

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119）

## 建物ファサードの環境性能比較

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part119)

### Case Studies of Thermal Load and Space Environment by the Difference in the Building Facades

正会員 ○新 武康 (清水建設) 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 郡 公子 (宇都宮大学)

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

<sup>\*1</sup> Shimizu Corporation <sup>\*2</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation

<sup>\*3</sup> Tokyo Metropolitan University <sup>\*4</sup> Utsunomiya University

This paper presents simulation results of thermal load and space environment for a typical office building, and also gives several case studies with varying factors concerning building facades, for example, size of the window, size of the louvers, window glass type, to example how the thermal load and space environment are influenced by these factors.

#### 1. はじめに

BEST 専門版での建築単独計算では、最大熱負荷計算の結果を利用して年間熱負荷計算まで連続して行うことにより、詳細な設定による多様なシミュレーションが可能である。本報では、事務所ビルの基準階執務空間について、ファサードの仕様などの違いが熱負荷や温熱指標（居住性能）に与える影響を、外壁の方位と要素毎に仕様を変えて計算した結果から比較する。また、その結果を基にモデルビルの基準階単位での評価を行う。

#### 2. 計算条件

表1に基準計算条件を示す。図1の左側の表に記載された内容をベース仕様として、同図右側の表のように、窓面積やガラス種類、庇などの要素別に、複数の候補に入れ替えたもの（バリエーション仕様）をそれぞれ比較の対象とする。BESTの建築単独計算を行い、事務室1スパン（間口7.2m）あたりの最大熱負荷、年間熱負荷、室内作用温度を求める。

#### 3. ケーススタディ

図2、3、4に、それぞれ最大熱負荷、年間熱負荷、ペリメータにおける冷房・暖房各代表月（2、8月）の作用温度の期間平均値を示す。要素ごとにベース仕様の結果とバリエーション仕様の結果を並べて比較している。なお、今回の計算条件では、内部発熱強度と外壁の総合熱伝達率の兼ね合いから、年間負荷計算においては暖房負荷がほとんど発生せず冷房負荷が主体となった。

##### 3.1. 外壁仕様・窓面積による比較

PC 柱・CW 併用の外壁の窓面積率を変動させて計算した結果、窓面積率の大小に応じて、最大熱負荷、年間

表1 基準計算条件

計算対象	事務室1スパン (基準) 7.2mW×18mD×2.85mH, (※奥行き変更時: 12mD または 6mD) 床面積 36.0 m <sup>2</sup> , 階高 4.35m, ペリメータゾーン奥行き 5m, 外壁方位: 南, 西, 東, 北
室内温湿度条件	夏期 26°C 55%, 中間期 24°C 50% 冬期 22°C 45%
人員発熱条件	人員 0.1 人/m <sup>2</sup>
室内電力消費量	照明 20W/m <sup>2</sup> , OA 機器 15W/m <sup>2</sup>
昼光利用照明制御 での照明最大電力 量	設計照度 : 照明最大電力量 750lx : 17.6W/m <sup>2</sup> 500lx : 11.7W/m <sup>2</sup> 300lx : 7.0W/m <sup>2</sup> ※昼光に応じて自動調光する
外気取入れ量	4m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> ·h)
空調運転時間	8時~20時(12時間) うち8時~9時は 予冷・予暖, 土日祭日年末年始休み
ブラインド	窓ガラス透過日射量が 10W/m <sup>2</sup> を超過時 に降下してスラット全閉。但し、昼光利用 時はスラット角度を自動制御する。
気象データ	拡張アメダスデータ(東京) 設計用気象データ及び標準年気象データ

熱負荷ともに増減するが、その変動幅は一部を除いて5%以内に収まり他の要素に比べると比較的小さい。

##### 3.2. 窓ガラスの仕様による比較

ベース仕様(①Low-E クリア銀一層)より熱貫流率、日射熱取得率の小さいガラス(窓システム)を採用して計算すると、最大熱負荷、年間熱負荷ともに小さくなるが、性能の劣るガラス(④透明フロート単板)での結果は、最大熱負荷と年間暖房負荷では劣るものの、夜間放熱の効果により年間冷房負荷は小さくなる。

ベース仕様	
外壁仕様	PC柱型 + CW
窓の大きさ	中
窓腰高さ	400mm
窓寸法 (1スパン)	6,000W × 2,450H
窓面積	14.7㎡
窓面積率	47%
窓ガラス仕様	Low-Eクリア (銀一層)
庇・ルーバー	なし
照明方式	全般照明
設計照度	750lx
昼光利用照明制御	なし
部屋奥行き寸法	18m

1. 外壁仕様・窓面積を変更

ケースNo.	①ベース仕様	②	③参考
外壁仕様	PC柱型 + CW	PC柱型 + CW	全面ガラスCW
窓の大きさ	中	小	大
窓腰高さ	400mm	600mm	0mm
窓寸法 (1スパン)	6,000W × 2,450H	2,300W × 2,250H × 2	7,200W × 2,850H
窓面積	14.7㎡	10.4㎡	20.5㎡
窓面積率	47%	33%	66%

2. 窓ガラスの仕様を変更

ケースNo.	①ベース仕様	②	③*1	④参考
窓ガラス仕様	Low-Eクリア (銀一層)	Low-Eクリア (銀二層)	エアフローウィンドウ (Low-Eクリア+透明)	透明フロート単板

3. 庇・ルーバーの仕様を変更

ケースNo.	①ベース仕様	②	③	④*2	⑤*3
庇・ルーバー	なし	水平・垂直庇 300mm	水平・垂直庇 600mm	外ルーバー	全面日除け

4. 設計照度・照明方式を変更

ケースNo.	①ベース仕様	②	③	④
照明方式	全般照明	全般照明	タスク・アンド・アンビエント照明	タスク・アンド・アンビエント照明
設計照度	750lx	750lx	500lx	300lx
昼光利用照明制御	なし	あり	あり	あり

5. 部屋奥行き寸法を変更 + 昼光利用照明制御あり

ケースNo.	①ベース仕様	②	③	④参考*4
部屋奥行き寸法	18m	18m (昼光利用)	12m (昼光利用)	6m (昼光利用)

\*1: エアフローウィンドウの通風量は開口 1m 当たり 100m³/h を想定し \*2: 10cm 幅の水平スラットがガラスの外に接触して 5cm 間隔で並ぶ形体を想定 \*3: ガラス外表面に散乱光のみ当たる設定 \*4: 部屋 (奥行き 6m) すべてをベリメータとして計算

図 1 ベース仕様と仕様変更一覧

	南向き [W/m²]				西向き [W/m²]				東向き [W/m²]				北向き [W/m²]							
	増減率	-150	-100	-50	0	50	100	150	200	250	増減率	-150	-100	-50	0	50	100	150	200	250
<b>1. 外壁仕様・窓面積</b>																				
① PC柱型 + CW (窓中)	[0]	-45	147		[0]	-50	147		[0]	-50	171		[0]	-53	145		[0]			
② PC柱型 + CW (窓小)	[+1%]	-46	146	[-1%]	[-0%]	-50	146	[-0%]	[+0%]	-51	163	[-4%]	[+1%]	-53	144	[-1%]				
③ 全面ガラスCW (窓大)	[-0%]	-45	149	[+2%]	[+1%]	-50	148	[+1%]	[+0%]	-50	183	[+7%]	[+0%]	-53	148	[+2%]				
<b>2. 窓ガラス仕様</b>																				
① Low-Eクリア (銀一層)	[0]	-45	147	[0]	[0]	-50	147	[0]	[0]	-50	171	[0]	[0]	-53	145	[0]				
② Low-Eクリア (銀二層)	[+0%]	-45	144	[-2%]	[+1%]	-50	144	[-2%]	[+1%]	-51	161	[-6%]	[-0%]	-53	143	[-2%]				
③ エアフローウィンドウ (Low-Eクリア + 透明)	[+1%]	-46	139	[-5%]	[-3%]	-48	140	[-6%]	[-3%]	-49	143	[-16%]	[-5%]	-50	139	[-5%]				
④ 透明フロート単板	[+30%]	-59	150	[+2%]	[+30%]	-65	149	[+2%]	[+20%]	-60	177	[+4%]	[+27%]	-67	148	[+2%]				
<b>3. 庇・ルーバー仕様</b>																				
① 庇・ルーバーなし	[0]	-45	147	[0]	[0]	-50	147	[0]	[0]	-50	171	[0]	[0]	-53	145	[0]				
② 水平・垂直庇 300mm	[+0%]	-45	145	[-1%]	[+1%]	-50	145	[-1%]	[+1%]	-51	166	[-3%]	[+0%]	-53	144	[-1%]				
③ 水平・垂直庇 600mm	[+1%]	-46	144	[-2%]	[+1%]	-51	144	[-1%]	[+1%]	-51	162	[-5%]	[+0%]	-53	143	[-1%]				
④ 外ルーバー	[+7%]	-49	146	[-1%]	[+2%]	-51	146	[-0%]	[+2%]	-51	152	[-11%]	[+0%]	-53	145	[-0%]				
⑤ 全面日除け	[+7%]	-48	142	[-3%]	[+1%]	-51	143	[-2%]	[+2%]	-51	143	[-16%]	[-1%]	-52	142	[-3%]				
<b>4. 設計照度・照明方式</b>																				
① 全般照明 (設計照度 750lx)	[0]	-45	147	[0]	[0]	-50	147	[0]	[0]	-50	171	[0]	[0]	-53	145	[0]				
② 全般照明 (設計照度 750lx, 昼光利用)	[+1%]	-46	143	[-3%]	[+1%]	-50	142	[-3%]	[+1%]	-51	166	[-3%]	[+1%]	-53	141	[-3%]				
③ タスク & アンビエント照明 (設計照度 500lx, 昼光利用)	[+1%]	-46	138	[-6%]	[+2%]	-51	137	[-7%]	[+1%]	-51	161	[-5%]	[+1%]	-53	136	[-7%]				
④ タスク & アンビエント照明 (設計照度 300lx, 昼光利用)	[+4%]	-47	134	[-9%]	[+4%]	-52	133	[-9%]	[+1%]	-51	158	[-7%]	[+3%]	-54	132	[-9%]				
<b>5. 部屋奥行き寸法</b>																				
① 奥行き 18m	[0]	-45	147	[0]	[0]	-50	147	[0]	[0]	-50	171	[0]	[0]	-53	145	[0]				
② 奥行き 18m + 昼光利用	[+1%]	-46	143	[-3%]	[+1%]	-50	142	[-3%]	[+1%]	-51	166	[-3%]	[+1%]	-53	141	[-3%]				
③ 奥行き 12m + 昼光利用	[+23%]	-56	147	[-0%]	[+20%]	-60	146	[-1%]	[+13%]	-57	183	[+7%]	[+20%]	-63	144	[-1%]				
④ 奥行き 6m + 昼光利用	[+91%]	-86	155	[+5%]	[+81%]	-90	166	[+13%]	[+72%]	-86	230	[+35%]	[+83%]	-96	149	[+3%]				

図 2 最大熱負荷計算結果 (事務室 1 スパン)

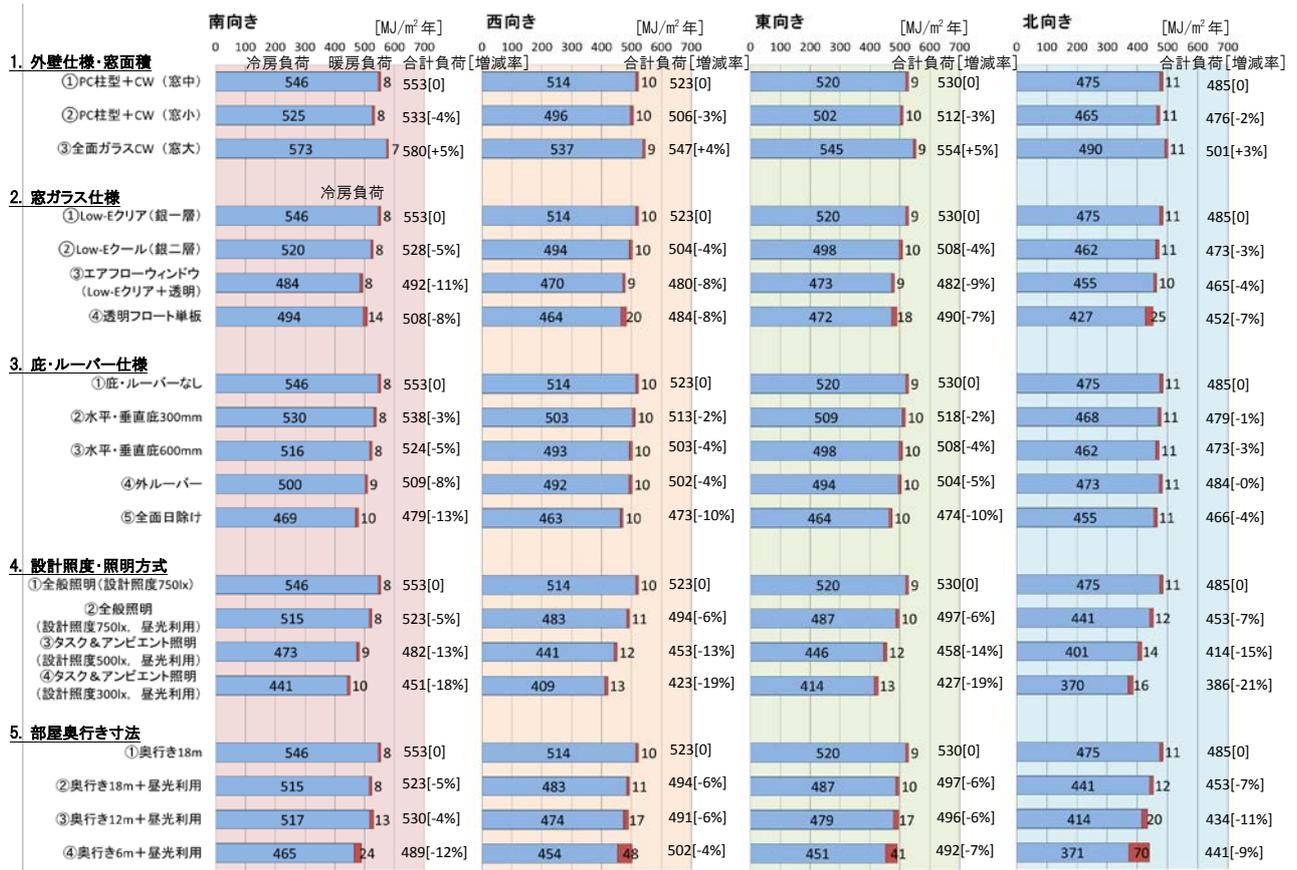


図3 年間熱負荷計算結果 (事務室1スパン)

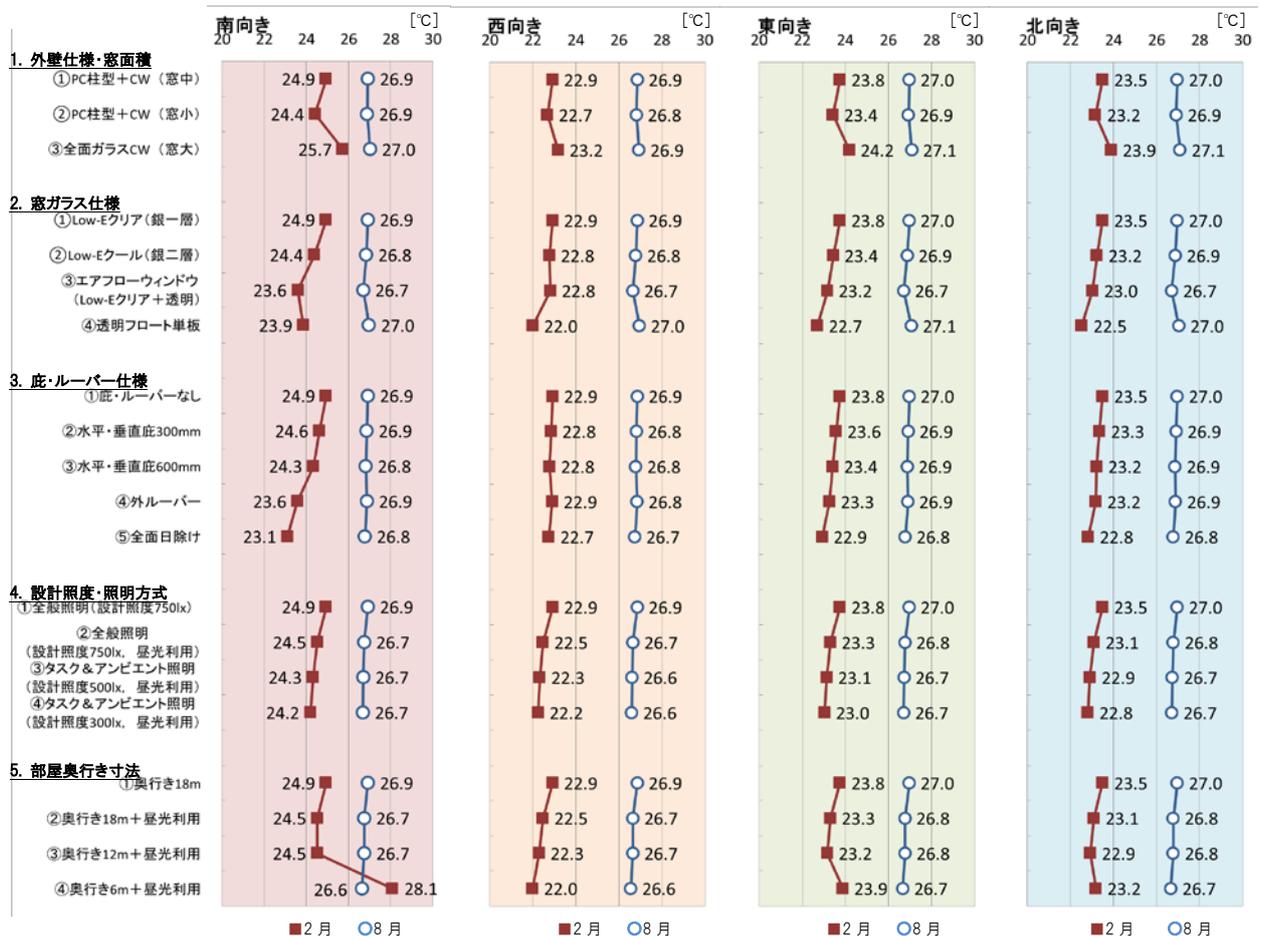


図4 代表月 (2月, 8月) のペリメータ作用温度計算結果の期間平均値 (事務室1スパン)

### 3.3. 庇・ルーバーの仕様による比較

庇の無いベース仕様に対し、庇を設けたバリエーション仕様では、日射の遮蔽効果に応じて冷房負荷は小さくなり、暖房負荷は逆に大きくなる傾向を示すが、暖房負荷は小さいため総じて熱負荷は小さくなる。朝の日射が空調の立ち上り負荷に大きく影響するため、東向きの外壁では最大熱負荷の較差が顕著である。また日中の日射積算量が多い南向き外壁では、年間熱負荷の較差が顕著になる。

### 3.4. 設計照度・照明方式による比較

照明を全点灯するベース仕様に対し、昼光を利用したり設計照度を下げてアンビエント照明を消灯することで、照明発熱が減少し、冷房負荷の削減につながっている。

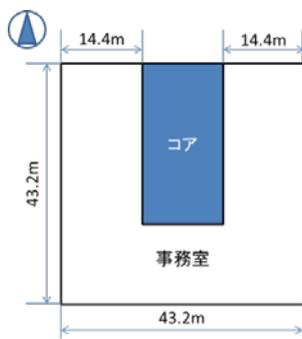


図5 モデルビル基準階平面図

### 3.5. 部屋奥行き寸法と昼光利用照明制御による比較

大部屋使用のベース仕様に対し、事務室を仕切って小部屋でを使用することを想定した比較である。奥行きが小さくなると室容積に対する外壁率が上がるため、最大熱負荷は大きくなるが、どのケースも昼

光利用による照明制御を併用しているため、照明負荷を削減でき年間冷房負荷が小さくなる傾向を示した。

### 4. 基準フロア単位での評価

これまで示した1スパン当たりの計算結果を、図5に示す平面の事務所ビル基準階に適用し、方位別の外壁長さの比に従って按分した結果を図6に示す。北面が他の3面に比べて少ないこのビルにおいては、いずれのケースも方位別の値と比べて、最大熱負荷の値が高めで、年間熱負荷は中間という結果となった。これまでのケーススタディの結果、仕様の違いによる傾向は外壁の方位によらずほぼ同様であったので、その点について新たな特徴は見られないが、最大熱負荷では高日射遮蔽性能を持つガラス、年間熱負荷については昼光利用調光制御によるエネルギー削減効果が大きくなっていることがわかる。

### 5. まとめ

BEST 専門版を使用したケーススタディで、ファサードに関する単一要素の違いによる、環境性能に対する影響度を示すことができた。複数の要素の組合せによる影響は明確に示されていないが、結果を網羅的に評価することにより、断熱性能の高い外壁と大きい内部発熱を持つ建物において、窓において外部からの日射を遮ることにより、むしろ日射（可視光）を利用して建物内部の照明設備の利用頻度を下げ、照明電力による発熱を削減することがより有効であること、などが推測できる。

#### 【参考文献】

- 1) 坂本・藤野・山本・佐々木・立野岡：大規模複合建物におけるエアフローウィンドウシステムの実大モデルによる事前検証、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.1017-1020、2012.9

#### 【謝辞】

本研究は、(一財)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。主査：石野久彌(首都大学東京)、大西晴史(関電工)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、木下泰斗(日本板硝子)、木本慶介(大林組)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤 ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、菅長正光(菅長環境設備事務所)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀與(鹿児島大学)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、保木栄治(東京電力)、柳井崇、品川浩一(以上、日本設計)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

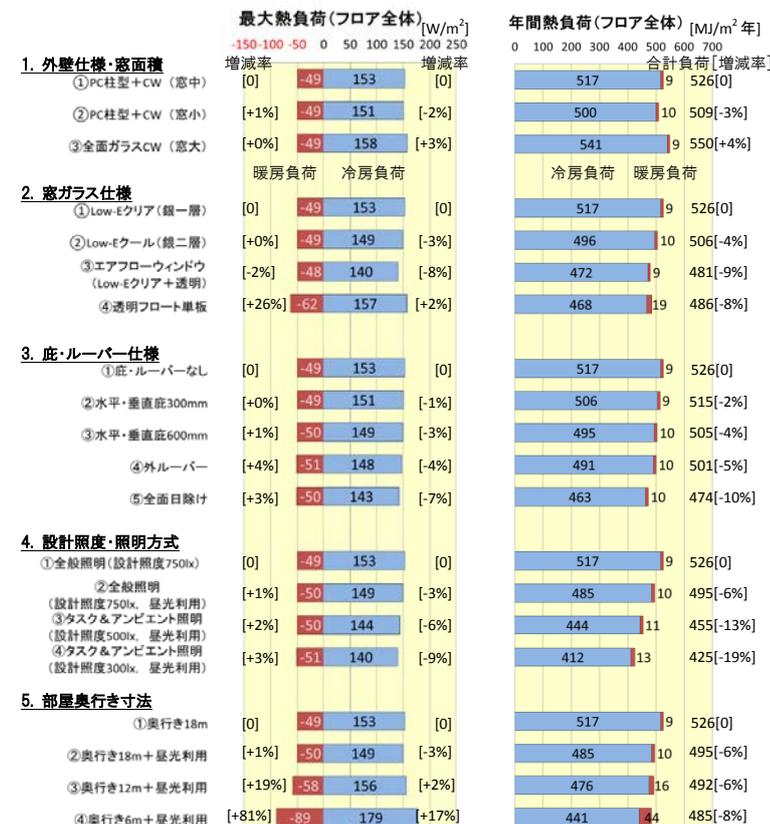


図6 モデルビル基準階での最大熱負荷と年間熱負荷