

新潟県の高断熱・高気密住宅における 住まい方とエネルギー消費量に関する調査研究

大塚 義隆

1 研究目的

近年、化石燃料の使用による地球温暖化などの環境問題が強い関心を集めており、環境を保全する様々な対策が検討されている。

ところで、住宅で使用されるエネルギーは、日本全国で使用されるエネルギーの約6分の1を占めており、環境に影響を及ぼす大きな要因の1つとなっており、その効率的な利用が求められている。また新潟県でも、エネルギー消費量を削減し、かつ快適な室内環境を形成することが可能であると考えられる高断熱・高気密住宅が普及し始めている。しかしながら、このタイプの住宅では住まい方にとって、夏季の通風不良による熱環境の悪化、冬季の換気不足による空気環境の悪化や結露の発生などの問題が起きる可能性が高い。

本研究では、高断熱・高気密住宅の居住者を対象としてアンケート調査を実施し、①住まい方や居住者の意識等を把握し、②問題点を浮き彫りにするとともに、③その解決方法を検討する。更に、④住宅性能、住宅設備、住まい方とエネルギー消費量の関係を明らかにし、⑤設備設計を行う上での目安となる新たなグレード表を作成することを目的とする。

2 調査概要

2.1 調査対象住戸：新潟県内の住宅計85戸を対象とする。対象住戸の選定に当たっては、新潟県内の住宅供給会社4社に協力を依頼した。表1にその内訳を示す。アンケート調査票の回収数は79件、回収率は約93%である。

表1 供給会社別の配布数と回収率

住宅供給会社	配布戸数	回収戸数	回収率(%)
A社	4	3	75
B社	29	28	97
C社	39	36	92
D社	13	12	92
計	85	79	93

2.2 調査内容：調査内容は、アンケート調査とエネルギー消費量の実態調査である。

(1)アンケート調査：調査内容は41項目で、①購入理由、②高断熱・高気密住宅に対する意識、③冷暖房機器の保有・使用状況、④冷暖房時の室内環境、⑤結露の有無・被害の実態、⑥住宅設備の保有・使用状況、⑦僕約意識、負担感、⑧世帯の属性、年収等である。

(2)エネルギー消費量調査：電気・ガスの消費量調査は1993年11月から1994年10月まで、灯油の消費量は1993年9月から1994年8月までの1年間を対象とする。

2.3 調査方法：1994年9月26日にアンケート調査票を郵送配布し、64件は各住戸を訪問して直接回収を行い、残りの21件は返送してもらう。電気・ガスの消費量は、承諾の得られた住戸のデータを供給事業主体より提供してもらう。灯油の消費量は、アンケート中に設問を設け、居住者に直接記入してもらう。

3 単純集計結果

3.1 高断熱・高気密住宅に対する意識：図1に高断熱・高気密住宅に対する意識を示す。高断熱・高気密住宅では、「7.結露が起きにくい」、「3.冷暖房費が少なくてすむ」等と考えている居住者が多く、「4.ダニやカビが発生しにくい」、「5.寒冷地に普及している」との回答は相対的に少ない。

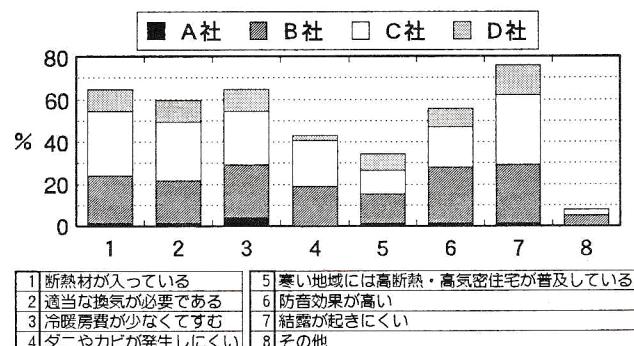


図1 高断熱・高気密住宅に対する意識

3.2 冷暖房機器の保有状況：図2に冷房機器の保有状況を、図3に暖房機器の保有状況を示す。ルームクーラーの保有率は90%を越えているが、全館冷房設備は約5%と少ない。暖房機器は多種多様であり、供給会社により異なる。全体では、石油FFクリーンヒーターが最も多く、約50%を占めている。B社では石油セントラルヒーティングが、D社では冷暖房エアコンの保有率が高い。

3.3 暖房時の換気方法：図4に暖房時の居間の換気方法を示す。換気方法は、暖房機器と同様に住宅供給会社により異なる。C社では、「2.換気口を開ける」、「3.普通の換気扇を運転する」という回答が多いのに対し、他の供給会社では、「4.熱交換型換気扇を運転す

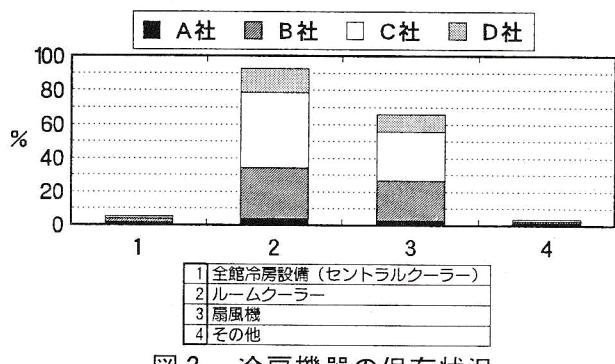


図2 冷房機器の保有状況

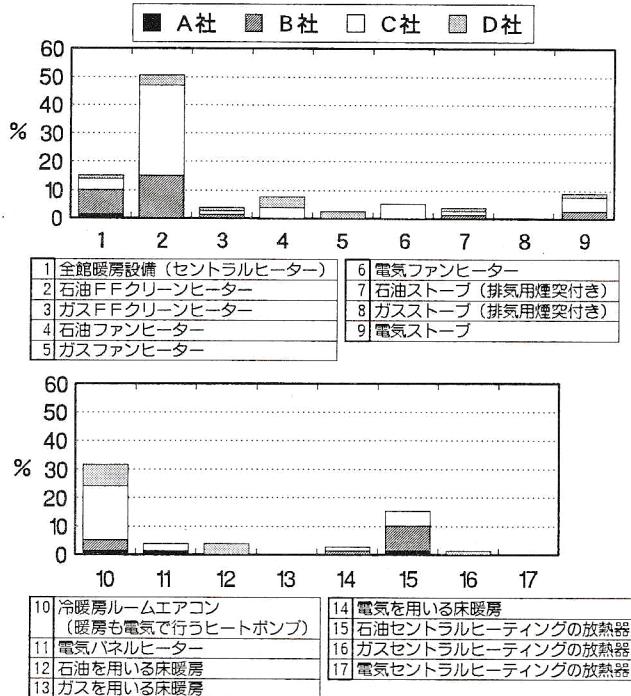


図3 暖房機器の保有状況

る」という回答が多い。また、換気を行わない回答した住戸が約5%程度あり、高断熱・高気密住宅における換気の必要性を理解していない住戸も見られる。

3.4 結露の発生場所・被害の実態：図5に結露の発生箇所を、図6に結露による被害の実態を示す。居間における結露は、「1.窓ガラスやサッシの枠」で約15%程度発生しているが、被害の実態では、「6.畳のいたみ」が約4%、「3.塗装面の剥離や浮き上がり」が約2.5%と極めて少なく、被害を訴える住戸はほとんどない。新潟県の高断熱・高気密住宅では、結露による被害はないと考えられる。

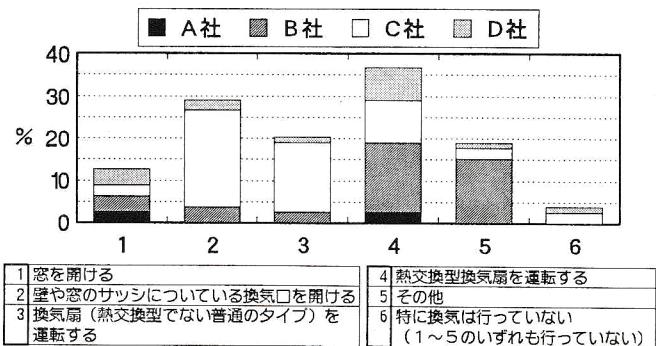


図4 居間における暖房時の換気方法



図5 結露の発生箇所

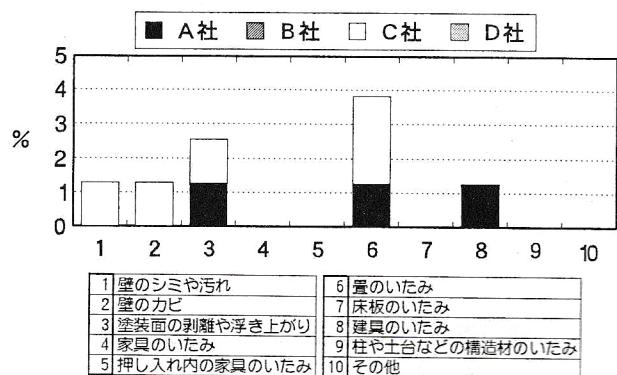


図6 結露の被害の実態

3.5 室内の音環境：図7に気になる騒音について示す。室内で音が響くと回答した居住者が多い。これは、遮音性能が良く屋外からの音の侵入がないこと、室内に吸音する部分が少ないので、室内で音が響いていることが原因と考えられ、今後、改善が必要である。

3.6 エネルギー消費量：図8にエネルギー消費量の平均年変化を示す。月別では、1月に約2800Mcalと最大値を示し、灯油が約50%を占めている。これは、灯油を用いる暖房機器の保有率が高いことが原因と考えられる。また、電気やガスに比較して灯油の値段が安いことも原因と考えられる。8月に電気の消費量が増加しているのは冷房のためであるが、冬季の暖房に比較して大変小さい。

4 エネルギー消費量に関するクロス集計

4.1 クロス集計方法：エネルギー消費量を6つのグレードに分け、各設問とのクロス集計を行う。表2にエネルギー消費量のグレードと標本数を示す。標本数が設問によって異なるのは、複数回答や欠損値があるためである。

4.2 クロス集計結果：図9にエネルギー消費量と熱損失係数のクロス集計を、図10にエネルギー消費量と気密性能のクロス集計を、図11にエネルギー消費量とクーラーの台数のク

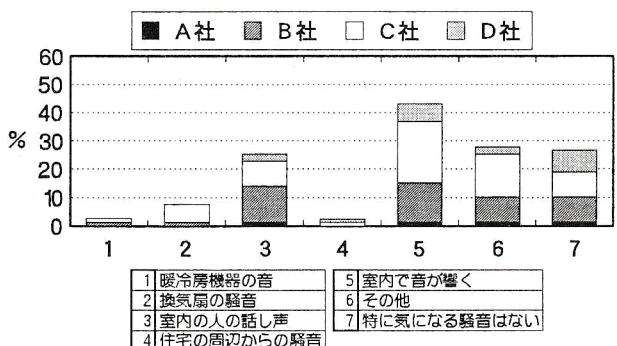


図7 気になる騒音

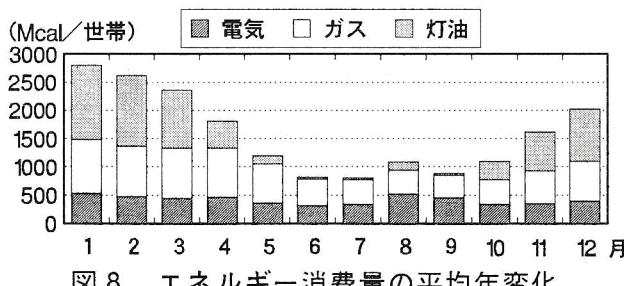


図8 エネルギー消費量の平均年変化

ロス集計を、図12にエネルギー消費量と暖房機器の種類のクロス集計を示す。エネルギー消費量と熱損失係数では、エネルギー消費量が大きいグレード4、5、6において、熱損

表2 エネルギー消費量のグレードと標本数

グレード	1	2	3	4	5	6
Iエネルギー消費量 (Mcal/m ² ・年)	0～50	50～75	75～100	100～125	125～150	150～
標本数	4	8	12	19	7	12
熱損失係数	4	6	7	12	6	6
気密性能	3	3	8	10	4	6
クーラーの台数	4	8	12	19	7	12
暖房機器の種類	7	13	17	25	7	13

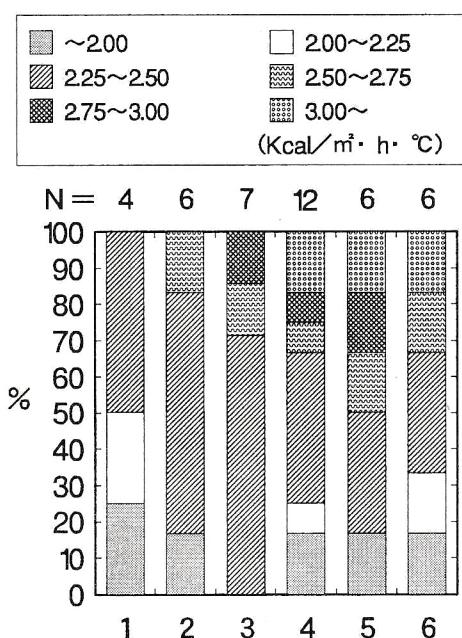


図9 エネルギー消費量と熱損失係数のクロス集計

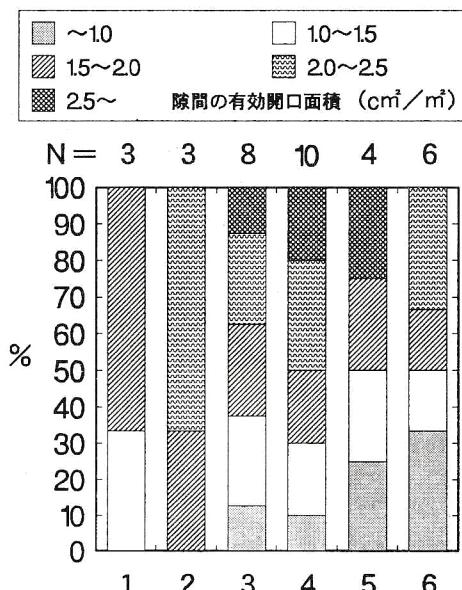


図10 エネルギー消費量と気密性能のクロス集計

失係数が $3.0\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 以上の住戸の割合が高い。また、エネルギー消費量が少ないほど、 $2.50\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{°C}$ 以下の住戸の割合が高く、熱損失係数はエネルギー消費量と正の相関がある。エネルギー消費量と気密性能には大きな相関は見られない。エネルギー消費量とクーラーの台数では、1台以下の住戸がグレード1、2ともに約50%で、グレード3、4、5では4台以上の住戸の占める割合が高い。エネルギー消費量とクーラーの台数には正の相関がある。エネルギー消費量と暖房機器の種類では、全館暖房設備を保有している住戸はエネルギー消費量が大きい傾向が見られる。

5 重回帰分析

5.1 分析方法：従属変数は、2次エネルギー

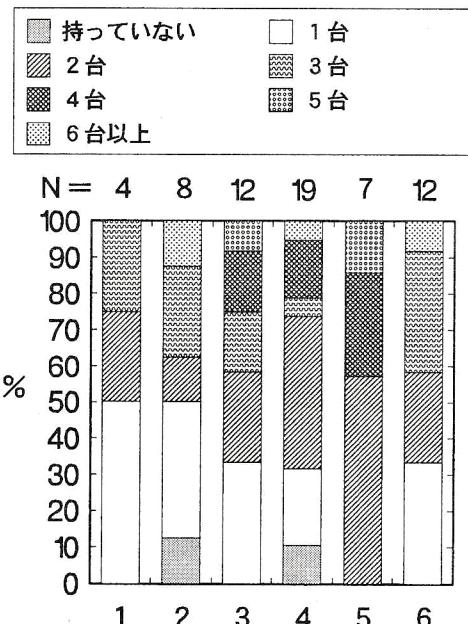


図11 エネルギー消費量と
クーラーの台数のクロス集計

（暖房、冷房、給湯、調理、照明・動力）の中で、住まい方、住宅性能等により変化すると考えられる暖房エネルギー、冷房エネルギーとする。暖房・冷房エネルギーは電気、ガス、灯油の消費量から推定する。給湯、調理、照明・動力エネルギーは年間を通してほぼ一定と考えられ、暖冷房を行わないと考えられる中間季のエネルギー消費量は給湯、調理、照明・動力のみに使用されたものと仮定する。冬季、夏季のエネルギー消費量から中間季のエネルギー消費量を減算し、暖房・冷房面積で除したものをそれぞれ暖房エネルギー、冷房エネルギーとする。独立変数は、暖房・冷房エネルギーに関する特性要因図から、関連の深い設問を1次候補と選定する。図13に特性要因図を示す。次に選定した変数による

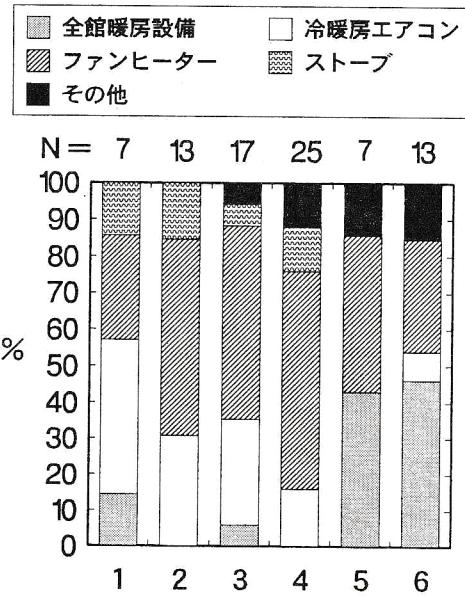


図12 エネルギー消費量と
暖房機器の種類のクロス集計

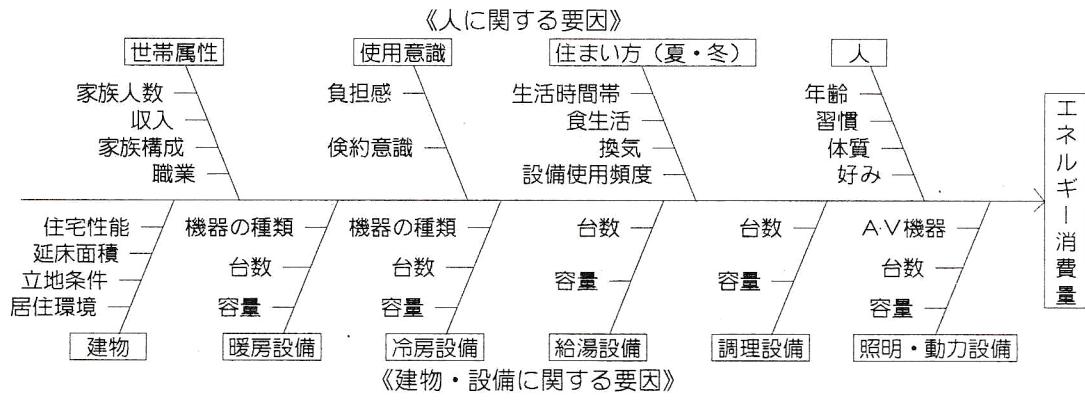


図13 特性要因図

相関行列を算出し、多重共線性を調べ、変数間の相関が高い場合は妥当と思われる変数を採用する。重回帰式は、最終的に選定した独立変数を強制投入して作成し、欠損がある場合は除外する。分析には、SPSS/PC統計ソフトを用いる。データ件数は、暖房・冷房ともに25件である。

5.2 相関行列による分析：表3に投入変数の1次候補を、表4、5に相関行列による分析結果を示す。変数間の相関は、暖房機器の種類とヒーターの台数の間で0.7以上の高い相関を示す。暖房機器の種類はグレード表により数量化したデータであるので、投入変数はヒーターの台数とする。投入変数は、暖房エネルギーは表3の変数から暖房機器の種類を除いた10変数、冷房エネルギーは7変数とする。

5.3 分析結果：表6、7に分析結果を示す。重相関係数は、暖房で0.59、冷房で0.52である。暖房エネルギーは、熱損失係数が正に大きく寄与している。気密性能は負に寄与しているが、熱損失係数に比較して相対的に小さい。冷房エネルギーは、熱損失係数が負に寄与している。これは、夜間に室内の熱が早く排出されるために冷房を行う必要がないことが要因と考えられる。また、冷房エネルギーは暖房エネルギーの約20分の1である。

6 グレード表による住宅性能の評価

6.1 2次エネルギーの算出：暖房・冷房エネルギーを、予測式より算出する。家族人数は、大人2人子供2人（補正人数3人：子供2人を大人1人と換算）、年収は500～750万円と仮定する。住まい方は表8に示す通りである。給湯、調理、照明・動力エネルギーは、中間季のエネルギー消費量の合計を住戸毎に算出し、延床面積で除し、その平均値を給湯、調理、照明・動力エネルギーの合計と推定する。

6.2 グレード表：表8に住宅のシエルタ－性能と設備のグレード表を示す。グレード6では、暖房エネルギーが1000Mcal/m²・年を超える大きな値となる。これは解析対象住戸が、グレード2、3の住戸がほとんどであるために誤差が生じたと考えられる。しかしながら、グレードが大きくなるに従い、暖房エネルギー

表3 投入変数の1次候補

従属変数	暖房エネルギー、冷房エネルギー (Mcal/m ² ・年)	
共	熱損失係数 (kcal/m ² ・h・℃)	
独	隙間の有効開口面積 (cm ² /m ²)	
通	暖冷房期間 (マスの数：1ヶ月を3マスとする)	
立	暖冷房時間 (時間)	
變	補正人数 (人)	
數	収入 1. 250万円以下 ↔ 8. 2000万円以上	
暖	暖房機器の種類 1. 全館暖房設備 2. 冷暖房エアコン 3. ファンヒーター 4. ストーブ	
房	冷暖房エアコンの台数 (台) ファンヒーターの台数 (台) ストーブの台数 (台)	
	換気方法 1. 熱交換型換気扇を運転する 2. 普通の換気扇を運転する 3. 換気口を開ける 4. 窓を開ける 5. 換気を行わない	
冷房	ルームクーラーの台数	

表4 相関行列による分析結果（暖房）

相関係数	暖房エネルギー	熱損失係数	隙間の有効開口面積	暖房機器の種類	エアコンの台数	ヒーターの台数	ストーブの台数	暖房期間	暖房時間	換気方法	補正人数	収入
暖房エネルギー	1.0000	0.3598	-0.1367	0.0402	-0.1115	-0.0830	-0.1768	0.0262	0.1199	0.2157	-0.2922	-0.3016
熱損失係数	0.3598	1.0000	0.0989	-0.5342*	0.2169	-0.5358*	-0.3532	0.1566	0.2765	-0.0488	-0.0954	0.1129
有効開口面積	-0.1367	0.0989	1.0000	-0.0630	0.3284	-0.0158	0.0107	0.2572	0.1635	0.2178	0.1888	-0.0473
暖房機器の種類	0.0402	-0.5342*	-0.0630	1.0000	-0.5152*	0.7413**	0.2659	-0.3040	-0.4877*	0.0873	0.1361	-0.4887*
エアコンの台数	-0.1115	0.2169	0.3284	-0.5152*	1.0000	-0.2635	-0.2089	0.1762	0.1975	-0.0313	-0.1218	0.2262
ヒーターの台数	-0.0830	-0.5358*	-0.0158	0.7413**	-0.2635	1.0000	0.1650	-0.1605	-0.6241**	0.0065	0.0346	-0.4024
ストーブの台数	-0.1768	-0.3532	0.0107	0.2659	-0.2089	0.1650	1.0000	0.1346	0.0833	-0.1085	0.3244	0.2745
暖房期間	0.0262	0.1566	0.2572	-0.3040	0.1762	-0.1605	0.1346	1.0000	0.4713*	0.5410*	-0.1836	0.2594
暖房時間	0.1199	0.2765	0.1635	-0.4877*	0.1975	-0.6241**	0.0833	0.4713*	1.0000	0.5083*	0.1334	0.3559
換気方法	0.2157	-0.0488	0.2178	0.0873	-0.0313	0.0605	-0.1085	0.5410*	0.5083*	1.0000	-0.2193	-0.3149
補正人数	-0.2922	-0.0954	0.1888	0.1361	-0.1218	0.0346	0.3244	-0.1836	0.1334	-0.2193	1.0000	0.5447*
収入	-0.3016	0.1129	-0.0473	-0.4887*	0.2262	-0.4024	0.2745	0.2594	0.3559	-0.3149	0.5447*	1.0000

ケース数：N=25 片側有意水準：* … 0.01 ** … 0.001

表5 相関行列による分析結果（冷房）

相関係数	冷房エネルギー	熱損失係数	隙間の有効開口面積	クーラーの台数	冷房期間	冷房時間	補正人数	収入
冷房エネルギー	1.0000	-0.3730	-0.1102	-0.0305	0.2280	0.3013	0.0972	0.1827
熱損失係数	-0.3730	1.0000	0.0989	0.0719	-0.1247	-0.1068	-0.0954	0.1129
有効開口面積	-0.1102	0.0989	1.0000	0.2827	-0.0692	-0.1833	0.1888	-0.0473
クーラーの台数	-0.0305	0.0719	0.2827	1.0000	-0.1612	0.1886	0.2472	0.5109*
冷房期間	0.2280	-0.1247	-0.0692	-0.1612	1.0000	0.2923	-0.0912	-0.0016
冷房時間	0.3013	-0.1068	-0.1833	0.1886	0.2923	1.0000	-0.2429	0.2370
補正人数	0.0972	-0.0954	0.1888	0.2472	-0.0912	-0.2429	1.0000	0.5447*
収入	0.1827	0.1129	-0.0473	0.5109*	-0.0016	0.2370	0.5447*	1.0000

■ : 相関係数 0.7以上

一は大きくなる。またグレード1では、暖房エネルギーが負となり、日射等の影響により、暖房する必要がないことを示している。冷房エネルギーは、グレードが大きい住戸ほど通風効果が大きく、冷房する必要がない。

7 まとめ

①新潟県の高断熱・高気密住宅では、全館暖冷房設備の保有率は小さく、従って24時間空調を行っている住戸も少ない。

②問題点として、夏季の熱環境では涼しくならないと回答した住戸が多く、冬季の空気環境では換気を行わない住戸があることが判明した。また、結露の被害はほとんどないが、室内で音が響くと回答した居住者が多い。

③エネルギー消費量は冬季に多く、特に灯油

の占める割合が高い。冷房エネルギーは、新潟という地域性により、暖房エネルギーに比較して非常に小さなものである。

④重回帰分析より、気密性能より熱損失係数の寄与率が高い。グレードが小さいと暖房エネルギーが負となり、グレードが大きいと冷房エネルギーが負となる。冷房エネルギーは暖房エネルギーに比較して小さいことから、新潟県では、熱損失係数を向上させることが最も有効な省エネルギー手法と考えられる。

参考文献

- 1)赤林、足立、真保；「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1～3）」日本建築学会北陸支部研究報告集 1993年7月
- 2)赤林、足立、真保；「全国8都市における住宅の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2、3）」日本建築学会（関東）学術講演梗概集 1993年9月
- 3)長谷川、吉野、石川；「東北地方を中心とした高断熱高気密住宅の健康性と省エネルギー性から見た評価（その1、2）」日本建築学会（東海）学術講演梗概集 1994年9月
- 4)瀬地、坊境；「住宅における用途別エネルギー消費量の推計」日本建築学会（東海）学術講演梗概集 1994年9月

表6 重回帰分析結果（暖房）

重相関係数R	0.58704
寄与率R ²	0.34462

	自由度	平方和	不偏分散
回帰	10	52355.73286	5235.57329
偏差	14	99568.23124	7112.01652
分散比 F =	0.73616	有意水準 Signif F = 0.6823	

変数	偏回帰係数B	SE B	標準偏回帰係数 Beta	分散比 T	有意水準 Sig T
収入	-10.75235	30.30054	-0.19406	-0.355	0.7280
有効開口面積	-19.37858	36.29254	-0.15978	-0.534	0.6017
熱損失係数	100.78410	60.78476	0.49309	1.658	0.1195
換気方法	11.03433	39.85029	0.13565	0.277	0.7859
エアコンの数	-7.75813	22.89372	0.09554	-0.339	0.7397
ストーブの数	13.08657	51.50010	-0.07232	0.254	0.8031
ヒーターの数	19.30097	41.43756	0.18947	0.466	0.6485
補正人數	-9.81521	24.05902	-0.17657	-0.408	0.6895
暖房期間	-3.21592	10.70958	-0.13553	-0.300	0.7684
暖房時間	2.55243	5.24157	0.22834	0.487	0.6338
(Constant)	-43.15633	181.63324		-0.238	0.8156

表7 重回帰分析結果（冷房）

重相関係数R	0.51932
寄与率R ²	0.26970

	自由度	平方和	不偏分散
回帰	7	109.52551	15.64650
偏差	17	296.58045	17.44591
分散比 F =	0.89586	有意水準 Signif F = 0.5307	

変数	偏回帰係数B	SE B	標準偏回帰係数 Beta	分散比 T	有意水準 Sig T
収入	0.68361	0.94787	0.23863	0.721	0.4806
有効開口面積	0.13496	0.31318	0.09674	0.431	0.6719
冷房期間	0.15650	1.48581	0.02496	0.105	0.9173
熱損失係数	-3.70914	2.35924	-0.35100	-1.572	0.1343
冷房時間	0.15357	0.17842	0.22373	0.861	0.4014
クーラーの数	-0.57045	0.91032	-0.15928	-0.627	0.5392
補正人數	0.09770	0.86094	0.03400	0.113	0.9110
(Constant)	11.43258	7.59396		1.505	0.1506

表8 シェルター性能と設備のグレード表

グレード	6	5	4	3	2	1
シェルターパラメータ	熱損失係数 (Kcal/m ² ·h·°C) 16.0	8.0	4.0	3.0	2.0	1.0
有効開口面積 (cm ² /m ²)	22.4	12.5	7.10	4.07	2.24	1.25
夏季	採涼	採涼	採涼	複数室冷房	全館冷房	全館冷房
冬季	採暖	採暖	採暖	複数室暖房	24時間空調	24時間空調
エネルギー消費量 (Mcal/m ² ·年)	冷房 暖房 給湯 照明動力 合計	O (-42.1) 1093.6 42.9 1136.5	O (-13.7) 481.3 42.9 524.2	O. 7 212.6 42.9 256.2	3.8 118.6 42.9 165.3	10.3 80.6 42.9 133.8
エネルギー消費量 (Mcal/m ² ·年)	13.8 O (-12.0)				5.6.7	
省エネ設備	日射遮蔽	日射遮蔽	日射遮蔽	日射遮蔽	蓄熱 日射遮蔽 太陽電池	
暖房設備	特に考慮せず (入居者の持込み 開放型ストーブ 電気コタツ等)	FF配管スリーブ (ストーブは 入居者の持込み)	FF式ストーブ設置	小型ヒートポンプ (ルームエアコン)	住戸セントラル方式	地域または住戸 セントラル方式
対象室	居間のみ	居間+寝室1	居間+寝室2	居間+全寝室	居間+全寝室 +浴室、便所	全室
冷房設備	特に考慮せず	クーラー用 配管スリーブ	クーラー設置	小型ヒートポンプ (ルームクーラー)	住戸セントラル方式	地域セントラル方式
居室の換気設備	特になし (サッシの隙間)	換気小窓	換気口	風量調整付き 換気口	機械排気	熱交換型給排気

指導教官：赤林 伸一 助教授