

## 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 その 185 太陽電池と蓄電池の組合せによるピーク電力の削減の検討

### Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEPS Systems, the BEST Part 185 Study for Decreasing Demand Power using Photovoltaic Generation and Battery System

正会員 ○小林 浩 (トーエネック) 正会員 滝澤 総 (日建設計)  
正会員 二宮 博史 (日建設計) 技術フェロー 柳原 隆司 (東京電機大学)  
特別会員 村上 周三 (建築環境・省エネルギー機構)

Hiroshi KOBAYASHI\*<sup>1</sup> So TAKIZAWA\*<sup>2</sup> Hiroshi NINOMIYA\*<sup>2</sup> Ryuji YANAGIHARA\*<sup>3</sup> Syuzo MURAKAMI\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> Toenec Corporation \*<sup>2</sup> Nikken Sekkei Ltd \*<sup>3</sup> Tokyo Denki University

\*<sup>4</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation

The suitable control method and capacity of battery system with photovoltaic generation system for decreasing power demand in office building are discussed in this paper. Integrated Energy Simulation Tool “BEST” is used for this study.

#### 1. はじめに

BEST 蓄熱・蓄電等システム検討ワーキンググループの蓄電池システム検討サブワーキンググループ（以下、SWG）では、BCP 対応等の目的で普及の期待が高まっている蓄電池システムを対象としたプログラム開発を進めている<sup>1)2)</sup>。具体的には、対象蓄電池種別の拡大、計算に必要なパラメータの精査・設定、計算方法の整理とプログラムの検証を行ってきた。一方で、蓄電池システムの建物での運用実績は少なく、今後さらに普及させるには、蓄電池容量選定方法や運転制御方法の確立が重要であり、そのためには BEST は有効なツールである。

本報では、モデルビルにおいてピーク電力の削減を目的に蓄電池システムを導入する場合を想定し、BEST 蓄電池プログラムを用いた、蓄電池の適正な導入容量や運転制御方法の検討例を紹介する。また、固定価格買取制度の施行以降、太陽光発電システム（以下、PV）が急速に普及している現状を踏まえ、蓄電池と PV を組み合わせて導入した場合の、モデルビルのピーク電力の削減への貢献度合いの検討例を合わせて紹介する。

#### 2. 蓄電池プログラムの概要

BEST 蓄電池プログラムにおける蓄電池に関する条件設定画面を図-1 に示す。蓄電池種類は、リチウムイオン電池（以降、LIB）、ナトリウム・硫黄電池（以降、NAS 電池）、鉛蓄電池から選択可能である。また、最近導入事例があるレドックスフロー電池も対象とするよう、SWG において検討を進めている。蓄電池種類は、計算上は充電効率の違いと充電時間の違いに反映され、蓄電池種

類毎に効率のデフォルト値を設定している。

放電制御方式は、次の 3 種類から選択可能である。

##### (1) ピークカット制御

夜間電力を蓄電池に貯めて、建物の受電電力があらかじめ定めた値（ピークカット制御目標値）を超えた場合に放電する制御である。なお、蓄電池システムにおけるピークカット制御は、蓄熱システムにおけるピークカット（昼間時間帯に圧縮機停止）とは定義が異なるため留意が必要である。

##### (2) ピークシフト制御

夜間電力を蓄電池に貯めて、昼間のあらかじめ定めた時間帯（充電/放電時間帯）に一定電力（ベース放電電力）を放電する制御である。

##### (3) 発電電力平準化（一定）制御

PV などの出力変動がある発電設備と蓄電池を組み合わせ使用する場合を想定し、発電出力が目標値を下回っているときに蓄電池を放電、上回っているときには蓄電池に充電し、発電出力を目標値（発電電力平準化目標値）に一定とする制御である。

#### 3. 検討内容

##### (1) モデルビルの概要

検討対象としたモデルビルの主要な諸元を表-1 に示す。BEST での空調負荷計算に使用する気象データは、拡張アメダス標準年（東京地区）である。

##### (2) 検討目的

蓄電池システム設計上での重要な検討項目の一つは蓄電池容量である。本報では蓄電池の設置目的をピーク電



図-1 蓄電池に関する条件設定画面

表-1 検討対象としたモデルビルの主要な諸元

項目	諸元
建物用途	事務所ビル（東京地区）
延床面積	10,000m <sup>2</sup> （基準階面積 936 m <sup>2</sup> ）
階数	9 階
空調方式	ビルマルチエアコン冷暖切替式
照明方式	コンパクト型蛍光灯器具 FHP
最大需要電力	464kW (BEST プログラムでの計算結果)

力（最大需要電力）削減とし、想定するピーク電力削減効果を得るために必要な蓄電池容量を検討した。

モデルビルの蓄電池及び PV 導入前の最大需要電力を BEST での計算により求めたところ 464kW であった。そこで、最大需要電力を 50kW 削減するよう、ピーク電力の制御目標値を 414kW とした。

この目標値を達成するために、蓄電池と PV の導入する状況を想定し、蓄電池のみ導入した場合、及び、蓄電池と PV を組み合わせて導入した場合のピーク電力の削減効果を、BEST での計算により求めた。その結果から、適切な蓄電池制御方式、必要蓄電池容量、PV のピーク電力削減への貢献度合いなどを考察した。蓄電池制御方式として、2. で紹介したピークカット制御とピークシフ

ト制御の 2 種類を対象とした。また、蓄電池種類をリチウムイオン電池とし、充放電効率及び PCS 効率を 0.95 とした。

#### 4. 検討結果(1) -ピークカット制御の場合-

##### (1) 蓄電池のみ導入した場合

蓄電池のみ導入し、蓄電池の放電制御方式をピークカット制御とした場合の、年間最大電力発生日を含む 2 日分の受電電力ロードカーブを図-2 に示す。図-2 には蓄電池なし、蓄電池容量が 50kWh と 200kWh の、3 種類の計算結果を示している。蓄電池容量が 200kWh の場合には、受電電力は制御目標値の 414kW を超過していない。一方で、蓄電池容量が 50kWh の場合には、12 時頃には蓄電池が放電しきってしまい、受電電力が制御目標値を超過している。よって、受電電力を常に制御目標値以下に維持するには、一定以上の蓄電池容量が必要であることが示唆される。

そこで、制御目標値を 414kW で一定とした場合における、導入蓄電池容量とピークカット制御後の最大需要電力の関係を図-3 に示す。蓄電池容量が 100kWh 以下では、最大需要電力は蓄電池なしの場合の 464kW に近く、ピーク電力削減効果は小さい。これに対し蓄電池容量が

150kWh 以上では、最大需要電力は制御目標値の 414kW に近づいている。以上の結果から、50kW のピーク電力削減効果を得るには、その約 3 時間分に相当する 150kWh の蓄電池が必要であることが分かる。

## (2) 蓄電池と太陽光発電を導入した場合

次に、蓄電池と PV を両方導入した場合の検討結果を述べる。PV 導入容量を、10,000m<sup>2</sup> のビルでの最大限と考えられる 50kW とし、南向きに傾斜 20° で設置した。この場合の導入蓄電池容量とピークカット制御後の最大需要電力の関係を、蓄電池のみ導入した場合と合わせて図-3 に示す。

蓄電池容量 0kWh における PV 有無での最大需要電力の差が PV のみを導入した場合のピーク電力削減効果であり、30kW (=464kW-434kW) である。PV 導入容量である 50kW よりも小さいのは、最大需要電力発生時に必ずしも日射量が最大にはならないためである。

また、蓄電池容量が 50kWh 以上では、最大需要電力を制御目標値まで削減できていることが分かる。蓄電池のみ導入した場合には、50kW のピーク電力削減効果を得るための必要蓄電池容量は 150kWh であったが、PV システムと合わせて導入することで、必要蓄電池容量を約 3 分の 1 に削減できる。

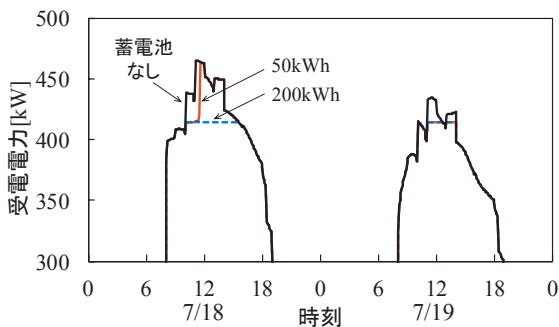


図-2 モデルビルの最大需要電力発生時の蓄電池によるピークカット制御効果

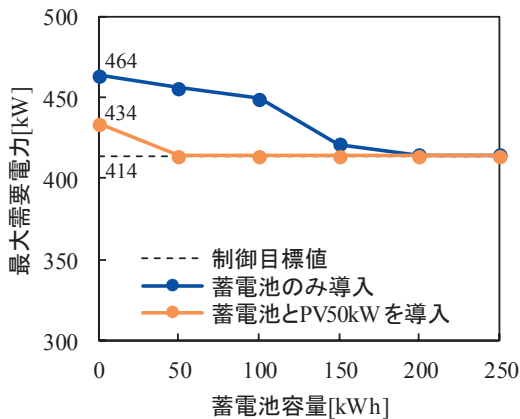


図-3 導入蓄電池容量と最大需要電力の関係 (蓄電池をピークカット制御で運転する場合)

なお、蓄電池容量が 50kW 以上の場合に最大需要電力は 414kW で一定であるが、これはピークカット制御であるため、蓄電池容量に余裕があっても、制御目標値を満足する最低限の電力のみ放電を行うためである。このため、蓄電池を 50kWh 以上導入した場合には、制御目標値をさらに小さく設定すれば、よりピーク電力を削減できる可能性がある。

## 5. 検討結果(2) -ピークシフト制御の場合-

ピークシフト制御では、あらかじめ設定した放電時間帯に、蓄電池から設定したベース放電電力を放電する。ここでは、ベース放電電力を削減目標電力である 50kW とした。

放電時間の設定は、毎日 11 時 30 分から 12 時 30 分まで放電する運転方法を「放電時間 1 時間」とした。これは、図-2 から分かるように蓄電池導入前の最大需要電力が 12 時付近で発生しているためである。そして、これを基準に、放電開始時刻を 30 分単位で早くし、放電終了時刻を 30 分単位で遅くすることで、放電時間を 1 時間ずつ長くした。例えば、「放電時間 4 時間」とは、毎日 10 時から 14 時まで放電する運転方法である。なお、蓄電池容量は十分大きい 1000kWh とした。

### (1) 蓄電池のみ導入した場合

蓄電池のみ導入した場合の、放電時間とピークシフト制御後の最大需要電力の関係を図-4 に示す。図-4 の「蓄電池のみ導入」のグラフを見ると、放電時間が 6 時間の場合に、最大需要電力を 414kW 以下に削減できている。つまり、50kW のピーク電力削減効果を得るには、放電時間を 6 時間以上とする必要がある。その場合の必要蓄電池容量は  $50[\text{kW}] \times 6[\text{h}] = 300[\text{kWh}]$  である。4. (1) に示したピークカット制御での検討結果と比較すると、ピークシフト制御での必要蓄電池容量はピークカット制御の場合の 2 倍である。このため、導入蓄電池容量をより小さくするには、ピークカット制御の採用が有効である。

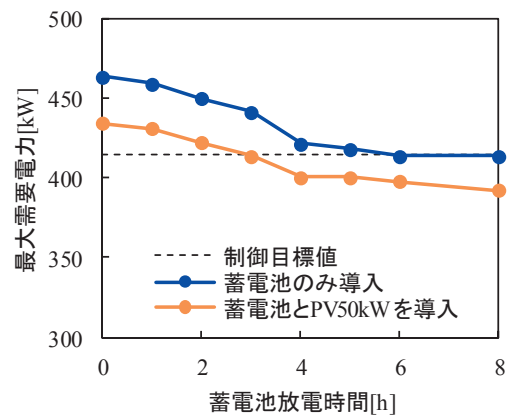


図-4 導入蓄電池容量と最大需要電力の関係 (蓄電池をピークシフト制御で運転する場合)

## (2) 蓄電池と太陽光発電を導入した場合

蓄電池と PV 50kW を両方導入した場合の検討結果を、図4 に合わせて示す。放電時間を 3 時間以上とすれば、最大需要電力が414kW 以下となり 50kW のピーク電力削減効果を得ることができる。また、同じ放電時間での PV システム有無の最大需要電力の差は、放電時間が3 時間以下では約 30kW である。放電時間を長くすると最大需要電力の差は、より小さくなる。

## 6. 考察

### (1) 適切な蓄電池制御方式と必要蓄電池容量

以上の検討結果から分かるように、ピーク電力の削減を目的に蓄電池を導入する場合には、PV システムの有無に関わらず、蓄電池をピークシフト制御よりもピークカット制御で運転する方が、必要蓄電池容量を小さくできる。ただし、ピークカット制御では、受電電力が最大需要電力に近い重負荷季にしか、蓄電池を運転しない。よって一定のピーク電力削減効果を得ながら、蓄電池の稼働率を高めて比較的安価な夜間電力を有効利用するメリットも得るには、ピークシフト制御の採用も有効である。

### (2) 蓄電池と太陽光発電システムの組み合わせ効果

本報告で想定したモデルビルで 50kW のピーク電力削減効果を得るためには、蓄電池のみの導入では 150kWh の容量を必要であるが、蓄電池と PV システムを両方導入すれば、それぞれ50kWh と 50kW の容量で十分である。よって、両者を組み合わせた方が導入コストも安くできる可能性がある。

ただし、PV システムの発電電力は日射量に応じて変化する不確実性を含んでおり、最大需要電力の発生日に期待する発電電力を得られない場合には、ピーク電力削減効果も得られない。この不確実性の考察のため、東京地区における 2007 年 1 月から 2016 年 5 月の期間の 1 時間毎の気象データ<sup>3)</sup>を用い、1 日毎の最高気温と最高気温発生時の全天日射量の関係を求めた結果を図-5 に示す。図-5 には、モデルビルで最大需要電力が発生した 7 月と、冬季の 2 月の 2 か月分のデータを示している。7 月は両者の相関が高く、最高気温が高い日には当該時刻の日射量も高いため、ピーク電力削減効果の不確実性は低いといえる。一方で、暖房負荷の影響で冬季に最大需要電力が発生するようなビルもある。その場合、図-5 の 2 月のデータでは両者の相関が低く、PV システムによるピーク電力削減効果の不確実性は高いといえる。よって、長期間の気象データを用いた十分な検討を行い、ピーク電力削減目標と必要蓄電池容量を決定する必要がある。

## 7. おわりに

本報では蓄電池制御方式の違いがピーク電力の削減効果に与える影響を明確にするため、各制御方式を独立して採用した場合を検討した。なお、BEST 蓄電池プログラムでは両制御方式を組み合わせた場合の計算も行うことができるため、今後検討する予定である。

また、必要蓄電池容量は、検討対象ビルの受電電力ロードカーブ形状に大きく影響されるため、建物用途や空調システムが異なると、検討結果も異なる可能性がある。今後も SWG で継続的に検討を行っていききたい。

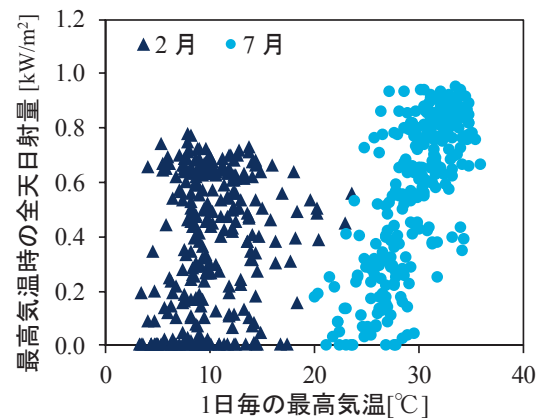


図-5 1 日毎の最高気温と最高気温発生時の全天日射量の関係

### 【謝辞】

本報は、(一財) 建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」「BEST 企画委員会 (村上周三委員長)」及び専門版開発委員会 (石野久彌委員長)、省エネ計画書作成ツール開発委員会 (坂本雄三委員長)、蓄熱・蓄電等システム検討 SWG (柳原隆司主査) の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。蓄熱・蓄電システム (蓄電池) 検討 SWG 名簿 (順不同) 主査: 柳原隆司 (東京電機大学)、委員: 南島正範 (ヒートポンプ・蓄熱センター)、二宮博史、滝澤 総 (以上、日建設計)、小澤正一 (東京電力)、小林浩 (トーエネック)、松下 傑 (NIT ファシリティーズ)、杉澤紀幸 (中部電力)、阿部 実 (関電工)、渡辺健一郎 (大林組)、事務局: 生稲清久 (日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム)、村田創造、菅谷善昌 (ヒートポンプ・蓄熱センター)

### 参考文献

- 1) 滝澤, 村上, 柳原, 二宮, 大西: 「外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 (その 140) 蓄電池プログラムの改良」, 平成 26 年空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 OS-11 (2014)
- 2) 滝澤, 村上, 柳原, 二宮, 小林: 「総合エネルギーシミュレーションによる蓄電池システム挙動計算」, 平成 27 年度電気学会産業応用部門大会講演論文集, No.1-5 (2015)
- 3) 気象庁 Web サイト: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/> (アクセス日: 2016 年 6 月 2 日)