

北九州スマートコミュニティ創造事業における ダイナミックプライシング社会実証

Public Demonstration of Dynamic Pricing in the Kitakyushu Smart Community Creation Project

大賀 英治 OGA Eiji

樺澤 明裕 KABASAWA Akihiro

福岡県北九州市八幡東区の東田地区で実施している“北九州スマートコミュニティ創造事業”は、事業開始から4年目を迎えた。本事業は、“地域節電所”を核とした地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS: Cluster Energy Management System) により、市内の標準的な街区との比較でCO₂排出量を50%以上削減することを目指している。事業の一環として、2012年度に国内初となるダイナミックプライシング社会実証が行われた。ピーク時間帯の電力料金単価を15～150円/kWhの間で5段階に変化させ、平均して9～13%の需要削減効果が確認された。

The “Kitakyushu Smart Community Creation Project” being conducted in the Yahatahigashida region of Fukuoka, Kitakyushu, celebrated its fourth year since inception. This project utilizes a regional energy management system based on a “cluster energy management system” and aims to reduce CO₂ emissions by at least 50% compared to that of typical urban areas. As part of this project, the first public demonstration of dynamic pricing in Japan was conducted in 2012. The price of electric power during peak hours was varied in five stages, from 15 to 150 yen/kWh, and an average reduction in demand of 9 to 13% was confirmed.

1 まえがき

“北九州スマートコミュニティ創造事業”は、2010年4月、“次世代エネルギー・社会システム実証事業”の4地域(横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市)の一つとして、経済産業省より選定された。わが国の成長戦略「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大戦略」におけるスマートグリッド構築と海外展開を実現するための取組みである。

本事業は、北九州市をはじめ、新日鐵住金株式会社、日本アイ・ピー・エム株式会社、株式会社安川電機、富士電機のほか60を超える企業・団体で構成される北九州スマートコミュニティ創造協議会が事業主体となり、32事業(2010年度から5年間で総額163億円)からなるマスタープランを策定し、その推進を図っている。富士電機は、本実証により高度な地域エネルギーマネジメントシステム(CEMS: Cluster Energy Management System)やスマートメータ、スマート蓄電システムなどの先導的な技術開発実証を行うとともに、社会インフラとしてのスマートコミュニティの構築・運用ノウハウを差別化アイテムとして、広く国内外のエネルギーインフラビジネスへの展開を計画している。

本稿では、2012年度に行われた国内初となるダイナミックプライシング実証の結果を中心に述べる。

2 北九州スマートコミュニティ創造事業

2.1 事業概要

本事業は、北九州市八幡東区の東田地区(約120ha)を対象としている(図1)。新エネルギーの導入拡大、建物への省エネルギー(省エネ)システム導入、“地域節電所”



図1 北九州市八幡東区の東田地区

を核としたCEMSによるエネルギーの効率利用、ならびに交通システムなど社会システムの整備を行うことで、20%の省エネ効果を獲得し、市内の標準的な街区との比較でCO₂排出量を50%以上削減することを目指している。さらには、この事業を通じて開発した技術やノウハウを広く国内外に展開することにより、関連産業の振興、国際標準化を進め、環境エネルギー産業の競争力強化を目指している。

また、本実証地区は新日鐵住金株式会社 八幡製鉄所内のコージェネレーション設備から自営線により電力を供給している特定供給地域である。当該地区の北九州東田前田地区電力需給組合の協力により、実際の電力契約を変更し、電力料金単価を変動できることが特徴の一つである。

2.2 実証事業の全体像

本事業は地域節電所を中心にエネルギーマネジメントシステム(EMS: Energy Management System)を構築しているが、基本的な考え方は“需要家が参加する”新しい

エネルギーシステムを構築すること、つまりこれまでエネルギーの消費者、いわゆる“コンシューマー (consumer)”である需要家が生産消費者“プロシューマー (prosumer)”になっていくことである。従来のエネルギー供給者に加え、プロシューマーである市民や事業者が“考え”“参加する”ことで、人々が自ら使うエネルギーを自ら管理する“デマンドサイドマネジメント”を実現することである。こうしたデマンドサイドマネジメントの具体的な成果として考えているものは、次の五つである。

(1) 省エネルギー

スマートメータを経由して宅内表示器(タブレット端末)に表示する電気使用量、地域需給状況などの情報提供による“見える化”と、一部で導入する需要家のEMSにより、省エネを推進する。

(2) 負荷平準化

地域の電力需要負荷は、需要家の種類によって異なるが、情報通信技術や蓄電池などを活用し、さまざまなタイプの需要家を組み合わせるピークカットやピークシフトを行い、地域全体で負荷の平準化を実現する。

(3) 再生可能エネルギーの最大活用

再生可能エネルギーの大量導入社会に備えて、できる限り逆潮流による出力の抑制をすることなく、再生可能エネルギーの電力を賢く使いこなす仕組みを構築する。

(4) 災害時における自立運転システム

スマートグリッドは、基幹電力の系統と連系し、相互に協力関係にあることが重要である。一方、大規模電力系統につながっているために、災害などで万が一、大規模停電が発生した時は、スマートグリッドのシステムも使用できなくなる。本事業では、災害時でも必要最小限の範囲で自立運転できるシステムを構築する。

(5) 社会インフラへのスマートグリッド基盤活用

本事業を通じて整備するスマートメータなどの情報通信インフラを活用して、市民の利便性向上につながるよう、交通や安全安心など多くの社会インフラ(見守りサービス、オンデマンド型コミュニティバス、データアグリゲーションなど)を含む新規事業を創出する。

2.3 地域エネルギーマネジメント実証

実証事業で中核となるCEMSは、地域節電所に設置され、デマンドレスポンスに対応したHEMS(Home Energy Management System)、BEMS(Building and Energy Management System)、FEMS(Factory Energy Management System)、SEMS(Store Energy Management System)、スマートメータと情報連携を行う。また、東田地区におけるコージェネレーションや太陽光発電、風力発電、燃料電池などの分散型電源やコミュニティ設置型蓄電池システムとの情報連携も行い、発電量や需要量に応じて、発電機や蓄電池の制御を行う。同時に、時間帯別にエネルギー料金単価を変動させるダイナミックプライシングにより、需要家による省エネやピークシフトを誘導する。BEMSやHEMSを設置している需要家では、このダイナミックプライシング情報を基に、ビル内設備やEV充電設備、家庭内の家電品などの負荷制御を実施する。

2.4 地域エネルギーマネジメント実証システム

実証システムの全体構成を図2に示す。

実証システムは、家庭や企業、工場などの需要家側でエネルギーを最適に運用する需要家EMS(BEMS, HEMS, FEMS, SEMSなど)、地域内にエネルギーを供給する分散型発電設備、コミュニティ設置型蓄電池システム、ならび

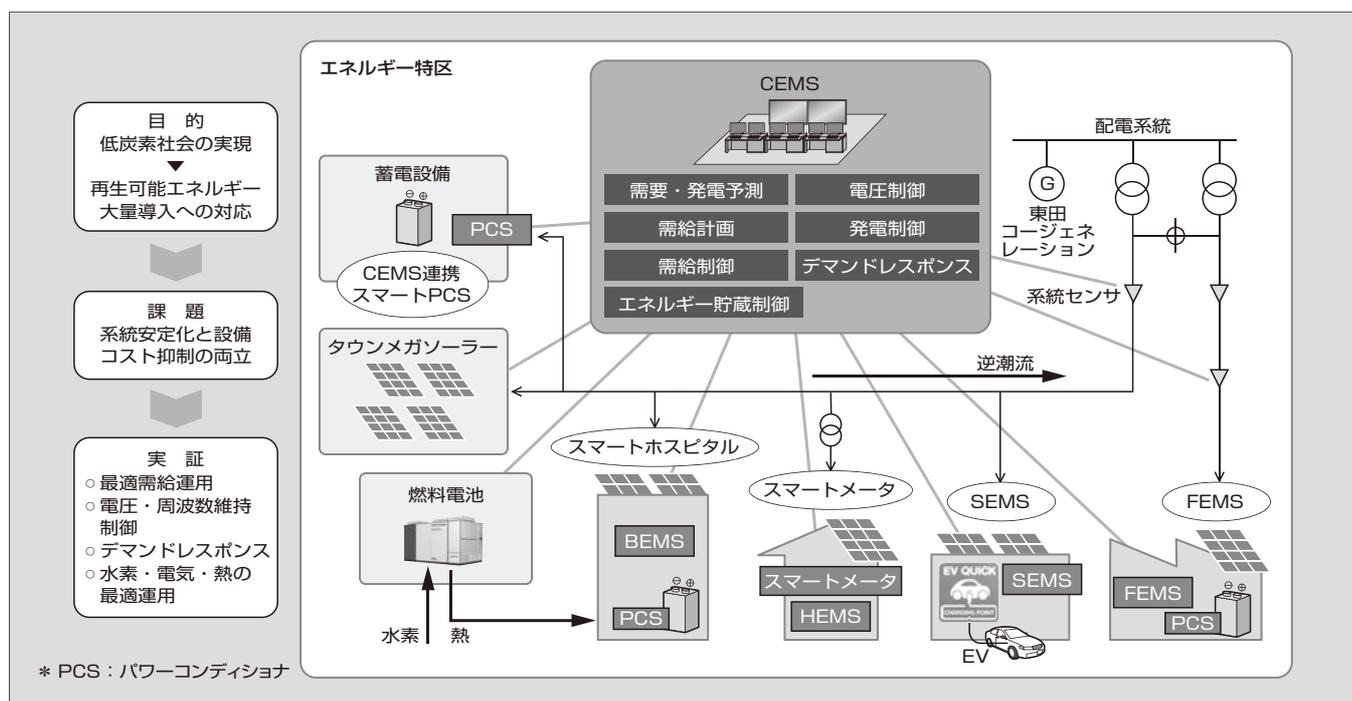


図2 実証システムの全体構成

にこれらを総合的に最適制御を行う CEMS から構成される。

また、全ての需要家には、スマートメータと CEMS からの各種エネルギー情報を表示する宅内表示器が設置される。

(1) CEMS

地域節電所に設置される CEMS は、地域全体のエネルギー需給を予測し、コージェネレーションや蓄電システムの運用計画を立案するとともに、スマートメータおよび需要家 EMS にダイナミックプライシング情報を配信する(図 3)。

(2) コミュニティ設置型蓄電システム

コミュニティ設置型蓄電システムは、CEMS と双方向の情報連携を行い、地域グリッドの負荷平準化と緊急予備力提供を行うとともに、瞬時周波数変動の抑制や無効電力による電圧制御などのグリッド電力の品質を維持する制御を行う。

また、地域に設置される太陽電池や燃料電池と連系することで、東日本大震災のような大規模災害時に重要負荷へ電力供給を維持する自立運転機能も実現している。図 4 に、コミュニティ設置型蓄電システムの例として、300 kW 蓄電複合システムを示す。

(3) スマートメータ

図 5 にスマートメータのシステム構成を示す。スマートメータは CEMS とコンセントレータを介して双方向通信を行う。

スマートメータとコンセントレータ間の通信方式は、全



図 3 地域節電所に設置された CEMS



図 4 300 kW 蓄電複合システム

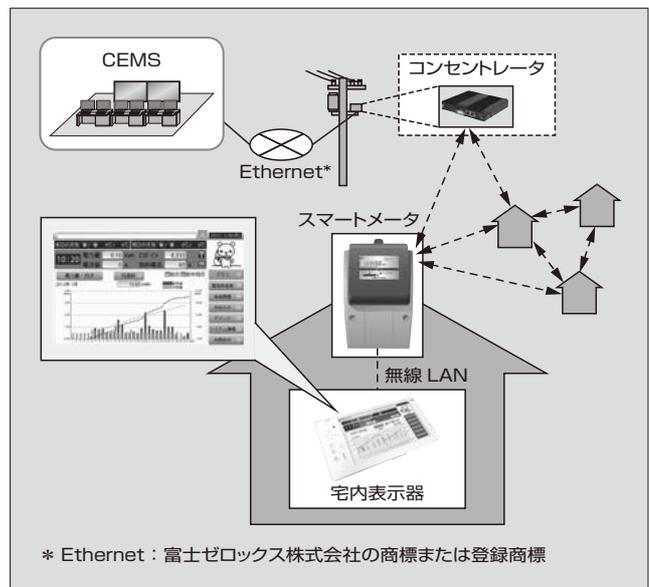


図 5 スマートメータのシステム構成

需要家への導入と今後の規模拡大に柔軟に対応することを配慮し、メッシュ無線通信方式を採用した。これにより、通信ネットワークの各戸への引き込みコストを低減すること、ならびにマルチホップ機能による通信ルートの変更やメータの増設に柔軟に対応することが可能となる。

CEMS からのダイナミックプライシング情報は、スマートメータを経由し、無線 LAN により宅内表示器に表示される。宅内表示器では、この他に地域全体のエネルギー需給状況および需要家個人のエネルギー使用状況を表示し、需要家が自らの判断で地域のエネルギー需給に関わるための情報を提供している。スマートメータ本体では 30 分値の電力量データを 44 日分保持する。日本電気計器検定所 (JEMIC: Japan Electric Meters Inspection Corporation) の型式認定を取得しており、電気料金取引に使用することができる。

2013 年 3 月現在、スマートメータは低圧用を 225 世帯、高圧用を 50 事業所に設置しており、地区内のほとんどの需要家に展開している。

(4) 需要家 EMS

需要家 EMS は、需要家内に設置された設備に関するエネルギーの最適計画を立案するとともに、CEMS にその計画情報を伝送する。CEMS からの情報 (料金テーブル) により、計画を変更し、その計画に基づいて運用することでダイナミックプライシングに対応する。

2013 年 3 月現在、HEMS は 10 世帯に導入、BEMS と FEMS はテナント・オフィスビル、業務用ビル、企業単身寮、病院、工場、市立博物館、商業施設など 8 か所に導入されている。

③ デマンドレスポンス制度設計

本実証におけるデマンドレスポンスは、ダイナミックプライシング (DP: Dynamic Pricing) とインセンティブプ

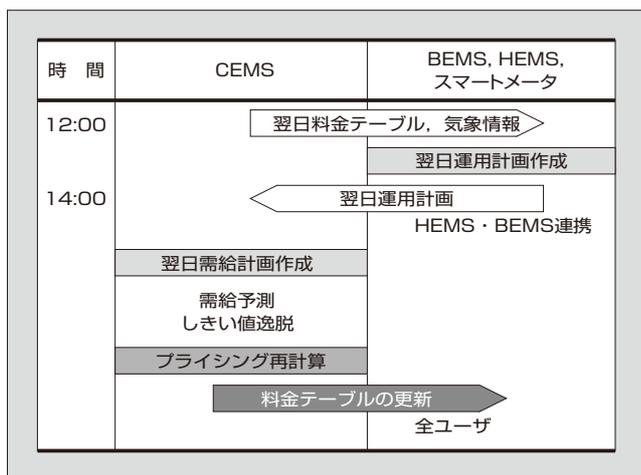


図6 ダイナミックプライシングの実施例

プログラム (IP : Incentive Program) の二つの手法を組み合わせて実施している。

ダイナミックプライシングは、電気料金単価をピーク時間帯に変化させることで、料金単価をトリガとして需要家の反応を得る手法である。ダイナミックプライシングの制度は、次の3種類としている。

(1) ベーシックプライシング

年度初めに設定するもので、過去の電力需要実績などから、当該年度の基本となる季節別時間帯別単価パターンを決定し、需要家に通知する。

(2) リアルタイムプライシング

翌日の気象予報などによる再生可能エネルギーの発電量や需要の予測に基づき、あらかじめ定めた係数をベーシックプライシング単価に乗じて翌日の単価を設定し、通知する。

(3) クリティカルピークプライシング

前日までに予測し得なかった状況変化 (再生可能エネルギーの発電量の大幅な変動、電力需要の大幅な変動など) が発生した場合に、あらかじめ設定した緊急時単価パターンに基づき単価を通知する。

図6にダイナミックプライシングの実施例を示す。CEMSでは当日に翌日の需要予測を行い、翌日料金テーブルを需要家EMS, スマートメータに配信する。これを基に需要家EMSにおいて翌日の運用計画を作成し、CEMSに返信する。この情報を基に翌日の料金テーブルを確定する。

4 ダイナミックプライシング社会実証

4.1 ダイナミックプライシング社会実証設計

2012年度から、時間帯別に電気料金単価を変更するダイナミックプライシングによるデマンドレスポンスの社会実証が行われている。実証試験は一般家庭向けと事業所向けがあるが、本稿では一般家庭向けの実証結果について報告する。

実証試験は、一般家庭を無作為抽出により、コントロー

ルグループ (デマンドレスポンスを実施しない) とトリートメントグループ (デマンドレスポンスを実施する) に分けて行われた。これは、米国エネルギー省のガイドラインにも記載されて無作為化比較試験 (RCT : Randomized Controlled Trial) の手法にのっとったものである。コントロールグループとトリートメントグループの両者を比較することで、ダイナミックプライシング適用の効果を分析することが可能となる。

ダイナミックプライシングの料金制度は、夏季や冬季などの電力需給逼迫 (ひっばく) が予想される日に、電力需要のピーク時間帯に限定して料金を高く設定するクリティカルピークプライシングが基本となっている。今回の試験では、料金水準と需要削減効果の関係を求めるためにピーク時間帯の料金水準を5段階に変化させる変動型クリティカルピークプライシングを実施した。

図7に実証試験における電気料金体系 (夏季および冬季) を示す。コントロールグループには、通常の時間帯別料金であるベーシックと呼ばれる料金が適用された。一方で、トリートメントグループには、ベーシックとは異なる時間帯別料金を適用するとともに、ピーク時間帯においてレベル1 (15円/kWh) ~レベル5 (150円/kWh) の料金が適用された。ピーク時間帯は、夏季は昼間の13:00 ~ 17:00とし、冬季は朝の8:00 ~ 10:00および晩の18:00 ~ 20:00とした。

なお、夏季試験 (6 ~ 9月) では最高気温予報が30℃以上の平日に、冬季試験 (12 ~ 3月) では最低気温予報

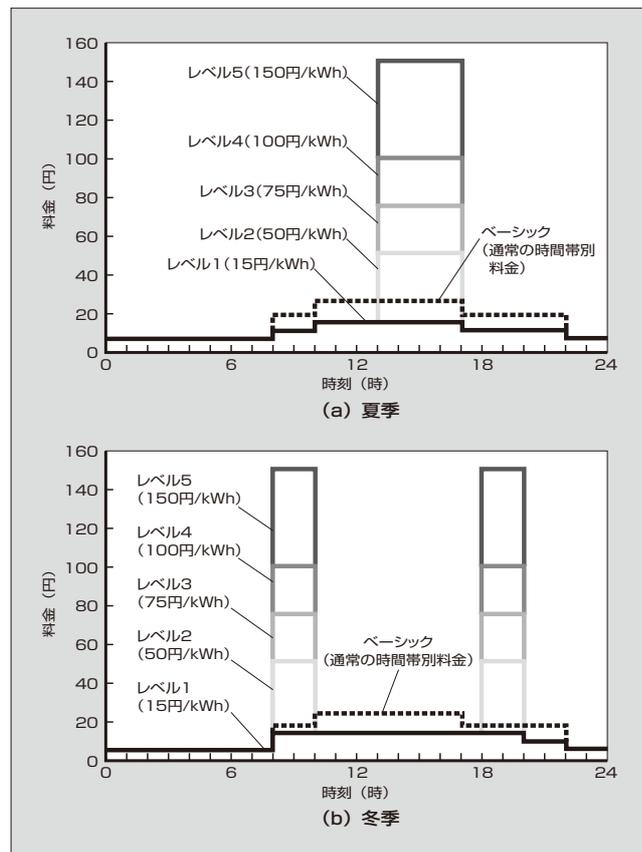


図7 ダイナミックプライシングの料金体系

が5℃以下の平日に、レベル2～5をランダムに実施した。

4.2 ダイナミックプライシング社会実証結果

(1) 夏季試験結果

表1に、夏季期間内に実施したデマンドレスポンスの日数を示す。6月は最高気温予報が30℃以上の日がなくデマンドレスポンスは実施されなかったが、7～9月にかけて、レベル2～5の各レベルについて10日ずつ、合計で40日実施された。図8は、デマンドレスポンスを実施しなかった7月10日のコントロールグループとトリートメントグループの需要曲線（平均値）を比較したものである。両グループの需要はほぼ一致しており大きな差異は見られなかった。これは無作為抽出によるグループ化が適正に行われたことを示している。

表1 デマンドレスポンス実施日数（夏季）

デマンドレスポンス	料金水準	6月	7月	8月	9月
なし	レベル1	30	16	11	25
実施	レベル2	0	4	4	2
	レベル3	0	4	5	1
	レベル4	0	4	5	1
	レベル5	0	3	6	1

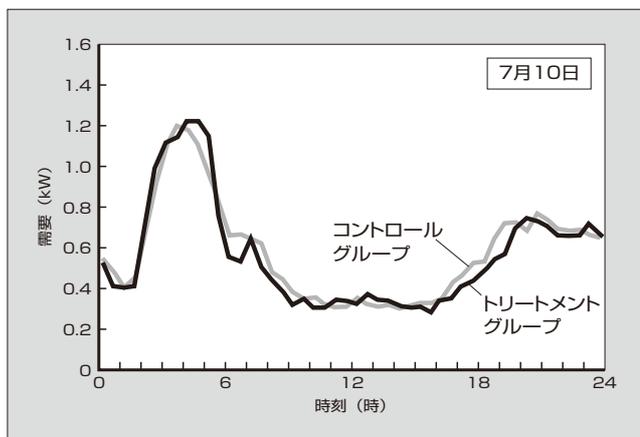


図8 デマンドレスポンスなしの需要曲線の比較

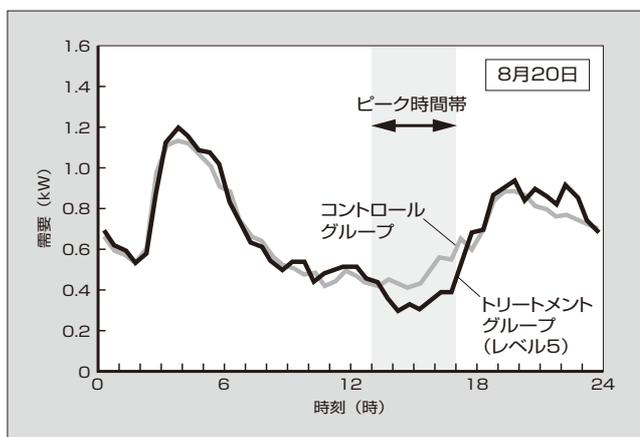


図9 デマンドレスポンス実施時の需要曲線の比較

一方、図9は、トリートメントグループにレベル5のデマンドレスポンスを実施した8月20日の両グループの需要曲線を比較したものである。電気料金が高くなるピーク時間帯において、トリートメントグループの需要が低下していることが確認できた。このような需要曲線の変化傾向はレベル2～5の全てで観察され、デマンドレスポンスによる一般家庭における需要削減効果が確認できた。次にデマンドレスポンスと気温の関係について解析を行った。図10は、トリートメントグループについて、16:00における需要をその日の最高気温に対してプロットしたものである（7～9月）。デマンドレスポンスを実施しなかったレベル1については、需要と最高気温の間に相関が見られ、最高気温が高くなるほど需要が大きくなる傾向であった。これは、夏季の主な需要要因が冷房機器であることを示唆している。

一方、デマンドレスポンスを実施したレベル2～5については、レベル4で需要と最高気温の間に相関が見られたものの、他のレベルでは統計的に有意な相関は見られなかった。これは、最高気温以外の因子が需要に影響しているためと考えられる。

デマンドレスポンスのレベルと需要削減効果の関係については、京都大学の依田教授を中心とした研究メンバーが、トリートメントグループとコントロールグループとを比較する計量経済分析の手法により解析を行った。図11は、

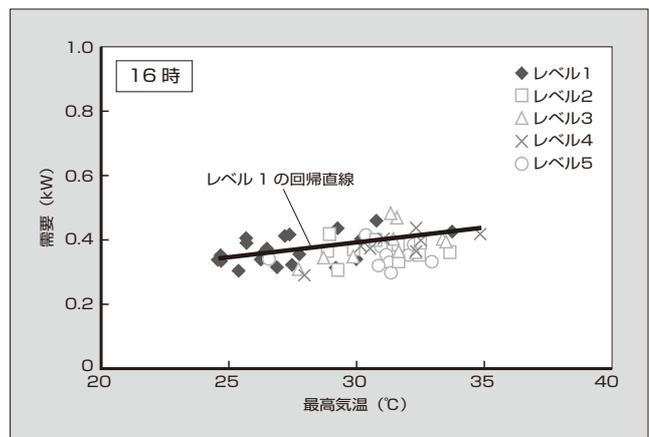


図10 日最高気温と16時の需要との関係

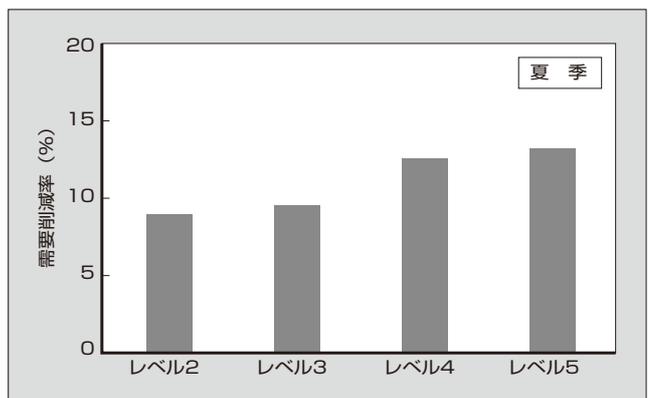


図11 需要削減率（夏季）

その解析結果を各レベルのピーク時間帯における需要削減率として示したものである。需要削減率は、各レベルに応じて約9～13%となりレベルが上がるほどその効果も大きくなる傾向があり、デマンドレスポンスの有効性を示す結果となった。

(2) 冬季試験結果

表2に、冬季期間内に実施したデマンドレスポンスの日数を示した。12～2月にかけて、レベル2～5の各レベル10日もしくは11日のデマンドレスポンスを実施し、期間合計で42日実施した。なお、3月は気温5℃以下の日があったが、デマンドレスポンスは実施しなかった。

冬季試験においても、デマンドレスポンスを実施しない場合は、トリートメントグループとコントロールグループの需要曲線はほぼ一致していた。

一方、図12は、トリートメントグループにレベル5のデマンドレスポンスが実施された1月28日の両グループの需要曲線を比較したものである。電気料金が高くなる朝晩二つのピーク時間帯において、トリートメントグループの需要が低下していることが確認できた。また、晩についてはデマンドレスポンスが終了した20時以降に需要が増大する挙動が見られ、電力を使う時間をシフトさせている可能性が示唆された。このような需要曲線の変化傾向は、レベル2～5の全てで観察され、冬季試験においても夏季試験と同様にデマンドレスポンスによる需要削減効果が確認できた。

図13は、トリートメントグループについて、9:00における需要をその日の最低気温に対してプロットしたものである。デマンドレスポンスを実施しなかったレベル1については、需要と最低気温の間に相関が見られ、最低気温

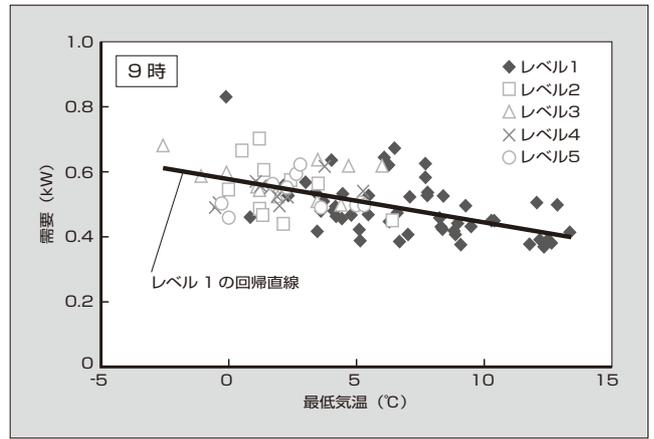


図13 日最低気温と9時の需要との関係

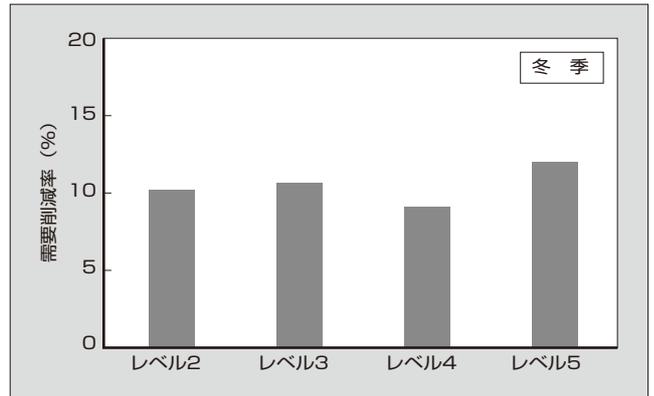


図14 需要削減率(冬季)

表2 デマンドレスポンス実施日数(冬季)

デマンドレスポンス	料金水準	12月	1月	2月	3月
なし	レベル1	18	14	16	31
実施	レベル2	3	4	3	0
	レベル3	4	3	4	0
	レベル4	3	5	3	0
	レベル5	3	5	2	0

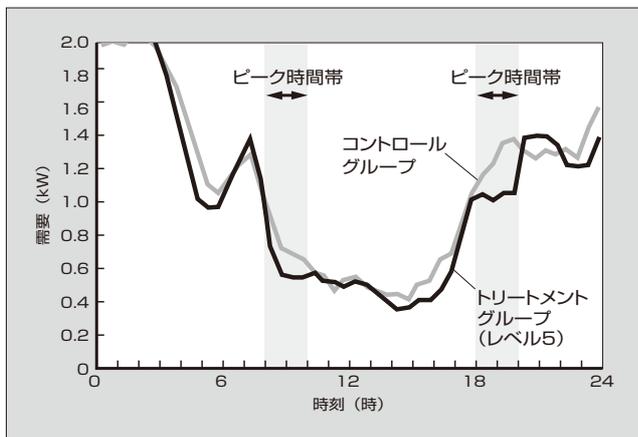


図12 需要曲線の比較(1月28日, レベル5)

が低くなるほど需要が大きくなる傾向であった。これは、冬季の主な需要要因が暖房機器であることを示唆している。一方、デマンドレスポンスを実施したレベル2～5については、需要と最低気温の間に統計的に有意な相関が見られず、最低気温以外の因子が需要に影響していると考えられる。

図14は、京都大学の依田教授を中心とした研究メンバーが解析した各レベルの需要削減率(朝と晩のピーク時間帯の合計)を示したものである。需要削減率は約9～12%となり、冬季についても夏季と同程度の需要削減効果が得られた。

5) ダイナミックプライシング社会実証成果の展開

今回のダイナミックプライシング社会実証で、料金水準が上がるほどピークカット効果は大きくなるが、効果の伸びは減減傾向にあることが分かった。今後この成果を含めたデマンドレスポンスの仕組みを国内外に展開するためには、次の取組みが必要であると考えられる。

(1) デマンドレスポンス制度検討

デマンドレスポンスの制度については、現状は実証レベルにあるが、東日本大震災とそれに続く原子力発電所の停止によりその必要性が増大している。今後、社会インフラとしてその制度を継続的に定着させるためには、事業者や

需要家の協力が必要となる。デマンドレスポンスの制度は、国レベルの明確なエネルギー政策の下、事業者の創意工夫が生かされる形で普及していくことが望ましいと考える。

(2) デマンドレスポンスの標準化

デマンドレスポンスの標準化は、経済産業省が中心となりスマートコミュニティアライアンス (JSCA) の“スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会”⁽⁴⁾の“デマンドレスポンスタスクフォース”で作業を進めている。標準化は、国際オープン標準を推進する国際コンソーシアム OASIS が、エネルギー企業間のシステムの相互運用標準を定めた EI (Energy Interoperation) 1.0 で検討している OpenADR (Open Automates Demand Response) をベースに推進作業を進めている。OpenADR はデマンドレスポンスの標準通信規格であり、OpenADR アライアンス (本部：米国カリフォルニア州パロアルト) が認証プログラムの開発と認証機関を行い、OpenADR 準拠のシステムや製品の今後の普及を見据えた活動を行っている。

わが国も OpenADR を標準通信規格としたデマンドレスポンスサービス事業の展開を早急に展開する必要がある。

(3) セキュリティの確保とプライバシー保護

デマンドレスポンスは、セキュリティやプライバシー保護に関する信用を得られなければ、実現は困難である。米国では、一部の州で部分導入が開始されていて、電力使用データが漏えいすると個人の生活パターンが明らかになる恐れがあるという点が指摘されている。また、スマートメータやそれらを管理するマネジメントシステムに外部から侵入があった場合、社会的な影響が大きく、セキュリティ強度の高いデマンドレスポンス・ネットワークを構築する必要がある。米国エネルギー省は、2011年に“エネルギー供給システムにおけるサイバーセキュリティ確保のための2011年ロードマップ”を発表し、安全なエネルギー供給システムを開発していくための、今後10年間にわたる戦略的枠組みを示している。

6 あとがき

本稿では、北九州市における2012年度のダイナミックプライシング社会実証の結果を中心に述べた。富士電機は、2014年度までの実証期間に、デマンドレスポンスの制度についてさまざまな検討および実証を行い、国内外の多種多様な地域に展開できる新しい社会システムの実現に貢献していく。

参考文献

- (1) “スマートメーターの最近の動向について”. 経済産業省. http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004668/011_03_00.pdf, (参照 2013-6-28).
- (2) 依田高典ほか. 北九州市における変動型CPP社会実証—2012年度夏季評価結果—. 北九州市プレスリリース. <http://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000128666.pdf>, (参照 2013-6-28).
- (3) 依田高典ほか. 北九州市における変動型CPP社会実証—2012年度冬期評価結果速報—. 北九州市プレスリリース. <http://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000141802.pdf>, (参照 2013-6-28).
- (4) “スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会について”. 経済産業省.



大賀 英治

エネルギー管理システムの企画・開発・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部社会システム事業部電力流通システム部担当課長。



樺澤 明裕

デマンドレスポンスに関する研究・開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所制御技術開発センタースマートグリッド開発部主査。博士 (工学)。





*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。