

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 60)
大温度差空調システムへの適用ケーススタディ

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST(Part60)

Case Study Application to large temperature difference air conditioning system

正 会 員 ○大西 晴史 (関電工) 特別会員 村上周三 (建築研究所)
正 会 員 石野 久彌 (首都大学東京名誉教授) 正 会 員 郡 公子 (宇都宮大学)
正 会 員 阿部 有希子 (関電工)

Haruhito ONISHI*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Kimiko KOHRI*⁴ Yukiko ABE*¹

*¹ Kandenko Co.,Ltd. *² Building Research Institute *³ Tokyo Metropolitan University *⁴ Utsunomiya University

BEST is a tool that expressed air-conditioning equipment and control as modules. It is able to specify the module connection and simulate the air-conditionings. Especially, Professional version can be verified details about the energy consumption and individual equipment in action. So far, BEST which is illustrated as a typical central air conditioning systems and a mulch-building air conditioning system as an example calculation. In this paper, we model the large temperature difference air conditioning system, the verification of the output. simulation models are real buildings, and to compare the results with measured values for energy consumption

1. はじめに

BEST は空調機器や制御をモジュールとして表現し、自由にモジュール接続を指定して空調システムシミュレーションを行うことができるツールである。特に専門版は個々の機器の動作状況やエネルギー消費量を詳細に検証することが可能である。これまで、BEST による計算事例としてビルマルチによる個別空調システムや一般的な中央熱源式などが示されているが、本報では大温度差空調システムのモデル化を行い、出力結果の検証を行った。計算モデルは実在のオフィスビルとし、消費エネルギー量について計算結果と実測値との比較を行う。

2. 入力条件

2.1 建物入力条件

モデル化の対象とした建物は、群馬県前橋市にある事務所ビルで、地上 9 階建て、床面積約 6,500m²の規模である。基準階のゾーニング、ゾーン面積、部材構成を図-1 に、内部発熱条件を表-1、躯体条件を表-2 に示す。

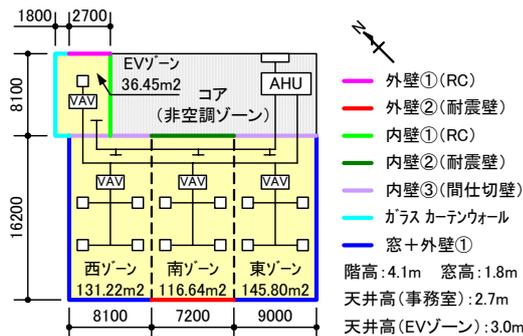


表-1 内部発熱条件

人体発熱条件	
発熱量 0.1 人/m ²	<p>人体発熱スケジュール</p>
照明発熱条件	
発熱量 20W/m ²	<p>照明発熱スケジュール</p>
機器発熱条件	
発熱量 10W/m ²	<p>機器発熱スケジュール</p>

2.2 設備入力条件

空調システム(図-2 および表-3 参照)は VAV 制御を行う為に各ゾーンの給気系統毎に VAV ユニットの設置しゾーン出口温度で PID 制御を行うこととした。また、冷温水コイルの制御は、2 方弁を使用し給気 FAN の出口温度で PID 制御を行うこととした。加湿器の制御は、2 方弁を使用しレタン湿度で PID 制御を行うこととした。熱源システム(図-3 および表-4 参照)は、熱源に空冷ヒートポンプチラーを用い、制御はチラー出口温度を参照した VVW 制御としている。冷房時は出口温度が 7°C 以上の場合、温度差 10°C となるように制御を行い、7°C 以下の場合、出口温度が 7°C になるように制御を行なう。一方、暖房時は出口温度が 45°C 以下の場合、温度差 10°C となるように制御を行い、45°C 以上の場合、出口温度が 45°C になるように制御を行う。蓄熱槽は、7 槽の水蓄熱槽である。ただし現行の BEST が有しているモジュールでモデル化できない部分もあり、その場合はシステムの代替および簡略化を行った^{註1)}。

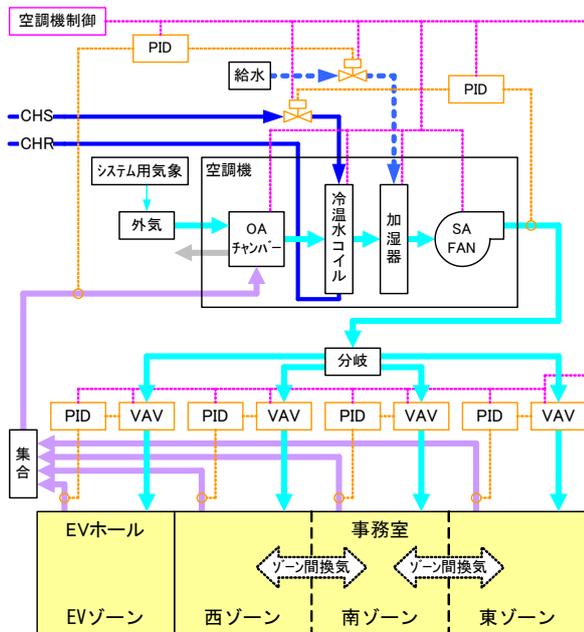


図-2 空調システムの構成

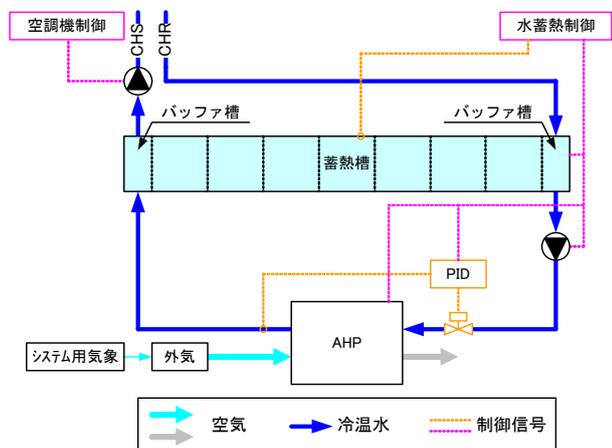


図-3 熱源システムの構成

2.3 計算条件

計算条件を表-5 に示す。気象データは、前橋標準年データ (60 分間隔) を使用した。計算間隔は 5 分、計算期間は、夏期 3 ヶ月間 (7~9 月) および冬期 3 ヶ月間 (1~3 月) である。今回の計算は、BEST-P Ver.0.2.8a を使用し、計算を行った。

表-2 躯体条件

外壁① (RC)	アルミニウム 5mm、非密閉中空層、モルタル 25mm、普通コンクリート 180mm、吹付けウレタン 25mm、非密閉中空層、石膏ボード 25mm
外壁② (耐震壁)	アルミニウム 5mm、非密閉中空層、普通コンクリート 1000mm、吹付けウレタン 25mm、非密閉中空層、石膏ボード 25mm
内壁① (RC)	石膏ボード 25mm、非密閉中空層、普通コンクリート 150mm、非密閉中空層、石膏ボード 25mm
内壁② (耐震壁)	石膏ボード 25mm、非密閉中空層、普通コンクリート 750mm
内壁③ (間仕切壁)	石膏ボード 25mm、非密閉中空層、グラスウール 50mm、非密閉中空層、石膏ボード 25mm、
窓	熱線吸収ガラス単板 12mm、ブラインド
カーテンウォール	熱線吸収ガラス単板 10mm(長辺)、熱線吸収ガラス単板 8mm(短辺)、ブラインド

表-3 空調システム入力条件

温室度条件	冷房: 26°C 暖房: 22°C
湿度条件	湿度: 50%
空調機吹出温度	冷房: 16°C 暖房: 38°C
VAV ユニット	事務室: MAX 2,000g/s EV ホール: MAX 1,000g/s

表-4 熱源システム入力条件

運転スケジュール	一次側: 22:00~8:00 ※熱源運転制御あり 二次側: 7:00~23:00
冷暖房期間 スケジュール	冷房: 5/1~11/30 暖房: 12/1~4/30
熱源	空冷ヒートポンプチラー 冷房能力: 300kW 17°C→7°C Δt10°C 暖房能力: 300kW 35°C→45°C Δt10°C 消費電力 冷房: 98.3kW 暖房: 95.0kW
ポンプ	一次ポンプ: 定格流量: 900L/min 二次ポンプ: 定格流量: 840L/min
空調システム	大温度差蓄熱空調システム 一次側: VVW 空冷ヒートポンプ 蓄熱槽: 水蓄熱槽 553.8m ³ 二次側: VAV+VVW

表-5 計算条件

気象データ	前橋標準年データ (60 分間隔)
計算間隔	5 分間隔
計算期間	夏期: 7~9 月 冬期: 1~3 月
使用バージョン	BEST-P Ver.0.2.8a

3. 計算結果

各設備が大温度差での稼働状況を再現できているかどうかについて検証を行った。実績値との比較では、消費電力量での比較を行った。なお、計算結果は夏期および冬期の代表日を抜粋して示す。

3.1 熱源システム

熱源システムの計算結果を図4 および図5 に示す。ヒートポンプチャラーの出入口温度差は 10℃の設定で制御されており、夏期・冬期ともに出口温度が設定温度(冷房 7℃、暖房 45℃)に達すると流量制御を行い出口温度が適切に制御されている(図4 参照)。また夏期の結果では、負荷状況に応じて熱源運転制御が行われて蓄熱時間が日毎に変化しているのが確認できる。蓄熱槽の計算結果の温度プロフィールを図5 に示す。夜間の蓄熱運転から昼間の放熱運転の状況によって槽内温度が刻々と変化している状況が確認できる。

3.2 空調システム

空調機の計算結果について、冷温水側を図-6 に示す。

冷温水側は、概ね 10℃以上の温度差で運転している結果となった(図-6(1)および(2)参照)。空気側は出口温度(冷房 16℃、暖房 38℃)が多少変動しているが、制御を行っていると考えられる(図-6(3)および(4)参照)。

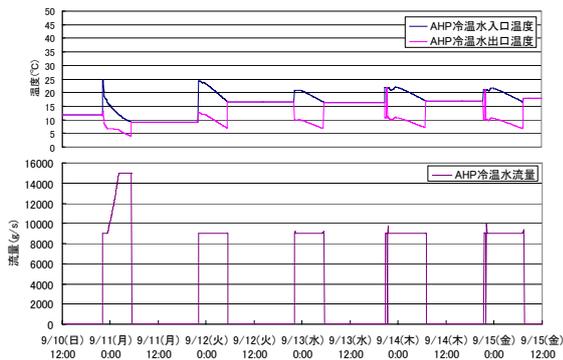
次に VAV ユニットの計算結果を図-6(5),(6)に示す。VAV ユニットの制御範囲内では適切に制御が行われ、室内温度も設定温度に近い値を示している。

3.3 実測値と計算結果の消費エネルギー比較

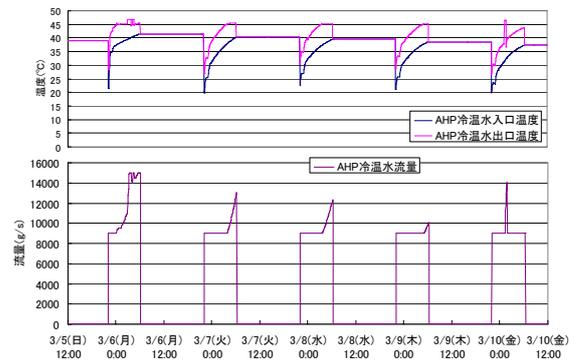
熱源システムについて、夏期および冬期それぞれ 3 ヶ月間の消費電力量(積算値)を比較した(図-7 参照)。その結果、計算結果が実測値より夏期では 4%減少し、冬期では 9%程度の増加であり、実測値と計算結果は、概ね整合していると考えられる。

4. まとめ

実建物を対象として大温度差空調システムの計算を行ない、各システム機器の動作再現性の確認ができ、実測値との計算結果を比較したところ概ね整合していることが確認できた。

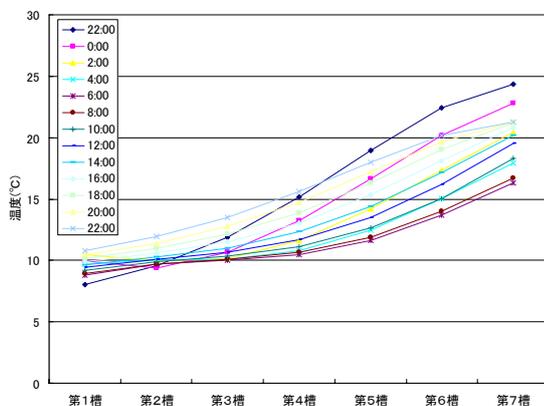


(1) 冷温水出入口温度および流量(夏期代表日)

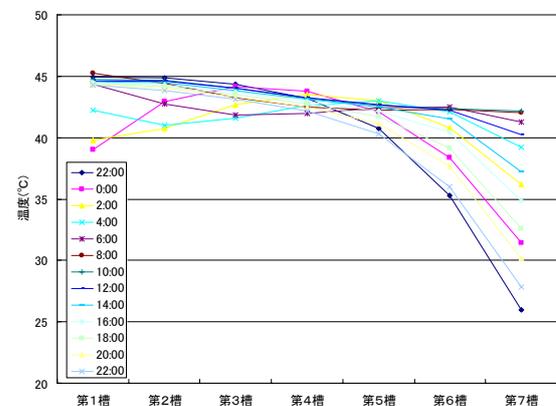


(2) 冷温水出入口温度および流量(冬期代表日)

図-4 熱源システムの計算結果(夏期代表日)

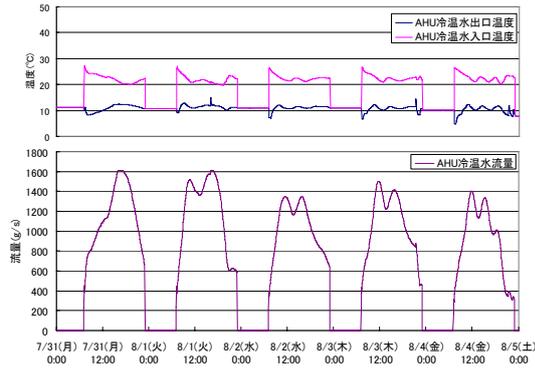


(1) 蓄熱槽温度プロフィール(夏期代表日)

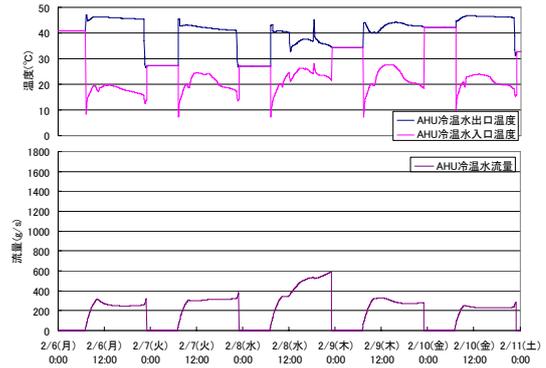


(2) 蓄熱槽温度プロフィール(冬季代表日)

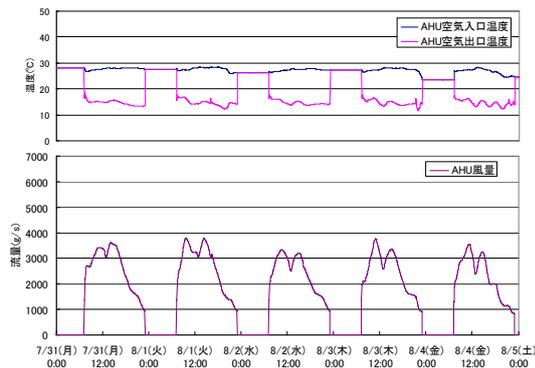
図-5 蓄熱槽の計算結果



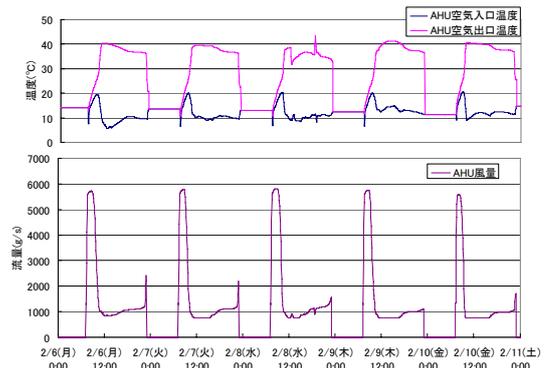
(1) 空調機の運転シミュレーション結果 冷温水(夏期代表日)



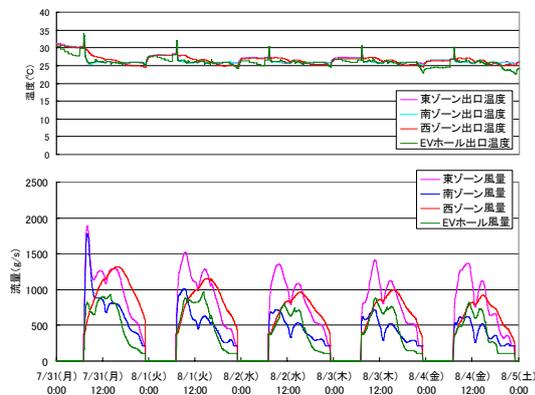
(2) 空調機の運転シミュレーション結果 冷温水(冬期代表日)



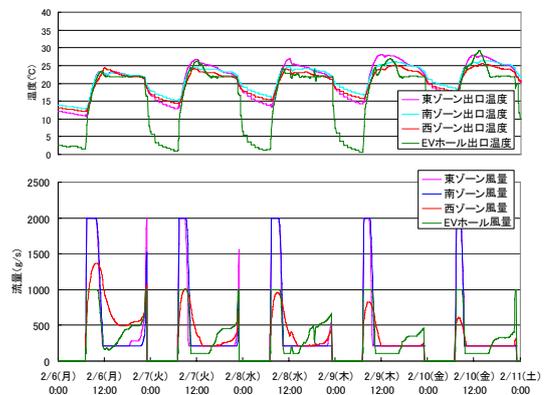
(3) 空調機の運転シミュレーション結果 空気(夏期代表日)



(4) 空調機の運転シミュレーション結果 空気(冬期代表日)



(5) VAVユニットの運転シミュレーション結果 室内温度(夏期代表日)



(6) VAVユニットの運転シミュレーション結果 室内温度(冬期代表日)

図-6 空調システムの計算結果

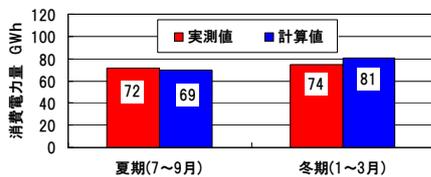


図-7 実測値と計算結果の比較(熱源システムの消費電力量)

【註釈】

註1) モデル化にあたって、機能がないために簡略化した部分は以下である。空調システムにおいて実建物では、給気温度リセット制御を行っているが、本報の計算では再現していない。熱源システムVWV制御において実建物では、一次ポンプをインバーターで制御して流量調整を行っているが、本報の計算では2方弁で流量制御している。また、蓄熱槽について実建物では、連結温度成層型であるが、本報の計算では連結型完全混合型としている。

【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るものである。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、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)