

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 224）

2010 年版 EA 設計用気象データと最大・年間負荷特性

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 224)

The 2010 Version of EA Design Weather Data and Characteristics of Peak and Annual Load

技術フェロー ○郡 公子（宇都宮大学） 技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授）
特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

Kimiko KOHRI*¹ Hisaya ISHINO *² Shuzo MURAKAMI *³

*¹ Utsunomiya University *² Tokyo Metropolitan University

*³ Institute for Building Environment and Energy Conservation

The 2010 version of expanded AMeDAS (EA) design weather data can be created from EA actual weather data for 30years from 1981 to 2010. This paper examined the validity of the design weather data by obtaining the possibilities of exceeding the design weather value. The characteristics of the effects of façade types and regions on thermal peak load and annual load were compared through numerical simulations.

1. 序

これまで、2000 年版 EA 設計用気象データの更新版である 2010 年版 EA 設計用気象データの作成法を検討してきた¹⁾²⁾。作成法が確定したので、本報では、2010 年版設計用気象データの安全度を、気象日別値の超過確率で確認するとともに、最大熱負荷の特性が年間熱負荷の特性とどのように異なるかを、ファサードと地域の違いの点から比較考察した。

2. 2010 年版 EA 設計用気象データの概要

表 1 に、2010 年版 EA 設計用気象データの概要を示す。2000 年版と同様に、2 種類の気象日別値を指標として過酷気象日を 24 日選定した後、平均化処理して設計用データとする作成法であり、冷房設計用として蒸暑気候の h-t 基準、日射の強い Jc-t 基準、秋に近い夏期で南面日射の強い Js-t 基準の 3 タイプ、暖房設計用として乾燥気候の t-x、曇天気候の t-Jh 基準の 2 タイプがある。2000 年版の作成法に対する変更点を挙げると次のようになる。①統計期間を 20 年(1981~2000 年)から 30 年(1981~2010 年)に拡張する。②暖房設計用の過酷気象選定法を危険率によらず統一する(2000 年版では危険率 0.5%のデータを作成するために、第 1 指標による過酷気象選定日数を危険率 0.5%の場合のみ少なくした)。③設計用気象データの危険率を一部変更し、冷房設計用 h-t 基準と Jc-t 基準については 2000 年版より少し安全側の危険率を用意する。④日射計算法を国内外で推奨されている方法にする(2000 年版では直散分離を渡辺の式と Bourguier の式による方法、斜面日射量計算を一樣天空と扱う方法としていたのに対して、2010 年版では直散分離、斜面日射量計算とも Perez の方法に変更)。⑤日射時刻変動の平滑化法(日射計算法の変更に伴い、大気透過率を平滑化する方法から水平面天空日射量を平滑化する方法に変更)。⑥1 日の区切

り時刻を深夜とし、開始時刻を前日 20 時から当日 1 時に変更する。

表 1 2010 年版設計用気象データの概要

●冷房設計用気象データの統計期間と種類

- ・統計期間：1981-2010 年の 6-9 月(北緯 29°以南の南方地方は 6-10 月)
- ・気象タイプと検討対象の危険率(第 1 指標超過確率)
(h-t 基準) 第 1 指標：日平均エンタルピ、第 2 指標：日平均気温
危険率：最小(0.35%程度)・1%・2%、選定月：7、8 月、太陽位置：8/1
(Jc-t 基準) 第 1 指標：日積算円柱面日射量、第 2 指標：日平均気温
危険率：最小(0.65%程度)、選定月：7、8 月、太陽位置：8/1
(Js-t 基準) 第 1 指標：日積算円柱南面日射量、第 2 指標：日平均気温
危険率：0.5%、選定月：9 月(南方地方は 10 月)、
設計太陽位置：9/15(南方地方は 10/15)

*危険率の最小とは、作成可能な最も小さい危険率のこと。

●暖房設計用気象データの統計期間と種類

- ・統計期間：1981-2010 年の 12-3 月
- ・気象タイプと検討対象の危険率
(t-x 基準) 第 1 指標：日平均気温、第 2 指標：日平均絶対湿度
危険率：最小(0.75%程度)・1%・2%、選定月：1、2 月、太陽位置：1/30
(t-Jh 基準) 第 1 指標：日平均気温、第 2 指標：日積算水平面日射量
危険率：最小(0.75%程度)・1%・2%、選定月：1、2 月、太陽位置：1/30

●過酷気象日の選定法

①第 1 指標による選定

統計期間の第 1 指標ランキングから、目標とする超過確率に相当する順位に近い 73 日(暖房設計用は 145 日)を、指定された月から選定する。最小危険率のデータを作成する場合は、上位 73 日(暖房設計用 145 日)を指定された月から選定し、その 37 番目(暖房設計用 73 番目)の順位に相当する超過確率を目標超過確率とする。

②第 2 指標による選定

第 1 指標により選定された日のなかから、第 2 指標の厳しい 24 日を選定する。ただし、選定される 24 日の第 1 指標平均値の超過確率が目標超過確率に近くなるよう調整して選定する。

* 過酷気象の平滑化処理については、文献 1)参照

【注記】設計用気象データの危険率は、第 1 指標の統計期間の超過確率で表される。2000 年版では、h-t 基準は 0.5・1・2%、Jc-t 基準は最小(1%程度)、Js-t 基準は最小(0.5%程度)、t-x と t-Jh 基準は 0.5・1・2%の危険率を用意したが、2010 年版では、上表のように一部変更した。また、2000 年版の t-x、t-Jh 基準は、危険率 0.5%のデータを作成するために、第 1 指標による選定日数を危険率 1、2%の場合より少ない 73 日としたが、2010 年版では、危険率によらず同じ選定日数 145 日で統一した。

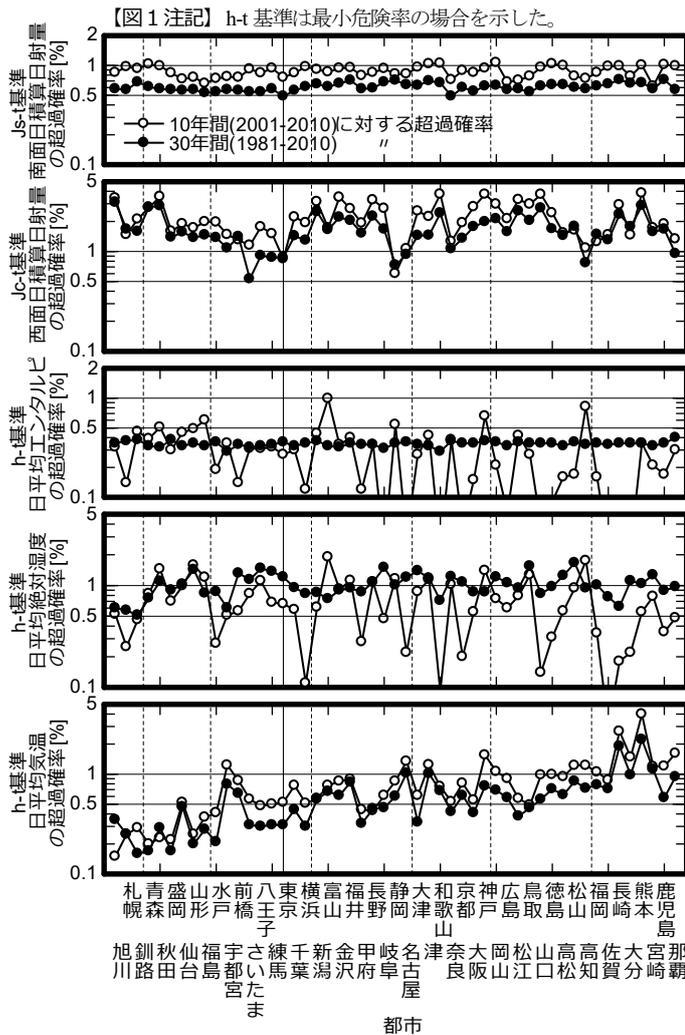


図1 51都市の冷房設計用気象日別値の超過確率

3. 2010年版EA設計用気象データの安全度の確認

設計用気象データの危険率は、過酷気象日を選定するときに使用する第1気象指標の統計期間中(2010年版は1981-2000年の30年間)の超過確率で表される。統計期間を30年に拡張したことから、冷房設計用は2000年版より安全側危険率のデータを作成できたが、温暖化などの気候変動を考慮すると、最近の気候に対する安全度は30年間の気候に対するものとは異なると考えられる。暖房設計用気象データは、温暖化に伴い安全度に余裕が生じていることが予想される。そこで、51都市の2010年版設計用気象データの主要な日別値について、1981~2010年の30年基準の超過確率と2000~2010年の10年間基準の超過確率を比較した。結果を図1、2に示す。危険率は、冷房設計用h-t基準は最小危険率、暖房設計用t-x、t-Jh基準は1%の場合である。

冷房設計用h-t基準の日平均気温は、最近10年基準の超過確率が30年基準より0.2%程度大きく危険側になる都市が多いが、なかには30年基準より小さくなる場合や変わらない場合もある。東京の場合、30年基準の0.3%に対して、最近10年基準は0.5%となった。また、地域によ

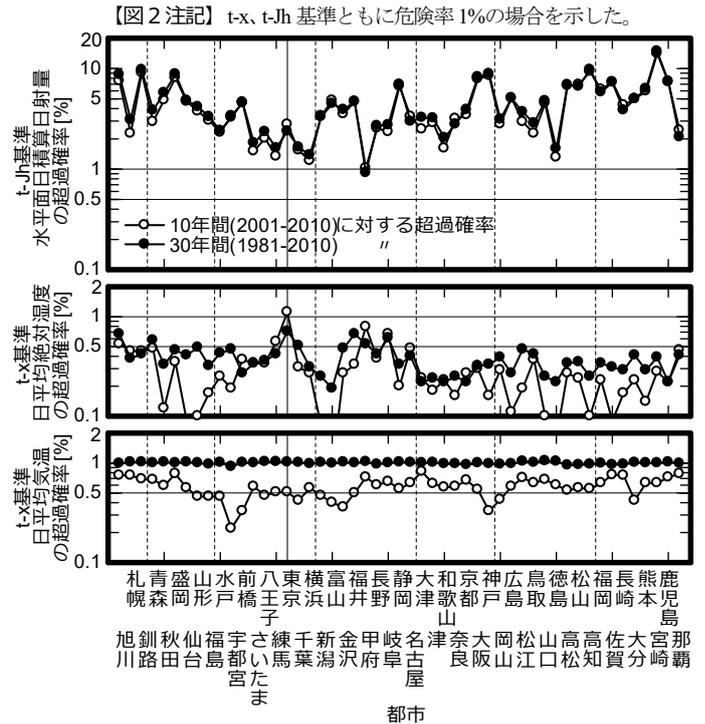


図2 51都市の暖房設計用気象日別値の超過確率

り超過確率が異なり、夏の短い寒冷地は30年基準値で0.1%前後の安全側の値であるが、夏の長い暑熱地に近づくほど1%前後の危険側の値となる。h-t基準の日平均絶対湿度の超過確率は、1%前後の値となる都市が多い30年基準に対して、最近10年基準は都市によるばらつきが大きいものの、30年基準より値が小さく安全側となる都市が多い。第1指標であるh-t基準日平均エンタルピの30年基準超過確率は、どの都市も0.3~0.4%である。最近10年基準値は、30年基準より小さく安全側となる都市が少し多い。Je-t基準の日積算西面日射量、Js-t基準の日積算南面日射量の30年基準超過率は、それぞれ1~2%、0.5~0.7%となる都市が多く、最近10年基準値は30年基準より値が大きく危険側の都市が多い。

暖房設計用データの日平均気温は、第1指標であることから、30年基準超過確率はどの都市もほぼ1%であり、最近10年基準値は、30年基準より小さく安全側である。東京の最近10年基準値は、0.5%であった。t-x基準の日平均絶対湿度の30年基準超過確率は0.2~0.5%の都市が多く、日平均気温より安全度が高い。また、10年基準値は30年基準より小さく、冷房設計用h-t基準が高湿の安全側だったのに対して、t-x基準は低湿の安全側となった。t-Jh基準の日射量の弱さの超過確率は、30年基準、10年基準ともにほとんど差はなかった。

4. 最大熱負荷と年間熱負荷の特性比較

2010年版EA設計用気象データの利用が可能になったので、改めてファサードの違い、地域の違いを取り上げ、最大熱負荷と年間熱負荷への感度の違いをケーススタディにより確認した。表2に、基準計算条件と比較ケースを

表2 基準計算条件と比較ケース

(a)基準計算条件

項目	内容
気象	2010年版EA設計用および標準年気象データ
ゾーン構成	オフィスビル中間階 南北室(各室インテリア1ゾーン・ペリメータ3ゾーン)とコア1ゾーン
ファサード	日射遮蔽型Low-E複層一般窓(空気層12mm、明色ブラインド)、外壁断熱25mm、隙間風0.2回/h(ペリメータ容積基準)
ゾーン	(居室) 窓面積率: 68%、インテリア・ペリメータ間換気(ゾーン境界単位長さあたり): 250CMH/m、内部発熱(最大値): 照明5W/m ² 、在室者0.15人/m ² 、機器10W/m ² 、設計用内部発熱割増・割引係数: 暖房0.3、冷房
	(コア) 窓面積率: 10%、居室間換気(インテリア容積基準): 3回/h(9:00-18:00)、1回/h(それ以外の時間帯)、照明2W/m ²
空調	空調時間: 年間計算用 8:00-22:00、最大負荷計算用 8:30-20:00(予冷熱30分)、外気導入時間: 8:45~空調終了時刻 設定温湿度・熱処理(年間共通): 26℃・冷却、22℃・加熱、外気導入する場合の設計外気量: 4.5CMH/m ²

(b)比較ケース

ケース	
A 透明単板窓 ^{*1}	B 透明複層窓
C Low-E複層窓(基準)	D 水平ルーバ ^{*2}
E 高性能ダブルスキン ^{*3}	F 高性能エアフローウィンドウ ^{*4}

(基準条件に対する変更条件)
^{*1} 外壁断熱10mm ^{*2} 奥行・ピッチ比1.0
^{*3} 外側は透明単板、内側は日射遮蔽型Low-E複層ガラス、各階タイプ、内窓面積率68%、外壁断熱50mm、キャパティ自然換気あり(3-12月はキャピティ温度30℃以上で、その他の期間は常時換気口(上に、有効開口面積0.04m²/m)開)
^{*4} 外側は日射遮蔽型Low-E複層、内側は透明単板ガラス、窓通気28CMH/m(2.9lit/sec/m²・全て屋外排気)

[表2注記] 基準階平面図は、文献3)参照。

示す。オフィスビル中間階を対象とし、基準ファサードは、Low-E 複層一般窓とした。エアフローウィンドウ(AFW)は、換気のための排気を窓に通し全て屋外排気するものとしたため、通気量は窓面積に対して小さい。ダブルスキン(DSF)は、冬期以外は自然換気を行う。評価対象は、装置負荷全熱(室負荷と外気負荷の和)とする。最大熱負荷は、設計用気象データとして冷房設計用3種(h-t基準最小危険率、Jc-t基準、Js-t基準)、暖房設計用2種(t-x、t-Jh基準危険率1%)を用いて日周期定常計算を行い、最も大きな負荷を採用した。

ファサード6ケースの最大・年間熱負荷計算を行い、東京におけるペリメータ4ゾーンの結果を図3に示した。南ゾーンに着目すると、透明単板窓、透明複層窓の冷房最大熱負荷は同程度であるが、冷房年間熱負荷は、断熱性の高い透明複層ガラスがかなり大きく不利となる。水平ルーバ、高性能AFW、高性能DSFの冷房最大熱負荷は、水平ルーバと高性能AFWが同程度で、高性能DSFがやや小さいが、冷房年間熱負荷は、断熱性の高い高性能AFWが大きく、日射遮蔽性が高く断熱性の低い水平ルーバが小さくなった。暖房最大熱負荷は、曇天気象のt-

[図3注記] 1)最大熱負荷計算は、用設計用気象データとして、冷房設計用h-t基準最小危険率・Jc-t基準・Js-t基準の3種、暖房設計用は、t-x基準・t-Jh基準ともに危険率1%の2種を用いて日周期定常計算を行い、最も大きな負荷を最大熱負荷として採用した。2)冷房最大負荷は、南・北方位はh-t基準、西・東方位はJc-t基準で、暖房最大負荷は、北方位はt-x基準、その他の方位はt-Jh基準で発生。

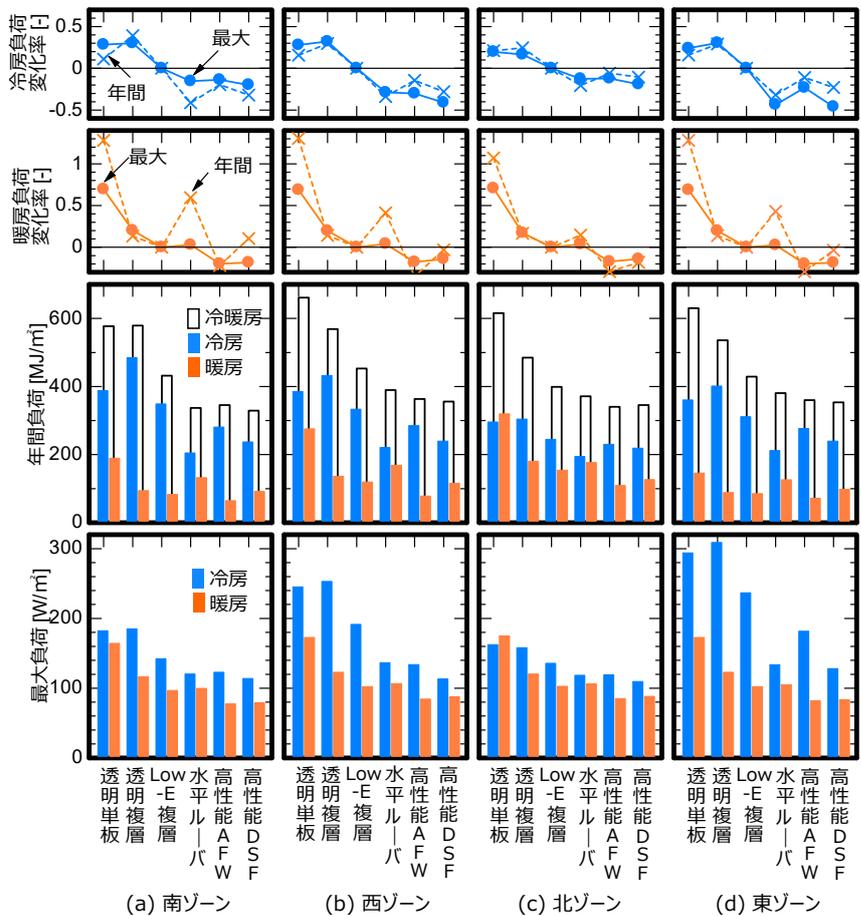


図3 ファサード種類と最大・年間装置全熱負荷(東京)

Jh基準で発生するため、ルーバ有無の違いしかないLow-E複層窓と水平ルーバのケースの差はほとんどない。また、予熱終了時であるため、夜間に窓通気を行わない高性能AFWと自然換気を行わない高性能DSFの差もほとんどない。これに対して、暖房年間熱負荷は、6種のファサードの中で、高性能AFWが最も小さく、水平ルーバは透明単板窓に次いで2番目に大きい。他の方位の特徴を挙げると、東ゾーンの高性能AFWの冷房最大熱負荷が水平ルーバや高性能DSFに比べてかなり大きい。これは、夜間の断熱性の高さや窓通気運転前に入る日射の影響が予冷負荷を増大させたと考えられる。また、日射の影響の小さい北方位は、Low-E複層窓の場合に対する各ケースの負荷変化率が、最大と年間でそれほど差がない。

次に、最大熱負荷と年間熱負荷の地域差の特徴を比較するため、基準ファサードのLow-E複層窓のケースについて、836地点の最大・年間熱負荷計算を行い、カラーマップを作成した。南ゾーンの結果を図4に示す。カラーマップは、836地点の熱負荷中央値を基準として表示し、グラデーション凡例の最大最小値の間に入る都市数が80%に近くなるように作図した。冷房最大熱負荷は、44%の都

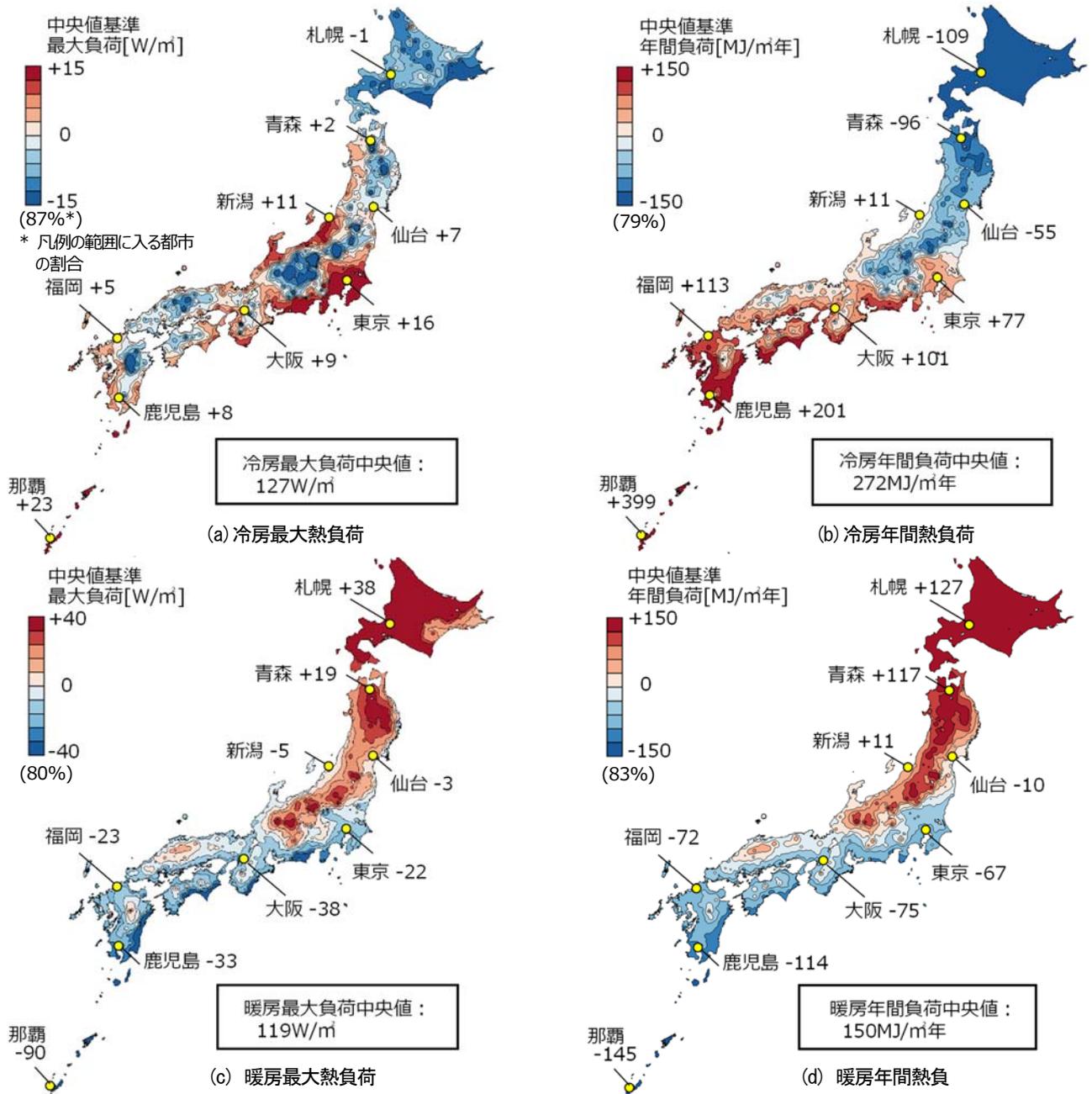


図4 中央値基準の最大・年間装置全熱負荷のカラーマップ(Low-E 複層窓・南ゾーン)

市で h-t 基準、53%の都市で Js-t 基準のときに発生し、暖房最大熱負荷はほぼ全ての都市で t-Jh 基準のときに発生した。冷房最大熱負荷はもともと地位差が小さいという特徴があるが、カラーマップによると、標高の高い地域の負荷が小さく、沖縄と並んで関東平野部、東海と北陸の沿岸部で大きくなる特徴があることがわかる。冷房年間熱負荷は、冷房必要期間の長い地域ほど大きい。暖房の最大・年間熱負荷のカラーマップは比較的似ていた。

5. 結

2010年版 EA 設計用気象データの安全度を超過確率で確認するとともに、ファサードや地域の違いによる最大・年間熱負荷特性の違いを確認した。

【謝辞】本研究の一部は科研費補助金 18K04454 による。また、(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)」およびプログラム開発委員会(石野久彌委員長)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。プログラム開発委員会名簿(順不同) 委員長：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：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)、奥田篤(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤エネルギーリサーチ)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀興(鹿児島大学)、相沢則夫(大林組)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、長谷川巖、久保木真俊、飯田玲香(以上、日建設計)、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計)、事務局：生稲清久、石田真理(以上、建築環境・省エネルギー機構)

【文献】

- 1) 郡・石野・村上：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211)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.57-60、2018.9
- 2) 郡・石野・村上：建築エネルギー・環境シミュレーションツールBESTの開発 第81報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1035-1036、2018.9、同 第87報、2019.9
- 3) 郡：外皮の高性能化技術の変遷と性能予測、日本建築学会シンポジウム「多角的な視点から見た今後の外皮性能のあり方」、pp.1-6、2019.3