

用途別エネルギー消費量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)

ENERGY CONSUMPTION FOR DIFFERENT USES IN DWELLING AND ITS ESTIMATION FORMULAS

Study of energy consumption in residential buildings from the viewpoint of life style, on the basis of national scale surveys Part 1

澤地孝男*¹, 坊垣和明*², 吉野博*³, 鈴木憲三*⁴, 赤林伸一*⁵,
井上隆*⁶, 大野秀夫*⁷, 松原斎樹*⁸, 林徹夫*⁹, 森田大*¹⁰
Takao SAWACHI, Kazuaki BOHGAKI, Hiroshi YOSHINO, Kenzo SUZUKI,
Shin-ichi AKABAYASHI, Takashi INOUE, Hideo OHNO, Naoki MATSUBARA,
Tetsuo HAYASHI and Dai MORITA

Related surveys were carried out in summer of 1992 and winter of 1993 on energy consumption, indoor climate and life style in residential buildings. Samples of the surveys consist of three types of residential buildings, i.e., detached houses, condominiums and apartments. They are located in eight city areas of broad climatic conditions. Life style factors were measured with questionnaires, indoor temperature was measured in each living room for at least a week with originally designed automatic temperature recorder, and energy consumption data other than that of kerosene was obtained from supply companies. The data of kerosene was obtained in the questionnaires. In this paper, actual energy consumption for different uses in thirty-nine residential building groups are estimated with the same procedure. Determinant factors of energy consumption for heating, cooling, domestic hot water, lighting etc. and cooking are analyzed, and as a result estimation formulas are obtained.

Keywords: energy consumption, life style, indoor climate, residential building, climatic condition, energy conservation

キーワード: エネルギー消費量、ライフスタイル、室内気候、住宅、気候条件、省エネルギー

1. はじめに

1970年代のエネルギー危機以来省エネルギー研究への取り組みが建築学分野においても続けられてきたが、近年にいたり地球温暖化防止が世界的な課題として強く認識されるようになり、わが国においても「住宅等建築物の断熱構造化」「自然エネルギーの利用」「二酸化炭素排出の少ないライフスタイルの実現」などの対策が建築関連分野で求められている。本研究では、気候風土の異なる広範囲の地域の住宅を対象として、生活時におけるエネルギー消費及び室内気候を中心とする物理的特性とライフスタイル(生活行動・意識)に関する多様な情報を収集した。この論文では、それらの実態データに基づき、まず、住宅における用途別エネルギー消費量の推計を行い、次にそれら用途別エネルギー消費量に影響

を有す要因の分析及び消費量推定式の導出を行った。

2. 調査方法

2.1 調査対象

調査地は札幌・仙台・新潟・東京・名古屋・京都・福岡・那覇の8都市域である。住戸形態・所有形態・立地に関して広範な対象を選択する意図から、集合住宅の4類型(都心立地型分譲、郊外立地型分譲、都心立地型賃貸、郊外立地型賃貸)に分譲戸建住宅を加えた5つ類型に該当する団地を8都市域において選定した。表1に調査対象の一覧を示す。団地コード22と23の団地を除いて、公的機関が分譲又は管理している団地である。アンケートの有効サンプル数は、夏期調査2169、冬期調査1675である。

2.2 調査項目

*¹ 建設省建築研究所 主任研究員・工博

*² 建設省建築研究所 室長

*³ 東北大学工学部建築学科 教授・工博

*⁴ 北海道工業大学建築工学科 教授・工博

*⁵ 新潟大学工学部建築学科 助教授・工博

*⁶ 東京理科大学理工学部建築学科 助教授・工博

*⁷ 椋山女学園大学生生活科学部生活環境学科 教授・工博

*⁸ 京都府立大学生生活科学部住居学科 助教授・工博

*⁹ 九州大学大学院総合理工学研究科 助教授・工博

*¹⁰ 琉球大学工学部環境建設工学科 教授・工博

Senior Researcher, Building Research Inst., Ministry of Construction, Dr. Eng.

Division Head, Building Research Inst., Ministry of Construction

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architectural Eng., Hokkaido Inst. of Technology, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Niigata Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Engineering, Science Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Human Environ. Sch. of Life Studies, Sugiyama Jogakuen Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Housing & Environ. Design, Fac. of Living Science, Kyoto Pref. Univ. Dr. Eng.

Assoc. Prof., Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture Engineering, Faculty of Engineering, Univ. of the Ryukyus, Dr. Eng.

調査項目を集約すれば次の1)～5)の項目となる。

1) 年間の各月電力・ガス・灯油・水道消費量

灯油以外は、エネルギー供給企業等への問い合わせを承諾する用紙に各戸で記入してもらい、その上で供給企業等に該当住戸のデータ提供を依頼した(一部地域では調査対象住戸へ消費データを郵送してもらい、それを回収した)。灯油消費量は夏冬のアンケート中で各戸に保存してある記録に基づき記入してもらったが、記入者が信頼性が不十分と申告したサンプルは分析より除外した。なお、エネルギー消費量の表現を1次エネルギー換算値とすべきか、2次エネルギー換算値とすべきかについては議論の別れる所であるが、最近の統計資料では後者を用いるものがやや多いようであるので、それにすることとした。しかしながら、1次エネルギー換算値を用いる資料もあるため、最も基本的と思われる結果(後出の表3)については1次エネルギー換算値による結果(表4)もあわせて示すこととした。2次エネルギー換算には、電力が860kcal/kwh、灯油が8900kcal/l、ガスについては種類により異なる標準熱量を用いた。電力の1次エネルギー換算には2250kcal/kwhを用いた。

2) エネルギー消費設備の使用状況

暖冷房機器の保有状況・使用期間・時間帯・場所、入浴・シャワーの季節別頻度をアンケートにて調べた。

3) ライフスタイルに関する項目

家族構成、収入、生活時間などをアンケートにて調べた。

次の4) 5)については本論文では扱わないがデータを得ている。

4) 主として居間の室温(夏冬各1週間程度連続測定)

5) 環境対応行動及び環境に関わる居住者の意識

2. 3 調査手法・期間

調査は、1992年7月から9月の期間(夏期調査)と1992年12月から1993年3月の期間(冬期調査)に実施された。原則として同一住戸に夏冬2回の調査を行った。アンケートの配布回収方法は、訪問し協力依頼留置きの後、数日後に訪問回収することを原則とした。分析に用いたエネルギー消費データは1992年1年間のものである。

3. 分析結果

3. 1 用途別のエネルギー消費量原単位

住宅におけるエネルギー消費量の用途別構成については、省エネルギー研究において極めて重要な意味を持っているにも関わらず、これまで算出手法まで含めて公開されているデータはほとんどなかったと言っても過言ではなからう。先駆的研究としては、勝田・村上・吉野の研究(1977)、尾島・増田の一連の研究(1976-1980)、が挙げられるほか、近年では中上・村越による統計資料(部分的に公開されている。例えば「省エネルギーハンドブック'93」(財)住宅・建築省エネルギー機構)が唯一の

手掛かりであるといった状況である。

本研究が採用した用途別エネルギー消費量の推計方法を表2に示す。所有機器の機種・容量・使用頻度をアンケートでたずね、エネルギー種別消費量を用途別に配分してゆく方法が従来採用されることが多いようであるが、アンケートの内容が極めて複雑になることが予想されたため、異なる方法を採用した。表3に用途別エネルギー消費原単位の算出結果を示す。表4には1次エネルギー

表1 調査対象団地の概要

都市域名 暖房度日 (18-18) 冷房度日 (24-24)	団地 コード	住宅形式	立地	有効サンプル数 アンケート調査		平均延床 面積 (m ²)	竣工年
				夏期	冬期		
				札幌 3,886 0	11 分譲戸建 郊外 41 26 12 分譲集合 都心 34 30 13 分譲集合 郊外 28 26 14 賃貸集合 都心 32 26 15 賃貸集合 郊外 28 25		
仙台 2,708 10	21 分譲戸建 郊外 33 27 22 分譲集合 都心 22 17 23 分譲集合 郊外 16 13 24 賃貸集合 都心 104 61 25 賃貸集合 郊外 66 50	不明 1986 71.4 1990 84.5 1991 68.1 1988 78.3 1987					
新潟 2,411 74	31 分譲戸建 郊外 64 58 32 分譲集合 都心 50 44 - 分譲集合 郊外 0 0 34 賃貸集合 都心 58 46 35 賃貸集合 郊外 60 50	109.6 1986 72.1 1985 - - 60.6 1985 61.9 1986					
東京 1,838 130	41 分譲戸建 郊外 57 40 42 分譲集合 都心 34 30 43 分譲集合 郊外 39 32 44 賃貸集合 都心 33 26 45 賃貸集合 郊外 39 30	111.5 1987 61.7 1985 75.3 1988 65.3 1989 65.8 1989					
名古屋 1,987 142	51 分譲戸建 郊外 47 40 52 分譲集合 都心 31 26 53 分譲集合 郊外 24 21 54 賃貸集合 都心 28 24 55 賃貸集合 郊外 24 18	117.2 1989 74.2 1988 79.5 1983 69.7 1989 65.8 1989					
京都 1,977 191	61 分譲戸建 郊外 59 52 62 分譲集合 都心 26 22 63 分譲集合 郊外 26 25 64 賃貸集合 都心 35 34 65 賃貸集合 郊外 29 28	107.3 1988 63.8 1980 92.9 1991 66.5 1989 63.6 1987					
福岡 1,671 197	71 分譲戸建 郊外 494 370 72 分譲集合 都心 17 14 73 分譲集合 郊外 209 155 74 賃貸集合 都心 26 24 75 賃貸集合 郊外 31 25	110.0 1985 68.0 1983 76.3 1988 66.5 1991 61.4 1988					
那覇 0 425	81 分譲戸建 郊外 60 49 82 分譲集合 都心 40 39 83 分譲集合 郊外 16 14 84 賃貸集合 都心 54 44 85 賃貸集合 郊外 55 52	80.0 1985 81.0 1990 79.0 1984 66.0 1985 64.0 1987					

一換算による用途別エネルギー消費原単位を示す。

3. 2 エネルギー消費原単位の影響要因

3. 2. 1 暖房エネルギー消費量

暖房エネルギー消費量は、戸建住宅と集合住宅とで顕著な相違を示したため、別々に分析した。住宅の床面積・家族人数など様々な変数との関係を調べたところ、最も影響力の大きいのは気候条件（暖房度日）であった。

図1と図2にその結果を示す。図中の回帰曲線（式(2)と式(3)）による予測の精度は良好といえる。

戸建住宅については（図1）、

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

（重相関係数 = 0.99）

集合住宅については（図2）、

$$y = 2.26 \cdot 10^{-11} \cdot x^4 - 1.01 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 0.748 \cdot x + 25 \quad \dots(3)$$

（重相関係数 = 0.91）

y：暖房エネルギー消費量（Mcal（2次エネルギー換算）/年）

x：暖房デグリーデー（18℃-18℃）

3000度日をやや下回る当たりでいずれの曲線も傾きも急に増しているが、このことは暖房形態がその近辺で不連続的に変化していることを示すものと考えられる。すなわち、間欠・部分暖房から連続・全室暖房への変化で

ある。暖房エネルギー消費量に及ぼす住宅床面積、家族人数、収入の諸要因の影響に関しては、各地域で複数団地（4又は3団地）のデータが得られている集合住宅についてのみ分析を行ったが、いずれの要因も暖房エネルギー消費量との明確な相関が見られなかった。今後、同じ地域でさらに他の団地を追加して調べるか、あるいは世帯単位の相関分析を行うことによって、検討する必要があると思われる。

3. 2. 2 冷房エネルギー消費量

図3と図4に各々、戸建住宅と集合住宅の冷房度日と冷房エネルギー消費量の相関を示す。これらの図は表3に示した原単位をプロットしたものであり、冷房設備を有無を問わずすべての住宅について平均した値を用いている。回帰曲線の式を(4)及び(5)に示すが、両者の関係ともほぼ直線関係にあるといってもよい。

戸建住宅については（図3）、

$$y = 1.12 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 + 0.621 \cdot x + 18 \quad \dots(4)$$

（重相関係数 = 0.94）

集合住宅については（図4）、

$$y = 1.91 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 + 0.798 \cdot x + 21 \quad \dots(5)$$

（重相関係数 = 0.78）

表2 用途別エネルギー消費量の推計方法

[1] ガスを暖房に使用しない住戸（ガス暖無）と灯油を暖房に使用しない住戸（灯油暖無）に着目し、両グループ別に以下のように用途別消費量を求め、それらの結果を用いて各団地毎に推計値を得る。ガス・灯油ともに暖房に使用する住戸も存在するがその割合は本推計結果の妥当性をゆるがすほどは大きくない。

[2] 推計の糸口は調理用ガスエネルギー消費量*である。今回の調査対象にはガスを調理用エネルギーのみに使用する団地（札幌・戸建住宅）が存在したので、そのデータに基づき次式のような推計式を得、これによって各団地毎の調理用エネルギー消費を推計した**。

$$y = 98 \cdot n_c + 112 \cdot \delta_1 + 250 \cdot \delta_2 + 570 \cdot \delta_3 + 293 \quad \dots(1)$$

（重相関係数 = 0.73）

y：調理用エネルギー消費量（Mcal/年）

n_c ：修正家族人数（10才未満の子を0.5人と勘定）

δ_1 ：健康維持のため注意している項目（選択肢）のうち、「朝食を必ずとるようにしている」を挙げた世帯は $\delta_1 = 1$ 、挙げなかった世帯は $\delta_1 = 0$ 。

δ_2 ：主婦が δ_2 も含めて職を有す世帯は $\delta_2 = 1$ 、無職の世帯は $\delta_2 = 0$ 。

δ_3 ：食事の支度でガスコンロを使用する時のエネルギーの使い方に関する三択肢のうち「どちらかと言えばふんだん」と回答した世帯は $\delta_3 = 1$ 、「どちらかと言えば節約的」又は「どちらとも言えない」と答えた世帯は $\delta_3 = 0$ 。

なお、 n_c 、 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 の各団地毎の平均値は以下の範囲にあった。 n_c :2.3~3.9、 δ_1 :0.53~0.96、 δ_2 :0.20~0.86、 δ_3 :0.03~0.24

[3] ガス暖房器具を使用しない住戸については以下のようにした。

- ガス消費量から調理用ガス消費量を差し引き給湯用エネルギー消費量とする。

- 電力消費の月変化及び、暖房期間・冷房期間の回答を参考に春秋

の中間月を特定し、中間月の電力消費量の平均値を照明及びコンセント用に消費される1月当たりの電力とした。その12ヶ月分を年間の照明等エネルギー消費量とした。さらに、暖房期間及び冷房期間に当たる月々の電力消費量の合計から両期間について推定された照明等電力消費量分を差し引いて暖房用電力消費及び冷房用電力消費を得た。

- 暖房用電力消費分に暖房用灯油消費分を加え、暖房エネルギー消費量とした。冷房エネルギー消費量は冷房用電力消費から得た。

[4] 灯油暖房器具を使用しない住戸については以下のようにした。

- ガスの月別消費量から、ガス暖房を使用しない住戸の月別消費量を差し引いて、暖房用ガス消費量とする。ただし、その際に両グループで非暖房期間のガス消費量の比較を行い、両者の比率を用いた補正を行う。

- 暖房用ガスを差し引いた残りのガス消費量から調理用ガス消費量を差し引いて給湯用ガス消費量を得、換算して給湯エネルギー消費量とする。

- 電力の分析は[3]第2項と同様に行い、暖房用電力消費に暖房用ガス消費を加えて、暖房エネルギー消費量を得る。

[5] ガス暖無グループの結果と灯油暖無グループの結果をサンプル数に応じて加重平均し、最終的な各団地毎の用途別エネルギー消費量を算出する。ただし、どちらかのグループの戸数が卓越している場合には、そのグループの値を団地の推計値とする。

* ここで調理用というのは厨房のガスコンロのためのエネルギー消費量を指す。したがって、電気釜・電子レンジ等の電気調理器具のエネルギー消費量は、調理用でなく照明等エネルギー消費量に含まれるものと考えられる。

** 本来ならば、調理用エネルギー消費量の地域差についても慎重に検討することが望ましいが、それについては今後の課題としたい。

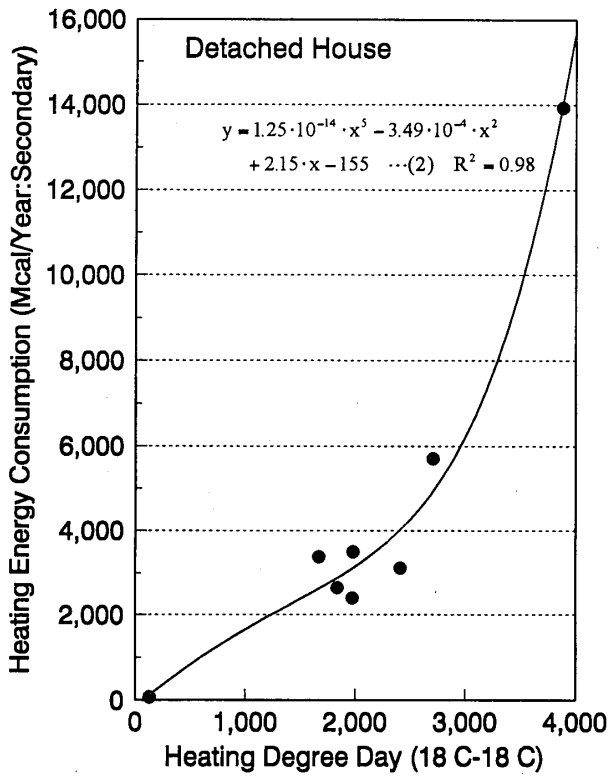


図1 暖房エネルギー消費量と暖房デグリデーの関係
戸建住宅

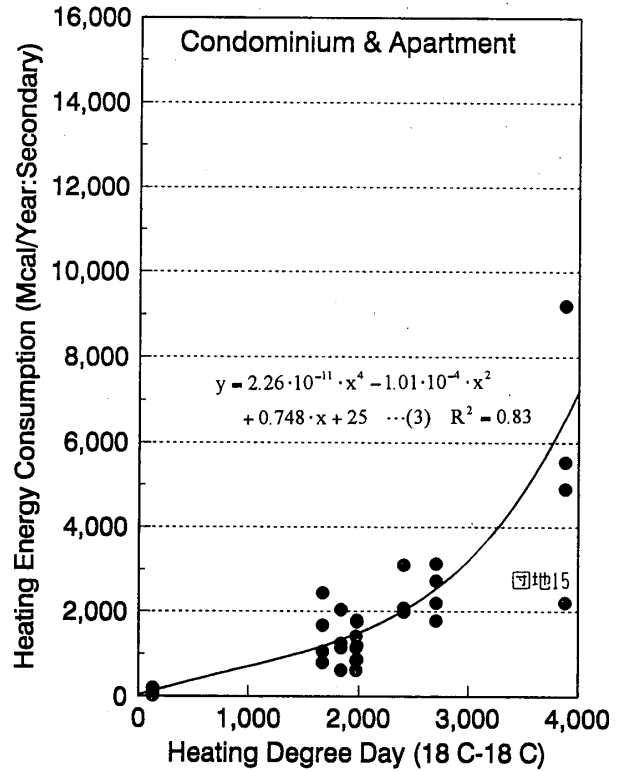


図2 暖房エネルギー消費量と暖房デグリデーの関係
集合住宅

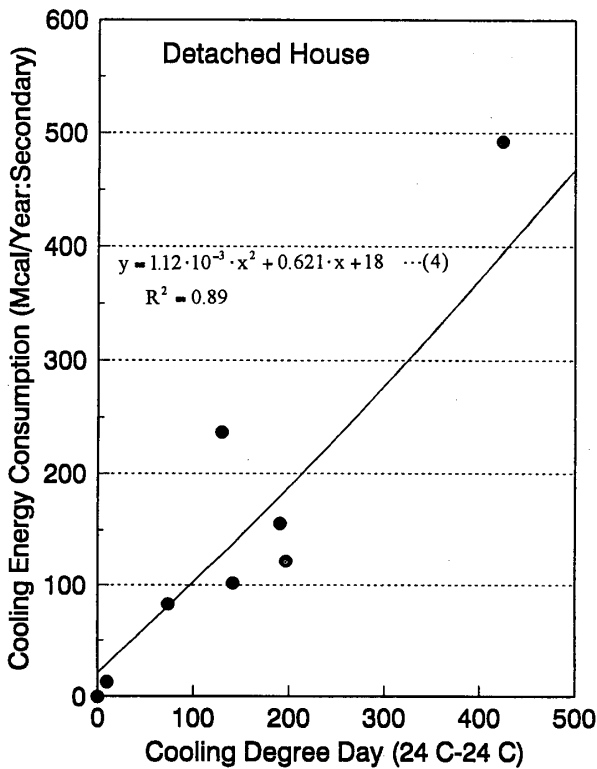


図3 冷房エネルギー消費量と冷房デグリデーの関係
戸建住宅

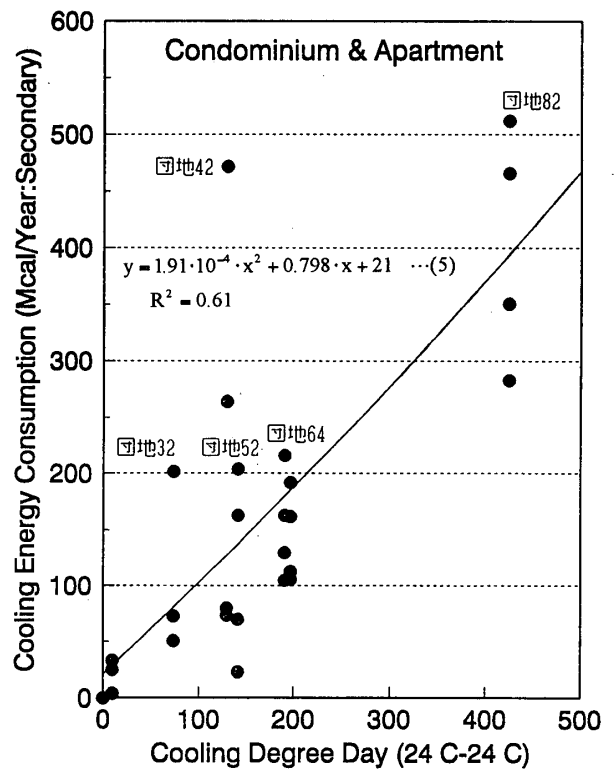


図4 冷房エネルギー消費量と冷房デグリデーの関係
集合住宅

y : 冷房エネルギー消費 (Mcal(2次エネルギー換算)/年)

x : 冷房デグリーデー (24°C-24°C)

また、冷房エネルギー消費量の場合は、戸建住宅と集合住宅の差はわずかである。床面積・収入・家族人数の諸要因と冷房エネルギー消費量の明確な相関は見られなかったが、暖房エネルギーの場合と同様にさらに検討の余地がある。

東京都心に立地する分譲集合住宅(団地コード42)における冷房エネルギー消費量が冷房デグリーデーでは那覇の3分の1以下であるにもかかわらず全国的に見ても最も多い団地のひとつとなっていることが注目される。

3. 2. 3 給湯エネルギー消費量

給湯エネルギー消費量に影響力を持つ要因としては、

図5に示すような家族規模(“修正家族人数”を新たに定義し用いる。10才未満の子供を0.5人と勘定して得られる家族人数であり、単なる家族人数よりも様々なエネルギー消費量をよく説明できる。)及び図6に示すような収入ランク(税込みの家族の年間収入:250万円未満(ランク1)・500万円未満(ランク2)・750万円未満(ランク3)・1000万円未満(ランク4)・1250万円未満(ランク5)・1500万円未満(ランク6)・1500万円以上(ランク7)とし、中央値をもって各団地の代表値とした)との明確な相関が見られた。それらの他にも、水道水温の影響、入浴・シャワーの頻度を考慮する必要があると考えられたので、次式(6)のような回帰式を仮定した。

$$y/n_c(t_1 - t_2) = ax_1 + bx_2 + cx_3 + d \dots(6)$$

表3 用途別エネルギー消費量推計結果一覧(2次エネルギー換算)

単位: Gcal(2次エネルギー換算)/世帯

都市名	団地コード	住宅形式・立地	用途別エネルギー消費量									合計	
			暖房		冷房		給湯		調理		照明他		
札幌	11	分譲戸建・郊外	13.94	61%	0.00	0%	5.45	24%	0.90	4%	2.47	11%	22.76
	12	分譲集合・都心	4.91	38%	0.00	0%	4.90	38%	0.81	6%	2.25	17%	12.86
	13	分譲集合・郊外	5.54	45%	0.00	0%	3.85	31%	0.93	7%	2.12	17%	12.44
	14	賃貸集合・都心	9.21	60%	0.00	0%	3.33	22%	0.92	6%	1.90	12%	15.36
	15	賃貸集合・郊外	2.21	32%	0.00	0%	2.31	34%	0.83	12%	1.52	22%	6.87
仙台	21	分譲戸建・郊外	5.71	36%	0.01	0%	6.01	38%	1.04	7%	3.04	19%	15.81
	22	分譲集合・都心	3.14	28%	0.00	0%	3.63	33%	0.87	8%	3.42	31%	11.07
	23	分譲集合・郊外	1.79	24%	0.03	0%	3.14	41%	0.79	10%	1.85	24%	7.60
	24	賃貸集合・都心	2.21	22%	0.00	0%	4.80	48%	0.89	9%	2.04	20%	9.94
	25	賃貸集合・郊外	2.73	28%	0.03	0%	4.34	45%	0.85	9%	1.65	17%	9.59
新潟	31	分譲戸建・郊外	3.12	25%	0.08	1%	5.72	47%	0.87	7%	2.47	20%	12.26
	32	分譲集合・都心	3.10	28%	0.20	2%	5.10	45%	0.92	8%	1.90	17%	11.23
	-	分譲集合・郊外	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	34	賃貸集合・都心	2.00	27%	0.05	1%	3.03	41%	0.88	12%	1.39	19%	7.36
	35	賃貸集合・郊外	2.09	27%	0.07	1%	3.10	40%	0.87	11%	1.64	21%	7.77
東京	41	分譲戸建・郊外	2.65	22%	0.24	2%	5.53	46%	0.93	8%	2.57	22%	11.91
	42	分譲集合・都心	1.25	10%	0.47	4%	6.58	54%	0.90	7%	2.98	24%	12.18
	43	分譲集合・郊外	1.15	13%	0.08	1%	4.28	49%	0.94	11%	2.22	26%	8.66
	44	賃貸集合・都心	0.63	7%	0.07	1%	4.71	56%	1.00	12%	2.03	24%	8.43
	45	賃貸集合・郊外	2.05	24%	0.26	3%	3.56	42%	0.80	10%	1.71	20%	8.38
名古屋	51	分譲戸建・郊外	3.50	29%	0.10	1%	5.09	42%	0.82	7%	2.72	22%	12.22
	52	分譲集合・都心	1.20	14%	0.20	2%	3.87	44%	0.88	10%	2.57	29%	8.71
	53	分譲集合・郊外	1.80	17%	0.02	0%	5.11	49%	0.96	9%	2.53	24%	10.42
	54	賃貸集合・都心	0.87	11%	0.07	1%	3.87	47%	0.94	11%	2.43	30%	8.18
	55	賃貸集合・郊外	1.75	22%	0.16	2%	3.43	43%	0.78	10%	1.86	23%	7.98
京都	61	分譲戸建・郊外	2.41	20%	0.16	1%	5.72	47%	1.03	8%	2.87	24%	12.19
	62	分譲集合・都心	0.63	8%	0.16	2%	3.68	48%	0.89	12%	2.31	30%	7.67
	63	分譲集合・郊外	1.15	13%	0.11	1%	4.36	48%	0.85	9%	2.54	28%	9.01
	64	賃貸集合・都心	1.42	18%	0.22	3%	3.23	41%	0.98	12%	2.09	26%	7.93
	65	賃貸集合・郊外	0.86	11%	0.13	2%	3.66	49%	0.79	10%	2.09	28%	7.52
福岡	71	分譲戸建・郊外	3.39	31%	0.12	1%	3.76	34%	0.93	8%	2.89	26%	11.09
	72	分譲集合・都心	0.81	10%	0.16	2%	3.26	42%	0.86	11%	2.64	34%	7.73
	73	分譲集合・郊外	1.06	12%	0.19	2%	4.09	46%	0.90	10%	2.68	30%	8.93
	74	賃貸集合・都心	1.68	22%	0.11	2%	3.00	40%	0.80	11%	1.90	25%	7.48
	75	賃貸集合・郊外	2.44	30%	0.11	1%	2.84	35%	0.88	11%	1.86	23%	8.13
那覇	81	分譲戸建・郊外	0.08	1%	0.49	6%	4.02	45%	1.24	14%	3.01	34%	8.83
	82	分譲集合・都心	0.10	1%	0.51	8%	2.37	35%	0.96	14%	2.76	41%	6.70
	83	分譲集合・郊外	0.11	1%	0.47	6%	3.57	45%	1.02	13%	2.76	35%	7.94
	84	賃貸集合・都心	0.03	0%	0.35	6%	2.57	42%	0.95	15%	2.26	37%	6.16
	85	賃貸集合・郊外	0.21	4%	0.28	5%	2.37	41%	0.92	16%	1.99	34%	5.77

* 団地15の暖房エネルギーは地域暖房熱購入量そのものである。また、団地15は外断熱が施され、他の団地(例えば団地14)と比較して明らかに優れた断熱性を有している。

y : 給湯エネルギー消費量 (Mcal(2次エネルギー-換算)/年)
 n_c : 修正家族人数(10才未満を0.5人とした家族人数)
 t_1 : 仮想給湯温度(40℃) t_2 : 年平均外気温(℃)
 x_1 : 年平均週間入浴回数(回/週・人)
 x_2 : 年平均週間シャワー回数(回/週・人)
 x_3 : 家族収入ランク

重回帰分析の結果、(7)式のような回帰式が得られた。

$$y = n_c(40 - t_2)(4.84 \cdot x_1 + 3.10 \cdot x_2 + 7.45 \cdot x_3 - 0.84) \dots(7)$$

(重相関係数 = 0.69)

(7)式による予測値と実態値の関係を図7に示す。

3.2.4 照明等エネルギー消費量

収入ランク及び修正家族人数との相関が明確に現れていた。床面積についても検討したが、影響力はほとんど

統計的には現れていない。そこで、その前2者の値を用いた重回帰式を求めたところ次式(8)のようになった。

$$y = 303 \cdot n_c + 450 \cdot x_3 + 53 \dots(8)$$

(重相関係数 = 0.69)

y : 照明等エネルギー消費量(Mcal(2次エネルギー-換算)/年)

(8)式による予測値と実態値との関係を図8に示す。標準偏回帰係数は、修正家族人数が0.55であるのに対して、収入ランクが0.38であるので、照明等エネルギー消費量については、修正家族人数のほうが収入に比してやや影響力が大きいようである。

3.2.5 調理エネルギー消費量

今回得られたデータでは、調理エネルギー消費量に関して全国的な分析を行うことは残念ながらできない。調

表4 用途別エネルギー消費量推計結果一覧(1次エネルギー換算)

単位: Gcal(1次エネルギー換算)/世帯

都市名	団地 コート	住宅形式・立地	用途別エネルギー消費量							合計			
			暖房		冷房		給湯	調理	照明他				
札幌	11	分譲戸建・郊外	14.50	53%	0.00	0%	5.45	20%	0.90	3%	6.48	24%	27.33
	12	分譲集合・都心	5.00	30%	0.00	0%	4.90	30%	0.81	5%	5.89	35%	16.59
	13	分譲集合・郊外	5.94	37%	0.00	0%	3.85	24%	0.93	6%	5.55	34%	16.27
	14	賃貸集合・都心	9.40	50%	0.00	0%	3.33	18%	0.92	5%	4.98	27%	18.63
	15	賃貸集合・郊外	2.23	24%	0.00	0%	2.31	25%	0.83	9%	3.98	43%	9.35
仙台	21	分譲戸建・郊外	6.43	30%	0.04	0%	6.01	28%	1.04	5%	7.95	37%	21.46
	22	分譲集合・都心	4.20	24%	0.01	0%	3.63	21%	0.87	5%	8.95	51%	17.67
	23	分譲集合・郊外	2.52	22%	0.09	1%	3.14	28%	0.79	7%	4.83	43%	11.37
	24	賃貸集合・都心	2.50	18%	0.01	0%	4.80	35%	0.89	7%	5.33	39%	13.53
	25	賃貸集合・郊外	3.01	24%	0.07	1%	4.34	34%	0.85	7%	4.33	34%	12.59
新潟	31	分譲戸建・郊外	3.94	23%	0.22	1%	5.72	33%	0.87	5%	6.48	38%	17.22
	32	分譲集合・都心	3.79	25%	0.53	3%	5.10	33%	0.92	6%	4.97	32%	15.31
	-	分譲集合・郊外	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	34	賃貸集合・都心	2.29	23%	0.13	1%	3.03	30%	0.88	9%	3.65	37%	9.99
	35	賃貸集合・郊外	2.24	21%	0.19	2%	3.10	29%	0.87	8%	4.31	40%	10.70
東京	41	分譲戸建・郊外	3.80	22%	0.62	4%	5.53	31%	0.93	5%	6.72	38%	17.59
	42	分譲集合・都心	1.72	9%	1.24	7%	6.58	36%	0.90	5%	7.80	43%	18.24
	43	分譲集合・郊外	1.71	13%	0.21	2%	4.28	33%	0.94	7%	5.81	45%	12.94
	44	賃貸集合・都心	1.33	11%	0.20	2%	4.71	38%	1.00	8%	5.31	42%	12.53
	45	賃貸集合・郊外	2.56	21%	0.69	6%	3.56	29%	0.80	7%	4.47	37%	12.08
名古屋	51	分譲戸建・郊外	3.96	23%	0.27	2%	5.09	29%	0.82	5%	7.11	41%	17.24
	52	分譲集合・都心	1.69	12%	0.53	4%	3.87	28%	0.88	6%	6.72	49%	13.69
	53	分譲集合・郊外	2.23	15%	0.06	0%	5.11	34%	0.96	6%	6.62	44%	14.97
	54	賃貸集合・都心	1.07	9%	0.19	1%	3.87	31%	0.94	8%	6.36	51%	12.42
	55	賃貸集合・郊外	2.18	19%	0.43	4%	3.43	29%	0.78	7%	4.87	42%	11.68
京都	61	分譲戸建・郊外	3.25	18%	0.41	2%	5.72	32%	1.03	6%	7.52	42%	17.93
	62	分譲集合・都心	1.28	10%	0.43	3%	3.68	30%	0.89	7%	6.06	49%	12.34
	63	分譲集合・郊外	1.73	12%	0.28	2%	4.36	31%	0.85	6%	6.66	48%	13.87
	64	賃貸集合・都心	2.05	17%	0.57	5%	3.23	26%	0.98	8%	5.47	44%	12.29
	65	賃貸集合・郊外	1.33	11%	0.34	3%	3.66	32%	0.79	7%	5.47	47%	11.59
福岡	71	分譲戸建・郊外	3.95	24%	0.32	2%	3.76	23%	0.93	6%	7.57	46%	16.53
	72	分譲集合・都心	1.06	8%	0.42	3%	3.26	26%	0.86	7%	6.90	55%	12.51
	73	分譲集合・郊外	1.57	11%	0.50	4%	4.09	29%	0.90	6%	7.02	50%	14.08
	74	賃貸集合・都心	1.84	17%	0.30	3%	3.00	27%	0.80	7%	4.97	46%	10.90
	75	賃貸集合・郊外	2.69	23%	0.28	2%	2.84	25%	0.88	8%	4.87	42%	11.56
那覇	81	分譲戸建・郊外	0.20	1%	1.29	9%	4.02	27%	1.24	8%	7.88	54%	14.63
	82	分譲集合・都心	0.24	2%	1.34	11%	2.37	20%	0.96	8%	7.22	60%	12.13
	83	分譲集合・郊外	0.29	2%	1.22	9%	3.57	27%	1.02	8%	7.24	54%	13.34
	84	賃貸集合・都心	0.04	0%	0.92	9%	2.57	25%	0.95	9%	5.93	57%	10.40
	85	賃貸集合・郊外	0.33	3%	0.74	8%	2.37	25%	0.92	10%	5.21	54%	9.57

* 団地15の暖房エネルギーは地域暖房熱購入量そのものである。また、団地15は外断熱が施され、他の団地(例えば団地14)と比較して明らかに優れた断熱性を有している。

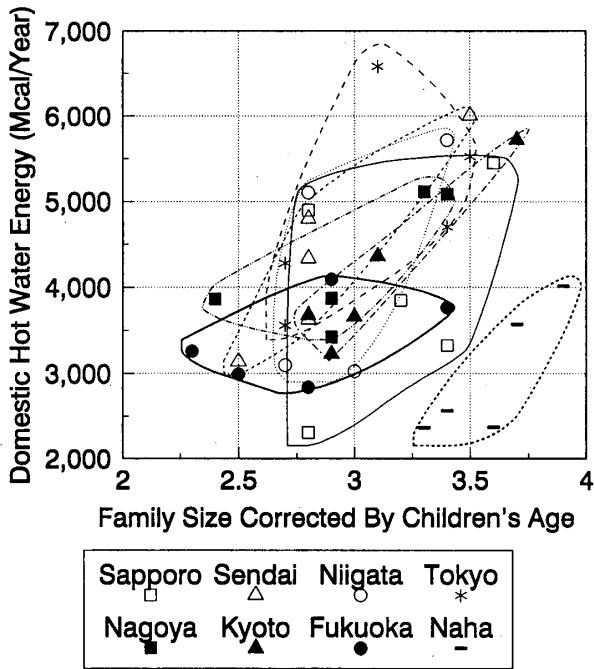


図5 給湯エネルギー消費量と修正家族人数の関係
都市域別に両者の関連性を見ることができる

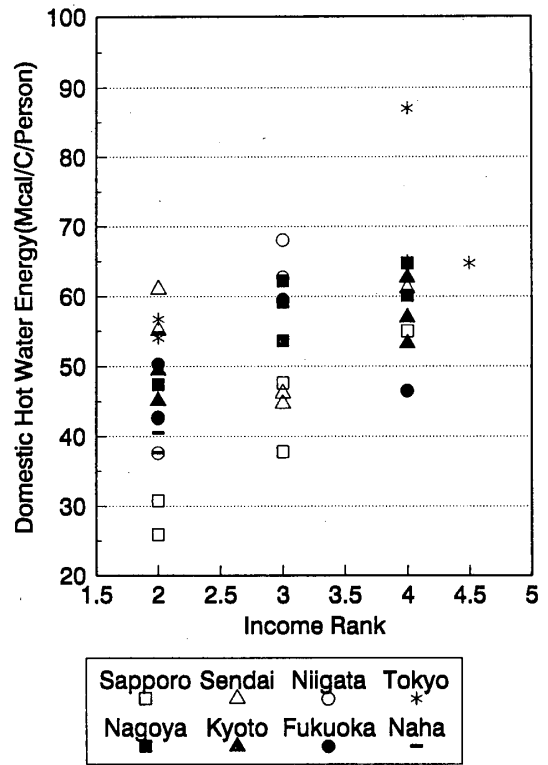


図6 給湯エネルギー消費量と家族収入ランクの関係

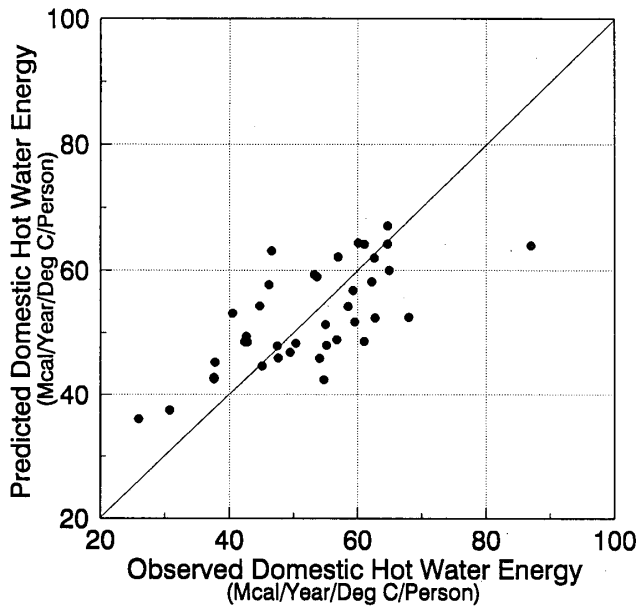


図7 給湯エネルギー消費量の予測値と実態値の関係

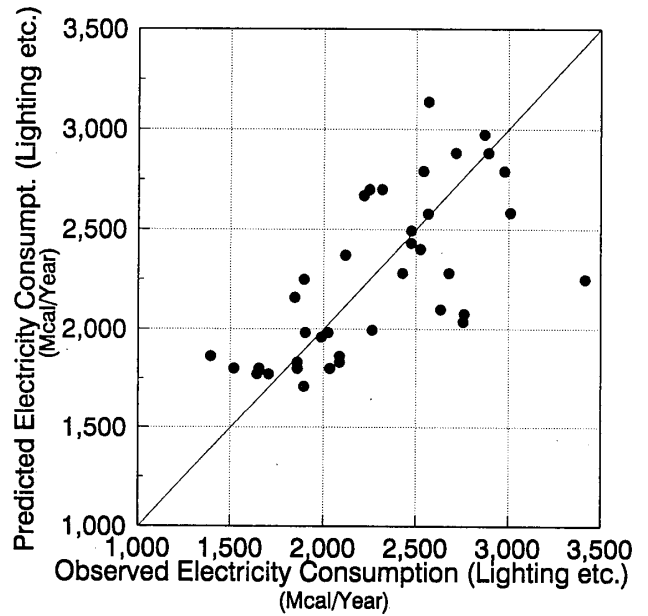


図8 照明等エネルギー消費量の予測値と実態値の関係

理エネルギー消費量を分離できた1つの団地のみから得られた関係式は表2中の式(1)に示されている。

4. 考察

4.1 暖房/冷房エネルギー消費量

札幌程度の寒冷地のデータを将来追加することによってはっきりするだろうが、4000度日以上では再び暖房度日と暖房エネルギー消費量との間に直線関係が現れ、その直線は今回の仙台以南のデータが示す直線よりも上の方に位置するものとなることが予想される。ただし、3000から4000度日の地域における住宅の暖房エネルギー消費量が、仙台以南のデータが示す直線関係にののか、4000度日以上の寒冷地と同じ傾向を示すのか、あるいは式(2)及び式(3)の曲線上にののか、について明確にするためには、さらに3000から4000度日の地域のデータを必要としている。したがって、暖房エネルギー消費量を推計するための(2)(3)式の適用は、3000度日以下かあるいは4000度日程度の地域に限るべきである。札幌など寒冷地と仙台以南地域との間の、そうした相違は暖房習慣の相違を反映したものであると考えられる。

暖房機器としてヒートポンプが多用されている団地では、2次エネルギー換算した暖房エネルギー消費量が小さく算出される傾向がある点には留意が必要である。例えば団地コード44、54、62といった団地である。

冷房エネルギー消費量は、那覇を除く地域のすべての団地について、暖房エネルギー消費量に比べると小さい(2次エネルギー換算値での比較)。従来の統計資料を参照しても、冷房エネルギー消費が家庭におけるエネルギー消費全体の中ではわずかな割合しか占めていない。しかし、分譲都心立地型の集合住宅についての結果をみると、冷房エネルギー消費の暖房エネルギー消費に対する比率は、東京(0.38)、名古屋(0.17)、京都(0.26)、福岡(0.20)というように、東京以南の分譲都心立地型集合住宅ではこれまでの統計情報に見られない冷房エネルギー消費量の多さを示している。この原因としては、騒音等に起因する通風確保の困難さや微気候変化としての気温上昇という都心部独特の条件が考えられ、今後、本来は室内環境質を支えるべき外部環境質が悪化した場合に予想される、こうした冷房エネルギー消費増加への対策が必要であることを裏付けている。

4.2 給湯エネルギー消費量

給湯は、札幌を除くほとんどすべての団地において、用途の5分類の中で最も大きな割合を占めるエネルギー消費用途である。そのことは戸建住宅と集合住宅の区別を問わないではまる。本研究における調査の対象が、比較的新しく、かつ公的機関が建設に関与しているために省エネルギー基準を満足する住宅がほとんどであると考えられるので、こうした事実が既存の住宅全体に該当するとは言えないが、給湯エネルギー消費が今後の省

エネルギー対策において冷房エネルギーとともに特に課題となってくることが予想される。

4.3 照明等エネルギー消費量

照明等という電力の用途の中に含まれるものとしては照明器具のほかに、冷蔵庫・テレビやオーディオ・炊飯器などの調理機器・洗濯機・衣類や食器の乾燥機・換気設備などが挙げられる。他の用途のエネルギー消費に比べて、照明等エネルギー消費量は収入ランクとの関係が強い傾向が見られた。収入ランクが上がるとともに電化製品の種類が増し、それとともに同じ用途の電化製品でも消費電力の大きいものが使用される傾向があるからであろう。消費電力の大きい機器(大型テレビ・食器乾燥機・衣類乾燥機・大型冷凍冷蔵庫)の保有率と収入との関係を検討した結果からそのことが裏付けられている。

5. おわりに

本論文では、8都市域に所在する39団地について、用途別エネルギー消費量の推定を、同一時期に同一の方法で行い、エネルギー消費原単位を明らかにするとともに、各用途エネルギー消費量毎に説明要因の検討を行い、推定式を作成した。これによって、地域、居住者属性、住戸形態によって変わる、住宅エネルギー消費のおおまかな構成を知り得る有効な方法を示すことができたのではないかと考える。続報においては、室温、アンケート、水消費量のデータを加えて、ライフスタイルとエネルギー消費量との関係についてさらに詳細な分析を行う計画である。

謝辞

本研究に関わる調査を行うに際し、アンケートにご協力頂いた居住者及び団地関係者の皆様に厚く感謝申し上げます。また、調査対象団地を選定するに際しご協力頂いた関係各機関の皆様及び、エネルギー消費等データの作成にご協力頂いた電力・ガス・水道供給主体の関係者各位に深く謝意を表します。最後に、本研究は環境庁地球環境研究総合推進費によっていることを記し、環境庁関係各位に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 勝田高司・村上周三・吉野 博：住宅設備の性能評価に関する研究—主としてエネルギー消費と住い方の観点から—、東京大学生産技術研究所報告26巻3号、1977年3月
- 2) 尾島俊雄・増田康広：住宅におけるエネルギー消費の実態調査、空気調和・衛生工学会論文集No. 12、1980年2月
- 3) (財)住宅・建築省エネルギー機構：省エネルギーハンドブック'93、pp372-373

(1994年2月10日原稿受理、1994年6月22日採用決定)