

# 住宅におけるエネルギー消費量と住まい方に関する実態調査

新潟市におけるエネルギー需要構造に関する研究 その1

SURVEY ON LIVING-STYLE AND ENERGY CONSUMPTION IN HOUSES

Study on the construction of energy consumption in Niigata-city Part 1

足立直之\*, 赤林伸一\*\*, 吉野 博\*\*\*, 真保聡裕\*,

坊垣和明\*\*\*\*, 澤地孝男\*\*\*\*\*

Naoyuki ADACHI, Shin-ichi AKABAYASHI, Hiroshi YOSHINO, Akihiro SHINBO

Kazuaki BOUGAKI and Takao SAWACHI

In this study, living-style and energy consumption of houses in Niigata city are analyzed by questionnaire survey. And also indoor temperature is measured in each living room for a week. The results of the questionnaire survey, the quantity of energy consumption, and the results of the analysis by multiple regression method, are as follows. (1)The quantity of energy consumption of houses in Niigata city is obtained. (2)The quantity of electricity consumption is effected by the shelter efficiency, the number of persons in a family, the building area, and the income. (3)The quantity of gas consumption is effected by the number of heating apparatuses, the number of persons in a family, and the shelter efficiency. (4)The quantity of oil consumption is effected by the shelter efficiency, the time of heating, and the building area.

**Keywords:** houses, energy consumption, living-style, multiple regression analysis

住宅 エネルギー消費 住まい方 重回帰分析

## 1 研究目的

近年、地球温暖化現象等の地球環境問題に対する関心の高まりや化石燃料の枯渇問題が大きくクローズアップされ、一方では、民生用エネルギー需要が著しく増加していることから、エネルギー供給政策転換の必要性が叫ばれている。この問題解決には、エネルギー消費を節約する住まい方を模索する「省エネルギー」と、これまで活用されていなかった都市廃熱や下水、河川水等のエネルギーを活用しようとする「未利用エネルギー活用」が考えられる。ただし、両者は、それぞれ単独で推進するのではなく、車の両輪のように同時に推進していかなければ、大きな省エネルギー効果は期待できない。ところで、首都圏を対象とした熱需要調査や未利用エネルギーの賦存量に関しては多くの調査が実施されており、建物用途別熱需要原単位等の基礎資料の蓄積がなされ、蓄積された基礎資料に基づき地域熱供給事業が導入され、省エネルギーや地球環

境保全の面から大きな成果をあげている。しかし、首都圏や大阪等の大都市圏を除くいわゆる地方都市においては、建物用途別熱需要原単位の把握や熱需要構造に関する調査はほとんど行われていないのが現状である。環境保全や省エネルギーにとって、首都圏や大阪等の大都市圏のみを対象とした調査だけではなく、地方都市を対象とする調査研究も重要な課題といえる。気候特性や風土の異なる地方都市の熱需要構造の調査により、日本における民生用エネルギー需要の省エネルギー及び環境保全効果の具体的な試算が可能になると考えられる。首都圏を除く地方都市の熱需要に関する研究では、福岡市のエネルギー需要に関する調査解析(注1)があるが、夏は暑く冬は積雪の多い日本海側の都市部に関する研究例は殆どないのが現状である。本研究の調査対象都市として、地域熱供給事業導入の可能性、省エネルギー効果及び環境保全効果が期待できる一定規模の人口集中及び産業集積が見られる「新

\* 新潟大学 大学院生

\*\* 新潟大学工学部建設学科 助教授・工博

\*\*\* 東北大学工学部建築学科 教授・工博

\*\*\*\* 建設省建築研究所 室長

\*\*\*\*\* 建設省建築研究所 主任研究員・工博

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

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

Division Head, Building Research Inst., Ministry of Construction

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

潟市」を選定する。

このような点を鑑み、本研究は、新潟市におけるエネルギー需要の実態を明らかにし、「省エネルギー」と「未利用エネルギー活用」の可能性を検討するための以下に示す基礎資料の蓄積を目的とする。①新潟市における住宅用エネルギー消費と住まい方に関する調査を実施し、住まい方の実態とエネルギー消費量原単位を求める。②事業所ビルの実態調査を実施し、熱源システムと建物用途別エネルギー消費量原単位を求めるとともに、河川水等の未利用エネルギーの賦存状況を明らかにする。③求めた建物用途別エネルギー消費量原単位に基づき新潟市のエネルギー需要マップを作成し、新潟市におけるエネルギー需要構造及び未利用エネルギー活用に関する検討を行う。本報（その1）では、新潟市の住宅におけるエネルギー消費と住まい方に関する調査結果について報告する。家庭用エネルギーは、生活の質やパターン、住まい方の変化等によって増大しており（注2）、地球環境に大きな影響を及ぼすと考えられ、家庭における省エネルギーシステムの開発や住まい方のあり方等についての検討は極めて重要な課題といえる。一方、快適な住環境に対する要求も強く、快適性の向上とエネルギー消費量の削減が両立するシステムの開発が求められている。このような状況を鑑み、夏季、冬季の住まい方についてのアンケート調査、居間の室温調査及びエネルギー消費量の調査を行い、夏季、冬季の住まい方の実態及びエネルギー消費量原単位を把握するとともにエネルギー消費の要因分析を行い、住宅用エネルギー消費構造解明の為の基礎資料を蓄積する。

## 2 調査概要

### 2.1 アンケート調査の概要

自然や地球環境に対する意識、省エネルギーに対する関心、冷暖房・給湯・照明設備・電化製品保有状況及び使用状況、年収や住戸属性等の住まい方に関する基礎的資料の把握を目的として、夏季と冬季の2回アンケート調査を実施する。

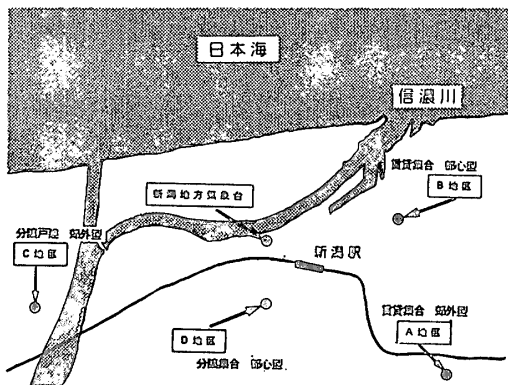


図1 調査対象地区の位置

夏季と冬季アンケート調査の対象住戸数と回収率を表1に示す。調査対象住戸の選定に際しては、都心型・郊外型、集合住宅・戸建住宅、賃貸・分譲等の要素を考慮し新潟市内の4地区の団地を対象とする。4地区の団地の位置を図1に示す。夏季アンケート調査は、配布戸数314戸に対し回収数は232戸、回収率は約74%であった。また、冬季アンケート調査は、夏季アンケートが回収できた住戸のうち、冬季調査に対して同意が得られた214戸に配布した。回収数は198戸であり、回収率は約93%であった。

アンケート調査は留置で行い、調査票配布の1週間後に各住戸を訪問して回収する。夏季アンケート調査は、平成4年7月19、20日に各住戸に調査票を配布し、7月25日、26日に回収した。冬季アンケート調査は、平成4年12月12、13日に調査票を配布し12月20、21日に回収した。

表1 アンケート調査対象住戸数と回収率

地区名	夏季アンケート			冬季アンケート			住戸分類
	配布戸数	回収戸数	回収率(%)	配布戸数	回収戸数	回収率(%)	
A地区	82	60	73.1	57	50	87.7	賃貸集合 郊外型
B地区	93	58	62.4	52	46	88.5	賃貸集合 都心型
C地区	74	64	86.5	60	58	96.7	分譲戸建 郊外型
D地区	65	50	76.9	45	44	97.8	分譲集合 都心型
合計	314	232	73.9	214	198	92.5	

表2 アンケート調査内容

夏季アンケートの内容	冬季アンケートの内容
地球環境に対する意識	暖房期間・暖房時間帯
冷房期間・冷房時間帯	暖房機器の保有状況
冷房機器の保有状況	暖房機器の使用状況
冷房機器の使用状況	冬季の住まい方
夏季の住まい方	消費エネルギーに対する負担感
消費エネルギーに対する負担感	暖房に対する意識
冷房に対する意識	生活時間や一家団らんについて
世帯属性、年収	結露について

表3 調査対象住戸の属性

地区名	竣工年度	階数	広さ	平均床面積(m <sup>2</sup> )	平均家族数	平均世帯数(戸)
A地区	昭和61年	3	3DK	58.5	1.93	32.7
B地区	昭和60年	5	4DK	61.8	3.3	31.4
C地区	昭和60年	2	4~5DK	108.5	3.6	37.8
D地区	昭和60年	7	3~4LDK	71.7	3.1	38.8

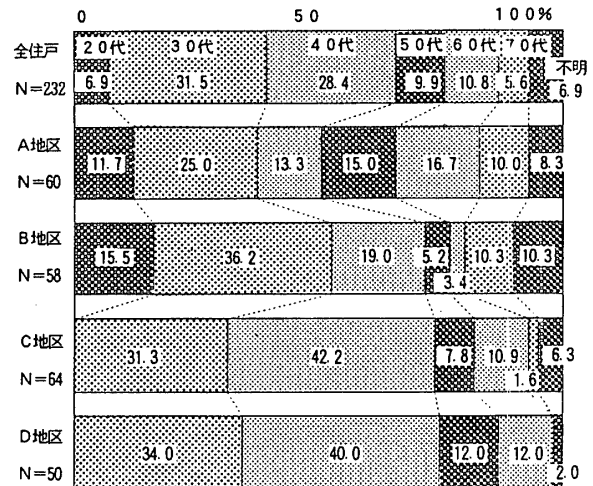


図2 世帯主の年齢層

アンケート調査内容を表2に示す。夏季アンケート調査は、家族人数や年齢、年間収入等の住戸属性や地球環境及び身近な周辺環境に対する意識、冷房期間、冷房機器の保有状況と使用状況、エネルギー消費の負担感、夏季の住まい方等であり、冬季アンケート調査は、暖房期間、暖房機器の保有状況と使用状況、エネルギー消費の負担感、冬季の住まい方等である。

調査対象住戸の属性を表3に示す。A地区は県営の郊外型賃貸集合住宅であり、B地区は市営の都心型賃貸集合住宅である。C地区は県住宅供給公社による郊外型の一戸建て分譲木造住宅であり、D地区は県住宅供給公社による都心型分譲集合住宅である。平均延床面積は、木造独立住宅であるC地区が108.5㎡と最も大きくA地区が61.8㎡と最も小さい。平均家族人数もC地区が3.6人と最も多く、A地区は最も少なく1.9人である。平均年齢はC地区及びD地区が38歳前後と高く、B地区が約31歳と最も低い。世帯主の年齢層を図2に示す。C地区及びD地区は40歳代が中心であるのに対し、B地区では30歳代が中心である。また、A地区は60歳及び70歳以上の高齢者の割合が27%であり、他の地区に比較して高齢者の一人暮らしの割合が高い。

## 2.2 室温実測調査概要

住まい方とエネルギー消費に関する考察を行う上で、居住空間の室温を把握することは非常に重要である。

本研究では、家庭生活の主な居住空間である「居間」の夏季、冬季における室温を計測し、各地区の温熱環境を把握する。

調査対象住戸は、夏季、冬季アンケート対象住戸から選定し、夏季、冬季調査ともに、1回につき30戸を

表4 室温調査対象住戸数と調査期間

実測対象地区	夏季室温実測調査		冬季室温実測調査	
	調査戸数	実測期間	調査戸数	実測期間
A地区	19	① 1992年	21	① 1992年
B地区	26	8/3~8/9	24	12/10~12/16
C地区	20	② 8/13~8/19	21	② 12/20~12/26
D地区	18	③ 8/23~8/29	18	③ 1993年
合計	83		84	1/7~1/13

表5 自動温度測定機の仕様

項目	仕様
測定範囲	-10℃~50℃
温度センサー	C-MOS (ICセンサー)
測定インターバル	1分、5分、10分、30分、60分
データ記憶容量	16000データ
A/D分解能	12bit
電源	リチウム電池
仕様環境	-5℃~45℃ (結露しないこと)

表6 エネルギー消費量調査対象住戸数

調査対象地区	電気	ガス	灯油
A地区	43	43	32
B地区	49	49	23
C地区	53	53	37
D地区	35	35	12
合計	180	180	104

対象とした調査を3回(計90戸)にわけて実施する。表4に、地区別の調査対象住戸数と調査実施期間を示す。調査方法は、自動温度測定機(表5)を各住戸の居間(主にテレビのある部屋)の床上1mの高さに1台設置し、5分間隔の室温を1週間測定する。外気温は新潟地方気象台(図1参照)で測定されたデータを利用する。

## 2.3 エネルギー消費量調査

調査対象エネルギーは、電気、ガス、灯油の3種類である。調査対象住戸は、夏季、冬季アンケート調査対象住戸のうち、調査の主旨に同意・承諾が得られた住戸を対象とする。電気使用量及びガス使用量の調査方法は、各住戸の調査承諾書をエネルギー供給会社に提示し、平成4年1月から平成5年3月までの各住戸のエネルギー使用量データの提供を受ける。灯油使用量は、各住戸に配布する夏季・冬季アンケート用紙に灯油使用量調査用紙を添付し調査する。表6にエネルギー消費量調査対象住戸数を示す。電気、ガス消費量の対象数は180戸であり、灯油消費量の対象数は104戸である。

## 3 アンケート調査結果

### 3.1 夏季アンケート調査結果

図3に地区別のクーラー・扇風機の保有率を示す。分譲住宅であるC地区・D地区は、クーラーの保有率が約92%と高い。一方、賃貸住宅であるA地区のクーラー保有率は約70%、B地区では約60%と低い。年収とクーラーと扇風機の保有率とのクロス集計結果を図4に示す。クーラーの保有率は、年収250万円以下の住戸が53%、250~500万円の住戸は87%、500万円以上の住戸では100%になり、年収の増加に伴い、クーラーの保有率は高くなる。図5に地区別のクーラー使用期間を示す。どの地区でも、7月中旬から9月上旬までの期間で過半数の住戸がクーラーを使用している。

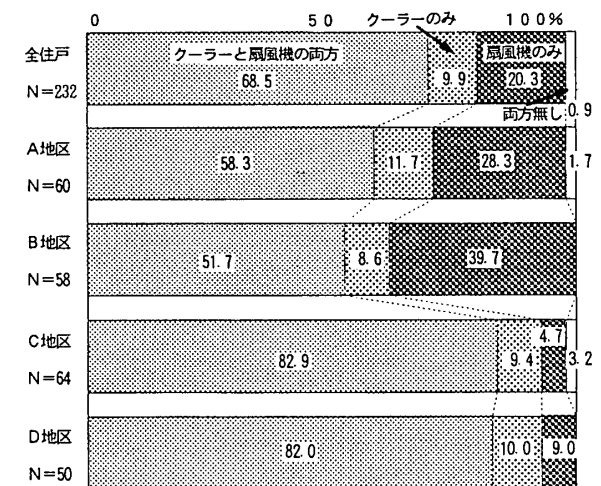


図3 クーラー・扇風機の保有率

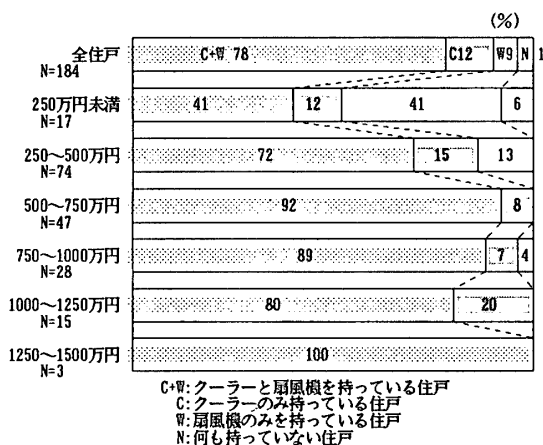


図4 年収別クーラー・扇風機の保有率

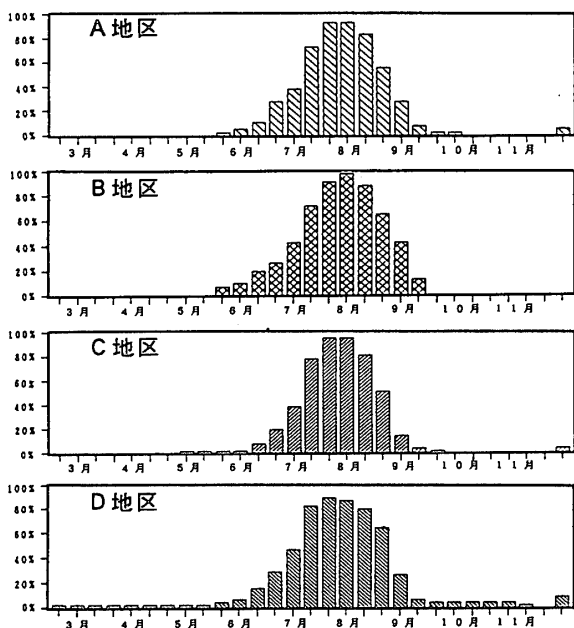


図5 地区別クーラーの使用期間

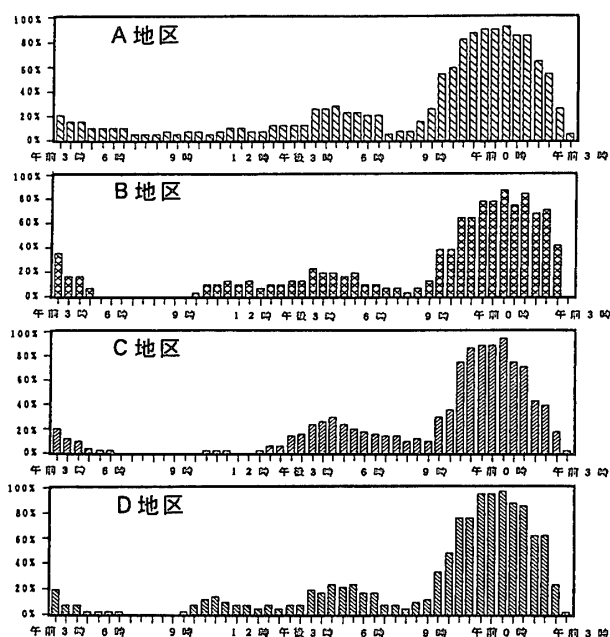


図6 地区別クーラーの使用時間帯

図6に地区別の1日のクーラー使用時間帯を示す。外気温が高くなる昼間の使用率は外出等による在宅と不在のばらつきが大きい為約20%と低い。最も使用率が高くなるのは午後10時から午前1時頃の就寝時間前後で約90%であり、地区による差異は認められない。図7に年間収入と冷房を差し控える意識とのクロス集計結果を示す。年収250～500万円では「冷房を差し控える」と回答した住戸の割合は73%であるが、年収1250～1500万円になると33%となる。年収が高くなると「冷房を差し控える」意識が希薄になり、冷房を差し控えない傾向が見られる。図8に冷房を差し控える理由を示す。冷房を差し控える理由は、「健康上良くない」が52%、ついで「電気代がかさむ」が50%、「在宅者が少なくもったいない」が36%である。「省エネルギーのため」は約22%であり、日常生活の中で省エネルギーを意識している家庭は相対的に少ない。年収別の冷房を差し控える理由を図9に示す。「電気代がかさむから」という理由は、年収が1000～1500万円の住戸が43%、35%と多く、年収が1000万円未満の住戸では、「電気代がかさむから」という理由より「健康上良くないため」と回答する住戸の割合が若干多い。また、「在宅者が少ないため」と回答する住戸の割合は、年収の額にかかわらず、15%～30%である。冷房を差し控える理由は、「電気代がかさむから」「在宅者が少ないため」という経済的な理由が多いが、年収との相関は無い。

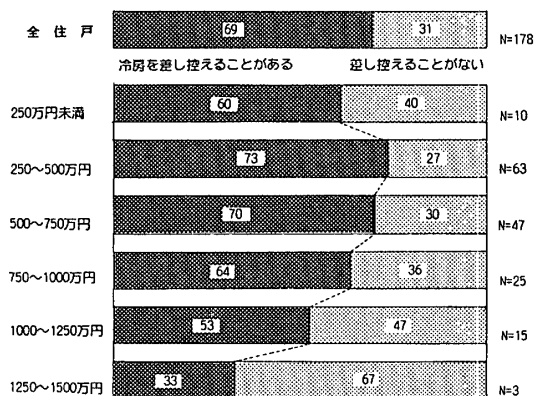


図7 年収と冷房を差し控える意識との関係

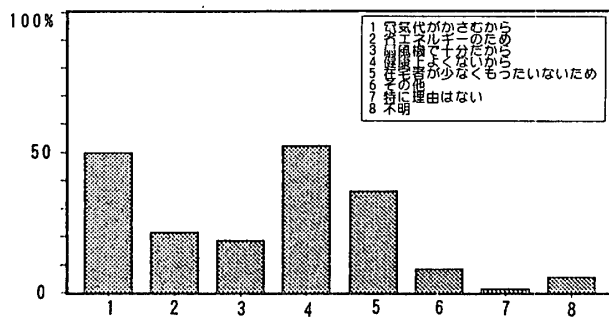


図8 冷房を差し控える理由

### 3.2 冬季アンケート調査結果

図10に地区別の暖房器具の保有率を示す。石油ファンヒーター及び石油ストーブ等の開放型暖房器具の保有率と電気こたつや電気カーペット等の補助暖房器具の保有率が高い。一方、室内空気汚染や結露防止に有効なFF式暖房器具の保有率は低い。エネルギー種類の暖房器具保有率では、石油、ガス、電気の順に高い。これは、ランニングコストが暖房器具選定の大きな要素である為と考えられる。図11に部屋別の暖房器具保有率を示す。居間が97%と最も多く、ついで食卓が80%である。廊下・トイレ・脱衣室には暖房器具は殆ど設置されていない。図12に暖房器具の使用期間を示す。過半数の住戸が、11月中旬から4月上旬までの期間で暖房器具を使用している。居間における暖房時間帯を図13に示す。午前8時前後の出勤時間帯及び午後8時前後の団らん時間帯の暖房器具使用率が最も高い。また、就寝中の暖房器具使用率は低く殆どの住戸で暖房していない。図14に暖房の目安となる室温を設定している住戸の割合を、図15に目安としている設定室温を示す。54%の住戸が暖房の目安となる室温を設定しており、35%の住戸が体感によって室温を調節

している。暖房時の設定室温は20℃が38%と最も多い。年収と暖房を差し控える住戸との関係を図16に、暖房を差し控える理由を図17に示す。全住戸では、暖房を差し控える住戸の割合は56%であり、その理由は「燃料費がかさむ」が53%と最も多く、「暖房しなくてもそれほど寒くないから」が48%である。「省エネルギーの為」と回答した住戸は35%である。年収別では、「暖房を差し控えない」と回答する住戸の割合は、年収250万円未満の住戸が23%、750～1000万円未満の住戸では54%、1250万円～1500万円未満の住戸になると100%になり、年収が増加するに従って、「暖房を差し控えない」と回答する住戸の割合は増加する。「冷房を差し控えない」と回答した住戸の割合(図7参照)

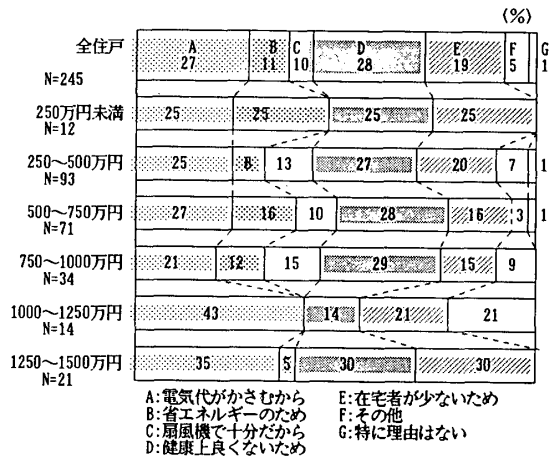


図9 年収別冷房を差し控える理由

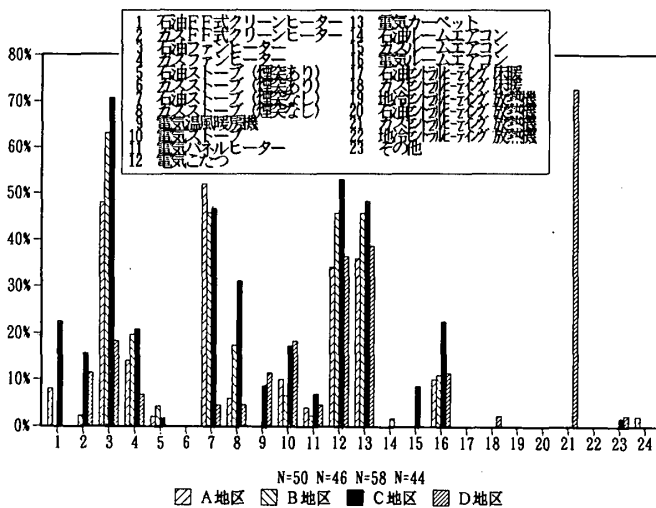


図10 地区別暖房器具の保有率

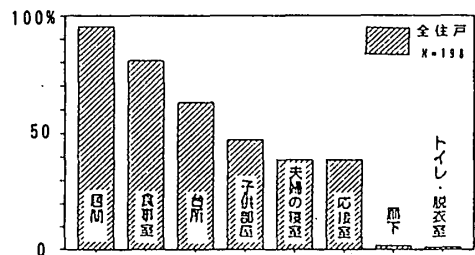


図11 部屋別の暖房器具保有率

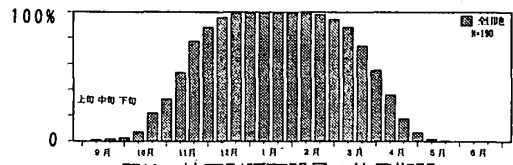


図12 地区別暖房器具の使用期間

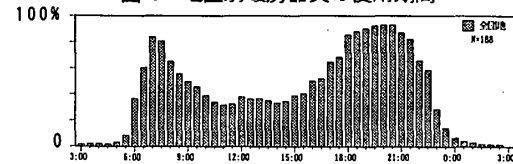


図13 地区別居間の暖房時間帯

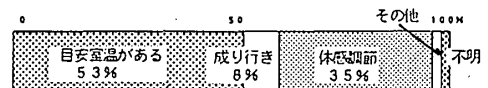


図14 暖房の目安の室温を設定している住戸の割合 (N=195)

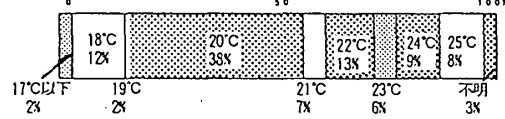


図15 暖房の目安とする室温 (N=195)

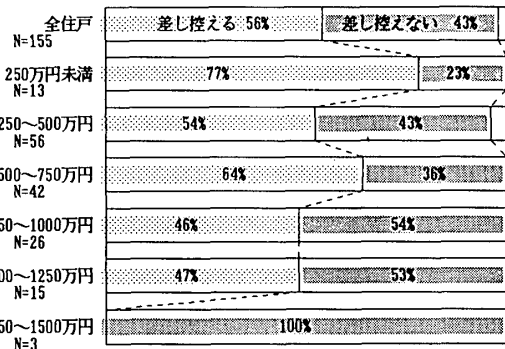


図16 年収と暖房を差し控える住戸の関係

と比較してみると、年収の増加に伴い「差し控えない」と回答する傾向が冷暖房ともに見られるが、どの年収層においても、「暖房を差し控えない」と回答した住戸の割合が「冷房を差し控えない」と回答した住戸の割合より多い。このことより、暖房より冷房のほうが、年収との相関が高く、冷房に対する経済的な負担感が暖房より大きいと推察できる。

#### 4 居間室温実測結果

##### 4.1 平均室温と外気温の日変化

図18に夏季と冬季のそれぞれの地区の全住戸における各時刻毎の室温を平均した一週間の室温と外気温の日変化を示す。夏季の室温は4地区ともよく似た変化を示し、その変動の幅は26℃～30℃で約4℃と比較的小さい。一方、冬季の室温は、4地区とも午前6時頃に最低室温を、午後10時頃に最高室温を記録しており、夏季と比較してその変動の幅が大きい。その変動パターンは、室温変動の幅が17℃～22℃のA地区とD地区、15℃～22℃のB地区、12℃～22℃のC地区の3種類に分類される。室温変動の幅が小さいA地区とD地区は、シェルター性能が優れているRC造集合住宅であり、かつ、D地区のセントラルヒーティングのようにその地区の暖房方法が均質である為、安定した室温変動になるものと考えられる。一方、同じRC造集合住宅であるB地区は、ストーブを使用せずこたつで暖を取る住まい方の住戸がある等暖房方法にばらつきがあり、室温変動が大きくなったと考えられる。また、木造独立住宅であるC地区は、RC造である他の3地区と比較してシェルター性能が劣る為、外気温の影響を強く受け、大きな室温変動の幅になると考えられる。このことから、室温変動に大きく影響する要因として、住宅のシェルター性能の違い、暖房方法の違いが考えられる。

##### 4.2 平均室温と外気温の関係

図19に夏季における一日の平均室温と外気温の関係を、図20に冷房器具の使用状況を示す。D地区(図19(4))の室温分布は、他の3地区に比べてばらつきが少ない。これは、D地区のクーラーの保有率が92%と最も高く(図3参照)、利用率も54%(図20)と高い為と考えられる。A地区(図19(1))とB地区(図19(2))は、クーラーの保有率が約60%であり、クーラーの有無による室温のばらつきが見られる。C地区(図19(3))の室温は最もばらつきが大きいが、これは、クーラーの使用率が最も低い為(図20)と考えられる。

図21に冬季における一日の平均室温と外気温の関係を示す。D地区(図21(4))の室温分布は、最もばらつきが少なく、外気温が変化しても室温は20℃～25℃の間に収まっている。これは、D地区の住戸にはガス

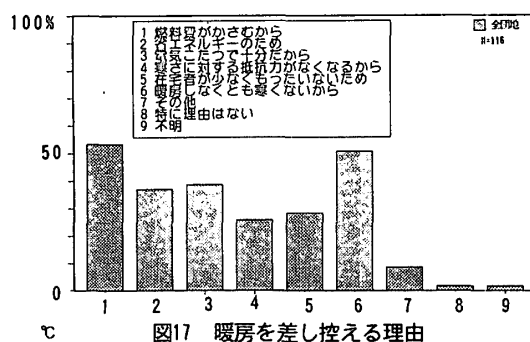


図17 暖房を差し控える理由

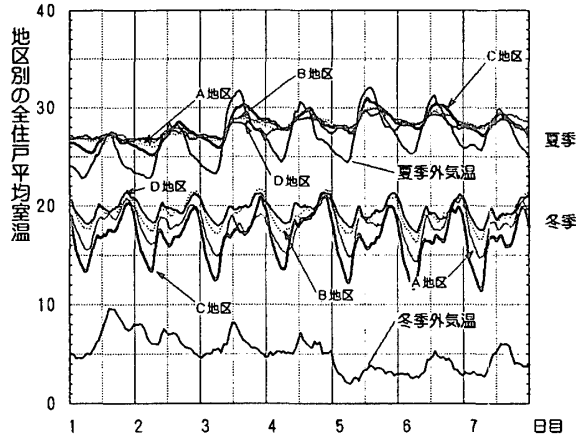


図18 1週間の室温平均と外気温の日変化

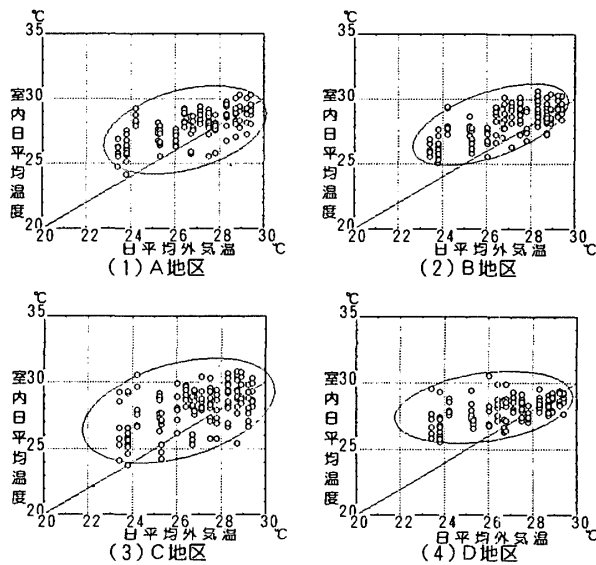


図19 夏季の平均室温と平均外気温の関係

セントラルヒーティングが設置されており、各住戸間の暖房方法に違いが無いこと、熱容量が大きくシェルター性能の高いRC造である為と考えられる。A地区(図21(1)) B地区(図21(2))の室温分布は、RC造集合住宅である為比較的ばらつきが少ない。ただし、B地区に10℃前後の室温の住戸がみられるが、これはストーブ等で暖房せず、こたつだけで暖をとる住まい方の住戸である。C地区(図21(4))の室温分布は、7℃～23℃と大きくばらついている。これは、RC造に比べシェルター性能が劣る木造住宅である為、外気温の影響を強く受けること、種々の暖房方法が混在していることが原因と考えられる。

## 5 エネルギー消費量調査結果

### 5.1 年間エネルギー消費量とエネルギー構成

電気、ガス、灯油の各消費量を熱量に換算した（注3）世帯当りの年間エネルギー消費量を図22に、エネルギーの消費構成を図23に示す。全住戸の平均エネルギー消費量は、約 $11.2 \times 10^3$  Mcalである。消費エネルギーの構成は、ガス消費量の割合が52%と最も大きく、次いで灯油消費量が27%、電気消費量の割合は21%で最も小さい。地区別のエネルギー消費量では、C地区が約 $14.8 \times 10^3$  Mcalで最も多く、灯油、ガス、電気消費量とも、他の地区より多い。これは、C地区が木造独立住宅であること、延床面積が最も大きいこと、家族人数が他の地区より多いこと、暖房器具保有台数が多いこと等が原因と考えられる。一方、A地区のエネルギー消費量は約 $8.1 \times 10^3$  Mcalと最も少ないが、これは延床面積が最も小さいこと、居住者の年齢層が他の地区に比べて高いこと、高齢者の一人暮らしや二人暮らしの割合が高いこと等が原因と考えられる。D地区はガス消費量が約 $7.9 \times 10^3$  Mcalと大変多く、灯油消費量は約 $1.5 \times 10^3$  Mcalと少ない。これは、D地区がガス

セントラルヒーティングを採用している為である。また、開放型暖房器具と電気こたつ等の補助暖房が主であるA地区、B地区、C地区の灯油使用量の割合は、30%前後、ガス使用量の割合は50%前後と地区間に大きな差は無いが、ガスセントラルヒーティングを採用しているD地区の灯油消費量の割合は13%、ガス消費量の割合が67%と、他の地区と大きく異なる。電気消費量の割合は、4地区とも20%前後で大きな差は無い。

### 5.2 エネルギー消費量の年変化

図24に世帯当りの電気消費量の年変化を示す。6月及び10月が冷暖房をしていない月と推察され、その月の電気使用量が「照明+コンセント用電力」と考えられる。各月の電気消費量から「照明+コンセント用電力」を差し引いた電気使用量が暖冷房用に供された電気消費量と考えられることから、11月～5月（図12参照）が暖房負荷、7月～9月（図5参照）が冷房負荷であるといえる。また、4地区とも夏季と冬季に2回のピークが見られ、その消費量は夏季の冷房負荷よりも冬季の暖房負荷の方が大きい。これは、電気こたつ、電気カーペット等の電気を使用する補助暖房器具の保有率が高く（図10参照）使用時間帯も夏季のクーラーより長い（図6、図13参照）為と考えられる。冬季の電気消費量は、C地区、D地区、B地区、A地区の順に多く、これは延床面積の大きさの順と一致する。また、夏季ではB地区とA地区の電気消費量が逆転しているが、これはクーラーの保有率がB地区よりA地区のほうが高い（図3参照）ことに起因している為と考えられる。図25に、一世帯当りのガス消費量の年変化を示す。ガス消費量は、4地区とも冬季の1月、2月にピークが見られ、その後暫減し9月が最も少ない。11月から4月の暖房期間（図10参照）はガスセントラルヒーティングを採用しているD地区の消費量が最も多いが、それ以外の期間では、電気消費量と同じく、延床面積が大きいC地区、D地区、B地区、A地区の

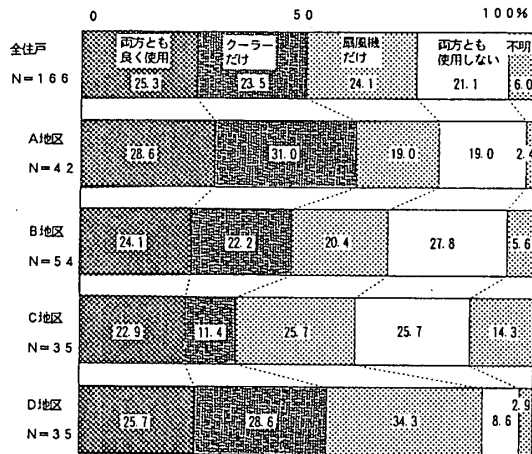


図20 冷房器具の使用状況

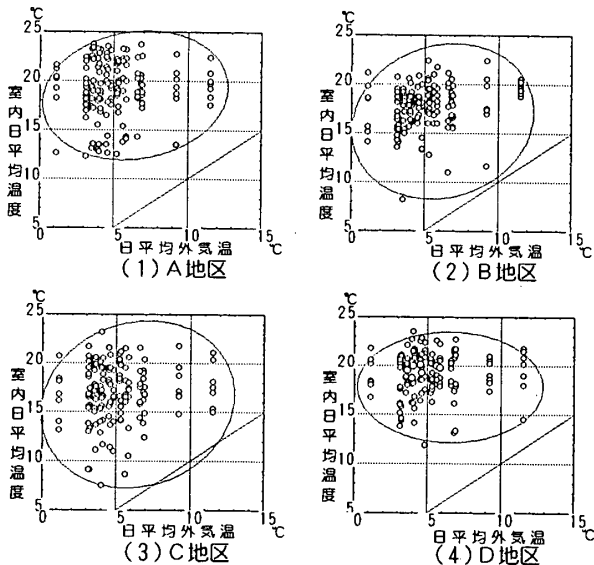


図21 冬季の平均室温と平均外気温の関係

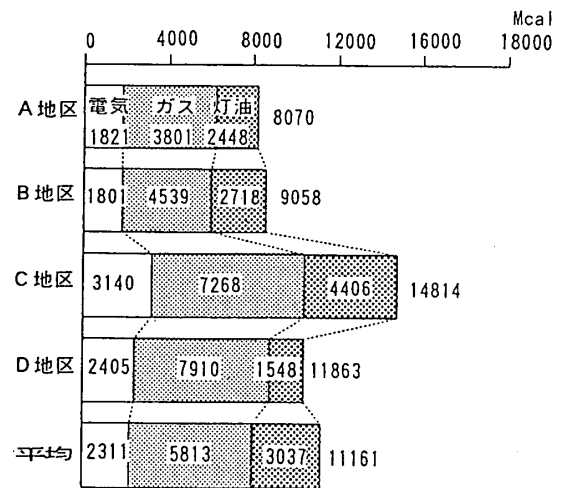


図22 地区別世帯当りの平均年間総エネルギー消費量

順に消費量が多い。図26に世帯当りの灯油消費量の年変化を示す。灯油の使用量は、暖房が開始される10月より増加し始め、1月、2月にピークを迎える。木造独立住宅であるC地区の消費量が最も多く、ガスセントラルヒーティングを採用しているD地区の消費量は最も少ない。

## 6 エネルギー消費量の要因分析

前章では新潟市の夏季と冬季における住まい方と室温調査及び電気・ガス・灯油のエネルギー消費量の単純集計結果について考察した。本章では、これらの調査結果に基づきエネルギー消費量を目的変数とした重回帰分析を行い、エネルギー消費量に影響を及ぼす要因の考察を行う。表7にアンケートデータとエネルギー消費量データが共に揃っており、「エネルギー別重回帰分析」を行った対象住戸数を示す。電気エネルギーは145戸、ガスエネルギーは133戸、灯油エネルギーは61戸である。なお、夏季アンケートは1992年7月、冬季アンケートは1992年12月のデータである。エネルギー消費量データは、1992年4月から1993年3月までの1年間を合計した年間エネルギー消費量を使用する。

### 6.1 重回帰分析の作業フロー

重回帰分析の目的変数は、電気、ガス、灯油の各消費量である。説明変数は、エネルギー消費量に関する特性要因図をブレインストーミングにより作成（注4）し、エネルギー消費量に関する深い要因を抽出する。次に、抽出した変数間の相関行列を作成し、多重共線性のチェックを行い、説明変数を選定し、重回帰式を作成する（注5）。なお、住宅のシェルター性能の指標として住戸の外周面が外気及び地面と接する面の数を説明変数「住戸位置」として設定する（注6）。また、暖房方式がガスセントラルヒーティングであるD地区の暖房器具保有台数は、放熱器の台数とする。

### 6.2 電気エネルギー消費量に関する重回帰分析

電気エネルギー消費量に関する重回帰分析の結果を表8に、予測値と実績値の関係を図27に示す。得られた重回帰式の重相関係数Rは0.71、寄与率R<sup>2</sup>は0.50である。各説明変数の目的変数に対する寄与の相対指標となる標準偏回帰係数β'は、住宅のシェルター性能を代表する「住戸位置」が0.27と最も大きい。ついで、「家族人数」、「延床面積」、「年間収入」「クーラー使用時間」、「大型冷蔵庫（注7）の有無」といった変数のβ'が高い。電力消費量に大きな影響を与えるのは、住宅のシェルター性能や家族人数、延床面積といった要因であるといえる。一方、電力消費量が多いと考えられている「クーラーの有無」のβ'は0.02と小さく、電気エネルギー消費量の増加にはあまり影響していない。

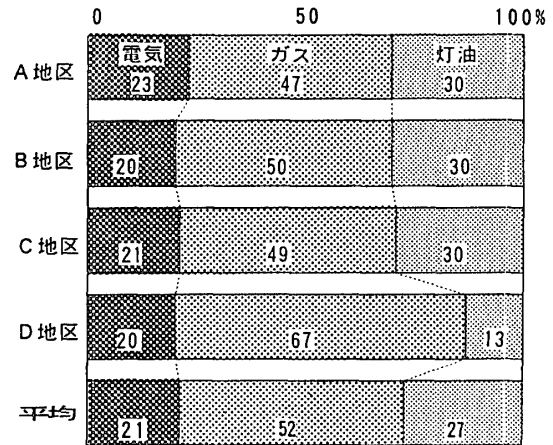


図23 世帯当りの年間エネルギー消費構成

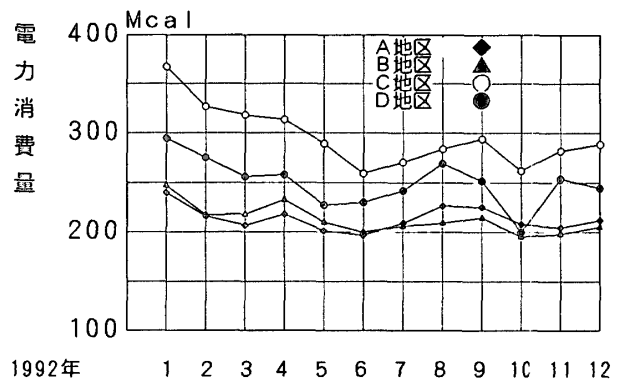


図24 世帯当りの電気エネルギー消費量の年変化

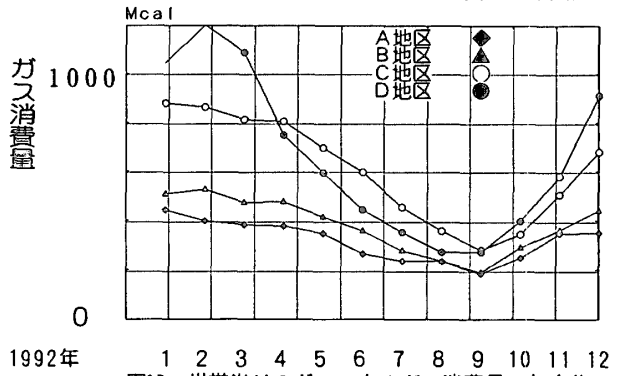


図25 世帯当りのガスエネルギー消費量の年変化

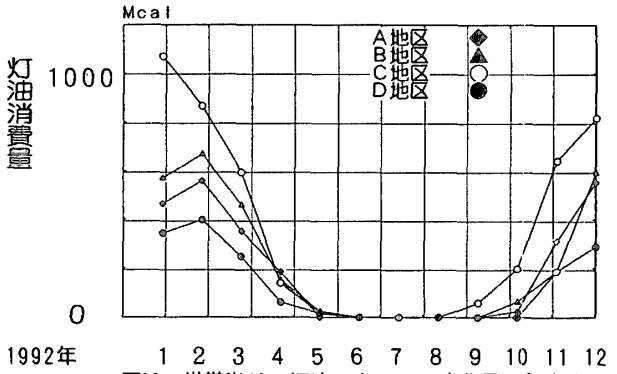


図26 世帯当りの灯油エネルギー消費量の年変化

表7 重回帰分析対象住戸数

エネルギー種類	データ件数
電気	145
ガス	133
灯油	61



### 6.3 ガスエネルギー消費量に関する重回帰分析

ガスエネルギー消費量に関する重回帰分析の結果を表9に、予測値と実績値の関係を図28に示す。得られた重回帰式の重相関係数Rは0.54、寄与率 $R^2$ は0.30である。標準偏回帰係数 $\beta'$ をみると、ガスセントラルヒーティングの放熱器台数を含んだ変数である「ガス暖房器具の台数」が0.39と最も大きく、ついで「家族人数」が0.18、「住戸位置」が0.17である。その他の変数の $\beta'$ は小さい。「ガス暖房器具の台数」がガスエネルギー消費量の最大要因であるのは当然であるが、「家族の人数」は入浴等の給湯負荷がガスエネルギー消費量に影響する要因として考えられる。また、「住戸位置」の $\beta'$ も大きく、住宅のシェルター性能もガスエネルギー消費量に大きな影響を与える要因であることを示している。

### 6.4 灯油消費量に関する重回帰分析

灯油消費量に関する重回帰分析結果を表9に、予測値と実績値の関係を図29に示す。得られた重回帰式の重相関係数Rは0.65、寄与率 $R^2$ は0.42である。標準偏回帰係数 $\beta'$ をみると、「住戸位置」が0.31、ついで「暖房時間」が0.21、「延床面積」が0.18とこれら3変数の $\beta'$ がきわめて高い。一方、「灯油暖房器具の台数」や「家族の人数」「年間収入」の $\beta'$ は小さい。これは、灯油が最も安価で一般的な暖房エネルギーである為、どの住戸でも一様に使用されており、年収等による差異が少ない為と考えられる。以上のことから、灯油消費量に最も大きな影響を与える要因は、住宅のシェルター性能であり、当然のことながら、暖房時間や延床面積等の住戸規模も灯油消費量の増加と深い関係があるといえる。

## 7 結論

新潟市における住宅用エネルギー消費と住まい方との関連及びエネルギー消費の要因に関するまとめを以下に示す。

(1)夏季のクーラー使用期間は7月中旬から9月上旬である。一日のうちで最も使用率の高い時間帯は午後10時から午前1時頃の就寝時間帯であり、主に暑さによる寝苦しさの緩和の為に使用されている。クーラー

表8 電気エネルギーに関する重回帰分析結果

投入変数	偏回帰係数( $\beta$ )	標準偏回帰係数( $\beta'$ )
クーラー使用時間(h)	17.12007	0.15761
大型冷蔵庫の有無(1,0)	316.14161	0.14730
年間収入(万円)	103.37082	0.17855
家族人数(人)	181.88204	0.22182
住戸位置(1~6)	163.77378	0.27056
大型テレビの有無(1,0)	283.85152	0.13151
クーラーの有無(1,0)	65.72543	0.02347
延床面積(m <sup>2</sup> )	8.04851	0.18974
Constant	-236.92516	

表9 ガスエネルギーに関する重回帰分析結果

投入変数	偏回帰係数( $\beta$ )	標準偏回帰係数( $\beta'$ )
居間の暖房時間(h)	10.76468	0.04667
ガス暖房機器台数(台)	1006.09164	0.38655
延床面積(m <sup>2</sup> )	170.00846	0.08168
家族人数(人)	543.25554	0.18806
年間収入(万円)	122.19935	0.06493
住戸位置(1~6)	24.51290	0.16618
Constant	-59.48777	

表10 灯油エネルギーに関する重回帰分析結果

投入変数	偏回帰係数( $\beta$ )	標準偏回帰係数( $\beta'$ )
居間の暖房時間(h)	24.18424	0.21203
住戸位置(1~6)	268.49494	0.31180
年間収入(万円)	67.72463	0.08467
家族人数(人)	144.00886	0.10943
灯油暖房機器台数(台)	172.45051	0.11407
延床面積(m <sup>2</sup> )	10.65177	0.18314
Constant	-1014.13678	

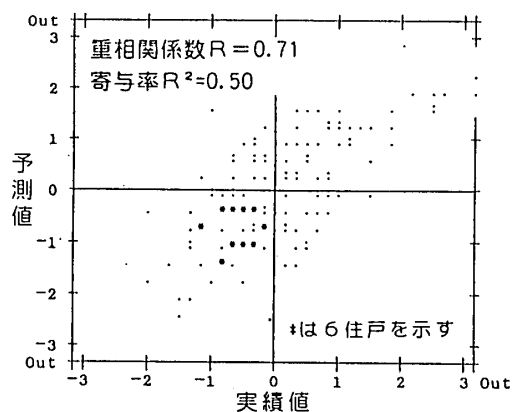


図27 重回帰分析プロット図(電気)

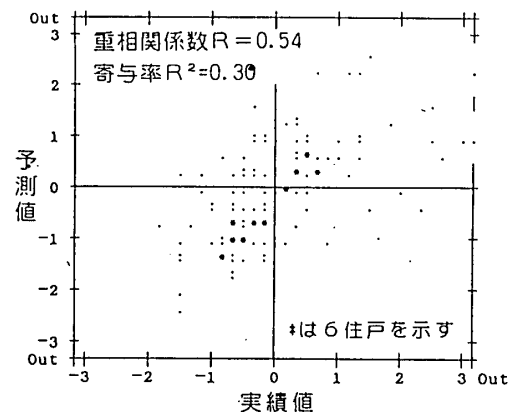


図28 重回帰分析プロット図(ガス)

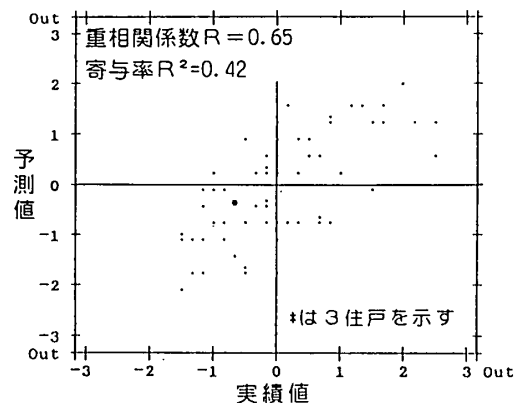


図29 重回帰分析プロット図(灯油)

使用期間及びクーラー使用時間帯の地区毎による差異はほとんど無い。また、「冷房を差し控える」という意識は年間収入の高い住戸ほど希薄になり、冷房を差し控えない傾向が見られる。木村ら（注8）も、関東地区及び関西地区の集合住宅を対象としたエネルギー消費量実態調査の分析結果において、年収が増えるに従ってエネルギー消費量も多くなると報告しており、地域による差異は見られない。なお、冷房を差し控える理由は、健康上の理由及び経済的理由が主であり、日常生活の中で省エネルギーを心掛ける住戸は少ない。

(2) 冬季の暖房期間は、11月中旬から4月上旬までである。一日の居間における暖房時間帯は、出勤前の午前8時前後と家族の団らん時である午後8時前後であり、約90%の住戸が暖房をしている。就寝中は、ほとんどの住戸が暖房をしていない。保有暖房器具は、石油ファンヒーターや石油ストーブといった開放型暖房器具と、電気こたつや電気カーペット等の補助暖房器具の併用パターンが一般的であり、FF式暖房器具の普及率は低い。暖房している場所は居間・食堂が最も多く、廊下・浴室・便所等は、ほとんど暖房されていない。暖房の目安とする室温は過半数の住戸が持っており、最も多い設定室温は20℃である。また、約6割の住戸が暖房を差し控えると回答しているが、その理由は「燃料費がかさむ」等の経済的理由からであり、冷房同様、省エネルギーの為という意識は薄い。また、年収の増加に伴い、「暖房を差し控えない」と回答する住戸の割合は増加する。

(3) 冬季における室内温熱環境に関して、住宅のシェルター性能が優れているRC造集合住宅であり、かつ、セントラルヒーティングのようにその地区の暖房方法が均質である場合は、17℃～22℃の比較的安定した室温が得られる。一方、同じRC造集合住宅であっても、ストーブを使用せずこたつで暖を取る住まい方等、暖房方法にばらつきがある場合は15℃～22℃の範囲で室温が変動する。また、木造独立住宅の場合は、RC造と比較して住宅のシェルター性能が劣る為、外気温の影響を強く受け、12℃～22℃の大きな室温変動を示す。

(4) 新潟の世帯当りの住宅用エネルギー消費量は、約 $11.2 \times 10^8$  Mcalである。その内訳は、ガスが52%、灯油が27%、電気が21%であり、ガスのウェイトが大きい構成比である。地区別のエネルギー消費量では木造独立住宅であるC地区が、電気、ガス、灯油全てにおいて4地区の中で最も多い。これは、C地区が木造住宅であり、住宅のシェルター性能が集合住宅より劣ること、延床面積が最も大きいこと、部屋数と家族人数が最も多いこと等が原因と考えられる。電気エネルギーの構成比は4地区とも20%前後で変わらないが、灯油とガスの構成比は、暖房方式と住宅のシェルター性

能の違い等により大きく影響を受けている。世帯当りの電気消費量の年変化は、夏季と冬季の2回ピークが見られ、夏季の冷房負荷より冬季の暖房負荷の方が消費量が多い。これは、電気こたつ等の補助暖房器具の保有率が高く、かつ、使用率が高いことによると考えられる。ガス消費量及び灯油消費量の年変化は、4地区とも暖房が開始される10月より増加し始め1月、2月にピークを迎える。

(5) 電気、ガス、灯油消費量に関する重回帰分析の結果、電力消費量に大きな影響を与える要因は、「住戸位置 $\beta'=0.27$ 」、「家族人数 $\beta'=0.22$ 」、「延床面積 $\beta'=0.19$ 」、「年収 $\beta'=0.18$ 」、「クーラー使用時間 $\beta'=0.16$ 」、「大型冷蔵庫の有無 $\beta'=0.15$ 」である。太田ら（注9）は「全国平均電気使用量に大きな影響を与える要因は、気候、家族の人数、延べ床面積、家電製品では大型冷蔵庫等の項目である」と報告しており、気候という要因を除き、本研究の分析結果とほぼ同じである。ガス消費量に大きな影響を与える要因は、「ガス暖房器具の台数 $\beta'=0.39$ 」、「家族人数 $\beta'=0.19$ 」、「住戸位置 $\beta'=0.17$ 」である。「ガス暖房器具の台数」は当然の要因であるが、「家族人数」は入浴等の給湯負荷に関する要因と考えられる。また、「住戸位置」のウェイトも高く、住宅のシェルター性能の優劣がガス消費量に影響していると考えられる。灯油消費量は、「住戸位置 $\beta'=0.31$ 」、「暖房時間 $\beta'=0.21$ 」、「延床面積 $\beta'=0.08$ 」のウェイトが高い。また、本研究における「夏季の暑さ、冬季の積雪という日本海側特有の気候から快適な室内環境を得るための住宅のシェルター性能が、電気消費量、灯油消費量に最も大きな影響を与える要因である」という結果は、「エネルギー消費量に大きく影響する要因が「気候」という地域差によるところが大きい」という太田らの結論を裏付けるものといえる。

## 8 終わりに

本報では、新潟市における住宅用エネルギー消費量の原単位及びエネルギー消費を決定する要因を明らかにした。次報では、新潟市の事業所ビルを対象とするエネルギー消費の実態調査結果と事業所ビルの冷暖房システムの実態、エネルギー消費量原単位について報告するとともに、未利用エネルギーの賦存状況を明らかにする。その後、算出した新潟市の住宅と事業所ビルのエネルギー消費量原単位に基づくエネルギー需要マップを作成し、新潟市のエネルギー需要構造及び未利用エネルギー活用に関する検討を行う予定である。

謝辞

本調査を行うに当たり、対象住宅の居住者及びエネルギー供給会社の各位には多大なご協力を頂きました。また、本研究は、環境庁地球環境研究総合推進費を用い、建設省建築研究所及び環境庁国立環境研究所が、(財)住宅・建設省エネルギー機構に設けた「住宅エネルギー消費調査研究委員会」(委員長：吉野博 東北大学 工学部教授、委員：赤林伸一 新潟大学 工学部助教授、井上隆 東京理科大学 理工学部助教授、大野秀夫 相山女学院大学 生活科学部助教授、澤地孝男 建設省建築研究所 第五研究部設備計画研究室主任研究員、鈴木憲三 北海道工業大学 建築工学科教授、林徹夫 九州大学大学院 総合理工学研究科助教授、坊垣和明 建設省建築研究所 第五研究部設備計画研究室長、松原斎樹 京都府立大学 生活科学部助教授、森田大 琉球大学 工学部教授)の活動の一環として行われたものであり、同様の調査を全国8都市で実施している。また、アンケート調査票の作成は、本委員会にて行ったものである。分析に際しては委員の先生方より有用な助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

(注1) 荻島理、片山忠久、林徹夫他3名：福岡市のエネルギー需要に関する調査解析(その1～その3) 日本建築学会大会学術講演梗概集 4244～4246、P487～P492 1993年9月

(注2) 資源エネルギー庁の資料によると、民生部門の住宅用エネルギー消費量は着実に増加しており、1989年度は1973年度消費量の約1.8倍となっている。

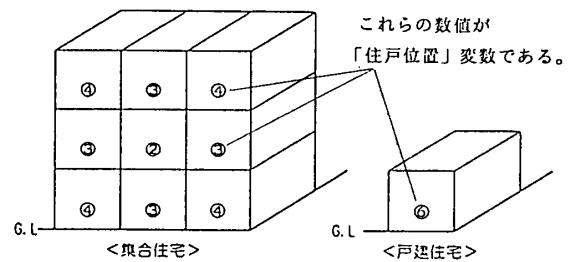
(注3) 二次エネルギー換算値を下表に示す。

エネルギー	1次エネルギー換算値
電気	860kcal / kwh
ガス	北陸ガス 9500kcal / m <sup>3</sup> 黒埼町 9070kcal / m <sup>3</sup>
灯油	8900kcal / リットル

(注4) 特性要因図は要因を整理する際に作成する品質管理手法。また、ブレインストーミングも、集団討論の場で意見を自由に出し合い、独創的なアイデアを出そうという品質管理手法の一つ。

(注5) 説明変数間の相関係数が0.7以上の場合には目的変数との相関が高い方の変数を重回帰分析投入変数に採用する。また、重回帰分析には、SPSS / PC+統計ソフトを使用した。

(注6) 住宅のシェルター性能を表す指標として、外気及び地面に接する外周面の数を「住戸位置」として変数設定する。この数値が小さい程外気や地面に接しない為、シェルター性能が優れている。



(注7) 冷蔵庫は、家庭における電化製品の中で、電気エネルギー消費量が最も大きい製品との統計が、建設省建築研究所編の「省エネルギー住宅システムの開発：1977-1982」(参考文献(8))に収められている。図30に住宅用エネルギー用途別構成を示す。

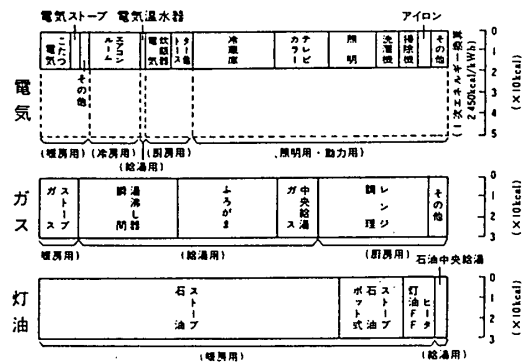


図30 住宅用エネルギー用途別構成

(注8) 木村洋一、小坂信二他2名：住宅用エネルギー消費量実態調査(その1、その2) 日本建築学会大会学術講演梗概集1992年8月 4675 4676 p1349～1352

(注9) 太田昭夫、石田健一、他2名：住宅用エネルギー消費量実態調査(その3～6) 日本建築学会大会学術講演梗概集1993年9月 4740～4743 p1479～1486

本論文に関する既発表論文

- (1) 赤林伸一、足立直之、真保聡裕：新潟市の住宅におけるエネルギー消費とライフスタイルに関する調査研究(その1～その3)、日本建築学会北陸支部研究報告集 第36号、P203～P214 1993年7月
- (2) 赤林伸一、足立直之、真保聡裕：全国8都市域における住宅のエネルギー消費量とライフスタイルに関する調査研究(その2、3)、日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集4745、P1489～P1492 1993年9月

参考文献

- (1) 江口和夫、他：「公営住宅の室内機構実態調査その1、その2」 日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和46年11月、昭和47年12月
- (2) 荒谷登、他：「居住者の温熱環境の実態その1、その2」 日本建築学会大会学術講演梗概集、第264号、第265号、昭和53年2月、3月
- (3) 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、東京大学生産技術研究所報告 第26巻 第3号、1977年7月
- (4) 荻島理、片山忠久、林徹夫他3名：福岡市のエネルギー需要に関する調査解析(その1～その3)、日本建築学会大会学術講演梗概集 4244～4246、P487～P492 1993年9月
- (5) 長谷川房雄、吉野博、赤林伸一：東北地方都市部の木造独立住宅における冬季の温熱環境に関する調査研究 日本建築学会論文報告集第326号、昭和58年4月
- (6) 吉野博、長谷川房雄、沢田敏次他3名：熱環境からみた冬季の居住性能に関する地域特性の分析、日本建築学会論文報告集 第345号、昭和59年11月
- (7) 尾島悟、：住宅におけるエネルギー消費実態調査 第5報 エネルギー消費実態に関する全国調査(3)、空気調和・衛生工学会論文集No.16、1981年6月
- (8) 日本建築学会編：「建築環境工学用教材設備編」 1989年4月
- (9) SPSS/PC+™ Advanced Statistics V2.0. エスピー エスエス株式会社。
- (10) Ben W. BOLCH, CLIFF J. HUANG原著、中村慶一訳：「応用多変量解析」、森北出版(株) 1979年

(1994年2月10日原稿受理, 1994年8月25日採用決定)