

# 地域エネルギーマネジメント技術 (CEMS)

鈴木浪平\* 谷本昌彦\*\*\*  
田熊良行\*\*  
井野本正樹\*\*

## Technologies of Community Energy Management System(CEMS)

Namihei Suzuki, Yoshiyuki Takuma, Masaki Inomoto, Masahiko Tanimoto

### 要旨

世界各国で進められている“スマートコミュニティ”や“スマートシティ”は、地域で快適性を損なうことなく低炭素化社会の実現を目指すものとして、需要家側でエネルギーの効率的利用を図る各種EMS(Energy Management System)と、供給側で電力の安定供給を目指すスマートグリッド技術を組み合わせて実現される。電力品質を維持しながら電力不足への対応や、不安定な再生可能エネルギーの活用等、エネルギー利用を最適化する技術の開発が求められている。

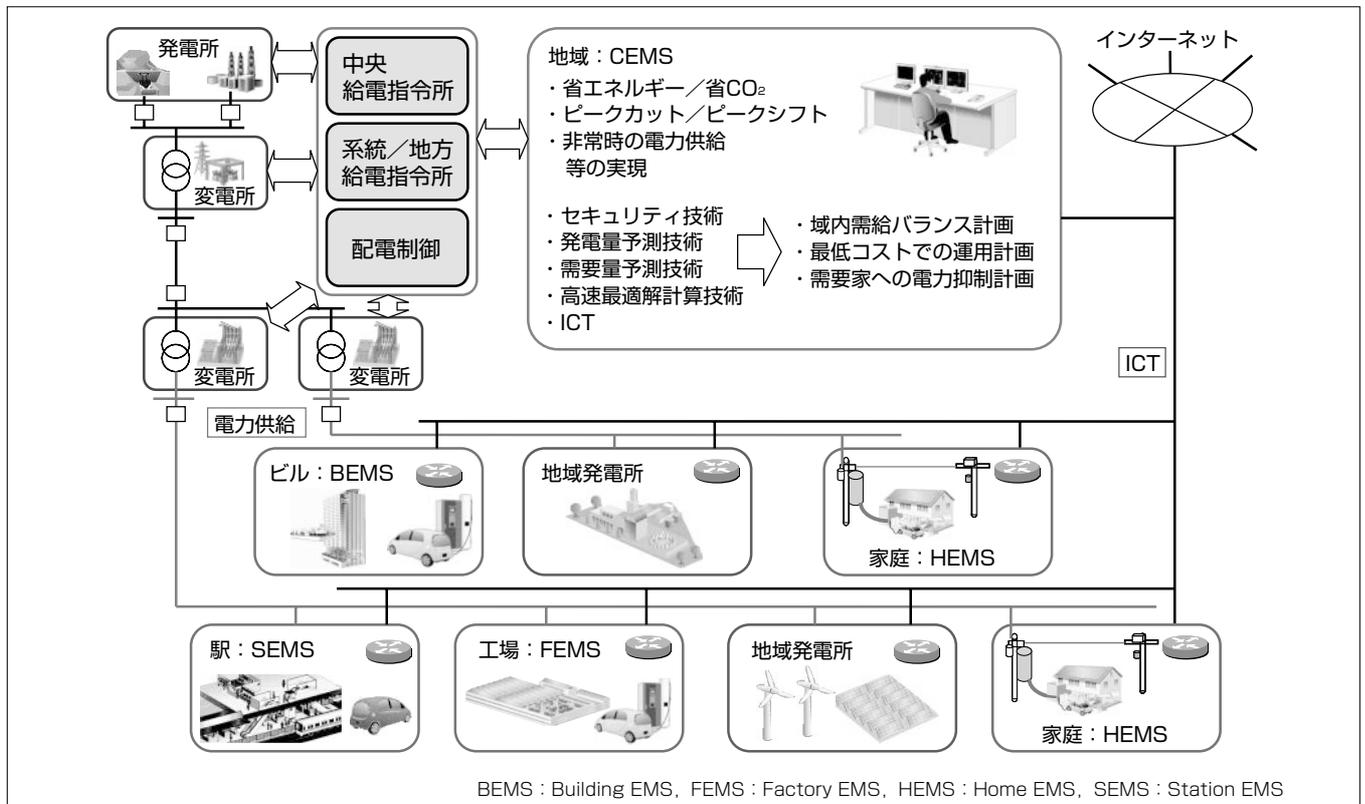
また大規模集中電源に対するリスク回避の面から、分散的に中小規模の電源を組み合わせて地産地消を目指すシステムや、非常時にも地域に対して一定の電力供給を行う自立型の電力インフラも検討され始めている。

このように需要家側と供給側をつなぎ、エネルギー利用

の効率化を図りつつ電力供給の安定化を実現するための仕組みとしてCEMS(Community Energy Management System)の開発が進められている。

CEMSを実現するためには、電力、熱を適切に制御するエネルギー制御技術とICT(Information and Communication Technology)の協調が必要である。三菱電機では、これまでに電力、交通、公共、ビル、家庭等様々な領域でICTを用いたエネルギーの監視、制御、管理を行うシステムを構築してきた<sup>(1)</sup>。

本稿では、当社におけるCEMS構築技術の一例を述べるとともに、実際の取組み事例として、経済産業省の補助事業として進めている“けいはんな学研都市”実証実験の概要について述べる。



### 地域における電力系統・配電の構成とCEMSのかかわり

CEMSは電力系統・配電、地域における分散電源、各種需要家をICTで結び、電力品質の確保、省エネルギー化、そしてピークシフトによるCO<sub>2</sub>削減を両立させるための、全体最適を行うシステムである。

## 1. ま え が き

近年、“スマートコミュニティ”や“スマートシティ”と呼ばれる社会実証試験が世界各国で進行している。その概念は、再生可能エネルギーを含めたエネルギーの供給と利用を、家庭やビル、工場などの個別単位ではなく地域(コミュニティ)全体で包括的に管理するエネルギーの最適運用であり、低炭素社会と快適な暮らしの両立を目指すものとされる。キーとなる再生可能エネルギー活用に向けて電力の供給/需要を適切に管理するシステム技術を開発し、それを実証で確かめることはスマートコミュニティを構築する上で大変重要である。

本稿では、スマートコミュニティの役割として、需要家側と供給側を結びつけ、効率の良いエネルギー利用を支援するCEMSについて、その役割・概念と当社の取組みを述べる。

## 2. CEMSの役割

低炭素社会を構成する上で、再生可能エネルギーの活用は重要である。しかしながら、太陽光発電に代表される再生可能エネルギーは出力が不安定になりやすい。再生可能エネルギーが大量導入された場合、逆潮流による電圧上昇など、系統への影響が避けられず、これに対応するためには、ICTを駆使した配電制御技術など、系統への負荷を低減するスマートグリッド関連技術が必要になる。さらに、2011年3月に発生した東日本大震災は大規模ベース電源に著しい被害を与え、関東・東北地方では近年体験したことのない電力不足を生じせしめた。この結果、電力の安定供給に対する信頼性を揺るがすこととなり、この影響は東日本のみにとどまらず、日本全国に広がっている。このことからエネルギー供給の頑健性を担保するうえで、発電の分散化や需要家側でのエネルギー消費の効率化が議論されるようになり、電力の地産地消の促進の必要性も認識されてきた。特に電力不足時には、太陽光発電なども含む分散化された電源と需要家側での電力消費抑制を連携させ、需要家間で協調しながらエネルギー利用の最適化を行う仕組みも求められる。

CEMSは、電力系統をベースに、地域に存在する分散電源や家庭・ビル・工場等の需要家群、さらに電力ストレージとしての活用が考えられるEV(Electric Vehicle)等を連携させ、需要と供給を適切に管理しつつ地域でエネルギー利用の最適化を図る。このため、ICTを活用してそれらに関連する情報をやり取りし、エネルギー有効活用促進のためのインセンティブや各需要家単位での見える化と連動する。このように、CEMSはより付加価値の高い低炭素社会を実現する地域社会、スマートコミュニティの基盤となる。

また、CEMSは電力だけでなく、エネルギー最終需要の

半分を占める熱エネルギーや、近年需要の伸びの著しい運輸部門でのエネルギー利用の効率化も視野に入れ、全体最適を実現するシステムとして構築される。家庭・オフィス・商業施設・交通等、生活の様々なシーンを全体的・総合的に俯瞰(ふかん)し、エネルギーの最適利用を地域レベルで実現する。CEMSが実現する新しい社会インフラは、幅広い技術・製品群の上に構成されることが想定される。例えば、電力系統、需要家、再生可能エネルギーにかかわる分散電源、蓄電等の各要素をパワーエレクトロニクス技術とICTによって最適に制御する新しい技術が求められており、当社では関連する技術開発に取り組んでいる。

## 3. CEMSを構築する上での中核技術

先に述べたように、CEMSを実現するためには、エネルギー制御技術とICTの協調が必要である。当社では、これまでに電力、交通、公共、ビル、家庭等様々な領域でICTを用いたエネルギーの監視、制御、管理を行うシステムを構築してきた。これまでに培ってきた技術を新しい技術と最適に組み合わせることによって、省エネルギー、安全、安心な社会を実現するインフラとしてのCEMSを構築することができる。この章では、当社のCEMS構築のための中核技術の一端を示す。

### 3.1 CEMSのためのICT基盤技術

地域のエネルギーマネジメントを行うには、多種多様な情報を収集し、適切に管理、監視することが求められる。このようなオンラインデータの収集、管理機能は従来のSCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)同様、監視制御システム基盤上のアプリケーションとして実現される。これによって、時々刻々と変化するオンラインデータを様々なアプリケーションで共有することができる。また、現状では、CEMSの制御対象は、例えば空調設備などの機器や、HEMSやBEMSシステムなど様々なものが想定され、システム構成や制御周期もそのシステムの目的によって異なる。これら様々な制御対象、システム構成に対応したアプリケーションを効率的に開発し、動作させるためにエネルギーマネジメント基盤がある。エネルギーマネジメント基盤はアプリケーションのインターフェースやデータ構造の共通化、機能拡張性、処理フロー制御の容易性等を考慮して構成されている。

また、CEMSによって管理されたエネルギー情報を見える化サービスとして地域内の需要家に提供し、需要家の省エネルギー意識の向上を促すことができる。このようなエネルギーデータの適切な活用のため、CEMSは、地域や各需要家の情報をインターネットブラウザ上にグラフなどを用いて分かりやすく表示するためのユーザーインターフェース基盤、地域のエネルギー状況を分析するためのデータ処理基盤、需要家のプライバシーを守るためのセキュリティ

基盤等を組み合わせて構成される。

### 3.2 CEMSのためのエネルギー制御技術

従来のEMSは主として供給者の管理する設備に対する制御であったが、CEMSでは、需要家側の設備も制御対象に含まれる。需要家側の設備は、人間の生活パターンなどによってエネルギー消費が変動するため、制御が難しい設備もある。さらに、再生可能エネルギーや分散型電源の導入が進むにつれ、エネルギー供給側の変動も大きくなることが予想される。CEMS構築では、従来のエネルギーマネジメントの技術<sup>(1)</sup>に加え、これらの不確実性への対応が必要である。

不確実性への対応技術の一つとして、太陽光発電や風力発電等の出力変動、地域内の分散電源を含めた負荷変動を精度良く予測する技術がある。周期的に更新される気象情報と実績データを用いて予測データを随時更新することで予測精度を向上させ、立案した計画や制御の信頼性を高めることが可能となる。さらに、気象変動のみならず、需要家の属性や保有設備情報等を用いた需要変動モデル化技術によって、地域内需要をマクロにとらえる方法の検討も進められている。

また、これらの変動に対応した発電機や蓄電池の運用計画を立案する最適運用計画技術として、確率的手法を取り入れた運用計画手法を確立しており、安定供給とコスト上昇の抑制を両立させた運用計画立案が可能となる。

これらの計画立案や制御を高速に行うために、最適化問題を短時間で解く技術が必要である。当社では、内点法と有効制約法の組合せによる最適化手法(図1)など、最適化のための一連のライブラリを自社開発してきた<sup>(2)</sup>。これにエネルギーマネジメントに適したチューニングを施すことによって、計算時間の大幅な短縮を実現し、制御のリアルタイム性を高めている。また、CEMSの目的は、省エネルギー、ピークカット、余剰電力抑制によるエネルギーの地

産地消、省CO<sub>2</sub>、コスト低減等様々なものの組合せとなる。これらの目的関数や制約条件の設定を行うための最適化モデリングツールも開発している。制御対象となる機器やシステムの挙動、それらの接続関係をモデル化することで効率的なシステム構築が可能となる。

## 4. スマートコミュニティへの取組み

当社のスマートコミュニティへの取組み事例として、関西文化学術研究都市(愛称：けいはんな学研都市)で経済産業省の補助事業で取り組んでいる“けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト”(以下“けいはんな学研都市実証事業”という。)の概要を述べる。

### 4.1 けいはんな学研都市実証事業の概要

けいはんな学研都市実証事業は経済産業省の“次世代エネルギー・社会システム実証事業”の公募で採択された4地域(横浜市、豊田市、北九州市、けいはんな)の事業の一つで、2010~2014年度の5年計画によって産学公連携の基で遂行しているものである。本事業は、けいはんな学研都市における京田辺市、精華町、木津川市の新しく開発される地区をモデルとし、電力系統との連携を図りつつ、住宅、ビル、EV等のエネルギー使用の効率化と再生可能エネルギーの最大限有効活用を達成するためのCEMSを開発し、その有効性を実証する。家庭、ビル、EV管理センターの各需要家のエネルギー情報をCEMSが一元管理し、日々の環境条件によるデマンド、太陽光発電量等の成り行き要素に対して、需要抑制又は余剰抑制などの系統側の要請を受け入れながら、エネルギー利用の効率化を追求する。また地域としての蓄電池制御の効果検証や、需要家行動を促すインセンティブの効果を見る社会実験としての側面を持っている。

### 4.2 CEMSの概要

けいはんな学研都市実証事業は、需要家に設置された複数のエネルギーマネジメントシステムが相互に連携し、地域全体の消費エネルギーの効率化とCO<sub>2</sub>排出量の削減を目的に実施する。

当社が開発を担当しているCEMSは、実証実験の中心的位置付けにある(図2)。HEMS, BEMS, EV管理センター(以下“需要家EMS”という。)からそれぞれのエネルギー使用状況情報を収集し、地域全体のエネルギー使用状況を把握する。このデータに基づいて、デマンドレスポンス要請(以下“DR要請”という。)やCO<sub>2</sub>排出量目標を需要家EMSに示し、地域全体での再生エネルギー利用の効率化とCO<sub>2</sub>排出量削減を目指す。

また、CEMSは、地域が接続する電力系統に悪影響を及ぼさないように、電力会社の系統運用を模擬した系統側システムと連携する。太陽光発電の余剰電力抑制対策や需給逼迫(ひっばく)時の需要抑制対策等の協力要請に基づいて運用計画を立案し、需要家EMSと地域に接続するローカ

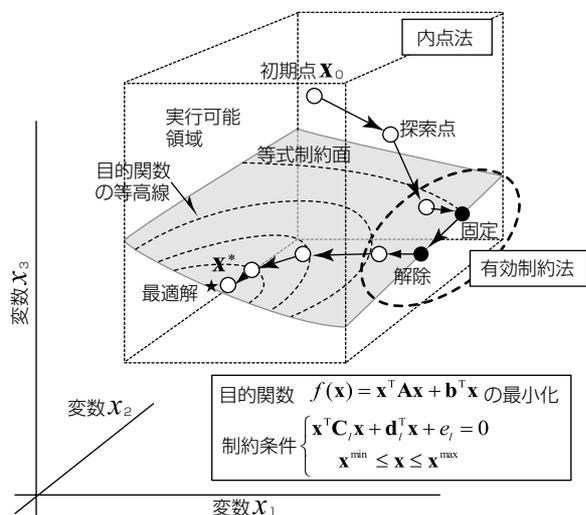


図1. 高速最適化手法を用いた最適解探索

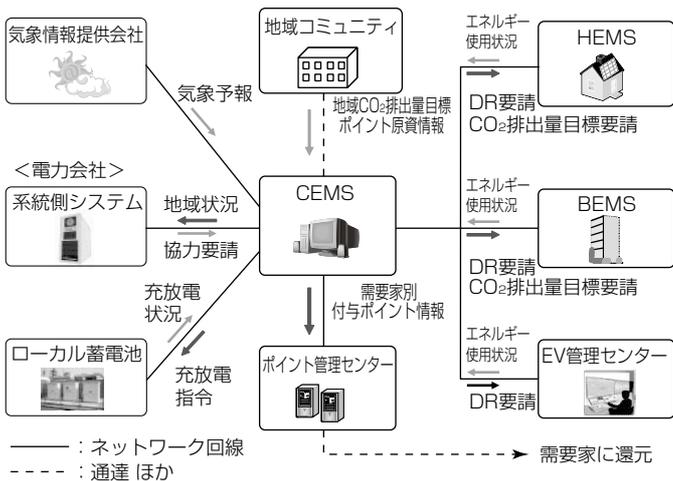


図2. けいはんな学研都市実証事業におけるCEMSの位置付け

ル蓄電池を協調させる。

需要家EMSへのDR要請やCO<sub>2</sub>排出量目標要請に対し、需要家行動を促すインセンティブとして、CEMSからスーパー、コンビニで使用可能なポイントを提供する。ポイントの発行は、CEMSが地域コミュニティから与えられるポイント原資情報を基に需要家別に貢献度を評価し、ポイント管理センターから需要家に発行される。

次にCEMSの主な機能を示す。

4.2.1 モニタリング機能

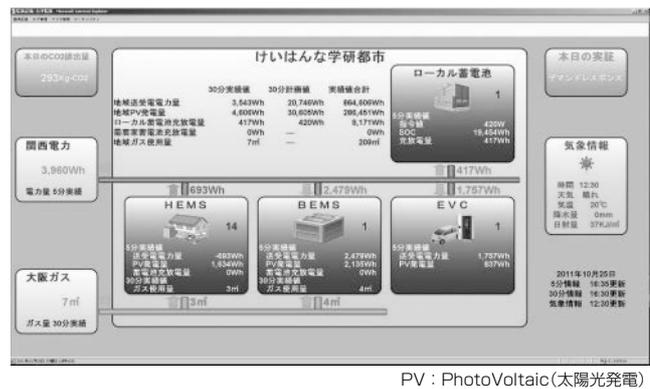
モニタリング機能は、需要家EMSと連携して地域全体のエネルギー発生量や消費量及びCO<sub>2</sub>排出量を把握する。HEMS, BEMSは送受電電力量, 太陽光発電量, 蓄電池使用量及びガス使用量を, EV管理センターは地域内のEVステーションにおける送受電電力量, 太陽光発電量の合計を計測し, これらをCEMSが集約することで地域全体でのエネルギー使用状況の可視化を行う。開発中の全体監視画面を図3に示す。

4.2.2 予測機能

予測機能は、地域の運用計画の立案や、将来の天候変化等での運用計画の見直しを行うためのものである。気象情報サービスより提供される気象予報と需要家EMSの情報をを用いて、需要家ごとの太陽光発電量, 電力消費量, 蓄電池運用パターンを予測する。このデータを集約することで、地域全体でのエネルギー使用状況を予測する。

4.2.3 エネルギーマネジメント機能

エネルギーマネジメント機能は、地域コミュニティからのCO<sub>2</sub>排出量目標に基づいて、需要家の省エネルギー, 再生可能エネルギーの有効活用を進めるとともに、系統側システムからの協力要請に応じて電力供給の安定化に貢献するようにエネルギー管理を行うものである。



PV : PhotoVoltaic(太陽光発電)

図3. 全体監視画面

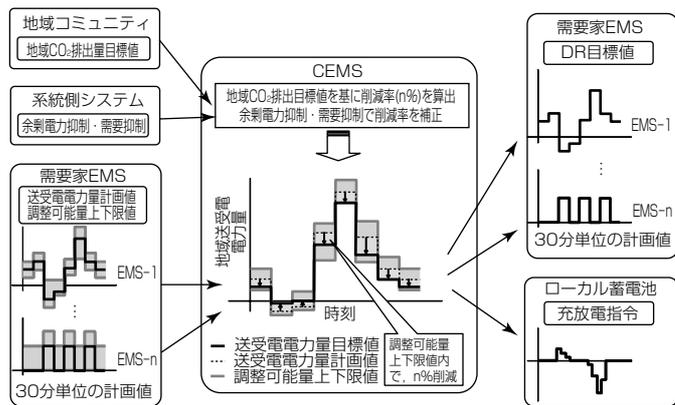


図4. エネルギーマネジメント方法

エネルギーマネジメント機能は、需要家EMSから収集する計画値・調整可能量とCEMSの予測値を基に、地域全体の運用計画を立案する。この立案した運用計画に基づき、需要家EMSへのDR要請やローカル蓄電池の制御を実行する。エネルギーマネジメント方法を図4に示す。

5. むすび

当社におけるCEMS構築技術の一例を述べるとともに、実際の取組み事例として、経済産業省の補助事業“けいはんな学研都市”実証実験にて開発しているCEMSの概要について述べた。当社では低炭素社会実現と快適な暮らしの両立を目指し、各種実証実験に参加しながら今後も継続してCEMSの開発を進めていく。

参考文献

- (1) 古塩正展, ほか: マイクログリッド需給制御システム, 三菱電機技報, 80, No.3, 209~212 (2006)
- (2) 橋本博幸, ほか: 高速・安定な二次計画法の開発と実用問題への適用, 三菱電機技報, 83, No.5, 305~309 (2009)