

テナント事務所ビルにおけるスマート節電実証試験

Field Test of Smart Load Shedding Strategies for Rental Office Buildings

キーワード：デマンドレスポンス、実証試験、テナントビル、ピーク需要抑制

高橋 雅仁 上野 剛 岩松 俊哉 坂東 茂 西川 雅弥 岩村 集

本研究では、テナント事務所ビルにおけるスマート節電の効果を明らかにするため、テナントビル6棟を対象に実証試験を行った。スマート節電では、就業時間中常時節電するのではなく、経済的インセンティブや空調制御装置を用いて、デマンドレスポンスのようにある特定のピーク時間帯のみ節電を行う。試験結果から、インセンティブを用いた間接制御は、テナント側の手動による節電行動を促し、確実なピーク抑制効果を出すためには、検討の余地が残り、夏・冬共にピーク抑制手法としては直接制御がより適切であった。テナント専有部に自動デマンドレスポンスを導入するため、テナントへのメリット還元や契約など何らかの制度の検討が必要である。

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. 既往の事業所デマンドレスポンス（DR）の実証研究 <ol style="list-style-type: none"> 2.1 4地域実証 2.2 東京都テナントビルDR実証事業 | <ol style="list-style-type: none"> 3. テナントビルDR実証試験 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 夏季試験 3.2 冬季試験 4. 考察とまとめ—テナントビルにおけるDRの導入可能性 |
|--|---|

1. はじめに

原子力発電所の長期停止によって、電気料金が上昇し、需要側での節電・省エネ・省コストの重要性が増している。しかし、本研究で対象にするテナントビルでは、空調設備などのビル所有者（オーナー）と使用者（テナント）が異なること、テナント専有部のサービスレベルが低下する節電をビルオーナー側が実施することが難しいこと等を原因として、ビルオーナーとテナントの協働による節電・省エネの取り組みはこれまで十分に進んでいない。

震災直後は、社会的要請から節電に取り組んだが、従業員の負担が大きい節電方策（例：冷房設定温度28℃）を常時継続することを取りやめる企業が増えている¹⁾。このことから、本研究では、就業時間中常時実施する節電ではなく、デマンドレスポンスのようにある特定のピーク時間帯のみ節電を行うこと（スマート節電）

を検討対象とした¹⁾。

「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の4地域実証では、家庭だけでなく、ビルや工場におけるデマンドレスポンス実証研究も行われた。テナントビルを対象にしたデマンドレスポンス実証試験は実施事例が少なく、その効果や受容性については不明な点が多い。そこで、本研究では、テナントビルのテナント専有部を対象として、空調機の集中制御装置を用いた直接御（デマンド抑制）と、経済的インセンティブを用いてピーク時にテナントの節電行動を促す間接制御によるピーク需要抑制の有効性を明らかにする実証試験を行った。本稿では、東京都23区内にあるテナントビル6棟の参加テ

¹⁾ デマンドレスポンスでは、電力系統側からの情報（需給逼迫、動的料金）をトリガーとして需要抑制を行うが、スマート節電では、系統の需給逼迫緩和だけでなく、自身のビルの最大デマンド抑制を目的として需要抑制を行う。

ナント24社を対象に、2014年の夏季と冬季に行った実証試験結果を紹介する。なお、本試験は、野村不動産株式会社と日本ファシリティ・ソリューション株式会社が2013-2014年度に実施した共同研究に、共同研究機関として電力中央研究所が参画する形で実施した。

本稿の構成は次の通りである。2章で既往の事業所デマンドレスポンス実証研究をレビューする。3章では本研究で実施した夏季と冬季の実証試験の内容と結果を説明する。4章は考察とまとめであり、試験結果を踏まえて、テナントビルにおけるDRの導入可能性について論ずる。

2. 既往の事業所デマンドレスポンス (DR) の実証研究

2.1 4地域実証

「次世代エネルギー・社会システム実証事業」の4地域実証のうち、北九州と横浜、けいはんなの3地域において、BEMSやFEMS、蓄電池、蓄熱、コージェネ、見える化表示などを用いたビル・工場のデマンドレスポンス実証試験が行われた。表1は実証結果をまとめたものである^[5,6,7,8]。北九州は50事業所、横浜は29事業所(2014年度)、けいはんなは1棟を対象とした。様々な業種の事業所を対象に、①制御手法(自動/手動、蓄電池、コージェネ、見える化表示など)、②DR料金インセンティブの種類(CPP, CBP, PTR, CPP入札など)²、③抑制時間帯(夏季/冬季、時間帯、持続時間)など条件が異なる実証試験が行われている。表中のピーク削減率の値は、対象需要家の平均値である(削減率の最大値ではない)。業種別や制御手法別の詳

細なピーク削減効果は明らかにされていない。各実証の結果報告を横断的に見ると、以下のことが分かる。:

- ◇ 自動と手動の比較—北九州実証では、CPP料金(15-16時のピーク料金単価=各事業所の電気料金単価×ピーク料金倍率)に対する制御手法別の削減効果を比較しており、夏・冬ともに、自動(機器制御、蓄電池・熱利用など)の方が、手動(見える化と料金インセンティブに基づく節電行動)よりもピーク削減率が大きい結果となった。
- ◇ 地域間の比較—北九州・横浜・けいはんなの自動制御結果を横並び比較すると、それぞれ対象需要家の業種や制御手法(蓄電池やコージェネの有無など)が異なるが、夏は10%程度のピークカット効果がある。一方、冬は2.8%~17%とピーク削減率に幅がある。抑制時間帯のDR可能量(例えばコージェネの余剰発電能力)が削減率に影響している可能性がある。
- ◇ DR料金効果—横浜では、削減量1kWhあたりインセンティブ単価が、PTRでは15円/kWh以上³、CPP入札では21.99円/kWhの場合に、削減効果が見られた。一方、北九州では、仮に基準料金単価を20円/kWhとすると、PTR換算したインセンティブ単価は20円/kWh-80円/kWhである。つまり、この2地域の実証では、削減量1kWhあたり20円/kWh程度のインセンティブで削減効果が見られたことになる。ただし、採用される制御手法(コージェネ、蓄電池など)によって、経済的

² CPP: Critical Peak Pricing, CBP: Critical Bottom Pricing, PTR: Peak Time Rebate, CCP: Capacity Commitment Program

³ 横浜実証では、5円/kWhから15円/kWhにPTR価格を上げると需要反応が急増したが、15円/kWhと50円/kWhでは反応は変わらなかったとしている。

表1 既往の事業所DR実証試験

	4地域実証				東京都テナントビルDR実証		
	北九州(2012-2014年度)		横浜(2013-2014年度)		けいはんな (2012-2013年度)	三菱地所 (2013年度)	森ビル (2013年度)
平均ピーク削減率(結果)	8.8%(2012年夏) 6.2%(2012年冬)	0.6%(2012年夏) 0.6%(2013年冬)	12.5%(2013年夏) 17%(2013年冬)	削減目標に対して9割超達成(2014年夏)	10%(夏) 2.8%(冬)	[照明コンセント分のみ]※ 6%,10%(夏) 10%,14%(冬)	[空調動力分のみ] 10%(夏・冬)
制御手法	自動 (BEMS・FEMSによる機器制御、蓄電池・熱利用によるピークカット)	手動 (見える化表示)	自動 (BEMSによる機器制御、蓄電池・コージェネ・蓄熱を用いたピークカット)	自動(一部手動) (BEMSによる機器制御、蓄電池・コージェネ・蓄熱によるピークカット、見える化表示)	自動(一部手動) (BEMSによる熱源・共用部制御、蓄電池によるピークカット、テナント・客室の見える化)	自動+手動 (直接制御による照度抑制、手動によるOAコンセント節電)	自動+手動 (サーモOFF(送風)など空調制御によるデマンド抑制、手動による消灯・換気風量低減)
試験対象需要家	9事業所 (オフィス、病院、店舗、公共施設、工場など)	41事業所 (オフィス、クリニックなど)	6-14事業所 (オフィス、商業施設、工場、集合住宅など)	29事業所 (オフィス、商業施設、工場、集合住宅、浄水場、水再生センター、中小ビルなど)	1事業所(ホテル)	1棟・参加テナント2社 (オフィス)	2棟・参加テナント4社 (オフィス)
DRタイプ	・前日予告DR ・インセンティブ: CPP(ピーク料金倍率=2~5倍)	・前日予告DR ・インセンティブ: CPP(ピーク料金倍率=2~5倍)	・前日/当日予告DR ・インセンティブ: PTR(夏は15円/kWh以上で効果あり)	・前日/当日予告DR ・インセンティブ: CCP入札方式(削減1kWhあたり21.99円(実績))	・前日予告DR(CEMS連携) ・インセンティブ: CEMS配分ポイント、プリペイドカード(客室)	・試験日程に従い実施 ・インセンティブ:あり(テナントのゾーン単位や個人単位へ金銭インセンティブ)	・試験日程に従い実施 ・インセンティブ:なし
抑制時間帯	夏: 最高気温30℃以上の平日の15-16時(1時間) 冬: 最低気温-1~9℃の平日の15-16時(1時間)	夏: 最高気温30-31℃以上の平日の13-16時(3時間) 冬: 2013年1月の7日間の17-20時(3時間)	夏: 需給逼迫が予想される平日の13-16時(3時間)	夏・冬: CEMSと連携したDR発動日 13-16時(3時間)	夏・冬: CEMSと連携したDR発動日 13-16時(3時間)	夏: 13-15時(2時間)※ 冬: 15-17時(2時間)※	夏・冬: 各テナントのデマンド発生時間帯(例:夏8-21時、冬7-15時)

※実証結果に基づき、抑制時間帯のピーク削減率の見込み値を計算。

に成立するインセンティブ単価が異なることに注意する必要がある。

東京都環境局では、2013年度に、スマートエネルギー都市推進事業の「テナントビルにおけるデマンドレスポンス実証事業」を実施した。

2.2 東京都テナントビルDR実証事業

前述したように、自社ビルとテナントビルは、空調などビル設備の所有者と電力使用者の関係が異なる(表2を参照)。また、テナントビルでは、1種類の従量料金(円/kWh)だけでテナントに課金される場合が多く、設備運用はテナント自身が決めているため、デマンドレスポンスのような日・時間帯によって料金単価が変わる電気料金メニューに合わせてビル全体の設備運用を行うことは現状では難しい。

古い資料であるが文献^[10]によると、首都圏のビルストック量のうち、テナントビルは60%、自社ビルは40%を占めており、DRポテンシャル量を見積もるにあたり、テナントビルにおけるDRの導入可能性は重要なテーマである。

表2 自社ビルとテナントビルの比較

	自社ビル	テナントビル
ビルストック割合	40%	60%
空調システム	建物用途・規模に依存。中央式や個別式など様々	個別空調が多い
電力契約者と電力使用者の関係	電力契約者と電力使用者が同じ	電力契約者(ビル所有者)と電力使用者(テナント)が異なる。テナント向け電気料金は従量料金制が一般的
省エネ・節電の実施のしやすさ	実施しやすい(強制的な節電も可能)	テナントサービス水準が下がる場合は、実施は難しい

この事業は、「都内の電気使用量の抑制及び電力システムに対する負荷の平準化を図る」ことを目的としており、「テナントビルオーナーとテナント等事業者との協働により、建物の共用部だけでなく、テナント等事業者が使用する部分も対象としたデマンドレスポンスの手法開発並びに効果の測定及び検証を実施するもの」である。公募採用された三菱地所と森ビルの2社がこの事業を行った^[3,4]。三菱地所はビル1棟の参加テナント2社を、森ビルはビル2棟の参加テナント4社を対象とした。両者の試験結果から、

- (1) 自動制御を行ったゾーン単位の照明照度抑制（三菱地所）と共用部・専有部空調のサーモOFF制御（森ビル）は、ピークカット効果があり、室内環境の悪化は受容可能であったこと、
- (2) OAコンセントの手動節電は効果が小さいことが明らかにされた。また、文献^[3]は、DR実施メリットのテナント還元方法として、二部料金、電気料金割引、テナント側への各種優待サービス付与の3種類をとりあげ、各々の利点・課題を比較している。

3. テナントビルDR実証試験

本章では、著者らが、2014年度に実施したテナントビルDR実証試験について述べる。

3.1 夏季試験

(1) 試験内容

試験対象ビル

夏季実証試験では、東京都23区内にあるテナントビル6棟（各々延床面積4千-1万㎡程度）、参加テナント24社を対象に実証試験を行った。全てのテナントが事務所用途である。なお、対象テナントのうち、対象としたビルの諸元及び試験内容を表3に示す。以下では、各ビルをビルA～Fの記号で表し、また各ビル

表3 試験対象ビルの諸元と試験内容

ビルID	試験参加テナント数	夏季試験方式	冬季試験方式
A	1(1棟借)	テナント*	7°レヒト+テナント*制御
B	5	スケジュール+間接	7°レヒト+テナント*監視
C	9	間接	
D	3	間接	
E	1	間接	
F	5	間接	

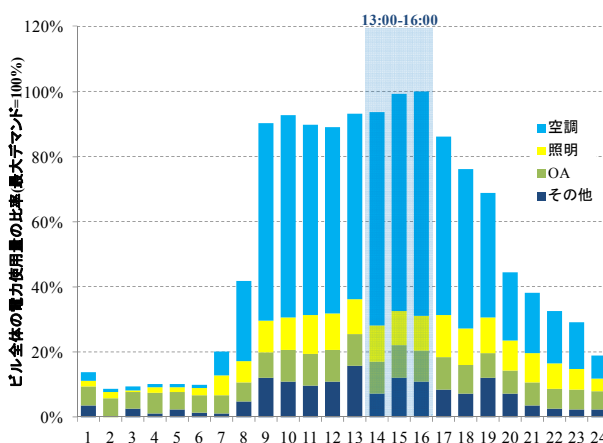


図1 ビルCの夏季電力負荷パターン (2013/7/8)

内のテナントにはテナントB1, B2のようにそれぞれ連番を振る。

ビルAは、テナント1社だけが入居するオフィスビルであり、ビルAだけが直接制御対象である（後述する）。ビルB-Fの5棟の中のテナント23社が間接制御対象である（後述する）。対象ビルの空調システムはビルマルチエアコンである。参考として、図1に、ビルCの2013年7月8日（日最高気温35℃）の電力需要パターンを示す（同日の最大デマンドを100%として規格化した）。空調用途が昼間電力需要の大半を占める。始業時間の8時-9時に需要が急増し、9時-17時は高需要時間帯で、17時以降は終業と共に需要が減少する。なお、2014年度夏季試験で抑制対象にした時間帯は11時-16時である。

直接制御と間接制御

夏季のDR実証試験期間は2014/8/18-9/12の平日20日間であった。図2に夏季試験のイメージを示す。制御方式は、直接制御（デマンド制御）、間接制御（インセンティブに基づく手動節電）の2種類である（表3）。

直接制御では、エアコン集中制御装置を用いて、テナント専有部の個別空調を対象にしたデマンド抑制を行った。ビル全体のデマンドの前年比10%削減を目標値とし、①個別空調の設定温度変更と②調湿機の稼働停止を組み合わせた次の3段階の制御レベルを設定し、制御を行った（制御レベル1=1°C上昇&ロッカー室調湿機停止、同レベル2=2°C上昇、同レベル3=3°C上昇&大部屋調湿機停止）。30分デマンド予測値に応じて、制御レベルが自動的に決定・実行される。テナント側には制御の事前通知はない。結果として、デマンド制御が実行されたのは8/18-22の5日間のみであった。

次に、間接制御では、抑制日前日の夕方に試験担当者から参加テナントの総務担当者（連絡窓口）に節電依頼メールを送信し、抑制日当日の抑制時間帯（11-16時）に、テナント専有部における手動節電をお願いした。テナント側が、抑制時間帯にどのような節電方策をどの節電レベルで実行するかを自ら決定して、手動実行する。エアコンや照明の自動制御は行わない。本実証では、間接制御は、金銭的インセンティブ（定額）をテナント側に試験後支払うことを前提として試験を行った。間接制御の抑制依頼を行った日は8/20-21、9/5の3日間のみであった。このうち、東京の予想最高気温が34°C以上だったのは8/20-21の2日間だけである。

間接制御対象のビルBのテナントで、テナントの節電行動を支援するために、テナント総務担当者が許容した場合のみ、空調制御装置を用いたテナント専有部空調のスケジュール運転を実施した。スケジュール運転では、30分毎（一

部テナントは60分毎）に27°C、あるいは28°Cに強制的に変更する。仮に従業員が設定温度を25°Cに下げても、30分（60分）毎に、空調コントローラーによって設定温度27°C（28°C）に戻ることになり、空調需要の削減が期待できる。ただし、この制御は抑制時間帯のみでなく常時稼働し、また試験期間全てに渡って空調機は常時スケジュール運転することに留意が必要である。

テナント調査：温熱快適性、節電行動

節電に伴う室内環境の変化や執務者の快適感・作業効率感の変化、テナントの節電行動を把握するため、試験期間中に、①各テナント内の室温計測、②温熱快適性に関するwebアンケート

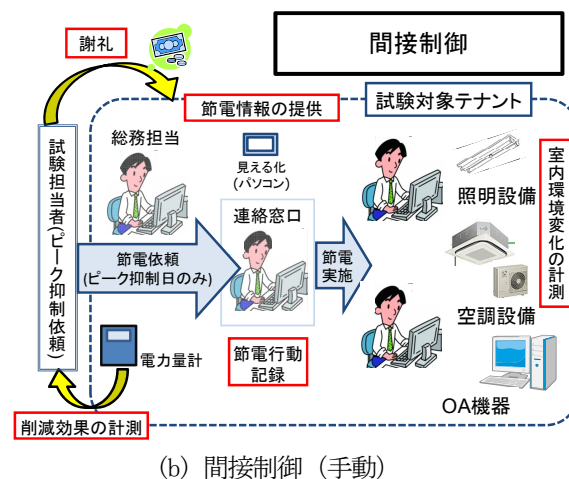
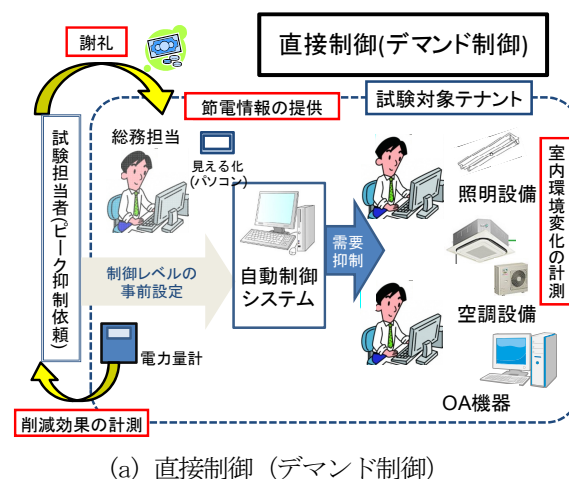


図2 夏季実証試験のイメージ図

ート調査（対象はテナント従業員）、③節電行動記録調査（対象はテナント総務担当）を行った。温熱快適性アンケート調査は、試験期間中、抑制日（2日）、抑制比較日（3日）の計5回行った。調査方法としては、参加テナントの従業員に、アンケート調査webサイトにアクセスしてもらい、対象日の回答時点での温冷感、満足感、作業効率感について回答してもらう形式である。調査項目は文献¹⁹⁾を参考に作成した。回答者の属性は、性別、窓近傍か否かを調査した。また、テナント総務担当には、抑制日は毎回、テナント内で実施した節電対策を自由回答形式で記録してもらった。

(2) 試験結果

直接制御

図3に、ビルAについて、試験期間中の電力デマンドと外気温度の推移を示す。外気温が高い8/18-22の5日間のみ、デマンド制御が行われた。試験期間中におけるビルAの最大デマンドは368kW（8/20）であり、目標デマンド370kWを達成できた。前年度最大デマンド400kWと比べて8%削減であり、制御未実施の予測デマンド420kW（中央監視システムの演算による当該日のデマンド予測最大値）と比べて12%の削減となった。図4に時刻別の外気温度と30分デマンド値の関係を示す。四角マーカ（緑色）が2014年夏の試験期間中のデータ、丸マーカ（赤色）が2013年夏の同時期のデータである。

外気温度と30分デマンド値に正相関があることは共通であるが、2014年夏の試験期間中（2014/8/18～2014/9/12）の期間では外気温度に関らず、目標設定値370kW以内で推移していることが分かる。最大デマンド発生日（8/20）の13-17時に、デマンド制御の抑制レベルが3まで到達し、その結果、室温は25～28℃、適正な環境が維持された（図5）。

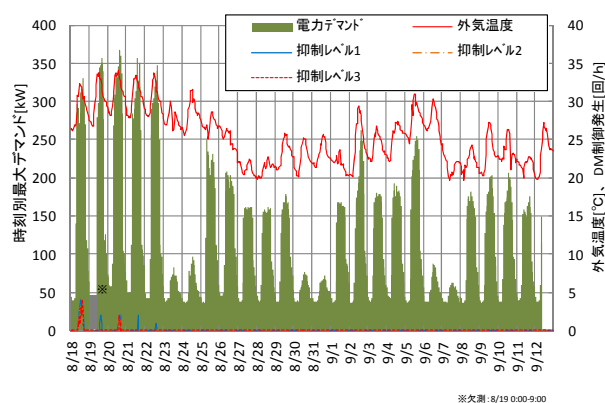


図3 夏季試験期間中の電力デマンドと外気温度の推移（ビルA）

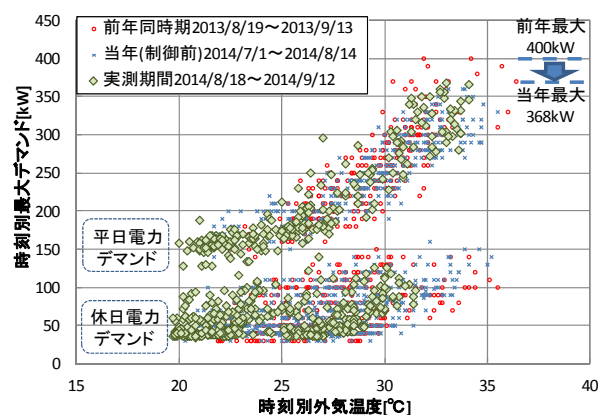


図4 外気温と30分電力デマンドの関係（ビルA）

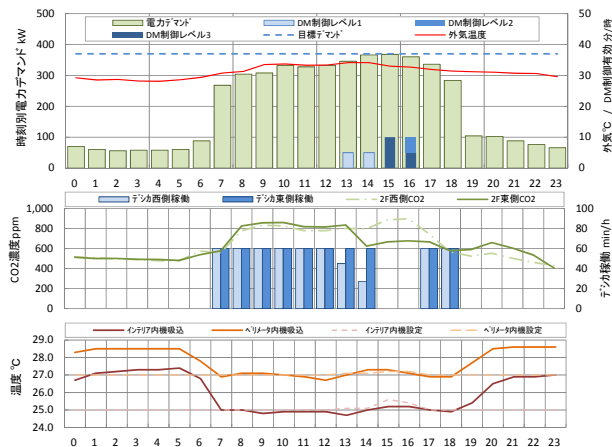


図5 最大デマンド発生日（8/20）の電力デマンド等（ビルA）

間接制御

ビルB～Fの計5ビル、23テナントにて夏季の間接制御試験を、抑制日8/20-21、9/5の3日間のみ行った。本試験では、米国のデマンドレスポンス実証試験で用いられた手法に準拠して^[11],

ベースライン (BL) 需要を推定し、参加テナント毎の需要削減量 (=BL需要-実需要) を計算した。具体的には、過去の実証研究^[1]からBL需要の推定精度が高かった「前5日平均+午前補正」を採用して(式1-式3)、間接制御対象の参加テナントのBL需要を推定した。ただし、空調スケジュール運転を行ったビルBの参加テナントに対しては、前5日平均モデルがスケジュール運転効果を評価するモデルとして適切ではないため、「試験前の7月の5日間平均+気温補正」のBL需要モデルを適用した。

<BLモデル(前5日平均+午前補正)>

BL負荷は1時間毎データとして、設定する。発動日前の、非DR発動日5日分(休日を除く)の負荷の平均値として、調整前ベースライン負荷を計算する。調整前のBL負荷カーブに、DR発動日当日の制御時間前(午前9~11時)の実負荷データを用いて調整(底上げ)を行い、調整後のBL負荷とする。

$$E_{BL0}(t, D_0) = \frac{1}{5} \times \sum_{d=D_0-5}^{D_0-1} E(t, d) \quad (式1)$$

$$E_{BL}(t, D_0) = E_{BL0}(t, D_0) * \alpha \quad (式2)$$

$$\alpha = \frac{\sum_{t=9}^{11} E(t, D_0)}{\sum_{t=9}^{11} E_{BL0}(t, D_0)} \quad (式3)$$

E_{BL0} [kW]: 調整前のBL電力需要, E [kW]: 実電力需要, t [h]: 時刻, d [日]: 日付, D_0 [日]: イベント発動日当日, D_N [日]: イベント発動日後の非イベント発動日(N日目)(Nが負の場合はイベント発動日前を意味する)

E_{BL} [kW]: 調整後のBL電力需要, α [-]: 午前調整比

試験結果の例として、ビルCのテナント2社(テナントC2, C8)の抑制日(8/20)の電力需要カーブを示す(図6, 図7)。テナントC2では、予冷や温度設定緩和が行われており、抑制時間

前に需要増になっているが、抑制時間帯には需要削減できていることが分かる。一方テナントC8では、総務担当による節電行動記録調査によると、設定温度変更(27℃)や不要な窓際の消灯、ブラインドを下ろすなどが実施されたが、結果として抑制時間帯に需要削減はできていなかった。後者は電気の使い方の日変動が大きく、仮に節電行動をしたとしても、抑制日昼間の電気使用量が多かったため節電効果が埋没したと解釈できる。そこで、発動日数が少ないが、削減量の有意性を検証した(図8)。図8に、抑制時間帯11-16時の需要削減率(棒グラフ)を、テナントおよび抑制日横並びで比較した結果を示す。横軸がテナントと抑制日、縦軸が11-16時(5時間合計)の電力需要の削減率(用途別)である。

エラーバーはBL需要の推定誤差であり、エラーバーが大きいテナントほど、日々の電気の使い方の変動が大きいことを表す。削減率が正の値で、かつエラーバーの下限が正の領域にあるテナントは、統計的に見て確かに需要削減ができていたことを意味する。

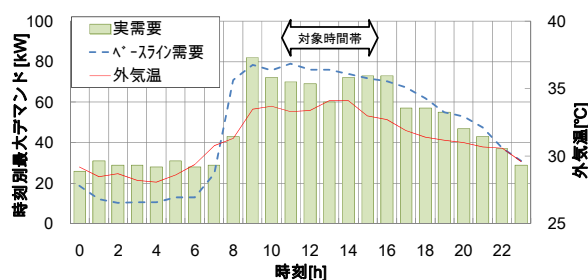


図6 抑制日のBL需要と実需要(8/20, テナントC2)

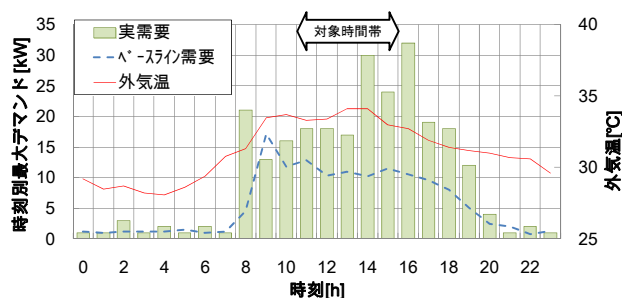
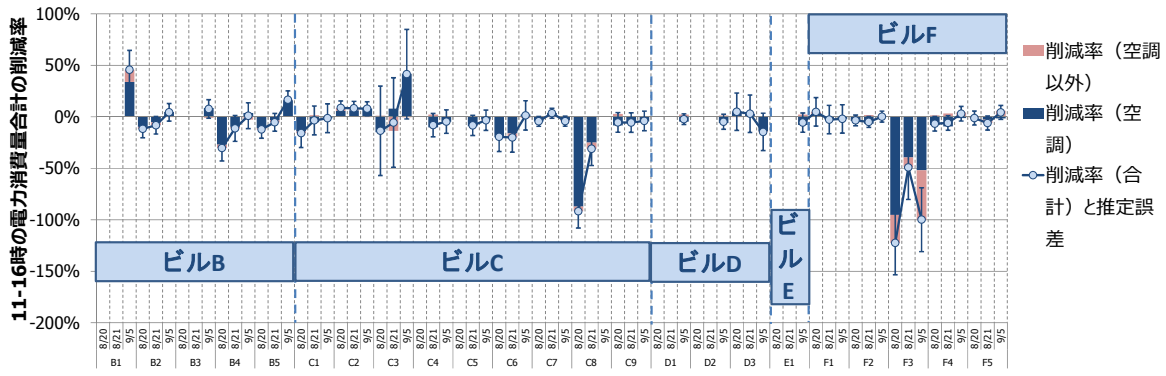


図7 抑制日のBL需要と実需要(8/20, テナントC8)



(棒グラフは用途別削減率，エラーバーはBL需要の推定誤差)

図8 抑制日の各テナントのピーク需要削減率

図8から、夏季実証では、気温が34℃を超えた8/20-21に、間接制御によるピーク需要削減を確認できたテナントはC2の1社のみであった。テナント・日によって、日々の電気の使い方の変化や実行した節電策が異なるため、削減量は様々であり、間接制御だけでデマンド抑制効果を出すには検討の余地が残る。空調のスケジュール運転の効果も見られなかった。

各テナントの節電行動記録調査の結果によると、節電対策の対象となった設備は照明・空調が多く、OA他の対策は少なかった(図9)。また、統計的に有意な結果ではないが、デマンド削減率が高い対策は「予冷」を含むものだった。

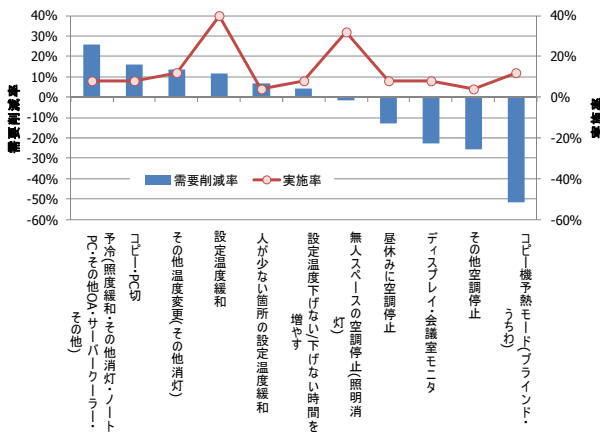


図9 テナントの節電行動と需要削減率の関係

温熱環境データから快適性指標であるPMV (Predicted Mean Vote, 予測平均温冷感申告) をテナント毎に見積もったところ、PMVが1を超えるテナントはなく、概ね快適な執務環境にあ

った。執務者アンケート結果でも、従業員の作業効率感に悪影響は及ぼしていない。

3.2 冬季試験

(1) 試験内容

試験対象ビル

冬季実証試験は、表3のビルAとビルCの2棟、参加テナント10社を対象に実証試験を行った。参考として、図10にビルCの2014年1月14日(非抑制日、日最高気温7.7℃)の電力需要パターンを示す(同日の電力デマンドを100%として規格化した)。始業時間の8時-10時に、蓄冷された室をエアコンで暖房するために、各テナント専有部のエアコン暖房立ち上がりのため電力需要が急増する。特に、年末年始明けの仕事初めの日は、室温が低くなっているため、最もデマンドが増える。オフィスビルの場合、基本的には、夏季に最大デマンドが発生するが、目標と

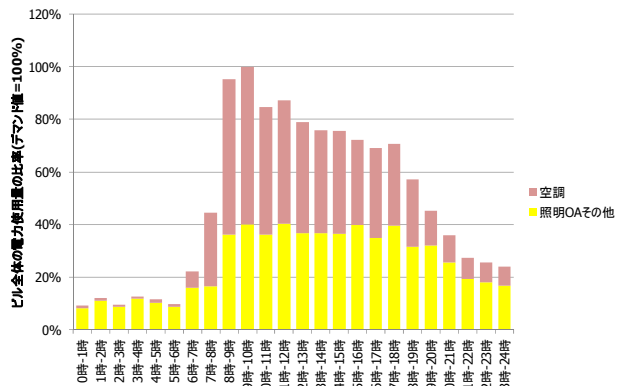


図10 対象ビルの冬季電力負荷パターン (2014/1/14)

するピーク削減率が高い場合、夏季昼間だけでなく、冬季早朝のデマンド抑制が必要になる。

直接制御（プレヒーティング）

冬季の試験期間は2015年1月-2月の月曜日または休日明けの平日9日間とした。抑制日を4日、デマンド抑制を行わない休日明け平日の比較日を5日設けた。制御方式は、直接制御（プレヒーティング）である（表3）。抑制日の朝に、各テナント空調の空調開始時間を1時間半程度自動制御で前倒しする。始業前であるため手動対応できない。テナント空調系統を3グループに分けてエアコン暖房起動時間をグループ毎にずらすことで、冬季デマンドkWを抑制しつつ、電力消費量増加kWhの抑制も図った。プレヒーティング以外にも、換気停止等の方策と併せてデマンド制御を実施する。室内環境の変化を把握するため、各テナント内の室温計測を行った。執務者アンケート調査は行っていない。

(2) 試験結果

前述した通り、年末年始明けの仕事初めの日に冬季最大デマンドが発生するため、ビルAの抑制日（1/5）と前年の1/6（非抑制日）の30分デマンドデータを比較する（図11）。冬季最大デマンド384kWは、前年と比べて約10%の削減となった。計測値からは、デマンド制御によって約5%、プレヒーティングによって約5%の削減が達成された。ビルCの抑制日（1/5）と前年の1/6（非抑制日）の30分デマンドデータ（空室テナント補正前）を示す（図12）。冬季最大デマンド920kWは、前年1/6のデマンド976kW（空室テナント補正後）と比べると、プレヒーティングにより約5%の冬季デマンドが削減されたと解釈できる。一方、今冬1/5のプレヒーティングによるkWh増加量（6-8時）は、前冬1/6よりもビルAで40kWh、ビルCで436kWh増加しており、デマンド抑制メリットと消費量増加の見合いでプ

レヒーティングの採否を判断する必要がある。またプレヒーティングは、始業前に室が予熱されるため、抑制日の勤務時間中の室温は比較日よりも悪化していないことを確認した（図13）。

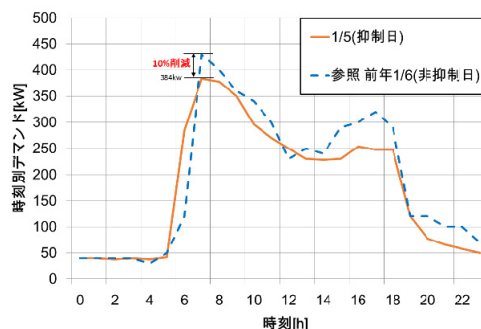


図11 抑制日と比較日の電力需要カーブ（ビルA）

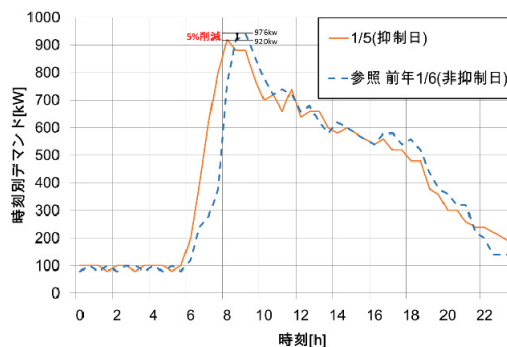


図12 抑制日と比較日の電力需要カーブ（ビルC）

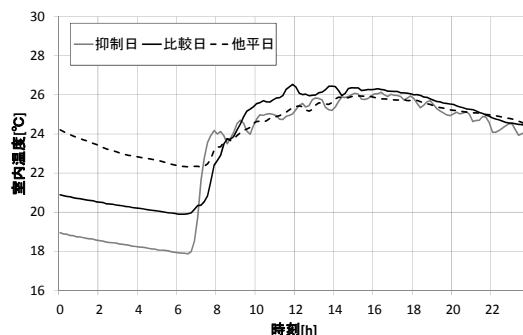


図13 抑制日と比較日の室温の経時変化（テナントC5）

4. 考察とまとめ—テナントビルにおけるDRの導入可能性

本稿では、都内のテナントビル（6棟、24テナント）を対象に実施した直接/間接制御によるスマート節電実証試験の結果を紹介した。直接制御対象は事務所ビルのピーク電力需要に占める割合が大きい空調用途である。夏季試験

では、空調機器の直接制御により夏季昼間デマンドを確実に抑制できること（ピーク削減率は10%程度）、間接制御だけでピーク抑制効果を出すためには検討の余地が残ることが分かった。冬季試験では、朝の始業開始時に最大デマンドが発生する建物では、プレヒーティングによるデマンド抑制は有効であった（冬ピーク削減率は5%程度）。また、直接制御によるスマート節電は、制御時間の長さが短く、夏・冬共にテナント執務環境への影響は小さかった。

2章でまとめた既往の事業所DR実証と3章の本スマート節電試験結果を受けて、テナントビルDRの導入可能性について考察する。

- ◇ テナント側の手間の削減、需要制御の確実性、人がいない時間帯の制御可能性（例：プレヒーティング）を考えると、テナントビル専有部のDRは、BEMSや空調制御装置など用いた直接制御（自動）が適切である。ただ、制御装置の導入費用の回収や受容性の高い制御手法という課題が残る。
- ◇ 直接制御によりテナント専有部のサービスレベルが低下する可能性があること、一時的にテナント側の環境選択権を制限することから、テナント専有部に自動DRを導入するためには、テナント側へのメリット還元や契約（どのレベルの節電を行うか）など何らかの制度が必要と思われる。

謝辞

本実証試験を実施するにあたりご協力いただいた試験対象ビルのテナントの総務担当と従業員の関係各位にここに記して感謝する。

参考文献

- [1] 高橋,上野,坂東,黒崎,小柳,野間:オフィスビルを対象にした夏季および冬季のデマンドレスポンス制御の実証試験—需要削減効果と執務者の受容性の分析—,電気学会電力・エネルギー部門誌 Vol.134 No.8, (2014)

- [2] 木村:事業所における2011~14年夏の節電の実態—東日本大震災以降の定点調査—,電力中央研究所報告 Y14013, (2015)
- [3] 東京都環境局・森ビル株式会社,平成25年度テナントビルにおけるデマンドレスポンス実証事業報告書, (2014)
- [4] 三菱地所,新丸の内ビルディングにおけるビルオーナーとテナント協働によるスマートな電力使用に関する実証事業報告書, (2014)
- [5] 北九州スマートコミュニティ創造協議会 最終報告資料, (2015), <http://www.kscop.jp/download/pre-final.pdf> (アクセス日:2015/9/4)
- [6] 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)の取り組みと今後の展開について,スマートコミュニティサミット2015, (2015), http://www.nedo.go.jp/events/report/sc_summit2015.html (アクセス日:2015/9/4)
- [7] 実証最終成果まとめ(概要編),横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)全体会議, (2015), <http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/yscp/zentai.html> (アクセス日:2015/9/4)
- [8] 資料4 けいはんな学研都市資料,次世代エネルギー・社会システム協議会(第17回), (2014)
- [9] 一般社団法人日本サステナブル建築協会:“知的生産性測定システム(Subjective Assessment of workplace Productivity, SAP)”, <http://www.jsbc.or.jp/sap/notes.html>
- [10] ニューオフィス推進協会,オフィスの省エネが進まない要因はこれだ!~新しい切り口の省エネ手法の提案~, (2014)
- [11] K.Coughlin et al.:“Estimating Demand Response Load Impacts: Evaluation of Baseline Load Models for Non-Residential Buildings in California”, LBNL63728 (2008)

高橋 雅仁 (たかはし まさひと)

電力中央研究所 社会経済研究所

上野 剛 (うえの つよし)

電力中央研究所 システム技術研究所

岩松 俊哉 (いわまつ としや)

電力中央研究所 システム技術研究所

坂東 茂 (ばんどう しげる)

電力中央研究所 社会経済研究所

西川 雅弥 (にしかわ まさや)

日本ファシリティ・ソリューション株式会社

岩村 集 (いわむら あつむ)

野村不動産株式会社