

## 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160) ZEB 指向建築における年間消費エネルギーのケーススタディ

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST

(Part 160) Case study of annual energy consumption on ZEB-Oriented Buildings

正会員 ○田中 拓也(大成建設) 正会員 七里 彰俊(大成建設)  
 技術フェロー 石野 久彌(首都大学東京) 技術フェロー 郡 公子(宇都宮大学)  
 特別会員 村上 周三(建築環境・省エネルギー機構)

Takuya TANAKA\*<sup>1</sup> Akitoshi SHICHIRI\*<sup>1</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>2</sup> Kimiko KOHRI\*<sup>3</sup> Syuzo MURAKAMI\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup>TAISEI CORPORATION \*<sup>2</sup>Tokyo Metropolitan Univ. \*<sup>3</sup>Utsunomiya Univ.

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

The purpose of this study is to analyze the effectiveness of BEST for an integrated energy simulation tool for buildings. This study is applied BEST to a sample building, and compared with each case. The estimate of total energy consumption indicates a similar tendency with the real energy consumption. We hope that our study will contribute to realize and spread of ZEB.

### 1. はじめに

近年、建築物の省エネルギー・省CO<sub>2</sub>の更なる促進を目的としてZEB (net Zero Energy Building) を指向する建物の計画や運用が始まっている。年間エネルギー収支で0 (ゼロ) を目標とし、建物で消費するエネルギーを再生可能エネルギーにより賄うことが出来る程度にまで省エネを図ることを目指した建物であり、建物の省エネ性能を高めることはもちろん、建物の使われ方によるエネルギー消費量への影響にも配慮して計画・運用する必要がある。近年、建物の使われ方は多様化してきており、今回検討の対象とした事務所ビルに限っても、建物の利用時間や利用人数から利用者一人一人のワークスタイルや省エネ意識に至るまで様々な要因により消費されるエネルギー量は変動する。

本報では、建物の使われ方の違いによる消費エネルギーへの影響を把握するため、代表的な要素をパラメーターとしたケーススタディを行い、その影響を考察したので結果を報告する。エネルギー消費量の予測精度を高め、空調・照明・創エネ設備等の適正容量設計や運用段階での省エネルギー手法の導入につなげる狙いである。

今回、建物全体のエネルギーシミュレーションには「BEST (簡易版) Ver.1.2.5」を用いて、試算を行った。本ツールは「BEST (専門版)」と同様の計算ロジック、エンジンを備えつつ、入力を簡略化したツールであり、本検討のような複数ケースを比較検討により概算したい場合に有効なツールである。

### 2. 建物概要と入力条件

本検討では、BESTツールに例題として用意されている「Eビル<sup>1)</sup>」のデータをベースとし、「一般ビル」と「ZEB 指向ビル」の2種類の建物性能を設定し、使われ方によるエネルギー消費量への影響を比較する。表-1に建物 (Eビル) の共通概要を、表-2に基準ビルと省エネビルの建物性能を比較して示す。

表-1 建物概要 (Eビル)

所在地	東京
建物用途	事務所
延床面積	約32,000 m <sup>2</sup>
階数	地上14 階

表-2 建物性能の比較

		一般ビル	ZEB 指向ビル
外皮	ガラス	熱線反射ガラス	Low-E ガラス
	外壁	断熱材 25mm	断熱材 25mm
空調	COP(2次)	1.7	3.4
	外気量制御	無(一定)	有(変動)
照明	定格電力	20W/m <sup>2</sup>	5W/m <sup>2</sup>
	照度	700Lx	300Lx
	調光制御	無	有(昼光・人検知)

※上記項目以外はEビル既設定値を使用

### 3. ケーススタディ

#### 3.1 検討ケース

建物の使われ方の違いの中でエネルギー消費量に影響があると考えられる検討項目を表-3に示す。建物の運用時間や人員など建物管理者側の要因と建物使用者側の省エネ意識等による要因に大別し、消費エネルギーへの負荷が小さい条件（小）と負荷が大きい条件（大）を設定した。試算においては、例えば、運用時間を変更した場合には、それに連動して人体等の内部発熱スケジュールや空調運転時間等も適宜変更している。一般ビルとZEB指向ビルの建物性能において、その影響を考察し、データベースとしてまとめることが目的である。

表-4が本報で報告する検討ケース一覧である。各項目の影響を確認することを目的に、負荷が小さい運用を基本として一項目ずつ負荷が大きい使われ方へ変更した場合と、負荷が大きい運用を基本として一項目ずつ負荷が小さい使われ方へ変更した場合、合計30ケースの結果を試算した。

#### 3.2 試算結果の比較

計算結果として、表-5に用途別の一次エネルギー消費量を基準ケースからの増減率と併せて表示、図-1に年間熱負荷の比較を、図-2に用途別年間一次エネルギー消費量の比較を示す。

##### ① 建物性能 (Case1,8,16,23)

一般ビルとZEB指向ビルの年間一次エネルギー消費量を建物の使われ方が同じ条件で比較した場合、Case1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲48%の省エネ、Case16(2116MJ/m<sup>2</sup>年)とCase23(1193MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲44%の省エネであり、ZEB指向ビルとしての建物省エネ性能は十分であることが確認できる。また、同じ省エネ性能の建物であっても、負荷の大きい使われ方と負荷の小さい使われ方ではエネルギー消費量が大きく異なる(Case8とCase23の比較)ため、使われ方の把握が重要であることが確認できた。

##### ② 建物運用時間 (Case2,9,17,24)

建物の運用時間が10h(8時-18時)と15h(8時-23時)の比較では、運用時間が1.5倍になった場合の差を比較した。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase2(1065MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で25%の増加、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase9(524MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で18%の増加であり、一般ビルでは空調エネルギーが2割程度増加(253→295MJ/m<sup>2</sup>年)するのに対し、ZEB指向ビルでは1.5割程度(83→92MJ/m<sup>2</sup>年)の増加であり、熱負荷の増加割合に大きな差は見られないため、空調COPや中間期空調有無が空調消費エネルギーに影響していると考えられる。一方、負荷率の大きい場合(case17,Case24)に、運用時間を短くした場合でも、同様の傾向が確認できる。

##### ③ 人員密度 (Case3,10,18,25)

人員密度も消費エネルギーへの影響が大きいと考えられる項目であるため、0.2人/m<sup>2</sup>と0.1人/m<sup>2</sup>の差を比較した。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase3(1102MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲29%、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase10(621MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲39%であり、照明・空調システムのタスクアンビエント(パーソナル)制御を行うことが出来るZEB指向ビル程、省エネ化が促進されることが確認できる。一方、人員密度減らした場合(Case18,Case25)には25%程度と同じ影響であり、更なる検討の必要があると考えられる。

##### ④ 人員負荷率 (Case4,11,19,26)

人員負荷率も③同様にタスクアンビエント制御の効果で消費エネルギーへの影響が大きいと考えられる。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase4(970MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲13%、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase11(509MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で▲14%となった。一方、負荷率を減らした場合(Case19,Case26)には一般ビルで▲8%の影響に対してZEB指向ビルでは▲12%の削減が試算され、タスクアンビエント制御により在席率に合わせたエネルギー消費量の最適化が図られている。

表-3 建物の使われ方に関する検討項目

項目		概要	負荷小	負荷大	
管 理 者 側	建物	運用時間	営業時間や空調時間による影響	8:00-18:00	8:00-23:00
	人員	人員密度	執務者一人あたりの専有面積	0.1人/m <sup>2</sup>	0.2人/m <sup>2</sup>
		内部負荷率	外勤が多い営業系部署と内勤が多い事務系部署	0.5	0.8
使 用 者 側	OA	定格電力	OA機器のスペックや省エネ性能による影響	100W/人	150W/人
	機器	待機電力	省エネ意識等による夜間待機電力の影響	0.1	0.2
	空調	設定温度	クールビズ・ウォームビズ推奨による設定温度緩和	冷房 28℃ 暖房 22℃	冷房 26℃ 暖房 24℃
中間期		自然換気推奨等による空調使用有無	無	有	

表-4 検討ケース一覧

Case	一般ビル							ZEB指向ビル							一般ビル							ZEB指向ビル								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
建物	運用時間	小	大	小	小	小	小	小	小	大	小	小	小	小	小	大	小	大	大	大	大	大	大	小	大	大	大	大	大	
人員	人員密度	小	大	大	小	小	小	小	小	小	大	小	小	小	小	大	大	小	大	大	大	大	大	大	小	大	大	大	大	
	負荷率	小	大	大	大	小	小	小	小	小	大	小	小	小	小	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	小	大	大	大	
OA	定格負荷	小	大	大	小	大	小	小	小	小	小	大	小	小	小	大	大	大	大	大	小	大	大	大	大	小	大	大	大	
機器	待機電力	小	大	大	小	小	大	小	小	小	小	小	大	小	小	大	大	大	大	大	小	大	大	大	大	大	大	小	大	
空調	設定温度	小	大	大	小	小	小	大	小	小	小	小	小	小	大	小	大	大	大	大	大	小	大	大	大	大	大	大	小	大
	中間期	大	大	大	大	大	大	大	小	小	小	小	小	小	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	大	小	大

表-5 用途別一次エネルギー消費量の比較

[MJ/㎡]	一般ビル							ZEB指向ビル							一般ビル							ZEB指向ビル								
Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
熱源本体	253	295	314	260	267	253	350	83	92	105	85	85	83	116	84	646	531	451	593	554	638	466	225	188	162	210	197	222	159	197
空気搬送	65	83	81	69	67	64	73	33	41	41	35	34	33	37	49	125	95	96	116	118	125	114	103	78	76	90	89	102	94	69
照明	261	370	313	327	261	261	261	52	75	81	70	52	52	52	52	565	407	565	565	565	565	565	87	71	87	76	87	87	87	87
OA機器	117	156	233	153	349	141	117	117	156	233	159	349	141	117	117	620	565	310	517	207	570	620	620	550	413	517	207	570	620	620
合計	856	1065	1102	970	1104	879	960	445	524	621	509	680	469	482	462	2116	1759	1583	1951	1604	2058	1924	1193	1044	896	1050	737	1139	1117	1131
増減(%)	(-)	25	29	13	29	3	12	(-)	18	39	14	53	5	8	4	(-)	-17	-25	-8	-24	-3	-9	(-)	-13	-25	-12	-38	-5	-6	-5

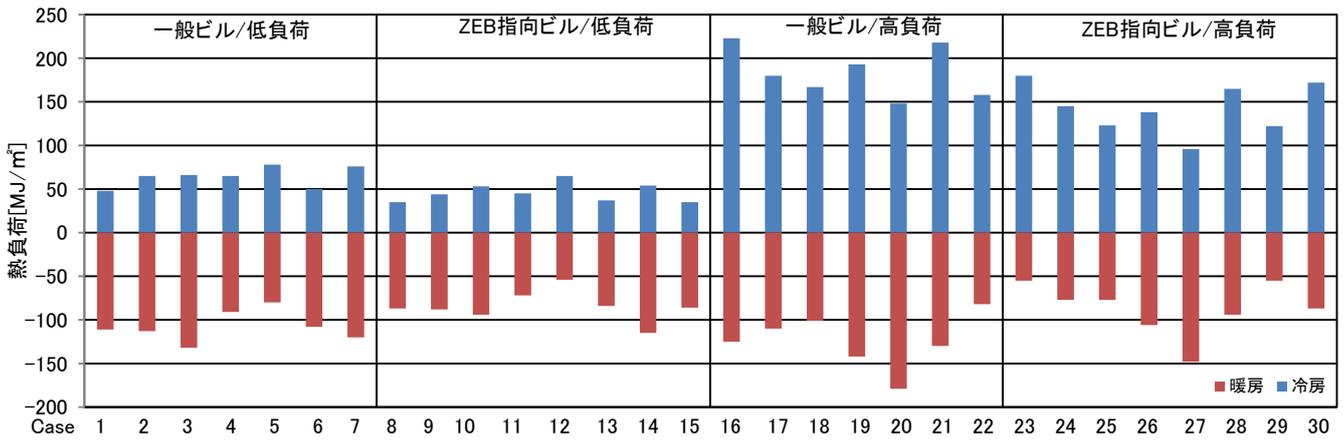


図-1 年間冷暖房負荷の比較

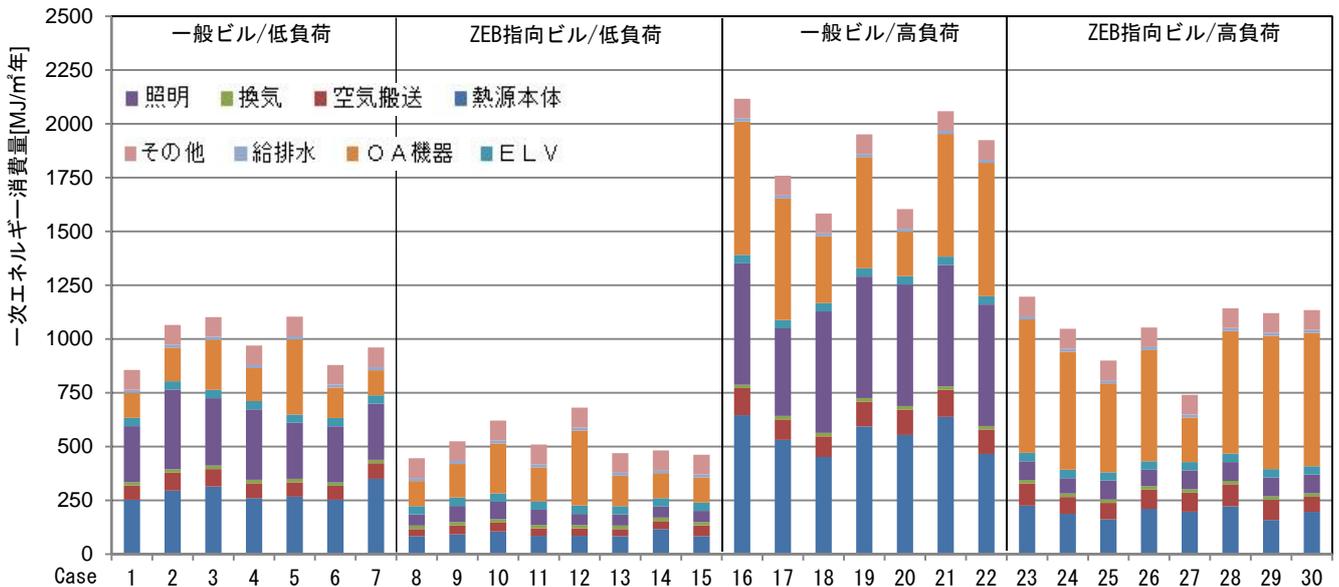


図-2 年間一次エネルギー消費量の比較

#### ⑤ OA機器電力(Case5,12,20,27)

OA機器の選定は建物利用者に委ねられるケースが多いため、設計段階での予測は難しい。従来の設計手法では、コンセント容量同等の内部発熱を見込んだ空調機選定が行われることも多く、部分負荷運転による空調効率の低下が建物の消費エネルギーを増加させる要因となっている事例も多く報告されている。空調容量の適正化による熱源COP向上はZEB指向ビルにとっては重要なポイントである。

ここでは、100W/人(ノートPC相当)と150W/人(デスクトップPC相当)の比較を行う。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase5(1104MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で29%の増加、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase12(680MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で53%の増加となった。各分野で省エネが進められたZEB指向ビルでは、OA機器の電力消費量はその占める割合が相対的に大きくなる。コンセント消費エネルギーは、設計段階のZEB評価において検討から外してもよいという提案がなされており、設計者によるコントロールが難しく影響が大きい要素である点は、考慮する必要がある。また、デスクトップPCからノートPCへの移行等、OA環境の低消費電力化は省エネ効果が大きく、ZEBの普及とともに推進していく必要のある取組である。

#### ⑥ 待機電力(Case6,13,21,28)

待機電力対策も建物の消費エネルギー削減には大切である。ここでは、夜間のOA機器の待機電力に着目し、建物利用者の省エネ意識の違いにより、負荷率0.1と0.2のケースで影響を比較する。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase6(879MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で3%の増加、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase13(469MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で5%の増加である。⑤同様省エネ化が進む建物業、OA機器等の使用者意識による省エネは効果を発揮するため、エネルギーの見える化等を含めた建物利用者の省エネ意識啓発を推進していく必要がある。

#### ⑦ 設定温度緩和(Case7,14,22,29)

クールビズ・ウォームビズの効果を確認しておく。一般ビルのCase1(856MJ/m<sup>2</sup>年)とCase7(960MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で12%の増加、ZEB指向ビルのCase8(445MJ/m<sup>2</sup>年)とCase14(482MJ/m<sup>2</sup>年)の比較で8%の増加である。設定温度の緩和は建物外皮性能や空調COP、外気量制御などが適正に行われる省エネ性の高い建物においては、その効果が目立ちにくく、生産性を損なわない適正な温湿度管理に重点を置く方が良いと考える。

#### ⑧ 中間期空調有無(Case8,15,23,30)

自然換気等を併用し、中間期空調を停止することで、空調負荷の削減だけでなく、空気熱搬送動力の低減効果も期待できる。

#### 4. まとめ

本報では、建物の省エネ性能に優劣のある2タイプのビルにおいて、建物の使われ方がエネルギー消費量に及ぼす影響を試算し、比較評価した。その結果、使われ方の違いによる消費エネルギーへの影響は無視できるものではなく、エネルギーマネジメントの重要性を再確認できた。一方、建物の省エネ性能が高い場合、その使われ方による建物全体のエネルギー消費量への影響は相対的に小さくなり、言い換えれば、事務所ビルの本来の役割である知的生産活動の場をより効率的に提供することが出来ていると言える。したがって、ZEBの普及は、決して知的生産活動を抑制するものではなく、知的生産活動をより効率的なものとし、更なる知的生産活動の活性化を図る場を提供し、付加価値の高い建物の普及に貢献していくことを期待している。

#### 【参考文献】

- 1) 田中、石野、郡、村上：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134) 建物の使われ方による消費エネルギー量解析、空気調和・衛生工学会大会学術講演梗概集, 2014. 9
- 2) 森田、張本：省エネ化に向けたオフィスビルのエネルギー消費量実態調査、日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012. 9
- 3) 長井、石野、水出他：自然換気・シーリングファン併用ハイブリッド空調オフィスの性能評価第4報内部発熱と使われ方に関する調査、日本建築学会大会学術講演梗概集, 2005. 9

#### 【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)」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ものである。統合化WG名簿(順不同) 主査：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀與(鹿児島大学)、野瀬暁則(大林組)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計)、事務局：生稻清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構)