

BESTによるシミュレーション最前線 (その2)

村上 周三

SHUZO MURAKAMI
(独立行政法人建築研究所)

柳井 崇

TAKASHI YANAI
(株)日本設計

佐藤 誠

MAKOTO SATO
(佐藤エネルギーリサーチ株)

丹羽 勝巳

KATSUMI NIWA
(株)日建設計

石野 久彌

HISAYA ISHINO
(首都大学東京名誉教授)

大塚 雅之

MASAYUKI OTSUKA
(関東学院大学)

河路 友也

TOMOYA KAWAJI
(株)トエネック

久保木 真俊

MASATOSHI KUBOKI
(株)日建設計

長井 達夫

TATSUO NAGAI
(東京理科大学)

長谷川 巖

IWAO HASEGAWA
(株)日建設計

二宮 博史

HIROSHI NINOMIYA
(株)日建設計

篠原 奈緒子

NAOKO SHINOHARA
(株)日建設計

はじめに

前号に引き続き、BESTプログラムの概要を紹介したい。概要といってもその計算法ではなく、皆様の関心事であるBESTでどういう検討ができるのか、今までのプログラムとの相違に焦点をあてつつ、有意義な検討試算例を紹介するものである。前号は主として建築側の検討事例といえるが、本稿は設備側の検討事例をとりあげ、まず空調パッケージシステムの検討事例を紹介し、続いて給排水・衛生分野の事例を示す。空調パッケージについては冷暖切替型EHPを中心に開発されており、GHP、KHPも続いて開発を終える。冷暖同時運転型とか水蓄熱HPシステムについては現在機器特性データの収集整理の段階である。給排水・衛生分野ではシミュレーションプログラム自体が目新しいものであるが、現在既に給水時刻別負荷計算、雨水利用量計算、水槽類の水位変動計算、衛生器具の電力消費量計算が完了している。続いてコージェネレーションシステム、蓄熱システムの計算事例を紹介する。コージェネレーションシステムは排熱温度可変モデルとか配管の非定常伝熱を扱っているのが現実の現象に近くっており、また建築・空調・電気・衛生との連成計算も可能にしている。蓄熱システムは、TESEP-W (ヒートポンプ蓄熱センター) や中原の研究成果を採用して、物理モデルにてモジュールを作成している。

BESTは計算が広範囲であるので、ミクロ現象からマクロ現象にまで焦点を当てることができる。本報では、実際の建物のエネルギー消費実測のデータとの比較検討例を示す。実際の建物の使われ方自体が正確に把握できないので、比較計算は推定の域を出ないものであるが傾向は類似しているといえよう。そして最後にBESTに関

して多く寄せられる質問事項から代表的なものを選んでQ&Aの形で紹介する。BESTのある側面がよく見て取れると思われる。BESTは昨年3月に第一版を公表し、現在本報告のような検討ができるようになったとはいえ、まだまだ開発途上である。常にユーザーの要求に耳を傾けながら、これからも開発を続けていく予定なので、引き続き多くのご質問・ご意見をお寄せ頂きたい。

1. パッケージ空調システムの検討事例

ビル用マルチエアコンに代表される個別分散型の空調システムの機器特性に関しては、室内機と室外機を一体として扱うモデルを用いて定式化を行ってきた。

モデル化に当たっては、特に以下の3点に配慮して、機器特性の定式化を進めている。

- ①標準型ビル用マルチエアコン以外の機種への拡充
- ②特性データの共通表示フォーマットの策定
- ③APF表示に伴う中間能力・中間入力への反映

以下、これらのモデル化の特徴を活かした、開発が終了した冷暖切替型EHP、GHPの検討事例を紹介する。

1.1 夏期Cool Bizの検討事例

運用段階の省エネルギー・省CO₂対策の事例として、夏期の室内温度設定を高めに設定し、軽装で過ごすCool Biz運用の効果検討の事例を示す。

BESTでは、空調システムのエネルギーシミュレーションを行うと同時に、PMVや作用温度などの室内熱環境の評価も行うことが可能であり、こうした機能を活かした検討を実施した。

表-1に、比較条件を示す。夏期6~9月の4ヵ月を対象に、24、26、28℃の3ケースの室内温度設定のケースを設けた。また、28℃のCool Biz想定の場合では、PMV計算における着衣量の設定を変更している。

表-1 Cool Bizの検討ケース想定

ケースNo	計算条件
ケース1	24℃設定 着衣量=0.7 [clo]
ケース2	26℃設定 着衣量=0.6 [clo]
ケース3	28℃設定 着衣量=0.5 [clo]

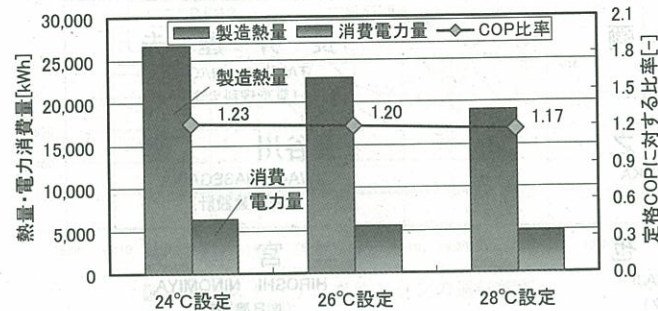


図-1 室内温度設定と熱負荷・エネルギー消費量

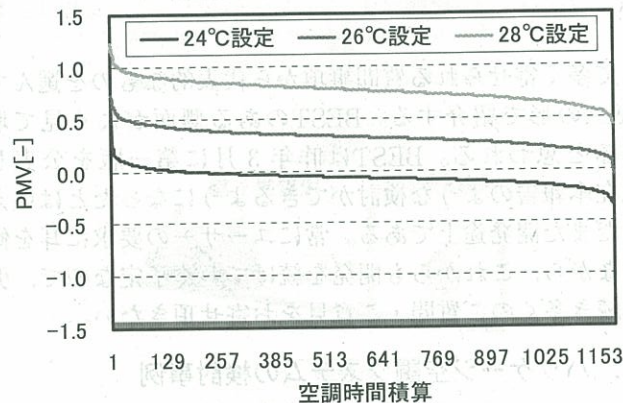


図-2 室内温度設定とPMV

表-2 室外機容量の検討ケース想定

ケースNo	計算条件
ケース1 標準設計	Σ室内機能力=室外機能力 冷房時: 73 [kW] 暖房時: 82 [kW]
ケース2 低減設計	Σ室内機能力>室外機能力 冷房時: 51 [kW] 暖房時: 57 [kW]

検討結果を図-1～図-2に示す。

①エネルギーと熱負荷 (図-1)

室温設定を24℃から28℃にすると、熱負荷およびEHPの電力消費量は、各々15%、25%減少する。室温設定28℃の場合は熱負荷が減少し、機器の負荷率も下がることから負荷率の大きな24℃設定に比べ、COPが若干小さくなる傾向にある。

②室内熱環境 (図-2)

室温設定が高くなるに従ってPMVが悪化しているが、室温設定が28℃の場合でもPMVが平均で約0.75 (PPD≒15%程度)で抑えられている。

1.2 室外機容量の検討事例

一般的に、空調機にかかる負荷率を年間で見した場合、

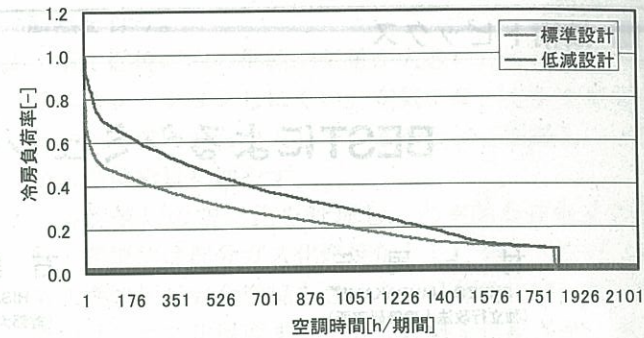


図-3 冷房時の室外機負荷率出現頻度分布

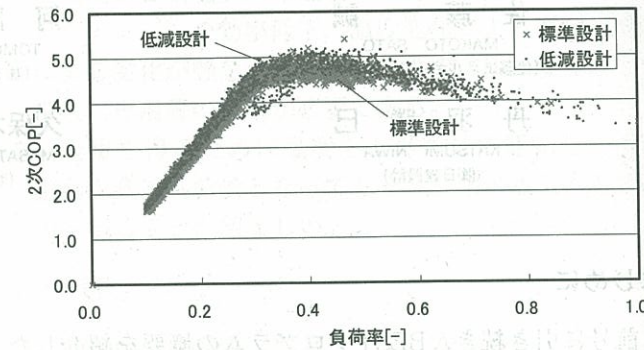


図-4 冷房時の室外機負荷率とCOP

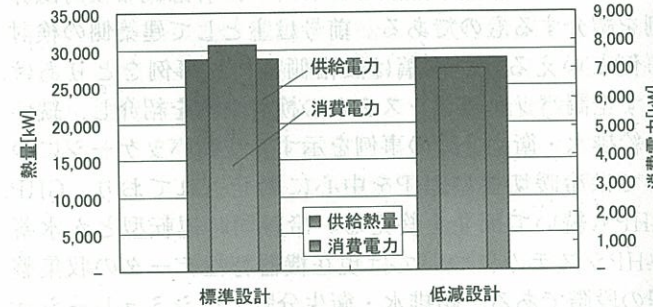


図-5 冷房時の供給熱量と電力消費量

ほとんどの時間帯は負荷率の小さな時間帯であり、且つ最大装置容量設計では、安全率を過大に見込む傾向にある。表-2に示すよう、ビル用マルチエアコンの設計において、室内機の能力合計は同じとして、1ランク室外機の能力を減じた場合の比較を行う。部分負荷率の低い時間帯でのCOP向上が期待できる。図-3～図-5に結果を示す。低減設計では、負荷率が高めに推移し、全体的にCOPの分布も高めている。

期間2次COPは標準設計で3.6、低減設計4.1となった。図-5に示すように、期間合計では、供給熱量は大きな違いがないが、電力消費量は、低減設計で約11%の削減となっている。

1.3 中間性能の検討事例

BESTにおけるパッケージ空調機の計算では、中間性能を反映させた計算が可能となっている。定格時のCOP

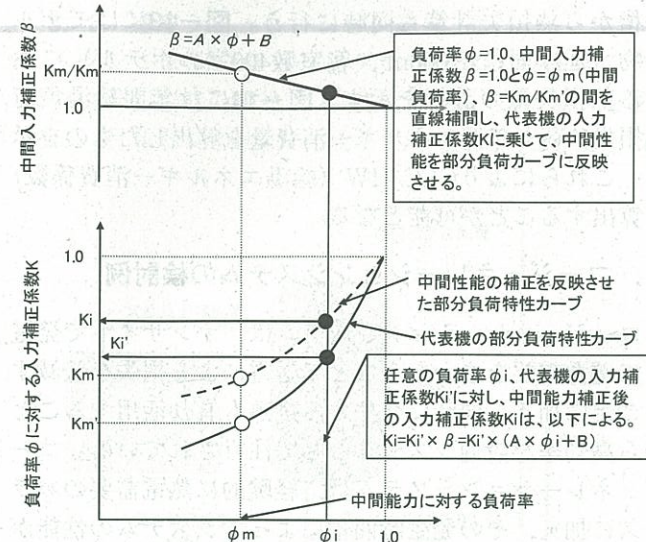


図-6 パッケージ空調機の中間性能の反映方法

表-3 室外機容量の検討ケース想定

ケースNo	計算条件	計算結果
ケース1 標準効率	定格時COP: 1.44 中間時COP: 1.58	期間COP: 1.23
ケース2 高効率	定格時COP: 1.46 中間時COP: 1.87	期間COP: 1.50

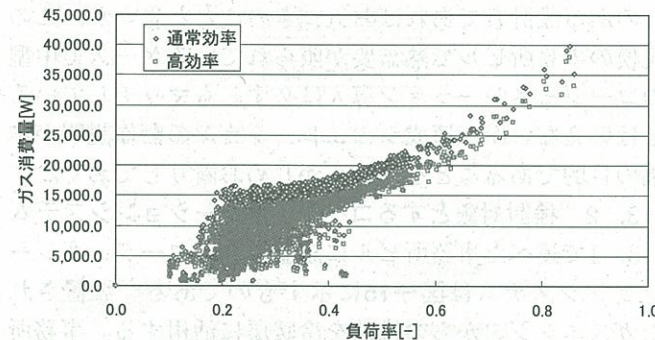


図-7 負荷率とガス消費量の比較

の向上に加え、部分負荷時のCOPの向上を図った高性能機器も開発されている。図-6に中間性能を考慮した計算モデルの概念を示す。

こうした部分負荷効率の高い機器の省エネルギー性能の比較検討を行う。表-3にGHPを対象とした2ケースの機器仕様(冷房時)と計算結果(期間COP)を示す。

定格時COPは両ケースとも大きな差はないが中間性能で18%ほど、高効率機種の方が優れており、結果、冷房期の期間COPは12%程度、高効率機種の方が優れた結果となった。図-7に、負荷率とガス消費量の比較を示す。

引き続き、KHP、水熱源HP、氷ビルマルなどの機種のバリエーションの追加を計画中であり、より多くのシステムでの検討が可能となるよう整備を進める予定である。

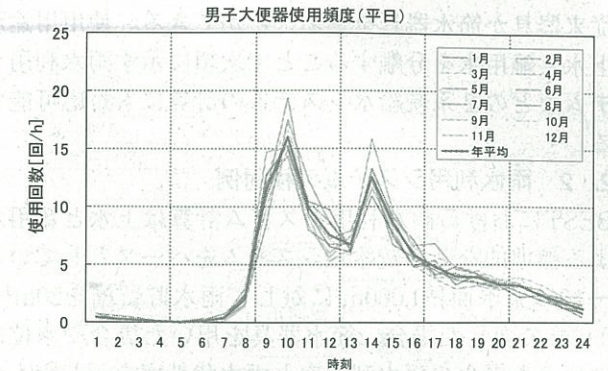


図-8 男子トイレの時刻別使用頻度(平日)

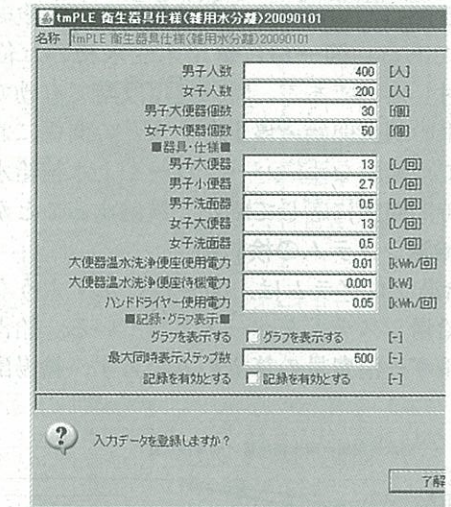


図-9 BESTにおける衛生器具仕様入力画面例

2. 衛生システムの検討例

BEST衛生プログラムは、給水・雨水利用・給湯システム計算から構成されている。これまで給排水衛生設備の計画・設計における計算は、日使用量計算、瞬時最大負荷による配管口径の決定計算などを行うのみで、シミュレーションを実行して計画・設計に活用する事例は少ない。BEST衛生プログラムの特徴は、給水・給湯負荷パターンによる資源量の計算と同時に、ポンプをはじめとする衛生機器・器具に伴うエネルギー消費量の計算を行うことにある。また、給水負荷に応じた適切な水槽容量や補給水制御をシミュレーションすることが可能である。以下に各システムによる検討例を示す。

2.1 給水システムの検討例

BESTにおける給水計算は、従来の原単位を分離し、1回あたりの器具吐水量、使用人員、時刻別の使用頻度(一人あたりの使用回数)を掛け合わせることで算出している。図-8は、某所本社ビルにおける男子トイレ・平日の時刻別の使用回数を示したものである。これらの負荷パターンが、器具別にデータベースとして用意されている。図-9にプログラムにおける衛生器具の仕様を入力する画面例を示す。各衛生器具の1回あたりの器具吐水量を入力し、採用するメーカーのカタログを見なが

ら従来器具か節水器具を選ぶことができる。使用用途別に上水と雑用水を分離することで次項に示す雨水利用システムなどの2系統給水システムの計算にも対応可能である。

2.2 雨水利用システムの検討例

BESTにおける雨水利用システム計算は上水と雑用水による標準的な2系統給水システムをベースとしている。図-10は集水面積1,000m²に対して雨水貯留槽を20m³~200m³まで変えた場合、節水器具を用いた場合や水位制御を変えた場合の雨水利用率と雨水代替率を示したものである。設計者がもっとも有効率の高い雨水貯留槽容量を決定する際に、検討する内容をBESTでも検討することが可能である。図-11は雑用水受水槽の水位制御について検討した例である。特に運用段階で有効であるが、雨水補給水の制御開始・停止を上水との関係において変えることで、無駄なオーバーフローや上水補給水量の削減を計算時間間隔に応じて細かく検討することができる。

2.3 給湯システムの検討例

BEST給湯プログラムは、図-12に示すような標準的な中央式給湯システムをベースとしている。給湯負荷や給湯エネルギー消費量の算定のみならず、給湯配管や貯

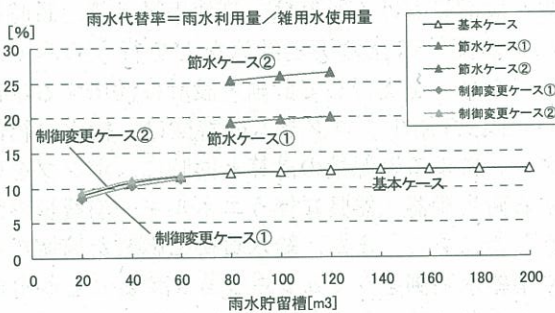
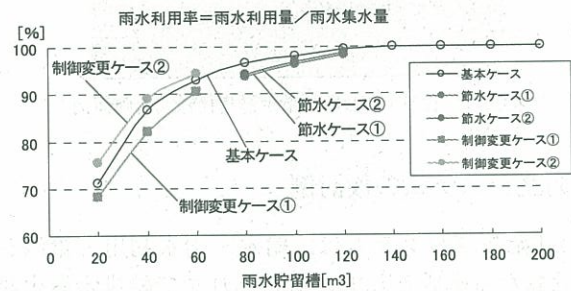


図-10 シミュレーション結果 (雨水利用率・雨水代替率)

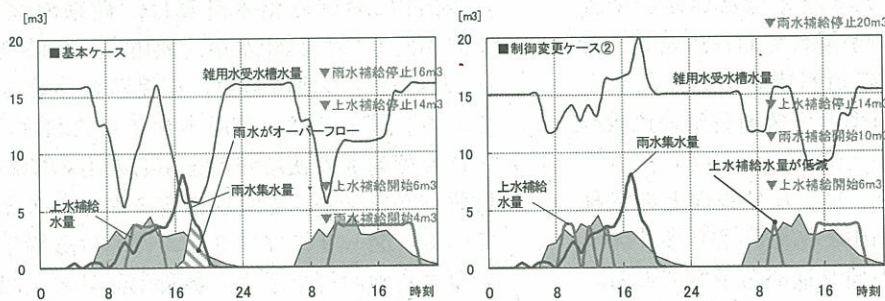


図-11 雑用水受水槽水位制御変更検討 (2日間)

湯槽から熱損失計算も同時に行う。図-13にはモデル建物(延床面積28,000m²、客室数400室のホテル)における熱損失量の計算を示す。図-14には年間給湯負荷、熱損失負荷と年間エネルギー消費量を算出したものを示す。これらによりCEC/HW(給湯エネルギー消費係数)を算出することが可能となる。

3. コージェネレーションシステムの検討例

コージェネレーションシステムは、オンサイトで発電して電力需要をまかなうことで送電による損失を低減することに加え、同時に発生する排熱も有効活用することから高効率な設備システムとして注目されている。コージェネレーションシステムは、経験的に熱電需要のバランスに加え、その発生時間帯によってシステムの性能が影響を受けることが知られているが、2次側を含めて詳細な建築、空調・衛生・電気設備の連成シミュレーションが行えるツールはBEST以外には見当たらない。ここでは、現時点で2次側の負荷側の計算がひととおり揃っている、1万m²程度の事務所ビルに対し、コージェネレーションシステムを適用した検討例について示す。

3.1 対象建築物

対象建築物は表-4に示す約1万m²の事務所ビルである。コージェネレーションシステムの設計をされたことのある設計者であればお気づきのことと思うが、この規模の事務所ビルで熱需要が限られているケースで中型のコージェネレーション導入は必ずしもマッチしているとはいえないが、連成シミュレーションの動作説明が本稿の目的であることを、あらかじめお断りしておく。

3.2 検討対象とするコージェネレーションシステム

3.1で述べた事務所ビルに設置されるコージェネレーションシステムは図-15に示すものである。設置されたガスエンジンからの排熱を冷暖房に活用する。事務所ビルを対象としているため、需要量の少ない給湯は排熱利用から除いている。ガスエンジンは58~345kWまで表-5に示す組み合わせで実施した。冷房は、1,055kWの排熱投入型吸収冷温水機を使用し、暖房は排熱を優先的に用い不足する分については排熱投入型吸収冷温水機を使用する。

3.3 連成シミュレーション結果

連成シミュレーション結果の例として115kWの発電機を設置した時の排熱投入型吸収冷温水機の熱量を図-16に、月積算の排熱回収量とその利用状況を図-17に

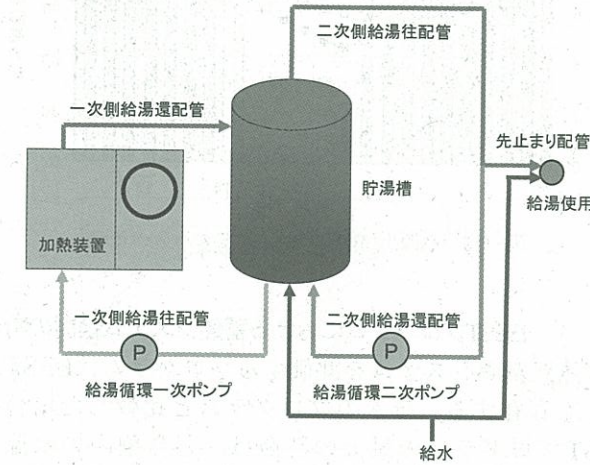


図-12 給湯プログラムにおける標準システム

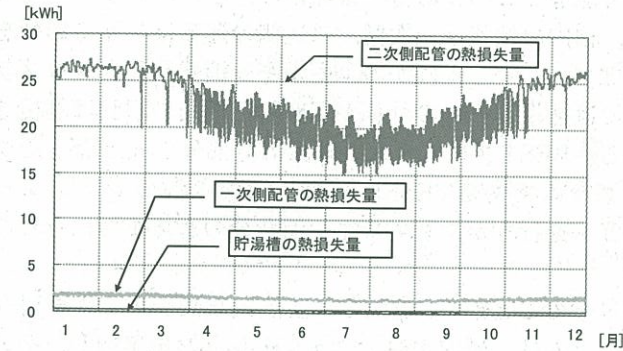


図-13 給湯配管・貯湯槽の熱損失量の年間変動

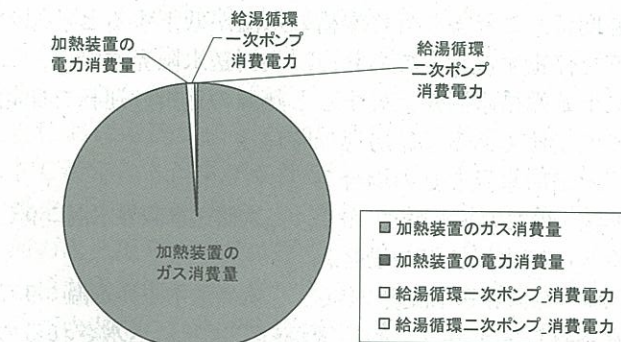
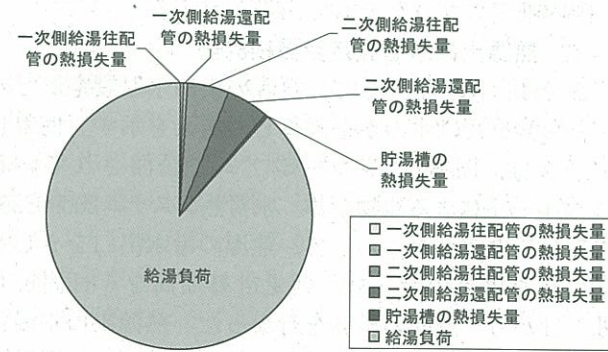


図-14 年間給湯負荷・熱損失負荷と給湯エネルギー消費量 (内訳)

建物用途	事務所
延床面積	9919m ² (12フロア)
天井高さ	2.6m
ゾーニング	8ゾーンに分割し、各ゾーンに空調機を設置

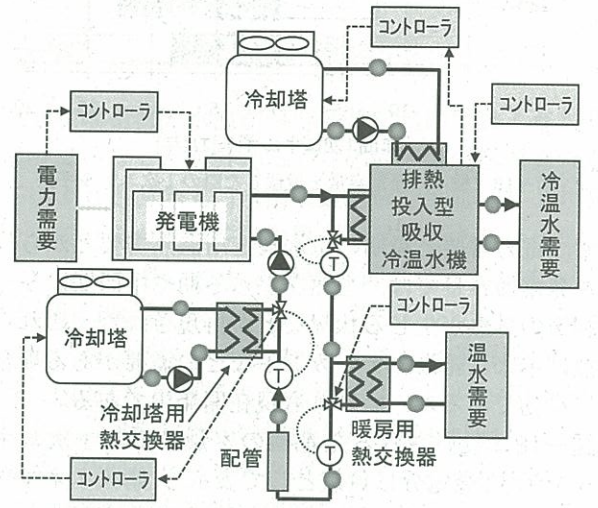


図-15 ガスエンジンコージェネレーションシステム

表-5 コージェネレーションシステム仕様

運転スケジュール	運転時間: 8:00~22:00 (月曜~金曜)
ジュール	暖房期間: 冷房 (5~11月), 暖房 (12~4月)
ガスエンジン	発電出力: 115kW (1台), 230kW (1台), 345kW (1台), 58kW (2台)
	定格発電効率: 33.6%, 定格排熱回収効率: 42.5%
排熱投入型吸収冷温水機	冷房時 (定格能力/ガス消費 (排熱無し) / 電力消費 / 定格排熱回収量): 1055/822/5.1/326kW
	暖房時 (定格能力/ガス消費/電力消費): 692/822/4.8kW

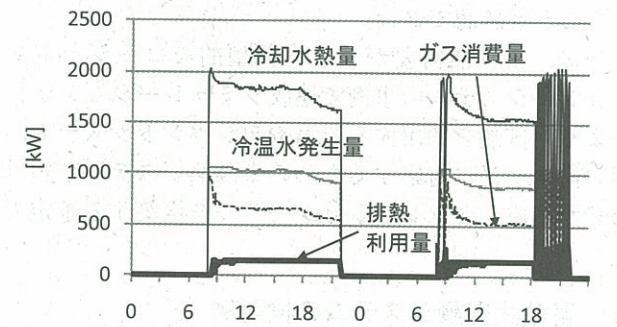


図-16 排熱投入型吸収冷温水機の熱量シミュレーション結果例 (115kW発電機利用時の8月7, 8日)

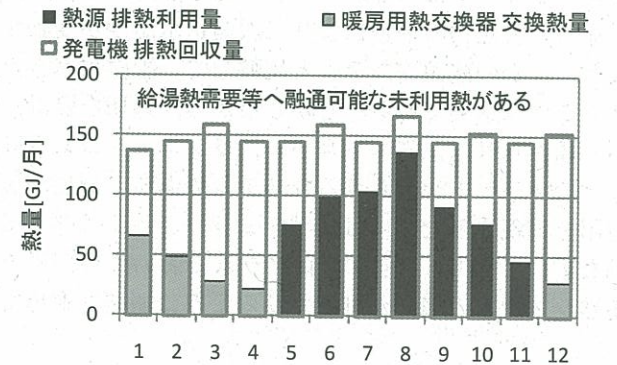


図-17 月積算排熱量と利用状況 (115kW発電機)

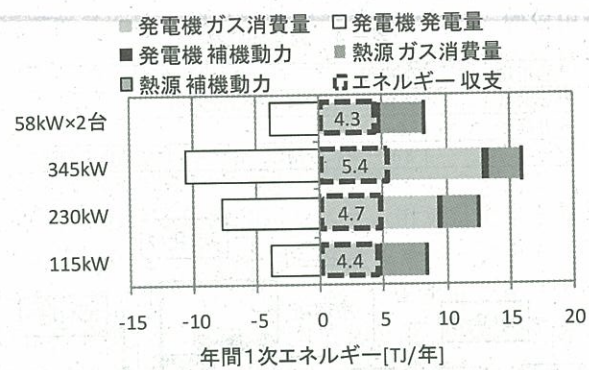


図-18 種々の発電容量を設置した際の1次エネルギー

示す。電力需要と夏期の冷水製造用温熱需要とから設定した発電機容量では、当然ながら冬期や中間期に多くの未利用の排熱が生じる状況などが再現された。これらの排熱は本来は給湯やデシカントなどの需要がある場合に特に有効であるが、いずれも現在開発中である。

図-18に設置される発電機の容量による1次エネルギーを示す。発電分は負値として表示し、購入エネルギーと発電量との差引をエネルギー収支として表示した。発電機の容量増大に伴い、発電量が増加する一方で未利用の排熱も増加するためエネルギー収支は大きくなる。

以上、1万m²の事務所ビルに種々の容量のガスエンジンを用いた際の年間シミュレーションを実施した結果、リアリティの面で若干の問題はあるが、これまでは難しかった排熱利用系統を含む連成シミュレーションを行えることが確認できた。本項の例では未利用の排熱が増加し、熱需要とのマッチングや運転期間制限などの必要性について本シミュレーションにより具体的な示唆を得られることも確認できた。

今後、より熱需要が大きい典型的なコージェネレーションのシステムの事例で連成シミュレーションが行えるよう、排熱を利用する給湯やデシカントシステム、夏期の排熱不足に対応するための太陽熱システムと組み合わせた連成シミュレーションモデルを構築する予定である。

4. 蓄熱式空調システムの検討例

蓄熱式空調システムは、熱源システムの中の一つのバリエーションではあるが、空調時間と熱源の運転時間が異なる、蓄熱槽の挙動により二次側送水温度が変動するなど、ほかの熱源システムと比較して、配慮すべき点が多いことは事実である。しかしながら、適切な設計、運用が成されれば、省エネルギー、ランニングコスト削減などのメリットが得られるシステムである。適切な設計、運用を実現するためには、シミュレーションは非常に有効な手段であり、BESTプログラムにおいても、様々な蓄熱システムの検討が可能となるように開発を進めている。

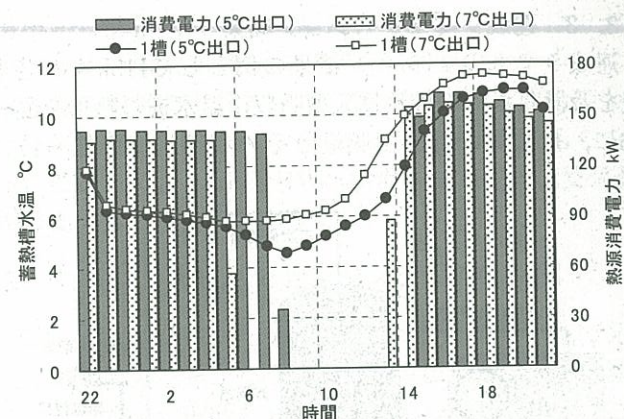


図-19 熱源出口水温5℃と7℃の場合の比較

4.1 BESTプログラムにおける蓄熱システム検討の特徴

蓄熱式空調システムを評価するプログラムはBEST以外にも存在する。ほかのプログラムと比較した場合、BESTプログラムの最大の特徴は、蓄熱槽内の水温シミュレーションを実行しながら、年間のエネルギー計算が可能などにある。蓄熱槽は、水、氷いずれの場合も、槽内の性状と一次側、二次側の運転は相互に影響を及ぼす。しかし、ほかのエネルギー消費量算出プログラムでは熱量ベースの計算が行われ、槽内の挙動は無視される。BESTプログラムの蓄熱計算部分の元となったプログラムであるTESEP-Wは、槽内水温のシミュレーションを行うが、エネルギー消費量の計算までは行わない。

以上のことから、BESTの蓄熱式空調システム検討プログラムは、槽内水温シミュレーションを実行し、その影響を考慮しながら年間のエネルギー消費量が算出可能な、国内唯一のプログラムであると言える。

4.2 熱源出口水温設定変更検討例

ここでは、検討例として、熱源の出口水温設定がどのような影響を及ぼすのかを試算した結果を示す。使用したデータは、BESTコンソーシアムで公開されている、「テンプレートによる建物全体 水蓄熱システム20090325」である。このデータにおいて、熱源の冷水出口を5℃と7℃にした場合の計算を、助走計算期間を5日間とり、8月1日から一週間の計算を行なった。熱源出口水温以外の設定変更内容は以下の通りである。熱源への限界送水温度は、これよりも終端槽の水温が低下すると熱源の運転を停止する設定であり、二次側送水限界水温は、これ以上始端槽水温が上昇すると熱源の追掛け運転を開始する設定値である（冷房運転時）。

<冷水出口水温5℃の場合>

・熱源への限界送水温度：9℃、二次側送水限界水温：9℃

<冷水出口水温7℃の場合>

・熱源への限界送水温度：11℃、二次側送水限界水温：9℃

水蓄熱システムは、始端槽から二次側に送水されるので、始端槽水温の上昇に伴って、二次側送水温度も上昇

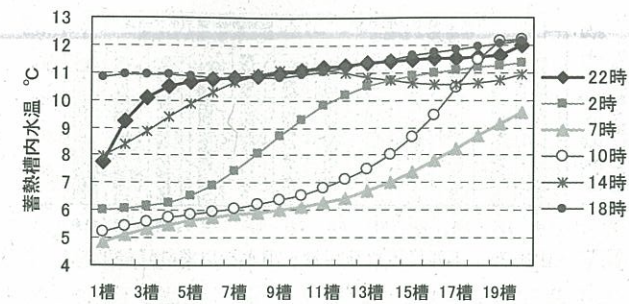


図-20 熱源出口水温5℃の蓄熱槽内水温プロフィール

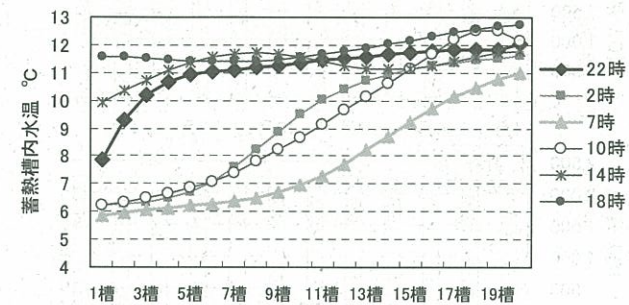


図-21 熱源出口水温7℃の蓄熱槽内水温プロフィール

し、室内温熱環境に影響を及ぼすことになる。そのため、二次側空調機入口水温設定値よりも、2℃程度低い温度で蓄熱することが理想である。しかしながら、実際の設計においては、熱源出口水温と二次側空調機の入口水温が同一温度で計画されている場合も見受けられる。ただし、これまではそのわずか2℃の温度設定の差が年間のエネルギー消費量などに、どのような影響を及ぼすのかを知る術が無かったのが実情である。

BESTによる計算結果を図-19～図-21に示す。このデータは、8月1日22時～2日21時までのデータである。図-19では、熱源出口水温が5℃と7℃の場合の、熱源の消費電力と第1槽の水温変化を示している。22時の時点における槽内水温は、ほぼ同じ状態であった。蓄熱時は5℃出口設定の方が熱源運転時間は長くなるが、放熱時の始端槽の上昇が抑えられるため、追掛け運転の開始時間は7℃出口設定の方が早くなっている。この日の日積算消費電力では、7℃出口の方が少なくなるとはなるが、蓄熱調整契約やピーク時間調整契約などを考えれば、ランニングコストについては逆転する可能性が高い。

また、この日は22時の時点での槽内水温がほぼ同じ状況になったが、8月2日21時のデータのように温度差が生じることもあり、翌日の蓄熱時間では5℃、7℃の場合における差はほとんど無く、日積算消費電力でも5℃設定の方が少なくなる場合もある。よって、単に5℃設定にすると熱源のCOPが低下するといったマイナス面のみを捉えるのではなく、システム全体として最適化を検討することが必要である。図-20、図-21で示すような水温プロフィールも確認できるため、熱源の出口水温設定を変更する意義を説明し易くなっている。なお、両

表-6 建物入力条件

外壁	113m ² ×8	ゾーン	空調機01ゾーン					
室内面積	113m ² ×8	ゾーン	空調機02ゾーン					
ゾーン	1	2	3	4	5	6	7	8
天井高さ	4m	所在地	東京					

図とも始端槽側の水温が熱源の設定出口水温よりも低温になっていることが分かる。この原因は終端槽側の水温低下により熱源の入口水温が定格値である12℃より低温となっているが、熱源の限界送水温度である11℃までは運転可能であり、熱源の容量制御も行っていないので、熱源の出口水温がスライドして7℃より低温になるためである。水温プロフィールの出力により、運用段階においても、BESTで計算された水温プロフィールと実測値の比較により、運転制御等の適切さの確認も可能となる。ところで、今回のケーススタディによる計算結果では、18時において熱源が追掛け運転を行っているにもかかわらず、始端槽が11℃近辺となっており、熱源や蓄熱槽容量の設計が適切とは言い難いが、熱量ベースの計算ではこのような問題点が把握できない。このケーススタディの適正化にチャレンジしてもらっても、良い訓練になると思われる。

ここで示した検討例は一例であり、蓄熱槽の種類、槽数、入出力口径、二次側空調機の温度、流量制御設定、二次側送水限界水温など、様々な条件を変更し、その影響を確認した上で、ユーザーの要望に最も応えられるシステムの設計・運用について、BESTプログラムを使って検討していただきたいと考えている。

以上、BESTプログラムの蓄熱関連部分に関して、検討事例も含めて紹介を行なった。前述のように、蓄熱槽内の挙動も考慮した上で、年間のエネルギー計算が可能で唯一のプログラムであるので、有効に活用していただき、省エネルギー、省コスト、電力負荷平準化に貢献する蓄熱システムが数多く構築されることを願っている。

5. 実測建物との比較検討例

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。ここではBESTを実在オフィスビルに適用し、熱負荷・エネルギー消費量などの計算値が実績値と良く一致することを確認している。

モデル化の対象とした実オフィスビルの建設地は東京、14階建て、延べ床面積21,000m²である。基準階のゾーンを表-6に示す。

ガス熱源として吸収式冷温水発生機を、電気熱源として空冷ラインヒートポンプチャラー+氷蓄熱槽システムを導入しており、電力平準化とともに、大温度差送水

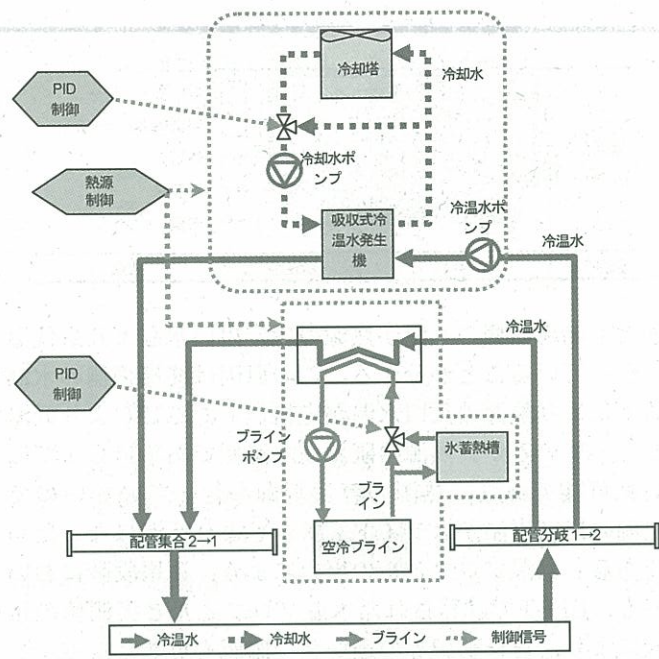


図-22 熱源モデル構成

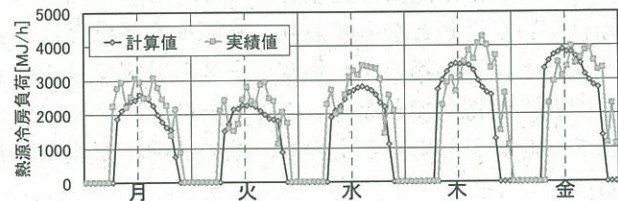


図-23 熱源冷房負荷出力結果 (夏季代表日)

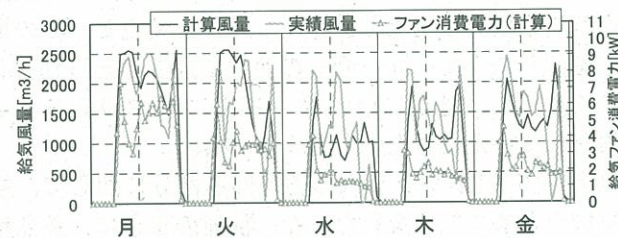


図-24 夏季代表日空調機風量・給気ファン動力

を行っている (図-22)

夏季代表日における熱源の冷房負荷出力結果を図-23に示す。ピーク値の違い、ピーク時間の若干の相違があるものの、試算値と実績値はよく一致している。今後、制御パラメーターの設定などにより、さらに精度を高めることが可能である。

図-24に夏季代表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。週明けや朝の立ち上がり負荷による影響は、計算値と実績値でよく一致している。またインバータによるファンの回転数制御を良く再現している。

図-25に雑用水の月別使用量の実績、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。雑用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

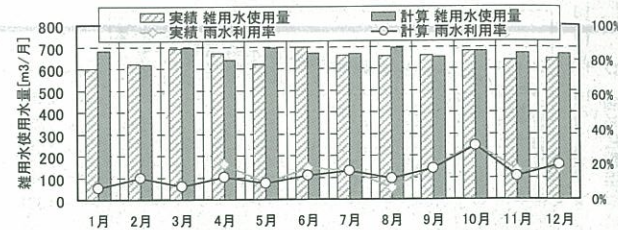


図-25 年間雑用水使用量・雨水利用率計算結果

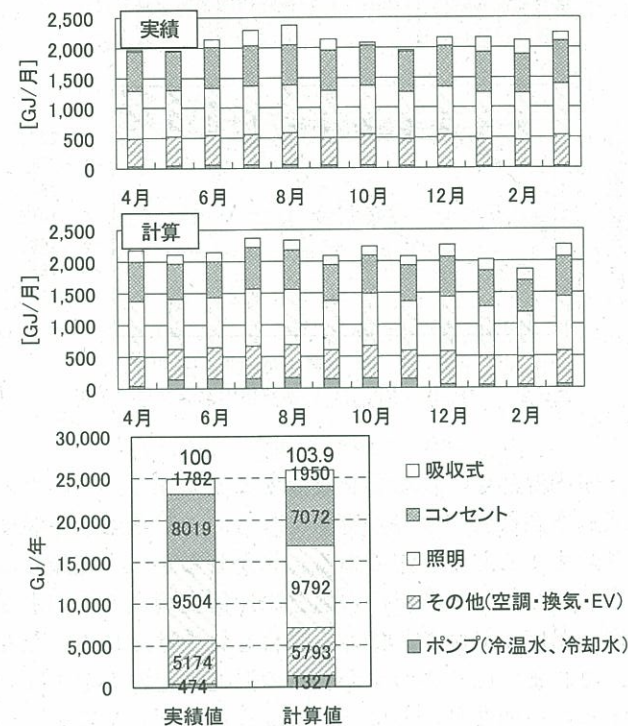


図-26 年間1次エネルギー消費量算出結果

した時期に利用率が上がるなどの現象を再現している。

図-26に建物全体のエネルギー消費量の試算値と実績値を示す。月別、年間ともに両者は良い一致を示している。このことは、BESTの活用によって、総合的かつ緻密な省エネ検討が実行可能であることを示している。

6. BESTのQ&A

ここでは、これまでユーザーより頂いた問い合わせを紹介する。

6.1 BESTの利用環境について

- ・Windows VISTAで動作しますか。
- ・動作に必要な環境を教えてください。

BESTはWindows XP Professional, Windows XP Home Edition SP2以上を推奨していますが、Windows VISTAでも簡単なテストを実行しており動作します。CPUはIntel®Core™2以上、メモリは1GB以上を推奨しています。また、動作にはJava Runtime Environmentが必要で、JRE1.6.0_051以上のインストールが必要です。

6.2 BESTの利用用途について

- ・他団体にて開発されているシミュレーションソフトとの違いは何でしょうか。
- ・BESTの使用方法を具体的に教えてください。

ご指摘の通りシミュレーションソフトは多数存在しており、ユーザーが用途に応じて自由に選んで使用しています。BESTもその中の1つです。BESTの主な特徴は、建築・空調・衛生・電気を総合したツールであること、拡張性に富んでおり詳細計算が可能であることです。また、これまでの空調シミュレーションツールでは、一般的には必要な室負荷からシステム側を解いていますが、BESTでは室側とシステム側の平衡状態を正確に解く連成計算を採用しています。このため計算時間間隔は短く、細かい計算を行っており、より検討できるシステムの自由度も広がっています。さらには行政支援ツールとしての利用も可能です。設計者、施工者、運用者などの様々な立場の方が、ライフサイクルにおける様々な段階で、各種目的に応じた計算が可能です。

6.3 計算精度と入力について

- ・BESTの計算精度は高いのでしょうか。
- ・BESTの計算 (入力から結果表示まで) にかかる時間はどの程度でしょうか。

精度を追求すると入力項目が膨大になりますが、入力項目を減らすと、多くのデフォルト値を使用した計算となり、計算条件が正確ではないという点から精度は落ちます。BESTでは入力の簡易化も検討し、精度をユーザーが選べるように開発しています。なお、入力に掛かる手間は2~7日で、建物モデルや検討システムによって異なります。ただし、ほかのシミュレーションソフトも同じですが、妥当な結果を得るまでの調整時間は、経験に左右されます。

6.4 データベースのカスタマイズについて

- ・壁体材料の新規登録が可能でしょうか。
- ・熱源の機器特性式などの登録が可能でしょうか。

壁体材料については、現状ではユーザーによる新規の熱物性値の登録は行いませんが、BESTのデータベースにない熱物性値をユーザーが登録できる機能を開発中です。

BESTで使用している機器特性は、現状ではメーカー独自のものではなく、業界団体から頂いた標準的な機器特性を使用しています。専門版では、標準的な機器特性による計算が中心ですが、拡張版などでは、ユーザーが新たに機器モジュールを作成し、自由に検討したい機器を登録できる仕組みを用意する予定です。

6.5 BESTの出力について

- ・どのような結果表示機能がありますか。
 - ・省エネ手法の組み合わせや熱源システムの違いによる比較検討は行えますか。
- BESTの結果表示では、リアルタイムグラフ表示、表、

2次元グラフ、3次元グラフを用意しています。リアルタイムグラフ表示は、任意の項目について計算過程をチェックするのに便利な機能です。結果はcsvファイルに出力され、表、2次元グラフ、3次元グラフはこのcsvファイルを参照して表示します。表は、計算時間間隔ごとの出力のほか、集計処理を実行すれば時刻別や月別などの結果も確認できます。2次元グラフ、3次元グラフは、見たい結果をユーザーが選択してグラフを作成する仕組みとしており、目的に応じて柔軟に対応できる仕組みです。また、画面表示機能には対応していませんが、入力内容を簡単に確認できるよう、帳票のPDF出力機能も用意しています。

先にも説明したように、計算結果はcsvファイルに出力されているため、ユーザーが自由に結果を加工できる仕組みです。よって、検討ケースごとの結果を保管しておくことで、同じ物件に対して複数の検討を行い、最適な手法を抽出することも可能です。

6.6 BESTの利用

- ・BESTはどうすれば利用できますか。
- ・BEST専門版のほかにBEST省エネルギー計画書作成支援ツールもありますが、これはどうしたら入手できますか。

BEST専門版はコンソーシアムにご参加いただくことで利用いただけます。BESTのバージョンアップのほか、Q&Aなどのサポートを何度でも受けることが可能です。コンソーシアムへの参加方法に関しては、BESTのHPに掲載しておりご確認頂けます。(http://www.ibec.or.jp/best/admission/index.html)

BEST省エネルギー計画書作成支援ツールは、来年に公開予定です。行政庁への届出用の計算に対応したバージョンであり、告示に従った計算をしています。BEST専門版と比較すると非常に入力項目が少なく簡易なものです。計算エンジンはBEST専門版と同じものを利用しており、無償公開を予定しています。

まとめ

BESTプログラムは、多様な機器モジュールの接続関係をユーザーが自由に変更することができる、極めて拡張性・柔軟性に富んだシミュレーションツールであり、本稿では、この特性を活かした設備システム側の検討事例について紹介した。特に、蓄熱槽システムやコージェネレーションシステムは、従来、個別の専用検討ツールとして開発されることも多かったが、同じツール内で両者の検討が可能であることを示した。将来的には、両者の併用システムの検討も可能とするだけの拡張性を有している。衛生設備に関しても、時々刻々の時系列シミュレーションを行うことにより、槽容量の詳細チェックなど、新たな検討が可能となることを示した。

これらの検討事例をもとに、入力データを修正するこ

とにより、検討可能な問題を更に発展させることも可能である。例えば、最初に取り上げたCool Bizの検討では、室温を24, 26, 28℃といったように特定の値に固定して検討を行ったが、室温の代わりにPMVを制御量とすることによって、容易にPMV制御のシミュレーションが可能となるため、同一のPMV設定値となるよう条件を揃えた検討もできる。また、紹介した実測建物との比較検討例では、室を含めた建物全体の計算をすることにより実測値との比較を行ったが、BEMSデータにより熱源への冷水還水温度および流量の実測値が入手できれば、これらをBESTの境界条件とすることによって、熱源周りに的を絞って熱源の挙動をチェックすることができ、コミッショニングツールとしての利用も可能となる。

このように、ユーザーが自由に機器構成を変更できる柔軟性により、機器単体からサブシステム、建物と空調の連成、さらには電気・衛生設備を含めた連成へと計算対象を自在に変化させることを可能としている点がBESTの大きな特徴といえる。

今後の課題としては、データ入力の手間が削減される。拡張性の確保のため、要素機器をなるべく細分化したモデル化を行っているが、その分、要素機器とおしの接続に手間が掛かることになる。BESTでは「テンプレート」と呼ばれる機能を用いることによって、「熱源周り」や「空調機」といったグループ化されたユニットを構築し、その内容の詳細を知る必要もなくシステム構築を行えるようになっているが、より多くのユーザーが快適に利用できるようにするためには、データ入力に関する、より一層の簡易化が必要と考えられる。

BEST専門版では、ユーザーからの相談窓口を設けており、多くの要望・質問が寄せられている。これらのご意見・ご要望を反映させたツール整備を怠ることなく継続することが、BESTの更なる発展・普及に必要であると考えられる。

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)、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:井上隆、一ノ瀬雅之(以上、東京理科大学)、上田博嗣、角谷亜璃砂(以上、大林組)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、黒本英智(東京電力)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、瀧澤博(元鹿島建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(新日本空調)、柳井崇(日本設計)、事務局:生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

参考文献

- 1) 村上周三ほか:特集 The BEST Program, 空気調和・衛生工学, Vol.82, No.11, pp.3-73, 2008.11
- 2) 村上周三, 石野久彌ほか: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1)~(その38), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1972-2040, 2007.9, pp.1077-1156, 2008.8
- 3) 村上周三, 石野久彌ほか: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39)~(その61), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2009.9

(平成21年7月25日 原稿受理)