

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191）
誘導基準対応ツールによる外皮性能評価

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 191)
Verification of Building Envelope Performance of the BEST (high performance building certification tool)

技術フェロー○長谷川 巖（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 野原 文男（日建設計）
正会員 飯田 玲香（日建設計）

Hasegawa IWAO *¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Fumio NOHARA *⁴ Reika IIDA*¹

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

*³ Tokyo Metropolitan University *⁴ Nikken Sekkei Research Institute.

The BEST program (high performance building certification tool) has calculation function for Perimeter Annual Load, PAL-BEST, not only primary energy consumption. This paper shows calculation method of the program to meet basic conditions to calculate PAL* which is government standard. In addition, some calculation results of PAL* by the Web program are also shown comparing PAL which is previous standard for building envelope performance evaluation. At last, some case studies of PAL-BEST with different building envelope performance and region, building use type are shown.

はじめに

2016年4月から建築物省エネ法¹⁾が施行され、2017年4月から建築物の一次エネルギー消費量を評価する適合性判定が開始された。建築物省エネ法では性能向上計画認定制度（誘導基準）においてPAL*の基準適合が条件となっているが、適合性判定においては、従来では届出対象となっていた外皮性能評価は評価されず、一次エネルギー消費量のみで判定する制度となった。

環境建築に限らず建築計画を行う際には、断熱や日射遮蔽性能を確保することは、室内環境を健全かつ快適に維持するためには重要な要素である。また非住宅建築物においてZEBを実現する際にも、単にエネルギー消費量を少なくすることだけでなく、十分な外皮性能が確保されていることが前提となると考えられる。

こうした背景の中、BESTは省エネ法の改正に伴い、建築物省エネ法の性能向上計画認定制度（誘導基準）における国土交通大臣が認めるプログラムとして利用出来るよう関係各所と調整を実施してきたが、この過程で外皮性能に関わる評価基準についても審議²⁾を行っている。

本報では平成28年基準に基づく誘導基準対応ツール（以下本ツール）における外皮性能評価（PAL-BESTと呼ぶ）による計算と、告示計算プログラム（Webプログラム³⁾）によるPAL*計算や従来のPAL計算（以降旧PALと呼ぶ）との比較検証を行うとともに、本ツールで外皮性能を変えた場合の試算を実施したので報告する。

1. 建築物省エネ法における外皮性能評価の主旨

建築物のエネルギー消費性能の向上に関する基本的な方針（告示第609号）における外皮性能の向上（外壁、壁等を通じての熱の損失の防止を図るための措置）については以下のように定義されている。

- ① 外壁の方位、室の配置等に配慮して建築物の配置計画及び平面を策定すること。
- ② 外壁、屋根、天井、床、窓等の開口部を断熱性の高いものとする。
- ③ 窓からの日射に適切な制御が可能な方式の採用等により日射による熱負荷の低減を図ること。

2. 本ツールにおける外皮性能評価の方法

2.1 告示計算方法との整合

平成25年基準BESTでの計算は、1.に示された外皮性能向上の主旨に基づき評価を行った。Webプログラムとの違いは、①外気負荷（顕熱・潜熱）を計算結果に算入しないこと、②ベースラインビル法により、PALの基準値が告示基準値とは異なり、基準仕様で定める基準値を建物毎に計算し定めていたこと、③ペリメータ奥行を設計ゾーンにより設定したことが大きな違いであった。

一方で、外皮性能評価に関わる審議の過程において、告示計算方法との整合が求められた。以下にその要件に基づき計算条件を一致させた項目を示す。非定常計算で

ある本ツールと定常計算であるWebプログラムをすべてにおいて一致させることは難しいが、

- ① 基準値は告示基準値とした用途別地域別固定値
- ② 外気負荷（顕熱・潜熱）の算入
- ③ ペリメータ奥行を長さ5mに固定
- ④ 非空調室のペリメータ面積の算入
- ⑤ 気象データ的一致（1995年拡張アメダス気象データによる告示8地域代表地点）

について計算条件を整合させた。一方で、本ツールとWebプログラムの特徴を活かし、以下の項目では異なった計算方法としている。

- ⑥ Webプログラムでは非空調室の外皮仕様を入力を行い内部発熱6W/m²にてPAL*計算に算入するが、本ツールでは非空調室の室温を外気温度と室内温度との温度差係数を用いて算出し、非空調室と空調室の間の熱流を計算して算出する。
- ⑦ Webプログラムでは吹抜け空間が5m以上ある場合には5mごとに仮想床を設置して計算するが、本ツールでは仮想床は考慮していない。
- ⑧ Webプログラムでは隅角部及び最上階の外壁のペリメータ部分ではペリメータ面積の重複が生じるが、本ツールではペリメータの重複は発生しない。

以上のような計算条件の整合を行い、本ツールの計算検証を行った。

2.2 各種外皮性能計算の比較検証とその特徴

旧PALと平成28年基準WebプログラムによるPAL*及び本ツールによるPAL-BESTについて、事務所基準階における3種のコア配置において、ガラス仕様を変えたときのPAL値の比較を行った。図1に基準階平面図と共通条件、表1に検討ケースを示す。基準階平面の面積はいずれも3,300m²、非空調室の面積は750m²である。非空調室が外皮に面する割合は、片サイドコアで9%、両サイドコアで45%、センターコアで0%となっている。

図2に計算結果として、PAL*と旧PALの比較、PAL*とPAL-BESTの比較を示す。上段が年間熱負荷係数、下段が基準値との比率（BPI）である。

旧PALと比較してPAL*の値が大きくなるのは外気潜熱を加算しているためである。また旧PALであればセンターコアであってもガラス面積率を縮小したり、ガラス性能を上げれば、片サイドコアや両サイドコアと同等の値となったが、PAL*では、コア配置として外壁に面する非空調室の比率による感度が高く、ガラス性能の良し悪しによらず、両サイドコアの値が小さくなる。

PAL*で値が異なるガラス種類でも旧PALでは値が同じ程度となっている場合がある。これは旧PALでは日射遮蔽性能の感度は高いが、断熱性能の感度が鈍くなっており、PAL*ではその逆の傾向にあるためである。

PAL*とPAL-BESTは相関が高く同等の値が算出される。若干であるが、PAL-BESTではガラス性能が悪い場合にはPAL*よりも値が高く、性能が良い場合には値が低くなる傾向にある。

基準値との比較では、旧PALではセンターコアや片サイドコアでも窓面積率の工夫により基準より最大50%程度値を低減出来たが、PAL*やPAL-BESTでは、窓面積率30%において最も良いガラス性能であっても片コアで約20%、センターコアで約10%の削減が限度となった。

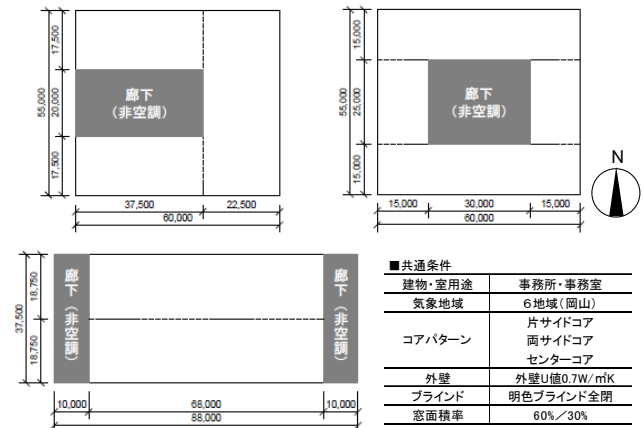


図-1 比較検証における基準階平面図と共通条件

表-1 比較検証における検討ケース

■検討ケース	ガラス種類	熱貫流率 [W/mK]	日射熱取得率
①	透明フロート単板(10)	4.09	0.41
②	透明フロート二重(10+6+10)	2.62	0.42
③	高性能熱反(可視光透過率8%)(10)	3.39	0.15
④	高性能熱反複層(可視光透過率8%)(10+6+10)	2.34	0.12
⑤	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+6+10)	2.10	0.29
⑥	LowE(日射取得・空気層)(10+12+10)	1.56	0.38
⑦	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+12+10)	1.50	0.30
⑧	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+12+10)+水平庇600	1.50	0.30
⑨	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+12+10)+垂直庇600	1.50	0.30
⑩	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+12+10)+水平庇1200	1.50	0.30
⑪	LowE(日射遮蔽・空気層)(10+12+10)+箱型庇600	1.50	0.30
⑫	ダブルスキン透明10+(Low-e(日射遮蔽・空気層)(10+12+10))	1.23	0.078
⑬	エアフローウィンドウ(Low-e(日射遮蔽・空気層)(10+12+10))+透明10	1.12	0.218

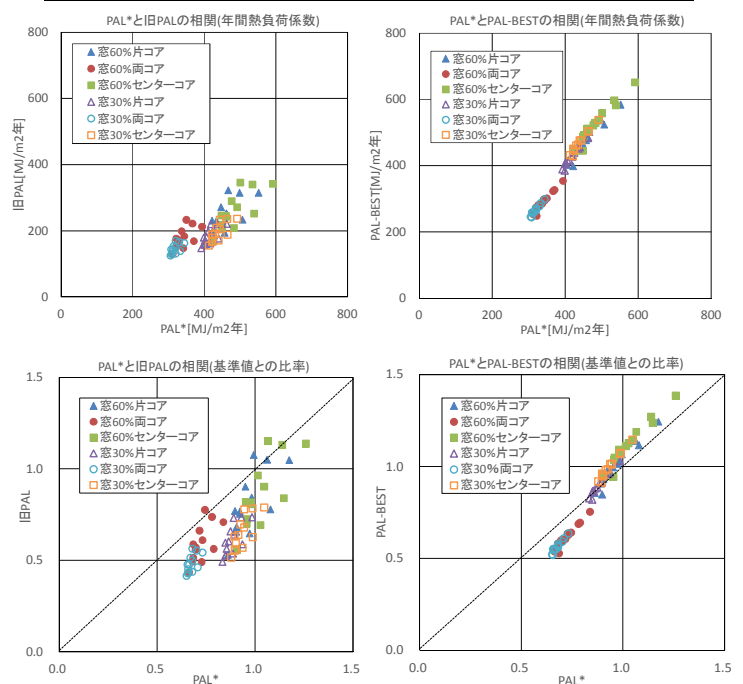


図-2 計算結果(上段:年間熱負荷係数、下段:BPI)

3. 本ツールによる外皮性能計算のケーススタディー

3.1 計算条件

本ツールにおいて、地域別用途別にガラス種類、庇の有無等を変え、外皮性能指標（BPI：基準値に対する年間熱負荷係数の比率）がどの程度になるかを試算した。

建物モデルと共通条件を図3に示す。外壁に面する非空調室の割合は15%で、図1における片サイドコアに近い。方位は固定して試算をしている。病院、事務所、物販の順で内部発熱が上がり、同じ地域でも冷房負荷と暖房負荷の比率が変わる。

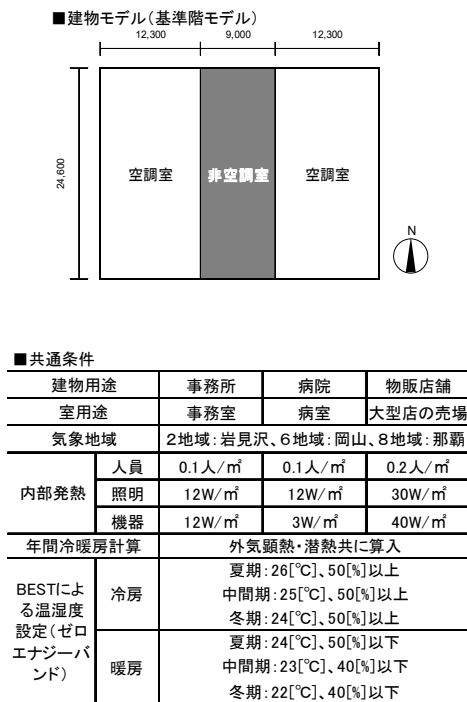


図-3 建物モデルと共通条件

3.2 計算結果と考察

計算結果をまとめたものを図4に示す。ガラス種類や庇の有無を変えた場合の他、参考に、窓なし（窓面積率0%）の場合の試算を行った。このときのBPIは、内部発熱や外気負荷（顕熱・潜熱）など外皮性能とは直接関係のない値を意味し、この平面コアプランにおける、BPIの限界値となる。

(1) 寒冷地（2地域）における考察

寒冷地では断熱性能を高め、冬期に窓からの日射熱取得を得ることで暖房負荷を低減することが可能となる。よって庇の設置は、日射熱取得が減り暖房負荷の増加となる（ケース⑩）。ガラスの熱貫流率が小さくなるほどBPIが良くなるが、外壁のU値が0.4W/m²Kであるため、窓面積率が小さいケースである窓面積率20%のLow-E（高日射遮蔽型・アルゴン層）（ケース⑦-8）で、BPIが事務所で0.86、病院で0.96、物販で1.04と最も良い値となった。

(2) 温暖地（6地域）における考察

温暖地では日射遮蔽性能が良くても、断熱性能が悪い熱線反射ガラスではBPIが1.0を超えた（ケース③）。特に内部発熱の低い病院では断熱性能の良さも結果に影響する。事務所で一般的なLow-E（日射遮蔽型・空気層）で窓面積率60%の場合で、BPIを0.9とするには、水平庇が1,200か箱型庇が600必要となる。事務所でBPIが0.85のレベルは、窓面積率40%ならば、Low-E（日射遮蔽型・空気層）で箱型庇600となるが、窓面積率を60%に上げるには、Low-E（高日射遮蔽型・アルゴン層）で箱型庇600まで日射遮蔽性能を上げる必要がある。窓面積率20%のLow-E（高日射遮蔽型・アルゴン層）箱型庇600（ケース⑩-7）で、BPIが事務所で0.79、病院で0.80、物販で1.11と最も良い値となった。事務所と病院は同様の傾向を示すが、物販では内部発熱が外気負荷で相殺されにくくなるため、ガラス性能による感度が鈍くなる傾向にある。

(3) 暑熱地（8地域）における考察

暑熱地では日射遮蔽性能を良くする必要がある。事務所と病院では、単板ガラスでも高性能熱線反射ガラスを用いることでBPIが1.0以下となる（ケース③）。次に窓面積率の縮小の効果、さらには庇による遮蔽効果が大きい。高性能熱線反射ガラスを単板からの複層に変える効果は、事務所では-0.02、病院では-0.04であるが、物販では変わらない結果となった。Low-Eガラスの採用は複層の高性能熱線反射ガラスに比べ、断熱性能は優れるものの、日射遮蔽性能では劣るので、いずれの用途でも値が悪くなる結果となった（ケース④-2とケース⑩-3）。外壁は無断熱でU値2.53W/m²年とガラスの断熱性能よりも悪い条件で計算をしている。BPIが最も良いケースは、事務所、病院では、外壁を断熱したU値0.7W/m²で、窓面積率20%の複層の高性能熱線反射ガラス（可視光透過率8%）箱型庇1200（ケース④-7）で、事務所で0.77、病院で0.80、であったが、物販では同じガラス性能で外壁断熱がなし（ケース④-4）で1.09であった。

物販では、すべての地域でどのようなガラス種類や庇を設けても基準をクリア出来ないのは、本試算におけるコアプランでは、基準レベルが高すぎると考えられる。

おわりに

本報では平成28年基準に基づく本ツールにおける外皮性能評価（PAL-BEST）による計算と、告示計算プログラム（Webプログラム）によるPAL*計算や従来の旧PALとの比較検証により、建築物省エネ法におけるPAL*の特徴を示すとともに、本ツールで地域別用途別のPAL値やBPIについて、外皮性能を変えた場合の試算を実施した。

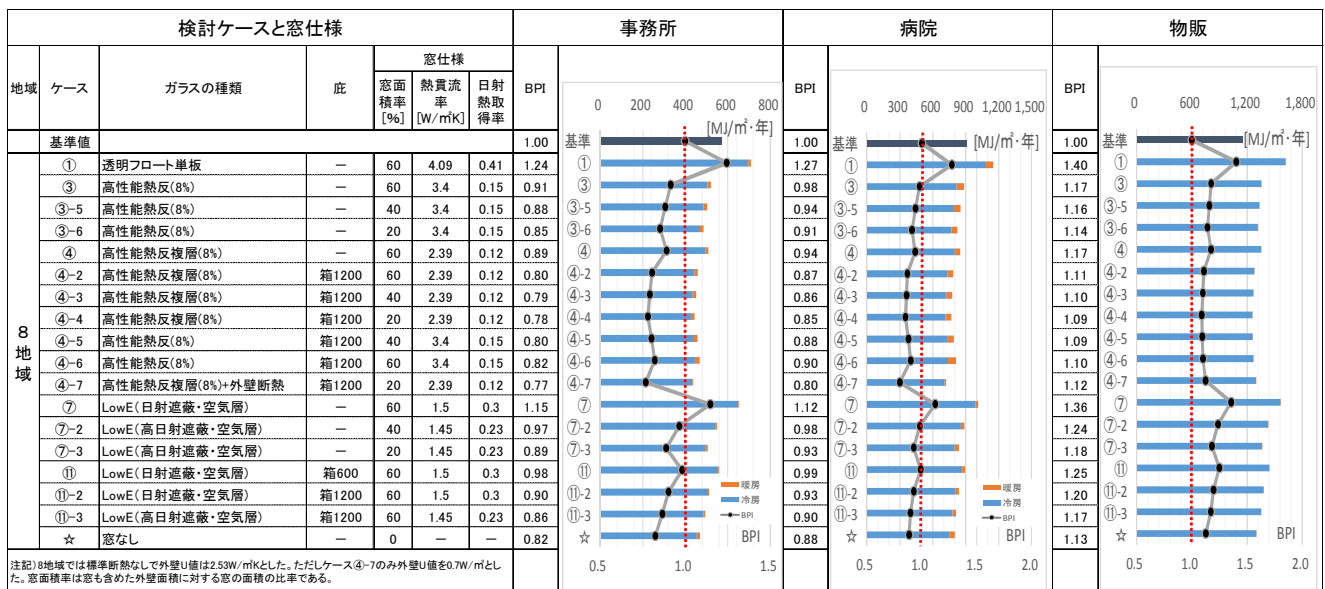
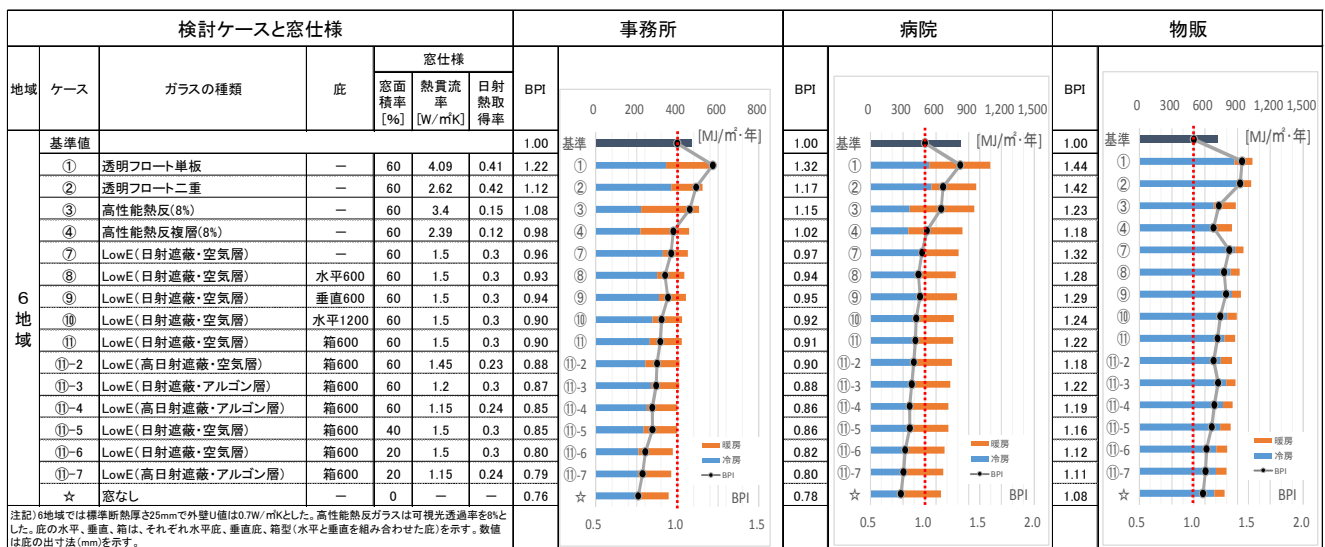
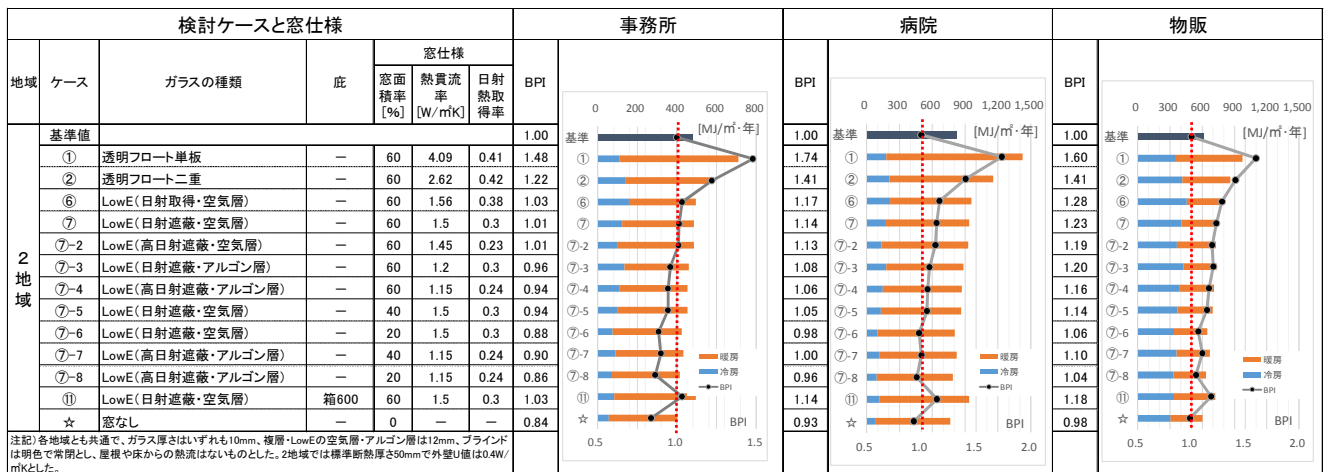


図-4 本ツールによる地域別・用途別試算結果

【謝辞】本報は、PAL*検討WG 主査:赤嶺嘉彦、委員:澤地孝彦、宮田征門(国土技術政策総合研究所)、宮島賢一(建築環境ソリューションズ)、国土交通省住宅局住宅生産課、BEST コンソーシアム:菰田英晴(鹿島建設)、品川浩一(日本設計)、安田健一(三菱地所設計)の一環としてまとめたものである。検証にあたり、ご協力いただいたWGメンバーに感謝いたします。

【注記】1)建築物省エネ法:建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律の略称、2)建築物新省エネ基準検討委員会 PAL*検討WG、3)Webプログラム:建築研究所PAL*一次エネルギー消費量算定用プログラム
【参考文献】1)長谷川他 外皮性能評価に関するBESTとWebプログラムの計算検証 日本建築学会大会学術講演論文集 2017.9