

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17）

中央式空調のケーススタディ

Development of an Integrated Energy Simulation Tool

for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 17)

Case-studies of the centralized system

正会員	菰田 英晴（鹿島建設）	特別会員	村上 周三（慶応義塾大学）
正会員	石野 久彌（首都大学東京）	正会員	野原文 男（日建設計）
正会員	二宮 博史（日建設計）	正会員	長井 達夫（東京理科大）
正会員	渡邊 剛（NTT ファシリティズ）	正会員	安友 哲志（三晃空調）
正会員	松村 一誠（清水建設）		

Hideharu KOMODA*¹

Shuzo MURAKAMI*²

Hisaya ISHINO *³

Fumio NOHARA *⁴

Hiroshi NINOMIYA *⁴

Tatsuo NAGAI*⁵

Takeshi WATANABE*⁶

Tetsuji YASUTOMO*⁷

Issei MATSUMURA*⁸

*¹KAJIMA Corporation.

*²Keio University

*³Tokyo Metropolitan University

*⁴NIKKEN SEKKEI

*⁵Tokyo University of Science

*⁶NTT Facilities,INC

*⁷SANKO AIR CONDITIONING CO.,LTD.

*⁸SHIMIZU Corporation.

In previous papers, details of the developed Integrated Energy Simulation Tool are reported. In this paper, results of the case studies of this simulation tool are described.

1. はじめに

前報¹⁾では、BESTにおける空調システムシミュレーションの開発概要と機器オブジェクトによる計算モデルに関して詳述した。

本報では前報¹⁾で示した計算モデルを用い、年間計算によるシステム挙動とエネルギー消費量の確認を行っている。また、BESTを用いたシミュレーションの可能性を示すために、PID制御用パラメータの変更によるシステム挙動についてケーススタディした結果を報告する。

2. シミュレーション概要

2.1 機器モデル概要

本ツールにおける計算に必要な機器モデルを表-1 に示す。BESTは、オブジェクト指向プログラミングにより開発されており、自由度と拡張性が高いシステムシミュレーションプログラムの実現を目指している。その計算モデルの概要を表-1 に示す。

2.2 ケーススタディ基準モデル

対象建物は、前報¹⁾の建物及び室モデルを用いている。表-2 に設備システム概要を示す。図-1 に空調システム概要、図-2 に熱源システム概要を示す。

空調システムはファンコイルユニット+ダクト併用

表-1 機器モデル概要

機器	出力値	モデル概要
コイル	1)出口空気温度 2)出口冷温水温	<p>コイル入口の空気状態・冷温水温度、PIDコントローラーにより決定された水量により算出</p> <p>伝熱係数K</p> $K = K_{ref} \times \sqrt{\frac{AV}{AV_{ref}}} \times \sqrt{\frac{WV}{WV_{ref}}}$ <p>K: 伝熱係数 [W/m²・K・列] AV: 風量 [g/sec] WV: 水量 [g/sec] ref: 設計時</p>
冷却塔	1)冷却水出口水温 2)送風機電力消費量 3)補給水量の計算	<p>(冷却水入口水温と外気湿球温度による補正係数) × (外気湿球温度と冷却水量比による補正係数)</p> <p>冷却塔運転時間中は定格値</p> <p>冷却水量の1.5% (パラメータにより可変)</p>
直置き 吸収 冷温水機	1)冷温水出口水温 2)冷却水出口水温 3)ガス消費量 4)電力消費量	<p>定格値一定</p> <p>(冷却水入口水温) + 定数 / (冷却水量比) × (ガス消費量比)</p> <p>(定格ガス消費量) × (冷温水入口水温による補正係数) × (冷水量比による補正係数) × (冷却水入口温度による補正係数) × (冷却水量比による補正係数) × (冷凍機負荷率による補正係数)</p> <p>運転時間中は定格値</p>
ポンプ ファン	1)電力消費量	運転時間中は定格値

方式であり、インテリアゾーンはCAV、ペリメータゾーンはファンコイルユニットにより空調を行う。外気は、空調機のみで導入されている。熱源には直だし吸収冷温水機を用い、搬送系は熱源機近傍のポンプにより二次側へ送水するワンポンプシステムとしている。

給気湿度は対象室温が設定値(夏季:26 /50% 冬季:22 /40%)になるよう冷温水2方弁(PI制御)と気化式加湿器(P制御)を制御する。熱源は、ヘッド位置による要求熱量により台数制御を行っている。計算間隔は、機器稼動時が5分間、停止時が1時間である。

3. シミュレーション結果

表-2 設備システム概要

熱源	ガス吸収冷温水機 冷房:COP 1.35 暖房:COP 0.8
搬送	ワンポンプ方式
空調	インテリア: 単一ダクト定風量方式 気化式加湿 外気導入エリア ペリメータ: ファンコイルユニット方式
換気	各階方式
制御	PID制御: 各空調機のコイル流量 加湿量 熱源機台数制御: 負荷流量及び送水温度 による台数制御

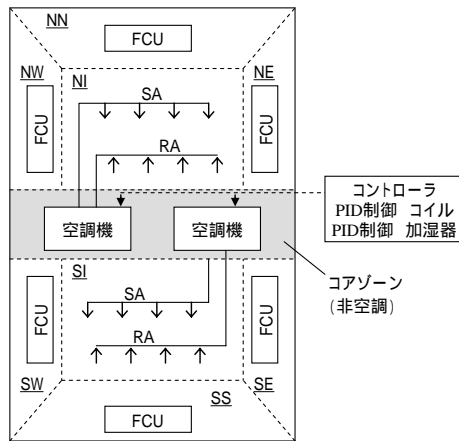


図-1 空調システムの概要(基準階平面図)

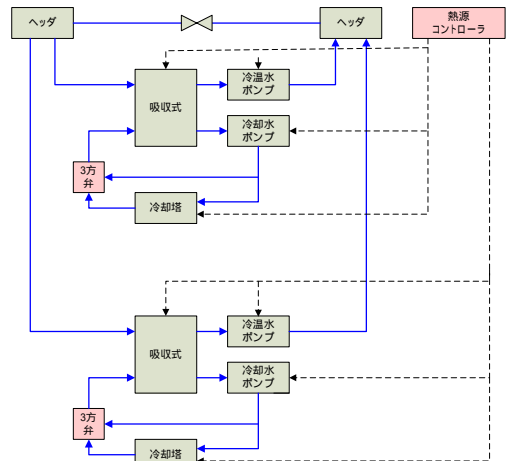


図-2 熱源システム概要

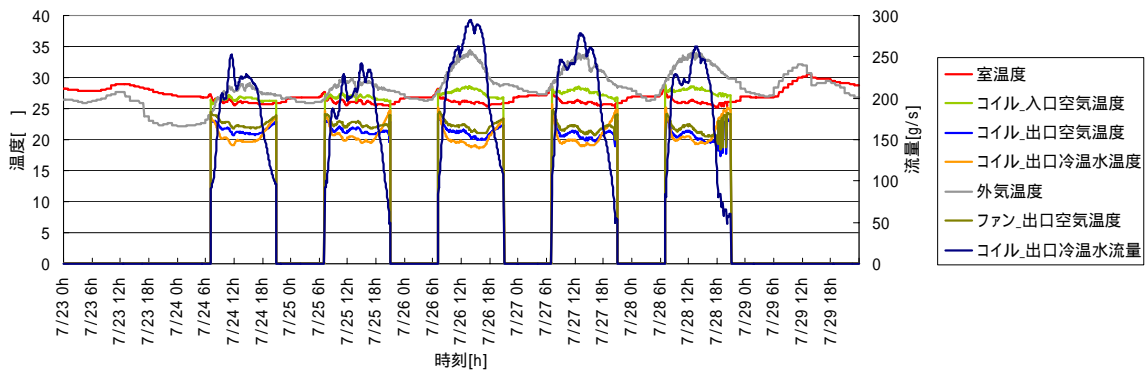


図-3 南インテリア空調機廻り計算結果(夏期冷房時 7月23日~7月29日)

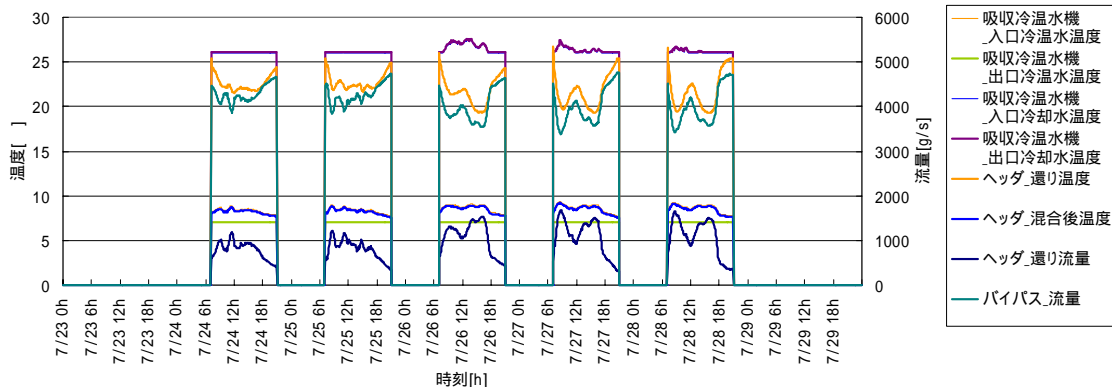


図-4 熱源廻り計算結果(夏期冷房時 7月23日~7月29日)

3.2 年間一次エネルギー消費量

図-8 に年間一次エネルギー消費量割合を示す。また、図-9 に要素別の一次エネルギー消費量の時系列グラフを示す。年間のエネルギー消費量は、932MJ/年・m²であった。

3.3 ケーススタディ

BESTでは、エネルギー消費量に影響を及ぼす要因を詳細に検討することができる。ここでは、その一例として、コイル流量を決定するPID制御用パラメータを最適化するためにBESTを用いる場合を想定してケーススタ

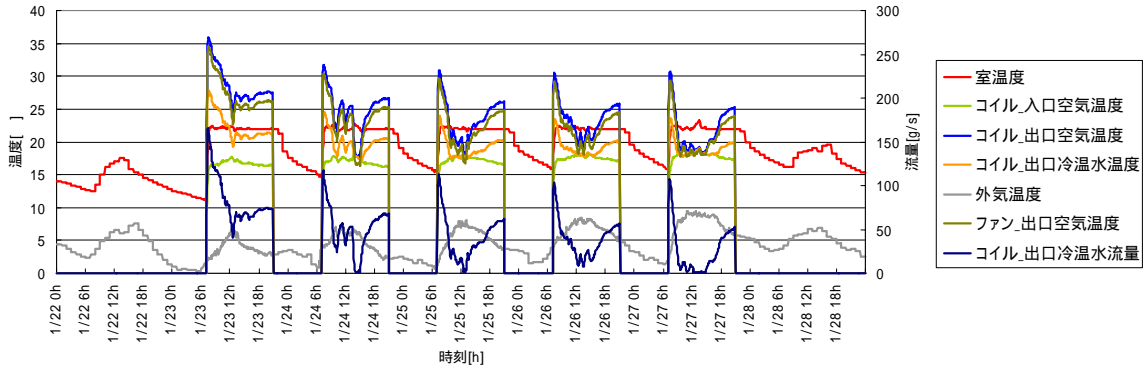


図-5 南インテリア空調機廻り計算結果（冬期暖房時 1月22日～1月28日）

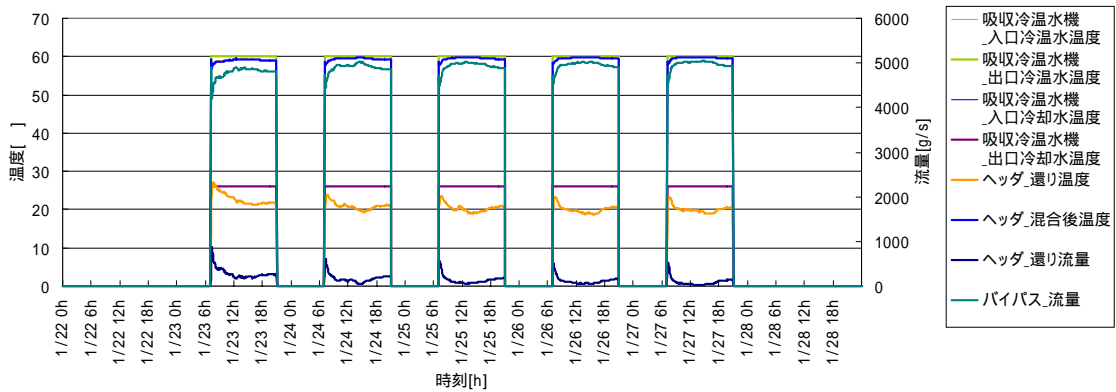


図-6 熱源廻り計算結果（冬期暖房時 1月22日～1月28日）

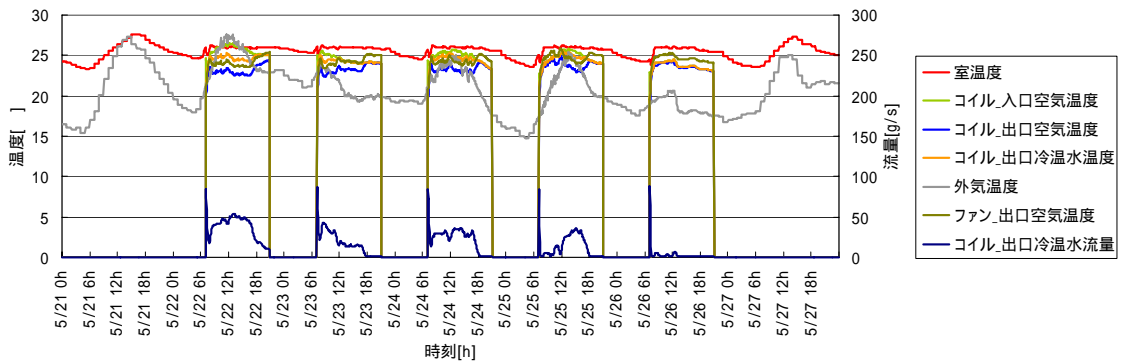


図-7 南インテリア空調機廻り計算結果（中間期 5月21日～5月27日）

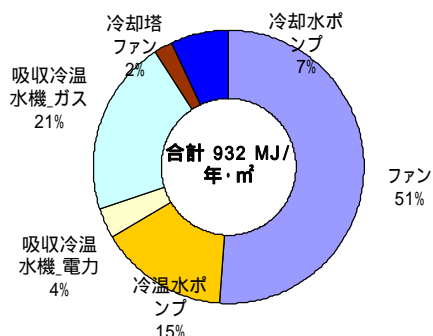


図-8 年間計算一次エネルギー消費量割合

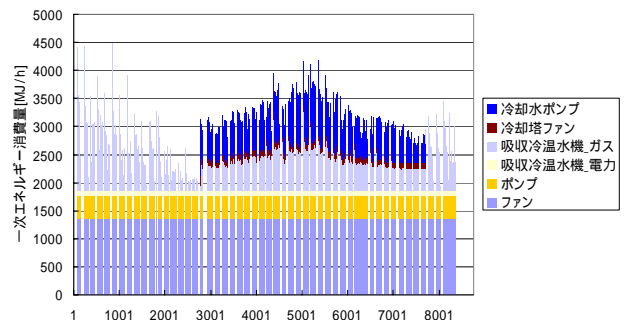


図-9 要素別の時刻別一次エネルギー消費量（時系列）

ディする。なお、影響をわかり易くするために比例ゲイン(=P⁻¹)のみ調整し、その他の制御値については固定している。各ケースのパラメータ設定値を表-4に、各ケースの7月27日におけるコイル冷水流量の時系列を図-10~12に示す。また、各ケースにおける年間のエネルギー消費量の比較を図-13に示す。図-14に各ケースの室内温度(南ペリメータ) 図-15に各ケースの室内吹出し温度(南ペリメータ)を示す。

図-10~12を見ると、コイル出口冷水流量は、方位に関わらず、比例ゲインの値に比例して感度が良くなりハンチングを起こしている。図-13を見ると、各ケースのエネルギー消費量の誤差は1%未満であったが、室内温度および室内吹出し温度の制御性は大きく異なる。その

表-4 ケーススタディ概要
Kp: 比例ゲイン(1/) Ti: 積分時間(s)

case	Kp	Ti	特徴
case1	Kp=20	Ti=600	基準ケース
case2	Kp=1	Ti=600	Kp過小ケース
case3	Kp=50	Ti=600	Kp過大ケース

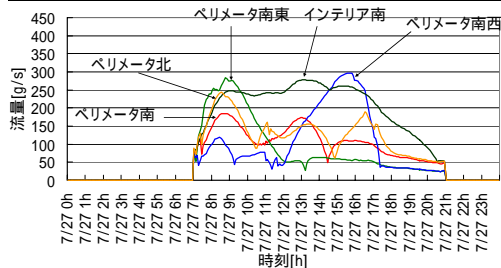


図-10 コイル冷水流量 case1 (7月27日)

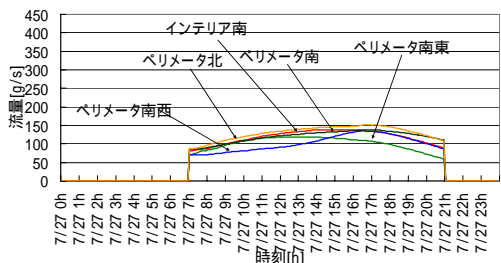


図-11 コイル冷水流量 case2 (7月27日)

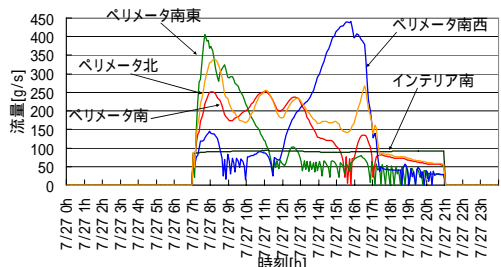


図-12 コイル冷水流量 case3 (7月27日)

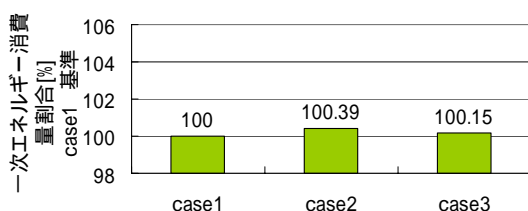


図-13 各ケースの年間エネルギー消費量比較

ため、システム挙動とエネルギー消費量の面からは、case1 程度の比例ゲインに設定すれば、安定した運転が可能であることが推測できる。

4. まとめ

- 本報では、前報での計算モデルを用いて年間計算及びシステム挙動に関するケーススタディを行った。

参考文献

- 長井達夫ら：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16), 平成19年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集, (2007.9)

【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 開発普及事業研究会(村上周三委員長)」ならびにアーキテクチャ検討部会(坂本雄三部会長) 建築・空調設備作業部会(石野久彌部会長) クラス構想 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。クラス構想 WG 名簿(順不同)主査:石野久彌(首都大学東京) 委員:一ノ瀬雅之(東京理科大学) 内海康雄(宮城高専) 郡公子(宇都宮大学) 長井達夫(東京理科大) 羽山広文(北海道大学) 木下泰斗(日本板硝子) 後藤裕(三機工業) 菟田英晴(鹿島建設) 坂本滋(大林組) 芝原崇慶(竹中工務店) 松村一誠(清水建設) 安友哲志(三晃空調) 渡邊剛(NTT ファシリティーズ) 協力委員:菅長正光(自営) 二宮博史、國吉敬司、篠原奈緒子(以上、日建設計) オブザーバー:野原文男(日建設計) 事務局:生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

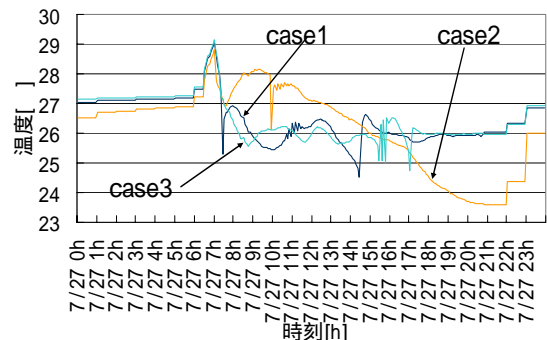


図-14 各ケースの室内温度(南ペリメータ)

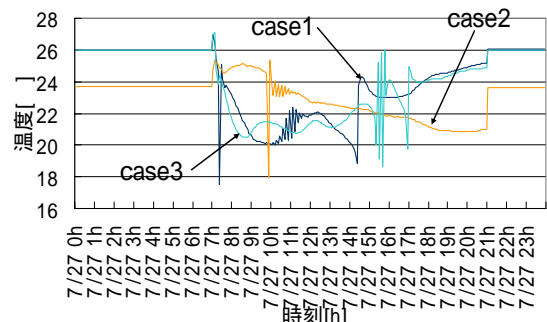


図-15 各ケースの室内吹出し温度(南ペリメータ)