力発電である。わが国では太陽光発電、世界的には風力発電を中心に導入の拡大が進んでいる。当社は、出力の不安定な自然エネルギーが電力系統に大量に導入された場合の課題を解決し、安定な電力供給源とする電力貯蔵用として蓄電池を適用した太陽光発電システムの実用性を確認した(同, p.10-14参照)。

■蓄電池システム

自然エネルギーの有効活用に向けて蓄電池システムが重要な役割を担うことになる。蓄電池システムの設計では、蓄電池に入力される電力と、出力として求められる電力とを考慮し、蓄電池の容量を最適化することが重要である。また、蓄電池の容量劣化も考慮する必要がある。そのためには蓄電池システムが運用される際の充放電パターンを考慮に入れる必要がある。当社は、太陽光発電システムの出力変動を抑制するため、寿命特性に優れ、安全性を大幅に高めた二次電池SCiB™を用いた50kW蓄電池システムを開発した(同, p.15-18参照)。

■AMIシステム

AMI(Advanced Metering Infrastructure)システムは、顧客個別の遠隔検針のほか、顧客に電力使用量を見えるようにすること(見える化)によるCO₂排出量の削減と、電力ピーク時間帯から需要の低い時間帯に誘導することによる負荷の平準化を実現できる。当

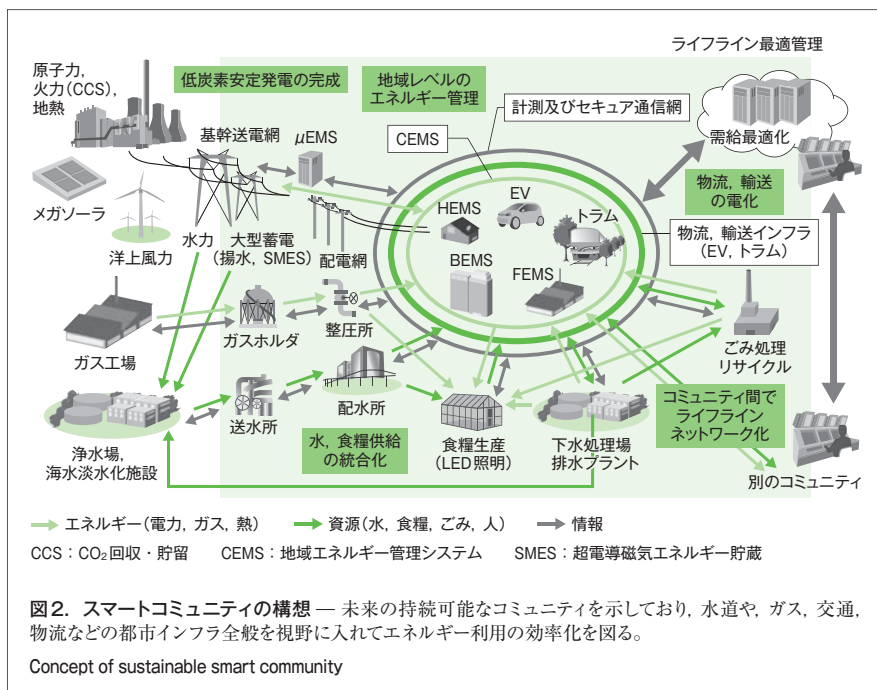


図2. スマートコミュニティの構想 — 未来の持続可能なコミュニティを示しており、水道や、ガス、交通、物流などの都市インフラ全般を視野に入れてエネルギー利用の効率化を図る。
 Concept of sustainable smart community

社は、北米市場向けにAMIシステムを開発した(同, p.19-22参照)。

■スマートメータ統合鍵管理システム AMSO™

スマートメータは、電気料金の取引に使用する情報を通信でやり取りするため、サイバー攻撃などに対して通信セキュリティの強化を図る必要がある。当社は、スマートメータの通信セキュリティを強化するため、スマートメータ用統合鍵管理技術 AMSO™を開発した(同, p.23-27参照)。

今後の展望

スマートグリッドの更なる発展形態として、都市インフラ全般を視野に入れたスマートコミュニティ構想(図2)が議論されている。電気エネルギーに加えて、水道や、ガス、交通、物流などの都市インフラ全般を視野に入れてエネルギー利用の効率化を図る構想である。

当社は、スマートコミュニティの実現を目指し、スマートグリッドの構成要素に加えて、ビルや、工場、データセンターなどスマートファシリティを構成するス

テムや機器、そしてそれらを統合するソリューションを開発し提供することで、低炭素社会の実現とその発展に貢献していく。

文 献

- (1) 西村信孝, ほか. ビルのゼロエミッション化を目指すスマートファシリティ. 東芝レビュー. 65, 5, 2010, p.2-6.



渡部 洋司
 WATANABE Hiroshi

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 スマートグリッド統括推進部部長。スマートグリッドシステムのエンジニアリング業務に従事。IEEE, IET, 電気学会会員。Transmission & Distribution Systems Div.



正畑 康郎
 SHOBATAKE Yasuro, Ph.D.

研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー研究主幹。工博。スマートグリッドシステムの標準化に従事。ACM, IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会会員。Network System Lab.