

研究論文

事務所および住宅における空調・給湯用エネルギー消費量の 気温感応度算定に関する各種手法の相互比較

A Comparison of the Estimation Methods Used to Determine the Air Temperature
Sensitivity of Energy Consumption by Air-Conditioning and Hot Water Systems in Offices and Residences

平野 勇二郎*・亀卦川 幸浩**・玄地 裕***・近藤 裕昭****
Yujiro Hirano Yukihiro Kikegawa Yutaka Genchi Hiroaki Kondo

(原稿受付日2005年9月13日, 受理日2005年12月16日)

Abstract

Various methods of estimating the sensitivity of energy consumption to the ambient temperature were analyzed and compared. Each method was validated and characterized, focusing on the energy required for space heating and cooling and heating water in offices and residences in Tokyo. The methods were based on both seasonal and diurnal variations of unit energy consumption data, air-conditioning load simulations, heating and cooling degree-days, empirical equations predicting feedwater temperature from air temperature, and analyses of supply-side data. Although the consistency and validity of these methods were confirmed in general terms, two important points of difference were clarified in this study. The temperature sensitivities calculated using air-conditioning load simulations were overestimated because they were performed for air-conditioned buildings; thus, user interventions, such as manual on-off operations on the air-conditioners or ventilating by opening windows, could not be considered. Also, the sensitivities obtained using methods based on heating degree-days were underestimated because the equations used were generated based on a nationwide survey and probably reflected regional differences in heating equipment or thermal insulation due to local climatic conditions.

1. はじめに

民生部門のエネルギー消費量は現在なお増え続けており、省エネルギーを推進する上ではエネルギー需要の要因分析や需要予測が不可欠である。とくに空調・給湯用エネルギー消費は外気温の影響を受けて大きく変動するため気温感応度、すなわち気温変化に伴うエネルギー消費量の変化を明らかにすることは重要な研究課題である。

電力に関しては需要予測やピーク負荷予測は安定供給のために重要であるため、供給データを用いた気温感応度の算定が比較的古くから行われている¹⁻³⁾。しかし、こうしたマクロ評価は供給側から見れば重要な知見ではあるが、地域や用途、建物用途への分解が難しく、詳細なエネルギー需要分析へ適用するには必ずしも十分とは言えない。一方、近年は都市ヒートアイランド現象のインパクト評価などの目的で、東京や大阪において都市・街区スケールの供給量

と気温の関係について分析がなされており⁴⁻⁶⁾、より詳細な知見が得られている。ただし、こうした地域を絞った評価事例では、気候条件や土地利用形態が異なる他の都市や街区への適用性には検討が必要である。また、一般にはこうした詳細な供給側のデータが得られることは稀であり、マクロ評価を行う上では通常はごく限られた手掛かりから気温感応度を概算せざるを得ない。このため、これまで様々な方法により気温感応度の概算が行われているものの、いずれも諸要因による誤差が多く含まれていることが予想される。そこで本研究の目的は、種々の気温感応度の算定手法についてその特性・適用性を明らかにし、また信頼性・妥当性を確認するため、各手法の相互比較を行うことである。本研究では対象建物として事務所ビルおよび住宅を選択し、比較はそれぞれ床面積あたりおよび世帯あたりで行う。また本研究により得られる知見は一般性があると考えているが、各手法を対等に比較するために対象地域は東京に統一する。なお、本研究では気温感応度の符号は、気温の上昇に伴いエネルギー消費が増大する方向を正とする。また、電力は最終需要ベースに統一する。

2. 解析

2.1 月別エネルギー消費原単位を用いた方法^{7), 8)}

著者らは用途別・建物用途別・月別・時刻別エネルギー

* 埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学専攻学振特別研究員
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255

E-mail: hirano@1996.jukuin.keio.ac.jp

** 明星大学理工学部環境システム学科助教授

〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1

*** (独)産業技術総合研究所 LCA研究センター主任研究員

〒305-8569 つくば市小野川16-1

**** 環境管理技術研究部門

〒305-8569 つくば市小野川16-1

消費原単位と月別・時刻別平均気温との関係から、用途別・建物用途別・時刻別エネルギー消費量原単位を気温の関数で表現する方法（以下、月別原単位法と呼ぶ）を提案している^{7), 8)}。この方法では、マクロな供給データではなく床面積や世帯あたりの原単位データを用いるため、都市スケールでの気温とエネルギー消費量の両方の時間変化・空間分布を結びつけて解析することが可能である。ただし、エネルギー消費原単位は一般に需要側のサンプル調査等に基づくため、供給側のデータに比べて資料によるばらつきが大きく、積み上げた場合に大きな誤差になりやすい。ここで、図1の通りに主要なエネルギー消費原単位のデータを比較したところ、いずれも概算値を得ているものの、やはり資料によるばらつきは無視し得ない大きさで生じている。こ

のため信頼性については検討の余地があるが、本研究では調査年やデータ区分などの諸条件を勘案し資料Aを選択した。月別・時刻別変動パターンおよび平均気温のデータはここでは文献⁷⁾と同様のデータを用い、文献⁷⁾の方法に従い関係式を作成した（図2）。この関係式の傾きが各時刻の気温感応度を示す。この関係式の傾きを日積算することにより1日あたりの気温感応度、すなわち1日の気温が一律に1℃変化した場合のエネルギー消費量の変化を算出したところ、事務所ビルは床面積あたりで冷房は74.7、暖房は-81.0、給湯は-2.61（いずれも[kJ/日/m²/℃]）という結果を得た（表1-Aa~Ac）。戸建住宅の冷房は2.61、暖房は-9.73、給湯は-2.49、集合住宅の冷房は1.95、暖房は-5.05、給湯は-1.89（いずれも[MJ/日/世帯/℃]）であった（表1-Ad~Af）。

また、住宅に関して2.3節、2.4節において比較を行うため、図2の関係式に拡張アメダス気象データ⁹⁾の東京における標準年の気温データを適用し、年間の気温を一律に変化させることにより、通年の気温感応度を算出した。この結果、戸建住宅の冷房は0.278、暖房は-2.00、給湯は-0.904、集合住宅の冷房は0.208、暖房は-1.04、給湯は-0.688（いずれも[GJ/年/世帯/℃]）という結果を得た（表1-Ag~Ai）。

2.2 空調負荷計算による方法^{10~12)}

建物における空調用エネルギー消費量を精緻に算出する方法として、空調負荷計算が挙げられる。ただしこの方法は通常、個別の建物や街区を対象とし、計算結果はその壁面構造や設備の設定に依存するため、マクロ評価に適用して一般的な知見を得ることは簡単ではない。ここでは一例として、著者らがこれまで都市高温化対策の評価を進めてきた街区スケールのシミュレーション^{10~12)}の計算条件において気温感応度の算出を試みた。利用モデルは都市キャンノピー・ビルエネルギー連成モデル^{10), 11)}である。このモデルは均一な街区形状が水平方向に連続した街区を想定した局地気象・空調負荷シミュレーションモデルであり、外気温と建物の冷房負荷・冷房排熱との相互作用を考慮した熱環境のシミュレーションが可能である。なお、このモデルの空調負荷計算部分について、標準的な住宅空調熱負荷計算ソフトであるSMASHとほぼ同等の性能があることが既往研究において確認されている¹¹⁾。

本研究の計算では街区形状や建物構造など、気象条件以外の計算条件は全て文献¹²⁾の典型街区の設定を用いた。気象条件については、文献¹²⁾は暑熱環境評価を目的としたため、快晴が連続した2002年8月8日~10日を計算期間として選択したが、この期間は3日とも日平均気温が30℃を超えており、平均的な夏季の気象条件とは言い難い。そこで本研究では、文献¹³⁾においてこのモデルによる平日の気象条件の再現性が確認された2002年7月27日~29日（平均日

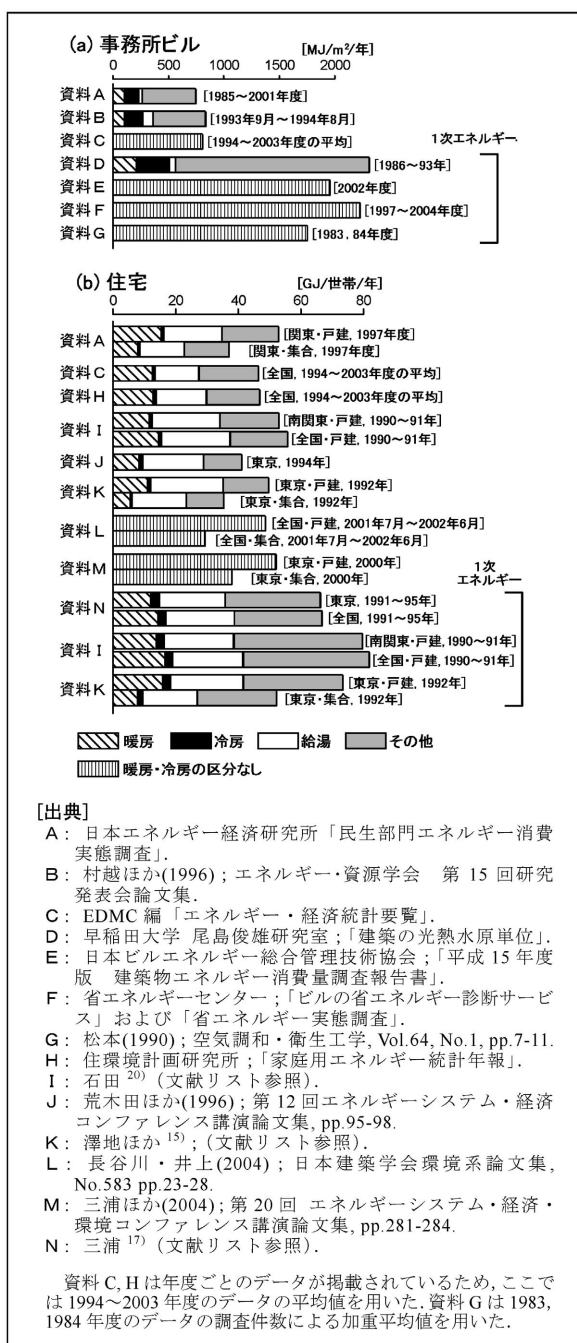


図1 エネルギー消費原単位データの比較

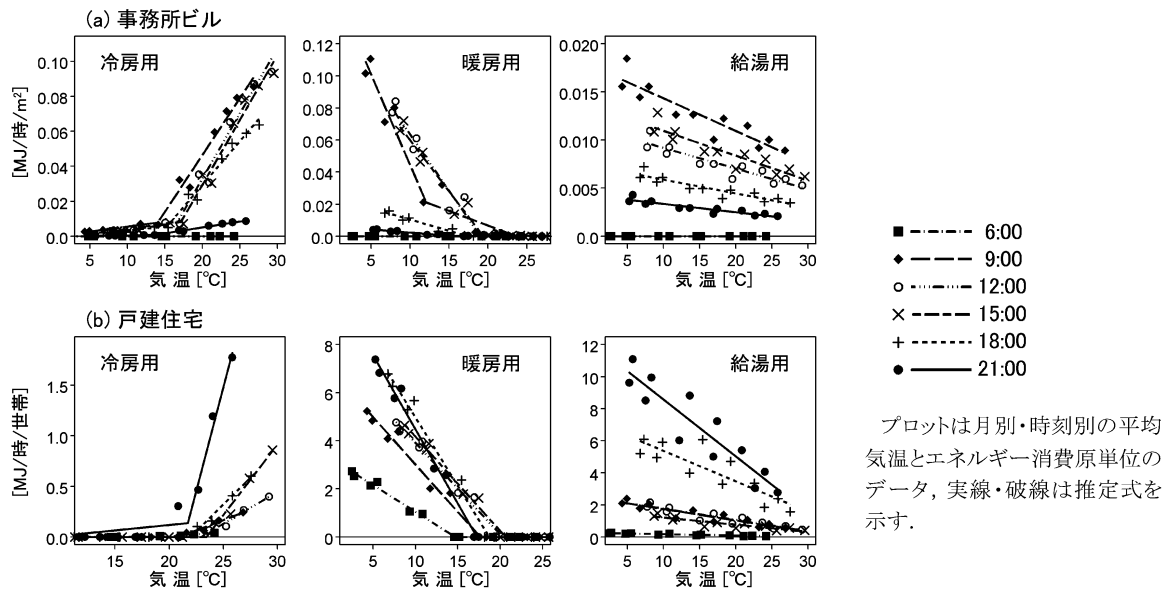


図2 原単位推定式作成結果の例

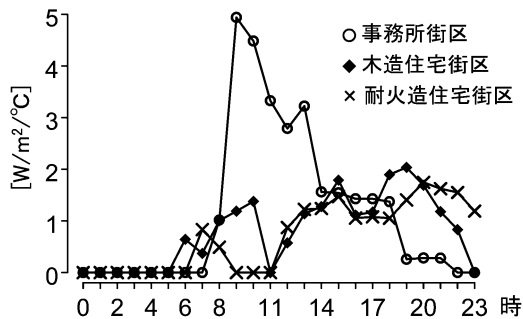


図3 気温感応度の計算結果 (床面積あたり)

最高気温32℃、平均気温28℃)を計算期間として選択した。このうち1日目は助走計算とし、2日目、3日目の結果を解析に用いた。この気象条件をベースとし、初期条件および上部境界条件として与えている気温を段階的に変化させ、地上気温の変化とそれに伴う冷房用エネルギー消費量の変化との関係から、時刻別に気温感応度を算出した(図3)。なお、この計算期間の2日目と3日目の計算結果には目立った差異は見られなかったが、ここでは日々の気象条件に

よるばらつきを軽減するため、この2日間の計算結果を平均化し1日分のデータとして解析を行った結果のみを示した。図3を日積算して1日あたりの気温感応度を算出したところ、事務所ビルは101[kJ/日/m²/°C]であった(表1-Ba)。これは月別原単位法による気温感応度(表1-Aa)と比較すると若干大きい値である。一方、住宅については図3の値を日積算し、東京都区部の木造・非木造住宅の延べ床面積と世帯数¹⁴⁾から世帯あたりに換算すると4.90[MJ/日/世帯/°C]となった(表1-Bd)。これは月別原単位法で得た値(表1-Ad)の約2倍の値であり、明らかに大きいという結果となった。もちろん対象街区などの諸条件が異なる2手法の結果であるから完全には一致しないことは当然とも言えるが、それを考慮しても無視し得ない差異が生じている。これは、本節の計算は空調稼働日を前提とした夏季の1日の気温感応度であるのに対し、月別原単位法は空調が稼働していない日も含む月平均値の感応度であることから生じた差異であると考えられる。こうした今回の計算条件は、

表1 各手法による気温感応度の算定結果の概要

	事務所ビル			住宅(戸建・集合)					
	1日あたり [kJ/日/m²/°C]			1日あたり [MJ/日/世帯/°C]			通年 [GJ/年/世帯/°C]		
	a. 冷房	b. 暖房	c. 給湯	d. 冷房	e. 暖房	f. 給湯	g. 冷房	h. 暖房	i. 給湯
A. 月別原単位法(2.1節)	74.7	-81.0	-2.61	戸建: 2.61 集合: 1.95	戸建: -9.73 集合: -5.05	戸建: -2.49 集合: -1.89	戸建: 0.278 集合: 0.208	戸建: -2.00 集合: -1.04	戸建: -0.904 集合: -0.688
B. 空調負荷計算(2.2節)	101 冷房稼働日			4.90 冷房稼働日					
C. デGREEデー法(2.3節)							戸建: 0.332 集合: 0.256	戸建: -1.29 集合: -0.715	
D. 水温予測式(2.4節)									式(6): -0.677 式(7): -0.755 式(8): -0.557
E. マクロデータ解析(2.5節)	65.5 電力のみ	-28.5 電力のみ		電力(夏季): 2.08	電力+都市ガス+灯油(冬季): -10.47				プロパンガス: -0.493

本文中で参照する場合は行の記号(A~E)と列の記号(a~i)を組み合わせて、「表1-Aa」などのように表記する。

事務所であれば現実から大きく乖離してはいないが、住宅は冷房期間が短く、また非冷房期間には窓開け換気を行うことが多いため、この差が大きく生じたものと考えられる。したがって、さまざまな建物が平均化された月別原単位法と比較し、空調負荷計算の方法では空調稼動時に生じる詳細な気温感応度が得られるというメリットがあるが、その一方で都市・街区スケールでのエネルギー需要分析などへ適用する場合には気温の影響を過大に見積もる可能性があるため留意する必要がある。今後、現実的なシミュレーションを行うためには居住者による手動の空調発停や窓開け換気の効果を表現することが重要課題として挙げられる。

2.3 デグリーデーによる推定式¹⁵⁾

気候条件が冷房・暖房用エネルギー消費量へ及ぼす影響を表現する手法として、デグリーデーを用いることが多い^{15~17)}。これは本来は気温感応度ではなく気候条件の評価手法であるが、エネルギー消費量の気温に対する感度を評価するという点では類似しているため、ここで他の手法との比較を試みた（以下、デグリーデー法と呼ぶ）。本研究では澤地ほか¹⁵⁾が全国規模の調査に基づき作成した関係式を用いた。澤地ほか¹⁵⁾によれば、住宅の空調用エネルギー消費原単位は次式の通りに冷房・暖房デグリーデーの関数で表現される。

戸建住宅・暖房用：

$$y = 1.25 \cdot 10^{-14} \cdot x^5 - 3.49 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 2.15 \cdot x - 155 \quad \cdots (1)$$

集合住宅・暖房用：

$$y = 2.26 \cdot 10^{-11} \cdot x^4 - 1.01 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 0.748 \cdot x + 25 \quad \cdots (2)$$

戸建住宅・冷房用：

$$y = 1.12 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 0.621 \cdot x + 18 \quad \cdots (3)$$

集合住宅・冷房用：

$$y = 1.91 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 0.798 \cdot x + 21 \quad \cdots (4)$$

y：エネルギー消費量 [Mcal/年]

x：デグリーデー（暖房はD₁₈₋₁₈，冷房はD₂₄₋₂₄）

ここでは拡張アメダス気象データ⁹⁾の東京における標準年の気温を年間一律に $-3^{\circ}\text{C} \sim +3^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させ、それぞれについてデグリーデーを算出し、その上で式(1)～(4)からエネルギー消費原単位を算出した（図4 a, b）。図4には2.1節の月別原単位法の算定結果も併せて示した。この図において、気温変化幅0 [°C]の値が現状のエネルギー消費原単位の算定値であり、各線の傾きが気温感応度を示す。図4では冷房・暖房とも弓なりの曲線を描いている点特徴的である。月別原単位法もデグリーデー法も空調機器が稼動していればエネルギー消費量と気温の関係は線形であることを仮定しているが、気温を年間一律に変化させた場合は空調期間も変化するために直線にはならない。この図では、冷房は気温を上げた場合、暖房は気温を下げた場合に空調期間が長くなり、気温感応度が大きくなるためにこうした曲線になったと解釈できる。また、暖房用（図4 b）ではデグリーデー法と比較し月別原単位法の方が絶対値が大きい、これは手法ではなく主に元データ（月別原単位法は図1の資料A，デグリーデー法は資料K）の差異が反映されたものである。前述した通り需要側のデータによる解析ではこうした問題が生じやすいので、詳細な解析に適用する際には利用データの精査が重要である。ここで、この気温変化幅0 [°C]付近の傾きから、通年の気温感応度は戸建住宅では冷房は0.332，暖房は-1.29，集合住宅では冷房は0.256，暖房は-0.715（いずれも[GJ/年/世帯/°C]）という値を得た（表1-Cg, Ch）。これらと月別原単位法により得た値（表1-Ag, Ah）とを比較すると、本節の結果の方が暖房の気温感応度は小さく、冷房の気温感応度は大きい値となっている。前述した元データの違いによるバイアスを除いて比較しても、基本的には同様の傾向が生じた。これは、本節のデグリーデーによる推定式はマクロな空間分布に基づいて作成されており、断熱性能などの地域条件の違いが含まれているためであると考えられる。とくに現在の住宅の省エネルギー基準では寒冷地の方が高断熱であるため、もともと暖房負荷が大きい寒冷地ほど断熱の効果が相対的に大きく、結果として見かけ上の気温感応度が小さくなったと解釈すれば整合性がある。一方、冷房では暖房と比較して断熱の効果の生じ方が複雑であるが、冷房稼

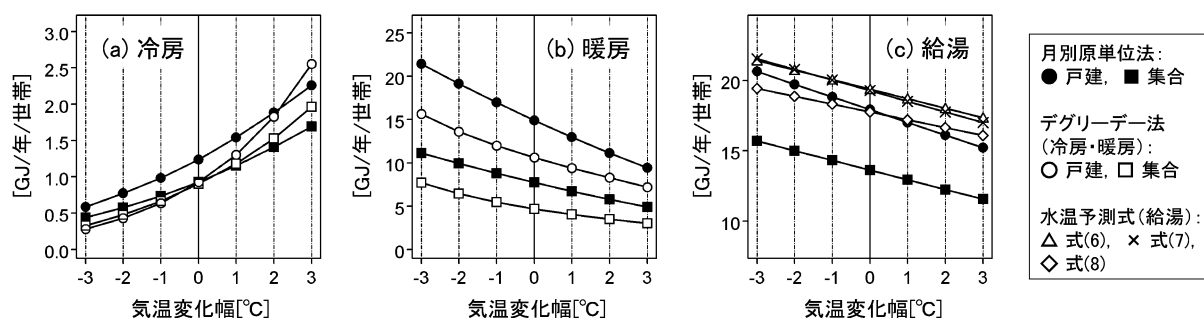


図4 気温を変化させた場合の各エネルギー消費量の算定結果（住宅，年間）

動時であれば通常は壁面貫流熱が減少し冷房負荷が軽減される効果が得られる。このため暖房の場合とは逆に、温暖地の方が低断熱である現在の省エネルギー基準では、見かけ上の気温感応度が大きくなったと解釈できる。したがって、これらの推定式は同一地域における気温感応度とは異なる点に注意が必要である。これらは、例えばエネルギー消費量のマクロ評価を行う場合などには有益であると考えられるが、一方で温暖化の影響評価などには適さないため、利用目的に応じて使い分けることが重要であると言える。

2.4 水温予測式¹⁸⁻²⁰⁾に基づく給湯用エネルギー推定手法

住宅における給湯用エネルギー消費量の一般的な算定式を次式に示す。

$$Q = V \cdot c_p \cdot (T_{hw} - T_w) / \eta \quad \dots\dots\dots (5)$$

Q ：給湯用エネルギー消費量， V ：使用湯量， T_{hw} ：給湯温度， T_w ：給水温度， c_p ：水の体積熱容量， η ：機器効率

ここでは、最も直接的に気温の影響を受けると考えられる給水温度 T_w について、次の3通りの気温による予測式を適用して結果を比較した。

CEC/HW¹⁸⁾の水温予測式：

$$T_w = 0.8516 \cdot T_a + 2.473 \quad \dots\dots\dots (6)$$

鍋島¹⁹⁾による式：

$$T_w = 1.01 + 0.20 \cdot T_a + 0.75 \cdot T_{a_5d} \quad \dots\dots\dots (7)$$

石田²⁰⁾による式：

$$T_w = 0.7 \cdot T_a + 7.0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

T_a ：気温， T_{a_5d} ：過去5日の平均気温

前節と同様に拡張アメダス気象データ⁹⁾の気温を -3°C ～ $+3^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させ、式(6)～(8)からそれぞれ水温を算出し、式(5)から給湯用エネルギー消費量を算出し

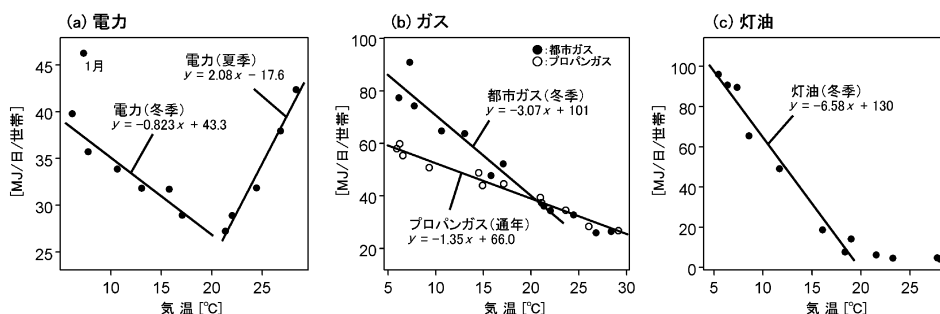
た。給湯温度、使用湯量、機器効率はここでは風呂釜と湯沸しのそれぞれについて、LPガス資料年報²¹⁾に掲載された想定値を用いた。なお、この想定値は利用しやすい形で月別にまとめられているため今回はこれを用いたが、これらの値が現状と大きく異なることは各種の実態調査²²⁻²⁴⁾と比較し確認している。ここで得られた給湯用エネルギー消費量と2.1節の月別原単位法の算定結果を図4cに示す。この図の傾きから、本節の水温予測式による方法では気温感応度は $-0.557 \sim -0.755$ [GJ/年/世帯/ $^{\circ}\text{C}$]を得た(表1-Di)。ここで、オーダーチェックのために月別原単位法による気温感応度(表1-Ai)と比較すると、本節の水温予測式による値の方が若干小さい。実際にはこの計算結果は給湯温度、使用湯量などの想定値に依存するため、今後さらに詳細な分析に用いるためにはこれらの想定値についての精査が必要である。とくに今回は他の手法と比較するために標準的な住宅を想定したLPガス資料年報²¹⁾の値を用いたが、本節の方法ではこれらの値を実態に合わせてその都度、個別に設定すれば、その条件に応じたより詳細な気温感応度を算出することができる。したがってこの方法は、回帰式のみで算出する月別原単位法と比較し汎用性があるため、その標準的な条件でのオーダーチェックを行ったという点で、ここでの検討は有意義であったと考えている。ただし、今回の結果は同じ想定値であっても、用いる水温予測式による結果のばらつきがやや大きいと思われるため、給水温度の予測精度を上げることが今後の課題として挙げられる。

2.5 マクロデータ解析

(1) 住宅

従来から供給側のデータを用いたマクロな気温感応度の算定が行われてきたが²¹⁻³⁾、この方法は用途・建物用途への分解には難があり、本研究で取り上げている他の方法と単純に比較することは無理がある。そこで本研究では、限定的ではあるが次に述べる検討から供給データ等による気温感応度と他の手法との比較を行った。

まず住宅について、月別のエネルギー供給量データや消費量調査データと月平均気温の関係を図5に示す。電力に



電力：東京電力の月別従量電灯A・Bの使用電力量および契約口数より算出（電気事業連合会・電力統計情報より）
都市ガス：東京ガスによる月別家庭用ガス販売量および需要戸数より算出（日本ガス協会・都市ガス販売量速報より）
プロパンガス：「プロパンガス消費量実態調査²⁵⁾」による東京の月別世帯あたりプロパンガス消費量
灯油：「灯油消費量実態調査²⁶⁾」による東京の月別世帯あたり灯油消費量

図5 月別の供給量・消費量データと月平均気温の関係（住宅）

関しては従量電灯A・Bが概ね住宅用に対応するため、契約口数あたりの使用量を世帯あたり電力消費量として用いた。同様に都市ガスも契約戸数あたり家庭用ガス使用量を世帯あたり消費量として用いた。ただし、プロパンガスと灯油については月別消費パターンが把握できる供給データが得られなかったため、ここでは補足的に需要側の実態調査^{(25), (26)}による東京のデータを用いた。なお、検針日と暦の上での月とのずれが含まれているデータについては、気温データを集計する際に15日程度ずらすことで補正を行っている。図5aから電力は1月がはずれ値となっていることが分かる。これは1月のデータは検針日のずれを考慮すると12月中旬～1月中旬頃であるため、年末年始の在宅率が高い時期が含まれているためであると考えられる。このため電力は1月を除いて夏季・冬季の回帰式作成し、その傾きから気温感応度は夏季は2.08 [MJ/日/世帯/℃] (表1-Ed), 冬季は-0.823 [MJ/日/世帯/℃] と算定された。夏季の値は月別原単位法で得た冷房の気温感応度 (表1-Ad) と矛盾しない値である。実際には、例えば冷蔵庫や温水式便座など冷房以外にも気温の影響を受ける機器は多いが、これらは相対的に小さく、また相殺されるものも多いことから、夏季の電力の気温感応度 (表1-Ed) は冷房の気温感応度でほぼ説明できるという結果となった。図5bから、ガスは夏季は都市ガスとプロパンガスがほぼ一致するが、冬季は都市ガスの方が傾きが大きいことが分かる。これはプロパンガスは主に給湯・厨房用であるのに対し、都市ガスは暖房にも使用されているためと解釈できる。そこで冬季の都市ガスと通年のプロパンガスについて回帰式を作成し、気温感応度はそれぞれ-3.07 [MJ/日/世帯/℃], -1.35 [MJ/日/世帯/℃] を得た。また灯油は東京ではほぼ暖房に使用されているため、冬季は明確な負の気温感応度が生じているが、夏季はほぼ0となっている (図5c)。この冬季の気温感応度は-6.58 [MJ/日/世帯/℃] であった。図5cは東京のデータであるため主に都市ガス使用世帯であると見なし、電力、都市ガス、灯油を合わせた冬季の気温感応度を算出すると、-10.47 [MJ/日/世帯/℃] となる (表1-Ee, Ef)。一方、月別原単位法の給湯と暖房を合わせた気温感応度は-12.22 [MJ/日/世帯/℃] (戸建), -6.94 [MJ/日/世帯/℃] (集合) であるから (表1-Ae, Af), やはり矛盾しない値となった。厨房用のガス消費量は季節変化が小さいため⁽²⁰⁾, 気温感応度への影響は無視しうるものと考えられる。プロパンガスについては、前述した通り暖房に用いているケースは少ないと考えられるため、気温感応度は主に給湯によると推察される。そこで給湯に関する他の手法と比較するため、プロパンガスの気温感応度を年間一定として通年積分したところ、-0.493 [GJ/年/世帯/℃] という値を得た (表1-Ei)。この値は、月別原単位法 (表1-Ai) や水

温予測式による方法 (表1-Di) と比較し小さめである。これはプロパンガス利用世帯では、給湯に灯油を用いるケースも多いためであると考えている。図5cで夏季の灯油消費量がほぼ0となっているのは、都市ガスが普及している東京のデータを図化したためである。実際には使用エネルギー世帯割合の調査結果^{(25), (26)}によれば、風呂用に灯油を利用している世帯は36.9% (複数回答可) に上り、これが都市ガスが普及していない地域に偏っていることが推察される。

(2) 事務所ビル

事務所ビルについては、契約種別の情報では建物用途の分解が困難であるため、公開されている供給データの範囲では他の手法と比較できる値が得られなかった。このため、ここでは以下に述べる通り事務所街区における配電線のデータを解析した玄地ほか⁽⁴⁾ の評価結果を用い、電力のみの比較とする。

玄地ほか⁽⁴⁾ は東京23区内の代表的な事務所街区3ヶ所 (街区A, B, C) を選定し、2002年1月1日～12月31日の時刻別電力供給データと気温の関係について街区スケールでの解析を行った。選定された対象街区は東京23区中心部に位置し、事務所関係の床面積が延床面積の94～99%を占める。この解析では、夏季は日最高気温25℃以上の日、冬季は日最高気温が10℃以下の日について、時刻別に気温と電力需要の回帰式を作成し、その傾きから時刻別の気温感応度を得ている (図6)。なお玄地ほか⁽⁴⁾ は住宅街区についても同様に解析を行っているが (街区D), 対象街区の居住世帯数が不明であり、本研究において他の手法との整合性のある比較が行えなかったため、ここでは省略する。図6の事務所街区の時刻別気温感応度を日積算し、3街区について平均した結果、夏季は65.5 [kJ/日/m²/℃], 冬季は-28.5 [kJ/日/m²/℃] を得た (表1-Ea, Eb)。この値は電力のみ

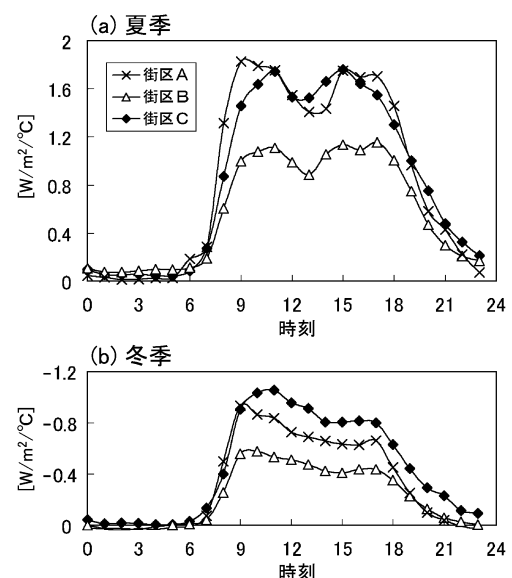


図6 事務所街区における電力気温感応度⁽⁴⁾

であるから、当然ながら月別原単位法(表1-Aa, Ab)や空調負荷計算(表1-Ba)の値と比較し明らかに小さい。しかしながら、電力依存度が高い冷房において、月別原単位法とやや近い値となっている点などは、矛盾のない結果である。もちろん大規模ビルでは冷房を都市ガスにより行うケースも多いため、当然ながらこれらは完全には一致しないが、定性的には整合性のある結果であると言える。

3. まとめ

本研究では事務所ビルと住宅を対象とし、空調・給湯用エネルギー消費量の気温感応度について、各種の算定手法の相互比較を行い、整合性や相違点について検討した。この結果、各手法の特性・適用性や信頼性・妥当性を明らかにすることができたと考えている。本研究において明らかになった主な相違点として次の点が挙げられる。まず空調負荷計算による方法は、今回は夏季の空調稼働日を前提とした気温感応度を算出したため、とくに住宅において他の手法と比較し過大な値となった。空調負荷計算は実際に空調が稼働している時に生じる気温感応度を詳細に見積もるためには有効な方法であるが、マクロ評価へ適用する場合には検討課題が多いと考えられる。とくに実際の住宅では居住者による手動の空調発停や窓開け換気が生じるため、これらの表現が今後の課題として挙げられる。また、デグリーデーによる推定式を用いた方法では、とくに暖房の気温感応度が小さいという結果となった。これは本研究で用いた推定式が全国規模の調査に基づいて作成されているため、設備や断熱などの地域条件が反映されているものと考えられる。したがって、こうした推定式は地域別エネルギー消費量推計などを行う上では有益であるが、同一地域内での気温変化に対する感応度とは区別し、使い分ける必要がある。

今回の検討では、住宅に関しては既存手法やデータが比較的多く、相互比較により概ね妥当な結果が得られたと考えているが、事務所ビルに関してはやや資料不足の感があった。また業務部門は事務所ビル以外にも店舗や学校、病院などのさまざまな建物用途があるが、これらについてはさらに資料が少なく、今回は相互比較の対象としては扱えなかった。今後、一般的な知見を得るにはさらなる調査・研究事例を蓄積する必要がある。

謝辞 本研究を進めるにあたり埼玉大学教授の外岡豊氏、大阪大学助教授の下田吉之氏、助手の鳴海大典氏、(独)産業技術総合研究所の井原智彦氏にご指導を頂きました。電力・都市ガスの供給データの利用にあたっては(社)環境情報科学センターの石丸泰氏、村田尚子氏にご協力頂きました。ここに深謝の意を表します。本研究は文部科学省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)を受けて実施された。

参考文献

- 1) 酒井均, 中村桂一; 電力会社における気象情報の活用, 空気調和・衛生工学, 73-7, (1999), 39-45.
- 2) 水島雅文; 都市の温暖化とエネルギー - 大阪市域での検討事例を中心に -, 土木技術, 53-5, (1998), 90-95.
- 3) 山本博士, 増川隆久; 気象と電力需要予測, 電気評論, 81-12, (1996), 19-22.
- 4) 玄地 裕, 大野創介, 亀卦川幸浩, 山口和貴; 東京都における電力需要の分析 - 事務所系, 住宅系街区の電力需要量と気温の関係について -, 第24回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2005), 265-268.
- 5) 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔; 気温変化が地域の電力消費に及ぼす影響, 第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2005), 109-112.
- 6) 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔; 気温変化が民生用エネルギー消費に及ぼす影響, 第24回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, (2005), 281-284.
- 7) 平野勇二郎, 茅 陽一, 柴崎亮介; 都市ヒートアイランド現象の空調・給湯用エネルギー消費への影響評価, 土木学会論文集, 629/VII-12, (1999), 83-96.
- 8) 平野勇二郎; ヒートアイランド緩和策の気温低下効果とそのエネルギー消費量への影響 東京都心部の地上緑化を対象とした夏季・冬季のケーススタディー, 日本建築学会環境系論文集, 591, (2005), 75-82.
- 9) Architectural Institute of Japan; Expanded AMeDAS Weather Data, (2003), 200, 日本建築学会.
- 10) 亀卦川幸浩, 玄地 裕, 吉門 洋, 近藤裕昭; 建築空調エネルギー需要への影響を考慮した都市高温化対策評価手法の開発, エネルギー・資源, 22 (2001), 235-240.
- 11) 亀卦川幸浩, 玄地 裕, 近藤裕昭, 花木啓祐; 街区構造に応じた高温化対策の導入が都市空調エネルギー需要に及ぼす影響, エネルギー・資源, 23 (2002), 200-206.
- 12) 平野勇二郎, 大橋唯太, 亀卦川幸浩, 近藤裕昭, 玄地 裕; 都市キャンビー・ビルエネルギー連成モデルを用いた東京都心部におけるヒートアイランド緩和策のシミュレーション評価, 第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2005), 117-120.
- 13) 大橋唯太, 平野勇二郎, 玄地 裕, 近藤裕昭, 亀卦川幸浩, 吉門 洋; 都市気象・ビルエネルギー連成モデルを用いた事務所街区内気温の数値シミュレーション, 水工学論文集, 48, (2004), 133-138.
- 14) 東京都; 第54回 東京都統計年鑑 平成14年, (2004), 東京都総務局.
- 15) 澤地孝男, 坊垣和明, 吉野 博, 鈴木憲三, 赤林伸一, 井上隆, 大野秀夫, 松原斎樹, 林 徹夫, 森田 大; 用途別エネルギー消費原単位の算出と推定式の作成 全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究 (第1報), 日本建築学会計画系論文集, 462, (1994), 41-48.
- 16) 外岡 豊, 深澤大樹, 村橋喜満, 三浦秀一; 都道府県別・建て方別住宅エネルギー消費量とCO₂排出実態の詳細推計, 日本建築学会環境系論文集, 592, (2005), 89-96.
- 17) 三浦秀一; 全国における住宅の用途別エネルギー消費と地域特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 510, (1998), 77-83.
- 18) 建築環境・省エネルギー機構; 平成15年度 建築物の省エネルギー基準と計算の手引 性能基準 (PAL/CEC), (2003).
- 19) 鍋島美奈子; 設計用基礎資料策定に関わる統計解析手法の研究, 大阪市立大学博士論文 平成10年度.
- 20) 石田建一; 戸建住宅のエネルギー消費量, 日本建築学会計画系論文集, 501, (1997), 29-36.
- 21) 石油化学新聞社; 2005年版 LPガス資料年報, 40, (2005), 371.
- 22) 前 真之, 布野裕子, 石渡 博, 市川憲良, 鎌田元康; 湯・水消費の季節変動要因についての分析 都市型集合住宅における給湯・給水の消費構造分析と評価方法に関する研究 (その1), 日本建築学会環境系論文集, 566, (2003), 73-80.
- 23) 前 真之, 飯尾昭彦, 石渡 博, 市川憲良, 大塚雅之, 坂上恭助, 鎌田元康; 湯量・湯熱量に基づく給湯負荷評価集合住宅における給湯・給水消費に関する実態調査, 空気調和・衛生工学会論文集, 90, (2003), 39-48.
- 24) 王祥武, 前 真之, 岩本静男, 鎌田元康; 住宅用給湯システムの熱効率および熱損失の検討住宅用給湯システムの効率評価法に関する研究 第1報, 日本建築学会環境系論文集, 580, (2004), 61-68.
- 25) 日本エネルギー経済研究所石油情報センター; 平成14年度プロパンガス消費実態調査, (2004).
- 26) 日本エネルギー経済研究所石油情報センター; 平成14年度灯油消費実態調査, (2004).