

外皮性能評価に関する BEST と Web プログラムの計算検証

正会員 ○長谷川巖\*1 同 石野久彌\*2  
同 野原文男\*3 同 飯田玲香\*1  
同 村上周三\*4

建築物省エネ法 計算手法 シミュレーション  
外皮性能 BEST Web プログラム

## 1.はじめに

2016年4月から建築物省エネ法<sup>\*1)</sup>が施行され、本年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る。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<sup>\*2)</sup>を行って来た。

本報では外皮性能評価としてBEST(PAL-BESTと呼ぶ)による計算と、Webプログラム<sup>\*3)</sup>によるPAL\*計算の検証を行い、外皮性能評価の在り方と、BESTの計算をWebプログラムによる告示計算と同等の方法とした場合の計算検証を実施したので報告する。

## 2.建築物省エネ法における外皮性能の主旨

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。

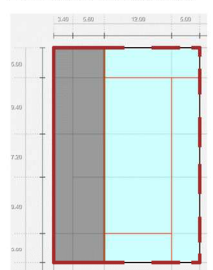
## 3.平成25年基準BESTとWebプログラムの計算検証

### 3.1 平成25年基準BESTとWebプログラムの計算方法

平成25年基準のBESTでは、2.に示された外皮性能の主旨に基づき評価を行った。Webプログラムとの違いは、①BESTでは外気負荷(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る。BESTでは、外気負荷の低減は空調システムによる工夫であり、外皮性能を向上する方法とは直接結びつかないため、外気負荷を算入しない手法を取っていた。この計算方法の違いが外皮性能評価にどの程度影響するかを検討した。

表1 計算条件

#### ■基本平面図(各用途共通)



#### ■共通条件

フロア数	1
階高	4m
延床面積	936㎡
隙間風	0.1回/h
ゾーン間換気	なし
温度設定(BEST)	ゼロエネルギーバンド

#### ■各ケースの条件

地域区分	2			6			8			
	岩見沢			岡山			那覇			
地点										
室用途	事務室									
ケース名	S	D	LowE	S	D	LowE	S	D	LowE	
窓仕様	単板8mm	複層(A12)8mm	日射取得 LowE(アルゴン)	単板8mm	複層(A12)8mm	日射遮蔽 LowE(アルゴン)	単板8mm	複層(A12)8mm	高日射遮蔽 LowE(アルゴン)	
熱貫流率(W/㎡K)	5.78(4.13)	2.8(2.36)	1.46(1.3)	5.78(4.13)	2.8(2.36)	1.36(1.21)	5.78(4.13)	2.8(2.36)	1.29(1.15)	
日射熱取得率	0.81(0.41)	0.69(0.44)	0.54(0.39)	0.81(0.41)	0.69(0.44)	0.4(0.3)	0.81(0.41)	0.69(0.44)	0.3(0.24)	
※カッコ内の数値はブラインド有りの値を示す。										
外壁種類(断熱) / 熱貫流率(W/㎡K)	事務室	スチレン50mm/0.61			スチレン25mm/0.98			なし/2.51		
	病院	スチレン50mm/0.61			スチレン25mm/0.98			なし/2.51		
	物販	ウレタン30mm/0.78			ウレタン15mm/1.19			なし/2.51		
外気量	事務室: 5m3/h/m2、病室: 4m3/h/m2、物販: 7.5m3/h/m2									
内部発熱	事務室	人員: 0.1人/㎡、照明: 16.3W/㎡、機器: 12W/㎡								
	病院	人員: 0.08人/㎡、照明: 10.3W/㎡、機器: 3W/㎡								
	物販	人員: 0.2人/㎡、照明: 20.1W/㎡、機器: 40W/㎡								
庇	無し									
窓面積率	事務室、病室: 40%、物販: 20%									
ブラインド	事務室、病室: 常時閉、物販: 無し									

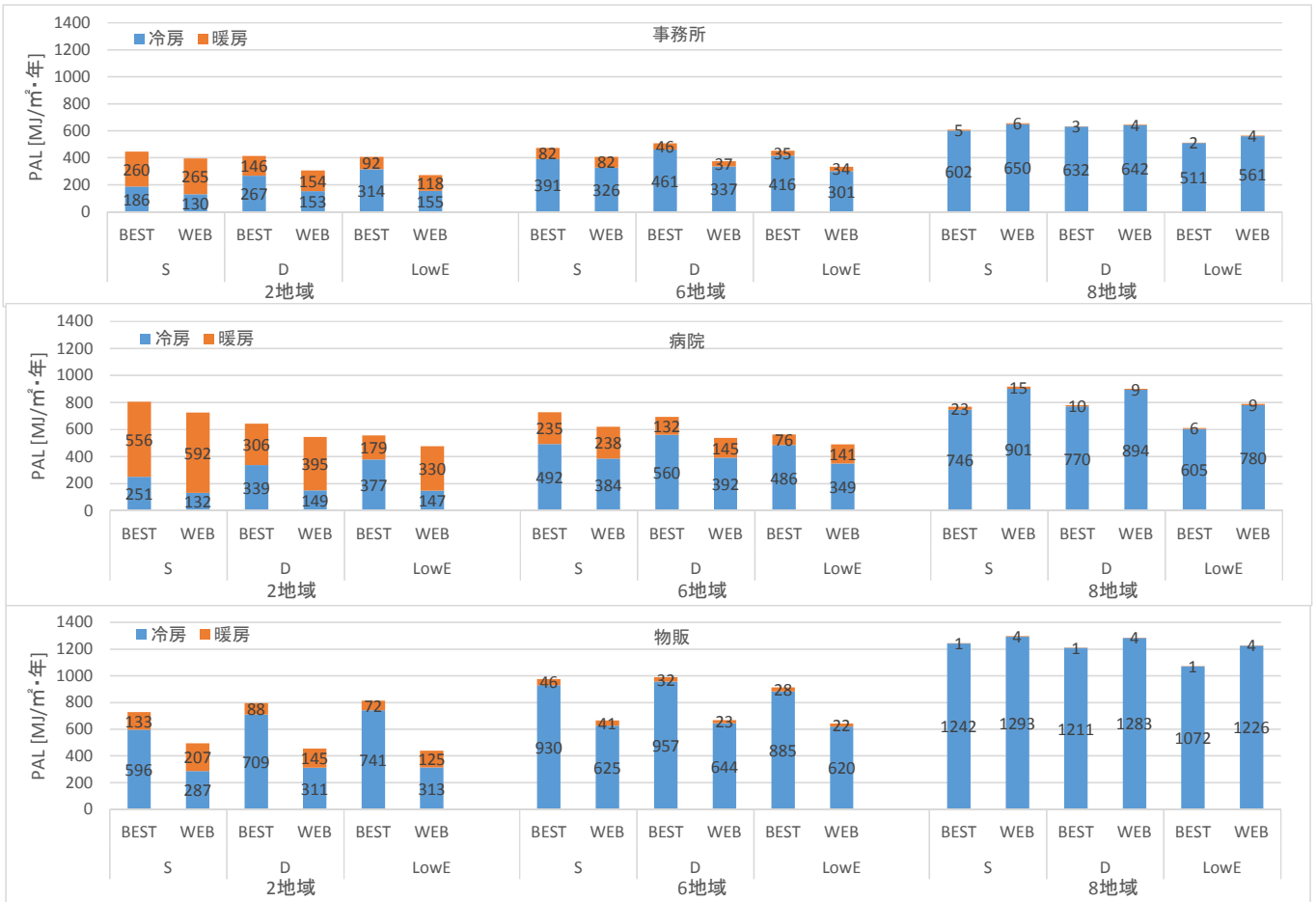


図1 BESTのPAL計算で外気負荷を入れない計算(①)とWebプログラムによるPAL\*計算との比較

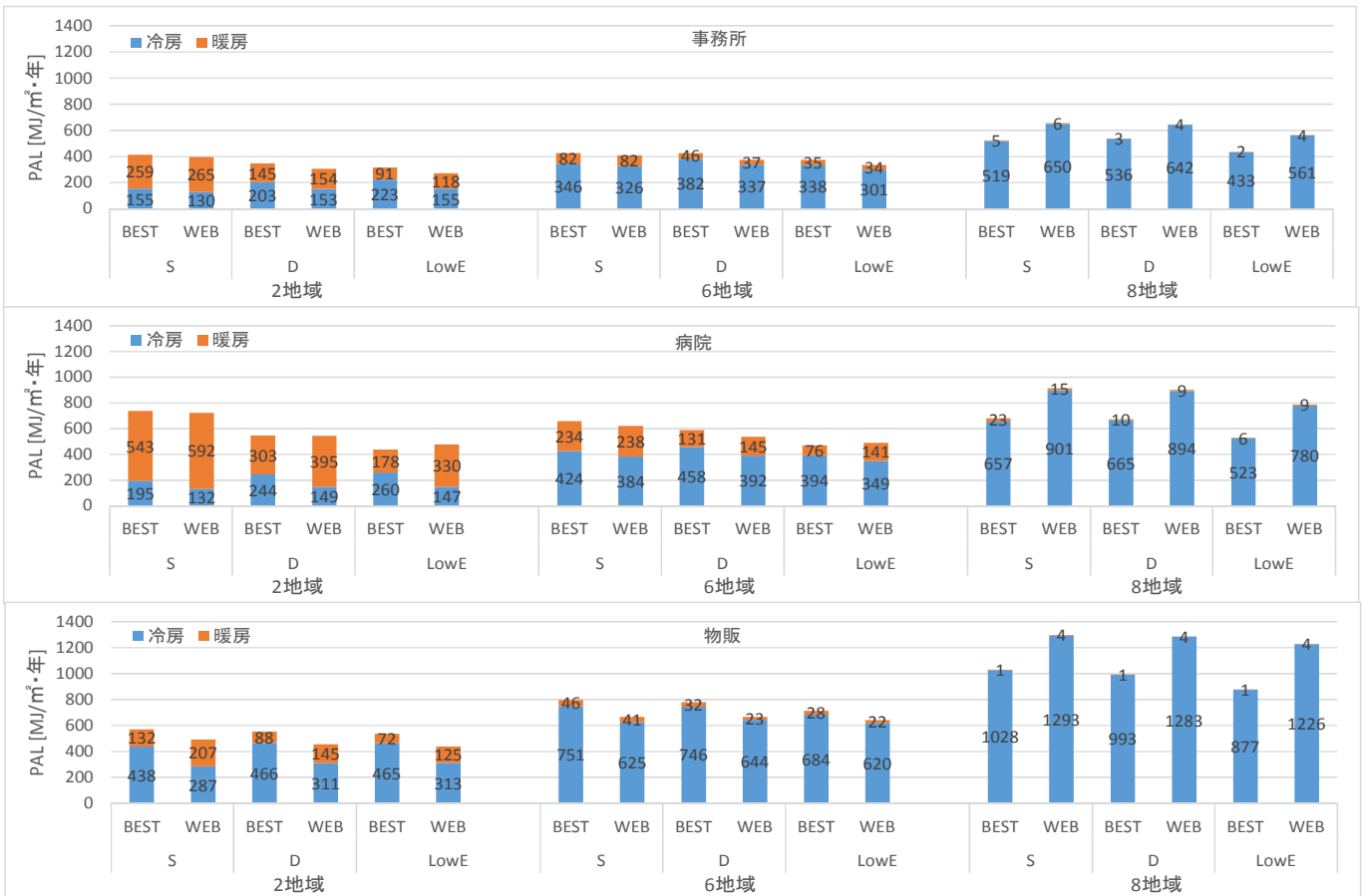


図2 BESTのPAL計算で外気負荷を入れないかつ冷房期間の暖房負荷、暖房期間の冷房負荷を除いた計算(②)とWebプログラムによるPAL\*計算との比較

### 3.2 計算条件

2,6,8 の地域区分において、性能の異なる 3 種類の窓における PAL 計算を行い、Web プログラムとの比較を行った。対象建物は、内部発熱の異なる事務室、病院、物販の 3 パターンとした。計算条件を表 1 に示す。BEST の計算における外気負荷不参入について、①BEST の PAL 値を室負荷のみとし外気負荷を入れない場合（図 1）、②①の外気負荷不参入の上さらに、冷房期間の暖房、暖房期間の冷房負荷を除いた場合（図 2）の 2 パターンについて BEST と Web プログラムの両方で計算し比較を行った。

### 3.3 計算結果と考察

①では窓仕様の違いによる傾向は同じであるが、BEST の 2 地域の内部発熱の大きい物販において、窓性能が良くなると PAL 値が大きくなる傾向となった。これは、Web では内部発熱が外気負荷により相殺されるが、BEST では相殺されないためである。そこで、②のように BEST では外皮性能評価に寄与しない負荷（冬期の冷房負荷、夏期の暖房負荷）を算入しないことで、内部発熱の大きい建物用途で窓性能による逆転現象は生じなくなり、PAL 設計値も BEST と Web プログラムで近い値となり、同等の評価を行うことが出来ることを示した。

## 4.平成 28 年基準 BEST と Web プログラムの計算検証

### 4.1 告示計算方法との整合

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方法を一致させた項目を示す。非定常計算である BEST 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 気象データの一致（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）

について計算方法を整合させた。一方で、BEST と Web の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の入力を行い内部発熱 6W/m<sup>2</sup>にて PAL\*計算に加算するが、BEST 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、BEST 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、BEST ではペリメータ面積の重複は発生しない。

以上のような計算方法の整合を行い、PAL-BEST の計算検証を行った。

### 4.2 計算条件

比較計算検証は、緑本<sup>4)</sup>に掲載されている事務所、ホテル、病院、物販店舗、学校、飲食店舗、集会場（体育館、映画館、図書館）の 9 用途について 1~8 地域それぞれにおいて、PAL-BEST と Web プログラムによる PAL\*計算の比較検証を行った。本論文ではこのうち、内部発熱の異なる、事務と物販店舗について、2,6,8 地域を代表として分析をする。この比較検証は、Web プログラムの PAL\*計算において基準値を決定する際に旧 PAL との比較や相関分析を行った手法と同様な手法で、BEST と Web プログラムの比較を行うものである。表 2 に建物概要、温湿度設定、モデル建物の基準階平面図、表 3 に屋根の構成部材、表 4,5 に事務所と物販店舗の外壁の構成部材、表 6 に 10 ケースの屋根・外壁断熱と窓ガラスの熱貫流率と日射熱取得率の計算ケースのパターンを示す。

表 2 建物概要、温湿度設定、モデル建物平面図

■共通条件		
建物用途	事務所	物販店舗
延床面積	10,000m <sup>2</sup>	11,250m <sup>2</sup>
階数	7階	地上3階地下1階
階高	4m	4m
内部発熱	人員:0.1人/m <sup>2</sup> 、照明:12W/m <sup>2</sup> 、機器:12W/m <sup>2</sup>	人員:0.2人/m <sup>2</sup> 、照明:30W/m <sup>2</sup> 、機器:40W/m <sup>2</sup>
年間冷暖房計算	顕熱・潜熱共に算入	
BESTによる温湿度設定(ゼロエナジーバンド)	上限(冷房)	夏期:26[°C]、50[%]
		中間期:25[°C]、50[%]
	下限(暖房)	冬期:24[°C]、50[%]
		冬期:22[°C]、40[%]

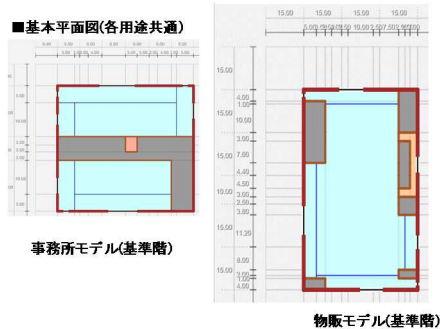


表 3 屋根の構成部材(内側から)

材料分類	材料名称	厚さ [mm]	λ値 [W/mK]	備考
非木質系壁材・下地材	ロックウール化粧吸音板	12	0.06	物販は12.5mm
非木質系壁材・下地材	せっこうボード	10	0.22	物販はなし
中空層	非密閉中空層			
コンクリート系材料	コンクリート	150	1.6	
コンクリート系材料	セメント・モルタル	15	1.5	
床材	アスファルト類	5	0.11	
コンクリート系材料	セメント・モルタル	15	1.5	
ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	20	0.02	ケースにより異なる
コンクリート系材料	コンクリート	60	1.6	
熱貫流率[W/m <sup>2</sup> K]	0.4(物販は0.68)			

表 4 外壁の構成部材(内側から) (事務所)

材料分類	材料名称	厚さ [mm]	λ値 [W/mK]	備考
非木質系壁材・下地材	せっこうボード	8	0.22	
中空層	非密閉中空層			
ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	50	0.02	ケースにより異なる
コンクリート系材料	コンクリート	150	1.6	
コンクリート系材料	セメント・モルタル	25	1.5	
非木質系壁材・下地材	タイル	10	1.3	
熱貫流率[W/m <sup>2</sup> K]		0.66		

表 5 外壁の構成部材(内側から) (物販店舗)

材料分類	材料名称	厚さ [mm]	λ値 [W/mK]	備考
非木質系壁材・下地材	せっこうボード	12	0.22	
中空層	非密閉中空層			
ウレタンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種2号	50	0.025	ケースにより異なる
コンクリート系材料	気泡(ALC)コンクリート	50	0.19	5.10ケース以外
コンクリート系材料	コンクリート	50	1.6	5.10ケースのみ
熱貫流率[W/m <sup>2</sup> K]		0.38		

表 6 計算ケース<sup>5)</sup>

ID	屋根断熱 [mm]	外壁断熱 [mm]	窓(ガラス厚・中空層厚は6mm)			備考
			仕様	U値	η値	
1	20	50	透明+高日射取得LowE(アルゴン)	2.23	0.69	アルミサッシ 20%
2	15	25	透明+透明	3.27	0.73	
3	15(10)	10	透明ガラス	5.85	0.84	
4	0	10(0)	透明+透明	3.27	0.73	
5	0	0	透明ガラス	5.85	0.84	
6	20	50	高性能熱反SS14シルバー+透明+ブラインド	2.52	0.16	
7	15	25	高性能熱反SS20シルバー+透明	3.05	0.24	
8	15(10)	10	高性能熱反SS14シルバー+透明	3.04	0.2	
9	0	10(0)	高性能熱反SS20シルバー+透明	3.05	0.24	
10	0	0	高性能熱反SS14シルバー+透明	3.04	0.2	

\*λ値: 熱伝導率[W/mK], U値: 熱貫流率[W/m<sup>2</sup>K], η値: 日射熱取得率[-], かつこは物販の場合の値

### 4.3 計算結果と分析

図 3 に計算結果を示す。2 地域の事務所では、屋根・外壁断熱のあるケースでは Web の方が低い値となり、BEST では断熱厚が屋根 15mm、外壁 25mm 以上でないと基準値

をクリア出来ない。6 地域の事務所では、ケース 3 と 10、2 と 9 で BEST は値が同じであるが、Web では差があり断熱評価が優位に出る傾向となった。8 地域の事務所では、いずれも BEST の値の方が低く、Web との差は日射遮蔽性能の悪い窓では差 52~75MJ/m<sup>2</sup>・年であるが、良い窓では 93~99 MJ/m<sup>2</sup>・年と差が開く傾向となった。

2 地域の物販では、ケース 4,9,10 で BEST の結果に差が無かったが、Web では 4,9 と 10 で大きな差があった。6 地域の物販では、全般に Web の方が低い値であり、BEST の冷房負荷が Web よりも大きい結果となっている。これはブラインドが無いことや内部発熱が大きいことが影響していると考えられる。8 地域の物販では、ケース 8 と 10、7 と 9、3 と 5、2 と 4 で、窓の性能値がそれぞれ同じなため、BEST の値は同じとなった。一方 Web では内部発熱が大きくても屋根・外壁断熱による影響が生じる。

これらの結果を分析すると、Web は断熱性能の感度が高く、BEST は日射遮蔽性能の感度が高い傾向にあると推察出来る。

### 5.まとめ

BEST と Web プログラムによる計算検証を行い、それぞれの計算結果の特徴を示した。

【注記・参考文献】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 4)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 I 非住宅建築物(第二版)国総研、建築研究所監修 5)参考文献 4)に掲載の PAL\*基準値の算定根拠の事務所及び物販店舗等のケースを参照

【謝辞】本検証に当たり、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WGメンバーには多大なご協力を頂戴しました。深く感謝いたします。

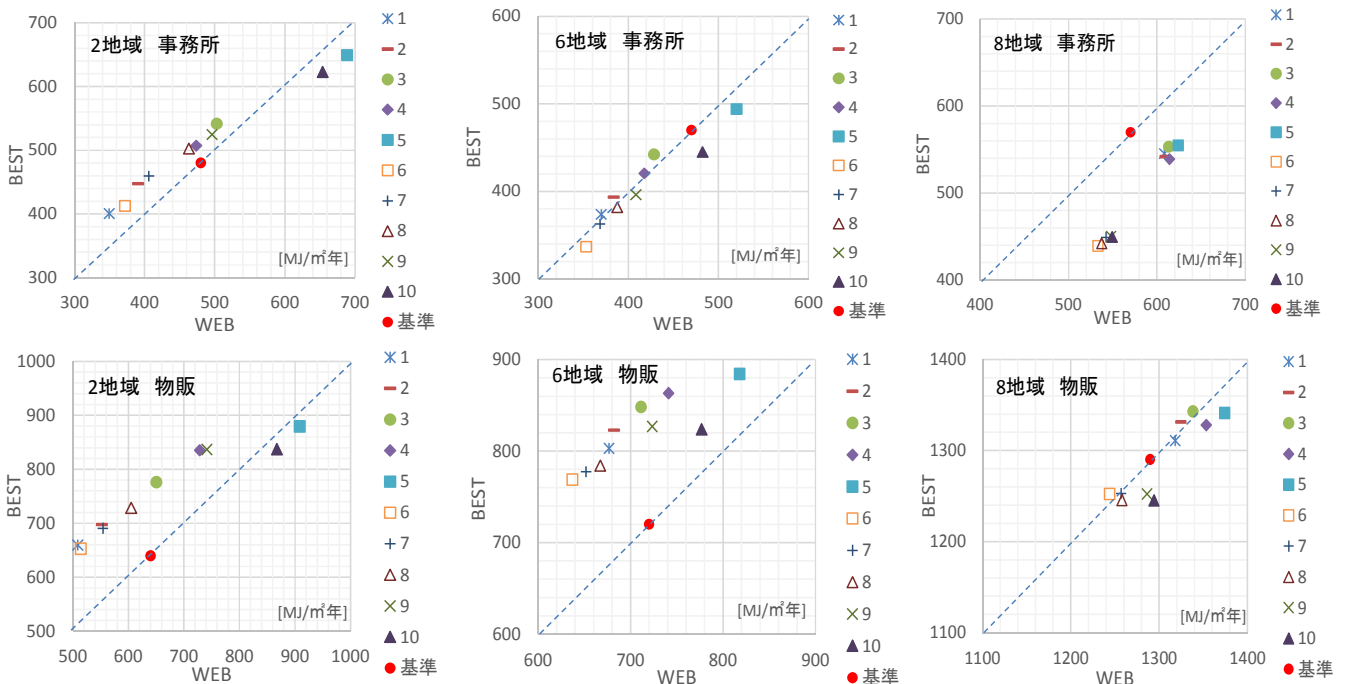


図 3 BEST による PAL 計算と Web プログラムによる PAL\*の計算比較

\*1 日建設計 \*2 首都大学東京名誉教授  
\*3 日建設計総合研究所  
\*4 建築環境・省エネルギー機構

\*1 Nikken Sekkei Ltd. \*2 Tokyo Metropolitan University  
\*3 Nikken Sekkei Research Institute  
\*4 Institute for Building Environment and Energy Conservation