

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63）  
省エネルギー計算書作成支援ツールの特徴（その2）

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST(Part 63)

Features of the BEST

正会員 野原 文男（日建設計）  
正会員 坂本 雄三（東京大学）  
正会員 二宮 博史（日建設計）

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）

Fumio NOHARA \*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Yuzou SAKAMOTO\*<sup>3</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>4</sup> Hiroshi NINOMIYA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Nikken Sekkei Ltd. \*<sup>2</sup> Building Research Institute \*<sup>3</sup> The University Of Tokyo \*<sup>4</sup> Tokyo Metropolitan University

The BEST (Support tool to make an energy saving plan for a building permission) (Hereinafter, it is simply called the BEST) is quite simple and easy to use. The reason why the BEST is so simple is that automatic AC system capacity decision algorithm based on peak load calculation is applied to the BEST. This paper shows this automatic AC system capacity decision algorithm in detail.

はじめに

BEST（省エネルギー計画書作成支援ツール）（以降、単にBESTと呼ぶ）の特徴は入力項目が少ないことにある。これは設備容量計算などを自動で行っているからである。これらの本来は入力すべき項目を自動化できたのは、BESTは5,000㎡以下の比較的規模の小さい建物を対象としていることからPAC空調が主流であり、仮に中央熱源方式であってもポンプやファンの揚程が小さく全体のエネルギー消費に及ぼす影響も少ないと想定できるからである。また、BEST以外にも手計算法やポイント法があるので、BESTの想定と著しく異なる場合は、これらの選択肢があることによる。

ここでは既報で紹介できなかった自動設備容量設定機能などBESTによるCEC/ACの計算法について紹介する。

1. CEC と PAL 算出のための3種の計算

BESTでは計算実行命令によりPALとCECが同時に計算できるが、PAL計算とCEC計算は独立して計算している。PAL計算は建物単独計算法による年間負荷計算、CEC計算は建物と設備の連成計算法による年間シミュレーションである。特徴の一つである自動設計のために最大負荷計算も自動で行っている。計算は次の手順で実行される。ユーザーの入力情報から最大および年間の負荷計算用の入力データを自動作成、最大負荷計算を実行、PAL計算のための年間負荷計算を実行、最大負荷計算結果から二次側空調設備などを自動設計し年間シミュレーション

用の入力データを自動作成、CEC計算のための年間シミュレーションを実行、PAL値およびCEC値を算出する。

年間シミュレーションは、計算時間間隔を10分で1年間行いエネルギー消費量を算出している。

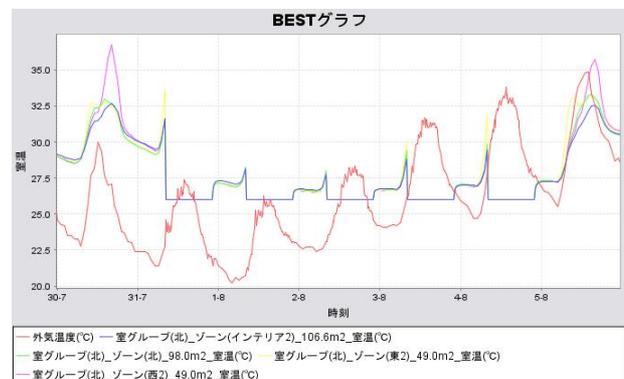


図1. 建築単独計算結果の例（PALの計算）

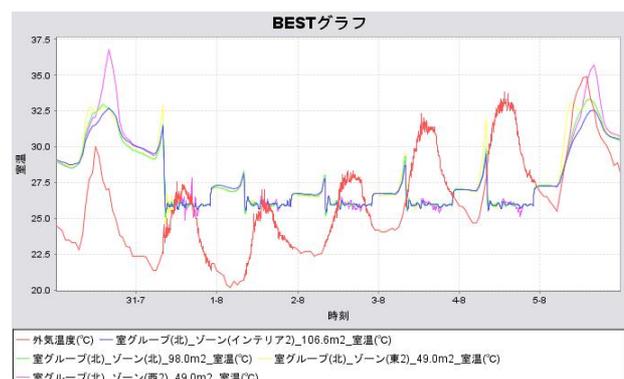


図2. 建築と設備の連成計算結果の例（CECの計算）

図1に建築単独計算結果の例、図2に建物と設備の連成計算結果の例として冷房期の1週間分のゾーンの室温の変動状況を示す。空調時間帯の室温を比べると、PAL計算のための建築単独計算では目標温度の26 が保たれているのに対し、CEC/AC計算のための連成計算では目標温度の26 付近で上下を繰り返すものとなっている。これは冷水コイルの2方弁を還り空気温度によりPID制御しているためである。BESTのCEC/ACの計算では、設備能力の過不足は室温の変動として処理されていることになる。

## 2. 地域区分と気象データ

日本全国をA からLまでの12 地域に区分し、その代表都市の気象データを使用している。この地域区分は拡張デグリーデー(EDD)法によるPAL 計算の区分と同じである。A、B、Cの地域を寒冷地域、KとLの地域を暑熱地域、その他を一般地域とする。地域を指定する場合の建設地の標高による補正をEDD法と同様に行なう。

気象データは拡張アメダス(1981~2000の標準気象データ)を使用する。標準気象データの1時間データから10分間隔の気象データが作られ、年間シミュレーションで使用している。

表1. 12地域の代表都市

寒冷地域	一般地域	暑熱地域
A: 旭川	D: 仙台 E: 前橋 F: 富山	K: 鹿児島
B: 札幌	G: 東京 H: 静岡	L: 那覇
C: 盛岡	I: 名古屋 J: 大阪	

表2. パッケージ方式で扱えるシステム

タイプ	EHP, GHP
省エネ手法	全熱交換器(有無、採用率、バイパス制御) 予熱時の外気カット(採用率) その他 冷媒配管長 室内機のタイプ

表3. セントラル方式で扱えるシステム

熱源の種類	熱源は2種類まで指定できる
第1熱源	空気熱源ヒートポンプチャラー 吸収式冷温水機 真空温水器 排熱投入型吸収冷温水機 ターボ冷凍機
第2熱源	蓄熱システム 空気熱源ヒートポンプチャラー 吸収式冷温水機 真空温水器 ターボ冷凍機
省エネ手法	熱源台数制御(第1熱源が優先運転) 水搬送(定流量、変流量、大温度差送水) 空気搬送(定風量、変風量、大温度差送風)、 外調機+FCU方式 全熱交換器(有無、採用率、バイパス制御) 予熱時の外気カット(採用率) 外気冷房

## 3. 二次側空調設備等の自動設計

BESTで扱える熱源・空調システムを表2と表4に示す。BESTでは、操作・入力簡易であることを最優先事項として開発したため、入力項目が限定されている。入力項目の決定に際して、ポイント法(仕様基準)の評価項目を参考としている。例えば、設備機器の容量の入力は熱源本体(パッケージは室外機)などに限定している。パッケージ方式場合、複数ある室外機の定格能力や消費電力を合計値で入力すればよい。セントラルの場合も同様で、2種類の熱源として設定する。

熱源用の一次ポンプの仕様(水量や消費電力等)は、ユーザーが入力した熱源の能力からプログラムが決定している。二次ポンプも同様にプログラムが決定している。さらに、二次側の機器もプログラム側で設定している。

PALおよびCEC/AC計算のためにモデル化したゾーニングでBESTによる最大負荷計算を行い、その結果から二次側の機器(パッケージの室内機や空調機等)の仕様をプログラム側で設計している。このように、入力項目が限定されているため計算に不足している情報は、プログラム側が標準的な設計を行い機器の仕様を設定している。

図3、図4に最大負荷計算結果の例を示す。暖房側で2種、冷房側は3種類の最大負荷が計算される。画面で装置負荷(顕熱、潜熱、全熱)の最大値を確認できる。

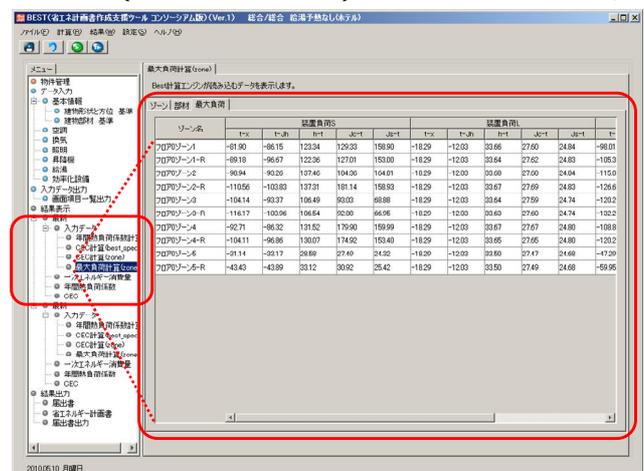


図3. 最大負荷計算結果の表示例

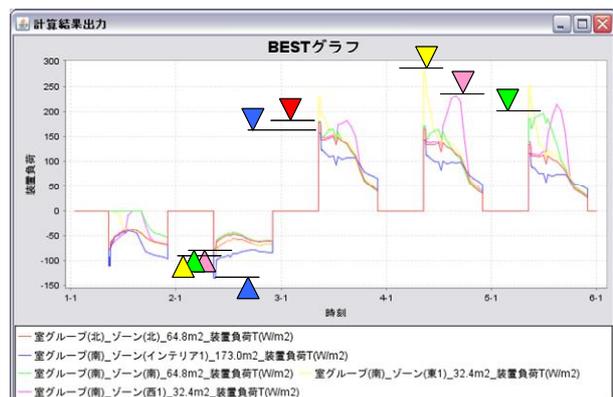


図4. 最大負荷計算結果の例

図5にBESTとBEST専門版の関係を示す。BESTは、計算部分にBEST専門版の計算エンジンを利用しており、画面からの入力情報をもとにプログラムが自動的に空調システムをモデル化し、必要な計算モジュールとその仕様を決定し、計算エンジンが読み込める形の入力データを作成する。計算が完了すると、年間仮想空調負荷と年間空調エネルギー消費量を同時に計算しCEC/ACを算出する。CEC/AC計算では、分母の年間仮想空調負荷と分子の年間空調エネルギー消費量を同一の条件で計算することが重要であり、BESTもこれに則った計算を行っている。図6は自動設計された機器モジュールの仕様表示例である。プログラム側で自動設計した機器モジュールの構成や仕様を画面から確認することができる。

シミュレーション時に使用する気象データやその地域区分、室の目標設定温湿度、人、照明、機器などの発熱量などの条件はPAL計算時のものと基本的に同じである。建物種類、立地場所や室用途などの入力情報に応じて、対応するデフォルト値や固定値をプログラムが自動で設定している。

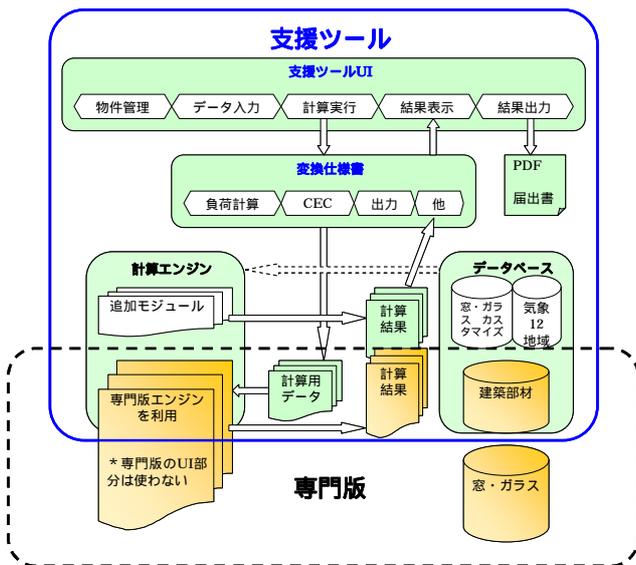


図5 . BEST と専門版の関係

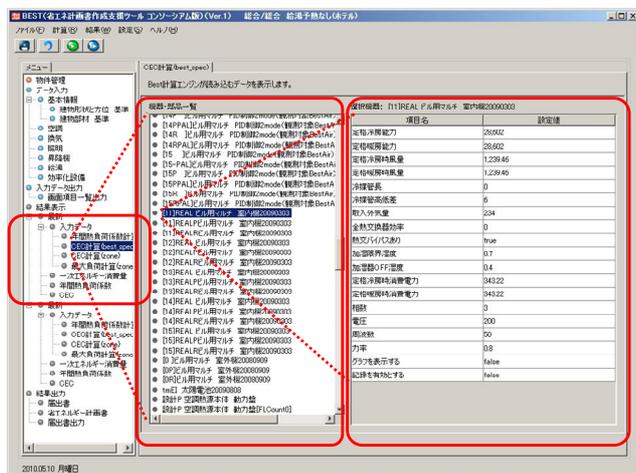


図6 . 自動設計された機器モジュールの仕様表示例

### 3.1 パッケージ空調システムの自動設計

#### 3.1.1 室内機の容量設定と室外機容量の按分方法

パッケージ方式の場合、室外機は、階および室用途で系統が分かれているものとして扱っている。室内機はPAL計算の自動設定されたゾーン単位で自動設計を行っている。室内機の容量はユーザーが入力する室外機の容量に関係なく、最大負荷計算結果より各ゾーンの最大負荷をもとに決定している。各階の室外機の容量は、最大負荷から決定した各階の室内機容量を合計したものをもとに、ユーザーが入力した室外機の容量を按分して設定している。室外機の消費電力も同様の方法で按分し設定する。

#### 3.1.2 冷媒配管長さの補正

冷媒配管長さの補正は、各階室内機と室外機間の各々の実際の冷媒配管長さではなく、入力された平均長さによって機器特性に反映し計算されている。

#### 3.1.3 全熱交換機

全熱交換機のバイパス制御は外気と室内のエンタルピー差を判断して制御を行う計算がされている。採用率の扱いは、全熱交換器があるゾーンと無いゾーンを考えるのではなく、全て全熱交換器があるとしてその全熱交換器の効率を採用率の入力値により平均効率として見直す方法で対処している。

#### 3.1.4 予熱時の外気カット

空調運転スケジュールに対して、空調運転開始時1時間は外気導入を行わない制御を行っている。採用率の入力値については、外気導入開始時刻を10分単位で変更することで対応している。例えば、採用率100%の場合は1時間の外気カット、採用率50%の場合30分間の外気カットを行うものとしている。

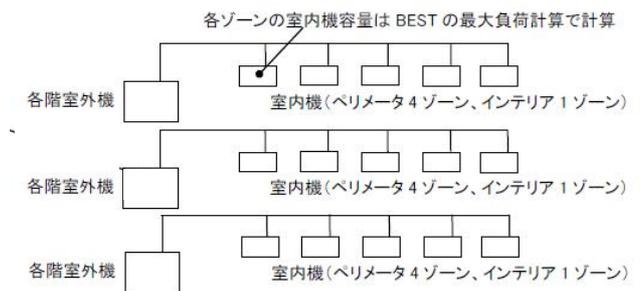


図7 . 室内機の容量設定と室外機容量按分方法

### 3.2 セントラル空調システム

#### 3.2.1 空調機の容量設定

セントラル方式の場合、各階に空調機があると想定し、各ゾーンの最大負荷計算を行い、送風温度差より各ゾーン風量を算出しその合計風量を空調機の風量として自動的に設定している。空調機風量と全静圧(SA ファン=300Pa、RA ファン=100Pa、その他 50Pa 設定、ファン効率=0.55)より空調機の軸動力を算出し、モータ効率 0.85 とし、空調機ファン電力消費量を設定している。

またコイル能力についても、各ゾーンの最大負荷計算集計より各空調機の冷却および加熱コイルの能力を自動的に設定している。

### 3.2.2 ポンプの容量設定

入力された熱源容量から1次ポンプは温度差5（冷却で7 12、加熱で45 40）、2次ポンプは入力された温度差（標準は5）で水量を決定し、水量と圧損（20mAq設定）ポンプ効率=0.5にてポンプの軸動力を算出し、モータ効率0.85とし電力消費量を設定している。

### 3.2.3 熱源種類の選択

熱源は2種類まで入力が可能で、同じ種類のもの、もしくは違う種類のものを一つずつ選択が可能である。ただし蓄熱システムとコージェネレーションシステムによる排熱投入型吸収式冷温水機の併用は出来ない。入力した熱源で建物全体を処理するものとしている。また蓄熱システムは、連結完全混合型の水蓄熱システムを設定して計算をしている。

### 3.2.4 熱源台数制御

熱源を複数選択した場合には、自動的に熱源台数制御運転が実施される。このときベースとなる熱源は入力画面の1段目の熱源として設定される。

### 3.2.5 水搬送方式と変流量制御

水搬送で送水温度差を設定することにより大温度差送水による空調システムを計算出来る。

### 3.2.6 空調方式と変風量制御

空調方式で送風温度差を設定することにより大温度差送風による空調システムを計算出来る。

### 3.2.7 全熱交換機

パッケージの場合と同様に全熱交換機のバイパス制御と採用率を扱っている。空調機においてはSAファンとRAファンが基本として有り、全熱交換機が採用されている場合は全熱交換機用OAファンとEAファンを採用率を考慮して追加した構成としている。

### 3.2.8 予熱時の外気カット

パッケージの場合と同様に処理している。

### 3.2.9 外気冷房

外気と空調機への還り空気のエントルピー差を計算し、外気冷房が適切な場合には外気冷房運転を自動的に行う設定で計算を行っている。

### 3.2.10 FCU(ファンコイルユニット)

FCU(ファンコイルユニット)を選択すると、外調機+FCU(ファンコイルユニット)方式の空調システムとなり、外調機の風量が必要最小外気量から、FCUの容量は各ゾーンの最大熱負荷計算結果から自動的に設定されている。FCUは600番サイズのデータをもとに最大負荷計算結果から台数を決め、ファン動力も考慮している。

## 4. 過負荷の扱いについて

BESTによる計算上の注意点は、熱源機器やパッケージ

機器能力の入力である。建物負荷に対して機器の能力を小さく入力した場合には冷暖房負荷を完全には処理できず、室温湿度が設定値を満たしていない時間帯が発生することになり、結果としてエネルギー消費量が小さく算出される。従って、熱源機器やパッケージ機器の能力を誤って小さい値で入力した場合にはCEC/ACが小さい値で出力されるため、十分に注意が必要である。

図8は熱源の送水温度のヒストグラムである。左側が熱源容量が小さい場合で、冷房期間の送水温度が上昇しており負荷に対して熱源容量が不足していることが分かる。



図8. 熱源の送水温度状況の比較

## 4. おわりに

BESTのCEC/ACの計算を中心に特徴を説明した。入力項目を減らすことを優先しているために、不足する情報は標準的な建物や設備を想定して定めた。設備容量を過小に入力すると、CEC値が判断基準値を満たしたとしても負荷が適正に処理されないことに注意が必要である。

【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(村上周二委員長)」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)、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。行政支援ツール開発委員会 名簿(順不同) 委員長：坂本雄三(東京大学院大学教授)、委員：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、上田博嗣(大林組)、佐藤正章(鹿島建設)、高井啓明(竹中工務店)、田島昌樹(国土交通省)、野原文男、二宮博史(以上、日建設計)、柳井崇(日本設計)、協力委員：山田陽介(国土交通省)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)、行政ツール対応開発委員会 詳細検討WG 主査：野原文男(日建設計)、委員：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、岩本静男(神奈川大学准教授)、近藤純一(鹿島建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、三木保弘(国土交通省)、矢川明弘(清水建設)、柳井崇(日本設計)、二宮博史、篠原奈緒子(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) 二宮他 建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発(第10報)建築学会大会学術講演梗概集、2009.8
- 2) 芝原他 建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発(第14報)建築学会大会学術講演梗概集、2009.8
- 3) 野原他 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20) 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2008.8