最近の気象データによる全国冷暖房負荷の変動

－戸建住宅 全国の1991～2017年の年間冷暖房負荷、ピーク負荷の推移－

ANALYTICAL STUDY OF COOLING AND HEATING LOADS
DUE TO RECENT NATIONWIDE WEATHER DATA

Changes in cooling and heating loads and peak loads of the detached house during the year from 1991 to 2017

磯崎 恭一郎^{*1}, 武田 仁^{*2}*Kyoichiro ISOZAKI and Hitoshi TAKEDA*

The authors focused on the influence of recent weather changes on cooling and heating loads, then created data from JMA observation data of 30 locations nationwide from 1991 to 2017 (27 years) recently.

Using these data, the cooling and heating loads of the detached house are strictly calculated using the thermal load calculation program (LESCOM-mint).

- ① Annual cooling loads increase both in cities and elsewhere.
- ② Annual heating loads are decreasing due to secular change, but there are some points where it is increasing.
- ③ The instantaneous cooling loads increase at 29 locations, excluding one point Kofu.

Keywords : Annual heating and cooling loads, Instantaneous heating and cooling loads, Heat island, LESCOM, Weather data, Detached house model

年間冷暖房負荷, 瞬時冷暖房負荷, ヒートアイランド, レスコム, 気象データ, 戸建住宅モデル

1. はじめに

気象庁「気候変動監視レポート 2016」¹⁾によると日本の年平均気温は上昇し、真夏日、猛暑日は増加傾向にあり都市はヒートアイランド化が進んでいると報告している。

ヒートアイランドの研究は竹林英樹ら²⁾の「メソ気象モデル WRF を用いた海岸に立地する都市の規模と夏期のヒートアイランド強度の関係分析」、足永靖信ら³⁾の「地球シミュレータを用いた東京都心 10km 四方における高解像度のヒートアイランド数値解析」、梅干野晃ら⁴⁾の「熱収支シミュレーションによる市街区単位の夏季と冬季ヒートアイランドポテンシャルの解析」等多数があり、気象と建物外皮温度、地表面温度の解析を行っている。また、曾我和弘⁵⁾の「地球温暖化予測情報第6巻に基づく標準年将来気象データの空調熱負荷への応用」、有馬雄祐ら⁶⁾の「夏季の関東地方を対象とした近未来標準気象データの試作と気候変動の建築負荷への影響評価力学的ダウンスケージングによる建築熱負荷のための近未来気象データの作成」では将来気象データを論じている。

筆者ら⁷⁾は最近の気象変動が冷暖房負荷に与える影響に注目し、「気象指標に基づく近未来冷暖房負荷の予測 東京の最近 50 年間のオフィスの年間冷暖房負荷の予測」では冷房負荷が経年で増加

し、暖房負荷が減少すると報告した。

これまでの気象庁の気象データファイル化は赤坂ら⁸⁾の「拡張メダス気象データ」、筆者ら⁹⁾の「全国気象データと熱負荷計算プログラム LESCOM」等がある。

筆者らは最近の気象庁の地上気象データのうちの日射量が観測され、比較的欠測の少ない 1991～2017 年 (27 年間)、30 地点を選び戸建住宅を厳密に冷暖房負荷計算を行った。冷暖房負荷は気象変動および建物条件、内部発熱、空調の運転状況により算定される。

最近の急激な気象データ変動の経年変化が冷暖房負荷に及ぼす影響をまとめたので報告する。

2. 気象データの作成

気象庁公表の「過去の気象データ・ダウンロード」¹⁰⁾を用いる。気象要素は気温、湿度、日射量、雲量、風向、風速とする。

2.1 気象要素

1) 絶対湿度変換

観測露点温度より ASHRAE の方法 (Wexler-Hyland の式) を用いる。

^{*1} (株)レスコム研究所

^{*2} 東京理科大学 名誉教授・工博

LESCOM Institute Co., Ltd.
Prof. Emeritus, Tokyo University of Science, Dr.Eng.

2)太陽視赤緯・均時差

海上保安庁海上情報部の式を用いる¹¹⁾。

3)法線面直達日射量，水平面天空日射量の分離

観測水平面全天日射量より Reindl の式¹²⁾を用いて，法線面直達日射量，水平面天空日射量に分離する。

4)雲量補充

3 時間間隔観測データより 1 時間間隔に直線補間する。

5)FORMAT

気象データの FORMAT は HASP FORMAT（空気調和衛生工学会方式）¹³⁾とする。

2.2 全国 30 地点の気象データ作成

1991～2017 年の 27 年間 1 年毎に作成し，多数の欠測がある場合その年は作成しなかった。なお，気象庁の文献 10 は全天日射量の観測地点は全国で約 50 地点，また日射量公開開始日等を考慮して，30 地点，1991 年以降を作成した。

作成状況を Table1 に示す。

作成地点は稚内，網走，旭川，札幌，函館，青森，盛岡，秋田，仙台，新潟，甲府，鉾子，東京，名古屋，大阪，広島，下関，高松，松山，福岡，長崎，熊本，大分，宮崎，鹿児島，名瀬，那覇，石垣島，宮古島，父島である。

Table1 Creating situation of 30 weather points

Region classification	Point	Year not created
1	WAKKANAI	—
	ABASHIRI	—
	ASAHIKAWA	2009
2	SAPPORO	—
	HAKODATE	2014
3	AOMORI	2011,2014
	MORIOKA	—
	AKITA	—
4	SENDAI	—
5	NIIGATA	—
	KOFU	—
6	CHOSHI	—
	TOKYO	—
	NAGOYA	—
	OSAKA	—
	HIROSHIMA	—
	SHIMONOSEKI	2010
	TAKAMATSU	—
	MATSUYAMA	—
	FUKUOKA	—
	NAGASAKI	2013
	KUMAMOTO	2012,2013,2015
	OITA	2012
7	MIYAZAKI	2010,2011,2012,2013
	KAGOSHIMA	2010
8	NAZE	2010,2013
	NAHA	—
	ISHIGAKIJIMA	2013
	MIYAKOJIMA	2014
	CHICHIJIMA	2012

3. シミュレーション条件

3.1 断熱仕様

建物条件は宇田川モデル¹⁴⁾を基に一部修正を加えた。

断熱水準を 3 水準とした。戸建住宅図を Fig.1，断熱水準を Table2，各部屋床面積を Table3 に示す。

Table2 Thermal insulation level of detached house

	Adiabatic level1	Adiabatic level2	Adiabatic level3
Outer wall insulation	None	Glasswool 50mm	Glasswool 150mm
Aperture	3mm Transparent single plate glass	3+A6+3mm Transparent multilayer	3+A6+3mm LowE multilayer
Heat loss coefficient(W/m ² ・K)	2.543	1.505	1.311

Fig.1 Detached house figure

3.2 開口部仕様

開口部：モデルのサイズよりもやや大きくした。断熱水準 1，2 の遮蔽物はブラインド(横型 25mm，明色，平板反射率 72.76%，スラット角度<夏季>+ 45° <冬季>-45°)とした。

3.3 設定温湿度，内部発熱スケジュール

設定温湿度

夏季 26℃，50%

冬季 22℃，50%

空調運転スケジュール

LDK：6 時～14 時，16 時～22 時

MB(主寝室)：21 時～23 時

CB1(子供室 1)，CB2(子供室 2)：

20 時～22 時

昼夜設定温度が異なる熱負荷計算法^{注 1)}を用いる。

内部発熱およびスケジュールを Fig.2-1，2-2 に示す。

Table3 Floor area of each room

	Room name	Floor area(m ²)
1F	LD(Dining Living)	20.49
	K(kitchen)	7.23
	Japanese style Room	13.25
	Other	21.96
	Subtotal	62.93
2F	MB(Main Bedroom)	20.49
	CB1(Child Bedroom1)	11.59
	CB2(Child Bedroom2)	11.59
	Preparatory Room	10.14
	Other	9.12
	Subtotal	62.93
	Total floor area	125.86

Fig.2-1 Internal heat generation and schedule (Part 1)

Figure 2-2 Internal heat generation and schedule (Part 2)

4. 熱負荷計算プログラム

熱負荷計算プログラムは LESCOM-mint⁹⁾を用いる。

特徴

- 1) レスポンスファクタ・ウェイティングファクタ法による多数室非定常計算。
- 2) 開口部のブラインドの光学特性に Radiance¹⁵⁾を用いる。
- 3) 予熱、予冷計算に文献¹⁶⁾を用いる。
- 4) 今回、設定温度が異なる計算方法^{注1)}を追加する。
- 5) 気象データ 1 時間間隔を 1 分間隔に直線補完し利用する。

5. シミュレーション結果

各地点計算時間間隔は 1 分とし、蓄熱を考慮し夏季の気象データより始め日積算冷房負荷が 3 日間引き続きしない日の翌日より暖房を開始した。同様に当年の日積算暖房負荷が 3 日間引き続きしない日の翌日より冷房を開始した^{注2)}。詳細計算例として 2014 冬季、2015 夏季冬季、2016 夏季冬季、2017 夏季の各冷暖房負荷を示す。次いで、27 年間のシミュレーション結果を示す。なお、暖房負荷は発生する年から翌年の終了する春までを言い発生する年の冬季と記述する。また、負荷とは顕熱+潜熱の和の全熱負荷を言う。

5.1 瞬時冷暖房負荷の解析

(1) 瞬時冷暖房負荷の高順位

2014・2015・2016 の冬季、2015・2016・2017 の夏季、各シーズンの建物全体の瞬時冷暖房の 1 位より 2160 位迄 (36 時間分) を大きい順を Fig. 3 に示す。1 分間隔計算の高順位から低順位への変動は滑らかな減衰をしている。瞬時冷暖房の高負荷の考察は 1 位および安定した負荷の 720 位を用いる。なお 1 分間隔計算の 720 位は 12 時間目に当たる。

Fig.3 Instantaneous cooling and heating loads to the top 2160 positions (Tokyo recent 3 seasons)

(2) 瞬時冷暖房負荷 1 位

断熱水準 2 の東京 3 シーズンの上位 1 位を Fig. 4 に示す。いずれの年も冷房は夕方 17 時 1 分、暖房は立ち上がりの 6 時 1 分になった。

Fig.4 1st of instantaneous cooling and heating loads of insulation level 2 (3 seasons in Tokyo)

(3) 瞬時冷暖房負荷 720 位

断熱水準 2 の東京 3 シーズンの 720 位建物冷暖房負荷の時刻変動を Fig. 5 に示す。冷暖房負荷変動は 3 シーズンとも 1 位とほぼ同様の変動をする。

Fig.5 720th of instantaneous cooling and heating loads of insulation level 2 (3 seasons in Tokyo)

(4) 上位 720 位の各スペース冷暖房負荷

2017 年、断熱水準 2 の東京瞬時上位 720 位の各スペース (K, LD, MB, CB1, CB2) の冷暖房負荷を Fig. 6 に示す。住宅の生活パターンによる冷暖房負荷の変化が激しいのが分かる。

Fig. 6 720th of instantaneous cooling and heating loads of each space in Tokyo

(5) 瞬時冷暖房負荷の分布

断熱水準 2 の 1 位および 720 位の瞬時冷暖房負荷が発生した時刻を Fig. 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5, 7-6 の 1 年時間軸に示す。冷房負荷は 7 月上旬から 9 月中旬にまとまっているのに対し暖房負荷は 11 月中旬から 3 月上旬と分散している。

SAPPORO

Fig. 7-1 1st of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Sapporo

Fig. 7-2 720th of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Sapporo

TOKYO

Fig. 7-3 1st of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Tokyo

Fig. 7-4 720th of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Tokyo

NAHA

Fig. 7-5 1st of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Naha

Fig. 7-6 720th of Distribution of instantaneous cooling and heating loads in Naha

(6) 瞬時冷暖房負荷経年変化

代表的な 3 地点 (札幌, 東京, 那覇) の瞬時冷暖房負荷 (1 位および 720 位), Fig. 8-1, 9-1, 10-1 に示す。瞬時暖房負荷の大きい順は 1 位, 720 位とも断熱水準 1, 水準 2, 水準 3 の順になっている。差の大きさは札幌, 東京, 那覇の順である。変動形状は 1 位および 720 位は比較よく似ている。瞬時冷房負荷の変動は, 札幌, 東京, 那覇とも断熱水準による差はあまり見られない。

Fig. 8-1 Instantaneous cooling and heating loads 1st and 720th (from 1991 to 2017 in Sapporo)

札幌の夏季, 冬季の気温, エンタルピーの 1 位を Fig. 8-2 に示す。最低気温 1 位, 最低エンタルピー 1 位の経年上昇に伴い, 暖房のピーク負荷が下降するのが確認できる。

Fig. 8-2 The highest, lowest temperature and highest, lowest enthalpy (from 1991 to 2017 in Sapporo)

Fig. 9-1 Instantaneous cooling and heating loads 1st and 720th (from 1991 to 2017 in Tokyo)

東京の夏季, 冬季の気温, エンタルピーの 1 位を Fig. 9-2 に示す。最高気温 1 位, 最高エンタルピー 1 位の経年上昇と冷房ピーク負荷の上昇傾向は一致している。

Fig. 9-2 The highest, lowest temperature and highest, lowest Enthalpy (from 1991 to 2017 in Tokyo)

Fig. 10-1 Instantaneous cooling and heating loads 1st and 720th (from 1991 to 2017 in Naha)

那覇の夏季, 冬季の気温, エンタルピーの 1 位を Fig. 10-2 に示す。最高気温 1 位, 最高エンタルピー 1 位の経年上昇と冷房ピーク負荷の上昇傾向は一致している。

Fig. 10-2 The highest, lowest temperature and highest, lowest enthalpy (from 1991 to 2017 in Naha)

5. 2 年間冷暖房負荷の解析

(1) 部位別冷暖房負荷

2016 年冬季, 2017 年夏季の東京断熱水準 1, 2, 3 の部位別冷暖房負荷を Fig. 11, 12 に示す。冷房に占める割合は開口部, 内部発熱, 隙間風の順になる。暖房に占める割合は隙間風, 外壁, 開口部の順になり, 隙間風防止, 外壁の断熱化, 開口部のガラス複層化が省エネルギーに効果があることがわかる。

Fig. 11 Each element cooling loads (2017 cooling season in Tokyo)

Fig. 12 Each element heating loads (2016 heating season in Tokyo)

(2) 日積算冷暖房負荷

東京の 3 シーズンの日別冷暖房負荷を Fig. 13 に示す。暖房負荷変動は激しいのに対し, 冷房負荷変動は比較的小さい。年間暖房負荷は年間冷房負荷の約 1.25 倍である。

Fig. 13 Yearly cooling and heating loads
(3 seasons in Tokyo)

(3) 断熱水準 3 種類の年間冷暖房負荷の推移

建物の断熱水準を 3 種類想定し、代表的な 3 地点札幌、東京、那覇の年間冷暖房負荷、また、水準 2 の潜熱負荷を Fig. 14-1、15-1、16-1 に示す。3 地点のデGREEデー、エンタルピーデーを Fig. 14-2、15-2、16-2 に示す。

なお暖房デGREEデーは 18℃基準(表記 Dh18)、暖房エンタルピーデーは 30kJ/kg (DA) 基準(表記 Eh30)、冷房デGREEデーは 26℃基準(表記 Dc26)、冷房エンタルピーデーは 60kJ/kg (DA) 基準(表記 Ec60)である。

1) 札幌の冷暖房負荷特性

札幌は断熱基準の違いが年間暖房負荷に端的に現れ、断熱の必要性がある。水準 2 の暖房負荷は経年変化でやや減少する傾向にある。また暖房全熱負荷に対する潜熱割合は 1～2 割程度である。

札幌の同期間の冷房デGREEデー、冷房エンタルピーデーは増加傾向にあり、年間冷房負荷の増加と一致している。暖房デGREEデー、暖房エンタルピーデーは減少傾向にある。年間暖房負荷は経年で減少しており、デGREEデー、エンタルピーデーが減少しているのと傾向が一致している。

Fig. 14-1 Yearly cooling and heating loads (from 1991 to 2017 in Sapporo)

Fig. 14-2 Yearly degree-days and enthalpy-days
(from 1991 to 2017 in Sapporo)

2) 東京の冷暖房負荷特性

東京の年間冷房負荷と年間暖房負荷はほぼ 1 対 1 である。断熱水準の違いは年間暖房負荷に表れ、水準 1 と水準 2 の差が明確に表れている。水準 2 と水準 3 の暖房負荷の差はあまり見られない。水準 2 の潜熱負荷の暖房全熱に占める割合は 2 割程度である。年間冷房負荷は断熱水準の違いによる差は顕著に表れない。潜熱負荷は全熱冷房負荷の約 4 割である。

東京の同期間のデGREEデー、エンタルピーデーはいずれも経年変化で増加しているが、冷房エンタルピーの増加が大きい。年間冷房負荷の経年変化は増加しており、年間デGREEデー、エンタルピーデーの増加と一致している。年間暖房負荷は増加しておりデGREEデー、エンタルピーデーの増加傾向と一致している。

Fig. 15-1 Yearly cooling and heating loads (from 1991 to 2017 in Tokyo)

Fig. 15-2 Yearly degree-days and enthalpy-days
(from 1991 to 2017 in Tokyo)

3) 那覇の冷暖房負荷特性

那覇の年間冷房負荷は 30GJ 程度で東京の約 2 倍程度である。断熱水準の違いは明確には表れていない。年間潜熱冷房負荷の割合は年間全熱冷房負荷の約 5 割程度である。年間暖房負荷は 2GJ 程度で非常に小さい。

那覇の同期間の冷房デGREEデー、冷房エンタルピーデーが増加し年間冷房負荷が増加する傾向は一致している。

Fig. 16-1 Yearly cooling and heating loads
(from 1991 to 2017 in Naha)

Table4 Comparison of instantaneous cooling and heating load approximation expressions of Sapporo, Tokyo, Naha

Point	Insulation	Rank	Load	Linear expression	Residual dispersion	index	Residual dispersion	Logarithm	Residual dispersion	Quadratic equation	Residual dispersion	Increase and decrease (Yearly kW)
SAPPORO	Level1	720th	Cooling Load	$y = 0.0237x + 4.1542$	0.439	$y = 4.0944e^{-0.0005x}$	0.439	$y = 0.2430\ln(x) + 3.9030$	0.451	$y = -0.0010x^2 + 0.052x + 4.0193$	0.438	0.0254(+)
			Heating Load	$y = 0.0390x - 36.001$	2.300	$y = 35.976e^{-0.001x}$	2.300	$y = 0.2114\ln(x) - 35.984$	2.392	$y = 0.0005x^2 + 0.0262x - 35.943$	2.299	0.0401(-)
	Level2	720th	Cooling Load	$y = 0.0180x + 4.0410$	0.281	$y = 3.9968e^{-0.0005x}$	0.282	$y = 0.1903\ln(x) + 3.8386$	0.287	$y = -0.0008x^2 + 0.0404x + 3.9328$	0.279	0.0183(+)
			Heating Load	$y = 0.0386x - 30.921$	1.783	$y = 30.899e^{-0.001x}$	1.783	$y = 0.2426\ln(x) - 30.971$	1.860	$y = -0.0007x^2 + 0.0563x - 31.004$	1.781	0.0382(-)
	Level3	720th	Cooling Load	$y = 0.0208x + 3.7622$	0.366	$y = 3.7095e^{-0.0005x}$	0.366	$y = 0.2088\ln(x) + 3.5565$	0.381	$y = -0.0006x^2 + 0.0363x + 3.6887$	0.367	0.0208(+)
			Heating Load	$y = 0.0385x - 29.298$	1.467	$y = 29.282e^{-0.001x}$	1.467	$y = 0.2554\ln(x) - 29.385$	1.520	$y = -0.0017x^2 + 0.0827x - 29.492$	1.460	0.0368(-)
TOKYO	Level1	720th	Cooling Load	$y = 0.0207x + 6.4108$	0.126	$y = 6.4069e^{-0.0005x}$	0.126	$y = 0.1680\ln(x) + 6.2988$	0.134	$y = 0.0013x^2 - 0.0145x + 6.5811$	0.121	0.0199(+)
			Heating Load	$y = 0.0271x - 22.833$	3.082	$y = 22.858e^{-0.0005x}$	3.082	$y = 0.1694\ln(x) - 22.867$	3.147	$y = 0.0014x^2 - 0.0120x - 22.651$	3.077	0.0287(-)
	Level2	720th	Cooling Load	$y = 0.0154x + 5.9800$	0.101	$y = 5.9754e^{-0.0005x}$	0.106	$y = 0.1189\ln(x) + 5.9109$	0.112	$y = 0.0016x^2 - 0.0283x + 6.1911$	0.099	0.0151(+)
			Heating Load	$y = 0.0239x - 19.598$	2.255	$y = 19.617e^{-0.0005x}$	2.256	$y = 0.1311\ln(x) - 19.585$	2.411	$y = 0.0023x^2 - 0.0387x - 19.306$	2.324	0.0239(-)
	Level3	720th	Cooling Load	$y = 0.0175x + 5.7526$	0.091	$y = 5.7496e^{-0.0005x}$	0.091	$y = 0.1294\ln(x) + 5.6876$	0.098	$y = 0.0017x^2 - 0.0308x + 5.9857$	0.082	0.0182(+)
			Heating Load	$y = 0.0199x - 18.725$	1.948	$y = 18.738e^{-0.001x}$	1.948	$y = 0.0968\ln(x) - 18.685$	1.998	$y = 0.0025x^2 - 0.0479x - 18.409$	1.931	0.0189(-)
NAHA	Level1	720th	Cooling Load	$y = 0.0160x + 7.5263$	0.071	$y = 7.5247e^{-0.0005x}$	0.071	$y = 0.0936\ln(x) + 7.5268$	0.082	$y = 0.0024x^2 - 0.0504x + 7.8473$	0.054	0.0157(+)
			Heating Load	$y = 0.0257x - 7.1122$	1.495	$y = 7.0016e^{-0.0005x}$	1.495	$y = 0.2566\ln(x) - 7.3742$	1.501	$y = 0.0009x^2 + 0.0033x - 7.0117$	1.493	0.0260(-)
	Level2	720th	Cooling Load	$y = 0.0135x + 6.9659$	0.053	$y = 6.9648e^{-0.0005x}$	0.063	$y = 0.0662\ln(x) + 6.9970$	0.072	$y = 0.0028x^2 - 0.0593x + 7.3177$	0.043	0.0131(+)
			Heating Load	$y = 0.0183x - 6.2176$	1.188	$y = 6.1113e^{-0.0005x}$	1.188	$y = 0.1957\ln(x) - 6.4312$	1.183	$y = 0.0010x^2 - 0.0074x - 6.0974$	1.185	0.0179(-)
	Level3	720th	Cooling Load	$y = 0.0160x + 7.5263$	0.057	$y = 7.5247e^{-0.0005x}$	0.064	$y = 0.0936\ln(x) + 7.5268$	0.061	$y = 0.0024x^2 - 0.0504x + 7.8473$	0.055	0.0167(+)
			Heating Load	$y = 0.0159x - 5.9849$	1.167	$y = 5.8855e^{-0.0005x}$	1.167	$y = 0.1765\ln(x) - 6.1883$	1.157	$y = 0.0007x^2 - 0.0012x - 5.9080$	1.166	0.0161(-)

(Note) $x = z - 1990$ (z : Christian era) The increase value is estimated 2017 for on year Fig. 16-2 Yearly degree-days and enthalpy-days
(from 1991 to 2017 in Naha)

5.3 冷暖房負荷の近未来推定

1991年～2017年までの気象データから熱負荷を算出しその経年変化および推定式の検定を行い、選定した式による数年後の年当り熱負荷の増減を予測する。

(1) 札幌，東京，那覇の瞬時冷暖房負荷近似式

瞬時冷暖房負荷の時系列変動を1次式，指数式，対数式，2次式を適用し残差分散の一番小さなものを推定式として採用した。黒塗り部は採用した式である。近似式の比較をTable4に示す。

(2) 瞬時冷暖房負荷の経年変化

各地点の選定された推定式による水準2の瞬時冷暖房負荷720位の経年による増減をTable5に示す。

瞬時冷房負荷の増加の大きい地点順は函館（年0.0338kW），盛岡（年0.0304kW），石垣島（年0.0291kW），青森（年0.0290kW），秋田（年0.0280kW）の順である。

減少しているのは1地点甲府（年0.0061kW）のみである。

瞬時暖房負荷が減少している地点は大きい順で，石垣島（年0.0663kW），宮古島（年0.0456kW），青森（年0.0429kW），名瀬（年0.0424kW），網走（年0.0390kW）の順である。

逆に瞬時暖房負荷が増加している地点は大きい順で，長崎（年0.0632kW），広島（年0.0212kW），松山（年0.0206kW），熊本（年0.0156kW），大阪（年0.0084kW）の順である。

Table5 Increase / decrease of instantaneous cooling and heating load by selected approximate expression at each point (Level2)

Region classification	Point	Load	Increase and decrease (yearly kW)
1	WAKKANAI	Cooling load	0.0220(+)
		Heating load	0.0094(-)
	ABASHIRI	Cooling load	0.0163(+)
		Heating load	0.0390(-)
	ASAHIKAWA	Cooling load	0.0209(+)
		Heating load	0.0369(-)
2	SAPPORO	Cooling load	0.0183(+)
	HAKODATE	Cooling load	0.0382(-)
3	AOMORI	Cooling load	0.0290(+)
		Heating load	0.0429(-)
	MORIOKA	Cooling load	0.0304(+)
		Heating load	0.0189(-)
	AKITA	Cooling load	0.0280(+)
		Heating load	0.0175(-)
4	SENDAI	Cooling load	0.0240(+)
		Heating load	0.0077(+)
5	NIIGATA	Cooling load	0.0159(+)
	KOFU	Cooling load	0.0179(-)
6	CHOSHI	Cooling load	0.0061(-)
		Heating load	0.0079(+)
	TOKYO	Cooling load	0.0241(+)
		Heating load	0.0179(-)
	NAGOYA	Cooling load	0.0151(+)
		Heating load	0.0239(-)
	OSAKA	Cooling load	0.0055(+)
		Heating load	0.0141(-)
	HIROSHIMA	Cooling load	0.0066(+)
		Heating load	0.0084(+)
	SHIMONOSEKI	Cooling load	0.0102(+)
		Heating load	0.0212(+)
	TAKAMATSU	Cooling load	0.0178(+)
		Heating load	0.0045(+)
	MATSUYAMA	Cooling load	0.0042(+)
		Heating load	0.0042(+)
	FUKUOKA	Cooling load	0.0264(-)
		Heating load	0.0169(+)
	NAGASAKI	Cooling load	0.0206(+)
		Heating load	0.0231(+)
	KUMAMOTO	Cooling load	0.0017(+)
		Heating load	0.0136(+)
	OITA	Cooling load	0.0632(+)
		Heating load	0.0139(+)
7	MIYAZAKI	Cooling load	0.0156(+)
		Heating load	0.0076(+)
	KAGOSHIMA	Cooling load	0.0088(-)
		Heating load	0.0056(+)
	NAZE	Cooling load	0.0229(-)
		Heating load	0.0219(+)
8	NAHA	Cooling load	0.0377(-)
		Heating load	0.0078(+)
	ISHIGAKIJIMA	Cooling load	0.0424(-)
		Heating load	0.0131(+)
	MIYAKOJIMA	Cooling load	0.0179(-)
		Heating load	0.0291(+)
	CHICHIJIMA	Cooling load	0.0663(-)
		Heating load	0.0163(+)

(Note) The increase value is estimated 2017 for one year

(3)年間冷暖房負荷の時系列近似式
年間冷暖房負荷の時系列変動を1次式，指数式，対数式，2次式を適用し残差分散の一番小さなものを推定式として採用した。

Table6 Comparison of yearly cooling and heating load approximation formula of Sapporo, Tokyo, Naha

			Linear expression	Residual dispersion	index	Residual dispersion	Logarithm	Residual dispersion	Quadratic equation	Residual dispersion	Increase and decrease(Yearly GJ)
SAPPORO	level1	CoolingLoad	y = 0.0622x + 3.5062	1.257	y = 3.3221e ^{0.0168x}	1.263	y = 0.5441ln(x) + 3.0756	1.272	y = -0.0014x ² + 0.1014x + 3.3165	1.250	0.0617(+)
		Heating Load	y = 0.0447x - 63.998	4.340	y = 63.989e ^{-7E-04x}	4.340	y = 0.3285ln(x) - 64.168	4.578	y = 0.0028x ² - 0.0308x - 63.645	4.319	0.0451(-)
	level2	CoolingLoad	y = 0.0591x + 6.9204	0.904	y = 6.8393e ^{0.0082x}	0.906	y = 0.5061ln(x) + 6.5376	0.925	y = -0.0012x ² + 0.0925x + 6.759	0.899	0.0602(+)
		Heating Load	y = 0.0218x - 41.597	5.311	y = 42.122e ^{0.0004x}	5.313	y = -0.352ln(x) - 41.594	5.665	y = 0.0044x ² - 0.1414x - 41.564	5.358	0.0218(-)
	level3	CoolingLoad	y = 0.0591x + 6.3962	0.918	y = 6.3157e ^{0.0089x}	0.918	y = 0.3909ln(x) + 6.2581	0.848	y = 0.0025x ² - 0.0058x + 6.6884	0.903	0.0586(+)
		Heating Load	y = 0.0141x - 36.455	1.825	y = 36.443e ^{-4E-04x}	1.825	y = 0.1303ln(x) - 36.571	1.893	y = -0.0009x ² + 0.0392x - 36.572	1.823	0.0138(-)
TOKYO	level1	CoolingLoad	y = 0.1082x + 13.454	2.522	y = 13.33e ^{0.0078x}	2.538	y = 1.1116ln(x) + 12.311	2.361	y = -0.0059x ² + 0.2724x + 12.661	2.414	0.1121(+)
		Heating Load	y = -0.0385x - 26.381	3.722	y = 26.308e ^{0.0015x}	3.721	y = -0.162ln(x) - 26.519	3.963	y = -0.0091x ² + 0.2059x - 27.522	3.514	0.0381(+)
	level2	CoolingLoad	y = 0.1187x + 15.919	1.674	y = 15.863e ^{0.0071x}	1.685	y = 1.1769ln(x) + 14.767	1.529	y = -0.0042x ² + 0.235x + 15.357	1.767	0.1142(+)
		Heating Load	y = -0.0177x - 17.624	1.851	y = 17.566e ^{0.0011x}	1.851	y = -0.077ln(x) - 17.681	1.962	y = -0.0035x ² + 0.0757x - 18.06	1.777	0.0183(+)
	level3	CoolingLoad	y = 0.095x + 14.724	1.249	y = 14.676e ^{0.0062x}	1.254	y = 0.9305ln(x) + 13.83	1.156	y = -0.0027x ² + 0.1702x + 14.361	1.226	0.0967(+)
		Heating Load	y = -0.0138x - 16.051	1.391	y = 15.995e ^{0.0009x}	1.391	y = -0.067ln(x) - 16.078	1.459	y = -0.0021x ² + 0.0436x - 16.319	1.384	0.0143(+)
NAHA	level1	CoolingLoad	y = 0.0757x + 29.919	2.590	y = 29.9e ^{0.0024x}	2.587	y = 0.5997ln(x) + 29.545	2.623	y = 0.005x ² - 0.0645x + 30.597	2.512	0.0769(+)
		Heating Load	y = 0.0004x - 2.6057	0.372	y = 2.5294e ^{5E-05x}	0.372	y = 0.0398ln(x) - 2.6945	0.385	y = -0.0009x ² + 0.0247x - 2.719	0.370	0.0003(-)
	level2	CoolingLoad	y = 0.0613x + 31.158	1.950	y = 31.139e ^{0.0019x}	1.948	y = 0.498ln(x) + 30.826	1.974	y = 0.0033x ² - 0.0325x + 31.612	1.915	0.0608(+)
		Heating Load	y = -0.0005x - 1.9041	0.143	y = 1.8744e ^{0.0001x}	0.143	y = 0.0123ln(x) - 1.9414	0.151	y = -0.0003x ² + 0.0082x - 1.9489	0.144	0.0006(+)
	level3	CoolingLoad	y = 0.0149x + 29.495	1.618	y = 29.458e ^{0.0006x}	1.618	y = 0.0935ln(x) + 29.447	1.590	y = -0.005x ² + 0.1099x + 29.178	1.603	0.0152(+)
		Heating Load	y = 0.0047x - 1.8263	0.194	y = 1.7646e ^{-0.002x}	0.194	y = 0.1033ln(x) - 2.0056	0.185	y = -0.0018x ² + 0.053x - 2.0515	0.186	0.0049(-)

(Note) x=z-1990 (z:Christian era) The increase value is estimated 2017 for one year

札幌，東京，那覇の近似式の比較を Table6 に示す。Table6 の黒塗り部は採用した式である。

Table7 Increase and decrease of yearly cooling and heating load according to selected approximate formula at each point (Level2)

(4)年間冷暖房負荷の経年変化

各地点の選定された推定式による水準2の年間冷暖房負荷の経年による増減を Table7 に示す。
年間冷房負荷は全ての地点で増加している。増加の大きい地点順は福岡(年0.8380GJ),長崎(年0.1415GJ),石垣島(年0.1397GJ), 銚子(年0.1326GJ), 東京(年0.1142GJ)の順である。
年間暖房負荷が減少している地点は大きい順で，仙台(年0.1020GJ), 稚内(年0.0976GJ), 網走(年0.0915GJ), 鹿児島(年0.0566GJ), 盛岡(年0.0433GJ)の順である。
逆に年間暖房負荷が増加している地点は大きい順で長崎(年0.0310GJ), 札幌(年0.0218GJ), 東京(年0.0183GJ), 宮崎(年0.0176GJ)の順である。

6. まとめ

- 1) 瞬時冷房負荷は1地点(甲府)を除き, 29地点で増加している。増加の大きな地点は函館の(年0.0338kW)で次いで盛岡, 石垣島, 青森, 秋田の順である。甲府は減少しているが(年0.0061kW)で非常に小さい。
- 2) 瞬時暖房負荷は経年変化で増加している地点と減少している地点がある。増加している地点は冬季の極寒期の外気温度の変動が年によって異なり, 経年変化で単調に上昇していないためである。減少の大きな地点は石垣島の(年0.0663kW)で, 次いで宮古島, 青森の順で, 増加の大きな地点は長崎の(年0.0632kW)で, 次いで広島, 松山の順である。
- 3) 年間冷房負荷は都市およびその他の地点でいずれも増加している。増加の大きい地点は福岡の(年0.838GJ)で次いで長崎, 石垣島, 銚子, 東京の順である。
- 4) 年間暖房負荷は経年変化で減少している地点が多いが増加している地点もある。暖房負荷に大きく影響する外気温度が経年変化で

Region classification	point	load	Increase and decrease(yearly GJ)
1	WAKKANAI	Cooling load	0.0530(+)
		Heating load	0.0976(-)
	ABASHIRI	Cooling load	0.0475(+)
		Heating load	0.0915(-)
	ASAHIKAWA	Cooling load	0.0516(+)
2	SAPPORO	Cooling load	0.0602(+)
		Heating load	0.0232(-)
	HAKODATE	Cooling load	0.0791(+)
		Heating load	0.0243(-)
3	AOMORI	Cooling load	0.0721(+)
		Heating load	0.0402(-)
	MORIOKA	Cooling load	0.0976(+)
		Heating load	0.0433(-)
	AKITA	Cooling load	0.0783(+)
4	SENDAI	Heating load	0.0267(-)
		Cooling load	0.1116(+)
		Heating load	0.1020(-)
5	NIIGATA	Cooling load	0.0855(+)
		Heating load	0.0165(+)
	KOFU	Cooling load	0.0803(+)
		Heating load	0.0082(-)
6	CHOSHI	Cooling load	0.1328(+)
		Heating load	0.0065(+)
	TOKYO	Cooling load	0.1142(+)
		Heating load	0.0183(+)
	NAGOYA	Cooling load	0.0746(+)
		Heating load	0.0150(+)
	OSAKA	Cooling load	0.0730(+)
		Heating load	0.0130(-)
	HIROSHIMA	Cooling load	0.0102(+)
		Heating load	0.0111(+)
	SHIMONOSEKI	Cooling load	0.0639(+)
		Heating load	0.0283(-)
	TAKAMATSU	Cooling load	0.0662(+)
		Heating load	0.0309(-)
	MATSUYAMA	Cooling load	0.0525(+)
		Heating load	0.0027(+)
	FUKUOKA	Cooling load	0.8380(+)
		Heating load	0.0238(-)
	NAGASAKI	Cooling load	0.1415(+)
		Heating load	0.0310(+)
7	KUMAMOTO	Cooling load	0.0139(+)
		Heating load	0.0075(-)
	OITA	Cooling load	0.0785(+)
		Heating load	0.0186(-)
	MIYAZAKI	Cooling load	0.0384(+)
		Heating load	0.0176(+)
	KAGOSHIMA	Cooling load	0.0718(+)
		Heating load	0.0566(-)
		Cooling load	0.0451(+)
		Heating load	0.0170(-)
8	NAHA	Cooling load	0.0608(+)
		Heating load	0.0006(+)
	ISHIGAKIJIMA	Cooling load	0.1397(+)
		Heating load	0.0085(-)
	MIYAKOJIMA	Cooling load	0.0759(+)
		Heating load	0.0088(-)
	CHICHIJIMA	Cooling load	0.0490(+)
		Heating load	0.0031(-)

(Note) The increase value is estimated 2017 for one year

必ずしも上昇していないためである。

減少の大きな地点は仙台の(年 0.1020GJ)で、次いで稚内、網走の順であり、増加の大きな地点は長崎の(年 0.0310GJ)で、次いで札幌、東京の順である。増加の割合は減少の割合に比べて小さい。

謝辞

戸建住宅モデルの設定に際し工学院大学名誉教授宇田川弘光氏のご指導を受けました。深謝致します。

注

注 1) 設定温度が異なる熱負荷計算法
設定温度 2 点 θ_r , θ_{rr} とすると

t 時の一定室温基準熱取得 Q_t
蓄熱負荷 $ST_t = -\sum_{i=1}^{\infty} WF(i) \cdot \Delta\theta_{t-i\Delta t}$ とすると
 θ_0 基準の仮定の顕熱負荷 $q_t = Q_t + ST_t$
仮定の室温変動 $\Delta\theta_r = q_t / WF(0)$ となり
空調の場合
顕熱負荷 $q_t = Q_t + ST_t$ 室温 $\theta_t = \theta_0$
非空調 (自然室温) の場合
顕熱負荷 $q_t = 0$ 室温 $\theta_t = \theta_0 + q_t / WF(0)$
となる。

設定温度が (θ_{rr}) の場合

θ_0 基準の t + Δt 時の仮定の顕熱負荷

$q'_{t+\Delta t} = Q'_{t+\Delta t} + ST'_{t+\Delta t}$ となり

仮定の室温変動

設定温度差 $\Delta\theta_{rr} = \theta_{rr} - \theta_r$

空調の場合

顕熱負荷 $q'_{t+\Delta t} = q'_{t+\Delta t} - WF(0)\Delta\theta_{rr}$ 室温 $\theta_{t+\Delta t} = \theta_r + \Delta\theta_{rr} = \theta_{rr}$

非空調の場合

顕熱負荷 $q'_{t+\Delta t} = 0$ 室温 $\theta_{t+\Delta t} = \theta_0 + \Delta'\theta_r$

となる。

ただし

$WF(i)$: i 項のウェイトファクタ [W/K]

θ_0 : 仮定一定温度 [°C]

$\Delta\theta'_{rr} = q'_{t+\Delta t} / WF(0)$

注 2) 冬季暖房負荷とは 8 月 1 日から翌年の 7 月 31 日間での毎時気象データを用い、暖房設定温度以下になると暖房負荷が生じるとし、8 月 1 日の年の冬季暖房負荷と称する。

同様に夏季冷房負荷とは 1 月 1 日から同年の 12 月 31 日迄の毎時気象データを用い冷房設定温度以上になると冷房負荷が生じるとし、1 月 1 日の年の夏季冷房負荷と称する。

参考文献

- 1) Japan Meteorological Agency : Climate Change Monitoring Report 2016, 2016. 07
気象庁 : 気候変動監視レポート 2016 , 2016. 07
- 2) Hideki Takebayashi and Masashi Senoo : Analysis of the Relationship between the Size of Urban Located on Coastal and Heat Island Intensity in Summer by Using WRF Model, Journal of Environmental Engineering(Transaction of AIJ), Vol. 81 No. 726, pp. 707-713, 2016. 8 (in Japanese)
竹林英樹, 妹尾将司 : メソ気象モデル WRF を用いた海岸に立地する都市の規模と夏期のヒートアイランド強度の関係解析, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 81, No. 726, pp. 707-713, 2016. 8
- 3) Yasunobu Ashie, Takayuki Tokairin and Takaaki Kono: High Resolution Numerical Simulation on the Urban Heat Island in a Ten-kilometer Square Area of Central TOKYO by Using the Earth Simulator, Journal of Environmental Engineering(Transaction of AIJ), No. 616, pp. 67-74, 2007. 6 (in Japanese)
足永靖信, 東海林孝幸, 河野孝昭 : 地球シミュレータを用いた東京都心 10km 四方における高解像度のヒートアイランド数値解析, 日本建築学会環境系論文集, No. 616, pp. 67-74, 2007. 6
- 4) Akira Hoyano and Jiang He: Numerical Analysis of the Summer and Winter Heat Island Potential for Various Urban Blocks, Journal of Environmental Engineering(Transaction of AIJ), (in Japanese), Vol. 74, No. 636, pp. 217-223, 2009. 2
梅干野 晃, 何 江 : 熱収支シミュレーションによる市街地街区単位の夏季と冬季ヒートアイランドポテンシャルの解析, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 74, No. 636, pp. 217-223, 2009. 2
- 5) Kazuhiro Soga: Application to Air-Conditioning Load Calculation of Future Reference Weather Year Data Based on Global Warning Projection Vol. 6, AIJ Journal of Technology and Design, Vol. 21, No. 47, pp. 177-182, 2015. 2 (in Japanese)
曾我和弘 : 地球温暖化予測情報第 6 巻に基づく標準年将来気象データの空調熱負荷への応用, 日本建築学会技術報告集, Vol. 21, No. 47, pp. 177-182, 2015. 2
- 6) Yusuke Arima, Ryuzo Ooka, Hideki Kikumoto and Toru Yamanata: A Prototype of Near Future Standard Weather Data and the Impact of Climate Change on Building Energy Load in KANTO Region in Summer, Journal of Environmental Engineering(Transaction of AIJ), Vol. 80, No. 710, pp. 371-379, 2015. 4 (in Japanese)
有馬雄祐, 大岡龍三, 菊本英紀, 山中徹 : 夏季の関東地方を対象とした近未来標準気象データの試作と気候変動の建築熱負荷への影響評価的のダウンスケーリングによる建築熱負荷計算のための近未来気象データの作成(その 1), 日本建築学会環境系論文集, Vol. 80, No. 710, pp. 371-379, 2015. 4
- 7) Kyoichiro Isozaki and Hitoshi Takeda: Prediction of the Near Future Annual Cooling and Heating Loads Based on the Weather Indexes
Annual Cooling and Heating Loads Prediction of the Office From Past 50 years of Tokyo, Journal of Environmental Engineering(Transaction of AIJ), Vol. 81, No. 726, pp. 669-678, 2016. 8 (in Japanese)
磯崎恭一郎, 武田仁 : 気象指標に基づく近未来冷暖房負荷の予測 東京の最近 50 年間よりのオフィス年間冷暖房負荷の予測, 日本建築学会環境系論文集, vol. 81, No. 726, pp. 669-678, 2016. 8
- 8) Hiroshi Akasaka, Hideyo Niimiya et al: Expansion Weather Forecast Weather Data and Architectural Institute of Japan, 2000 (in Japanese)
赤坂裕, 二宮秀典他 6 名 : 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2000
- 9) Hitoshi Takeda and Kyoichiro Isozaki: Nationwide Meteorological Data and Thermal Load Calculation Program LESCO, 2017. 12 (in Japanese)
武田仁, 磯崎恭一郎 : 全国気象データと熱負荷計算プログラム LESCO, 井上書院, 2017. 12
- 10) Japan Meteorological Agency: Past Weather Data Download,

(accessed 2018.02.13)

気象庁 | 過去の気象データ・ダウンロード(閲覧 2018.02.13)

www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php

- 11) Shinichi Matsumoto: Precision Calculation Methods for Solar Declination and Equation of Time, Architectural Institute of Japan, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Environmental Engineering-II, pp. 7-8, 2006.9 (in Japanese)
松本真一, 太陽視赤緯と均時差の計算精度の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp. 7-8, 2006, 9
- 12) D.T.Reindl, W.A.Beckman and J.A.Duffie: Diffuse Fraction Correlations, Solar Energy, Vol. 45, No. 1, pp. 1-7 (1990)
- 13) Yoh Matsuo, Hiroshi Akasaka, Hisaya Ishino and Hiroshi Takizawa: Study on the Standard Weather Data, The Society of Heating, Air Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, Vol. 48, No. 7, pp. 85-107, 1974.7 (in Japanese)
松尾陽, 赤坂裕, 石野久弥, 滝沢博: 標準気象データに関する研究, 空気調和・衛生工学, Vol. 48, No. 7, pp. 85-107, 1974.7
- 14) Michihiro Udagawa: Proposal of Standard Problem (Standard Problem for House), Current Status and Problems of Heat Transfer Analysis, Environmental Engineering Committee, pp. 23-33, 1985.9 (in Japanese)
宇田川光弘: 標準問題の提案(住宅用標準問題), 熱分科会第15回熱シンポジウム, pp. 23-33, 日本建築学会環境工学委員会, 1985
- 15) Hitoshi Takeda, Hirokazu Suzuki and Sin Hayakawa: Thermal Characteristics of an Opening with Solar Radiation Shading - Evaluation of Optical Characteristics on Venetian Blind and Thermal Characteristics Regarding an Air Space, Journal of Environmental Engineering (Transaction of AIJ), Vol. 79, No. 706, pp. 1037-1047, 2014.12 (in Japanese)
武田仁, 鈴木宏和, 早川眞: 開口部の日射遮蔽物による熱特性—ベネシアンブラインドの光学特性および中空層の熱特性の検証—, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 79, No. 706, pp. 1037-1047, 2014.12
- 16) Hitoshi Takeda: Application of Phase Change Material (PCM) to Building Heating Verification of Room Temperature Fluctuation Constructed by Wall with Built-in PCM Bag, Journal of Environmental Engineering (Transaction of AIJ), Vol. 80, No. 718, pp. 1115-1123, 2015.12 (In Japanese)
武田仁: 潜熱蓄熱材 (PCM) の建物暖房への適用—潜熱蓄熱材壁で構成されたスペースの室温変動解析—, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 80, No. 718, pp. 1115-1123, 2015.12

ANALYTICAL STUDY OF COOLING AND HEATING LOADS DUE TO RECENT NATIONWIDE WEATHER DATA

Changes in cooling and heating loads and peak loads of the detached house during the year from 1991 to 2017

Kyoichiro ISOZAKI^{*1} and *Hitoshi TAKEDA*^{*2}

^{*1} LESCOM Institute Co., Ltd.

^{*2} Prof. Emeritus, Tokyo University of Science, Dr.Eng.

According to the Meteorological Agency 'Climate Change Monitoring Report 2016', the average annual temperature in Japan has risen.

The urban area reports that it is improving the heat island.

The authors focused on the influence of recent weather changes on cooling and heating load.

The heating and cooling loads are calculated from weather change and building condition, internal heat generation, air conditioning driving situation.

The authors created data from JMA observation data of 30 locations nationwide from 1991 to 2017 (27 years) recently for heat load calculation.

Using these data, the cooling and heating loads of the detached house were strictly calculated using the thermal load calculation program (LESCOM-mint).

Summary

① Annual cooling loads increase both in cities and elsewhere.

The biggest point of increase is Fukuoka's year 0.838 GJ, followed by Nagasaki, Ishigaki-jima, Cyoshi, Tokyo.

② Annual heating loads are decreasing due to secular change, but there are some points where it is increasing.

This is because the outside air temperature that greatly affects the heating load does not necessarily increase due to secular change.

The major reduction point is Sendai's year 0.102 GJ, followed by Wakkanai, Abashiri, Kagoshima, Morioka.

The biggest point of increase is 0.0316 GJ in Nagasaki year, then Sapporo, Tokyo, Niigata and Nagoya.

The rate of increase is small compared to the rate of decrease.

③ The instantaneous cooling loads increase at 29 locations, excluding one point Kofu.

The biggest point of increase is Hakodate year 0.0338 kW, followed by Morioka, Ishigaki-jima, Aomori, Akita in order. Kofu is decreasing, but it is very small with a decrease of 0.0061 kW a year.

④ The instantaneous heating loads are increasing and decreasing over time.

The increase is due to the fact that the fluctuation of the outside air temperature in the extremely cold season in winter is different from year to year, and it does not rise monotonically with aging.

The major point of decrease is 0.0663 kW of Ishigaki-jima, then Miyakojima, Aomori, Naze, Abashiri in order.

The biggest point of increase is Nagasaki's year 0.0632 kW, followed by Hiroshima, Matsuyama, Kumamoto and Osaka.

(2018年8月10日原稿受理, 2019年1月22日採用決定)