

## 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 155） ZEB の検討手法に関する研究

### Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 155) Case Study of Net-Zero building using BEST for Energy Conservation Standard 2013

正会員 ○品川 浩一（日本設計） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）  
技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 正会員 川津 行弘（日本設計）  
技術フェロー 竹部 友久（日本設計）

Koichi SHINAGAWA \*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI \*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO \*<sup>3</sup> Yukihiko KAWAZU \*<sup>1</sup> Tomohisa TAKEBE \*<sup>1</sup>  
\*<sup>1</sup>Nihon Sekkei, Inc. \*<sup>2</sup>Institute for Building Environment and Energy Conservation \*<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan University

The possibility of achieving ZEB by application of multiple ZEB design alternatives based on a ZEB city council office building and their respective effect on a reference building as per amended standard of Energy Conservation Standard 2013 and the ZEB were studied. Each ZEB design alternative exhibited different degree of effects on energy saving and power peak shaving of the reference building and the ZEB. A design method to prioritize the ZEB design alternatives based on these effects at each design phase was proposed.

#### はじめに

THE BEST Program では、再生可能エネルギーの利用、高性能外皮、高効率機器、高度な自動制御など、様々な省エネルギー手法の計算をすることができる。また、平成 25 年省エネルギー基準対応ツール(以降 BEST)では、自動的に省エネ基準相当の仕様を計算することができるため<sup>1)</sup>、こうした省エネルギー手法の導入効果の差異が容易に確認できる。本報では ZEB 化メニュー毎の導入効果や ZEB の実現可能性について検討をおこなった事例について報告する。

#### 1. 対象モデルの概要

木質バイオマス・井水・太陽光などの再生可能エネルギー活用や、高性能ガラスおよび日射遮蔽ルーバーなどの高性能外皮の導入、デシカント空調および放射冷暖房による潜顕分離空調・LED 照明・各種制御などの高効率化設備システムの導入、自然換気やナイトパーズといった自然エネルギーの直接利用など、表 1 および図 1 に示す ZEB を目指して設計された市庁舎を対象モデルとした。

#### 2. シミュレーション概要

複合導入効果および単独導入効果のケース設定を表 2 に、ZEB 仕様および基準仕様の入力概要を表 3 に示す。ただし、対象モデルとした市庁舎では実装されていない ZEB 化メニューについても導入効果検討のために機器および制御を仮定してシミュレーションを行った。

1)複合導入効果においては、ZEB 化メニューを建築的手法①②、設備的手法③④、運用的手法⑤⑥として分類した。①高性能外皮による熱負荷削減→②自然エネルギー

表 1 対象モデルの建築および設備概要

敷地概要	建築場所	島根県(気象データ:大阪)	
建物概要	建物用途	市庁舎	
	敷地面積	6,864.49㎡	建築面積(庁舎) 1,970.08㎡
	延床面積(庁舎)	7,218.42㎡	階数 地上5階
電気設備	受変電設備	高圧6.6kV本線1回線受電 高効率照明器具(LED)	
	照明設備	昼光利用制御、初期照度補正制御(執務室) 明るさ人感センサー制御(階段、トイレ、給湯室、更衣室)	
	太陽光発電設備	40kW(屋上設置)	
	熱源設備	木質チップボイラー、地下水熱直接利用	
空調設備	空調設備	外気処理:デシカント外調機、1階執務室:床吹出空調 パルメータ:放射冷暖房パネル、共用部:放射冷暖房パネル、 1階多目的ホール:温水式床暖房約300㎡	
	換気設備	機械換気、自然換気(自然通風・ナイトパーズシステム)	
	衛生器具設備	大便器:暖房洗浄便座付き超節水型、洗面器:自動単水栓	
衛生設備	給水設備	上水・雑用水2系統加圧給水方式、雨水・空調ドレン再利用	
	給湯設備	局所給湯方式(電気、ガス)	
昇降機	エレベータ	可変電圧可変周波数制御方式(電力回生制御なし)	

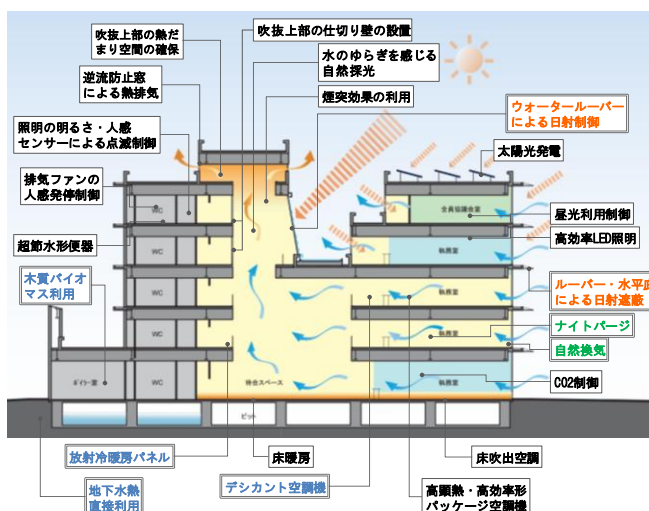


図 1 モデル市庁舎 断面イメージ

一のパッシブ利用（自然換気）→③設備システム高効率化→④再生可能エネルギー利用→⑤運用改善による効率的運用→⑥オフサイトの再生可能エネルギー利用、とした優先順位を付け、①から順次追加した場合の複合効果による変化、およびZEBの実現可能性、複合導入効果について検討した。ただし、⑥オフサイトの再生可能エネルギーはZEBの実現のために、敷地内の駐車場に大規模な太陽光発電を追加するものと仮定した。

ZEB化メニューの単独導入効果分析においては、

2) 基準建物における評価

基準建物に対して個別要素を追加するもの

3) ZEBにおける評価

ZEBから個別要素を削除したもの

を分析した。つまり、基準建物における評価では基準建物からの一次エネルギー削減量が省エネルギー性を、逆にZEBにおける評価ではZEBからの一次エネルギー増加量が各メニューにおける省エネルギー性を現すものである。また、ピーク電力に対しても同様の評価を行った。

表2 シミュレーションケース

分析手法	ZEB化メニュー		高性能外皮		自然換気	空調設備			照明設備			再生可能エネルギー		効率的運用			オフサイト 太陽光PV	備考						
	ガラス	断熱	底	断熱		機器	AC制御	全て	機器	L制御	全て	機器	機器	機器	井水	木質チップ			PV	全て	温度	線	電力	PC
1) 複合導入効果					①																			基準建物に対して順次追加
2) 基準建物における評価																								基準建物に一つだけZEB化メニューを追加
①高性能外皮による熱負荷削減																								
②自然エネルギーのパッシブ利用																								
③設備システム高効率化																								
④再生可能エネルギー利用																								
⑤運用改善による効率的運用																								
⑥オフサイト再生可能エネルギー																								
3) ZEBにおける評価																								ZEBから一つだけZEB化メニューを削除
①高性能外皮による熱負荷削減																								
②自然エネルギーのパッシブ利用																								
③設備システム高効率化																								
④再生可能エネルギー利用																								
⑤運用改善による効率的運用																								
⑥オフサイト再生可能エネルギー																								

※○:1メニュー導入、◎:同カテゴリーの全てのメニュー導入、△:1メニュー削除、▲:同カテゴリーの全てのメニュー削除

表3 ZEB仕様と基準建物仕様

	ZEB仕様	基準建物仕様※	備考	
建築	方位・建物形状	主方位南	同左	
	窓面積率	40~50%	40%	
	庇	南:水平庇、東西:箱型庇	無し	
	断熱仕様	外壁:吹付け硬質ウレタンフォーム30mm 屋根:スチレン発泡板(押出)35mm ビロイ床:吹付け硬質ウレタンフォーム35mm	外壁:スチレン発泡板(押出)25mm 屋根:スチレン発泡板(押出)50mm ビロイ床:なし	
	窓ガラス仕様	low-Eペアガラス 8mm、明色ブラインド	単板FL 8mm、明色ブラインド	
室用途の条件	内部発熱:照明500Lx(LED)、コンセント5W/m <sup>2</sup> 空調:12-3月暖房、6-9月冷房、その他自然換気	内部発熱:照明750Lx(Hf)、コンセント12W/m <sup>2</sup> 空調:12-3月暖房、4-11月冷房	事務室部分	
空調設備	熱源効率(COP)	地下水熱利用 木質チップボイラー 高顕熱型冷暖切替型ビルマルチ	空冷ヒートポンプ(3.24/-) 真空温水発生機(-/0.80) 冷暖切替型ビルマルチ(3.0/3.5)	
	水搬送システム	VWV:末端差圧一定制御、台数制御あり Δt=8℃(冷水温水共) 電動機:IPM・インバータ制御	VWV:吐出圧一定制御、台数制御あり Δt=7℃(冷水温水共) 電動機:標準・インバータ制御	モデル庁舎は、推定末端差圧一定制御
	空気搬送システム	デシカント外調機(VAV末端差圧一定) 外気冷房/CO2制御/全熱交換器有り ファン:プラグファン 電動機:IPM・インバータ制御	外調機(CAV) 外気冷房/CO2制御/全熱交換器無し ファン:リミットロードファン 電動機:高効率・インバータ制御	
	各種設備容量	-	熱源、一次/二次ポンプ、AHU/FCUについて「最大負荷比率」および基準の「設定温度差」により能力等を補正	最大熱負荷比 冷房:1.38 暖房:1.2
照明設備	照明消費電力原単位	執務室:LED 階段、トイレ、給湯室、更衣室:LED	執務室:Hf 階段、トイレ、給湯室、更衣室:Hf	
	照明制御	執務室:昼光利用制御、初期照度補正制御 階段、トイレ、給湯室、更衣室:明るさセンサー制御	無し	
給湯設備	給湯原単位	執務室:3.8m <sup>3</sup> /人日	同左	
	給湯熱源効率(COP)	ガス熱源:一次COP0.95 電気熱源:二次COP1.0	ガス熱源:一次COP0.8 電気熱源:二次COP1.0	
	保温仕様等	保温仕様2、保温有り、その他(空調室と外部の間)	同左	
換気設備	電動機、換気制御	高効率電動機 温度制御等	標準電動機 制御無し	
	昇降機設備	速度制御	可変電圧可変周波数制御方式(電力回生制御なし)	同左
コンセント設備	機器電力原単位	執務室:コンセント5W/m <sup>2</sup>	執務室:コンセント12W/m <sup>2</sup>	
太陽光発電	建物屋上:40kW オフサイト:360kW	無し		

※基準建物仕様は、平成25年省エネルギー基準対応ツールにおける基準仕様

### 3. シミュレーション結果

#### 3.1 複合導入効果

ZEB化メニューの複合導入効果として、図2に基準建物とZEBの月別エネルギー消費量の比較を、図3に一次エネルギー消費原単位とピーク電力の変化を、図4にZEB化メニューの複合導入効果を示す。

①~⑤までのオンサイトでのZEB化メニューの導入によって、建物全体の約60%の省エネルギー化が可能でありBEI=約0.4となる。また、⑥の大規模PVの設置によりZEBが可能となる。ただし、冬期は0になっていないが自然換気を行っている中間期のエネルギー削減率が大きく、年間収支によるZEBとなっている。

①高性能外皮による熱負荷削減において、省エネルギー効果に比べてピーク電力削減効果が大きくなっている。また、ピーク電力は、①~③までは7月、④以降は冬期に発生しており、建物のZEBに近づくにつれてピーク電力削減のためには冬期に省エネルギー効果があるZEB化メニュー(断熱・熱回収等)が重要となってくる。

#### 3.2 単独導入効果

ZEB化メニューの単独導入における省エネルギー効果の比較として、図5に基準建物における評価およびZEBにおける評価の年間一次エネルギー消費原単位の変化とその内訳、図6に両評価の一次エネルギー消費原単位変化の関係についてを示す。

基準建物における評価では、再生可能エネルギー、高効率照明、運用改善、高効率空調、照明制御の順でエネルギー削減=影響が高い。ZEBにおける評価では、再生可能エネルギー、高効率照明、運用改善、省電力PC、木質チップの順でエネルギー増加=影響が高い。ただし、両評価共にコンセントを除いた場合、高性能外皮は運用改善と同程度の効果である。両評価の影響度が変化した原因は、デシカント空調の再生熱源エネルギーや、照明・

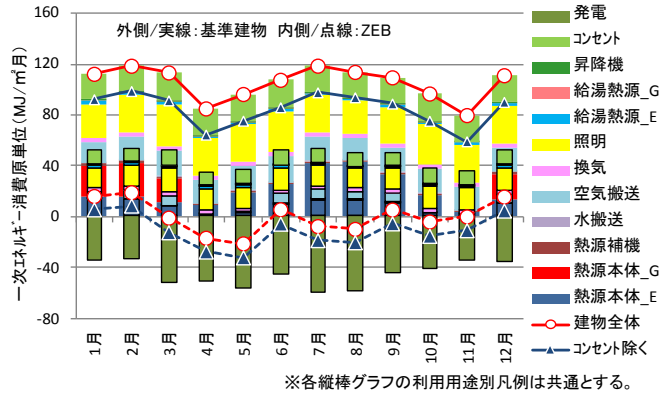


図2 基準建物とZEBの月別エネルギー消費量の比較

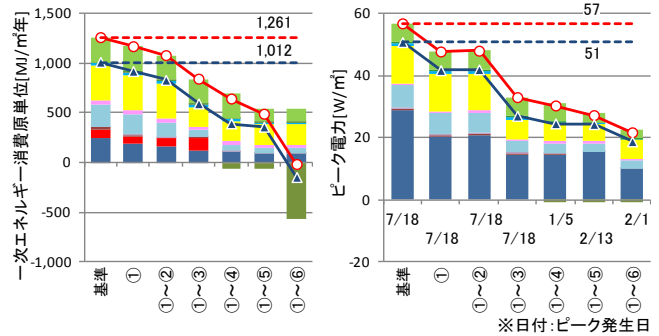


図3 年間一次エネルギー消費量とピーク電力の変化

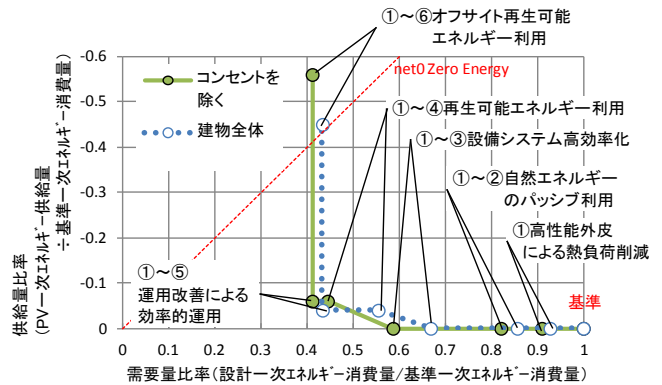


図4 ZEB化メニューの複合導入効果

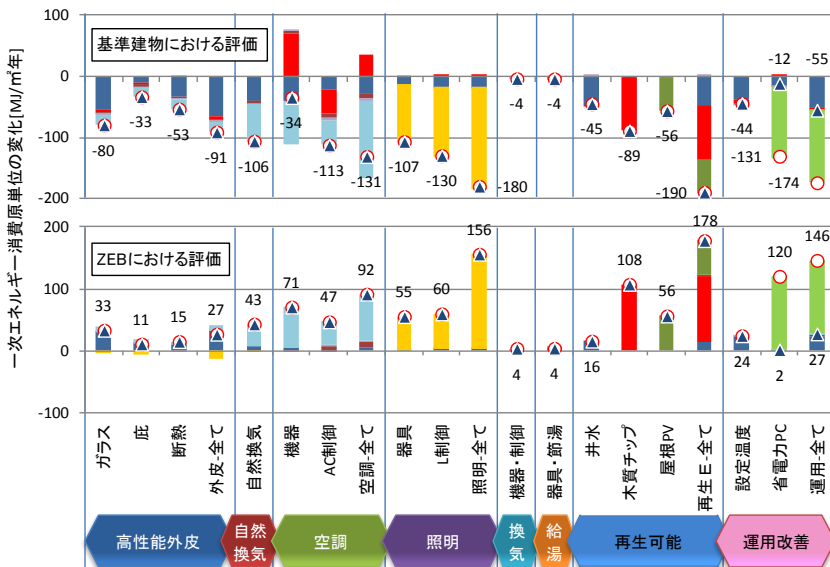


図5 単独導入による一次エネルギー消費原単位の変化

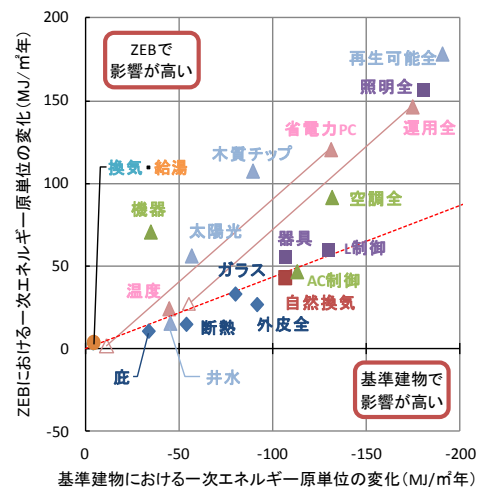


図6 一次エネルギー消費原単位変化の関係

OA 機器の内部発熱に対する空調エネルギー、日射遮蔽に対する照明エネルギーの感度が異なることが原因である。

ZEB 化メニューの単独導入におけるピーク電力削減効果の比較として、図 7 に基準建物における評価および ZEB における評価のピーク電力の変化とその内訳、図 8 に両評価のピーク電力変化の関係についてを示す。

基準建物における評価では、再生可能エネルギー、高性能外皮、井水利用、高効率空調設備、高性能ガラス、庇、の順でピーク電力削減=影響度が強い。すべてのケースで夏期にピーク電力が発生しているため、冷房負荷削減・冷熱源向上に関するメニューの影響度が高い。

ZEB における評価では、高性能ガラス、高効率空調設備、高性能外皮、高効率照明、運用改善、高効率空調機器の順でピーク電力増加=影響度が強い。すべてのケースで冬期にピーク電力が発生しているため、暖房負荷削減・温熱源向上に関するメニューの影響度が高い。ただし、本検討モデルの中央空調温熱源はボイラであり、暖房負荷削減によるピーク電力への影響はほぼ無いため、空調熱源の電化率に応じて変化する。

#### 4.まとめ

市庁舎をモデルとし、ZEB 化メニューの複合導入効果による ZEB の可能性と、平成 25 年省エネルギー法基準相当の基準建物および ZEB を対象とした ZEB 化メニューの単独導入効果について検討した。図 9 に示すように、ZEB 化メニューに対する省エネルギー・ピーク電力削減の影響が、従来の基準仕様をベースとした評価と、ZEB を基準とした評価では傾向が異なっており、ZEB 計画時に配慮することが重要である。

【謝辞】本研究は、(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」・「企画開発委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)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。

#### 参考文献

- 1) BEST 改正省エネ基準対応ツール解説書 第Ⅱ編 理論編\_2013 年 10 月版、一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構

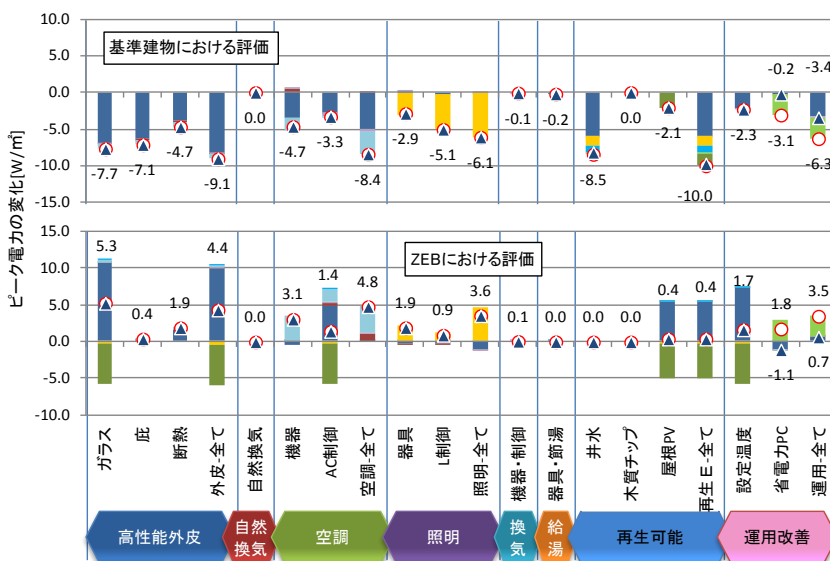
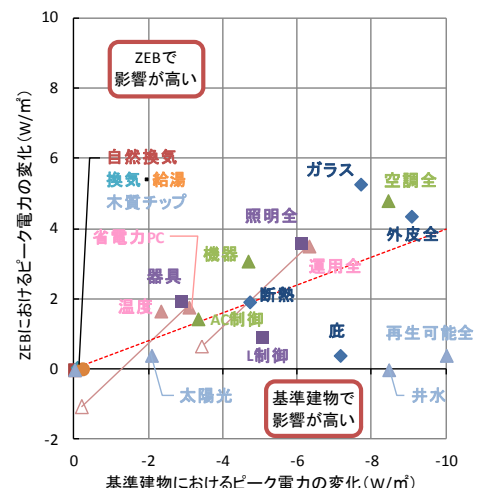
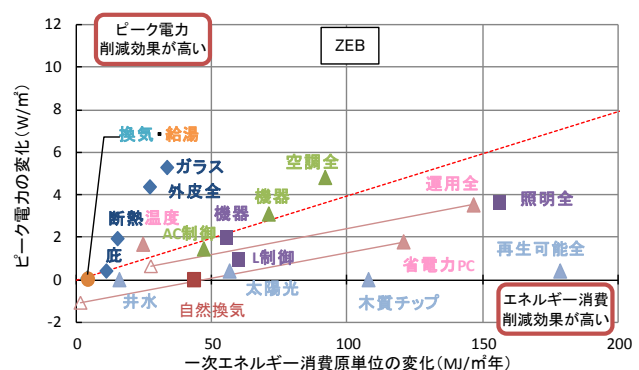
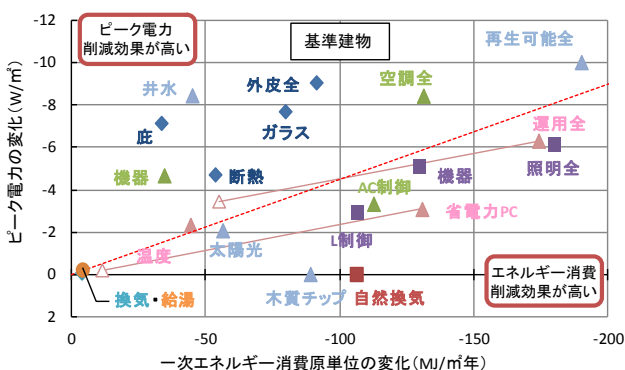


図 7 単独導入によるピーク電力の変化



注 1) -----: ZEBと基準建物のピーク電力の比であり、ここからの離隔が影響の高さを示す。  
2) 塗りつぶしは建物全体の一次エネルギー増減量を、白抜きはコンセントを除く一次エネルギー増減量を示す

図 8 ピーク電力変化の関係



注 1) -----: 創エネを除く一次エネルギー消費量、ピーク電力、原点を結んだ直線であり、ここからの離隔が影響の高さを示す。  
2) 塗りつぶしは建物全体の一次エネルギー増減量を、白抜きはコンセントを除く一次エネルギー増減量を示す

図 9 個別導入効果の評価一覧