

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 193）
住宅版の建築計算方法とケーススタディ

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST(Part 193)

Outline of Thermal Load Simulation Methods for BEST-H and Case Studies

正会員 ○飯田 玲香（日建設計） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）
技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 長谷川 巖（日建設計）
正会員 小林 弘造（日建設計） 正会員 二宮 博史（日建設計）

Reika IIDA*1 Shuzo MURAKAMI*2 Hisaya ISHINO*3

Iwao HASEGAWA*1 Kozo KOBAYASHI*1 Hiroshi NINOMIYA*1

*1 Nikken Sekkei Ltd. *2 Institute for Building Environment and Energy Conservation

*3 Tokyo Metropolitan University

This paper shows an outline of a thermal load simulation methods for BEST-H, which has newly been developed, and several case studies. The case studies indicate that exterior solar shading, heat insulation and airtight have a great influence on the thermal loads. In addition, ventilation of each zone makes the indoor environment uniform, but the thermal loads tend to increase.

はじめに

本報では、BEST-H(以降、本ツール)の特徴となる熱負荷計算について述べ、ケーススタディの結果を報告する。尚、本ツールの計算エンジンは、BEST^{注1)}である。

1. 計算方法

室内環境を一質点とした多数室計算を行うことで隣接室の相互影響を考慮した計算^{文1)}を行っている。ここでは、計算エンジンへ受け渡す設定条件について述べる。

1.1 室用途

住宅事業建築主の判断の基準^{文2)}を参考に、LD、和室、台所等の人、照明、機器、空調、換気等の年間運転スケジュールや発熱密度[W/m²]を予めセットした室用途をデフォルトとして設定した(図-1)。ユーザーはこの室用途を利用して室の入力を行う事が可能である。例えば、LDに照明器具[W]を設置すると、その室用途で設定された照明運転スケジュールに合わせて点灯する。

1.2 部材

外壁、屋根、床部材等の部材構成は、一般的な木造(充填断熱工法)^{文3)}の部材をデフォルト部材として設定した。尚、部材構成はユーザーが作成することも可能である。

窓ガラスは、住宅用途で使われる57品種のデータベースを用意し、カーテン等の開閉により表1の基本から状態1~3の光熱性能へ2パターン^{文2)}の性能に変化するよう整理した。例えばNo1の場合は、遮蔽物の無いガラス(基本)からLC若しくは厚手C、外部シャッターの開閉が可能である。各遮蔽物の光熱特性を表2に示す^{注3)}。

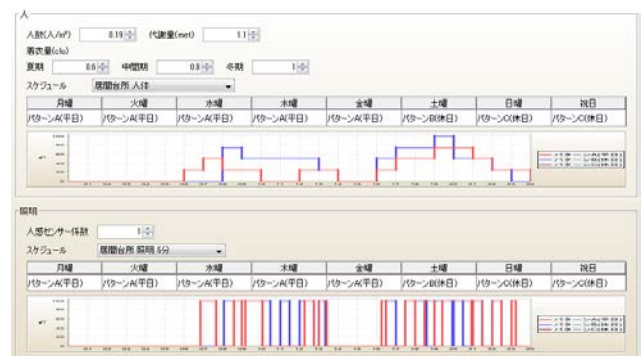


図-1 LDの人・照明スケジュール

表1. 遮蔽物の条件

No.	基本	状態1	状態2	状態3	備考
1	ガラス	+LC	+厚手C	+外部シャッター	洋室
2	ガラス +LC	+厚手C	+外部シャッター	-	LC常閉
3	ガラス	+和障子	+外部シャッター	-	和室
4	ガラス+ 和障子	-	+外部シャッター	-	和障子常閉

※LC：レースカーテン、厚手C：厚手のカーテン

表2. 遮蔽物の光熱特性

種類	透過率 [-]	反射率 [-]	付加熱抵抗 [m ² K/W]
LC	0.550	0.400	0.034
厚手C	0.120	0.510	0.052
和障子	0.250	0.600	0.069
外部シャッター	0.200	0.500	0.052
LC+厚手C	0.083	0.594	0.086

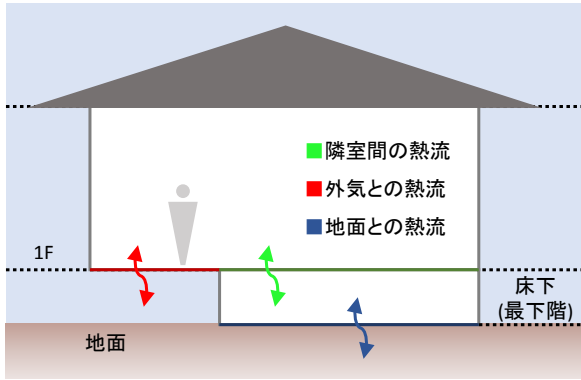


図-2 床部材の熱負荷計算の種類 (断面)

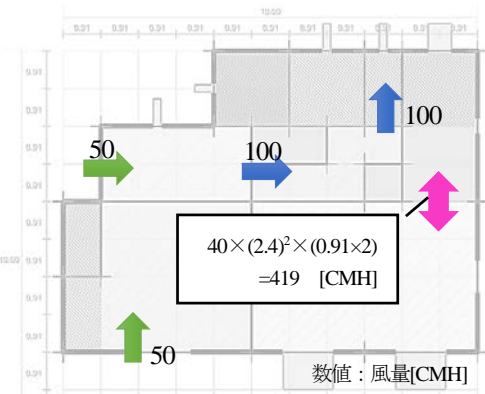


図-3 換気ルートと風量

1.3 内壁・床/土間 (図-2)

隣接室の間に内壁や床を設定することで、熱的相互影響を計算する。平面図で床部材を入力する際、床下が屋外の場合はピロティ、最下階の場合は土間として床下に地中温度^{注4)}が設定される。

1.4 隙間風 (漏気)

デフォルトの隙間風として0.1[回/h]を設定した。尚、ユーザーが室ごとに変更することも可能である。

1.5 家具熱容量

暖冷房運転開始時においては家具等の熱容量の影響が大きいことから、ユーザーによる設定変更を可能とした。

1.5 換気 (図-3)

平面図上で換気ルートと風量、換気スケジュールを設定することで、外気導入や風向を加味した室間の換気を設定することが可能である。

また、室と室の間に内壁が無い場合は、天井高を考慮して、式(1)^{注5)}の換気量 Q [CMH]が自動的に設定される。

$$Q = 40 \times H^2 \times W \quad \cdots \text{式(1)}$$

H: 天井高[m], W: ゾーン同士が接する境界長さ[m]

2. ケーススタディ

日射遮蔽、断熱・気密、室間での換気による建物熱負荷や室内環境への影響について比較検討を行う。尚、気象データは標準年の拡張アメダス2000年版とし、計算時間間隔は1時間とした。

2.1 建物概要

“標準”ケースとなる建物の概要を示す。東京の平屋建て64.74 m²の建物^{注6)}とし、屋根裏空間と床下空間を設定した(図-4,表3)。それぞれの外皮仕様を表4に示す。

LD、台所、寝室は、それぞれ0.5[回/h]の24時間換気を設定し、図-4に示す換気ルートにて便所から排気する。その他、台所は300[CMH]、浴室は100[CMH]の局所換気を設定した(表5)。尚、内壁が無い場合には、境界線モジュール(0.91m)あたり210[CMH]の相互換気が設定される。

11~4月を暖房期間、5~9月を冷房期間とし、それぞれ22℃(暖房)、26℃(冷房)に制御する。暖冷房運転スケジュールを表6に示す。

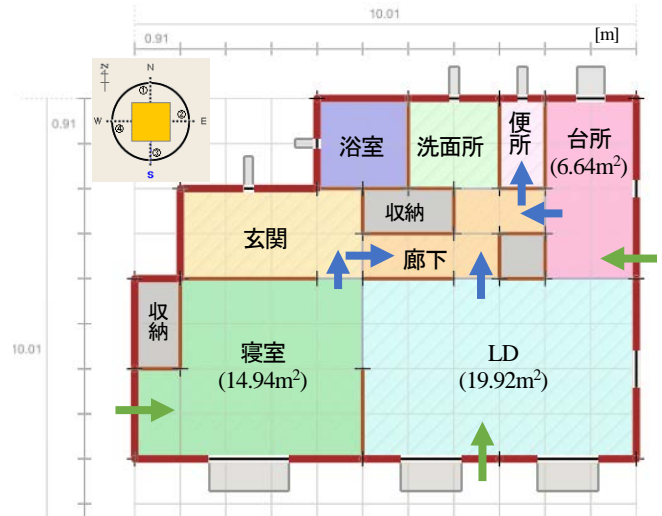


図-4 対象モデル(平面)

表3. 階高・天井高と隙間風 (漏気)

項目	階高[m]	天井高[m]	隙間風[回/h]
屋根裏空間	1	1	0.5
1F	2.9	2.4	0.5(非居室)
床下空間	0.2	0.2	0.8

表4. 外皮仕様 (U:熱貫流率[W/m²K], η:日射熱取得率[-])

項目	条件	備考
外壁	U=0.55	
窓(複層)	U=3.99(3.02)、 η=0.66(0.32)	夜間のみカーテン閉 ():カーテン閉の性能
屋根	U=4.13	
天井	U=0.27	天井断熱
床	U=0.55	床断熱
内壁	U=2.37	

表5. 局所換気運転スケジュール

項目	条件
台所	(平日) 6:00-7:00、12:00-13:00、18:00-20:00 (休日) 8:00-9:00、12:00-13:00、17:00-19:00
浴室	(平日) 21:00-24:00 (休日) 17:00-19:00、21:00-24:00

表6. 暖冷房運転スケジュール

項目	条件
LD、 台所	(平日) 6:00-10:00、12:00-14:00、16:00-24:00 (休日) 8:00-14:00、16:00-23:00
寝室	(平日) 23:00-7:00 ※冷房のみ (休日) 23:00-8:00 ※冷房のみ

2.2 外部の日射遮蔽の検討

建物の4方位に隣棟がある“隣棟”と、夏期にすだれを設置する“夏期すだれ”の2ケースの検討を行う(表7)。

各ケースの年間熱負荷[GJ/年]の結果を図-5に示す。“隣棟あり”は、“標準”よりも暖房負荷が8%増加し、冷房負荷は15%減少した。隣棟の日陰による影響は比較的大きく、塀や樹木といった日射遮蔽物も建物熱負荷の重要な計算条件であると言える。また、“夏期すだれ”は、冷房負荷を大幅に削減(-12%)しており、本ケースでは、有効な省エネ手法であることを示した。

2.3 断熱・気密性の検討

壁・屋根の断熱性能を“標準”の2倍とし、高性能な窓を採用した“高断熱”と、非居室の隙間風を0.1[回/h]とした“高气密”の2ケースの検討を行う(表8)。

各ケースの年間熱負荷[GJ/年]の結果を図-6-1に示す。“高断熱”にすることで、暖房負荷は51%削減されたが、冷房負荷は15%削減に留まった。更なる冷房負荷削減には、外部の日射遮蔽や自然換気等の手法を併用することが考えられる。図-6-2に熱負荷のデュレーションカーブの比較を示す。“高断熱”により暖冷房ともに最大熱負荷は3割程度小さくなったが、運転時間は同等であり、低負荷運転比率が増加する傾向があった。省エネ対策には、熱負荷削減だけでなく、年間の熱負荷傾向を考慮した暖冷房機器の選択も必要であると推察される。

“高气密”では、外気導入量が減ることで暖房負荷と冷房の潜熱負荷がやや削減された(図-6-1(b))。冷房の潜熱負荷は、ルームエアコンで処理することは可能だが、特に高断熱住宅では稼働の低さから処理することが難しい。“高气密”は、潜熱負荷削減の有効な手段と言える。

2.4 空間換気の検討

開放的な間取りの“標準”と室間にドア(内壁)を設置した“ドア閉”の室内環境と熱負荷の検討を行う。尚、空間の換気量の予測は難しいが、計算上の考慮は必要であるため、1.5で示す想定値で計算を行っている。

図-7に最寒日、最暑日における室温と熱負荷の比較結果を示す。最寒日・最暑日ともに“標準”の方が室同士の温度差は小さく、暖冷房時間帯においては快適性が高いと予想されるが、“ドア閉”では熱負荷を3割程度削減することが可能である。各室に求める室内環境を考慮しつつ、開口位置や運用を検討することも室内環境と省エネ性の双方を高める上で有意義であると言える。

3. まとめ

本報では、本ツールで設定したデフォルト条件及びBESTの建築計算エンジンへ受け渡す設定条件について示した。また、日射遮蔽、断熱・気密、空間換気による熱負荷や室内環境への影響について検討した。

表7. 外部の日射遮蔽物の検討ケース

ケース名	条件
隣棟	南側7m、東西北側3m離れた位置に、2階建て建物(高さ7m)の建物がある想定
夏期すだれ	夏期、LD、寝室の窓面に日射遮蔽物を設置

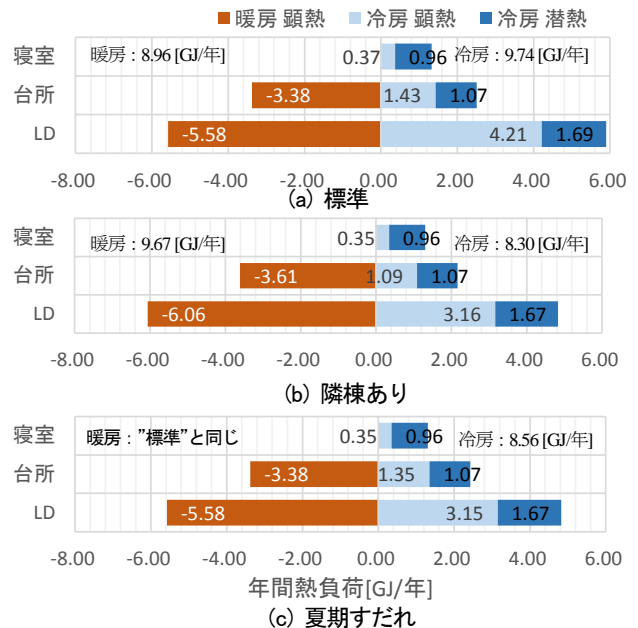


図-5 外部日射遮蔽物による年間熱負荷比較

表8. 断熱・気密の検討ケース

ケース名	条件
高断熱	外壁:U=0.26、床:U=0.26、天井:U=0.27、窓:U=1.04(0.94)、 $\eta=0.22(0.18)$
高气密	1F非居室の隙間風0.1[回/h]

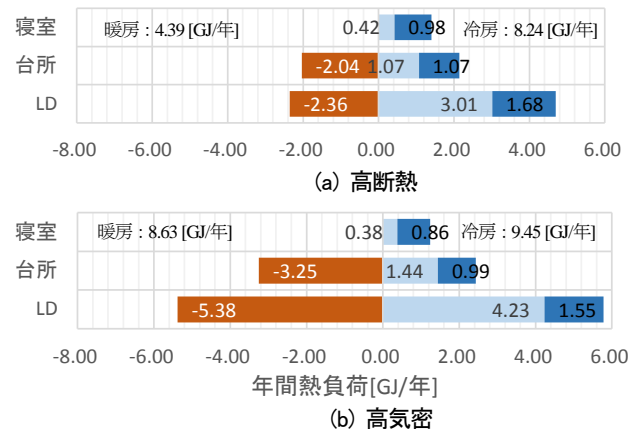


図-6-1 断熱・気密による年間熱負荷比較

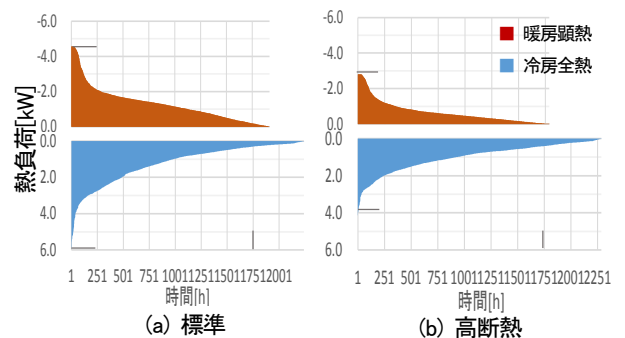


図-6-2 断熱による熱負荷のデュレーションカーブ比較

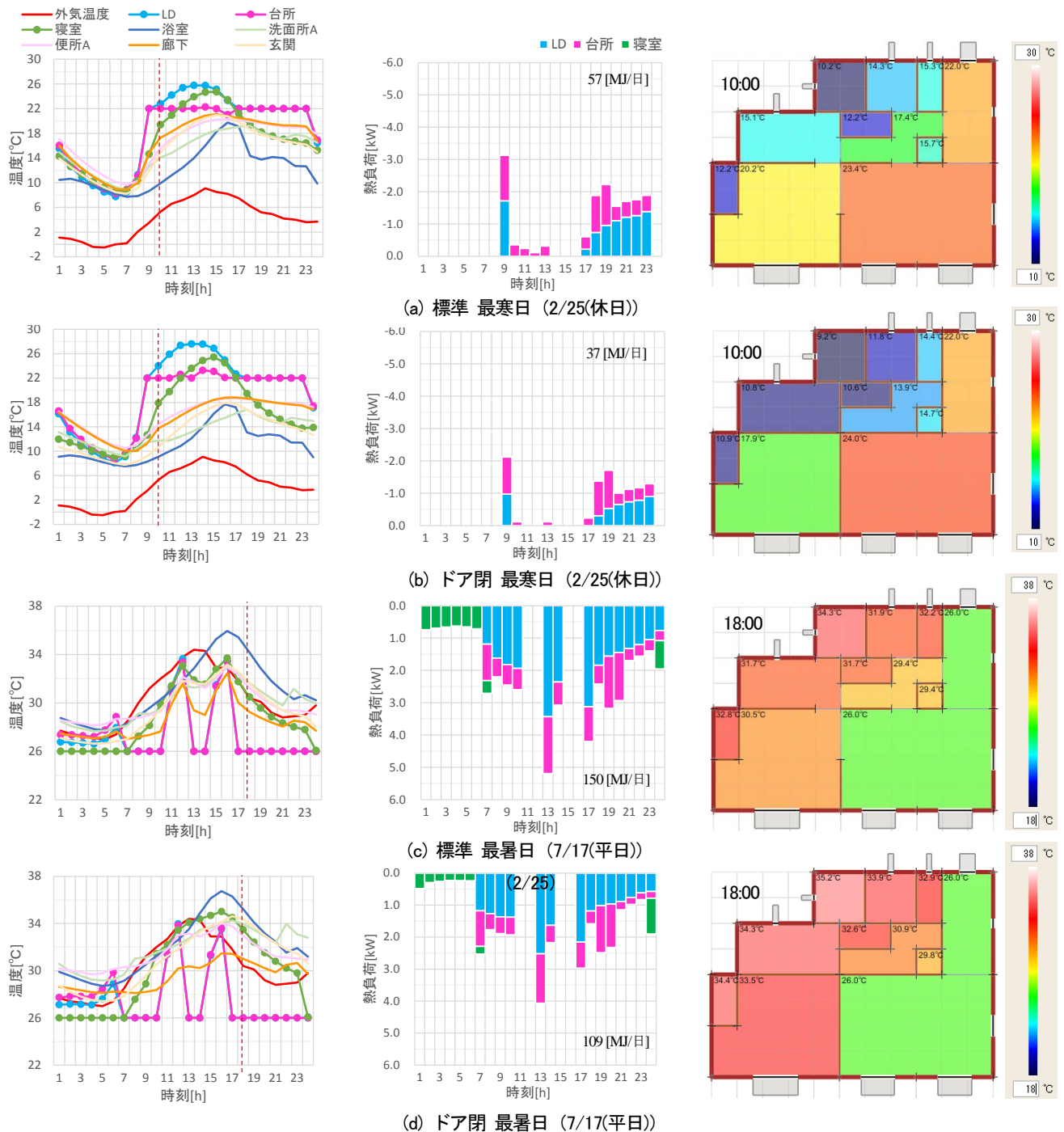


図-7 最寒日・最暑日におけるドア開口の開閉に(2/25)比較 (左:時系列室温、中央:時系列熱負荷、右:室温)

今後は、吹抜けや自然換気等の検討が出来るよう開発を進め、検証・ケーススタディを進める予定である。

【謝辞】

(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住宅版開発WGの関係各位に謝意を表す。BEST住宅版開発WG名簿(順不同) 主査:長谷川巖(日建設計)、幹事:小林弘造(日建設計)、委員:古賀修(関西電力)、品川浩一(日本設計)、近田智也(積水ハウス)、二宮誠英(東京ガス)、二宮博史、飯田玲香(日建設計)、オブザーバー:長井達夫(東京理科大 教授)、佐藤誠、芹川真緒(佐藤エネルギーリサーチ)、田岡知博(コンパス)、事務局:生稲清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構)、窓データの整備にあたり、木下氏(日本板硝子)にご協力頂いた。

【注釈】

1) <http://www.ibec.or.jp/best/index.html> 2)省エネルギー基準では通気層の外側の部材の熱抵抗を考慮していないため、屋根、外壁には通気層の外

側にそれぞれ外装材(屋根には合板12mm+スレート5mm、外壁にはサイディング12mm)を追加した。3) ガラス+遮蔽物の熱性能の計算は、H25省エネ基準解説書に記載の通りとする。4) 月別の平均外気温度を地中温度として設定する予定である。5)ゾーン奥行=5m、天井高=2.5mの場合にゾーン間の境界長さあたり250[CMH/m](容積基準20回換気)と想定。6) 事業建築主の判断の基準の1階を参考とし、和室を寝室に変更した。

参考文献

- 1) 郡 他, 建築総合エネルギーシミュレーションツール BEST のための建築熱シミュレーション法に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No162, 2010年9月
- 2) 建築環境・省エネルギー機構, 住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説
- 3) 平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 (III住宅の設計施工指針) 付録^{注2)}