

# スマートグリッドの技術動向と当社の取り組み



システム事業企画部  
北村清之 Kiyoyuki Kitamura

## 1. ま え が き

当社は、スマートグリッド・スマートコミュニティという言葉が生まれる前から、地球温暖化対策としての分散型電源・再生可能エネルギーの導入とそれに伴って必要とされる電力系統安定化技術について実証を行ってきた。

本稿では、スマートグリッドに関する技術動向、日本でのスマートグリッドへの取り組みや当社の取り組み事例などを紹介する。

## 2. スマートグリッドに関する市場動向

東日本大震災以前、スマートグリッドは「再生可能エネルギーの活用」、「CO<sub>2</sub>排出量の削減」、「地球温暖化対策」を目的に取り組まれていた。東日本大震災後は「電力不足対策」、「防災対策」を追加したものが求められている。

第1表に国としての再生可能エネルギー（太陽光発電・風力発電）導入目標を示す。低炭素社会実現のためには、再生可能エネルギーなどの導入を可能な限り図っていくことが重要である。

電力の品質を維持しつつ、安定供給を確保していくためには、送配電ネットワークにおける対策が鍵である。第2表に太陽光発電大量導入時の電力系統での課題を示す。

2012年の7月から、再生可能エネルギーの固定価格買取制度がスタートした。再生可能エネルギー源（太陽光・風力・水力・地熱・バイオマス）を用いて発電された電力を、国が定める固定価格で一定の期間、電気事業者が調達を義務づけるもの

第1表 再生可能エネルギー（太陽光発電・風力発電）導入目標

国の太陽光発電・風力発電導入目標は、現状に比べて大量である。

年度	2005	2020	2030
太陽光発電導入容量	140万kW	2,800万kW 2005年の20倍	5,300万kW 2005年の40倍
風力発電導入容量	108万kW	490万kW 2005年の5倍	660万kW 2005年の6倍

第2表 太陽光発電大量導入時の電力系統での課題  
電圧・周波数・信頼度などに課題がある。

	主な課題
電圧	【配電線の電圧上昇抑制】
周波数	【発電量の予想精度】の確立 【余剰電力の吸収】需要の少ない時期 【周波数調整力の確保】火力などの周波数調整力が不足
信頼度	【一斉脱落の防止】瞬時電圧低下で一斉解列（周波数低下などによる事故拡大の可能性）
その他	【単独運転検出】単独運転の継続（感電災害の危険性）

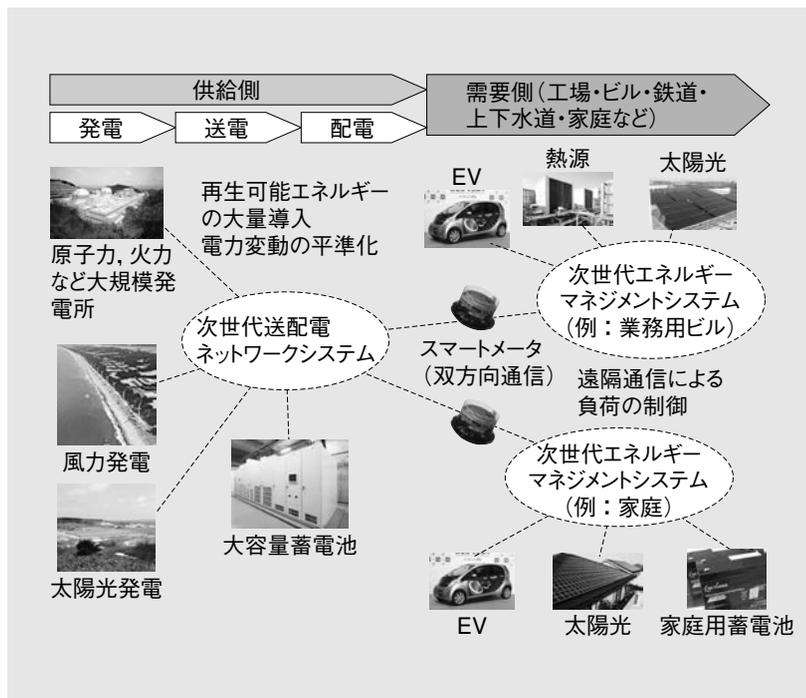
である。その調達価格は従前よりかなり高額であり、国内各地でメガソーラー発電所などの計画が進められている。

一方、東日本大震災以降は電力不足・電力安定供給・防災への対策が求められている。

## 3. スマートグリッドとは

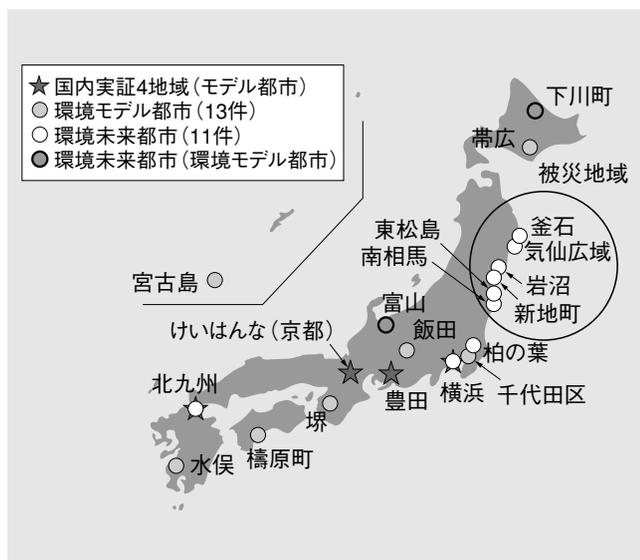
スマートグリッドは、「情報通信技術（ICT）を活用して再生可能エネルギー（分散型電源）を含んだ電力網全体の需給の効率化と最適化を行う仕組み」である。

第1図にスマートグリッドの概念図を示す。前述のように、太陽光発電や風力発電などの再生可



第1図 スマートグリッドの概念図

ICTを活用して、再生可能エネルギー（分散型電源）を含んだ電力網全体の需給の効率化と最適化を行う。



第2図 環境モデル都市・環境未来都市・4地域実証選定された都市・地域を地図上に示す。

再生可能エネルギーは、天候などによって出力変動が大きく不安定であり、電力需要が少ない時に供給量が増加すると電力網内で電気が余り系統を不安定にさせてしまう。その対策として、需要と供給のバランスを調整する系統安定化対策が不可欠であり、スマートグリッド導入による電力網の制御の高度化が必要である。

東日本大震災以降は、電力の需給ひっ迫によってピークカット<sup>(注1)</sup>・ピークシフト<sup>(注2)</sup>・節電・

BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）対策が求められている。

さらにスマートコミュニティへの取り組みが各地で行われている。これは継続的な経済成長・環境負荷の低減・市民のQOL（Quality of Life）向上、レジリエント（災害対応能力）な都市づくりを目指すものであり、以下を複合的に組み合わせた社会システムの特長である。

- (1) 街全体の電力等エネルギーの有効利用
- (2) 再生可能エネルギーの活用
- (3) 都市の交通システムの効率化
- (4) 住民のライフスタイル変革

具体的検討項目としては以下があり、環境エネルギー分野の様々な技術やノウハウを投入するものである。

- (1) 再生可能エネルギーを有効かつ効

果的に利用することを可能にする「スマートグリッド」

- (2) 蓄電池や省エネ家電、スマートメーターなどを組み込んだ「スマートハウス」をはじめとして、「スマートビル」、「スマートファクトリー」、「スマートキャンパス」など

- (3) 次世代自動車（EV：電気自動車、PHV：プラグインハイブリッド自動車）や新形都市交通システム

- (4) 公共サービスの効率化・高度化

#### 4. 日本でのスマートグリッドへの取り組み

第2図に環境モデル都市・環境未来都市・4地域実証を示す。

- (1) 環境モデル都市と環境未来都市戦略 「環境モデル都市」とは、温室効果ガス排出の大幅な削減など低炭素社会の実現に向け、高い目標を掲げて先駆的な取り組みにチャレンジする都市・地域のことです。2008年度に13都市が国（内閣府）によって選定された。各環境モデル都市ではその目標を達成するためのアクションプランを策定し、再生可能エネルギーの導入や省エネ機器の普及などの取り組みを進めている。

「環境未来都市」とは、政府の新成長戦略に定め



られたものであり、「環境モデル都市」の取り組みを更に発展させ、「環境・超高齢化対応等に向けた、人間中心の新たな価値を創造する都市」を基本コンセプトに、2011年度に11都市が選定された。我が国及び世界が直面する地球温暖化、資源・エネルギー制約、超高齢化対応などの諸課題を、持続可能な社会経済システムを構築しつつ、また社会的連帯感の回復を図りながら解決し、新たな価値を創造し続ける「誰もが暮らしたいまち」、「誰もが活力あるまち」を実現し、人々の生活の質を高めるための取り組みを進めるものである。

(2) 次世代エネルギー・社会システム実証（通称；4地域実証） 2010年4月に横浜市・豊田市・けいはんな・北九州市が国（経済産業省）によって選定され、スマートグリッドに関して特長ある取り組みが行われている。

このうち、当社は横浜市（次世代エネルギー・社会システム実証）と気仙広域環境未来都市（大船渡市・陸前高田市・住田町）のプロジェクトに参画している。

### 5. 当社のスマートグリッドへの取り組み事例

当社はサステイナブル・グリッド（持続可能な電力供給システム）を提唱している。これは地域コ

ミュニティを支える持続可能なエネルギーシステムであり、スマートグリッドに以下の特長を加えたものがサステイナブル・グリッドである。

- (1) 再生可能エネルギーを含む分散型電源と系統電源を有機的に結合して相互の特性を活用
- (2) 災害時にも電力供給が可能
- (3) 平常時でもエネルギー利用率が向上
- (4) 社会の持続的活動に貢献

第3図にサステイナブル・グリッドのイメージを示す。

第3表に当社のスマートグリッド実証事業の取り組みを示す。集中連系型太陽光発電システム・マイクログリッド・蓄電池併設型メガソーラー発電所・大型ビルでのBEMS（Building Energy Management System）など、多様な電力網規模でスマートグリッドの技術開発・実証を行うことで、多くの知見を得てきた。

第4表に当社における最近10年間の取り組みをまとめた年表を示す。マイクログリッド技術を基盤とし、スマートグリッドとスマートシティへ展開してきた。

また、第4図にそのほかのプロジェクトも含め世界地図でふかんしたものを示す。各国・各地域において、電力網に求められる電力品質に対応す



第3図 サステイナブル・グリッドのイメージ

再生可能エネルギー（分散型電源）や蓄電池などの導入が促進され、安定的で災害に強く、持続可能な電力網が求められている。



第3表 当社のスマートグリッド実証事業の取り組み

多様な電力網規模の技術開発実証を行うことで、多くの知見を得てきた。

プロジェクト名	実証期間など	主な目的と特長	当社の役割など	プロジェクト名	実証期間など	主な目的と特長	当社の役割など
Pal Town城西の杜 (群馬県太田市) 集中連系型太陽光発電システム実証研究	【NEDO】2002年度～2007年度	・配電系統に集中的に連系された太陽光発電システムによる系統連系の制約に対する技術開発 ・住宅550軒(約2.2MW) 世界最大規模の住宅団地	計測・制御システム、データ解析、応用シミュレーション ※(株)関電工からの再委託	スマートグリッドの日米共同実証プロジェクト (米国ニューメキシコ州)	【NEDO】2010年度～2013年度	・再生可能エネルギーを大量導入した配電線で、ICTを用い、蓄電池や蓄熱などの需要側機器を協調制御することで、再生可能エネルギーの出力変動による影響を最小化するような配電線規模でのスマートグリッド実証	「アルバカーキ市における商業地域スマートグリッド実証プロジェクト」
メガソーラープロジェクト (北海道稚内市) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究	【NEDO】2006年度～2010年度	・大規模な太陽光発電(メガソーラー)を電力系統に導入した際の技術開発 ・国内最大級5.02MWの太陽光発電所	太陽光PCS、NAS電池PCS (系統安定化機能付き)、発電所出力管理システム、計測システム ※北海道電力(株)、稚内市からの再委託	横浜スマートシティプロジェクト(YSCP) (神奈川県横浜市)	【経産省・次世代エネルギー・社会システム実証】2010年度～2014年度	・日本形スマートグリッドの方向性を示し、次世代エネルギー・社会システムの実現に向けた技術開発 ➢大幅な省エネ、CO <sub>2</sub> 削減 ➢地域エネルギーマネジメントと大規模ネットワークとの相互補完	ビル及び工場へのエネルギー管理システム(BEMS/FEMS)導入 ※提案者の1社
ラオス実証開発事業 (ラオス人民民主共和国) 太陽光発電システム等国際共同実証開発事業(太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発)	【NEDO】2007年度～2010年度	・小規模な電力系統で、太陽光発電の出力変動を緩和し、電力品質への影響を小さくするシステム制御などの技術開発 ・ハイブリッド発電システムの構築(太陽光発電と小水力発電)と需要家(住宅)への電力出力制御	小水力発電設備、電気二重層キャパシタ式出力変動抑制装置、変電設備 ※沖縄電力(株)からの再委託	次世代送配電系統最適制御技術実証事業	【経産省・資源エネルギー庁補助事業】2010年度～2012年度	・再生可能エネルギー源が大量に普及した場合にも対応可能な、電圧制御技術の高度化に関する技術開発 (1)配電系統の電圧変動抑制技術の開発 (2)次世代変換技術を応用した低損失・低コストの機器開発 (3)系統状況に応じた需要側機器の制御技術の開発 (4)系統全体での需給計画・制御、通信インフラの検討	左記課題(1)「配電系統の電圧変動抑制技術の開発」の幹事メーカー
杭州電子科技大学プロジェクト (中国杭州) 太陽光発電システム等高度化系統連系安定化技術国際共同実証開発事業	【NEDO】2008年度～2010年度	・マイクログリッドと電力系統との連系時及び系統から自立運転した場合でも電圧や周波数などの変動の少ない安定的な電力供給を行うことが可能な技術開発 ・大学構内に太陽光発電とディーゼルエンジン、二次電池や電気二重層キャパシタを設置した系統連系安定化システム	系統安定化装置、需給制御システム、PV用PCS ※清水建設(株)からの再委託	グローバル市場におけるスマートコミュニティ等の事業可能性調査(FS) (インドネシア)	【経産省・インフラ・システム輸出促進調査等委託事業】2011年度～2012年度	・インドネシアの離島では、ディーゼル発電主体の独立電源が多く、石油代替資源の確保及び太陽光発電の導入による系統の安定確保には課題があり、マイクログリッド技術を用いて蓄電システムを活用し、太陽光発電の大量導入とそれによる石油燃料の焚き減らし、及び電力の安定供給を実現する可能性についてFS調査を実施	FS(事業可能性調査)の実施企業
エコエネルギーウェブプロジェクト (横浜市金沢水再生センター)	【環境省・地球温暖化対策技術開発事業】2004年度～2006年度	・分散型電源のネットワーク化で、電気と熱を相互融通することによる総合的なエネルギー利用効率の向上に向けた技術研究	太陽光発電・系統安定化装置(鉛蓄電池、電気二重層キャパシタ式)、需給制御システム ※(株)荏原製作所からの再委託				

る必要がある。

### 6. 個別需要家の最適化とコミュニティ最適化 (デマンドレスポンス<DR><sup>(注3)</sup> など)

スマートグリッド・スマートコミュニティを推進する上で、当社はまず個別需要家のエネルギー利用の最適化(省コスト・省エネルギー)を図り、その上でコミュニティ最適化(ピークカット・

ピークシフト・DRなど)を考えている。

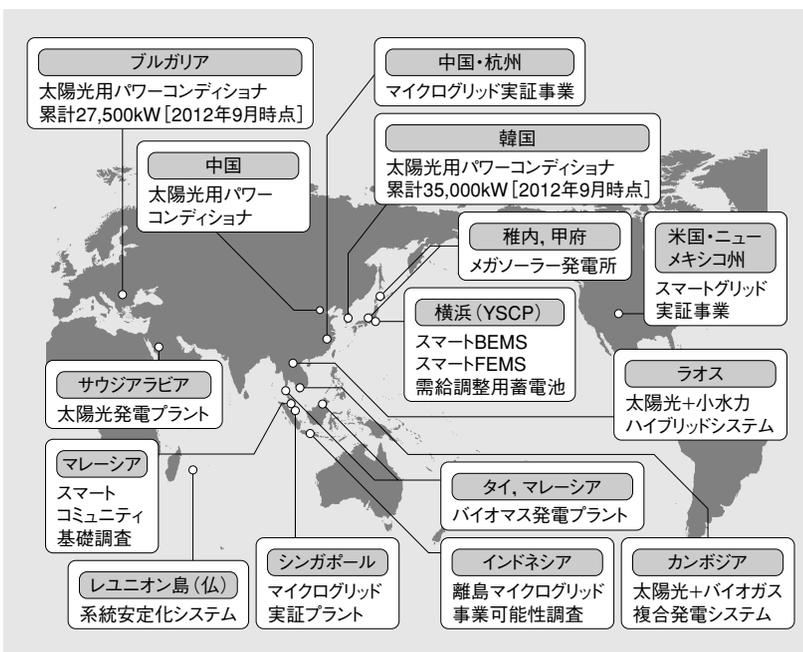
(1) 個別需要家の最適化(省コスト・省エネルギー)  
**第5図**にエネルギー最適制御の仕組みを、**第6図**に最適運転計画作成例を示す。このように、個別需要家においてエネルギーコストをしっかりと把握することが、コミュニティ最適化への基盤となる。  
 (2) コミュニティ最適化(ピークカット・ピークシフト・DRなど) 需要サイドにおけるDR例とし



第4表 当社における最近10年間の取り組み年表

マイクログリッド技術を基盤とし、スマートグリッドとスマートシティへ展開してきた。

件名	年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
太田市 [Pal Town城西の社]		太陽光発電集中連系													
横浜市 [エコエネルギーウェブプロジェクト]			マイクログリッド												
稚内市 [メガソーラープロジェクト]					メガソーラー発電所										
ラオス人民民主共和国 [ラオス実証開発事業]							マイクログリッド								
中国・杭州市 [杭州電子科技大学プロジェクト]								マイクログリッド							
米国・ニューメキシコ州 [スマートグリッドの日米共同実証プロジェクト]										スマートシティ					
横浜市 [横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)]										スマートシティ					
経済産業省 [次世代送配電系統最適制御技術実証事業]										スマートグリッド					
経済産業省 [グローバル市場におけるスマートコミュニティ等の事業可能性調査(FS)] インドネシア											マイクログリッド				



第4図 当社における世界での取り組みプロジェクト

これまでの当社のスマートグリッド・マイクログリッド・再生可能エネルギー・蓄電システムなどの世界での取り組みを示す。

て、第7図に横浜スマートシティプロジェクトの大型商業施設におけるスマートBEMSでの考え方を示す。また、第8図にDR制御のイメージを示す。

上記の詳細については、明電時報336号を参照いただきたい。実際に2012年12月からDRの実証が開始され、当需要家において780kWの系統電力購入削減ができた。

参考として、第9図にDRのメニューを示す。個別需要家においてエネルギーコストをしっかりと算出しておくことで、電気料金やガス料金の変動やインセンティブ<sup>(注4)</sup>付与が行われた際に、事前に調整余力の把握、コミュニティ最適化のための運転計画の変更と増額コスト計算、事前通告が可能となる。

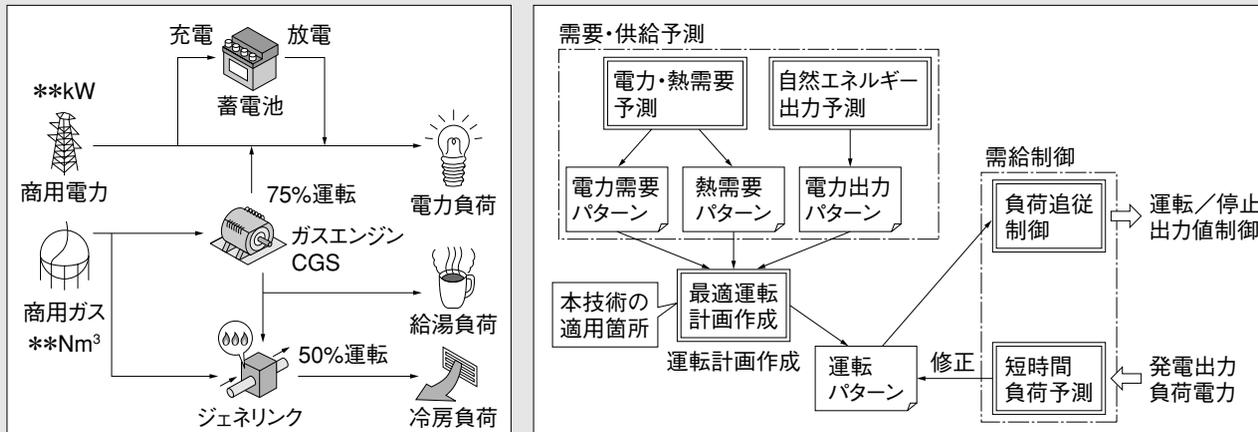
### 7. 国際標準化への対応と研究開発

第10図に当社のスマートグリッド分野での国際標準化への対応と研究開発の取り組みを示す。詳細については、本号「次世代エネルギーシステムに関わる国際標準化」を参照いただきたい。当社は2001年からIEC61850（変電所の標準プロトコル）の実装を行い、JSCA（Japan Smart Community Alliance）での国際標準化WGなどに参画している。この国際標準化の動向に合わせて、これまでの実証を踏まえ、基盤技術開発・製品技術開発を行い、標準的な製品開発へつなげていく。

### 8. 今後の活動の基本的考え方と進め方

- (1) 東日本大震災以降の大きな流れ
  - (a) 節電・エネルギー削減（省エネ・省CO<sub>2</sub>） 原発事故による電力不足や電気料金値上げによって、エネルギー削減が重要な検討事項となった。また、これまでは総量で考えられてきたエネルギー削減・CO<sub>2</sub>削減の取

- 需要予測機能
  - ・過去の需要実績データや気象条件などから、翌日の事業所内の電力負荷と熱負荷を予測
- エネルギー供給最適制御
  - ・需要予測に基づき、電源設備・熱源設備・蓄電システムなどの最適な運転パターンを数理計画法により求め、大幅なエネルギー利用効率向上とコスト削減を実現

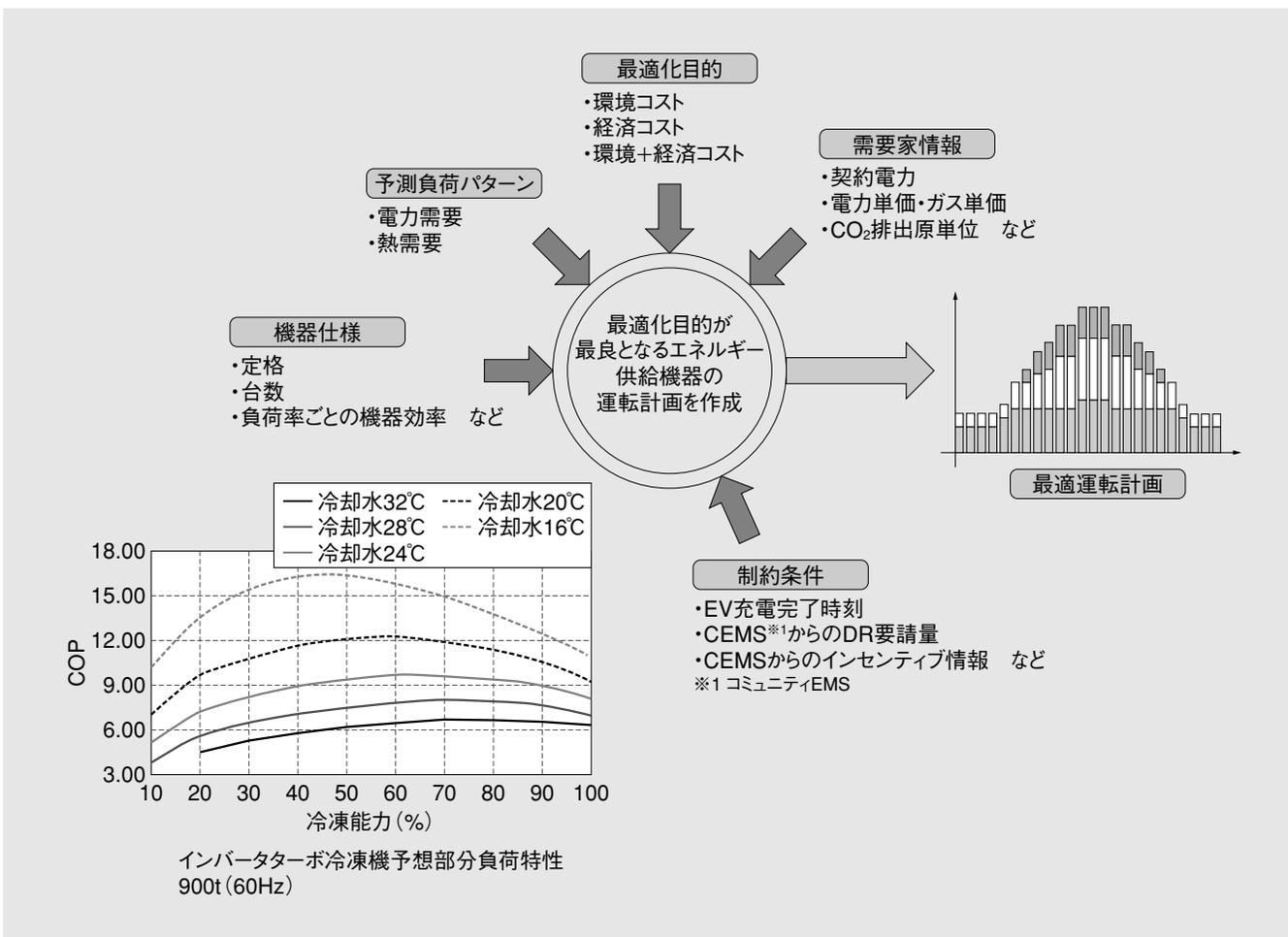


- ◆ 電力、熱を含めた統合最適制御の実現
- ◆ 高速計算アルゴリズム搭載による計算時間の短縮化

CGS : Cogeneration System

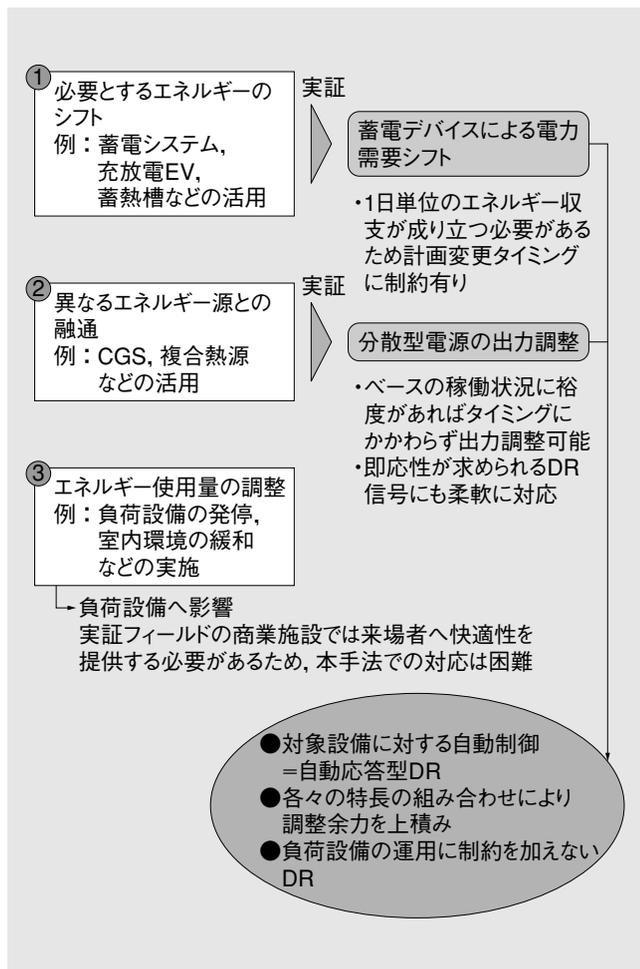
### 第5図 エネルギー最適制御の仕組み

前日に翌日の需要予測を行い、最適運転計画を作成し、当日に制御を行う。



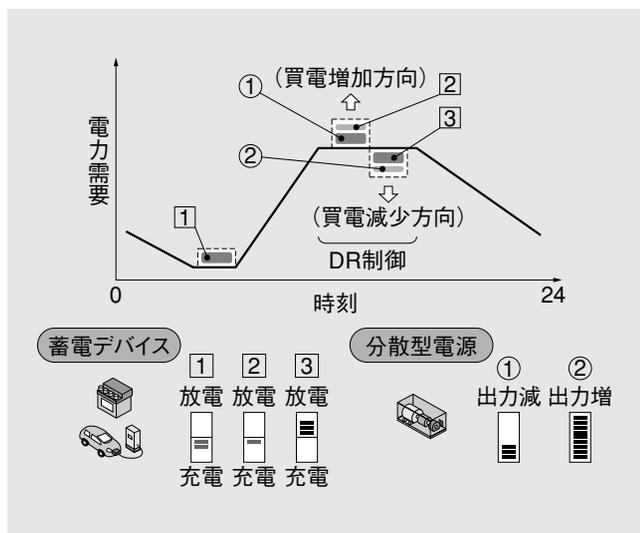
### 第6図 最適運転計画作成例

需要家情報・予測負荷・機器仕様などのデータに基づき、経済コスト最小などを目的とした最適運転計画を作成する。



第7図 大型商業施設におけるDR手法

蓄電池などによるエネルギーのシフト、CGSによる異なるエネルギー源との融通を行う。

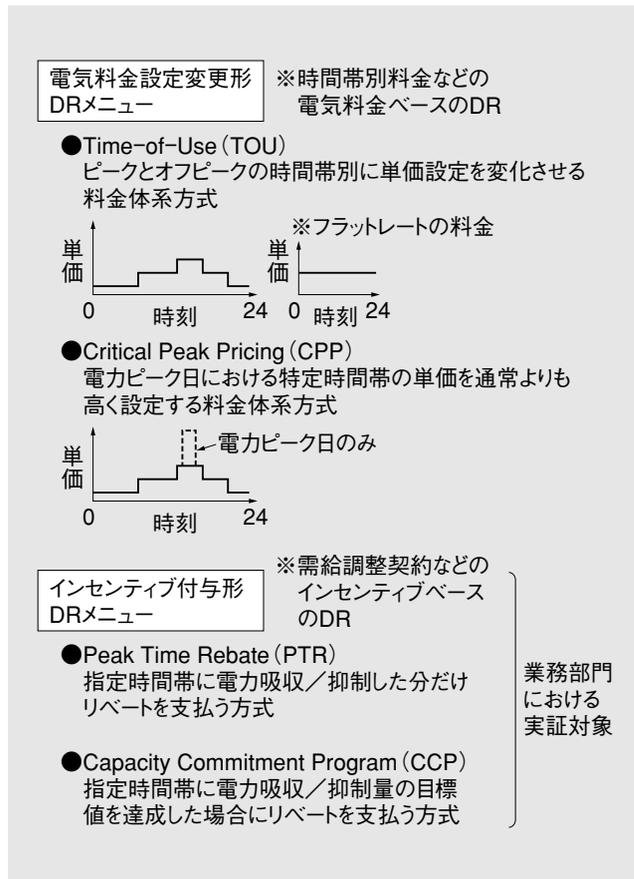


第8図 DR制御のイメージ

分散型電源や蓄電池の出力を制御することで、買電の減少又は増加が可能となる。

り組みに加え、ピークカット・ピークシフトを重視して、省エネ法が改正された。

(b) CGSや再生可能エネルギーの分散型電源の利用



第9図 DRのメニュー

業務部門ではインセンティブ付与形DRメニューの実証を行っている。

(c) BCP対応 大地震と津波によって長期の停電が発生し、東北復興地域を中心に日本全体で防災計画が見直され、BCP重視の考え方が浸透してきた。

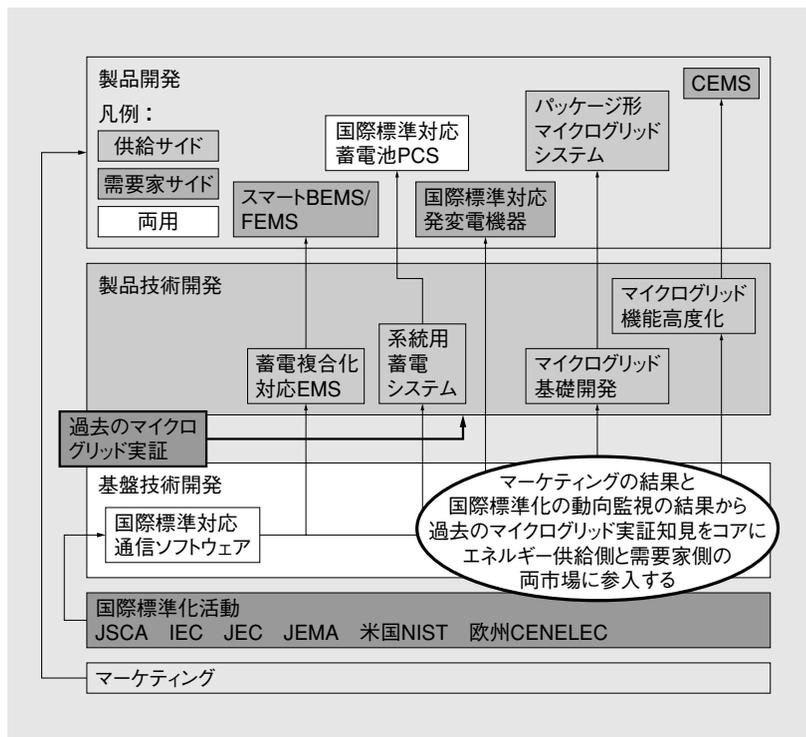
(2) 基本的な進め方

(a) エネルギー最適利用システムの提案 再生可能エネルギーの固定価格買取政策で、太陽光発電などはグリッドパリティ<sup>(注5)</sup>が近づきつつあり、複数のエネルギーの最適利用のシステム提案が重要と考えている。ビルなどの施設へのスマートBEMS導入や工場へのスマートFEMS (Factory Energy Management System) 導入を推進したい。

(b) 地域へのエネルギー提案 下水道施設利用・鉄道などのインフラを活用したエネルギーの効率的利用やBCP的観点でのスマートコミュニティの提案を進めていきたい。

第11図にスマートコミュニティのロードマップを示す。

(3) 海外での取り組み これまで述べてきた当



第10図 国際標準化と研究開発

ICTによる制御には国際標準対応の通信ソフトウェアが必須である。これを基盤技術として製品開発を行っている。

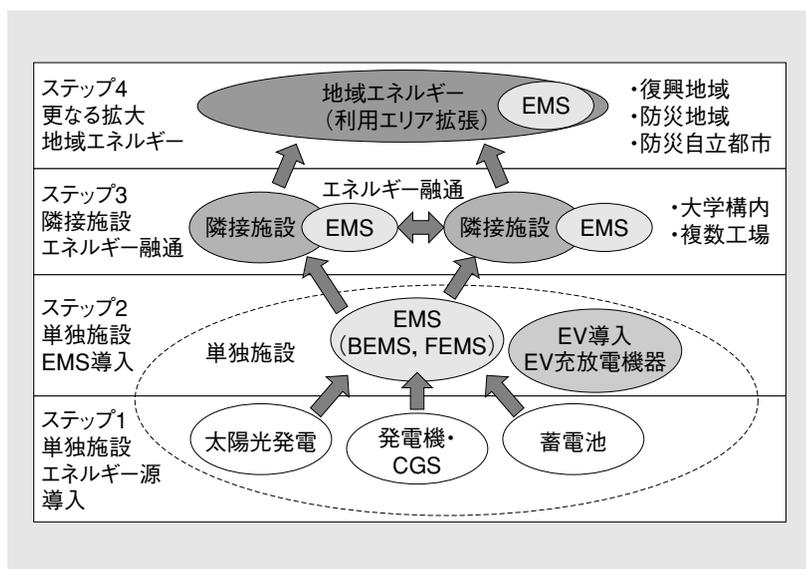
し、島しょ・遠隔地域での太陽光発電導入による化石燃料消費の削減、エネルギーコストの削減のメリットを電気事業者に提案し、実証・事業化していきたいと考えている。

## 9. む す び

スマートグリッドの動向と当社のスマートグリッドへの取り組み、今後の基本的考え方と進め方などを紹介した。

当社は個々の需要家のスマート化（最適化）によってお客様に確実なメリットを提供し、それをとりかかりとして多数の需要家や地域のスマート化へ拡大していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。



第11図 スマートコミュニティのロードマップ

まず単独施設で構築し、隣接施設との協調を図り、更には地域に拡大していく。

社技術と製品の特長を生かし、大規模なエコシティ建設への提案などを行ってきた。しかし、既設・新設を問わず地域全体への提案は、関与する政府・多数の事業者があることから関係者間の調整が必要となり、簡単に推進するのは困難である。

そのため、当社のマイクログリッド技術を生か

### (注記)

注1. ピークカット：電力需要のピーク時間帯に電気事業者から購入する電力を減らすこと。需要家による節電や発電機の運転などによる。

注2. ピークシフト：電気事業者から電力を購入する時間帯をピーク時間帯から他の時間帯へずらすこと。蓄電池の充放電などによる。

注3. デマンドレスポンス (DR)：電気料金価格の上げ下げ設定やインセンティブの支払いなどによって、電力需要量をコントロールするしくみのこと。

注4. インセンティブ：DR要請に応じて、電力需給の最適化に協力した需要家に支払われる協力金やエコポイントなどのこと。

注5. グリッドパリティ：再生可能エネルギーによる発電コストや売電価格が電気事業者と同等以下になること。