

# 横浜スマートシティプロジェクトでの ネガワットアグリゲーションの取組み

Approach to Negawatt Aggregation in Yokohama Smart City Project

松澤 茂雄 萩原 一徳

■ MATSUZAWA Shigeo ■ HAGIWARA Kazunori

東日本大震災以降の電力需給のひっ迫により、電力会社からの要請で需要家が電力使用量を抑えることで得られる余剰電力である“ネガワット”が注目されている。経済産業省が推進している電力システム改革でも、ネガワット取引に関する制度の整備が進められている。

東芝は、横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)において、一般家庭、ビル、工場、及び電気自動車(EV)を対象にデマンドレスポンス<sup>(注1)</sup>(DR)の実証実験を進めている。統合BEMS(Building Energy Management System)を用いて安定したネガワット提供を実現するために、各拠点が実施する電力削減目標をそれぞれの調整余力に応じて配分し、ネガワットを統合管理するネガワットアグリゲーションの実証実験を実施した。その結果、電力削減目標に対して90%以上の削減実績を得た。

Surplus electricity obtained through power saving in response to the requirements of a power company or other reasons, known as negawatt power, has been attracting attention as a countermeasure against the tight balance between electricity supply and demand since the Great East Japan Earthquake. In this context, the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) is currently working on the development of a system related to negawatt dealings through the Electricity System Reform process.

As part of the Yokohama Smart City Project, which is testing a wide-area energy management and demand response (DR) system involving households, buildings, facilities, and electric vehicles, Toshiba has conducted demonstration experiments aimed at realizing stable negawatt aggregation using a clustered building energy management system (BEMS) as an aggregator. Experiments on the creation of negawatts through the planning and implementation of power reduction targets consistent with the margins for each building comprising a group of buildings confirmed that an average of more than 90% of the targeted power reduction was achieved.

## 1 まえがき

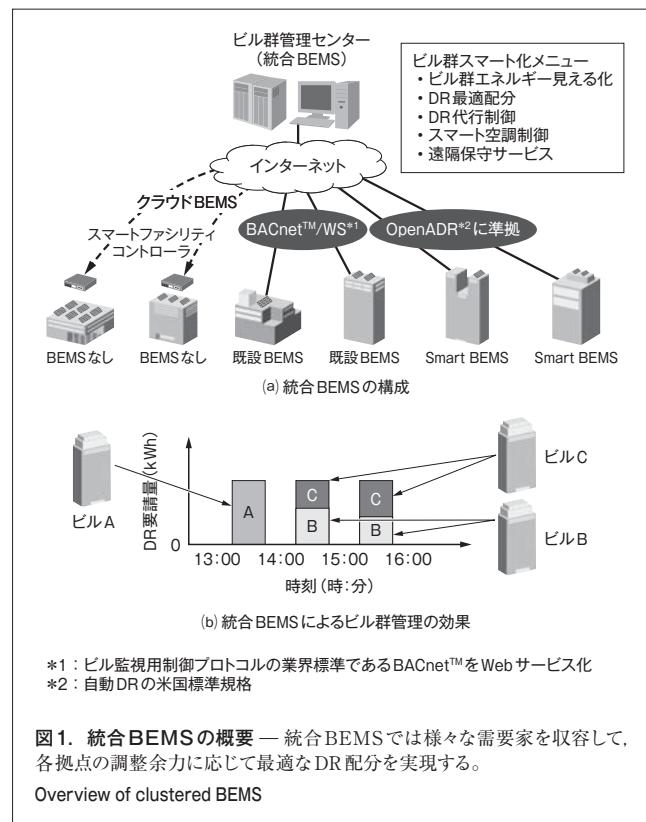
2011年3月11日に発生した東日本大震災以降の電力需給のひっ迫により、電力会社からの要請で需要家が電力使用量を抑えることで得られる余剰電力、いわゆるネガワットが注目されている。また、経済産業省が推進している電力システム改革においても、ネガワットが電力供給の選択肢の一つとして位置づけられ、制度の整備が進められている。

東芝は、経済産業省から実証地域に選定されている横浜市において、一般家庭、ビル、工場、及びEVに対するデマンドレスポンス(DR)の実証実験を進めている。

大規模需要家であるビルや工場などの拠点では、大きなネガワット提供の可能性がある一方で、個々の拠点の状況によって提供時間や提供可能な電力量が大きく異なる。このため安定したネガワット提供を行うには、各拠点の調整余力に応じてDR量を最適配分するネガワットアグリゲーションの仕組みが必要となる。

ここでは、当社が横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)<sup>(1)</sup>で開発した、図1に示す統合BEMS(Building Energy Man-

(注1) 需要家が電力を抑制することで需給バランスを調整する仕組み。



agement System) を用いて行っている、安定したネガワット提供を実現するためのネガワットアグリゲーション実証の取組みについて述べる。

## 2 ネガワットアグリゲーション実証

### 2.1 統合BEMS

統合BEMSは、ビル群を管理して各拠点が連携して省エネに取り組むシステムで、ビル群でのピークカットの最大化を図るために、YSCPでその開発と実証を進めている<sup>(2), (3)</sup>。

統合BEMSの一つの機能として、各拠点の調整余力に応じてDR量の最適配分を行い、DR対応能力を最大化するDR最適配分機能を備えており、ネガワットアグリゲーションの実現に重要な役割を担う。

また統合BEMSでは、OpenADR (Automated Demand Response) やBACnet<sup>TM</sup>/WS (Building Automation and Control Networking Protocol/Web Service) といった標準インターフェースを採用することで、各拠点との接続の共通化<sup>(4)</sup>を進め、YSCPでの複数企業による相互接続を実現している。

### 2.2 YSCPにおけるネガワットアグリゲーション実証

YSCPでは、統合BEMSがDRにより集めたネガワットを調整余力として、地域の電力を管理するCEMS (Community Energy Management System) に提供することを目的に、ビル群での最大ピークカット能力の把握(以下、フェーズ1実証と呼ぶ)、及び目標に応じた調整電力量の獲得(以下、フェーズ2実証と呼ぶ)という2段階の実証実験を進めた。

## 3 フェーズ1実証

### 3.1 実験条件

フェーズ1実証の実験条件を表1に示す。

フェーズ1実証では、統合BEMSに収容された拠点に対して、DR対応により調整した電力量の分だけインセンティブが与えられる仕組みとすることで、ピークカットの最大量を把握できると考えた。そのためDRプログラムとしては、過去の実績などから推定される各拠点の電力使用量を基準点(ベース

表1. フェーズ1実証の実験条件

Conditions for phase 1 demonstration

項目	実験条件
DRプログラム	PTR方式
DR実施日	前日が平日で、かつ火～金曜日
DR時間帯	冬季は17:00～20:00、夏季は13:00～16:00
DR発動条件	前日の予想最高気温に基づいて、電力需給がひつ迫すると予想される日
DR提示価格	5, 15, 50円/kWh

ライン)とし、そのベースラインから削減した電力量の分だけ、インセンティブ額が獲得できるPTR (Peak Time Rebate) 方式を採用することにした。

### 3.2 実験結果

フェーズ1実証では、表2に示すDR発動を行った。ここで、2013年度夏季の実証では、DR対応を実施した拠点と実施しなかった拠点を比較するために、14棟の1/2の7棟ずつに対して交互にDR発動を行うことにした。表2の発動回数は各拠点の対応回数を示しており、実験としては合計22回のDR発動を行った。

表2. フェーズ1実証でのDR実施状況

Implementation status of phase 1 demonstration

項目	2012年度冬季	2013年度夏季
DR実施期間	2013年1月9日～1月29日	2013年7月16日～9月30日
DR実施対象	6棟	14棟(7棟ずつ交互)
DR発動回数	7回	11回/棟

DR発動に対して、実際に達成されたピークカット率の結果を表3に示す。条件がそろえば、目標としたピークカット率20%を超えることを確認した。しかし、条件がそろわない場合には、50円/kWhの単価でもピークカット率6%の実績となるなど、安定性に課題があることもわかった。

表3. フェーズ1実証におけるピークカット実績

Results of peak shaving performance in phase 1 demonstration

項目	2012年度冬季	2013年度夏季
最大ピークカット率 (%)	22.0	22.8
平均ピークカット率 (%)	17.0	12.5

### 3.3 拠点による対応能力の違い

拠点によって対応能力は大きく異なり、コージェネレーションシステムや蓄電池などを稼働させて対応した拠点(創・蓄エネ型ビル)がピークカット率15%以上であったのに対して、節電行動により対応した拠点(省エネ行動型ビル)はピークカット率3～6%という結果にとどまった。

これは、今回参加した省エネ行動型ビルがテナントビルあるいはテナントが入居する商業施設であったことから、入居者に影響が及ばないことを前提に、ビル全体の受電電力の約30%を消費する共用部だけに対してDR対応を行ったためである。そのため、共用部内の電力使用量を20%削減しても、ビル全体としては、 $0.3 \times 0.2 = 0.06$ 、すなわち6%という結果になってしまう。

オフィスビルなどでネガワット量を確保するにはテナントの参加が不可欠になるが、テナントへのインセンティブの配分な

ど課題が多いことがわかった。一方、拠点側が保有しているコーデネレーションシステムの発電機や蓄電池などが、有望なネガワット供給源であることも明らかになった。

## 4 フェーズ2実証

### 4.1 実験条件

フェーズ2実証の実験条件を表4に示す。

フェーズ2実証では、最終目的の安定したネガワット提供を実現するために、各拠点が電力削減目標の達成に向けて意識を高めることが重要になる。

そのためDRプログラムとして、目標電力削減量×所定単価で算出されるインセンティブ額を目標達成時に支払う、CCP (Capacity Commitment Program) 方式を採用した。また、共同住宅など目標値を定めることが困難な拠点に対しては、PTR方式を採用し、2種類のDRプログラムを併用することにした。

CCP方式の拠点は、電力削減目標の決定方法の違いによって以下の2種類の拠点が存在する。

(1) ネガワット取引拠点 あらかじめ対応可能な電力削減量と希望する単価を入札しておき、DRが発動された際に電力削減目標が決定される拠点である。

ネガワット取引の流れを、図2に示す。入札の際に、設備の稼働状況や天候条件などを考慮できる高機能BEMSを用いることで、拠点側の状況に合わせたDR計画の作成が可能になる。

(2) コミット型DR代行拠点 ネガワット取引に対応できる高機能BEMSは備えていないが、DR実施時の運転計画を事前に作成し、DR発動時にその内容に沿った運用を行う拠点である。設備機器の稼働状況が一定のオフィスビルなどがターゲットとなる。

フェーズ2実証では、一部の拠点で、統合BEMSから直接設備機器の運転変更を行う直接負荷制御(DLC)を実現した。拠点側の設備を設定する画面例を図3に示す。拠点側が運転変更を認めている設備機器ポイントの一覧から、DR時に運転を変更する設備機器ポイントを選

表4. フェーズ2実証の実験条件

Conditions for phase 2 demonstration

項目	実験条件
DRプログラム	CCP方式、又はPTR方式
DR実施日	前日が平日で、かつ火～金曜日
DR時間帯	冬季は17:00～20:00、夏季は13:00～16:00
DR発動条件	前日の予想最高気温に基づいて、電力需給がひっ迫すると予想される日
DR提示価格	約定単価

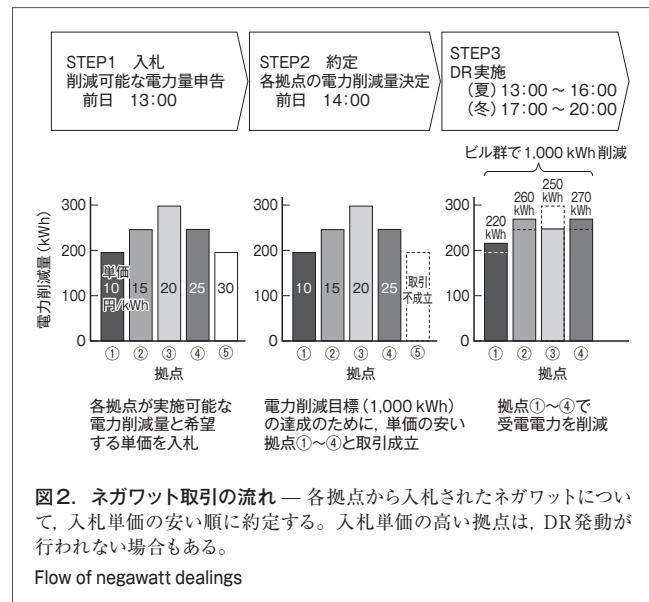


図2. ネガワット取引の流れ — 各拠点から入札されたネガワットについて、入札単価の安い順に約定する。入札単価の高い拠点は、DR発動が行われない場合もある。

Flow of negawatt dealings

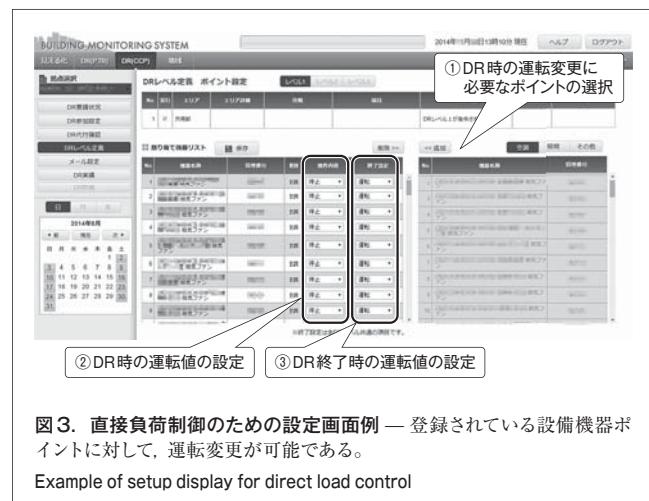


図3. 直接負荷制御のための設定画面例 — 登録されている設備機器ポイントに対して、運転変更が可能である。

Example of setup display for direct load control

び(①)、DR時の運転値(②)、及びDR終了時の運転値(③)を設定することで、直接負荷制御が可能になる。

### 4.2 達成率を用いた評価の採用

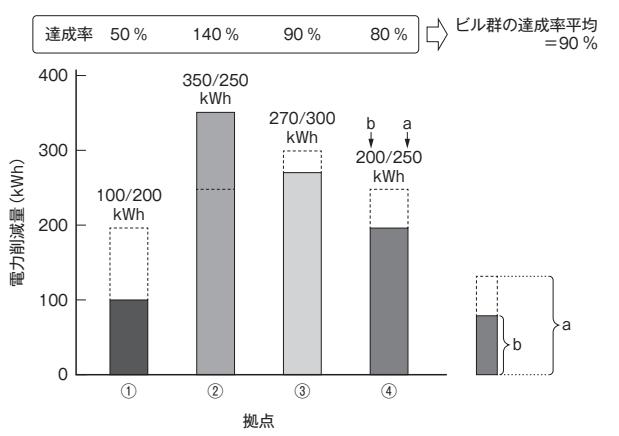
ビル部門では、拠点ごとに規模が異なるため、フェーズ1のようなビル群全体での電力削減量又はピークカット率の比較では、規模の大きな拠点の実績に左右されてしまい、各拠点の実績を表現することができないという課題があった。

そこでフェーズ2実証では、決められた電力削減目標から何%削減できたかを表す、達成率という指標での評価を実施した(図4)。

### 4.3 実験結果

フェーズ2実証では、表5に示すDR発動を行った。ここで、2013年度冬季は初めてのネガワット取引ということで、拠点側の取引行為を確認する試行的なDR発動を行った。

またフェーズ2実証では、入札や参加辞退手続きなどによ



a: 電力削減目標 b: 電力削減実績

図4. 達成率での評価 — 規模が異なる全ての拠点を同一に扱うために、目標達成を100 %として達成率で評価する。

Calculation of target achievement rates

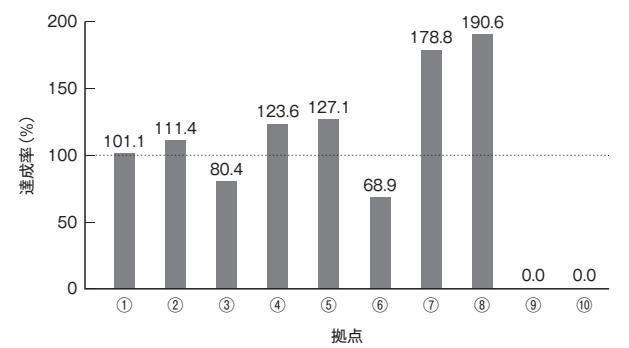


図5. 拠点ごとの達成率 — 10拠点のうち6拠点で達成率100 %以上を実現し、全拠点の達成率は平均で98.2 %を得た。

Target achievement rate of each consumer base

表5. フェーズ2実証でのDR実施状況

Implementation status of phase 2 demonstration

項目	2013年度冬季	2014年度夏季
DR実施期間	2014年1月10日～1月31日	2014年7月1日～9月5日
DR実施対象	16棟	17棟
DR発動回数	3回	7回

表6. DR実施日ごとの参加率

Participation rate on each DR event day

項目	DR実施日						
	7月9日	7月11日	7月15日	7月16日	7月17日	7月18日	9月5日
参加率 (%)	90	70	100	100	90	87	90

り、事前に拠点側の意思確認を可能にした。そのため拠点側の状況によって、未入札としたり、参加を辞退したりすることで目標未達を回避することが可能である。

2014年度夏季の7回のDR発動について、参加率の結果を表6に示す。7月11日の参加率がもっとも低いが、これはネガワット取引拠点の50 %が取引への参加を見合わせたためである。その理由を各拠点にヒアリングした結果、ベースラインが低く、目標達成が厳しいとの判断があったことがわかった。

電力削減目標が提示されるネガワット取引拠点、及びコミット型DR代行拠点の計10拠点の達成率を図5に示す。

10拠点のうち6拠点で達成率100 %以上、すなわち目標値以上の電力削減を実現しており、全拠点の達成率は平均で98.2 %という結果が得られた。

一方、拠点⑨と拠点⑩のように、電力削減に苦労している拠点もあった。フェーズ2実証では、気温が上昇傾向にある

2014年7月上旬にDRを実施したため、ベースライン計算対象日の気温がDR実施日の気温よりも平均で6.5 ℃、最大で10 ℃低くなった拠点では不利なDR実施条件であったことが、その要因として考えられる。

#### 4.4 ベースラインの検証

ベースライン方式としては、過去の電力使用量データの平均を用いてベースラインを求めるベースライントイプ1・平均化法High 3 of 5 (DR実施日の補正なし)を採用した<sup>(5)</sup>。

そのため、今回のような夏季初めのDR発動では、拠点側に不利になる可能性があった。そこで、実証期間の電力量について、補正前のベースラインとDR実施日に補正を実施した場合のベースラインを比較することで、実証中のベースラインの妥当性を検証した。

**4.4.1 ベースライン補正方法** ベースライン補正是、DR実施日の1～4時間前の平均電力使用量がベースライン計算対象日の1～4時間前の平均電力使用量に対して5 %の差異が出たときに、式(1)の補正を行った。

$$\text{補正後ベースライン} = \text{補正前ベースライン} \times \text{補正值}^* \quad (1)$$

\*補正值 =

$$\frac{(\text{DR実施日の1～4時間前の平均電力使用量})}{(\text{ベースライン計算対象日の1～4時間前の平均電力使用量})}$$

**4.4.2 ベースライン補正効果** ベースライン補正を実施した場合の各拠点におけるベースラインの変化を、表7に示す。

DR実施日ごとの平均でも全ての日でベースラインが上方に補正されており、実験期間中のベースラインが低かったことが確認された。拠点ごとの平均でも、拠点⑤を除いてベースラインが上方に補正されており、ほぼ全ての拠点で厳しいDR対応であったことが裏づけられた。

拠点⑤については、7月16日の補正が大きく影響している(7月16日を除いての平均は100)。特に7月16日は、昼間の電

表7. 補正後のベースラインの変化

Variations in baseline after correction

拠点	DR実施日ごとのベースラインの変化(補正前を100とした割合)							
	7月9日	7月11日	7月15日	7月16日	7月17日	7月18日	9月5日	平均
①	115	128	108	113	126	114	97	114
②	104	121	108	106	100	100	113	107
③	100	100	100	100	100	100	100	100
④	100	100	106	100	100	96	100	100
⑤	97	100	100	87	100	100	103	98
⑥	100	104	123	115	100	111	91	106
⑦	100	112	103	100	100	100	103	103
⑧	115	128	108	113	126	114	97	114
⑨	100	103	117	100	100	112	107	106
⑩	100	104	100	100	100	100	101	101
平均	103	110	107	103	105	105	101	105

力需要が他の日と比べて約13%低い特異日であった。

DR参加率が低かった7月11日は、ベースライン補正を導入することで平均10%ベースラインが上昇するため、急激に暑くなった日のDR発動などで有効に機能すると考えられる。

#### 4.5 フェーズ2実証の課題

フェーズ2実証では、前日の気象予報が外れ、DR実施日の気象状況では、電力需給が安定な状態となり、前日に発動したDRをキャンセルしたほうが要請元の電力会社としては好ましい日も存在した。しかし拠点側では、蓄電池の充電や蓄熱槽への蓄熱など、前日のDR発動で準備を進めており、キャンセルされることによって損害が生じる場合もある。

そのため、天気予報などの影響を受けにくいFastDR(DR実施日の15分前～1時間前に要請)への対応が求められる。

### 5 あとがき

今回、ネガワットアグリゲータ事業に向けた取組みとして、YSCPでのネガワットアグリゲーション実証の取組みについて述べた。

今後、並行して進めているインセンティブ型DR実証を通して、課題となったFastDRでの取組みや、異なるタイプの拠点の収容など、より安定したネガワット提供を目指していく。

この成果の一部は、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」により得られた。

### 文 献

- 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). <<http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/yscp/>>, (参照 2015-01-19).
- 余語将成 他. 災害に強い住宅やビルの実現を目指すエネルギー管理ソリューションHEMS及びBEMS. 東芝レビュー. 66, 8, 2011, p.17-20.
- 野田 肇 他. 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. 67, 9, 2012, p.7-10.
- デマンドレスポンス・インターフェース仕様書 第1.1a版. JSCA(スマートコミュニティ・アライアンス)スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会, 2014-05-28, 29p.
- 日本エネルギー経済研究所. 平成24年度国際エネルギー使用合理化等対策事業(スマートコミュニティ推進に向けたデマンドレスポンスに関する海外動向調査). 経済産業省, 2013-03, 123p. <<http://www.meti.go.jp/metilib/report/2013fy/E003438.pdf>>, (参照 2015-01-19).

• BACnetは、米国暖房冷凍空調学会の米国及びその他の国における商標又は登録商標。



松澤 茂雄 MATSUZAWA Shigeo

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 エネルギーソリューション開発部主幹。スマートコミュニティにおけるシステム開発に従事。電子情報通信学会会員。Community Solutions Div.



萩原 一徳 HAGIWARA Kazunori

コミュニティ・ソリューション社 コミュニティ・ソリューション事業部 エネルギーソリューション開発部参事。スマートコミュニティにおけるシステム開発に従事。Community Solutions Div.