

## 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 68)

## EPW データを利用した世界主要都市の気候と熱負荷解析

## Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part68)

## Climate and Thermal Load Analysis

## in Major Cities around the World using Energy Plus Weather Data

正会員 ○高橋 亜璃砂 (大林組)

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 郡 公子 (宇都宮大学)

Arisa TAKAHASHI\*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>3</sup> Kimiko KOHRI\*<sup>4</sup>\*<sup>1</sup>Obayashi Corporation \*<sup>2</sup>Building Research Institute \*<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan University \*<sup>4</sup>Utsunomiya University

This paper presents climate and thermal load in major cities around the world using Energy Plus Weather Data (EPW data) which is provided by U.S. department of Energy. First, difference of weather data and thermal load in cities in Japan using EPW data and the Expanded AMeDAS Weather Data are described. Second, features of annual thermal load in thirty one cities around the world and influence of insulation and window roof for thermal load are shown.

## 1. 序

BEST で利用できる気象データ<sup>1)</sup>としては、国内で作成された BEST 1 分値データ、拡張アメダス気象データ (以下 EA データ)、拡張アメダス設計用気象データ、また海外で作成された Energy Plus 気象データ(以下 EPW データ)がある。さらに、海外で作成された設計用気象データで、世界の 3,726 地点を網羅する WEADAC データも今後 BEST で利用可能となる予定である。

本報では、日本の都市の EPW データと EA データ (標準年) を BEST で読み込んで算出した熱負荷の比較、世界主要都市の EPW データによる熱負荷の特性について考察する。

## 2. EPW データ概要

EPW データは世界の標準年気象データで、米国エネルギー省の HP より無償でダウンロードでき、BEST ではそのままの形式で使用できる。

(米国エネルギー省 HP :

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather\\_data.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm))

観測地点は、米国 (1,042 地点)、カナダ (71 地点)をはじめ、世界各地合計 2,100 地点以上のデータが公開されている。ただし、欠測が含まれているデータもあり、それらは BEST では使用できないため、計算できない地点も存在する。

## 3. 日本の都市の EPW データと EA データ(標準年)

日本の都市の EPW データ 9 地点 (札幌、東京、名古屋、松本、大阪、土佐清水、米子、下関、鹿児島) のう

ち、欠測のある札幌、土佐清水以外の都市で、EPW データと EA データ (標準年) を使用して年間熱負荷計算を行い、結果を比較した。

計算対象は、図 1 に示すオフィスビルの基準階とし、表 1 に基準計算条件、表 2 に観測地点の緯度経度を示す。各地点の EA データ (標準年) と EPW データの比較結果について、図 2 に外気温と月積算水平面全天日射量、図 3 に年積算装置負荷 (装置負荷=室負荷+外気負荷) を冷房、暖房別に示す。表 2 に各観測地点における EPW データ、EA データそれぞれの緯度と経度を示す。

冷房では、東京以外では、両気象データでの年積算熱負荷はほぼ一致している。東京では、EA データ (標準年) と比較して EPW データによる顕熱負荷が 25%程度小さい。暖房でも、東京では、EA データ (標準年) と比較して EPW データによる顕熱負荷が 2 倍となった。この理由として、EPW データでは、地点の表記は東京であるが、観測地点は茨城県の百里基地であるため、EPW データの月平均外気温が一年を通して EA データ (標準年) より 3~4K 低くなっており、その結果暖房負荷は大きく、冷房負荷は小さくなったと考えられる。百里基地に近い銚田の EA データによる計算結果 (図 3 参照) は EPW データの東京と近い値となった。大阪の観測地点は、EA データ (標準年) では大阪城近辺、EPW データでは伊丹空港近辺であり、EPW データの月平均外気温が一年を通して EA データ (標準年) より 1~2K 低い。名古屋でも観測地点は若干異なっていたが、それ以外の都市では同一地点ではないもののほぼ近くに位置していた。また、各地点とも、各月における水平面全日射量の差はプラスマイナス 10%以内程度であった。

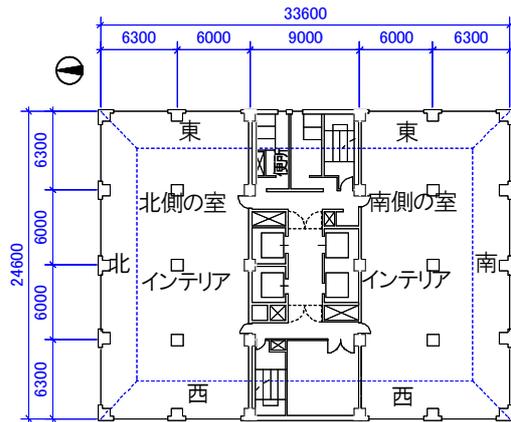


図1 オフィス基準階モデル

表1 計算条件

標準オフィス基準階、ペリメータ奥行き3m	
建物	外壁 タイル8mm+モルタル20mm+コンクリート150mm+吹付硬質ウレタン25mm U=0.87(W/m <sup>2</sup> ·K)
	窓 窓面積率68% low-e複層ガラス+明色ブラインド
	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>
空調	空調時間 8:30~22:00
	予冷熱時間 8:30~9:00
	外気導入 8:30~22:00
	設計温湿度
	夏期 26°C、60% (インテリア、ペリメータとも)
	中間期 24°C、50% (インテリア、ペリメータとも)
	冬期 22°C、50% (インテリア、ペリメータとも)
	外気導入量 3.75CMH/m <sup>2</sup>

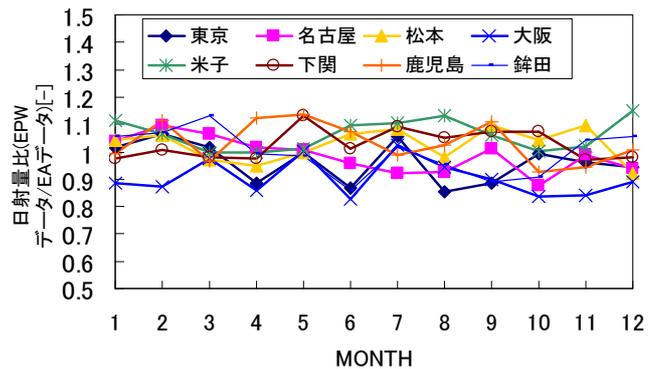
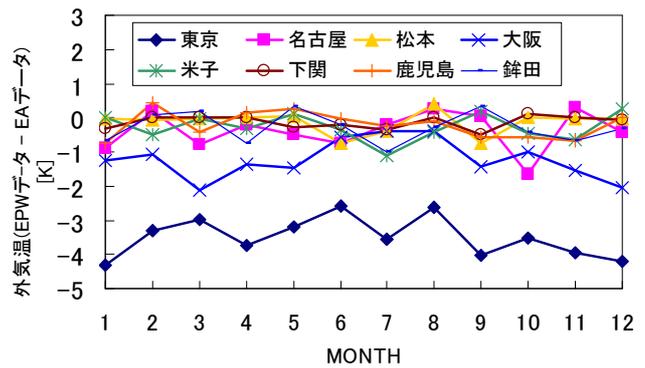


図2 EAデータとEPWデータの月平均外気温と月積算水平面全天日射量の比較

表2 各観測地点の緯度と経度

	EAデータ		EPWデータ	
	緯度	経度	緯度	経度
東京	35.69	139.76	36.18	140.42
(参考)	36.16	140.53		
大阪	34.68	135.52	34.78	135.45
名古屋	35.16	136.97	35.25	139.93
松本	36.24	137.97	36.25	137.97
米子	35.43	133.34	35.48	133.25
下関	33.94	130.93	33.95	130.93
鹿児島	31.55	130.55	31.57	130.55

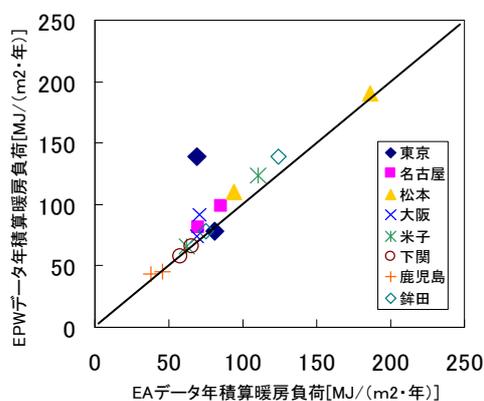
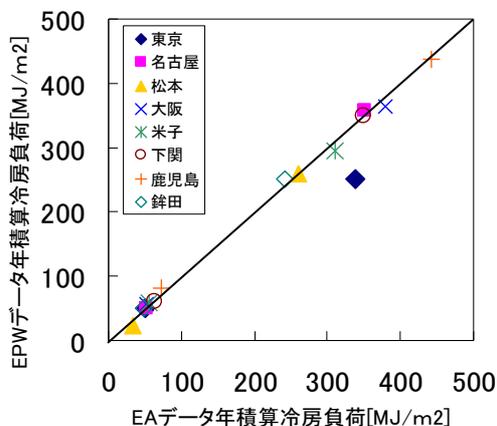


図3 EAデータとEPWデータの年積算熱負荷の比較

#### 4. 世界主要都市の気象と熱負荷特性

EPWデータを利用して、図4の世界地図にプロットした都市の年間熱負荷計算を行った。計算対象のモデルは図1に示すオフィスの基準階とした。気象条件が多様な世界各地で比較するため、空調運転条件は一年中設定温湿度を24°C50%、装置容量は冷房顕熱容量200W/m<sup>2</sup>、潜熱100W/m<sup>2</sup>、暖房顕熱容量200W/m<sup>2</sup>、暖房潜熱100W/m<sup>2</sup>に設定した。

計算地点のうち、東京はEPWデータの地点が前述のとおり茨城県であるため、EAデータ(標準年)による負荷で比較することとした。図5に各都市の年積算冷房装置負荷、暖房装置負荷計算結果を示す。EAデータを使用した東京を基準として考え、それ以外の都市は冷房負荷が大きいものから降順に並べている。高温多湿気候のシンガポールでは、冷房負荷が大きく、東京の2.8倍程度であり、そのうちの潜熱負荷の割合も大きい。シンガポ

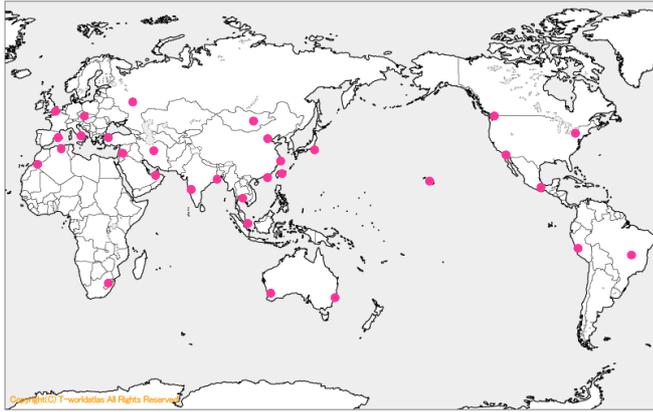


図4 計算対象地点

表3 建物の仕様

建物タイプ	庇	外壁断熱材	low-e複層ガラス仕様
標準	なし	厚さ25mm	遮熱
窓断熱	なし	厚さ25mm	断熱
高断熱	なし	厚さ50mm	断熱
庇	1m(全方位)	厚さ25mm	遮熱
庇+低断熱	1m(全方位)	厚さ15mm	遮熱

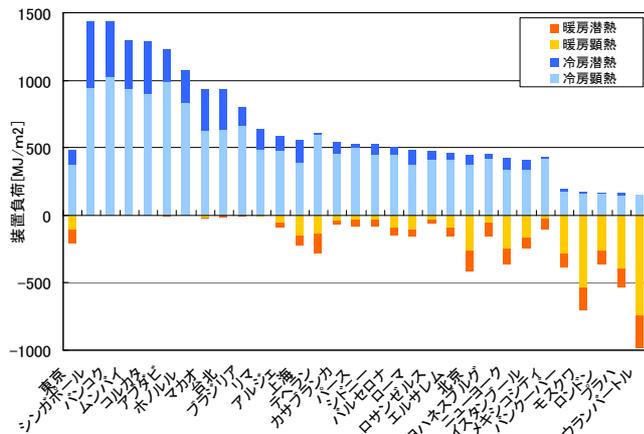


図5 年間熱負荷計算結果

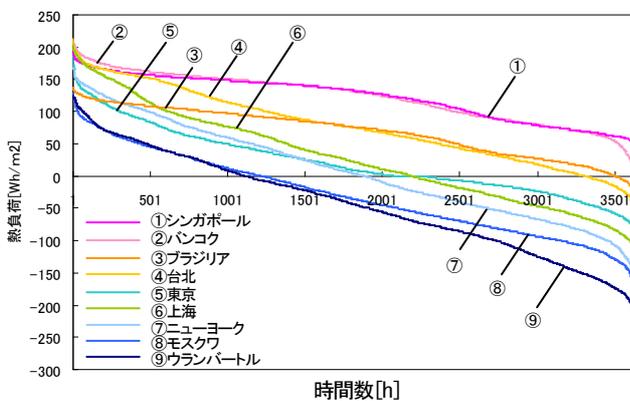
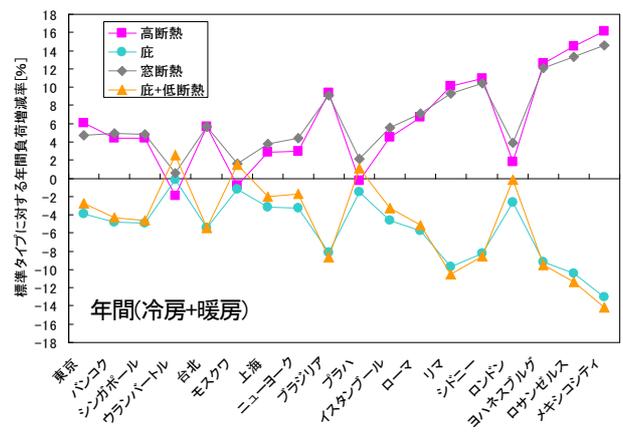


図6 デュレーションカーブ(標準タイプ)

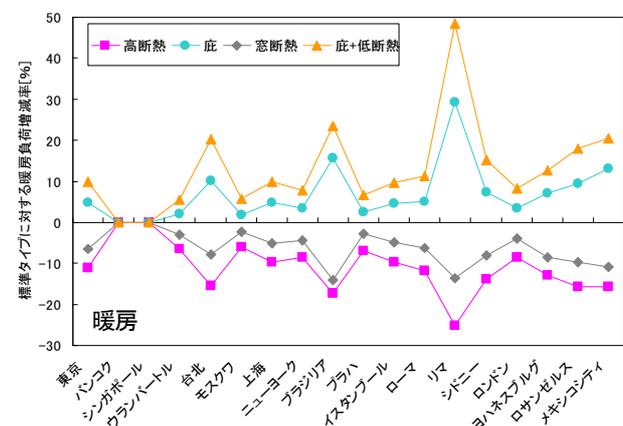
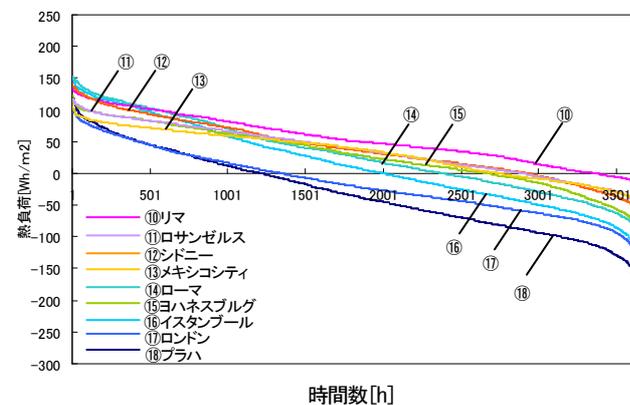
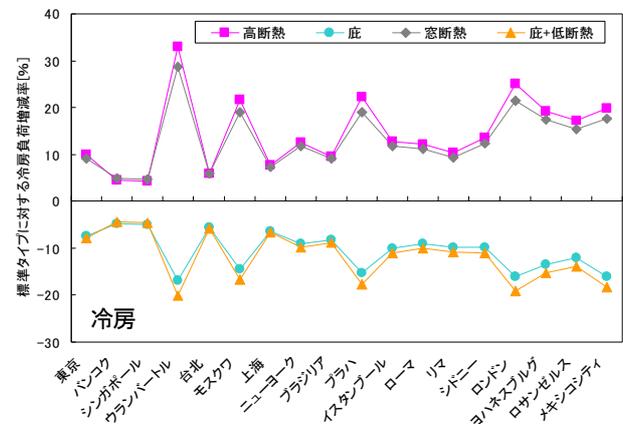


図7 各都市の標準タイプに対する年積算熱負荷の増減率

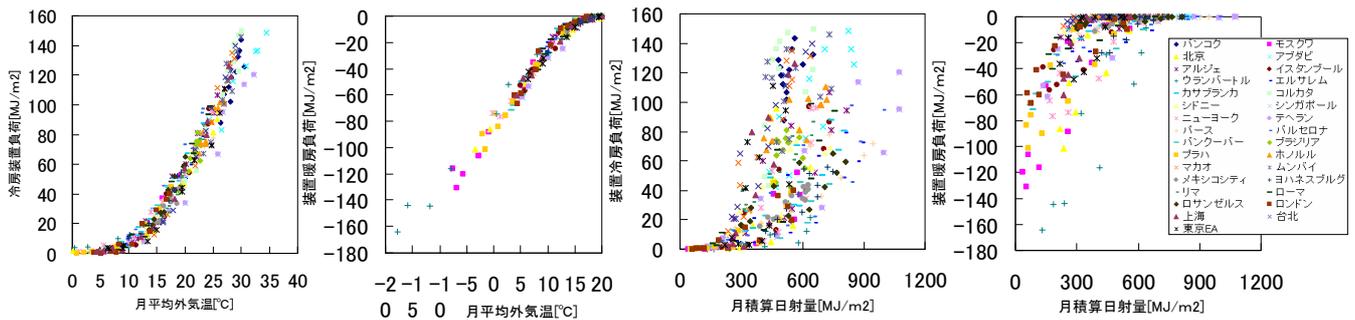


図8 各都市の各月の積算熱負荷と月平均外気温、月積算水平面全日射量の相関（標準タイプ）

ールでは、空調時、設定室温は22~23℃とされることが一般的で、また、高温多湿な外気の取り入れ量が少ない省エネルギー的な基準であるため<sup>2)</sup>、現地の基準で計算した場合、図5で示した計算結果より潜熱負荷が減り、顕熱負荷は増えると考えられる。世界各地で基準は異なるが、今回の計算では、世界各地一律の設定条件としているため、一年を通して温暖なロサンゼルスでは年積算熱負荷が小さいというように、各都市の気候の特徴の影響も把握できる。

次に、18都市について、年間の空調時間の時刻別熱負荷を降順に並べたデュレーションカーブ(上半分が冷房、下半分が暖房)を図6に示す。各都市において、同条件下における年間の時間ごとの熱負荷分布、空調時間数に対する冷房時間数、暖房時間数や、各都市の年間の熱負荷特性が大きく異なることがわかる。

建物の仕様を、表1と同様のものを標準タイプとし、表3に示すlow-e複層ガラスを断熱とした窓断熱タイプ、断熱材厚みを50mmとし、low-e複層ガラスを断熱とした高断熱タイプ、底を設置した庇タイプ、底に加え断熱材の厚みを減らした庇+低断熱タイプの4種類設定し、計算を行った。図7に、図6と同様の18都市の年積算熱負荷(暖房+冷房)、冷房、暖房それぞれについて、標準タイプに対する各タイプの負荷増減率の結果を示す。図7の都市は、東京を除き左から年積算熱負荷の大きい順とした。建物仕様で、断熱性が高い2タイプと庇がある2タイプはほぼ対称の結果となったが、4タイプの中での熱負荷の順位は都市により異なる。冷房、暖房別で見ると、分母が小さくなることも影響しそれぞれ負荷の絶対値が小さい都市で負荷増減率が大きい傾向が見られた。庇+低断熱タイプは、図6の中で空調時間数1hの冷房ピーク熱負荷が100~150Wh/m<sup>2</sup>程度で、暖房時間数が空調時間数の1/4以下程度である、1年を通して温暖な都市で熱負荷が最も小さくなった。その中でもメキシコシティで最も効果が高く、標準タイプに対して年積算熱負荷が14%程度削減された。高断熱タイプは他の都市と比較して寒冷地の都市で効果が高い傾向が見られ、ウランバートルでは標準タイプに対して年積算熱負荷が2%程

度小さくなった。4タイプの中では、庇タイプで年積算熱負荷が最も小さくなる都市が多く、1年を通して暖房時間がほぼない熱帯地域の都市では、庇+低断熱タイプと非常に近い値ではあるが若干小さくなり、暖房空調時間が空調時間数の1/3以上で、1年の中で温暖の差がある都市で年積算熱負荷が小さい傾向が見られた。

図8に各都市の各月の積算熱負荷と月平均外気温、月積算水平面全日射量の相関を示す。世界各都市においても、熱負荷は月平均外気温との相関が見られ、概ね2次曲線で近似曲線が描けるが、月積算日射量との相関は大きくない。図8より、各都市の負荷の分布が確認できる。

## 5. 結

気象データについて、日本の7地点におけるEPWデータと、EA気象データ(標準年)の違いを示し、BESTで読み込んで算出した熱負荷を比較した。また、EPWデータを利用した世界主要都市の年間熱負荷特性、建物仕様による負荷増減率を示した。

### 【謝辞】

本報は、(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るものである。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)

### 【参考文献】

- 1)二宮他: BEST気象データの開発、2007年度空気調和衛生工学会大会梗概集 pp2001-2004 他
- 2)設備エンジニアの実務英語 空気調和・衛生工学会編