

都市熱環境特性と家庭のエネルギー消費特性の関連に関する研究

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SMALL-SCALE URBAN CLIMATIC CONDITIONS AND HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION

谷川寛樹*

上野賢仁**

井村秀文*

Hiroki TANIKAWA*, Takahito UENO**, Hidefumi IMURA*

ABSTRACT: This study presents quantitative analyses of the relationships among small-scale urban climatic conditions, residents, perceptions about their living environments, their lifestyles, and domestic energy consumption. The questionnaire surveys were conducted in Fukuoka City and Ohnojo City for collecting relevant data necessary for the analyses. First, the relationship between the ecological consciousness of the households and their energy consumption in terms of monthly usage of electricity, gas, and kerosene was investigated, and a good correlation was found among these factors. Then, a more detailed analysis using quantification theory III and the multivariate analysis was made in order to take into account the detailed characteristics of the households. It was found that "eco-conscious" households consumed less energy than "eco-indifferent" households.

KEYWORDS: Urban climate, Household energy consumption, Eco-consciousness, Lifestyles

1. はじめに

近年、我々のライフスタイルは節約型から環境負荷の大きい消費型へと変化している¹⁾。世界的な課題であるCO₂排出量の抑制・削減のために、エネルギー消費と密接に結び付いている我々のライフスタイルを見直すことの重要性が指摘されている。このためには、家庭のエネルギー消費構造や、ライフスタイルを規定する都市熱環境について把握する必要があり、既に多数の調査、研究が行われている^{2)~4)}。これらの調査・研究によって、単位床面積、家族数当たりのエネルギー消費量や地域による家庭のエネルギー消費量の差、都市の熱環境の実態が明らかにされつつある。しかし、各家庭のエネルギー消費は、都市の地理的位置、住居の周辺環境、エネルギー消費に対する意識等の影響を受けており、これらの影響要因との関連を考慮した詳細なエネルギー消費構造の把握・分析については、従来の調査・研究ではまだ不十分な点も多い。特に、各家庭のエネルギー消費は、冷房・暖房需要において住居地区周辺の熱環境に影響を受けていることは容易に想像できるが、それらが住民の意識やエネルギー消費とどのように関係しているかを詳細に調査・分析した例はほとんど見られない。こうした問題の分析のためには、エネルギー消費の実態調査と同時に、都市内の地理的位置や居住地区の周辺環境特性による影響、家庭のエネルギー消費に対する意識等を調査し、これらの諸情報の関係を詳細に分析することが必要である。

そこで、本論文では都市内の各地点、地区の熱環境特性、各家庭のライフスタイルとエネルギー消費量との関連性について定量的解析を試みた。具体的には、福岡市と大野城市の2都市をケーススタディー対象として、居住地区の熱環境と環境配慮意識、エネルギー消費についてアンケート調査を実施した。調査地選定にあつ

*九州大学工学部環境システム工学研究センター

**熊本工業大学土木工学科

*Institute of Environmental Systems, Faculty of Engineering, Kyushu University

**Kumamoto Institute of Technology Department of Civil Engineering

ては、福岡市のような大都市だけではサンプルに偏りがあるため、中小都市の例として隣接する大野城市を選んだ。なお、同市は、海岸線から約12kmと内陸に位置する。このため、熱環境的な特性も福岡市とは異なることが報告されている⁹⁾。また、熱環境との直接的関係はやや薄い、エネルギー消費量のうちの自動車用ガソリンの消費特性において福岡市とは大きな差がある。以上のような理由から福岡市の調査と対照させるためにここを選んだ。

アンケートによって得られたデータについては、まず、世帯属性を類型化し、類型化した世帯ごとにエネルギー消費への影響を調べた。次に、数量化理論第Ⅲ類を用いて、各家庭を「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャスゆとり型」、「エココンシャス型」の4つに類型化し、各分類型について、ライフスタイルとエネルギー消費の関係を分析した。また、環境配慮意識と周辺環境を説明変数、エネルギー消費を被説明変数として、多変量解析により各変数の関係を定量的に解析した。

2. アンケート調査の概要

福岡市、大野城市（福岡県）を対象として、市民の熱環境に対する意識と環境配慮意識、エネルギー消費量等について、アンケート調査を実施した。表1にその概要を示す。サンプル数は、有効回答数600（福岡市）、300（大野城市）を目標とし、回答率30%前後として設定した。サンプル法は、層別抽出法を用い、選挙人名簿を居住行政区・性別・年齢別に分けた上で、無作為抽出を行った。

質問項目は、回答者の属性、月別エネルギー消費（電気、ガス、灯油、水道、ガソリン）、周辺の熱環境、環境への配慮の主に4項目である。回答者の属性としては、住居形態、家族構成の他に、住居の市内における概略の位置等を質問した。エネルギー消費については、電気、都市ガスまたはプロパンガス、灯油について毎月の消費量（または支出金額）を記入してもらった。周辺の熱環境については、予め夏と冬の熱環境に対する主観的意識を説明する項目（表2）を示し、複数選択式によって、回答者の意識を調べた。

環境への配慮については、表3に示すように、「テレビや照明のつけっぱなしをしない」、「自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う」等の環境に配慮した行動を、どの程度意識して実行しているかを、「全く気にしていない」（1点）から「常に実行している」（4点）の4段階で回答してもらった。そして、総合点で各回答者の「環境配慮意識」を評価した。ここで、周辺の熱環境（表2）と環境への配慮（表3）に関する質問は回答者個人の意識を問う質問が多いが、今回の解析では、調査票の記入者が世帯を代表しているものと仮定し、各回答を世帯の意識とみなすことにした。そのため、本解析中の意識項目については、回答が最も多かった主婦層（全回答中45%）の意識を強く反映しているものと考えられる。

3. 世帯属性による類型化とエネルギー消費への影響分析

アンケート回収データに基づいて、各世帯をその属性によって類型化し、各属性ごとにエネルギー消費特性を見た。ここで取

表1 アンケート調査の概要

調査名	家庭生活とエネルギー消費に関する調査	
調査時期	平成8年12月20日～平成9年3月31日	
調査方法	配布、郵送回収	
調査地	大野城市	福岡市
配布数	1000	2200
回収数	269	585
回収率	27%	27%
調査概要	1. アンケートの趣旨説明 2. 回答者の属性 3. 家庭における月別エネルギー消費量 4. 周辺環境に対する意識 5. 環境配慮意識	

表2 周辺環境に対する意識に関する質問項目

	番号	質問項目
夏	夏-1	蒸し暑くて過ごしにくい
	夏-2	周辺に樹木が多いので過ごしやすい
	夏-3	コンクリートの照り返しが強い
	夏-4	あまり風が吹かず、過ごしにくい
	夏-5	海風が吹くので、過ごしやすい
	夏-6	そばに川が流れているので気持ちよい
冬	冬-1	比較的暖かくて過ごしやすい
	冬-2	夜は冷え込みが厳しく、過ごしにくい
	冬-3	海風が強くて、寒さが厳しい
	冬-4	周囲に住宅がないので、冷え込みが厳しい
	冬-5	市街地なので、冷え込みはそれほど厳しくない
	冬-6	ビル風が冷たい
	冬-7	内陸なので冷え込みが厳しい

表3 環境配慮意識に関する質問項目

質問項目	
1. テレビや照明はつけっぱなしにしない	9. 冷蔵庫の温度設定は控えている
2. 自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う	10. 商品の残り賞日は洗濯や掃除に利用している
3. はみがきや洗濯の時、水を出っぱなしにしない	11. ソーラーシステムや省エネ型家電製品など、環境にやさしい製品を取り入れるようにしている
4. エコマーク商品など地球にやさしい製品を選んで買う	12. 食材は無駄がないように計画的に購入している
5. 新聞紙、トレー、牛乳パック等はリサイクルに出している	13. スーパーに行くときは、買い物袋をもっていく
6. 壊れた商品も修理してなるべく長く使う	14. 自然とふれあう機会を持つように心がけている
7. 古い物をよるとき包装は廃棄してでももらう	15. 地球環境問題のニュースや記事はすんで見ている
8. ゴミは決められた分別方法で出している	
回答項目	
常に実行している →4点	気にはしているが実行していない →2点
時々実行している →3点	全く気にしていない →1点

り上げた属性は、世帯員数、住居面積、住居の種類(戸建住宅か集合住宅か)である。

表4に回答者全体の属性についての集計結果を示す。表4左に、従来の調査と比較するため、今回の調査の集計結果と文献値⁶⁾を示す。サンプル数の少ない欄については、かなり差がある部分もあるが、今回の調査と文献値は概ね一致した値となっている。

表4右は、調査結果を戸建住宅と集合住宅に分けて集計したものである。この住居形態によるエネルギー消費の違いを見ると、ほとんどの項目において、戸建住宅世帯の値の方が集合住宅世帯の値を上回っていることがわかる。そこで、住居形態別に、年収とエネルギー消費量の関係について散布図を作成した。これを図1に示す。年収とエネルギー消費の関係を見ると、戸建住宅世帯の方が集合住宅世帯よりもエネルギー消費の分布幅が広いことがわかる。このことより、戸建住宅世帯では、ここで取り上げた年収以外の項目、例えば住居周辺の熱環境条件や環境に対する意識等が、集合住宅世帯の場合よりも大きく影響しているものと推量される。

表4 エネルギー種別原単位集計結果

属性	世帯員数	(単位: Mcal/世帯・年)					(単位: Mcal/世帯・年)				
		電気	ガス	灯油	合計	サンプル数	戸建世帯	電気	ガス	灯油	合計
世帯員数	1人	H3世帯: 4,655 H3調査: 4,212	H3世帯: 3,661 H3調査: 3,684	H3世帯: 2,850 H3調査: 2,830	H3世帯: 11,166 H3調査: 10,726	373	H3世帯: 5,220 H3調査: 5,997	H3世帯: 3,549 H3調査: 3,641	H3世帯: 3,511 H3調査: 1,777	H3世帯: 12,280 H3調査: 9,415	180
	2人	H3世帯: 3,157 H3調査: 2,109	H3世帯: 3,890 H3調査: 826	H3世帯: 1,664 H3調査: 641	H3世帯: 7,111 H3調査: 3,576	40	H3世帯: 3,789 H3調査: 4,464	H3世帯: 3,873 H3調査: 1,115	H3世帯: 1,705 H3調査: 3,566	H3世帯: 9,368 H3調査: 6,146	24
	3人	H3世帯: 4,016 H3調査: 3,419	H3世帯: 2,942 H3調査: 3,450	H3世帯: 2,655 H3調査: 2,039	H3世帯: 9,613 H3調査: 8,908	102	H3世帯: 4,702 H3調査: 3,372	H3世帯: 2,913 H3調査: 3,042	H3世帯: 2,757 H3調査: 2,009	H3世帯: 10,372 H3調査: 8,423	49
	4人	H3世帯: 4,990 H3調査: 4,533	H3世帯: 3,731 H3調査: 3,652	H3世帯: 2,703 H3調査: 2,732	H3世帯: 11,424 H3調査: 11,017	90	H3世帯: 5,440 H3調査: 4,208	H3世帯: 3,795 H3調査: 3,631	H3世帯: 3,129 H3調査: 1,718	H3世帯: 12,363 H3調査: 9,557	57
	5人	H3世帯: 5,304 H3調査: 4,458	H3世帯: 4,182 H3調査: 4,727	H3世帯: 2,604 H3調査: 2,099	H3世帯: 12,090 H3調査: 11,285	92	H3世帯: 5,619 H3調査: 5,099	H3世帯: 3,611 H3調査: 4,493	H3世帯: 3,609 H3調査: 1,449	H3世帯: 12,938 H3調査: 11,041	36
	6人	H3世帯: 4,990 H3調査: 7,381	H3世帯: 4,623 H3調査: 5,780	H3世帯: 3,705 H3調査: 6,823	H3世帯: 13,318 H3調査: 20,986	32	H3世帯: 5,579 H3調査: 8,848	H3世帯: 3,464 H3調査: 5,680	H3世帯: 4,208 H3調査: 8,608	H3世帯: 13,251 H3調査: 21,135	13
	7人以上	H3世帯: 5,222 H3調査: 5,821	H3世帯: 4,741 H3調査: 2,049	H3世帯: 10,894 H3調査: 17,017	H3世帯: 20,857 H3調査: 24,887	3	H3世帯: 5,270 H3調査: 5,821	H3世帯: 3,270 H3調査: 2,049	H3世帯: 3,267 H3調査: 17,017	H3世帯: 10,762 H3調査: 24,887	3
	300万未満	H3世帯: 2,236 H3調査: 2,483	H3世帯: 2,229 H3調査: 2,855	H3世帯: 2,501 H3調査: 1,982	H3世帯: 7,965 H3調査: 7,321	36	H3世帯: 3,343 H3調査: 2,589	H3世帯: 2,222 H3調査: 1,833	H3世帯: 1,833 H3調査: 6,211	H3世帯: 7,398 H3調査: 6,211	15
	300万以上	H3世帯: 3,873 H3調査: 3,173	H3世帯: 3,004 H3調査: 3,649	H3世帯: 2,902 H3調査: 2,892	H3世帯: 9,880 H3調査: 9,714	70	H3世帯: 4,509 H3調査: 3,582	H3世帯: 2,806 H3調査: 3,058	H3世帯: 3,456 H3調査: 1,491	H3世帯: 10,771 H3調査: 7,782	34
	500万未満	H3世帯: 3,378 H3調査: 4,462	H3世帯: 3,743 H3調査: 4,042	H3世帯: 2,820 H3調査: 1,584	H3世帯: 10,441 H3調査: 10,088	34	H3世帯: 4,887 H3調査: 3,357	H3世帯: 4,074 H3調査: 3,720	H3世帯: 3,365 H3調査: 2,078	H3世帯: 12,306 H3調査: 9,135	13
住居面積	600万以上	H3世帯: 4,650 H3調査: 3,459	H3世帯: 3,893 H3調査: 4,792	H3世帯: 2,245 H3調査: 3,114	H3世帯: 10,788 H3調査: 11,365	56	H3世帯: 3,349 H3調査: 4,116	H3世帯: 4,077 H3調査: 3,686	H3世帯: 2,772 H3調査: 1,706	H3世帯: 12,197 H3調査: 9,508	23
	8000以上	H3世帯: 3,866 H3調査: 3,207	H3世帯: 3,811 H3調査: 3,649	H3世帯: 2,645 H3調査: 2,892	H3世帯: 13,422 H3調査: 11,748	43	H3世帯: 5,165 H3調査: 4,580	H3世帯: 2,799 H3調査: 4,207	H3世帯: 4,150 H3調査: 2,635	H3世帯: 13,114 H3調査: 11,422	23
	1000万未満	H3世帯: 5,335 H3調査: 5,002	H3世帯: 4,218 H3調査: 3,622	H3世帯: 3,284 H3調査: 4,135	H3世帯: 12,839 H3調査: 12,759	58	H3世帯: 5,370 H3調査: 4,462	H3世帯: 3,826 H3調査: 4,544	H3世帯: 4,391 H3調査: 1,676	H3世帯: 13,587 H3調査: 11,881	27
	1500万未満	H3世帯: 6,312 H3調査: 5,414	H3世帯: 4,738 H3調査: 5,134	H3世帯: 3,180 H3調査: 1,912	H3世帯: 14,229 H3調査: 12,460	13	H3世帯: 6,356 H3調査: 5,778	H3世帯: 4,764 H3調査: 4,580	H3世帯: 3,337 H3調査: 2,314	H3世帯: 14,457 H3調査: 12,673	12
	2000万未満	H3世帯: 7,496 H3調査: 7,496	H3世帯: 4,932 H3調査: 4,932	H3世帯: 3,845 H3調査: 3,845	H3世帯: 16,274 H3調査: 16,274	2	H3世帯: 7,496 H3調査: 7,496	H3世帯: 4,932 H3調査: 4,932	H3世帯: 3,845 H3調査: 3,845	H3世帯: 16,274 H3調査: 16,274	2
	30m未満	H3世帯: 2,689 H3調査: 2,175	H3世帯: 2,026 H3調査: 929	H3世帯: 1,635 H3調査: 0	H3世帯: 6,350 H3調査: 3,104	6	H3世帯: 3,403 H3調査: 2,207	H3世帯: 2,058 H3調査: 1,580	H3世帯: 1,213 H3調査: 0	H3世帯: 6,674 H3調査: 3,787	2
	30~49m ²	H3世帯: 3,130 H3調査: 2,022	H3世帯: 2,606 H3調査: 2,718	H3世帯: 2,014 H3調査: 1,538	H3世帯: 7,750 H3調査: 6,278	20	H3世帯: 2,776 H3調査: 3,260	H3世帯: 3,118 H3調査: 2,441	H3世帯: 2,246 H3調査: 1,849	H3世帯: 8,139 H3調査: 7,550	3
	50~69m ²	H3世帯: 3,896 H3調査: 2,989	H3世帯: 3,662 H3調査: 3,718	H3世帯: 1,853 H3調査: 1,440	H3世帯: 9,592 H3調査: 6,857	30	H3世帯: 4,823 H3調査: 3,594	H3世帯: 3,094 H3調査: 3,653	H3世帯: 2,723 H3調査: 3,28	H3世帯: 10,691 H3調査: 8,755	15
	70~99m ²	H3世帯: 4,626 H3調査: 4,678	H3世帯: 3,831 H3調査: 3,274	H3世帯: 2,384 H3調査: 2,047	H3世帯: 10,842 H3調査: 10,000	116	H3世帯: 5,453 H3調査: 4,744	H3世帯: 3,278 H3調査: 4,169	H3世帯: 2,671 H3調査: 1,888	H3世帯: 10,492 H3調査: 10,801	71
	100~149m ²	H3世帯: 5,181 H3調査: 4,732	H3世帯: 3,704 H3調査: 4,459	H3世帯: 3,088 H3調査: 3,528	H3世帯: 11,973 H3調査: 12,718	76	H3世帯: 5,437 H3調査: 4,952	H3世帯: 3,626 H3調査: 3,744	H3世帯: 3,359 H3調査: 1,262	H3世帯: 12,433 H3調査: 8,957	63
	150m ² 以上	H3世帯: 5,027 H3調査: 3,867	H3世帯: 3,753 H3調査: 5,156	H3世帯: 3,728 H3調査: 3,658	H3世帯: 12,501 H3調査: 12,681	92	H3世帯: 5,641 H3調査: 3,385	H3世帯: 3,817 H3調査: 3,190	H3世帯: 4,508 H3調査: 2,013	H3世帯: 19,960 H3調査: 8,386	64

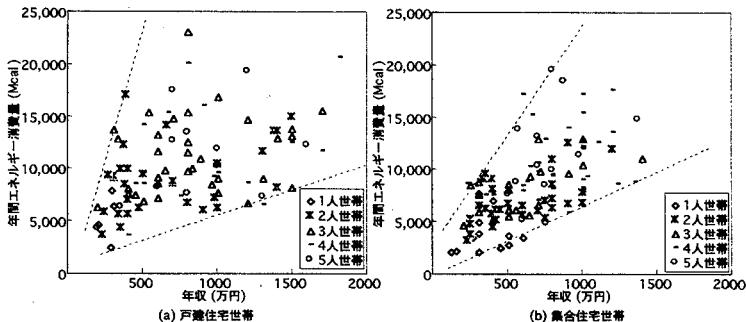


図1 属性値とエネルギー消費量(福岡市)

4. 熱環境に対する意識とエネルギー消費の関連

3. では、特に一戸建世帯について、年収等の世帯属性だけでは十分にエネルギー消費を説明しきれないことがわかった。そこで、環境に対する意識に注目しエネルギー消費との関連を調べた。

4. 1 居住地区の熱環境に対する意識とエネルギー消費

まず、冷暖房需要の面から、エネルギー消費に影響すると思われる居住地区周辺の熱環境に対する意識(表2の項目)とエネルギー消費の関係をみた。ここで、エネルギー消費量は、電気、都市ガス、プロパンガス、灯油の直接エネルギー消費量で、ガソリンは入っていない。表2の質問項目のうち、夏-3、夏-5、冬-6、冬-7について、該当する世帯と、そうでない世帯のエネルギー消費の年変化を図2に示す。ここでは、世帯人数による影響を考慮し、1人当たりのエネルギー消費量を分析することになっている。母数は405世帯で、各項目において該当する世帯と、そうでない世帯の分散に差はなく、その平均値の差は夏-3、夏-5、冬-6については危険率1%レベル、冬-7については危険率5%レベルで有意であった。

解析の結果、夏-3の「コンクリートの照り返しが強い」と回答した世帯の1人あたり年間消費量は3,770Mcal/人・年、そうでない世帯は3,520Mcal/人・年となり、その差は250Mcal/人・年となった。月

別に見ると、この質問項目に該当する世帯は、6月から9月の間、一人当たりのエネルギー消費量が2割ほど高いことがわかる。また、夏-5の「海風が吹くので過ごしやすい」と回答した世帯は3,650Mcal/人・年、そうでない世帯は3,010Mcal/人・年、その差は640Mcal/人・年となった。月別に見ると、この質問項目に該当する世帯は、そうでない世帯に比べて6月から9月の間、2～3割低くなっている。一方、冬については、冬-2の「夜は冷え込みが厳しく過ごしにくい」と回答した世帯は4,100Mcal/人・年、そうでない世帯は3,420Mcal/人・年、その差は680Mcal/人・年となった。この質問項目に該当する世帯は、特に11月～3月の間、一人当たりのエネルギー消費量

が2～3割ほど高かった。また、冬-7の「内陸なので冷え込みが厳しい」と回答した世帯は4,240Mcal/人・年、そうでない世帯は3,530Mcal/人・年、その差は710Mcal/人・年となった。この質問項目でも冬-2と同じように冬季においてエネルギー消費量が高くなる傾向を示した。

以上、何れのケースについても日常主観的に感じているローカルな熱環境条件とエネルギー消費との間には、かなり強い相関があることが示された。

4. 2 世帯の属性と環境への配慮意識による世帯の分類

次に、世帯の属性と環境への配慮意識の面からエネルギー消費の説明を試みた。ここで、エネルギー消費をその要因となる世帯の属性と環境への配慮意識で説明するためには、それぞれの相互関係を把握する必要がある

表5 類型化に用いたサンプル・カテゴリーとカテゴリースコア

	第1軸	第2軸		第1軸	第2軸		第1軸	第2軸
世帯属性	0.481	0.391	2. 自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う	-2.322	0.279	9. 冷暖房の温度設定は控えめにしている	-6.163	-0.299
カテゴリースコア			0 気にしていない	-0.149	0.756	0 気にしていない	-1.867	-1.176
rank世帯数			1 気にはしている	0.574	0.697	1 気にはしている	-0.358	0.487
1人	0.698	-3.338	2 時々実行している	0.579	-1.165	2 時々実行している	0.725	-0.123
2人～3人	-0.094	0.242	3 常に実行している	-0.296	0.769	3 常に実行している	-3.566	0.103
4人～5人	-0.117	0.379	0 気にしていない	-1.208	0.094	0 気にしていない	0.125	0.061
6人以上	0.328	2.180	1 気にはしている	-0.199	0.099	1 気にはしている	-0.048	0.453
rank世帯全体の年収			2 時々実行している	0.546	-0.103	2 時々実行している	0.343	-0.169
～400万	-0.048	-1.203	3 常に実行している	-2.871	-0.191	3 常に実行している	-2.946	0.273
400～600万	0.485	-1.594	0 気にしていない	-0.140	0.548	0 気にしていない	-0.011	-0.190
600～1000万	0.129	0.222	1 気にはしている	0.696	0.184	1 気にはしている	0.456	0.568
1000万～	-0.448	1.756	2 時々実行している	1.021	-0.993	2 時々実行している	1.324	-0.643
住居形態			3 常に実行している	-4.190	-0.976	3 常に実行している	-5.036	-0.174
一戸建て	0.257	2.266	0 気にしていない	-0.343	-0.560	0 気にしていない	-1.363	0.641
集合住宅	-0.272	-2.395	1 気にはしている	-0.040	0.312	1 気にはしている	0.124	0.091
住居構造			2 時々実行している	1.077	0.204	2 時々実行している	0.689	-0.227
木造	0.310	2.150	3 常に実行している	-5.116	-0.458	3 常に実行している	-2.259	0.277
鉄筋コンクリート	-0.307	-2.126	0 気にしていない	-0.424	-0.498	0 気にしていない	0.357	-0.128
rank築年数			1 気にはしている	0.127	0.608	1 気にはしている	1.010	0.130
～10年	-0.457	-0.278	2 時々実行している	0.954	-0.576	2 時々実行している	1.228	-0.478
10年～20年	0.269	-0.079	3 常に実行している	-3.966	0.179	3 常に実行している	-4.124	0.242
20年～30年	0.244	0.336	0 気にしていない	-0.557	0.623	0 気にしていない	-0.827	0.278
30年～	0.154	0.357	1 気にはしている	0.203	0.362	1 気にはしている	0.222	0.203
rank部屋数			2 時々実行している	1.166	-0.999	2 時々実行している	0.759	-0.520
1部屋	-0.277	-5.666	3 常に実行している	-1.236	4.349	3 常に実行している	-5.760	-1.919
2～3部屋	0.310	-2.923	0 気にしていない	-1.163	-1.289	0 気にしていない	-0.747	0.683
4～5部屋	-0.264	0.088	1 気にはしている	-0.541	1.244	1 気にはしている	0.298	0.310
6部屋以上	0.353	2.653	2 時々実行している	0.093	-0.129	2 時々実行している	0.981	-0.851
1. テレビや照明はつけっぱなしにしない			3 常に実行している			3 常に実行している		
0 気にしていない	-5.853	0.365						
1 気にはしている	-1.507	0.332						
2 時々実行している	-0.449	-0.301						
3 常に実行している	0.658	0.146						

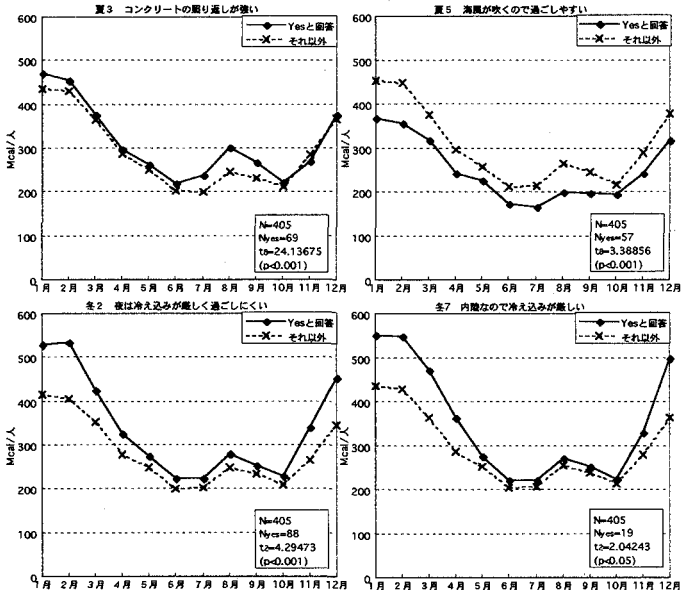


図2 周辺環境に対する意識とエネルギー消費量（福岡市）

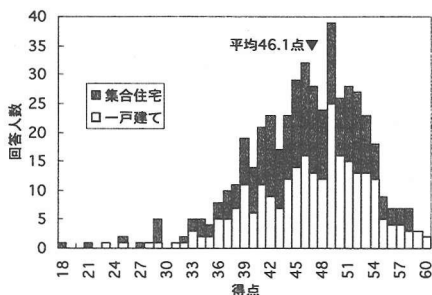


図3 環境配慮意識得点分布 (福岡市)

る。そこで、各関係について、数量化理論第III類により分類(類型化)することにした。環境への配慮意識については、2.で述べたように、表3に示した15項目を各4点満点の総合点で評価した。表5に、解析に用いた標本・アイテム・カテゴリー、解析より得られたカテゴリースコアを示す。なお、図3は、総合点の分布を示したものである。

最大固有値を有するカテゴリースコア(第一軸)に注目すると、環境への配慮意識に関する質問事項(表2)について、良い反応はプラス方向に大きな値をとっていることがわかる。逆に、悪い反応はマイナス方向に大きな値をとっている。従って、第1軸は世帯の環境への配慮意識のレベルを示すものと考えることができる。また第2軸を見ると、世帯の属性の中でも、「高所得」、「一戸建て」、「部屋が多数」といった生活の豊かさを表すカテゴリーが大きなスコアを占めている。従って第2軸は生活の豊かさを示すものと考えることができる。

図4は世帯ごとの類型化を視覚的に見るため、サンプルスコアを2次元グラフ上にプロットしたものである。図4の布置状況から、対象地域における各世帯を「エココンシャスゆとり型」(以下「ゆとり型」と呼ぶ)、「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャス型」の4つに類型化することにする。なお、軸付近のサンプルは特徴づけが難いため、この解析では第1軸、第2軸のサンプルスコアが絶対値で0.1未満の値は使用しなかった。このため有効サンプル数は、それぞれ100, 58, 55, 99であった。各類型の1世帯当たり平均人員は、それぞれ3.13, 3.07, 3.05, 2.96(人)であったが、平均値の差を検定した結果、統計的に有意差はみられなかった。そこで、以下では世帯当たりのエネルギー消費量に着目して分析することにする。

4.3 エネルギー消費形態における類型別比較

4.2で、世帯属性と環境配慮意識から各世帯の類型化を行ったが、この結果を使って各類型ごとのエネルギー消費実態を分析した。エネルギー消費の分析項目として、電気、ガス、灯油のそれぞれと、電気、ガス、灯油の総和の4項目についての月別消費量を用いた。各消費量は、調査地域の小売単価により物理量に換算し、直接発熱原単位を乗じてエネルギー消費量とした。以下に各項目の分析結果を示す。

(1) 電気消費量

図5(a)は、類型別の電気消費量を示したものである。類型とエネルギー消費の関係を見ると、エネルギー使用量は一年を通して、「無関心型」>「ゆとり型」>「生活優先型」>「エココンシャス型」の順で少なくなっている。電気使用量は、冷房のため夏季にピークがあるが、7月～9月の類型毎の使用量の合計に着目して、使用量の最も低い「エココンシャス型」と他の3類型との間の平均値の差を検定した。その結果、いずれの類型とも平均値に有意な差が出た。

各類型値の年間平均値と冷房ピーク月の差は、「無関心型」が最も多く、年間平均値456Mcal/月・世帯、冷房ピーク月(9月)では616Mcal/月・世帯、その差160Mcal/月・世帯であった。また、「無関心型」と同じ豊かさのレベルで環境配慮意識の高い「ゆとり型」は、年間平均値444Mcal/月・世帯、冷房ピーク月(9月)577Mcal/月・世帯、その差133Mcal/月・世帯であり、「無関心型」との差は27Mcal/月・世帯である。

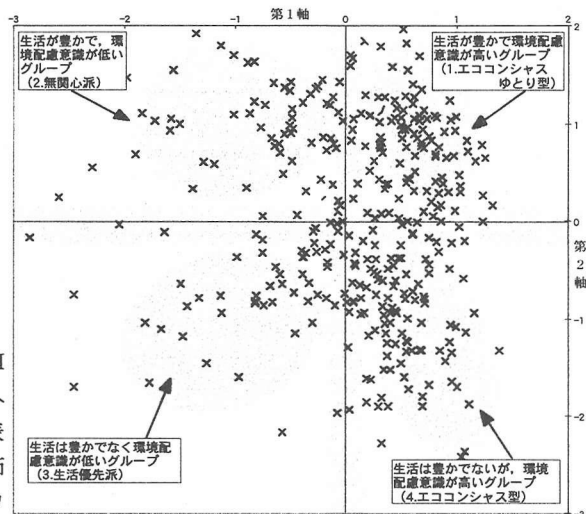


図4 類型化結果: サンプルスコアのプロット

同様に、「生活優先型」は年間平均値402Mcal/月・世帯、冷房ピーク月(8月)517Mcal/月・世帯、その差115Mcal/月・世帯である。また、「エココンシャス型」は年間平均値341Mcal/月・世帯、冷房ピーク月(8月)410Mcal/月・世帯、その差69Mcal/月・世帯となった。これら豊かさのレベルがほぼ等しい「生活優先型」と「エココンシャス型」の差は46Mcal/月・世帯となった。さらに、電力消費量の月差を積分すると「無関心型」と「ゆとり型」の差は年間135Mcal/月・世帯、「生活優先型」と「エココンシャス型」の差は年間737Mcal/月・世帯となり、豊かさのレベルが高くなればなるほど(豊かにいければなるほど)環境への配慮意識によるエネルギー消費の差は小さくなっている。

(2) ガス消費量

図5(b)は、類型別のガス消費量を示したものである。ガスの消費量は、電気の場合ほどには類型による違いが見られない。

(3) 灯油消費量

図5(c)は、類型別の灯油消費量を示したものである。灯油は、給湯に使用される以外は殆ど冬季の暖房に使われるものと思われる。冬季の暖房は、環境への配慮意識等と強く関連するものと予想されるが、解析結果からも電気消費量の場合と同様に、類型による差が明確に現れた。12月～2月の3カ月間の灯油消費量に着目して、類型毎に平均値の差を検定した。その結果、「ゆとり型」と「生活優先型」との間には有意な差が出たが、その他は、サンプル数不足のため良好な結果が得られなかった。「無関心型」の灯油消費量は、3,210Mcal/年・世帯、「ゆとり型」は2,890Mcal/年・世帯となり、その差は320Mcal/年・世帯であった。また、「生活優先型」の灯油消費量は2,120Mcal/年・世帯、「エココンシャス型」は1,510Mcal/年・世帯となり、その差は610Mcal/年・世帯であった。灯油の消費量も豊かさのレベルが高ければ、絶対量は多いが、意識によるエネルギー消費の差は小さくなることがわかる。

(4) エネルギー消費総量(電気+ガス+灯油)

図5(d)は、電気、ガス、灯油の月別の総和を示したものである。「無関心型」は12,300Mcal/年・世帯、「ゆとり型」は12,270Mcal/年・世帯と、ほぼ等しい値になった。また月別推移を見ると、年間を通してほぼ同じである。しかし、「生活優先型」と「エココンシャス型」の消費量については、前者が10,310Mcal/年・世帯、後者が8,950Mcal/年・世帯と、年間差を見ると1,360Mcal/年・世帯であり大きな差があることがわかる。

5. 世帯の属性、環境への配慮意識、周辺環境を被説明変数とした多変量解析によるエネルギー消費形態の解析

4. の解析によって、エネルギー消費は、世帯の属性の他に

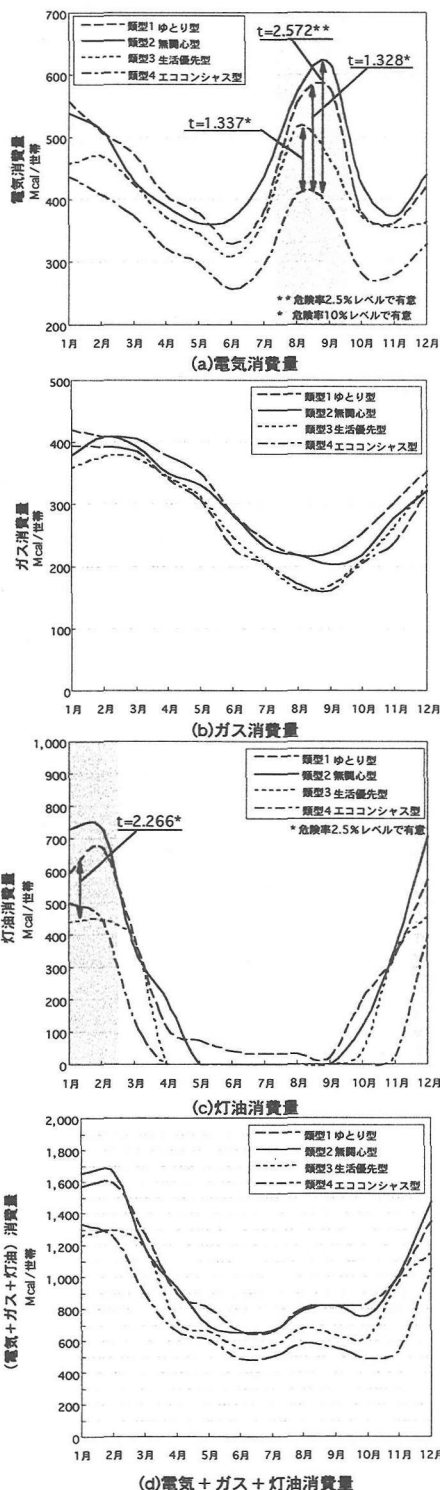


図5 類型別1世帯当たりの月別エネルギー消費

表6 重回帰分析により推定されたパラメータ

		戸建住宅世帯						集合住宅世帯						備考
		電気	ガス	灯油	電気	ガス	灯油	電気	ガス	灯油	電気	ガス	灯油	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
定数項	C (Mcal)	4843.65	4.961	4437.26	6.290	5724.30	4.812	2242.11	1.867	15036.37	4.652	2918.63	3.146	
家族数	A1 (人)	α_1 203.77	2.207	380.23	4.572	NA		354.71	2.905	363.76	3.426	420.78	3.049	
世帯年収	A2 (円)	α_2 237.11	3.344	NA		NA		395.89	4.768	268.79	3.659	NA		表4の分類
世帯面積	A3 (㎡)	α_3 487.20	5.194	NA		480.21	3.748	337.96	2.902	NA		NA		表4の分類
環境配慮意識	x (点)	β -83.99	-5.385	-44.20	-3.420	-107.96	-5.179	-32.22	-1.779	NA		-51.36	-2.679	60点満点
周辺環境	変1 y1 (ゴミ)	γ_1 NA		NA		NA		NA		NA		NA		変1=1, 非該当=0
	変2 y2 (車)	γ_2 NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変3 y3 (水)	γ_3 912.72	2.188	NA		NA		NA		NA		NA		"
	変4 y4 (木)	γ_4 NA		NA		-864.78	-2.008	NA		NA		NA		"
	変5 y5 (水)	γ_5 -932.05	-2.679	NA		NA		NA		NA		NA		"
	変6 y6 (水)	γ_6 NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変7 y7 (水)	γ_7 NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変8 y8 (水)	γ_8 NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変9 y9 (水)	γ_9 NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変10 y10 (水)	γ_{10} NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変11 y11 (水)	γ_{11} NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変12 y12 (水)	γ_{12} NA		NA		NA		NA		NA		NA		"
	変13 y13 (水)	γ_{13} NA		NA		1801.00	3.390	NA		NA		NA		"
サンプル数		221		164		112		163		148		65		
相関係数		0.643		0.459		0.644		0.554		0.492		0.449		
F値 (p値)		25.175 (p<0.0001)		21.448 (p<0.0001)		18.994 (p<0.0001)		17.474 (p<0.0001)		23.211 (p<0.0001)		7.815 (p<0.0009)		

N.A.: Not Adopted

居住地区周辺の熱環境に対する意識、環境への配慮意識と密接な関連を持っていることが示された。そこで、エネルギー消費の形態と世帯属性などの因子との関係を定量化するため重回帰分析を用いて解析した。

3. の解析結果からもわかるように、集合住宅の世帯と戸建住宅の世帯とでは、世帯の属性が類似していてもエネルギー消費の形態は大きく異なっている。そこで、多変量解析を行う前に、集合住宅と戸建住宅に分けて重回帰分析を行った。重回帰分析では、住居形態別のエネルギー種別消費量(E)を被説明変数として、世帯属性(A)、環境への配慮意識(x)、周辺環境に対する意識(y)の各項目を説明変数とし、以下の式をもとにステップワイズ法を用いて分析した。使用した変数及び、分析結果を表7に示す。

$$E = \sum_{k=1}^3 \alpha_k A_k + \beta x + \sum_{k=1}^{13} \gamma_k y_k + C \quad (1)$$

戸建住宅、集合住宅の両世帯グループについて、重回帰分析を行った結果、両者とも相関係数は0.45～0.64であった。この値は決して高いものではないが、得られた回帰式自体の統計的有意性の検定を、F検定により評価する。ここで、F値は、回帰式によって説明される1自由度あたりの変動と、回帰式によっては説明されない1自由度あたりの誤差変動との比で、大きいほど統計的に有意であることになる⁷⁾。各回帰式のF値は、有意水準0.01でのF分布の値を超えているので、各回帰式は有意と判断して良いものと考えられる。以下に、ステップワイズ法により選ばれた各変数とエネルギー消費との関連性について考察する。

(1) 属性とエネルギー消費

電気消費量については、家族数、年収、世帯面積とも有意な結果が得られた。例えば、家族数が1人増え年収が300万円から400万円に上昇すると、戸建住宅の世帯では年間441Mcalの増加があることがわかった。ガス消費量は家族数に主に依存していることがわかった。灯油は住居面積に依存しており、特に戸建住宅の世帯では、家族数や収入の如何に関わらず、家が広いほど消費量が多いという結果が得られた。

(2) 環境への配慮意識とエネルギー消費

環境への配慮意識が最も影響しているのは、戸建住宅の世帯の灯油消費量であった。環境への配慮意識が1ポイント上がると、年間108Mcalのエネルギー低減効果があることがわかる。環境への配慮意識の影響が見られなかったのは、唯一、集合住宅のガス消費量だけであった。

(3) 周辺の熱環境に対する意識とエネルギー消費

一戸建住宅のみ周辺環境との相関が見られ、集合住宅では相関は見られなかった。電気消費量については、「コンクリートの照り返しが強い」(夏-3)、「海風が吹くので気持ちよい」(夏-5)の2つの項目について有意であった。灯油については「内陸なので冷え込みが厳しい」(冬-7)の項目について有意であった。し

かし「あまり風が吹かず、過ごしにくい」(夏-4)の項目についても有意という結果がでているが、この理由についてはより詳細な調査によって解明する必要がある。

6. まとめ

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

福岡市、大野城市の2都市をケーススタディー対象としてアンケート調査を実施し、この調査結果をもとに、世帯属性、周辺の熱環境に対する意識、環境への配慮意識の面からエネルギー消費特性について分析した。世帯属性とエネルギー消費の解析では、特に一戸建の世帯について、世帯属性では説明できない他の要因がエネルギー消費に大きな影響を与えていることが明らかになった。住居地区周辺の熱環境に対する意識(感じ方)とエネルギー消費の解析では、例えば夏の場合、風が吹くかどうかによって過ごしやすさが異なればエネルギー消費が2~4割程度違ってくるということがわかった。

世帯属性及び環境への配慮意識とエネルギー消費の解析では、まず、数量化理論第III類によって世帯属性と環境への配慮意識から各世帯を「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャス型」、「エココンシャスゆとり型」の4つに類型化し、各類型ごとにエネルギー消費の特徴を調べた。その結果、類型によって、エネルギー消費量がかなり異なることがわかった。一例として、電気消費量は、「無関心型」>「ゆとり型」>「生活優先型」>「エココンシャス型」の順で一年を通して少なくなることがわかった。

次に、世帯属性、環境への配慮意識、周辺環境を説明変数とし、エネルギー消費を被説明変数とした重回帰分析による多変量解析を行った。世帯属性についての解析の結果、電気消費量、ガス、灯油の各消費に対して有意の因子を見出すことができた。また、環境への配慮意識について解析した結果、環境への配慮意識が最も影響しているのは、戸建住宅の世帯における灯油の消費量であることがわかった。また、集合住宅のガス消費量だけは、唯一、環境への配慮意識の影響が見られなかった。周辺の熱環境に対する意識についての解析では、戸建住宅では周辺環境との相関が見られたが、集合住宅では相関が見られなかった。

以上、本研究における各解析結果は、福岡市、大野城市の2都市のみを対象としたアンケート調査に基づくものであるが、我々の生活する住居の位置や周辺環境に対する意識、環境に対する意識が実際のエネルギー消費にどのように関係、或いは影響しているかを定量的に示したものであり、今後、両者の関係を探る上での手がかりになるものと思われる。

今後の課題としては、市民の主観によるデータだけでなく現地調査等に基づく客観的なデータを説明変数として導入し、両者を関係づけた上でエネルギー消費を説明することが必要である。また、民生部門における総合的なエネルギー消費モデルを構築するためには、都市熱環境だけではなく、交通の利便性や耐久消費財保有状況などにも着目することが必要である。

謝辞： アンケート調査に御協力して頂きました福岡市、大野城市の方々に、ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) 環境庁「平成8年度 環境白書」, pp37-45, 1996
- 2) 青柳みどり・森口祐一・近藤美則・清水浩「家計のエネルギー支出の特性について」エネルギー・資源, Vol16, No.6, 1995
- 3) 花木啓祐・一ノ瀬俊明「土木工学分野での都市熱環境研究の動向」都市熱環境に配慮したインフラストラクチャ整備に関する総合的研究, 平成6年度~8年度 科学研究費研究成果報告書, pp1-6, 1997
- 4) 守田優「都市のエネルギー消費と熱環境」同上, pp40-49, 1997
- 5) 大濱隆司・金子慎治・上野賢仁・井村秀文「三次元クロージャーマodelによる都市熱環境構造の解析-福岡市周辺地域への適用-」環境システム研究, Vol23, pp214-221, 1995
- 6) 日本エネルギー経済研究所「民生部門エネルギー消費実態調査調査」, 1994
- 7) 杉山高一「応用多変量解析」, インフォメーションサイエンス, pp24, 1986