

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59）  
 実オフィスへの適用と実測値との比較による精度検証

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 59)

Application of the BEST to a Real Building and Verification of the Accuracy by Comparison with Real Data

正会員 久保木 真俊（日建設計） 名誉会員 村上 周三（建築研究所）  
 正会員 石野 久彌（首都大学東京大学院） 正会員 郡 公子（宇都宮大学）  
 正会員 丹羽 勝巳（日建設計）

Masatoshi KUBOKI\*1 Shuzo MURAKAMI\*2 Hisaya ISHINO\*3 Kimiko KOHRI\*4 Katsumi NIWA\*1

\*1 NIKKEN SEKKEI Ltd. \*2 Chief Executive, Building Research Institute, Dr.Eng

\*3 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng \*4 Associate Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng

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 real building, and compared with real data on nearly boundary condition. It is confirmed the result is described the behavior of energy saving system nearly to the real condition of air-conditioning and sanitary system. The estimate of total energy consumption indicates a similar tendency with the real energy consumption.

1. 序

BEST は空調・電気・衛生および室内環境シミュレーションを総合的に行うことができる特徴を持つ。特に専門版はモジュール単位でのシステム構築により、詳細かつ総合的に建物のエネルギー性能が検証可能であり、今後は実在建物のモデル化によってその有効性を保証していくことが重要になる。

本報ではBESTの総合エネルギーシミュレーションツールとしての有効性を検証するため、実オフィスビルへの適用を試みた。建物導入の省エネルギー手法である変風量制御、大温度差空調、雨水利用設備の個々の性能検証を行うとともに、空調・電気・衛生設備の総合エネルギー性能を実績値と比較する。

2. 建築エレメント

モデル化の対象とした実オフィスビルは14階建て、延べ床面積21,000㎡程度の規模である。入力した基準階のゾーニング、内部発熱、躯体条件をまとめたものを表1に示す。ゾーニングは空調機系統に対応した形で分割し、室内温湿度条件は、実際の設定値を用いている。また本論文ではBEST Ver.0.2.9を用いて計算を実施した。

3.1 熱源・空調システムモデル概要

研究対象オフィスの熱源は電気とガスエネルギー併用型である。ガス熱源としては吸収式冷温水発生機が導入されている。電気熱源として空冷ブラインヒートポンプチラー+氷蓄熱槽システムが導入され、電力の平準化が図られるとともに、大温度差送水を実現している。

表1 建物入力条件

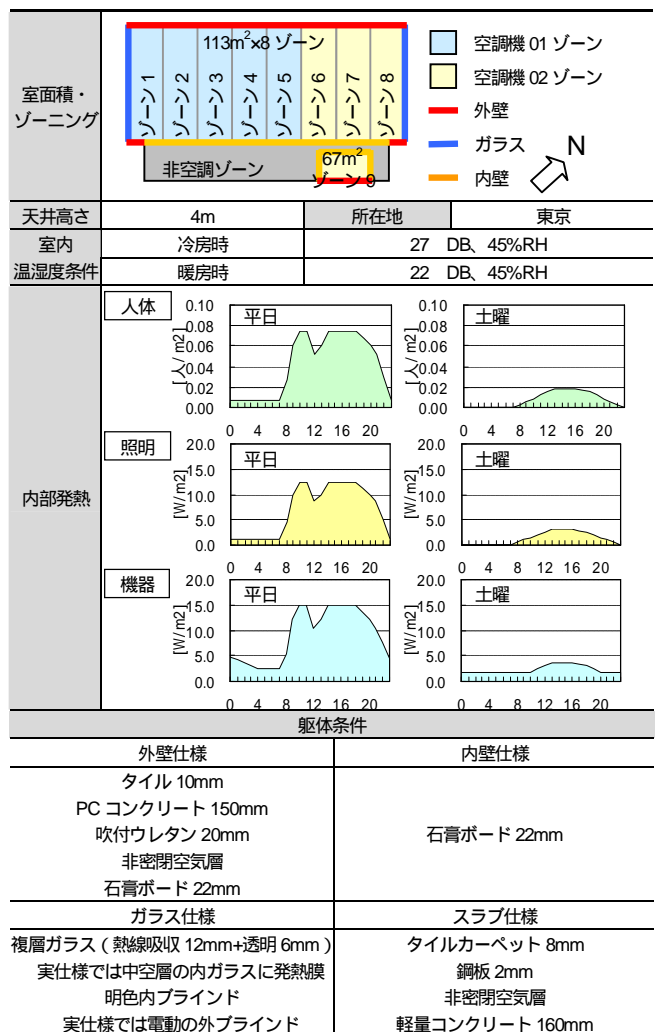


表2に熱源システムの主な仕様、図1に作成した熱源モデルの構成を示す。実設定に基づき、夏季においては吸収式が冷熱生産のベース運転となる台数制御を設定した。

表2 熱源システム仕様

運転スケジュール	平日 8:00 ~ 22:00 土曜 8:00 ~ 18:00 蓄熱 22:00 ~ 7:00
冷暖房期間	冷房 5/1 ~ 11/30 暖房 12/1 ~ 4/30
熱源能力	吸収式冷温水機 冷房：844kW 16 7 暖房：706kW 40 50 消費ガス量：冷房 55Nm <sup>3</sup> /h 暖房 65.4 Nm <sup>3</sup> /h 空冷ブラインチラー 冷房(蓄熱)：615kW -2.8 -5 冷房(放熱)：876kW 10 7 暖房：706kW 49 52 消費電力：270kW
蓄熱槽	水蓄熱槽
ポンプ	冷温水：1350l/min 冷却水：4000l/min ブライン：4470l/min

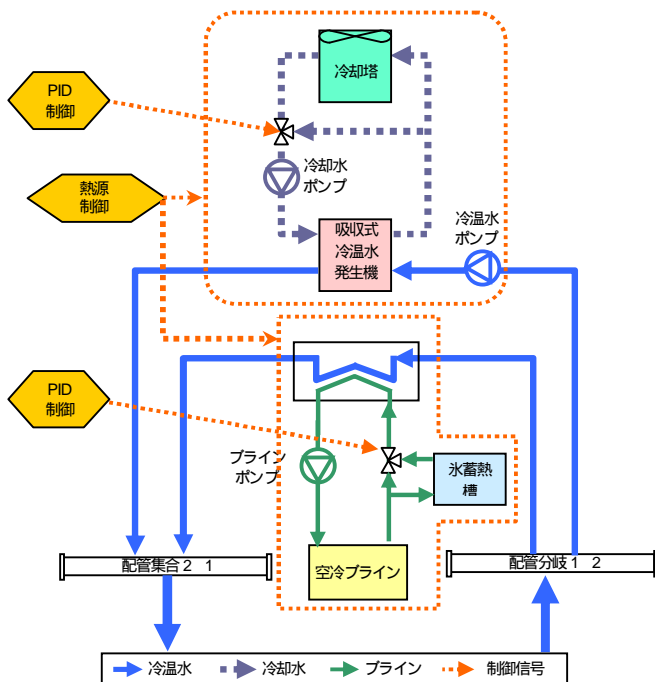


図1 熱源モデル構成

表3に空調機システムの主な仕様、図2に作成した空調機モデルの構成を示す。基準階に空調機は2台(以下AC1、AC2)設置される。還気温度を観測し、PIDによる二方弁制御及び、ゾーンごとに設置されるVAVユニットにより、給気温度が最小12となり、低温送風による搬送動力の低減が図られている。VAVユニットは、2章建物エレメントで定めたゾーン1~9のそれぞれに設置されており、AC1にゾーン1~5、AC2にゾーン6~9が

接続されている。

表3 空調機システム仕様

冷房能力	AC1：110.3kW AC2：176.8kW
暖房能力	AC1：55kW AC2：39kW
風量	給気ファン AC1：12900m <sup>3</sup> /h AC2：9200m <sup>3</sup> /h
	還気ファン AC1：11750m <sup>3</sup> /h AC2：8650m <sup>3</sup> /h
流量	冷水コイル AC1：158l/min AC2：110l/min
	温水コイル AC1：79l/min AC2：56l/min
外気量	AC1：3100m <sup>3</sup> /h AC2：2000m <sup>3</sup> /h

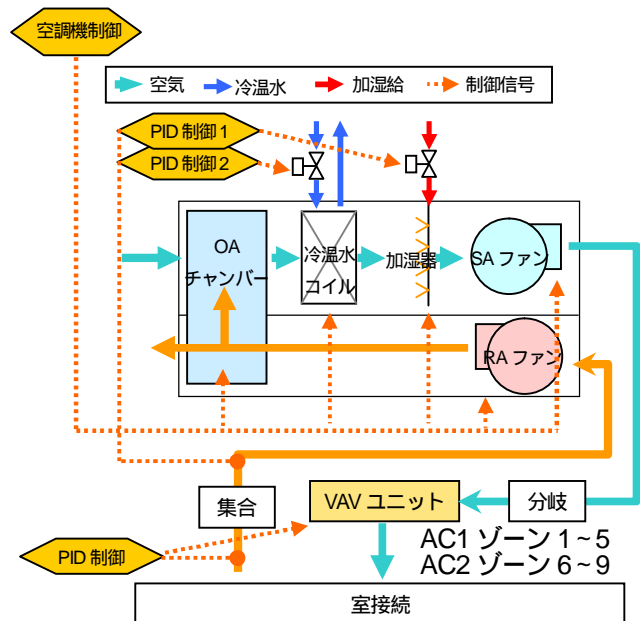


図2 空調機モデルの構成

### 3.2 熱源システム計算結果

夏季代表日、平日における熱源の冷房負荷出力結果を図3に示す。ピーク値の違い、ピーク時間の若干の相違が見られるが、実績との相関が読み取れる出力結果となった。より実態に基づいた負荷の設定などにより今後、精度を高めることができると考えられる。

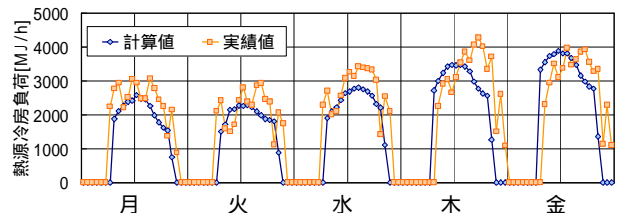


図3 熱源冷房負荷出力結果(夏季代表日)

### 3.3 空調システム計算結果

図4に夏季代表日、平日における空調機の風量と給気ファン動力の変動を示す。計算結果は週明けや朝の立ち上がり負荷による影響が実績値に近い形で再現されてい

る。またインバータによるファンの回転数制御が正常に計算されていることが確認された。

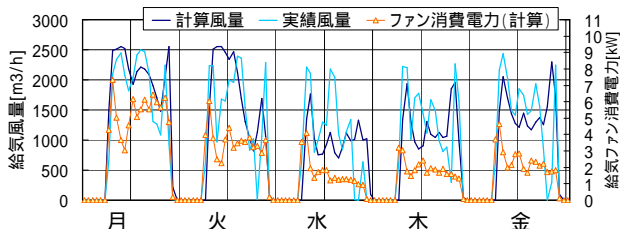


図4 夏季代表日 空調機風量・給気ファン動力

図5に夏季代表日、平日におけるペリメータゾーン(ゾーン1)における室温変動と空調機の給気温度変化の計算結果を示す。空調時間帯の室温はほぼ設定温度の27を維持し、空調停止とともに温度上昇が生じている。また、給気温度は12に制御されており、大温度差送風が行われている結果となった。

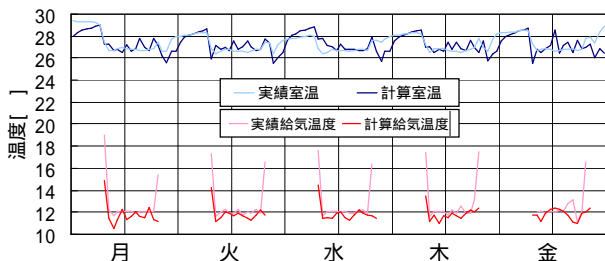


図5 夏季代表日 室温・給気温度変動

図6に冬季代表日、平日における空調機の風量と給気ファン動力の変動を示す。冬季は空調負荷が小さく、1日を通して、ほぼ設定温度を達成しているため、風量もほぼ一定推移する現象が実績値、計算結果の両方から読み取ることが出来る。

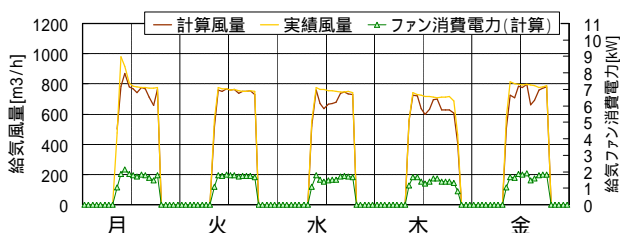


図6 冬季代表日 空調機風量・給気ファン動力

図7に冬季代表日、平日におけるペリメータゾーン(ゾーン1)における室温変動と空調機の給気温度変化を示す。

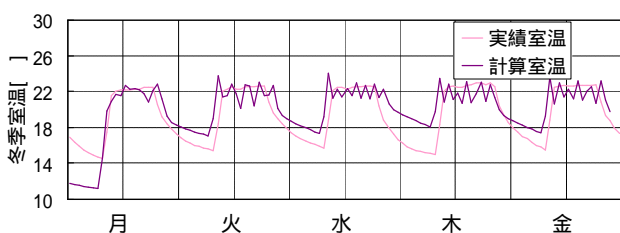


図7 冬季代表日 室温変動

実績値とは温度変動幅、熱容量に違いが見られるものの、夏季同様、空調時間帯の室温はほぼ設定温度の22を維持、空調停止とともに温度低下が生じる一連の現象が再現される結果となった。

#### 4. 換気設備モデル概要

換気設備はサーバー室、機械室、駐車場などの24時間系統と便所、喫煙室の昼間運転系統に分け、各ファン動力を実仕様に基づき、設定した。表4に換気システムの主な仕様、図8に換気設備モデルの構成を示す。

表4 換気システムの主な仕様

運転スケジュール	24時間系統 0:00 ~ 24:00	
	昼間運転系統 0:00 ~ 20:00	
24時間系統	EV 機械室 SA・EA	350g/s 230W
	衛生機械室 SA・EA	933g/s 750W
	駐車場 EA	4200g/s 2200W
	その他(サーバー室、倉庫等)	
昼間運転系統	各階便所 EA	350g/s 450W
	各階喫煙室 EA	250g/s 255W
	その他(パントリー、模型室等)	

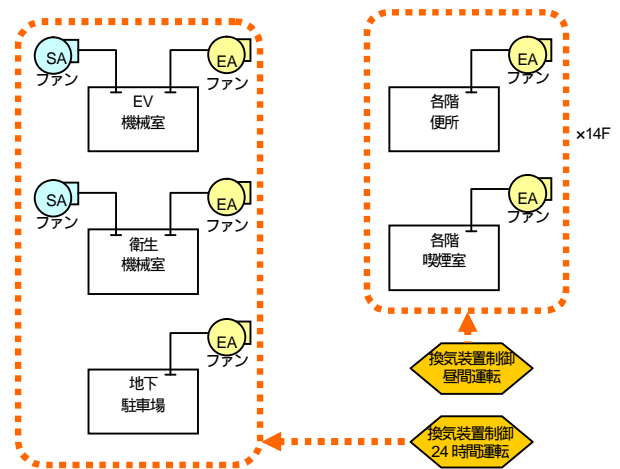


図8 換気設備モデル構成

#### 5.1 衛生設備モデル概要

表5に給水システム、衛生器具の主な仕様を示す。

表5 給水システム、衛生器具仕様

給水方式	加圧給水方式	
水槽容量	上水受水槽	16 m³
	雑用水槽	40 m³
	雨水貯留層	240 m³
	冷却塔補給水槽	20 m³
ポンプ仕様	上水給水ポンプ	350l/min 7.5kW
	雑用水給水ポンプ	700l/min 7.5kW
	雨水ポンプ	200l/min 1.5kW
	冷却塔補給水ポンプ	110l/min 5.5kW
衛生器具	大便器	8l/回 男女各 42 個
	小便器	1.5l/回
	洗面器	0.5l/回

本研究対象のオフィスには加圧給水方式が導入されており、給水ポンプユニット容量及び、大便器、小便器、洗面器の使用水量は実際の仕様を考慮し、設定を行った。また、雑用水の一部には雨水が利用されている。そこでモデル内にも図9のような雨水貯留槽を持つ、モデルを構築し、雑用水使用量に占める雨水利用率を計算することとした。

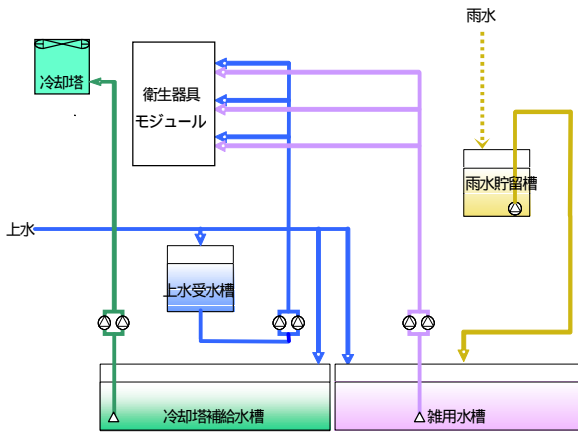


図9 衛生設備モデル構成

## 5.2 衛生システム計算結果

図10に雑水の月別使用水量の実績、計算結果を示す。気象条件は2006年東京とし、同年の実績値との比較を行った。雑水使用量は年間を通してほぼ一定の値となった。一方、雨水利用率は10月の台風が頻繁に発生した時期に利用率が上がるなどの現象が再現された。

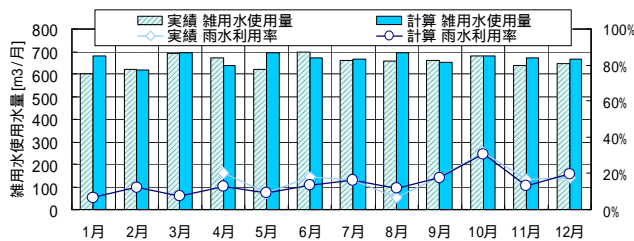


図10 年間雑水使用量・雨水利用率計算結果

## 6. 電気設備モデル概要

図11に電気設備構成を示す。

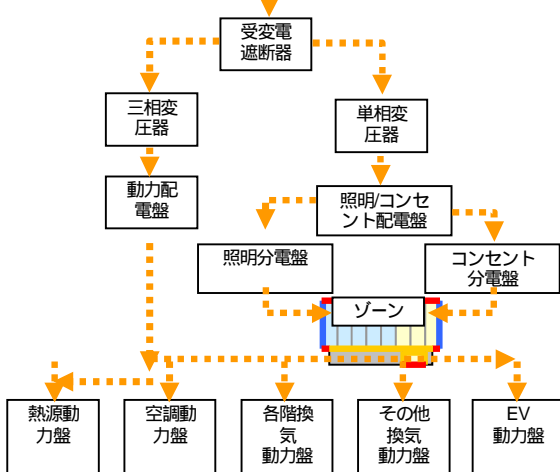


図11 電気設備モデル構成

三相変圧器から動力配電盤を介して、空調・換気システムへの電源送り、単相変圧器から照明・コンセントの各分電盤へ電源を供給するシステムを構築した。

## 7. 建物総合エネルギー計算結果

空調・換気・電気・衛生設備を統合してモデル化できる、BESTの特性を活かし、建物総合エネルギーを算出し、実績値との比較を行った。

年間のエネルギー出力結果を図12に示す。月別、年間ともに実績値と概ね傾向の一致は見られるものの、氷蓄熱についてのエネルギー評価が今後の課題となっている。

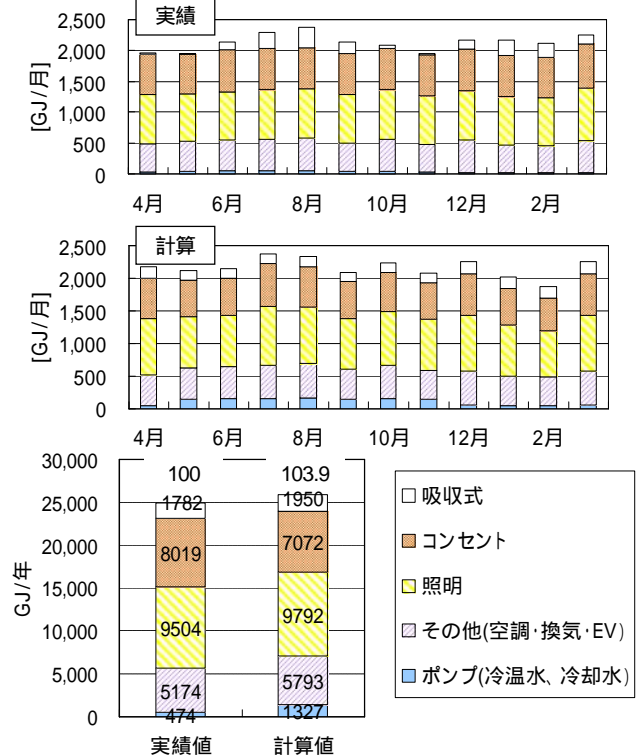


図12 年間1次エネルギー消費量算出結果

## 8. 結

実オフィスの仕様に基づいたモデル化によって空調、衛生設備の性能検証ツール、建物全体の総合エネルギー計算ツールとしてのBEST活用の可能性を検証した。

【謝辞】本報は、(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)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、テスト SWG(丹羽勝巳主査)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。テスト SWG 名簿(順不同) 主査：丹羽勝巳(日建設計)、委員：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、郡公子(宇都宮大学)、柳井崇(日本設計)、瀧澤博(元鹿島建設)、小池正浩、田村暢茂(以上、竹中工務店)、芦村昌士(安藤建設)、滝澤知史、田中祐輔(以上、三菱地所設計)、大西晴史、阿部有希子(以上、関電工)、松本明弘、久保木真俊(以上、日建設計) 事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

### 【参考文献】

- 1) 新川隆将 他：オフィスにおける内部発熱負荷の経時変化, 日本建築学会大会学術講演論文集 D-2, pp1167-1168, 2006.09
- 2) 新川隆将 他：オフィスにおける内部発熱負荷要素に関する実態調査, 日本建築学会大会学術講演論文集 D-2, pp1171-1172, 2007.08