

# 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 207）

## BEST 誘導基準対応ツールによる事務所ビルの ZEB 評価

### Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 207)

### Study on ZEB using the BEST program for induction standard of the energy conservation act

正会員 ○大木 泰祐（大成建設）

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）

Taisuke OHKI\*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Taisei Corporation \*<sup>2</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation \*<sup>3</sup> Tokyo Metropolitan University

Recently, ZEB has attracted attention due to the increase in the risk of climate change accompanying global warming and the necessity of energy self-sufficiency of buildings with disasters.

In this paper, we study the energy saving technology and these reduction effect using the BEST program when the middle-sized office building realize ZEB.

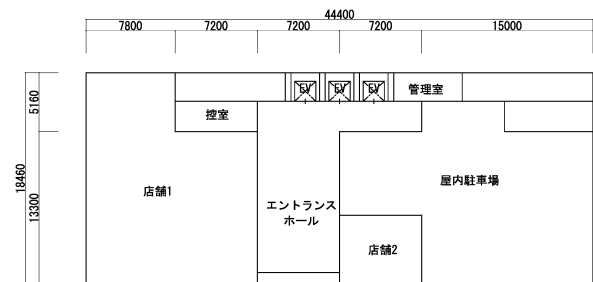
#### はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動リスクの増大から、2016年11月にパリ協定が発効され、各国が温室効果ガス排出量削減の取組みを進めている。パリ協定により、日本は2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で、26%削減することを目指して定めた。日本の最終エネルギー消費のうち約30%以上を占める業務部門においては、2013年度比約40%の温室効果ガス排出削減を目標としている。さらに、東日本大震災等の災害に伴う電力危機などから建築物のエネルギー自給の必要性が高まっている。これらの社会背景からゼロ・エネルギー・ビルディング（以降、ZEB）が注目されている。

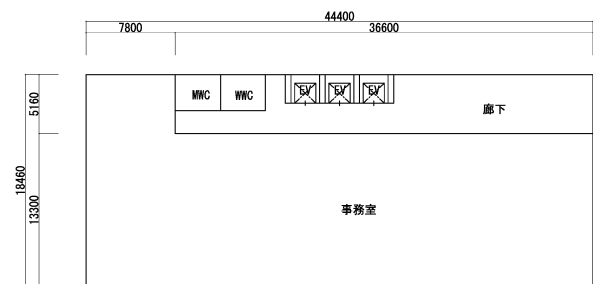
また、2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを目指すことが示された。これにより、ZEBは地球温暖化に起因するエネルギー問題を解決するための重要な取り組みであるとされている。東京23区における事務所ビルの調査<sup>1)</sup>によると、築年数が20年未満の事務所ビルの棟数は、約77%が中小規模で占められている。したがって、エネルギー基本計画で示された目標の達成に向けて、事務所ビルのZEBの普及を進めるには、中小規模の事務所ビルで導入可能な技術を用いてZEB化をする必要がある。

既往研究<sup>2)~4)</sup>では、各種ツールでのZEB検討がなされている。本報では、中規模の事務所ビルを対象として、ZEBを実現させるための省エネ技術と削減効果をBEST誘導基準対応ツール<sup>注1)</sup>（以降、BEST）を用いて検討する。

#### 1. 解析概要



(1) 1階平面図



(2) 2～7階平面図

図-1 解析モデル

表-1 建物概要

建物名称	Aビル
建物用途	事務所等
階数	地下0階、地上7階、塔屋0階
構造	鉄骨造
延床面積	5,848m <sup>2</sup>

#### 1.1 モデル概要

図-1に示す、南北方向：約18m、東西方向：約44mの7階建て、約5,800m<sup>2</sup>の事務所ビル（Aビル）を想定し、BESTを用いて各種検討を行う。2～7階が基準階で、北側にコアがある平面プランである。東・西・南面窓は、窓

表-2 Aビルにおける建築仕様および設備仕様 (6地域)

		基準建物	初期仕様 (Case-1)	ZEB仕様 (Case-20)
建築	外壁	建築物省エネ法で規定される 室用途毎の エネルギー消費 原単位に床面積を 乗じて算出	ECP t60、吹付硬質ウレタンフォーム A 種 1 t20 U=1.15W/m <sup>2</sup> K	ECP t60、吹付硬質ウレタンフォーム A 種 1 t40 U=0.69W/m <sup>2</sup> K
	屋根		RC+押出法ポリスチレンフォーム 1 種(15mm) U=1.12 W/m <sup>2</sup> K	RC+押出法ポリスチレンフォーム 1 種(30mm) U=1.12 W/m <sup>2</sup> K
	窓		透明ペア(空気層 6mm) U=3.3W/m <sup>2</sup> K、η=0.79、窓面積率 51%	LowE ペア(日射遮蔽型、空気層 6mm) U=1.9W/m <sup>2</sup> K、η=0.46、窓面積率 51%
空調設備	熱源システム		室内負荷：空冷 HP-PAC(冷暖同時) 540.6kW 外気負荷：空冷 HP-PAC(冷暖切替) 189.0kW	室内負荷：空冷 HP-PAC(冷暖同時) 170.0kW 外気負荷：空冷 HP チラー 363.6kW
	空調システム		天井カセット PAC、天井隠ぺい PAC(エントランス、廊下)、直膨型全熱交付外気処理 PAC	天井カセット PAC、天井隠ぺい PAC(エントランス、廊下)、全熱交付外調機(VAV)
	内部負荷条件		照明：10W/m <sup>2</sup> 、コンセント：30W/m <sup>2</sup> 、 人員：0.2 人/m <sup>2</sup> 、外気量：25m <sup>3</sup> /h 人	照明：5W/m <sup>2</sup> 、コンセント：15W/m <sup>2</sup> 、 人員：0.2 人/m <sup>2</sup> 、外気量：25m <sup>3</sup> /h 人
換気設備			第3種換気：便所、給湯室、機械室、倉庫等 全て定風量(制御なし)	第3種換気：便所、給湯室、機械室、倉庫等 便所換気のみ INV 制御
給湯設備			洗面器ごとの貯湯式電気温水器(局所給湯)、 自動給湯栓なし	便所ごとの貯湯式電気温水器(局所給湯)、 自動給湯栓あり
照明設備			LED、設計照度：700 lx、照明制御なし	LED、設計照度：500 lx、各種照明制御あり <sup>注2)</sup>
昇降機設備		積載重量 1,000kg、速度 90m/min、3 台 VVVF(回生制御なし)	積載重量 1,000kg、速度 90m/min、3 台 VVVF(回生制御あり、ギアレス)	
効率化設備		なし	なし	太陽光発電パネル(屋上 74kW、壁面 133kW)

面積率約 50%の計画とした。また、1階はエントランスホール及び店舗等の構成でされる。表-1 及び表-2 に建物概要、建築仕様、設備仕様をそれぞれ示す。

### 1.2 BEST 計算条件

表-2 に、6 地域における A ビルの BEST 計算条件を示す。基準建物の一次エネルギー消費量は、建築物省エネルギー法に基づき、室用途ごとに設定された基準一次エネルギー消費量と計算対象となる室面積から算出される。また、各種省エネ技術を導入する前の初期仕様を想定し、表-2 の仕様に対して、表-3 の各種省エネ技術を付加していくことで、各種省エネ技術の効果と ZEB の達成度を検討する。初期仕様における事務室の空調設備は、室内負荷を空冷 HP パッケージ (冷暖同時 EHP) で受け持ち、外気負荷を直膨型全熱交換器付外気処理パッケージとした。また、事務室の照明設備は、システム天井用 LED で、設計照度 700 lx の全般照明とした。

また、ZEB 仕様における事務室の空調設備は、外皮性能を向上させ、照明・コンセントの内部発熱負荷を抑えることで、空調容量の縮小を図る。また、室内負荷の処理方法は、初期仕様と同様のシステムとし、外気負荷を空冷 HP モジュールチラーの冷温水を利用した全熱交換器付外調機で処理する。

### 1.3 ZEB に向けた各種省エネ技術の検討

A ビルの初期仕様を基に、表-3 の各種省エネ技術を付加し、ZEB 仕様までの省エネ効果を算出する。文献 5 のように、ZEB の検討は、建物負荷を抑制させる手法 (パッシブデザイン: Case1、Case4) を行ったのち、高効率な設備システムや制御等のアクティブデザインを取り入れる順序とした。ZEB の定義については、文献 5 に基づき、基準一次エネルギー消費量から 50%以上の省エネ (BEI ≤0.5) で ZEB Ready、再生可能エネルギーを含み 75%以

表-3 ZEB に向けた各種省エネ技術検討ケース

ケース名	項目	検討内容
Case-1	—	初期仕様の検討
Case-2	建築	LowE ペア(日射遮蔽型)の採用、外壁断熱性能の向上
Case-3	空調	外気負荷を空冷 HP チラー+外調機(VAV)で処理
Case-4		内部負荷を照明：5W/m <sup>2</sup> 、コンセント：15W/m <sup>2</sup> とし、空冷 HP-PAC 容量を縮小
Case-5		高効率(高 COP) 熱源機の採用
Case-6		外調機に全熱交換器を設置
Case-7		外調機に外気冷房制御を採用
Case-8		設計照度を 700 lx から 500 lx に低照度化
Case-9	照明	システム天井用 LED 照明器具について、高効率タイプを採用
Case-10		昼光連動照明制御の採用
Case-11		空調室(事務室) に在室検知制御を採用
Case-12		非空調室(便所) に在室検知制御を採用
Case-13		初期照度補正制御の採用
Case-14	換気	便所系統の換気ファンに INV 制御を採用
Case-15	給湯	電気温水器の加熱容量を縮小
Case-16		節湯器具の採用
Case-17	昇降機	VVVF(電力回生制御なし、ギアレス)の採用
Case-18		VVVF(電力回生制御あり)の採用
Case-19		VVVF(電力回生制御あり、ギアレス)の採用
Case-20	効率化設備	屋上および壁面の太陽光発電パネル設置

上の省エネ (BEI ≤0.25) で Nearly ZEB、再生可能エネルギーを含み 100%以上の省エネ (BEI ≤0) で『ZEB』として評価する。また、本研究では、中規模の事務所ビルを対象としていることから、一般に導入の可能性が高いと考えられる省エネ技術のみを対象とし、検討する省エネ技

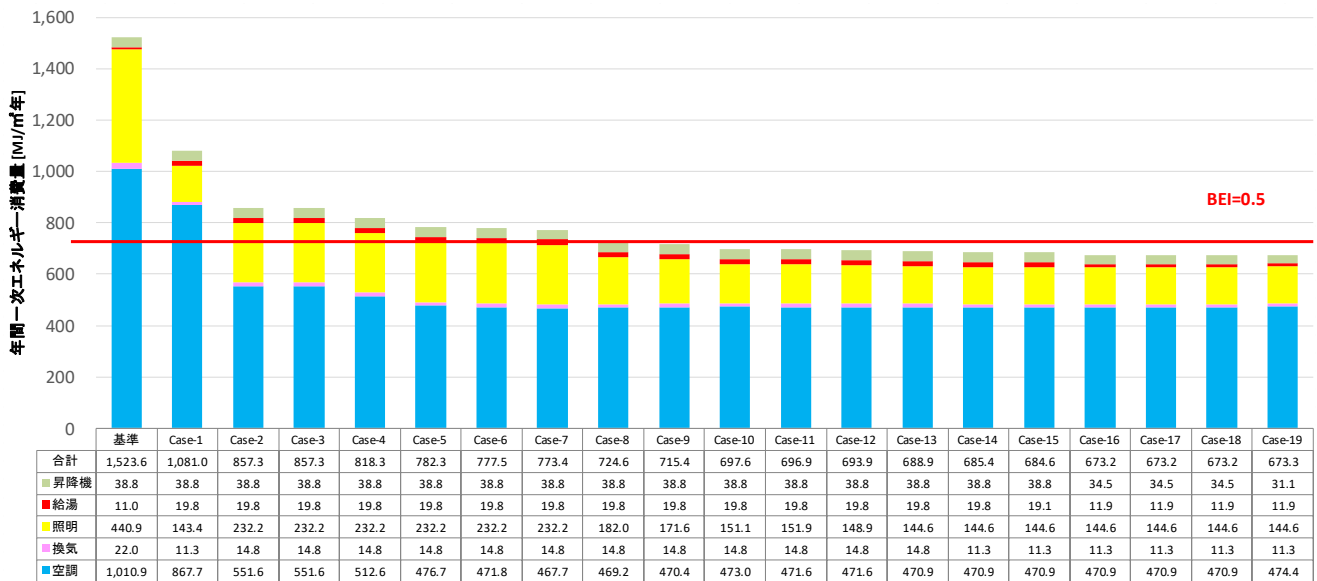


図-2 6地域における各ケースの年間一次エネルギー消費量計算結果

術を絞っている。

#### (1) 空調設備

Case-3の空調方式について、室内負荷処理は空冷HPパッケージ(冷暖同時EHP)の個別空調方式とし、外気負荷処理は空冷HPチャラー+外調機の中央熱源方式とした。また、Case-5の高効率熱源機の採用では、標準機EHP: 冷房COP 2.8・暖房3.5、標準機空冷HPチャラー: 冷房COP 3.6・暖房COP 3.8に対し、高効率EHP: 冷房COP 3.2・暖房3.6、高効率空冷HPチャラー: 冷房COP 4.1・暖房COP 3.9とした。さらに、Case-6、Case-7では、交換効率60%の回転型全熱交換機の採用、全外気による外気冷房を行っている。

#### (2) 照明設備

Case-8において、事務室の設計照度を低照度化することで照明台数を削減する。Case-9では、1台あたりの消費電力が小さく高効率な照明器具を採用することで省エネを行う。Case-10は、明るさセンサを用いて窓から得られた自然光により人工照明の調光を行う。また、Case-11およびCase-12は、人検知センサを用いて不在エリアの天井照明の消灯、人感センサを用いて便所照明の消灯を行う。Case-13は、明るさセンサによる初期照度補正とした。

#### (3) 換気設備

Case-14について、便所系統の換気ファンに、INVを設置し、人感センサやスケジュールタイマー等によって換気量を可変させる。

#### (4) 給湯設備

Case-15及びCase-16は、電気温水器の加熱容量縮小、自動給湯栓の採用による省エネを行う。

#### (5) 昇降機設備

Case-17~19については、昇降機の回生制御の有無やギアレス巻上機の採用による省エネを行う。

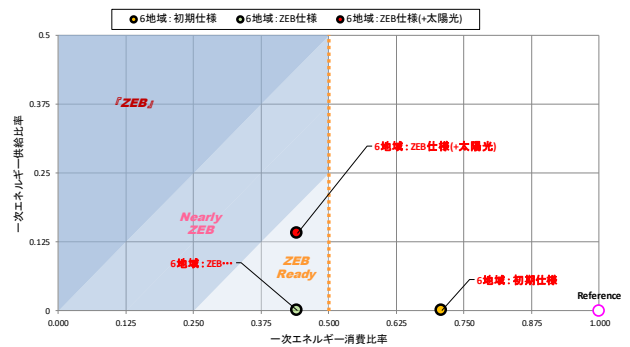


図-3 6地域計算結果におけるZEBチャート

#### (6) 効率化設備

効率化設備は、太陽光発電パネルによる創エネを行う(Case-20)。太陽光発電パネルは、屋上および東西南の壁面の建物側のみに設置することとし、敷地内の設置を考慮していない。また、太陽光発電パネルの屋上設置は、他の設備機器の設置を考慮し、屋根面積の60%を上限として水平設置することとした。壁面設置については、外壁部のみに設置できるものとした。

#### 1.4 計算結果

図-2に、Aビルの6地域における各ケースの年間一次エネルギー消費量の結果を示す。基準一次エネルギー消費量は1,524MJ/m<sup>2</sup>年で、初期仕様は1,081MJ/m<sup>2</sup>年(BEI=0.71)であった。初期仕様の主な省エネ削減効果は、LED照明の採用によるところが大きい。また、ZEB ReadyのBEI≤0.5となるケースは、Case-8であり、空調設備の省エネと照明の低照度化が寄与している。また、Case-7とCase-8を比較すると、空調一次エネルギー消費量が48.8MJ/m<sup>2</sup>年減少している。これは、照明の低照度化に伴い、内部負荷が削減されるBESTの相互作用が働いたものと考えられる。省エネ項目を全て適用したCase-19は、673

MJ/m<sup>2</sup>年 (BEI=0.44) で、換気・給湯・昇降機の省エネも効果があるが、エネルギー削減効果としては空調・照明の寄与率が高い。図-3 に、ZEB チャート上にプロットした Case1、Case-19、Case-20 の結果を示す。建屋の屋上と壁面のみに太陽光発電パネルを設置した場合、A ビルでは Nearly ZEB や『ZEB』の評価とはならなかった。

## 2. 気候特性の違いによるエネルギー消費比率検討

前章においては、6 地域における ZEB 検証を行った。気候特性の違いにより、ZEB の達成度がどの程度変化するかを検討するため、寒冷地および暑熱地の代表地として、2 地域 (札幌市想定) および 8 地域 (那覇市想定) の計算を行った。計算条件は、6 地域と同仕様とした。

### 2.1 2 地域における検討

図-4 (a) に初期仕様および ZEB 仕様における年間一次エネルギー消費量の結果を示す。基準一次エネルギー消費量は 1,463MJ/m<sup>2</sup>年となり、6 地域に比べ小さくなっている。基準一次エネルギー消費量が小さいことや照明負荷削減に伴う暖房負荷の増加による空調一次エネルギー消費量が低減効果が小さくなった。そのため、効率化設備の効果を含め BEI=0.34、効率化設備の効果を除いた場合で BEI=0.48 となった。

### 2.2 8 地域における検討

図-4 (b) に初期仕様および ZEB 仕様における年間一次エネルギー消費量の結果を示す。基準一次エネルギー消費量は 1,768MJ/m<sup>2</sup>年となり、6 地域に比べ大きくなっている。基準一次エネルギー消費量が多いことや照明負荷削減に伴う冷房負荷の減少による空調一次エネルギー消費量が低減効果が見られた。効率化設備の効果を含め BEI=0.36、効率化設備の効果を除いた場合で BEI=0.40 となった。また、年間を通して 2 地域より太陽高度が高い 8 地域は、屋上の太陽光発電パネルでの発電量が大きい

め、2 地域より発電量を確保できている。

## おわりに

- (1) BEST を用いて、中規模の事務所ビルの ZEB を実現させるための省エネ技術と削減効果を検討した。
- (2) 6 地域における A ビルの検討では、パッシブデザイン、アクティブデザインを取り入れることで、ZEB Ready を達成することができた。事務所ビルにおいては、空調設備および照明設備の省エネ効果が大きいため、ZEB を達成するためには、これら設備の省エネが重要となる。
- (3) 2 地域、8 地域において気候特性による違いを 6 地域と同仕様の事務所ビルで検討した。気候特性の違いが、BEI の値に大きく影響することを確認した。

## 注釈

- 注1) 本研究では、BEST (ver2.0.4)を用いて検討した。本研究で使用した BEST は、誘導基準で利用できるプログラムとしてリリースするため、国土交通省と現在協議中のバージョンである。
- 注2) 事務室の照明制御として、在室検知制御 (下限調光方式)、昼光利用制御、初期照度補正制御を採用した。また、便所の照明制御として、在室検知制御 (点滅方式)を採用した。

## 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)」、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。BEST 省エネ基準対応ツール開発委員会名簿(順不同) 委員長: 石野久彌(首都大学東京名誉教授、幹事: 長谷川巖 (日建設計)、委員: 島岡宏秀、笠原修 (大林組)、佐藤正章、菰田英晴 (鹿島建設)、田岡知博 (コンパス)、佐藤誠、辻丸のりえ(佐藤エネルギーリサーチ)、矢川明弘、新武康 (清水建設)、豊原範之、大木泰祐 (大成建設)、中里博美 (ダイケンエンジニアリング)、高井啓明、芝原崇慶 (竹中工務店)、柳井崇、品川浩一、小林達也 (日本設計)、田中祐輔、加藤茂、茂呂幸雄 (三菱地所設計)、野原文男、丹羽勝巳、二宮博史、小林弘造、飯田玲香 (日建設計) 事務局: 生稲清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構)

## 参考文献

- 1) 東京 23 区オフィス新規供給量 2018・オフィスピラミッド 2018, ザイマックス不動産総合研究所 Reserch Report, 2017.12
- 2) 品川ら, 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), 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集, pp.9-12, 2015.09
- 3) 丸山ら, 54 の中小事務所ビルにおけるゼロ・エネルギービル化の実現可能性試算, 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集, pp.289-292, 2015.09
- 4) 末永ら, ストック ZEB 化に向けた省エネ技術の適用性評価に関する基礎的検討, 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集, pp.185-188, 2017.09
- 5) これからの環境建築の方向性 ZEB 設計ガイドライン<ZEB Ready・小規模事務所編>, ZEB ロードマップ委員会, pp.8-16, 2018.04

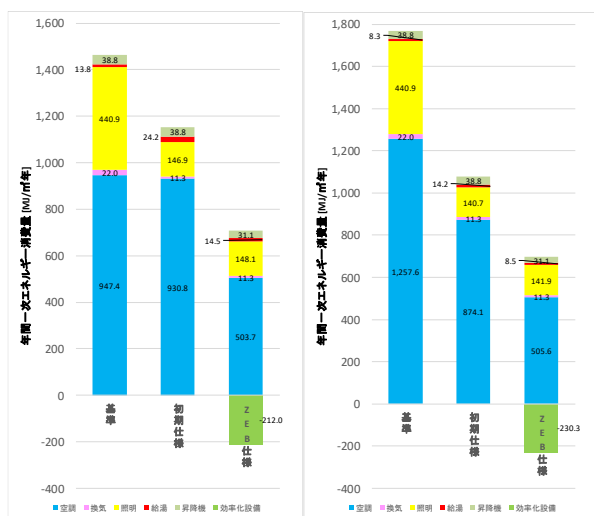


図-4 2 地域、8 地域の年間一次エネルギー消費量計算結果