

研究論文

民生部門エネルギー消費の気温影響に関する地域特性

Regional Characteristics of the Effect of Temperature upon the Energy Consumption

鳴海大典*・橋本早紀**・下田吉之***・水野稔****

Daisuke Narumi

Saki Hashimoto

Yoshiyuki Shimoda

Minoru Mizuno

(原稿受付日2006年6月20日, 受理日2007年4月20日)

Abstract

In this paper, to investigate the regional characteristics of the effect of temperature upon the energy consumption, the sensitivity of temperature were quantified with respect to energy source (electric power, gas, or petroleum-based fuels) and the effect of temperature increase associated with heat island phenomena and global warming on the energy consumption were studied for the various cities. Results showed that in the residential applications of all cities the annual energy consumption would decrease, if the year-round temperature increased by 1 degree Celsius. On the other hand, in the business applications of almost cities the annual energy consumption would increase. As a result, the total of the residential and business applications would decrease except Fukuoka City. However, these results were much influenced by the floor area ratio of residential and business use, so in the center of city where the floor area for business applications dominates, the annual energy consumption would increase if the year-round temperature increased by 1 degree Celsius. Therefore, it is desirable for the countermeasures of temperature reduction to be carried out in the central area precedence over the suburban area.

1. まえがき

ヒートアイランド現象や地球温暖化に伴う気温上昇が各地で顕在化しており、国や地方自治体では対策に向けた検討を進めている^{1), 2)}。しかしながら、現時点では地域や季節を問わず気温低下のみを闇雲に議論している感が強いが、対策の必要性自体の検討や、対策実施による便益評価を行うためにも、昇温に伴う各種影響被害を把握した上で、対策目標（影響閾値、対策範囲）を明らかにすることが不可欠である³⁾。この点に関して、筆者らは大阪府を対象として都市の昇温に伴う各種影響を、可能な限り定量的かつ多面的に評価してきた^{4~6)}。本論文ではこのうちエネルギー消費影響に焦点を当てて検討を行うものである。

ヒートアイランド現象や地球温暖化による昇温は主として空調・給湯用エネルギー消費に影響を及ぼすが、気温上昇により冷房用エネルギー消費量は増加する一方で、暖房・給湯用エネルギー消費量は逆に減少することが容易に想像できる。この点に関して、筆者らは大阪府を対象とし

て気温変化に伴うエネルギー消費影響を定量的に評価した結果、これらの要因が相殺し合うことによって、都心部では昇温により増加する一方で、郊外部ではほぼ変化しないことを明らかにした⁷⁾。しかしながら、影響の方向性（正負）は評価対象地域の住宅・業務床面積比率やエネルギー種別比率（熱源構成比率）、冷温熱需要比率などで変化することが予想される。荒井ら⁸⁾は札幌、東京、那覇の各都市を対象として空調用エネルギー消費の昇温影響を通年評価した結果から、影響の方向性は気象条件や建物用途によって異なることを示唆している。しかしながら、荒井らの分析はデGREE-デイ法によるものであり、分析精度が十分とは言えない。また、個別建物に対する評価であり、地域総体としての影響を評価したものではない。その他、エネルギー消費の気温感応度については、平野⁹⁾や亀卦川¹⁰⁾、玄地ら¹¹⁾によって評価された事例があるものの、気温感応度の地域特性について言及したものは皆無である。したがって、昇温に伴うエネルギー消費影響の地域特性評価については、未だ基礎的な分析の余地が残されているのが現状である。

本論文では以上の背景を鑑みて、主として市域単位のエネルギー消費実績データを基に、民生部門エネルギー消費の気温影響に関する地域特性について検討を行う。

2. 解析データの概要

本論文で解析に用いるデータの概要について以下に述べ

*大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻助教

E-mail: narumi-d@see.eng.osaka-u.ac.jp

** 大学院生

*** 准教授

****大阪大学名誉教授

〒565-0871 吹田市山田丘2-1, S4 棟

表1 評価対象地域およびデータ入手状況

対象地域	家庭部門		業務部門	
	電力	都市ガス	電力	都市ガス
札幌市	○	○	○	○
仙台市	○	○	○	○
金沢市	○	○	○	○
横浜市	○	○	○	○
東京都 ^{注1)}	○	○	○	○
名古屋市	○	○	×	○
大阪市 ^{注1)}	○	○	×	○
福岡市	○	○	○	○

○:データ入手可 ×:データ入手不可

る。評価は様々な気候条件の地域を網羅することを前提に、日本全国から8都市を対象地域として選定した。表1に評価対象地域の一覧を示す。

a) エネルギー消費データ…エネルギー種別としては電力、都市ガス、LPG、石油製品類を対象とした。このうち、電力と都市ガスについては、各自治体の統計年鑑等で整備されている月別販売実績データを基に分析を行った^{注1)}。家庭部門におけるLPGや灯油については、総務省統計局による家計調査月報¹²⁾を基に分析を行った^{注2)}。業務部門における石油製品類については、日本エネルギー経済研究所によるエネルギー種別エネルギー消費原単位¹³⁾を基に分析を行った。表1に各評価対象地域における電力および都市ガ

スに関するデータの入手状況を示す。表1に示すように、一部の地域においては月別や部門別の販売実績データが整備されておらず、全エネルギー源の総合評価を行うことが出来ない場合が生じた。なお、LPGや石油製品類については、電力ならびに都市ガスに関するデータが揃って整備されている地域のみを対象として分析を行った。

b) 気象データ…エネルギー消費量と外気温との相関について検討を行う際の気温データには、当該地域におけるAMeDASデータ（月平均気温）を利用した。なお、検針による影響を排除することを目的として、電力および都市ガスに関しては前月と当月の月平均気温の平均値を、LPGに関しては前々月と前月の月平均気温の平均値をそれぞれ補正平均気温として定義し、エネルギー消費量との相関分析に用いた^{注3)}。

3. エネルギー消費に関する気温感応度

3.1 エネルギー消費と気温との関係

エネルギー消費と気温との関係を検討することを目的として、月別・エネルギー種別エネルギー消費データ（一次エネルギー）と月平均気温との散布図を作成した。結果の一例として、仙台市と横浜市を図1に示す。家庭部門の都

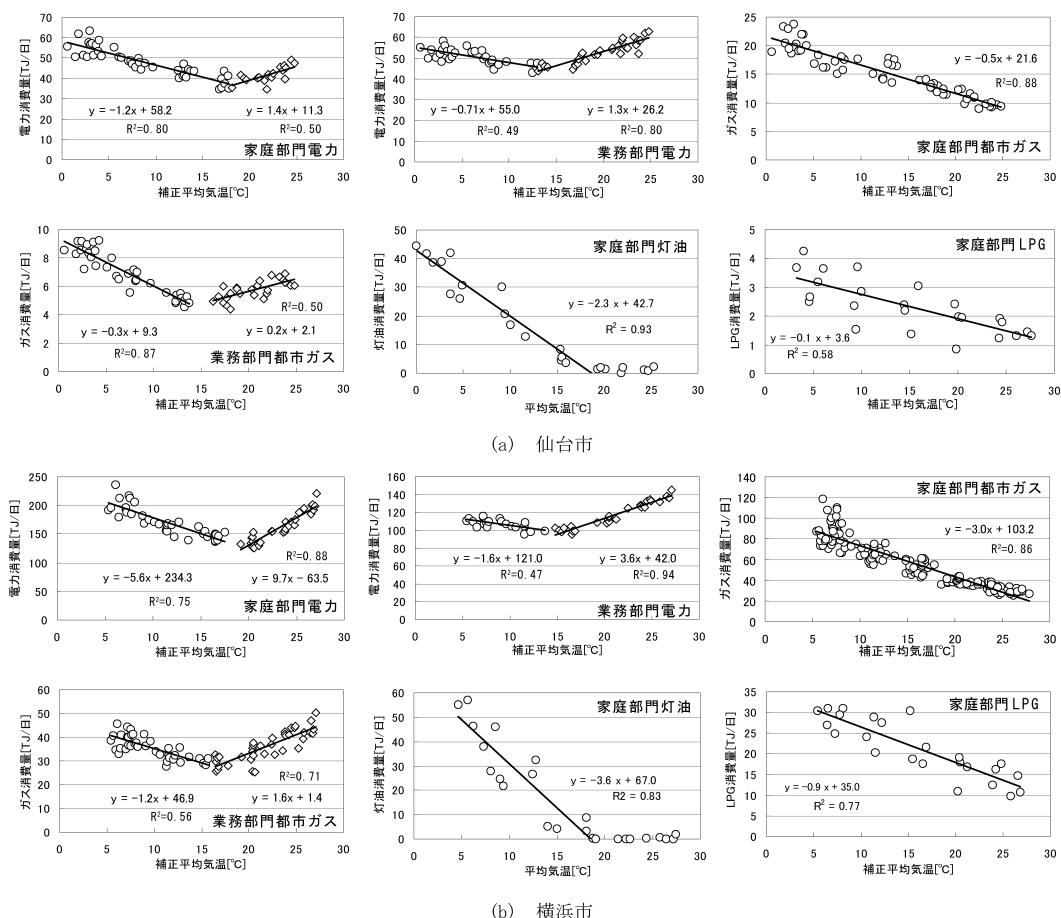


図1 エネルギー消費（一次エネルギー）と気温との関係（部門別・エネルギー種別）

表2 分岐点気温の算出結果

地域	家庭部門	業務部門	
	電力	電力	都市ガス
札幌市	分岐なし	11	15
仙台市	18	13	16
金沢市	19	14	18
横浜市	19	14	16
東京都	19	14	17
名古屋市	19	×	14
大阪市	20	×	15
福岡市	19	14	15

×: データ入手不可

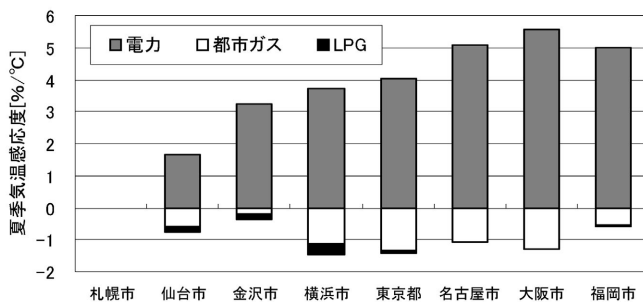
[Unit: °C]

市ガスや灯油、LPGは気温上昇に伴って減少する一方で、家庭・業務両部門の電力と業務部門の都市ガスはある気温を境にV字型となる消費動向を示した。本論文ではこの気温を「分岐点気温」と定義する。この分岐点気温の地域性を把握することを目的として、散布図の各データに三次関数を近似し、その導関数がゼロとなる気温を各地域で算出した。但し、札幌市の家庭部門電力については、分岐点気温が目視で確認できないことから対象から除外した。分岐点気温の算出結果を表2に示す^{注4)}。その結果、電力については大半の地域で家庭部門が19°C、業務部門は14°Cとなり、やや札幌市や仙台市などの寒冷地で低くなる傾向が見られるものの、顕著な地域差は確認されなかった。業務部門の都市ガスについては、データのばらつきが比較的大きく、地域間で分岐点気温が若干異なる結果となったが、対象都市の寒暖等の地域性との明確な関連は見られなかった。なお、平均値は16°Cであった。

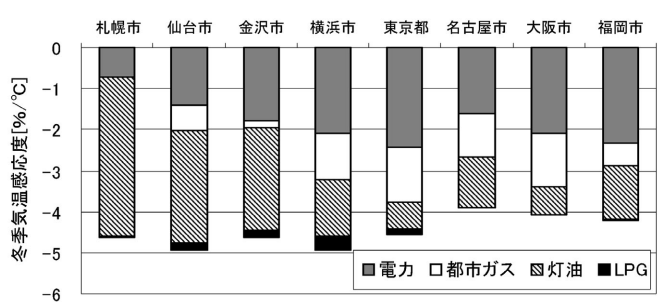
3.2 気温感応度の算出

図1で示した散布図の各プロットに対する回帰直線を作成し、その傾きを部門別・エネルギー種別のエネルギー消費に関する気温感応度と定義した。分岐点気温が確認された散布図に関しては、表2に示す分岐点気温によってデータを夏季と冬季に分割し、夏季気温感応度および冬季気温感応度としてそれぞれ算出した。なお、灯油については感応が認められる20°C以下のデータを対象とした。回帰直線導出結果の一例を図1に、各地域における夏季と冬季の気温感応度をエネルギー種別毎に整理した結果について、家庭部門を図2に、業務部門を図3にそれぞれ示す。結果に関しては、気温感応度を地域間で相対比較するために、各部門の年間合計エネルギー消費量に対する気温1°C上昇による増分の比率、すなわち変化率 [%/°C] として表現している。なお、業務部門の石油製品類については、4.2項で簡易的に評価を行っている^{注5)}。

家庭部門の夏季には、気温上昇により電力消費量が増加する一方で、都市ガスやLPG消費量は減少するため、全体の気温感応度は電力の気温感応度から都市ガスとLPGの気温感応度を差し引いた値となる。家庭部門の冬季には全てのエネルギー源で気温上昇により減少するため、全体の気温感応度は各々の気温感応度を合計した値となる。夏季の結果に関して、感応が見られない札幌市を除く全ての地域において、電力消費量の増加が都市ガスやLPG消費量の減少を上回り、全体の気温感応度は正の値を示した。また、

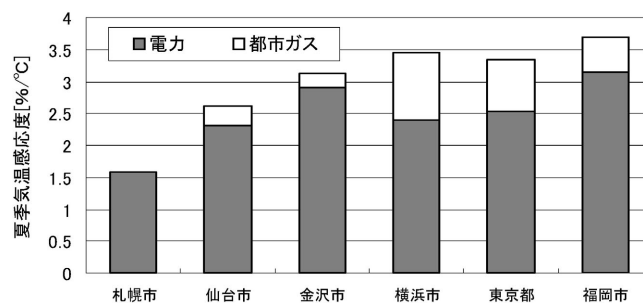


(a) 夏季気温感応度

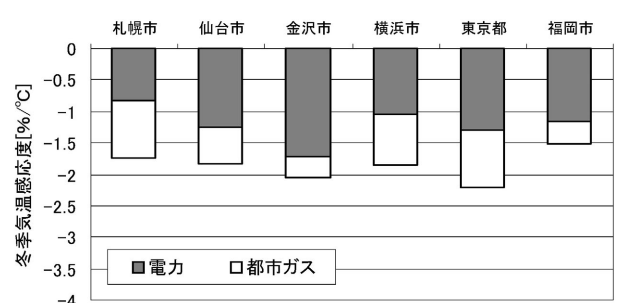


(b) 冬季気温感応度

図2 家庭部門のエネルギー消費に関する気温感応度



(a) 夏季気温感応度



(b) 冬季気温感応度

図3 業務部門のエネルギー消費に関する気温感応度

地域間の差が比較的大きく、仙台市で低い値を示す一方で、特に大阪市や福岡市では大きい値を示した。冬季の結果に関して、灯油構成比率が大きい地域で冬季気温感応度が若干大きい値を示すものの、地域間の差は夏季と比較して明確には認められなかった。夏季と冬季の比較に関しては、名古屋市や大阪市、福岡市で夏季の気温感応度が冬季を上回る一方で、それ以外の分析対象地域では冬季の気温感応度が夏季を上回る結果となった。

業務部門の夏季には全てのエネルギー源で気温上昇により増加する一方で、冬季には全てのエネルギー源で減少するため、全体の気温感応度は両季節共に各気温感応度を合計した値となる。夏季の結果に関して、家庭部門では感応が見られなかった札幌市においても電力消費に関する感応が認められた。家庭部門では気温感応度が小さい値にとどまった仙台市においても業務部門では比較的大きい値を示しており、全体的に地域間の差が小さくなる傾向が見られた。冬季の結果に関して、全体的に気温感応度は小さい値を示し、地域間の差についても若干福岡市で小さい値を示すものの、家庭部門と同様に明確には認められなかった。夏季と冬季の比較に関しては、札幌市を除く分析対象地域で夏季の気温感応度が冬季を上回る一方で、札幌市ではわずかながら冬季の気温感応度が夏季を上回る結果となった。

家庭部門と業務部門の気温感応度を比較すると、業務部門の気温感応度は両季節共に家庭部門と比較して小さい値を示しており、業務部門のエネルギー消費は気温変化による影響を受けにくいことが示された。気温感応度の季節差については、業務部門が家庭部門と比較して大きくなる傾向が見られた。

4. エネルギー消費の気温影響に関する地域特性評価

前節で各地域の部門別・エネルギー種別気温感応度を求めることで、夏季および冬季のそれぞれに関して、気温が変化した場合に地域内のエネルギー消費に与える影響の程度を定量化することが可能となった。しかしながら、気温感応度が地域間で等しい場合でも、地域間で冷暖房使用期

間が異なる場合には、気温変化が年間エネルギー消費量に与える影響は異なることが予想される。そこで、本節では各地域の気温感応度算出結果を基に、年間冷暖房日数を考慮することで、年間を通して気温が1℃上昇した場合に予想される期間エネルギー消費量（夏季・冬季・年間）の変化について推計を行った。

4.1 年間冷暖房日数

前節で作成した気温感応度は、夏季と冬季で影響の方向性（正負）が異なる。したがって、通年でのエネルギー消費影響を評価するためには、冷房使用期間や暖房使用期間を把握する必要がある。そこで、本項では気温感応度を作成する際に得られた分岐点気温（電力消費に関する）を冷暖房発停の閾値と仮定して年間冷暖房日数割合の推計を行った。分岐点気温より高い日平均気温を「冷房使用」、低い日平均気温を「暖房使用」と定義し、部門別・地域別にそれぞれの日数を求めた。気象データには当該地域におけるAMeDASデータを利用し、2000年1月から2005年12月までの6年間の日別平均気温データを対象に冷暖房日数を求めた結果から、年間の冷暖房日数割合として定義した。図4に結果として得られた各地域における家庭部門の年間冷暖房日数割合を示す。大阪市や福岡市では年間の50%程度が暖房日として定義される一方で、札幌市や仙台市などの寒冷地では70%前後が暖房日として定義された。図5に業務部門の年間冷暖房日数割合を示す。家庭部門と比較して暖房日が顕著に少なく、福岡市では36%にとどまった。また、家庭部門では全ての分析対象地域で暖房日数が冷房日数を上回る一方で、業務部門では札幌市を除く各地域で冷房日数が暖房日数を上回る結果となった。

4.2 昇温に伴うエネルギー消費影響

本項では3.2項で得られた気温感応度と4.1項で得られた冷暖房日数割合を基に、年間を通して気温が1℃上昇した場合に予想される部門別の期間エネルギー消費量の変化について推計を行った。エネルギー消費の変化量は、冬季（もしくは夏季）の気温感応度に年間合計エネルギー消費量を乗じて年間日数で除した値に、暖房使用（もしくは冷房使用）に分類される日数を乗ずることによって求めるこ

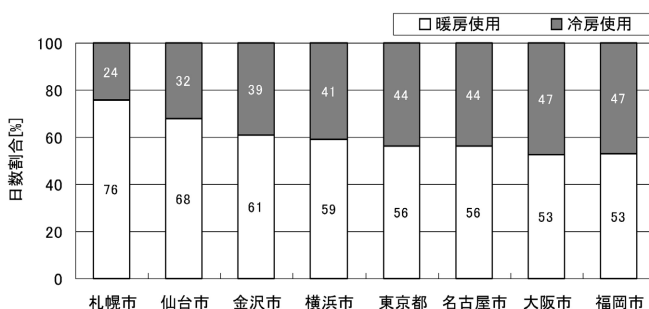


図4 家庭部門の年間冷暖房日数割合

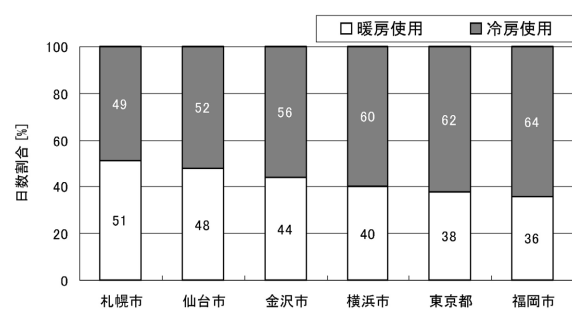


図5 業務部門の年間冷暖房日数割合

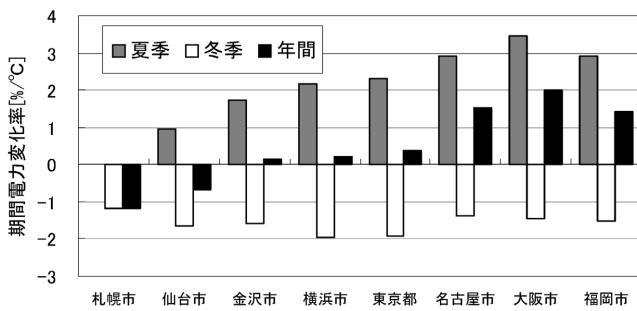


図6 電力消費に関する期間変化率（家庭部門）

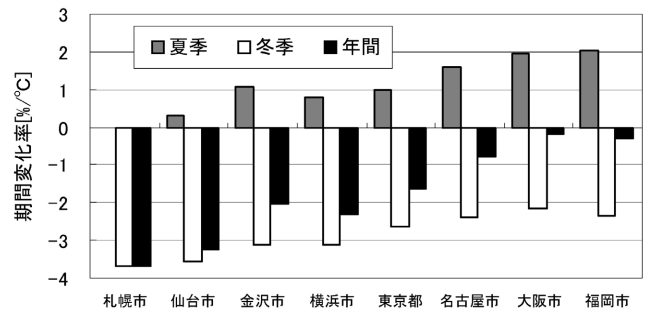


図7 全エネルギー源を総合した期間変化率（家庭部門）

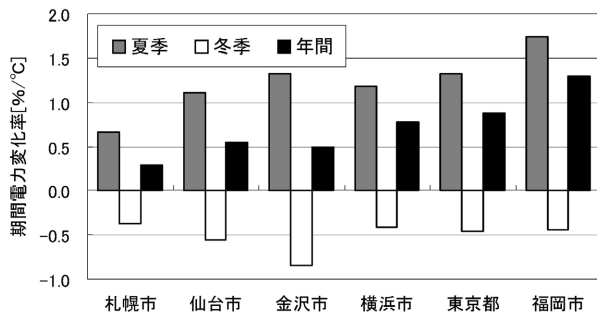


図8 電力消費に関する期間変化率（業務部門）

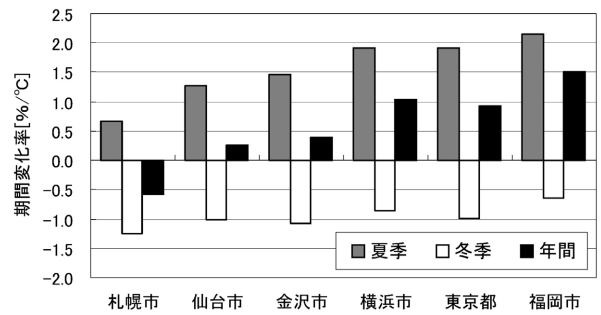


図9 全エネルギー源を総合した期間変化率（業務部門）

とが可能である。

図6に家庭部門に対する結果の一例として、年間電力消費量に対する電力消費量の期間変化率を、図7に全エネルギー源（電力・都市ガス・LPG・灯油の合計）を総合した年間合計消費量に対する期間変化率をそれぞれ示す^{注6)}。図6より、年間を通して気温が1℃上昇することによって、年間の家庭部門電力消費量は札幌市および仙台市では減少する一方で、その他の分析対象地域では増加し、特に名古屋市や大阪市、福岡市で顕著に増加する結果が得られた。これに対して全エネルギー源を総合した結果（図7）では、都市ガスや灯油、LPG消費量が減少する影響を受けて、全ての分析対象地域で年間エネルギー消費量が減少する結果を示した。減少率は札幌市や仙台市などの寒冷地で大きな一方で、大阪市や福岡市では夏季の電力増加量が多いことから、年間の減少量はごく僅かな値にとどまった。

図8に業務部門に対する結果の一例として、年間電力消費量に対する電力消費量の期間変化率を、図9に全エネルギー源（電力・都市ガス・石油製品類の合計）を総合した年間合計消費量に対する期間変化率をそれぞれ示す^{注5), 注7)}。図8より、年間を通して気温が1℃上昇することによって、年間業務部門電力消費量は全ての分析対象地域で増加し、特に東京都や横浜市、福岡市で顕著となる結果が得られた。これに対して全エネルギー源を総合した結果（図9）では、都市ガスや石油製品類が減少する影響を受けて札幌市の年間エネルギー消費は減少に転ずる一方で、その他の分析対象地域では増加を維持する結果を示した。家庭部門と比較して影響の方向性が大きく異なる理由として、業務部門の気温感応度に関する季節差が大きいこと、また分岐点気温が家庭部門と比較して低く、冷房日数が多いことが原因として挙げられる。

以上で述べた家庭部門と業務部門の結果を総合することによって得られた各地域における民生部門全体の年間合計エネルギー消費量に対する期間変化率を図10に、各地域における民生部門全体の期間変化量^{注8)}を図11に示す。なお、

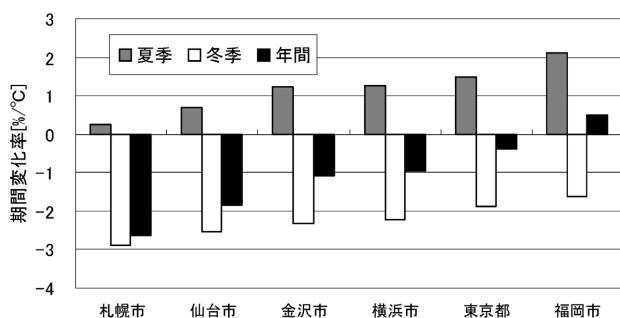


図10 民生部門全体の期間変化率

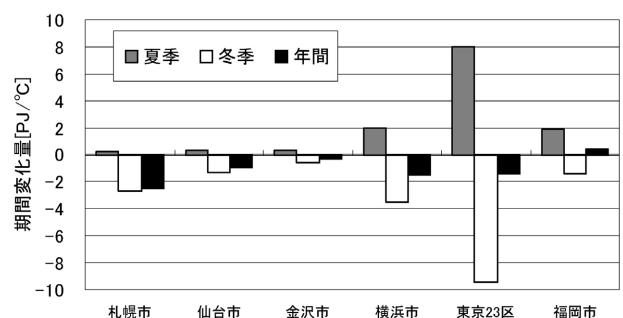


図11 民生部門全体の期間変化量

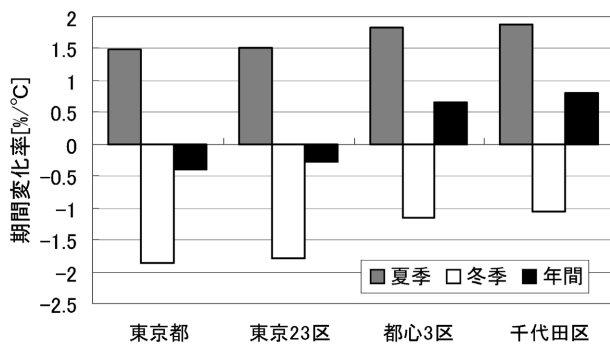


図12 評価領域の相違による期間変化率の変化

分析対象地域は家庭部門と業務部門のデータが揃う6都市のみとしている。図10より、年間を通して気温が1℃上昇することによって、民生部門全体の年間エネルギー消費量は福岡市を除く各地域で減少することが示された。変化率（減少率）は特に札幌市や仙台市で大きく、2%～2.5%程度の値を示した。図11は図10の変化率を変化絶対量として表現した結果であり、評価対象地域の規模（エネルギー消費に関する）が反映されることから、年間の減少量は横浜市や東京23区では仙台市を凌駕し、札幌市における減少量の60%程度に及ぶことが示された。また、金沢市のような地方都市では、エネルギー消費変化量が大都市圏と比較してごく僅かにとどまることが示された。

以上の評価結果から、昇温に伴うエネルギー消費影響は夏季における増加のみならず冬季における減少が非常に大きいことが示された。これは、図7の結果からわかるように、家庭部門における冬季の減少量が大きく影響することによるものである。しかしながら、評価対象地域の中でも都心と郊外では住宅・業務床面積比率が異なること、また、都市内の昇温化に強い影響を及ぼすヒートアイランド現象は特に都心部でその影響が強まることから、ここでは評価対象範囲をより都心に向けて絞り込んだ際の影響程度の変化について検討を試みた^{注9)}。評価は東京都を対象に行い、東京都全体から東京23区、都心3区（千代田区・中央区・港区）、千代田区に評価領域を変更した際の影響を検討した。

図12に評価領域の相違による民生部門エネルギー消費の期間変化率の変化を示す。また、表3に各評価領域内の住宅・業務床面積比率を示す。表3から、東京都や東京23区を評価領域とした場合には70%程度が住宅床面積を占めているのに対して、都心3区や千代田区のみを評価領域とした場合には業務床面積が70%を超えることがわかる。その結果、東京都全体や東京23区を評価領域とした場合には年間変化率は負の値を示すのに対して、都心3区や千代田区では正の値を示しており、これらの地域では年間を通して気温が1℃上昇することによって年間エネルギー消費量は

表3 各評価領域の住宅・業務床面積比率

部門	東京都	東京23区	都心3区	千代田区
住宅床面積率	71	68	26	14
業務床面積率	22	25	70	82

[Unit:%]

増加することが示された。なお、図は省略するが、東京23区内の夏季におけるエネルギー消費変化量の約30%が都心3区での夏季変化量に相当する結果が得られた。

5. まとめ

本論文では、都市域の昇温が地域のエネルギー消費に及ぼす影響を検討することを目的に、主として市域単位のエネルギー消費実績データを基に、民生部門エネルギー消費の気温影響に関する地域特性について検討を行った。以下に本論文で得られた知見を整理する。

- 1) 家庭部門の都市ガスや灯油、LPGは気温上昇に伴って減少する一方で、家庭・業務両部門の電力と業務部門の都市ガスはある気温を境にV字型となる消費動向を示した。
- 2) エネルギー消費動向が変化する分岐点気温には部門間の違いが見られる一方、顕著な地域差は認められなかった。
- 3) 家庭部門のエネルギー消費に関する気温感応度を求めた結果、名古屋市や大阪市、福岡市で夏季の気温感応度が冬季を上回る一方で、それ以外の分析対象地域では冬季が上回る結果となった。
- 4) 業務部門のエネルギー消費に関する気温感応度を求めた結果、札幌市を除く分析対象地域で夏季の気温感応度が冬季を上回る一方で、札幌市ではわずかながら冬季が上回る結果となった。
- 5) 業務部門の気温感応度は両季節共に家庭部門と比較して小さい値を示しており、業務部門のエネルギー消費は気温影響を受けにくいことが示された。
- 6) 年間を通して気温が1℃上昇することによって、家庭部門の年間電力消費量は札幌市および仙台市では減少する一方で、その他の分析対象地域では増加することが示された。全エネルギー源を総合した結果では、全ての分析対象地域で年間エネルギー消費量が減少することが示された。
- 7) 年間を通して気温が1℃上昇することによって、業務部門の年間電力消費量は全ての分析対象地域で増加することが示された。全エネルギー源を総合した結果では、札幌市では年間エネルギー消費量が減少に転ずる一方で、その他の分析対象地域では増加を維持することが示された。
- 8) 年間を通して気温が1℃上昇することによって、民生部門全体の年間エネルギー消費量は福岡市を除く各分析対象地域で減少することが示された。
- 9) 東京都を対象として評価対象範囲を都心に向けて絞り込んだ際の影響程度の変化について検討を行った結果が

ら、東京都全体や東京23区を評価領域とした場合には年間変化率が負の値を示すのに対して、都心3区や千代田区では正の値を示しており、都心では年間を通して気温が1℃上昇することによって年間エネルギー消費量は増加することが示された。

注記

1) 電力・都市ガスに関する月別販売実績データの入手期間は平成11年度～平成16年度の5年間とした。しかしながら、自治体でのデータ整備中断や電力については特定需要区分への変更、ガスについては集計対象エリアの変更などの理由から一部の都市ではデータが欠損する期間を生じた。また、東京都は東京23区単位の月別販売実績データが整備されていないことから、東京都全体を評価対象エリアとした。大阪府は大阪府域単位の家庭部門電力販売実績データが月別に整備されていないことから、大阪府全体の家庭部門電力販売実績データを基に世帯数比率を用いて大阪府域単位のデータに補正した。

2) 家計調査月報のデータ入手期間は平成12年～平成13年の2年間とした。

3) 気温データの平均化方法は、エネルギー消費量と外気温の相関が最適化される方法として試行錯誤的に決定されたものである。

4) 分岐点気温は月別の日消費実績データを基に算出しているが、データプロット数の問題や検針影響、月消費データを日消費量に変換する際の問題から、散布図のデータプロットにはややばらつきがあり、分岐点気温の地域間の違いを明確に示すことが難しいため、本論文では結果の概要を簡単に述べるにとどめた。

5) 業務部門の石油製品類については統計書等から月別の消費量データを得ることができないことから、環境省の地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン¹⁴⁾を参考に、石油製品類が業務部門全体のエネルギー消費量に占める割合を札幌市とその他地域に区分して推定した。その結果、石油製品類は札幌市で8%、他地域で6%を占めた。また、石油製品類の用途は都市ガスと類似しており気温感応度も同程度と推測されることから、石油製品類の気温感応度には都市ガスの値を代用し、石油製品類の気温上昇に伴う変化量を推定した。

6) 家庭部門では電力消費に関する分岐点気温を基準として、都市ガスやLPGの消費データを夏季と冬季に分割し、それぞれを夏季および冬季変化量として積み上げた。また、灯油については気温感応度の算出時と同様に、20℃以下の日数を感応度に乗ずることで求め、全て冬季変化量として積み上げた。

7) 業務部門の電力に関しては電力消費に関する分岐点気温を基準として、都市ガスおよび石油製品類については都

市ガス消費に関する分岐点気温を基準として夏季と冬季に分割し、それぞれを夏季および冬季変化量として積み上げた。

8) 期間変化量に関して東京都全体で評価を行った場合、他地域と比較して変化量が突出することから、評価エリアを狭めることを目的に東京23区で評価を行った。東京23区における期間変化量は、東京都全体の変化率推計結果を基に、家庭部門は世帯数、業務部門は延床面積で東京都全体の変化量を按分することで求めている。

9) 都心と郊外では特に家庭部門のエネルギー消費に関する気温感応度に違いを生じる可能性が考えられるが⁷⁾、本論文では気温感応度は評価対象エリアによって変化しないと仮定し、住宅・業務床面積比率の違いがエネルギー消費変化率に与える影響のみを検討している。

参考文献

- 1) 環境省；ヒートアイランド対策大綱，(2004)。
- 2) 大阪府；大阪府ヒートアイランド対策推進計画，(2004)。
- 3) Yoshiyuki Shimoda, Daisuke Narumi and Minoru Mizuno；Environmental Impacts of Urban Heat Island Phenomena - Cause effect chain and evaluation in Osaka City-, Journal of Life Cycle Assessment, Japan, 1(2), (2005), 144-148.
- 4) 鳴海大典，水野稔，下田吉之；大阪府域の都市ヒートアイランド現象が住民の意識・生活面に及ぼす影響，環境情報科学論文集，19 (2005)，13-18.
- 5) 鳴海大典，坂口勝俊，近藤明，下田吉之，水野稔；都市域の昇温化が光化学オキシダント濃度に及ぼす影響，日本建築学会大会大会学術講演梗概集（関東），環境工学D-1，(2006)，印刷中。
- 6) 鳴海大典，下田吉之，水野稔；大阪府域における昇温化影響の各種報告事例，シンポジウム「地球温暖化・適応策」，気候影響・利用研究会，(2006)，14-15.
- 7) 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，エネルギー資源学会研究発表会，(2005)，281-284.
- 8) 荒井良延，武田仁；都市温暖化のエネルギー・熱環境に及ぼす影響，日本建築学会環境工学委員会 熱環境運営委員会 第25回熱シンポジウム，(1992)，93-100.
- 9) 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，日本建築学会環境系論文集，591 (2005)，75-82.
- 10) 亀卦川幸浩，玄地裕，吉門洋，近藤裕昭；建築物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，22-3 (2001)，55-60.
- 11) 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.
- 12) 総務省統計局；家計調査月報，(2000，2001)。
- 13) 財日本エネルギー経済研究所計量分析部；民生部門消費実態調査（総括編），(2000)。
- 14) 環境省地球環境局；地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン，(2003)。