

研究開発の取組み

スマートコミュニティの実現に向けた取組み —技術開発の成果と今後の展望—

① まえがき

低炭素で利便性の高い都市インフラを実現するスマートコミュニティは今や世界的な動向となり、各国でプロジェクトが展開されている。特に、中国や東南アジア、中東などの新興国を中心に数多くのエコシティや工業団地の開発が計画、推進されている。

国内では、2010年度より4地域で開始された“次世代エネルギー・社会システム実証事業”がシステム構築をほぼ完了し、その全容が明らかになるとともに、今後のフィールドテストによる成果の展開に期待が集まっている。さらに、2011年3月の東日本大震災の被災地においても、スマートコミュニティによるインフラ復興が検討されている。

② 富士電機のスマートコミュニティ分野への取組み

富士電機ではエネルギー・環境事業の拡大をいち早く打ち出し、その中でスマートコミュニティ分野を主要な市場と捉えている。社内のリソースを集中するとともに、国内の次世代エネルギー・社会システム実証や海外フィージビリティスタディ（FS）事業へ積極的に参加し、関連する商品・サービスの拡充や事業スキルの獲得に注力している。図1に富士電機のスマートコミュニティ分野への取組みを示す。

次世代エネルギー・社会システム実証では、北九州スマートコミュニティ創造事業に幹事会社の一員として参加している。ここでは、スマートメータやコミュニティ設置型蓄電システム、地域エネルギーマネジメントによる新エネルギーグリッド制御およびデマンドレスポンスなどの先導的な実証を開始する。

また、インドやインドネシアの工業団地および離島イン

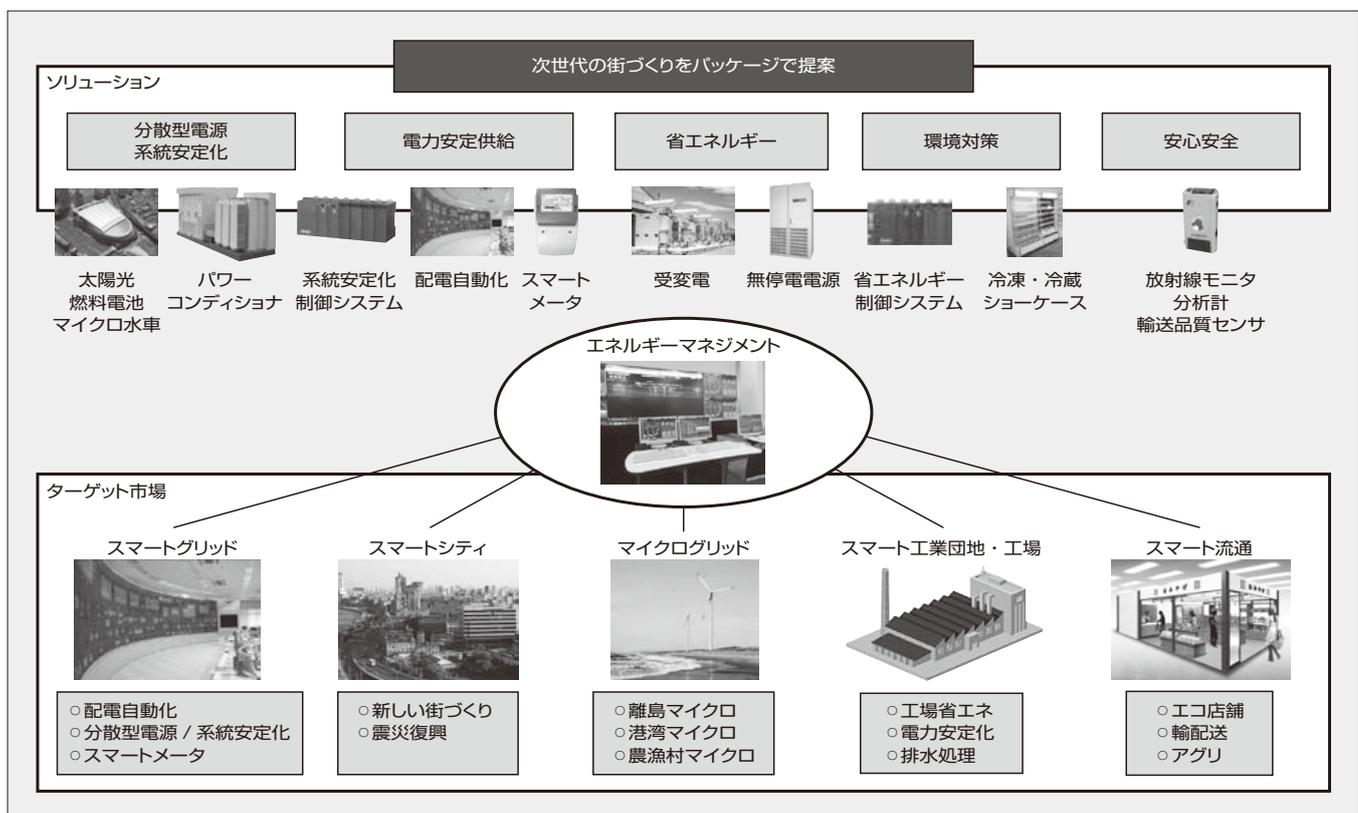


図1 富士電機のスマートコミュニティ分野への取組み

フラ開発計画へのFS参加も行い、インフラ輸出事業における事業スキームや現地調達スキルの向上を図っている。

さらに、経済産業省“次世代送配電系統最適制御技術実証事業”に電力会社各社、東京大学ほかとともに、次世代の電力流通（系統配電）の開発実証を進めている。

③ スマートコミュニティ実証の状況

3.1 北九州スマートコミュニティ創造事業

経済産業省“次世代エネルギー・社会システム実証事業”として選定された北九州市におけるスマートコミュニ

ティ実証事業において主に地域エネルギー管理システム（CEMS：Cluster Energy Management System）の開発実証を担当している。

スマートコミュニティ実証では、主に次の3点の課題について実証評価を行う。

- (1) 地域の未利用エネルギーの活用
- (2) 大規模系統と地域グリッドの協調連系
- (3) 需要家の参加による地域グリッド需給運用

図2に、スマートコミュニティの課題と評価技術を示す。⁽¹⁾ 現地へのシステム構築を進め、2012年度からフィールドテストを開始する。

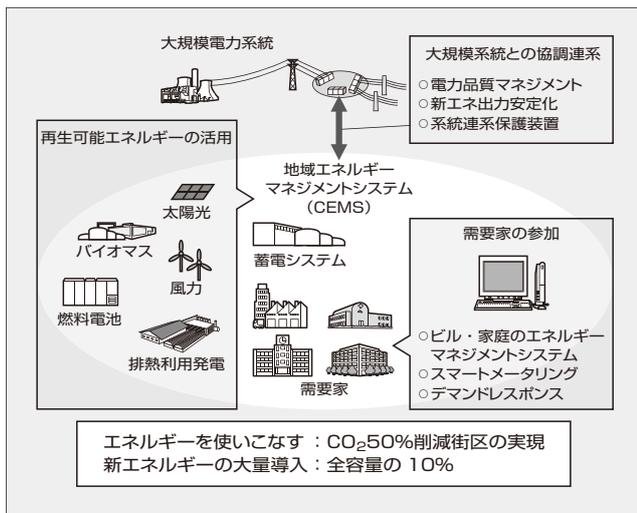


図2 北九州スマートコミュニティの課題と評価技術

3.2 スマート工業団地

富士電機は、住友商事株式会社、三菱電機株式会社、東電設計株式会社とともに、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託を受け、東南アジアの工業団地を対象としたスマートコミュニティ技術によるインフラ輸出のFSを進めている。

東南アジアの工業団地には日系の企業の進出も積極的に行われているが、次の課題がある。

- (1) 安定操業のための電力品質の確保
- (2) 工場の省エネルギー（省エネ）改善

これらの対策として、国内で開発実証が進められているスマートコミュニティ技術の適用による電力インフラ輸出の可能性や事業スキームの調査検討を行っている。

図3に、スマート工業団地のシステム構成を示す。工業団地は共有の受電設備と瞬低補償や無停電電源装置(UPS)



図3 スマート工業団地のシステム構成

などの電力品質対策設備を持ち、CEMSにより全体最適なエネルギー運用を実現する。

3.3 離島マイクログリッド

離島に新エネルギーと蓄電システムを導入し、新エネルギー主体の自立グリッドにて安定に電力供給を行う離島マイクログリッドは、スマートコミュニティインフラの輸出における大きな市場と捉えている。

特に東南アジアの島嶼（とうしょ）部の電化や低炭素化を狙いとし、システムの標準化や、パッケージ化によるコストダウン開発を進めるとともに、ODA（Official Development Assistance）も活用した市場展開を検討している。

3.4 国際標準化

スマートコミュニティ実証活動では、実証成果を国内外に広く普及することを目標の一つとしている。富士電機は、特に海外への普及に重要な、実証成果および保有技術をIECなどの国際規格に整合する活動、すなわち国際標準化活動を実証事業と並行して行っている。

例えば、蓄電池併用型風力発電出力安定化装置の技術を、IEC 61850などの重要なスマートコミュニティ関連国際規格に反映させるために、欧州電気標準化委員会（CENELEC）などの国際標準化に関わる機関と協議を行っている。

今後も、エネルギーマネジメントシステム（EMS：Energy Management System）、IED（Intelligent Electronic Device）などの富士電機が持つさまざまなスマートコミュニティ関連システム・機器技術の標準化活動を進めていく予定である。

4 次世代電力流通に向けた取組み

日本政府は、2020年に太陽光発電で2,800万kW、風力発電で500万kWの導入目標を掲げている。再生可能エネルギーはCO₂を排出しない利点があるものの、発電量の変動が大きいため、次の課題が懸念されている。

- (1) 余剰電力の発生
- (2) 周波数調整力が不足する可能性
- (3) 配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化

富士電機は、これらの課題に対し、次に示す技術開発を進めている。

4.1 新エネルギー発電予測技術

(1)(2)の課題を克服するためには、蓄電池による充放電が有効である。しかし、蓄電池の容量に制約があるため、新エネルギー発電量を予測し、適切なタイミングで適切な量だけ充放電することが重要である。

2011年度は、これまで培ってきた各種予測技術を発展させ、太陽光発電予測技術の研究に取り組んだ。気象庁

から配信される全世界の雲量から、任意地点の日射量を予測し、発電量に変換する技術を開発している。

2012年度は、スマートコミュニティ実証試験において、蓄電池制御に適用し、上述の課題に対する有効性を検証していく。

4.2 集中型配電電圧制御

(3)の課題を克服するため、富士電機は次世代配電自動化システムに向けた集中電圧制御の開発を進めている。集中電圧制御とは、配電系統の各点に設置されるセンサ開閉器の計測情報から配電系統の電圧状態を把握し、分散配置された電圧調整機器に対し、タップ切替回数の低減などを考慮して最適制御量を算出し、リアルタイムで集中制御するものである。なお、制御対象とする電圧調整機器は負荷時タップ切替変圧器（LRT：Load Ratio control Transformer）、自動電圧調整器（SVR：Step Voltage Regulator）、静止形無効電力補償装置（SVC：Static Var Compensator）である。本件は、資源エネルギー庁の“次世代送配電系統最適制御技術実証事業”により実証を進めている。

4.3 スマートグリッドシミュレータ

大規模系統に適用するスマートグリッド技術の開発を推進するため、分散型電源を含むさまざまな系統機器から構築される大規模電力系統と、次世代情報通信技術に基づく系統制御システムを模擬可能なスマートグリッドシミュレータの開発を進めている。

2010年度から系統機器モデルの開発プラットフォームとなるFPGA（Field-Programmable Gate Array）ベースの高速デジタル演算装置を開発している。2011年度は、演算装置ハードウェアの製品化開発を完了し、大規模システム構築に必要な統合管理システムインタフェースとモデル開発環境の整備を行った。

代表的な系統機器として、発電機や負荷、太陽光発電（PV）の演算モデルを開発し、アナログ模擬送変電システムモデルと接続することで電力系統の構築が可能となった。

今後、蓄電池やFACTS（Flexible AC Transmission Systems）などの系統機器モデル拡充を図り、次世代情報通信技術に基づく系統制御システムモデルや系統保護・系統安定化システムモデルを開発する。これにより、スマートグリッドシミュレータへと発展させるとともに、開発の進む次世代通信対応IEDや蓄電池制御技術の開発との連携を強化していく。

4.4 「富士スマートネットワークシステム」(FSNS)

富士電機は、再生可能エネルギーと電力系統との協調を図るため、将来構想として「富士スマートネットワークシステム」(FSNS)を提案している。図4に、FSNSのイメージを示す。需要家側には、太陽光発電システム、パワーコンディショナ（PCS）、あるいは燃料電池などを組

み合わせたハイブリッド電源装置を持つ需要家マイクログリッドが構築される。配電系統においては、従来のLRTやSVRに、電圧安定化のためのSVC、潮流制御のためのLBC (Loop Balance Controller) および再生可能エネルギー変動分吸収のための電力安定化装置などを組み合わせた地域マイクログリッドが構成される。また、送電系統においては、地域における電力供給の安定化を図るためにエリア型安定化装置を設置する。

FSNSにおいては、EMSが、スマートメータや配電系統におけるIT機器の情報を収集して系統全体の機器の制御を行い、エネルギーを管理する。EMSの制御指令を、パワーエレクトロニクス機器が高速かつ高精度で応答することで、高効率を実現する⁽²⁾。

5 エネルギーマネジメント技術

一般産業、店舗流通、水処理、地域コミュニティなど、さまざまな分野におけるエネルギーの見える化や省エネへの取り組みを実現するため、エネルギーの需給を統合管理するEMSが重要となる。

5.1 統合EMSプラットフォーム

富士電機では、さまざまな分野におけるエネルギーの見える化や省エネ制御処理を統合した、エネルギーマネジメント機能を迅速かつ廉価に提供するための統合EMSプラットフォームを開発した。開発コンセプトは次のとおりである。

- (a) さまざまなエネルギー（電力、ガス、熱など）設備

に対し、目的に応じた各種エネルギー最適化・制御を実現

- (b) エネルギー設備規模に応じて、サーバ単独から大規模分散システムまで、簡単かつ短期間にシステム構築が可能
- (c) オンライン運転中でも、システム増強やシミュレーションによるエネルギー設備拡張・更新時の評価が可能

図5に統合EMSプラットフォームの機能構成を示す。

5.2 需要家エネルギーマネジメントシステム

富士電機では、EMS統合プラットフォームをベースに、需要家向けエネルギーマネジメントシステムとして、工場EMS (FEMS: Factory Energy Management System)、ビルEMS (BEMS: Building and Energy Management System)、店舗流通EMS (REMS: Retail Energy Management System)の開発を行っている。BEMSの機能を次に示す。

- (a) 一つの閉じたグリッドとして捉え、ビル内に蓄電池や太陽電池、燃料電池、スマートメータを設置し、効率的に運用することで再生可能エネルギーや熱をビル内で有効活用する。
- (b) 間接負荷制御によりテナントの省エネや低炭素化活動を推進し、テナントやビル利用者の環境意識を高め、複合ビル全体のゼロエミッションに貢献する。

図6に、スマートコミュニティにおける需要家EMSとCEMSの構成例を示す。

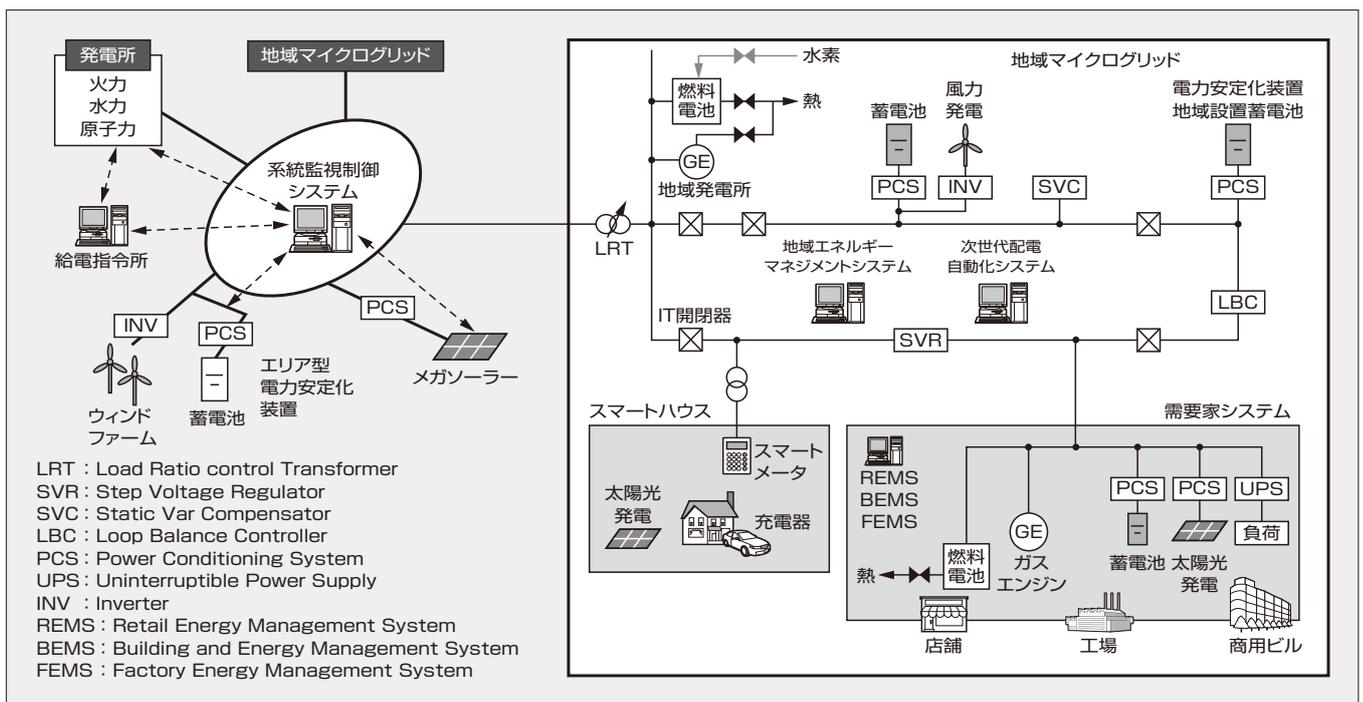


図4 「富士スマートネットワークシステム」(FSNS)

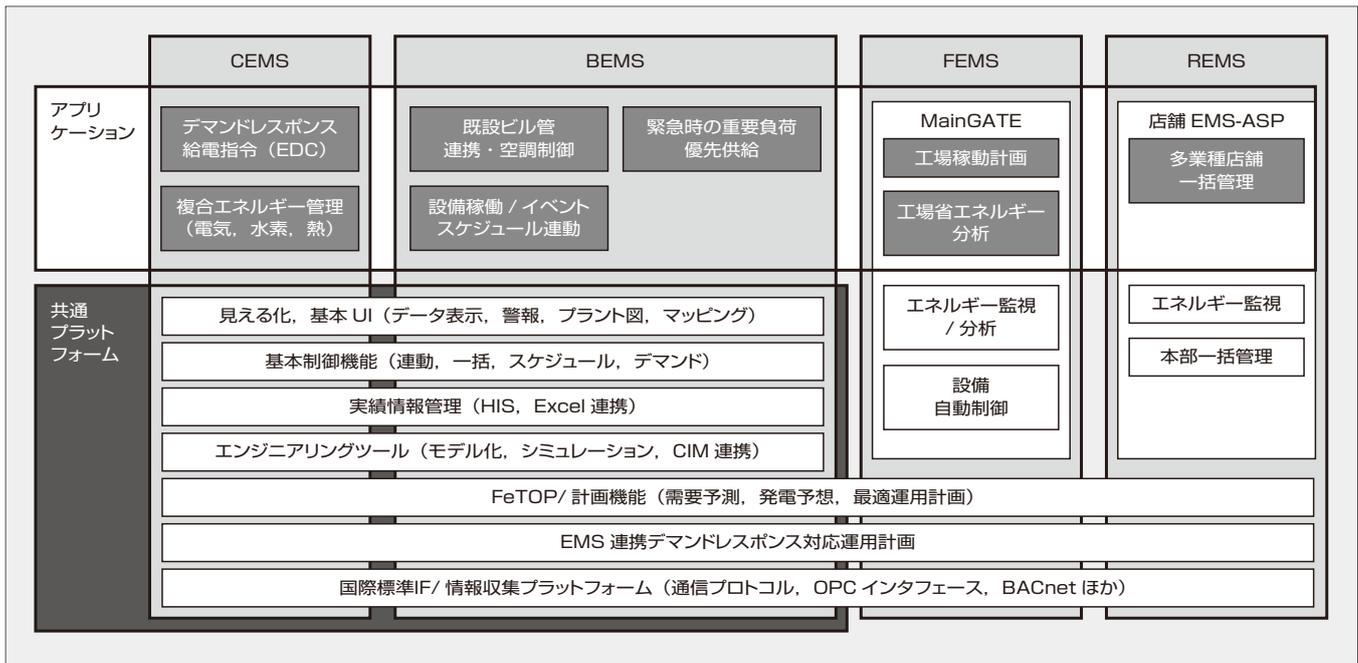


図5 統合 EMS プラットフォーム機能構成

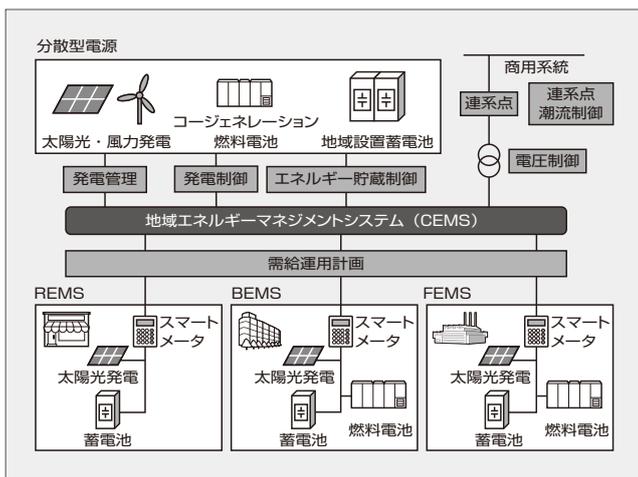


図6 スマートコミュニティにおける需要家 EMS と CEMS の構成例

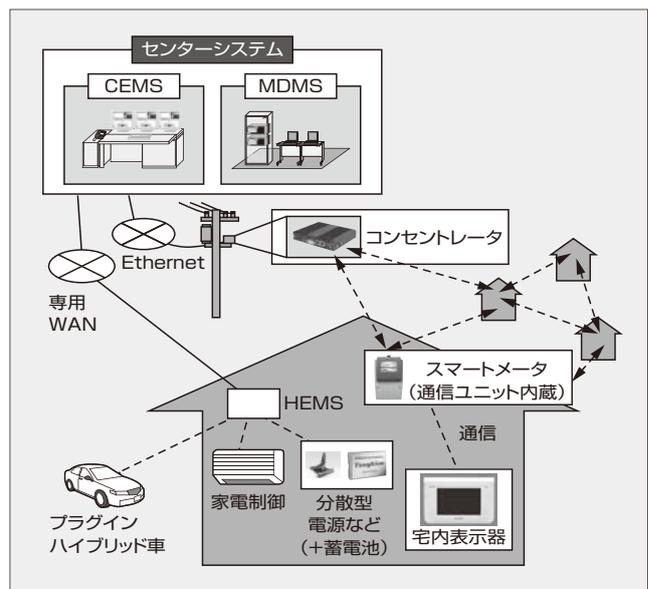


図7 スマートメータリングシステムの全体構成イメージ

⑥ スマートメータリングシステム⁽⁵⁾

日本における電力システムの多くは、供給信頼度の向上・設備の効率的運用などを目的として、既に自動化されている。その点で日本の系統は既にスマートグリッドであるといわれている。また、メータにおいても使用電力量の計測・課金・料金徴収まで全体を網羅するシステムが既に構築されており、スマートメータを業務効率化の目的で導入しても効果は限定的と考えられる。

しかし、2011年3月11日の東日本大震災および原子力発電所の停止により電力不足が顕著となり、これを回避するため、当面のエネルギー需給安定策として、国家戦略室の「エネルギー・環境会議」で、今後5年以内に総需要の

8割をスマートメータ化する「当面のエネルギー需給安定策（案）」という政府方針が打ち出された。

この方針を受け、富士電機ではスマートメータリングシステムを実現する主要な構成要素となるスマートメータ宅内表示器や、情報中継を行うコンセントレータなどの製品開発を促進した。図7にスマートメータリングの全体構成イメージを示す。

6.1 スマートメータ

開発したスマートメータは次の機能を備えている。

- (a) 計量・計量値表示
- (b) 上位システムとの通信による遠隔検針

- (c) 電力供給停止/停止解除（ダイレクト計量時のみ）
 - (d) 電圧・電流計測（上位システムからの要求時）
 - (e) デマンドレスポンス実施のため宅内表示器との通信
- また、将来的には負荷制限機能を搭載することにより、電力不足への対応を考えていく。

6.2 通信機能

富士電機では、スマートメータの最重要機能といわれる通信機能において、1980年代から有線・無線を問わずさまざまな通信媒体や機器、周波数を用いた通信方式を開発してきている。スマートメータに搭載した通信機能には、次の理由により通信方式に特定小電力無線を用いている。

- (a) 近年開放された周波数帯域のため干渉が少なく、かつ透過性が良いこと
- (b) 今後スマートメータは既設の置換え需要が多いため、有線より無線の利用が有効であること

なお、デマンドレスポンスを実現するために、上位システムに対する通信と宅内表示器に対する通信を考慮しなければならないことから、1枚のプリント基板に2種類の無線方式を搭載する方式（1カード2チップ搭載型）とした。また、上位システムに対する通信には、スマートメータ搭載の通信ユニットがお互いに中継装置にもなるマルチホップ多段中継方式を採用した。

6.3 宅内表示器

宅内表示器はスマートメータと直接通信することにより、消費電力・使用電力料金見える化ならびに上位システムからのデマンドレスポンス依頼を表示し、これに応答するために設置する。実際には、汎用のタブレット PC に次の機能を搭載する。

- (a) 計量データ表示
- (b) 電力使用量グラフ表示・電力料金表示
- (c) デマンドレスポンス依頼の表示・応答
- (d) 上位システムからのガイダンス
- (e) メータとの通信

6.4 コンセントレータ

コンセントレータとは、一般に複数の回線を束ねる装置

表1 MDMS に搭載する主な機能

	機能
データ収集	データ収集、停止/停止解除制御、装置管理（メータ・コンセントレータ・ネットワークなど）
監視	監視機能（メータ・コンセントレータ・ネットワークなど）
データ管理	メータ管理、データ管理、状態管理、停電管理、料金管理、需要家管理、機器管理、需要予測・発電予測に基づいたデマンドレスポンス

をいう。本稿では、複数台のメータデータ情報を集約し、まとめて上位システムに送信する装置を指す。

まとまった台数ごとにコンセントレータを設置し、限定されたエリア内のメータデータ情報を集約して上位システムに有線を経由し通信を行う。

6.5 MDMS (Meter Data Management System)

MDMS とは、スマートメータから収集するデータを分析し、需要家に付加価値の高いサービスを提供するシステムを指す。表1に搭載する主な機能を示す。

7 あとがき

富士電機では、これまで実証、調査事業への対応を主体にスマートコミュニティ分野における技術や知見を拡大してきた。その実証調査事業も2012年度よりフィールドテストのフェーズに入り、成果の早期展開が待たれている。

特に東北における震災復興インフラに対し実証成果を反映し、安全・安心で利便性の高い街を構築することが至近の課題と考える。

今後も富士電機の技術力を結集し、市場環境や新技術の変化に応じた研究・開発を進め、スマートコミュニティの構築・運用技術の蓄積により、“エネルギーと環境の調和”の実現に寄与する所存である。

参考文献

- (1) 菅井賢三ほか. スマートコミュニティの現状と展望. 富士時報. 2011, vol.84, no.3, p.176-180.
- (2) 仁井真介, 加藤正樹. スマートグリッドを支えるパワーエレクトロニクス技術. 富士時報. 2011, vol.84, no.3, p.203-208.
- (3) 堀口浩ほか. 統合エネルギーマネジメントシステムプラットフォーム. 富士時報. 2011, vol.84, no.3, p.214-218.
- (4) 笛木豊, 桑山仁平. 次世代エネルギー・社会システムへの取組み. 富士時報. 2011, vol.84, no.3, p.181-187.
- (5) 松田秀樹ほか. スマートグリッドを支えるメータリング技術. 富士時報. 2011, vol.84, no.3, p.209-213.



友高 正嗣

スマートコミュニティとエネルギー流通事業に従事。現在、富士電機株式会社社会システム事業本部エネルギー流通事業部長。電気学会会員。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。