

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 66）

## 最大熱負荷の安全度評価と予冷熱時間の検討

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 66)

### Safety Evaluation of Design Thermal Peak Load

### and Examination of Recovery Hours in Intermittent Operations

正会員 ○郡 公子（宇都宮大学）

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 長井 達夫（東京理科大学）

Kimiko KOHRI\*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>3</sup> Tatsuo NAGAI\*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup>Utsunomiya University \*<sup>2</sup>Building Research Institute \*<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan University \*<sup>4</sup>Tokyo University of Science

This paper presents a concept of evaluating the safety of HVAC equipment capacities by estimating the occurrence ratio of insufficient heating or cooling from simulations through ten years with the actual weather conditions. The warming-up or pulling-down hours assumed in daily periodical peak load simulations are examined for obtaining the sufficient capacities in the operation that is stopped on holidays.

#### 1. 序

最大熱負荷を日周期定常計算から求める方法は、実用的な計算法として一般的に利用されてきた。BEST でも、この方法を採用している。しかし、日周期定常計算には、休日の運転停止による蓄熱負荷増加の影響を考慮できないという限界がある。これまでは、設計用気象データがかなり安全側条件として作用しがちであることや、予冷熱時間を 1 時間間隔にしか設定できない、実際の運転で予冷熱時間のある程度調整できるなどの理由から、日周期定常最大熱負荷は、休日無視の影響を検討されないまま使用されてきた。

BEST では、現実的な気象である拡張アメダス設計用気象データを使用する。また、予冷熱時間の設定が自由で、1 時間より短い設定もできる。そこで、改めて、休日の影響を検討した。

#### 2. 休日運転停止の影響の考慮法

土日曜日の空調停止の影響を考慮するために、週周期定常計算を行う方法があるものの、同一の設計気象が連日続くとした上で土日の影響を考慮すると、過大負荷となる。日周期定常計算を前提にすると、計算結果に補正係数を乗じる方法と予冷熱時間を短めに設定して計算する方法が考えられる。本報では、予冷熱時間設定が自由である BEST の長所を活かし、予冷熱時間を短めに設定する方法を検討する。設計用予冷熱時間が妥当かどうかの判断のために、得られた最大熱負荷を装置容量して 10 年間実在気象による熱負荷計算を行い、能力不足時間率を求め評価した。対象は顕熱のみである。

#### 2. 基準条件と最大熱負荷計算

検討にあたり、図 1、表 1 に示すオフィス基準階を、基準条件として設定した。予冷熱時間は 30 分、予冷熱中の計算時間間隔は 5 分である。最大熱負荷計算における

内部発熱の割増し、割引きは行わず、年間計算での条件と一致させた。空調方式は、ペリメータゾーンは FCU、インテリアゾーンは AHU を想定し、インテリア空調装置に対してのみ外気導入するものとした。図 2 に、拡張アメダス設計用気象データを使用する最大熱負荷計算結果を示す。冷房では、インテリア、東、北ゾーンの最大熱負荷が、予冷時に発生した。暖房最大熱負荷は、どのゾーンも予熱時に発生した。

#### 3. 能力不足時間率を求めるための年間計算条件

既報<sup>1)</sup>では、便宜的に標準年気象データを使う年間計算から能力不足時間数を求めたが、本報では、1991～2000 年の実在年拡張アメダス気象データによる 10 年間の計算から、能力不足時間率（年基準値）を求め、評価することにした。年間計算では、空調開始から室使用開始までを予冷熱時間とし、室使用開始から空調終了までの時間帯について、能力不足の判定を行う。また、能力不足時間率を算出する際に使用する空調時間数は、実際の値ではなく、1 日 10 時間空調・週休 2 日運転の場合の基準空調時間数で固定した。

図 3、4 は、10 年間計算用の予冷熱時間を最大熱負荷計算条件と同じ 30 分として、連日運転、週休 2 日運転の 2 ケースについて、装置容量と能力不足時間率の関係を求めた結果である。10 年分を総合した線のほか各年の線も示し、また最大熱負荷計算結果を装置容量とする場合のプロットも加えた。年によって能力不足時間率にかなり差が生じる場合がある。また、わずかな装置容量の差で能力不足時間率が大きく変わる場合もあり、詳細な環境評価のためには、室温スウィング量の考慮も必要といえる。本報では、10 年を総合する能力不足時間率を評価に用い、許容値を、やや厳しい条件といえる 0.5% とすることにした。

図3の冷房の結果より、最大熱負荷計算結果を冷房装置容量とする場合、連日空調運転に対しては、どのゾーンも能力不足時間率0.5%以下で安全といえるが、週休2日運転とすると北ゾーンが危険となった。蓄熱負荷を基本的に受け持たない南、西ゾーンの能力不足時間率はあまり変化しなかった。図4より、暖房に関しては、最大熱負荷計算結果を暖房装置容量とすると、連日運転、週休2日運転ともに、能力不足時間率は0.5%以下となり、安全となった。本図にはインテリアゾーンのみを示したが、他のゾーンも同様の結果であった。本試算では、暖房より冷房の設計計算において、休日運転停止の影響を考慮する必要があるとの結果となった。

実際の運転では休日明けをはじめとして必要に応じて予冷熱時間を延ばせるので、年間計算用の予冷熱時間を

少し長めに設定して、能力不足時間率を求めることにした。図5は、10年間計算において予冷熱時間を30、60、120分としたときの、装置容量と能力不足時間率の関係を比較したものである。予冷熱時間を30分に対して60分、あるいは60分に対して120分になると、能力不足時間率1%以下の場合に、同じ装置容量でも能力不足時間率を0.2%前後は抑制できることがわかる。以降の検討では、運用で予冷熱時間を最長60分まで延長できると想定し、年間計算用予冷熱時間60分の条件で、能力不足時間率を求めることにする。

#### 4. 各種ケースにおける設計用予冷熱時間の検討

いくつかのケースについて、設計用予冷熱時間と最大熱負荷、得られた最大熱負荷を装置容量とする場合の能力不足時間率の関係を調べた。設計用予冷熱時間

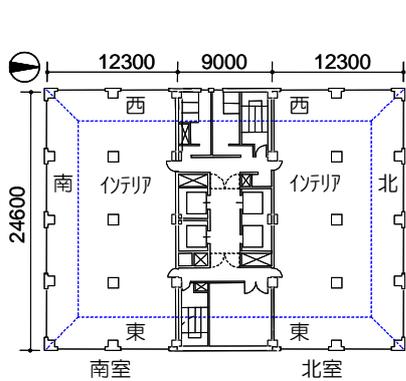


図1 オフィス基準階

表1 基準計算条件

気象	拡張アメダス気象データ(東京) 設計用、実在年(1991-2000年)、標準年
建物	標準オフィス基準階8ゾーン ペリメータ奥行き3m
	窓: 窓面積率68%、low-e複層ガラス+明色ブラインド
空調	内部発熱: 照明20W/m <sup>2</sup> 、在室者0.15人/m <sup>2</sup> 、機器15W/m <sup>2</sup> 、季節による割増し・割引係数使用は非使用
	空調時間: 8:30~18:00 予冷熱時間: 8:30~9:00 外気導入: 8:45~22:00(外気カット) 年間計算での休日: 週休2日運転
	設計温湿度 夏期: 26°C、60%(インテリア、ペリメータとも) 冬期: 22°C、50%(インテリア)、22°C、加湿制御なし(ペリメータ)
	空調装置 インテリア: ペリメータ供給分の外気も導入。夏期は冷却除湿、冬期は冷却除湿加熱加湿による温湿度制御。 ペリメータ: 外気導入なし。夏期は冷却除湿による温湿度制御、冬期は加熱による温度制御。 外気導入量: 6.6CMH/m <sup>2</sup> (インテリア単位床面積当たり)
その他	計算時間間隔 8:00まで60分、8:00~9:30は5分、9:30~18:00は30分、18:00~18:30は5分、18:30~19:00は30分、19:00~24:00は60分

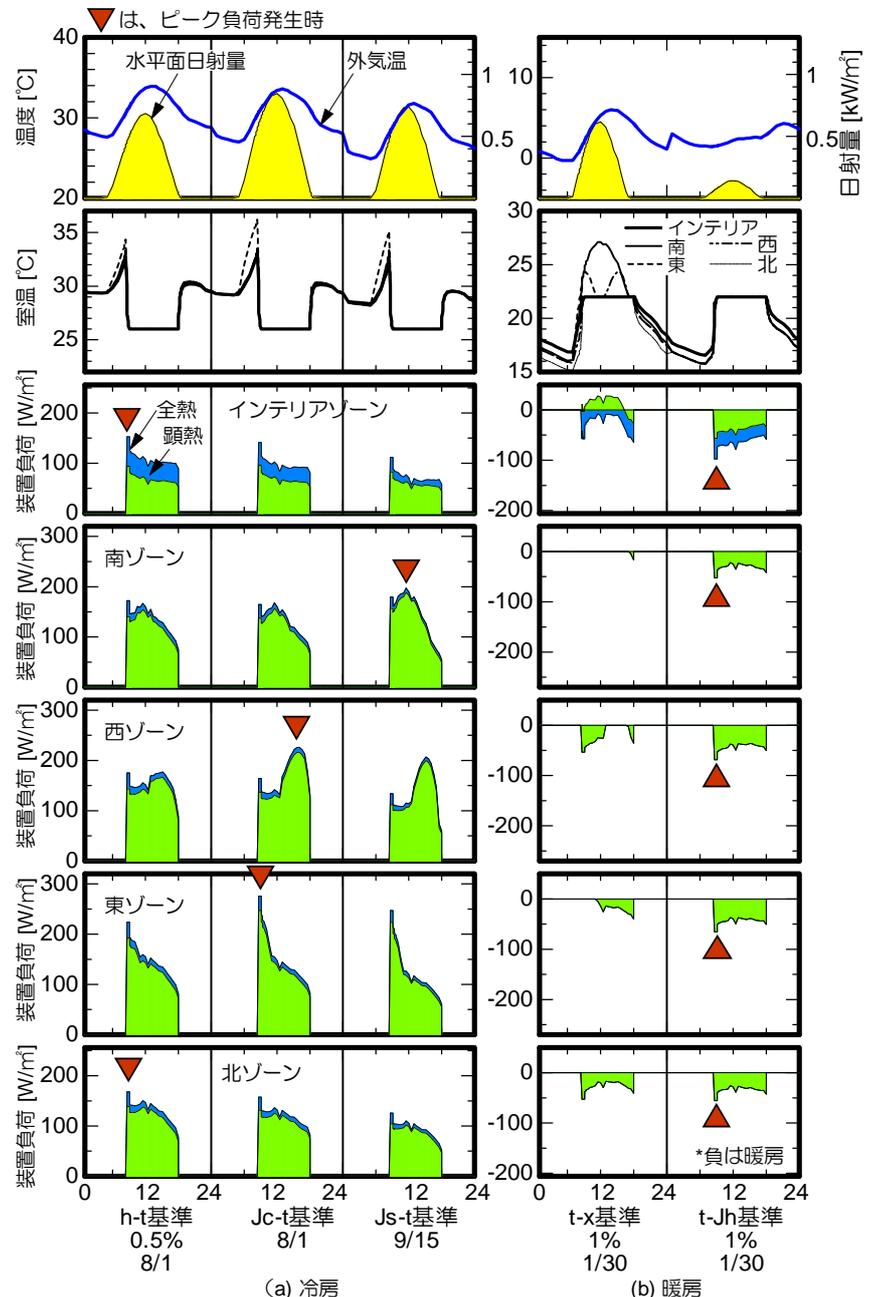


図2 基準条件での最大熱負荷計算結果

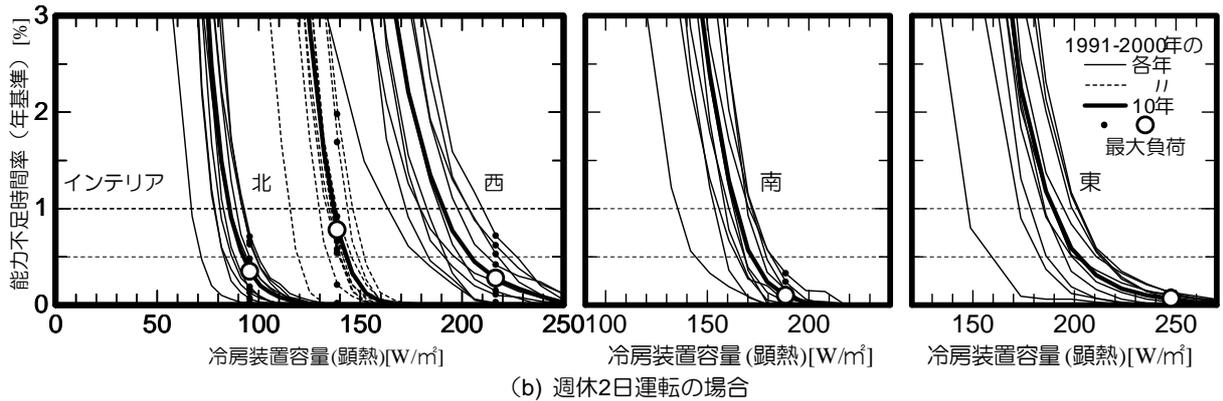
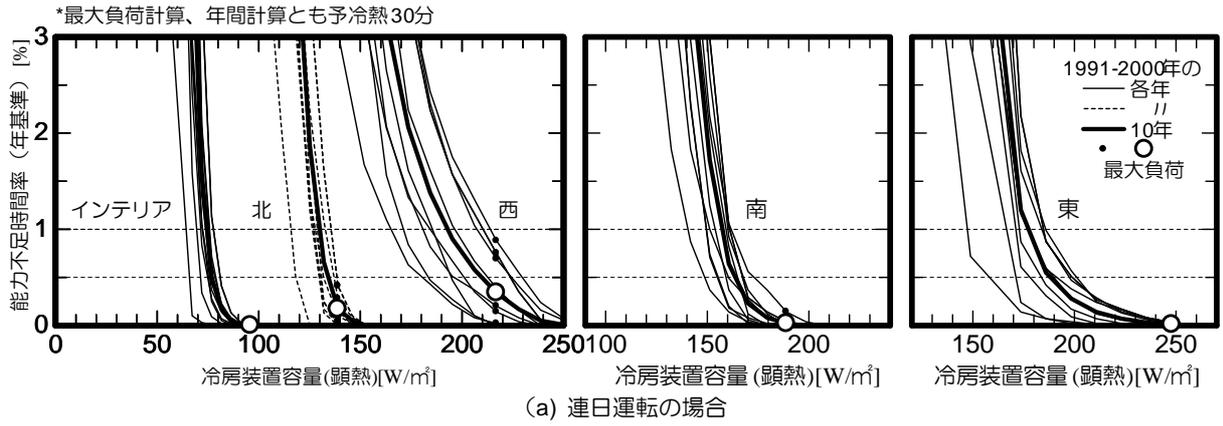


図3 10年間計算での休日の有無と能力不足時間率 (冷房顕熱)

【図3-7 注記】能力不足時間率は、実際の冷暖房時間数によらず、冷房2550時間/年、暖房2460時間/年に対する比率とした。能力不足時間率1、0.5%とは、それぞれ1年間に25、13時間能力不足を許容する場合

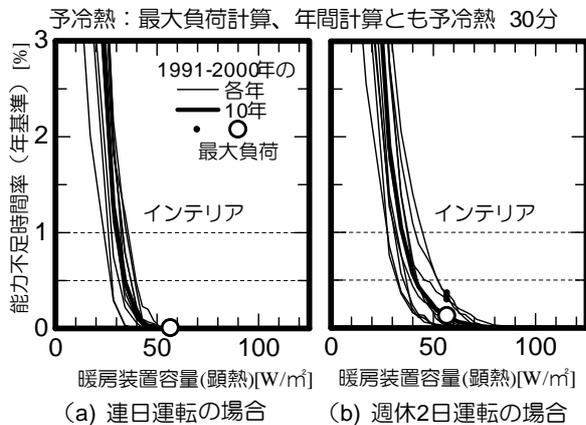


図4 10年間計算での休日の有無と能力不足時間率 (暖房顕熱)

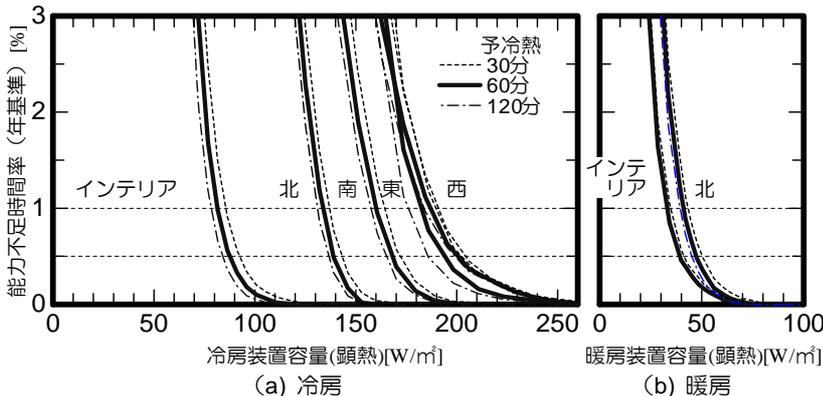


図5 10年間計算での予冷熱時間と能力不足時間率 (週休2日運転)

は、15～60分間の6種について計算した。冷房の結果を図6に示す。基準ケースでは、設計用予冷時間30分にするると、全てのゾーンが能力不足時間率が許容値である0.5%以下となった。図6(b)より、室使用時間を4時間延ばし22:00まで空調する場合、設計用予冷時間30分では、北ゾーンのほかにインテリアゾーンでも能力不足時間率が0.5%を超えた。このことから、設計用予冷時間を短くする以前に、設計計算で室使用時間を長めに設定しないことが重要であるといえる。図6(c)より、窓主方位が北から45°ずれると、そのゾーンは設計用予冷時間が60分でも能力不足時間率は0.5%以下となる。暖房の結果を図7に示す。室使用時間を延長するケースは、基準ケースより能力不足時間率が増えたが、0.5%を超えなかった。図7(c)の各ゾーンAHU方式でのインテリアゾーン空調

装置は、基準ケースより単位床面積あたりの外気負荷が小さく、相対的に蓄熱負荷の比率が増え、設計用予熱時間を45分より短くしないと、能力不足時間率が0.5%を超える。

## 5. 結

最大熱負荷の安全度を、実在気象10年分を使用する熱負荷計算から能力不足時間率を求めて評価する方法を示した。実際の運転で、予冷熱時間を必要に応じ最長60分まで延長できると想定した場合、本検討では、設計用予冷

【図6、8 注記】 基準ケースは、設計用予冷熱時間以外が表1の条件のときで、その他のケースの基準条件に対する変更点は次の通り。中間方位：平面図を45°回転。 室使用時間4時間延長：室使用時間を9:00~22:00に変更。 内部発熱30%：最大負荷計算、年間計算とも、照明、人体、機器発熱が基準条件の30%。 各ゾーンAHU方式（奥行き5m）：ペリメータ奥行きを5m、各ゾーン空調装置の外気導入量を3.75CMH/m<sup>2</sup>に変更。

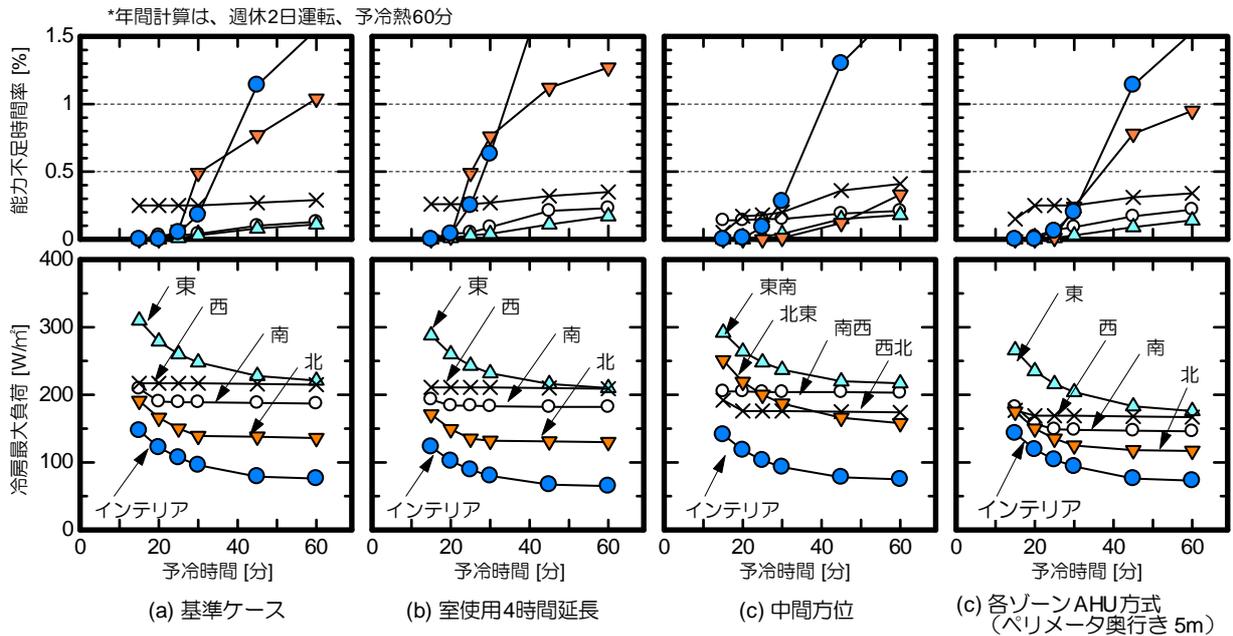


図6 設計用予冷時間と冷房最大熱負荷・能力不足時間率

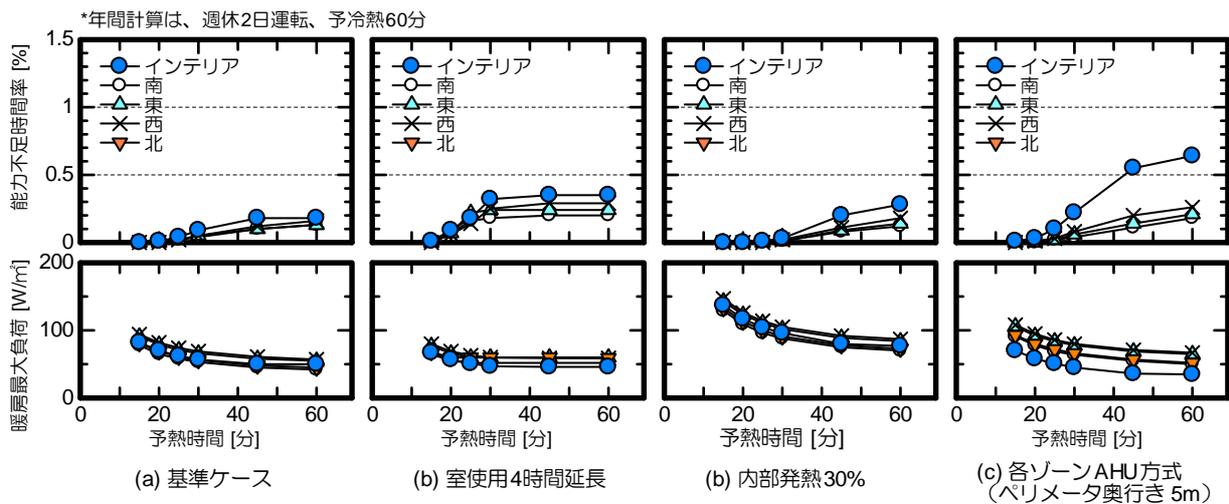


図7 設計用予熱時間と暖房最大熱負荷・能力不足時間率

熱時間を30分とすると、能力不足時間率を0.5%以下に抑えることができた。今後さらに、最大熱負荷の安全度評価を進める予定である。

【謝辞】

本報の研究成果の一部は、科研費補助金21560610および高橋産業経済研究財団助成金による。また、(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(東京理科大学)、一ノ瀬雅之(東京大学)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、久保木真俊(日建設計)、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)、品川浩一(日本設計)、芝原崇慶(竹中工務店)、

新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境・設備一級建築士事務所)、滝澤総(日建設計)、滝澤博(元鹿島建設)、高橋亜璃砂(大林組)、長井達夫(東京理科大学)、二宮博史(日建設計)、二宮秀興(鹿児島大学)、丹羽勝巳、野原文男、長谷川巖、田端康宏(以上、日建設計)、平林啓介(三菱UFJ銀行)、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)

【文献】

- 1) 郡・村上・石野・長井: 外皮・躯体と説設備・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45)、(その46) 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.663-670、2009.9
- 2) 郡・村上・石野・長井: 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12報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.981-982、2009.9
- 3) 郡・石野: 暖房設計用t-x基準、t-Jh基準気象データの提案、日本建築学会環境系論文集、No.596、pp.83-88、2005.10、冷房設計用h-t基準、Jc-t基準、Js-t基準気象データの提案、日本建築学会環境系論文集、No.599、pp.89-94、2006.1