技術センター スマートコミュニティ計画

その 2 冬季デマンドレスポンスの実証報告

小林 信郷＊1・高木 健＊2・田端 淳＊3・遠藤 晃＊4・小柳 秀光＊3

Keywords : smart BEMS, CEMS, demand response, smart community
スマート BEMS，CEMS，デマンドレスポンス，スマートコミュニティ

1. はじめに

我が国のエネルギーセキュリティーや CO_2 排出削減の観点から，再生可能エネルギーの大量導入は必須である。そのためには，電力安定性の確保を目的とした「スマートグリッド」※1 構築をベースとし，エネルギーの有効利用が可能な「スマートコミュニティ」※2 を築いていく必要がある。

この様な社会的ニーズに対応するため，資源エネルギー庁は次世代エネルギー・社会システム協議会を立ち上げ，2010 年に実証地域として横浜市（神奈川県）・豊田市（愛知県）・けいはんな学研都市（京都府）・北九州市（福岡県）の 4 地域を選定した。

横浜市は，民間企業と協働で，横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）の名称で，エネルギーマネジメントシステムの導入や太陽光発電システムの設置などを行っている。

当社は，この実証事業に 2011 年から（株）東芝と協同で参画し，横浜市戸塚区の技術センター内においてスマート BEMS※3 を核としたシステムを構築し様々な実証を行っている [1), 2), 3)]。

2013 年 1 月に横浜市と民間企業は協働で，業務・商業ビル部門における電力ピークカット 20%以上を目標に，統合ビルエネルギーマネジメントシステム（統合 BEMS※4）を活用した冬季デマンドレスポンス※5（DR）実証を実施し，当社も参加した。

本論文では，冬季デマンドレスポンスにおいてピークカットなどの観点からスマート BEMS 導入の有効性を検証したので報告する。

＊1 設計本部 設備計画部
＊2 環境本部 環境計画部
＊3 技術センター 建築技術研究所 環境研究室
＊4 設計本部 設備設計第三部

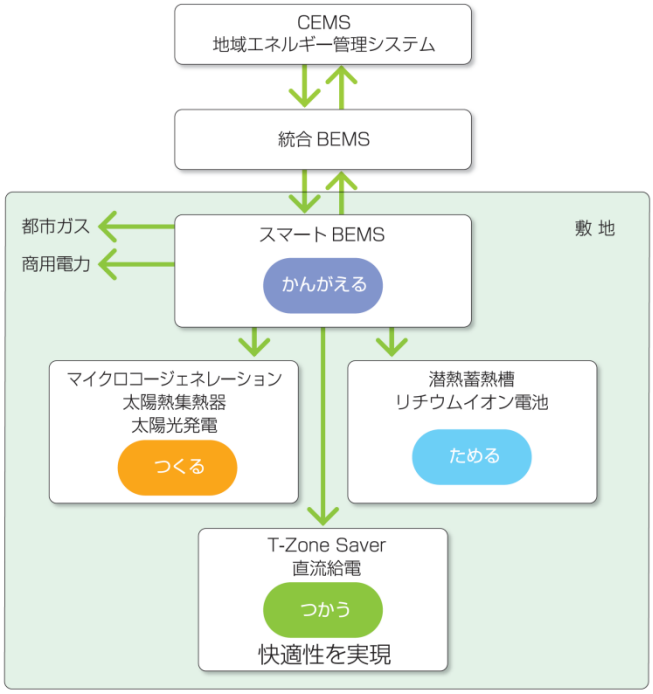

図-1 技術センターにおける実証システムの構成概念
Fig.1 The schematic illustration of the system in Technology Center

2. 実証システムの概要

技術センターの実証システムは，最先端の設備システムと次世代型の蓄熱・蓄電システム及びスマート BEMS を導入している。スマート BEMS は,最適なエネルギー利用と快適性の両立をめざし，「つくる（創熱・創電）」,「ためる（蓄熱・蓄電）」,「つかう（運用）」という 3 つの要素を最適に制御（「かんがえる」）する。さらに CEMS※6 を介した地域連携により，デマンドレスポンスに対応することで，コミュニティ全体のエネルギー利用の最適化が可能となる。

図-1 に技術センターにおける実証システムの概念を示す。図-2 に技術センター内に設置した「つくる」,

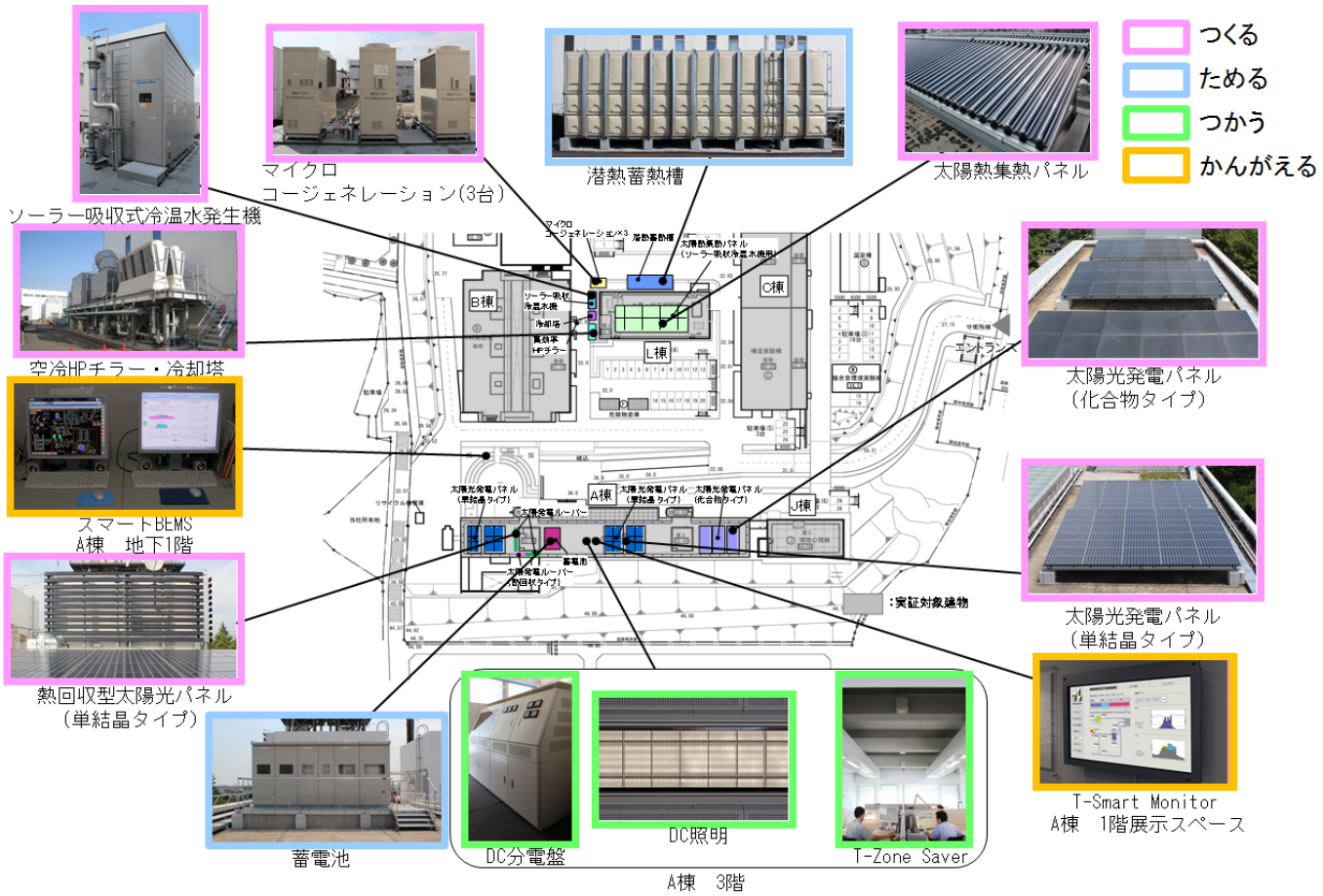

図-2 実証システムの配置図
Fig.2 The layout of the demonstration systems

「ためる」,「つかう」,「かんがえる」各設備の配置図を示す。

2. 冬季デマンドレスポンス実証の全体概要

2013 年 1 月に横浜市と民間企業は協働で，業務・商業ビル部門における電力ピークカット率 20%以上を目標に，統合ビルエネルギーマネジメントシステム（統合 BEMS）を活用した冬季デマンドレスポンス実証を実施した。

実証概要を以下に示す。

(1)実施日数　：2013 年 1 月 8 日（火）～29 日（金）の期間の中の 7 日間
(2)対象時間帯　：17 時～20 時（平日）
(3)発行条件　：最高気温 8℃以下の日（前日夜の予報に基づく）
(4)方　式　：PTR 方式(ピークタイムリベート)
(5)目　標　：電力ピークカット率 20%以上
(6)参加企業　：図-3 の赤枠内に示す。

3. 技術センターにおける実証の概要

3.1 スマート BEMS の機能

3.1.1 天気予報とデマンドレスポンス信号受信機能

予測機能と運転計画機能で必要となる天気予報とデマンドレスポンス信号を統合 BEMS などより取得する。

3.1.2 予測・運転スケジュール計画機能

天気予報と過去の電源負荷・熱源負荷，太陽光発電出力，太陽熱集熱量の実績値に基づき，翌日の電源負荷，熱源負荷，太陽光発電出力，太陽熱集熱量を予測する。次に，予測結果とデマンドレスポンス信号をもとに，各機器の翌日 24 時間の運転スケジュールを計画する。なお，運転スケジュール計画の目標は，光熱費最少化または CO_2 排出量最少化とすることが可能である。運転スケジュール計画の対象機器は，空冷ヒートポンプチラー，ソーラー吸収冷温水機，マイクロコージェネレーション，ピークカット対応型蓄電池，省エネ・BCP 対応型蓄電池とした。

3.1.3 機器制御機能・商用電力消費量データ送信機能

デマンドレスポンス当日は，運転計画スケジュール

出典: 横浜市記者発表資料(2013.1.7)より抜粋 [4)]

図-3 YSCP 実証事業の全体像及び冬季実証参加企業(赤枠内)
Fig.3 The whole picture of YSCP and participating companies to demonstrate in winter (inside of the red frame)

の計画結果を各機器へ送信し，稼働状況を監視したうえで，当日の運転結果のデータを取得する。取得したデータはピークカット効果などの評価に使用するとともに，商用電力消費量については統合 BEMS に送信され，デマンドレスポンス信号として送信されるベースラインの算定に使用される仕組みとした。

表-1 にデマンドレスポンス信号受信時のスケジュールを示す。前日 20:00 までにデマンドレスポンス信号や天気予報を受信し，予測と運転スケジュール計画をスマート BEMS が自動的に行う。次に，20:30 頃までに担当者が予測と運転スケジュール計画結果を確認し承認する。当日は承認された運転スケジュール計画結果に基づき各機器を制御し，運転結果のデータを取得するとともに，商用電力消費量のデータは統合 BEMS へ送信される。

3.2 評価内容と方法

評価はピークカット効果と光熱費削減効果について行った。ピークカットはデマンドレスポンス時間帯でのベースラインに対する商用電力削減効果とした (式(1)) 。なお，ベースラインは，デマンドレスポンス当日から過去 1 ヶ月のデマンドレスポンス信号が発信されない平日の実績に基づく値である。光熱費削減効果は，評価対象日の負荷実績値を用いて推定した，デマンドレスポンスを行わなかった時の光熱費，に対する削減効果とした (式(2)) 。

表-1 デマンドレスポンス信号受信時のスケジュール
Table 1 Time table of receiving Demand Response request

作業項目	前日				当日
	20:00	20:05	20:30	0:00	23:59
1. デマンドレスポンス信号と天気予報受信	◆				
2. 予測・運転スケジュール計画実施(自動)	→				
3. 担当者のチェック・承認		→			
4. 運転開始・制御 運転結果データ取得・送信			→	→	→

$$Rp = Pc / L \times 100 \qquad (1)$$

Rp：ピークカット率[%]
Pc：ベースラインに対する商用電力削減量[kWh/30 分]
L：ベースライン[kWh/30 分]

$$Rc = (Cr - Ca) / Cr \times 100 \qquad (2)$$

Rc：一日の光熱費削減率[%]
Cr：デマンドレスポンス非実施時の光熱費推定値[円/日]
Ca：デマンドレスポンス実施時の光熱費[円/日]

3.3 評価結果

3.3.1 ピークカット効果

デマンドレスポンス信号を 1 月 9 日から 1 月 29 日まで合計 7 回受信した。その中で熱源の運転が安定し

表-2 デマンドレスポンス信号の内容とピークカット率
Table.2 Demand response request and the peak cut ratio

日付	ベースライン［kWh/30 分］	インセンティブ［円/kWh］	ピークカット率［%］（ ）：日平均
1/16	231.8～260.0	80	12.7～30.2（21.9）
1/17	232.8～262.1	50	12.0～30.3（24.1）
1/18	231.8～261.7	60	9.9～34.4（23.1）
平均値	―	―	22.9

*デマンドレスポンス信号の種類はピークタイムリベート，デマンドレスポンス時間帯は 17:00～20:00 であった。

た日（1 月 16 日，17 日，18 日の 3 日間）を対象とした評価結果を示す。なお，運転は光熱費最少化を目標に行った。

表-2 にデマンドレスポンス信号の内容とピークカット率を示す。ピークカット率は 3 日間の平均で 22.9%であった。

日平均で最もピークカット率が高かった 1 月 17 日の電力と熱源の供給構成を図-4 及び図-5 に示す。デマンドレスポンス時間帯に蓄電池，マイクロコージェネレーション，ソーラー吸収式冷温水機が稼働し，商用電力消費量を削減していることがわかる。

3.3.2 光熱費削減効果

日平均で最もピークカット率が高かった 1 月 17 日を対象に光熱費削減効果を評価した。図-6 にデマンドレスポンス非実施時を基準とした一日の光熱費比較結果を示す。インセンティブ考慮前は，都市ガス使用量が増加するので，光熱費は 3%増加する。しかしながら，インセンティブを考慮すると，光熱費は 9%削減できていることがわかる。以上より光熱費最少化を目標とした運転を行うことでピークカットと光熱費削減が可能になることがわかった。

4. おわりに

今回の実証においては，光熱費最少化を目標とした運転を行うことで，ピークカットと光熱費削減が可能になることを確認し，デマンドレスポンス信号が送信される環境下でピークカットと光熱費削減の観点からスマート BEMS 導入の有効性が示された。

一方,今後の普及展開を図る上で,操作性のさらなる向上や従来手動で実施していた作業の自動化が必要であることがわかった。具体的にはスマート BEMS における予測・運転計画結果確認に関するインタラクティブ性の向上,外部との通信時におけるヒューマンエラー防止性能の向上などが必要であることがわかった。

今後は,システムの改善を図った上で夏季における検証や異なる種類のデマンドレスポンス信号に対する検証，CO_2 最少化を目標とした際の検証などを行う予定である。

なお，本研究は，経済産業省の次世代エネルギー・社会システム実証事業費補助金を受け，「横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）」の一環として行われた事業（㈱東芝と共同実施）成果の一部である。

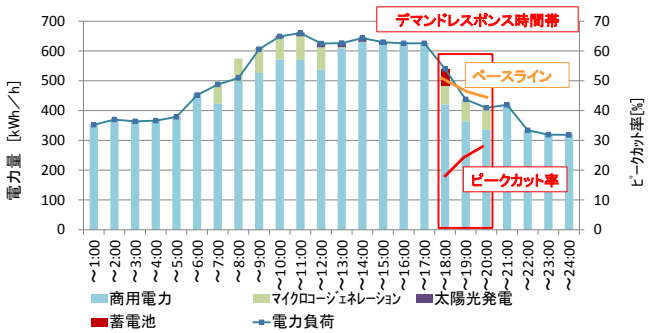

図-4 電力供給構成（代表日 1/17）
Fig.4 Power supply profile (typical day Jan.17th)

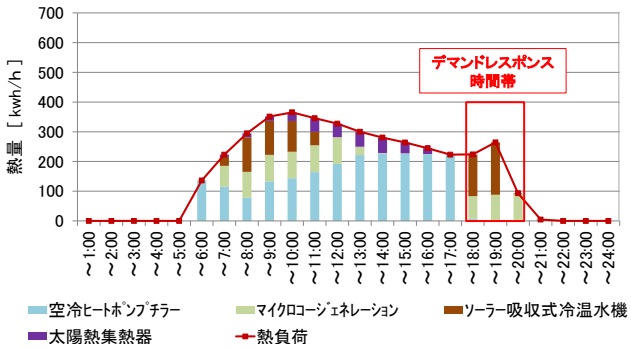

図-5 熱源供給構成（代表日 1/17）
Fig.5 Heat supply profile (typical day Jan.17th)

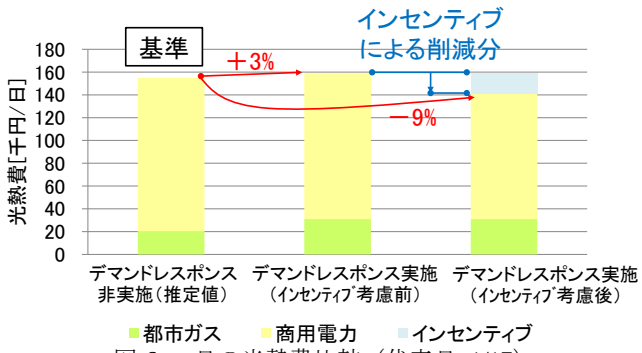

図-6 一日の光熱費比較（代表日 1/17）
Fig.6 Comparison of daily energy cost (profile typical day Jan.17th)

注釈

※1 スマートグリッド：電力システム及び需要家内の各機器間をネットワークで繋ぎ，再生可能エネルギーの大量導入対策や全体としての省エネのため，需要と供給のバランスを常に最適化し，効率的かつ安定的に高品質な電力供給を実現する仕組み [5)]，。

※2 スマートコミュニティ：定義について，国際的なコンセンサスがあるわけではない。2010 年 4 月に官民一体となってスマートコミュニティを推進するために設立されたスマートコミュニティ・アライアンスでは，「電気の有効利用に加え，熱や未利用エネルギーも含めたエネルギーの「面的利用」や，地域の交通システム，市民のライフスタイルの変革などを複合的に組み合わせたエリア単位での次世代のエネルギー・社会システムの概念」と定義している。

※3 スマート BEMS (Building Energy Management System)：建物のエネルギーを管理する BEMS に予測機能や最適化機能を持たせたシステム。

※4 統合 BEMS (Building Energy Management System)：地域レベルのエネルギー情報を集約して統合管理（アグリゲーション）し，ビル需要家間，及びビル群と系統間に対して負荷平準化と系統安定化のための DR 機能や，各需要家のための見える化，省エネ支援のクラウドサービスを提供するシステム。建物のエネルギーを管理する BEMS に予測機能や最適化機能を持たせたシステム [6)]。スマート BEMS を導入していないビルが主な制御対象。

※5 デマンドレスポンス：電力網における需要に応答して，供給側と需要側が協力して電気需要量を調整すること，またはそのような仕組み。

※6 CEMS (Community Energy Management System)：地域のエネルギーマネジメントシステム。

参考文献

1) 小林 信郷, 高木 健, 田端 淳: 技術センタースマートコミュニティ計画　経済産業省「次世代エネルギー・社会システム実証事業」での取り組み, 大成建設技術センター報 第 45 号, 2012

2) 小林信郷他: 蓄熱・蓄電を考慮したスマート化実証　その 1～6, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013.9

3) 小野田修二他: 蓄熱・蓄電を考慮したスマート化実証　その 3 BCP 実証, 電気設備学会大会学術講演梗概集, 2013.9

4) 横浜市温暖化対策統括本部：横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）ビル部門での本格実証開始～統合 BEMS による国内初の大規模ビル間連携実証～ピークカット最大２０％の削減効果を目標, 横浜市記者発表, 2013.1.17 <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/press/h24/130107/130107.pdf>

5) 資源エネルギー庁: 低炭素電力供給システムに関する研究会報告書, 2009.7

6) 野田肇, 関義朗, 飯野穣: ビル群のエネルギー管理を実現する次世代の BEMS 技術, 東芝レビュー, vol.67, No.9, pp.7-10, 2012.9