

# 住宅の暖房負荷

勝 田 高 司

住宅暖房は建築技術のみならず日常生活そのものに結びつく重要課題である。しかし、これに関する技術的問題が、われわれの現在の生活水準あるいはその悲観的見通しなどによって、固定されて、正当にとり上げられていないうらみがある。住宅に限らず一般に暖房は、建物の平面、断熱性、暖房器具あるいは装置、換気法さらに給湯および炊事設備などの要素が含まれる。また、快適性、衛生安全、設備取扱いの難易および経済などの問題も入ってくるので個々の場合についても一つではなく、いくつかの解答がえられる。

1戸建住宅の暖房負荷は2戸建あるいはアパートにくらべ非常に大きく、暖房費がかさむことはいうまでもない。都市住宅としては、集合住宅あるいはアパート形式

があらゆる点で合理的である。建築技術的立場からそれに焦点を合せて研究をするのも一つの行き方である。この方面ではことに近年英国の建築研究所の行った大規模な実物実験<sup>(1)</sup> (1949—1950) の最新の実験法および解析による豊富な資料がある。

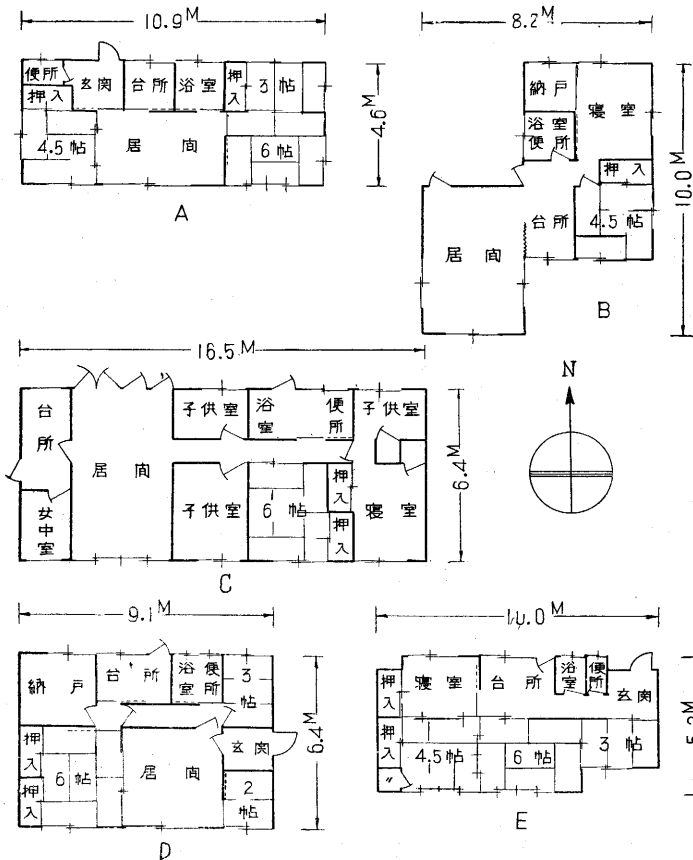
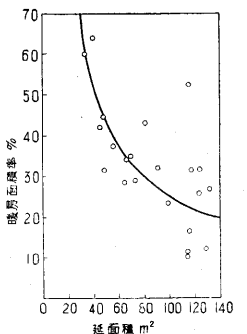
多種多様な1戸建住宅の暖房の問題を、しかもわが国のような気温の点だけでも地域的に相違の大きいところで、普遍的に解決することは至難のことである。ここでは1戸建住宅の暖房負荷を分析して暖房経常費に関する考察をする。

## 平面の形および暖房面積

住宅の平面の形が正方形に近いほど壁面積が少なくなるから暖房負荷が小になる。これにたいして、不整形のもの、細長いものはそれが大きい。また間取りによって窓、出入口などの位置、大きさが相違して、これがまた熱負荷を左右する。ここでは第1図に示す5種の平面の熱負荷をもとにして論じることにする。A、BおよびCは関東以南、DおよびEは寒地の住宅の例で、Bは不整形のもの、Cは比較的建坪の大きいものである。

実際問題としては全部の室に暖房をすることは東北地方、北海道などでさえ経済的理由から無理である。北海道での予備調査<sup>(2)</sup>から1戸当り延床面積と暖房床面積との比率をもとめると第2図のようになる。一般住宅についてはその延面積の30%前後に相当する部分が暖房されている。この比率が急な右下りになっているのは必要な最小限度まで暖房面積をきりつめているからである。

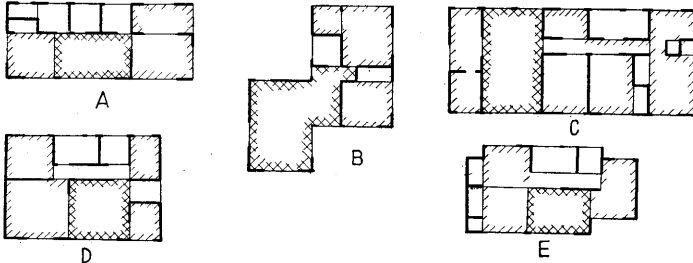
第1図にあげた5種の平面につき、暖房面積の影響を



第 1 図

第 2 図

見るために、(a) 建物内部全体、(b) 居間あるいは寝室、(c) 居間だけなどの3種の場合を考慮することにする。第3図において、(b)は一重および二重斜線部分、(c)は二重斜線の部分を暖房する。ここでは暖房方法に関係なく室内を所定温度にする部分をあらわしている。



第3図

周壁の構造

壁体、窓出入口、床、天井および屋根などの材料とそれらの工法によって熱貫流率がきまると、それらを通しての伝熱による損失が計算される。第1図のA~Eの住宅について在来の和風木造程度のものを含めて3段階の断熱性をもつ場合を考え、第4図のようなものとする。

I, IIおよびIIIの構造形式のとき、平面形式によって第1表のように多少の相違があるが、外周の面積にたいする平均熱貫流率はそれぞれ2.6, 1.6および1.2kcal/m<sup>2</sup>・h・°Cである<sup>(3)</sup>。

第1表

構造形式	平均熱貫流率 kcal/m <sup>2</sup> ・h・°C					平均
	平面形式					
	A	B	C	D	D	
I	2.5	2.8	2.65	2.3	2.5	2.6
II	1.7	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6
III	1.2	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2

風と敷地条件

建物からの熱損失のうち風による換気のためのものが隙間の多い従来の和風構造の場合、大きいときは伝熱による熱損失の数倍になる。壁、天井および床に隙間があるときは、ターフェルトあるいはルーフィングなどで、隙間風による熱損失を防ぐようにしたものとして、ここでは窓、出入口まわりの隙間をとりあつかう。

風力による換気量は一般に(1)式であらわされる。

$$Q = \varphi A c V_0 \cos \delta \dots\dots\dots(1)$$

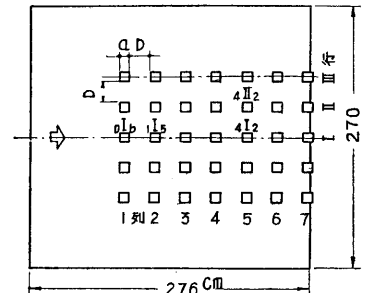
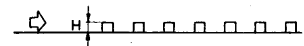
ただし、Q:換気量、φ:空気の流れ入口と流出口との間の抵抗に関する係数、c:風圧に関する係数、V<sub>0</sub>:外部自由風速、δ:風向の主壁面となす角。

φとAは建物の開口部あるいは隙間の条件できまられる。c cos δはその建物の形および周囲の状況できまるものである。建物の風上壁面および風下壁面の風圧係数をそれぞれC<sub>1</sub>およびC<sub>2</sub>とすると c = (C<sub>1</sub> - C<sub>2</sub>)<sup>1/2</sup>であらわされる。風圧係数Cは

$$C = (p - p_0) / (\rho V_0^2 / 2) \dots\dots\dots(2)$$

p:壁表面に作用する圧力、p<sub>0</sub>:その地区を代表する風あるいは気流中の静圧、ρ:空気密度、V<sub>0</sub>:その地区を代表し、個々の建物あるいは模型の影響をうけない風速。

測候所の風速記録をV<sub>0</sub>と考えcV<sub>0</sub>cos δを修正風速とすれば換気量はそれに比例する。周囲がひろびろして風が直接あたるときと市街地のように沢山の家の中にあるときではどの程度の相違があるだろうか、第5図のような風洞実験<sup>(4)</sup>によると、建物間隔と軒高との比D/Hが



第5図

5以上のときはほとんどまわりの建物の影響がなく、風向による影響が主となる。D/Hがそれより小さいときには第2表のように修正風速が小になり、δ=60°以下ではその影響を無視しうる<sup>(5)</sup>。

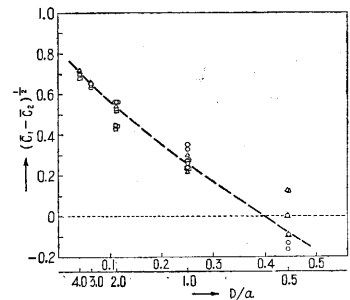
以上は建物の高さや幅が等しいときの場合についての結果であるが、建蔽率K(建物面積と敷地面積との比)はこれらの場合に

$$K = 1 / (1 + D/a)^2 \dots\dots\dots(3)$$

H=2aおよび0.5aの場合を含めて(C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>)<sup>1/2</sup>すなわち風速の修正率は第6図のように建物の高さの影響が少なく建蔽率であらわされる。

第2表

建物間隔と軒高との比 D/H	修正風速 単位 V <sub>0</sub>
5 以上	0.8~1.0 cos δ
4	0.7
3	0.6
2	0.5
1	0.2
0.5	0.1



第6図

建具の隙間

第1図にあげた5種の平面について、外周の窓および出入口の建具まわりの隙間の全長は第3表のように、驚くほど大きい。開口部に硝子面を大きくとるときは、夏

	外	壁	床
構造型式 I	<p>2 cm モルタル 5 cm L型コンクリート 9 cm 空気層 3 cm L型コンクリート 0.3 cm プラスター</p>	<p>1 cm 板 建築紙 2.5 cm 空気層 4.5 cm 土壁</p>	<p>0.3 cm リリウム 1.4 cm 板</p> <p>6.1 cm タタミ 建築紙 1.2 cm 板</p>
	熱貫流率 2.5		熱貫流率 2.5      0.85
構造型式 II	<p>1 cm モルタル 15 cm コンクリート 3 cm ミネラルウール 建築紙 0.6 cm ハードテックス</p>	<p>1 cm 板 1.5 cm 板 建築紙 2.7 cm 空気層 4.5 cm 土壁</p>	<p>2 cm 板 6 cm 空気層 建築紙 1.2 cm 板</p> <p>6.1 cm タタミ 建築紙 1.2 cm 板</p>
	熱貫流率 1.6		熱貫流率 1.6      0.85
構造型式 III	<p>1 cm モルタル 15 cm コンクリート 3 cm ミネラルウール 建築紙 0.6 cm ハードテックス</p>	<p>1 cm 板 2 cm 板 建築紙 10 cm シンダー 建築紙 2 cm 板</p>	<p>0.5 cm リリウム 2 cm 板 2 cm ミネラルウール 2 cm 板</p> <p>6.1 cm タタミ 建築紙 1.2 cm 板</p>
	熱貫流率 1.1		熱貫流率 1.1      0.85
	天井及び屋根	内 壁	窓 及 び 戸
構造型式 I	<p>2.2 cm 瓦板 1.0 cm 板 建築紙 0.7 cm 板</p>	<p>4.7 cm シツイ</p>	<p>熱貫流率</p> <p>ガラス戸及びガラス窓 0.2 cm ガラス      5.3</p> <p>ガラス入腰板戸 0.2 cm ガラス      4.1 0.6 cm 板</p>
	熱貫流率 3.4 3.7	熱貫流率 2.8	
構造型式 II	<p>2.2 cm 瓦板 1.0 cm 板 5 cm シンダー 建築紙 0.7 cm 板</p>	<p>4.7 cm シツイ</p>	<p>ガラス戸及びガラス窓 ガラス0.2 cm + 空気層 3.0 cm (有隙) + ガラス 0.2 cm      3.5</p> <p>ガラス入腰板戸 ガラス 0.2 cm + 空気層 3.0 cm (有隙) + ガラス 0.2 cm      3.7 0.6 cm 板</p>
	熱貫流率 3.4 1.6	熱貫流率 2.8	
構造型式 III	<p>2.2 cm 瓦板 1.0 cm 板 6.0 cm シンダー 建築紙 1.5 cm 板</p>	<p>4.7 cm シツイ</p>	<p>ガラス戸及びガラス窓 ガラス0.2 cm + 空気層 3.0 cm (密閉) + ガラス 0.2 cm      2.5</p> <p>ガラス入腰板戸 ガラス 0.2 cm + 空気層 (密閉) + ガラス 0.2 cm      2.2 板 0.6 cm + テックス 1.2 cm + 板 0.6 cm</p>
	熱貫流率 3.4 0.99	熱貫流率 2.8	

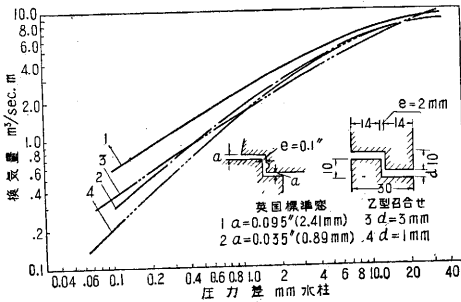
第 4 図

季の通風に必要なだけを閉鎖するようにして、他の部分にははめこらしにすべきである。

第 3 表

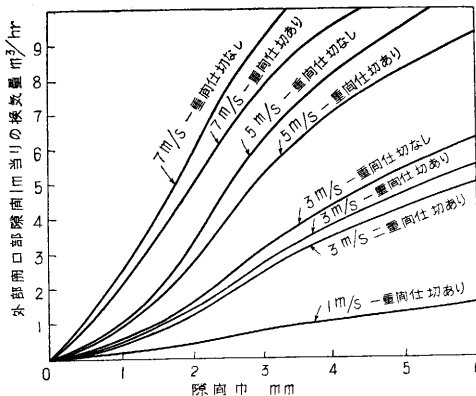
平面形式	A	B	C	D	E
隙間全長 m	79.8	84.2	98.1	49.9	70.5

建具隙間にはいろいろの形があり、幅もまちまちである。それを通る空気にはたいする抵抗がその幅と流速のレイノルズ数により変化するので、隙間の単位面積当りの流量はそれに作用する圧力差あるいは隙間幅が小になるほど少ない。建つげが悪い家ほど隙間風がなおさら通りがよくなる。第7図は建具隙間を通る空気量の例<sup>(6)</sup>である。



第 7 図

住宅の場合に窓および出入口に用いられる召合せの形式として、間仕切建具も考慮に入れ、風速 1, 3, 5 および 7 m/sec のときの換気量を数種の平面につきもめ、外周隙間長さ 1m につきあらわすと一定の値になる。それらの値を示したものが第 8 図である。これによって隙



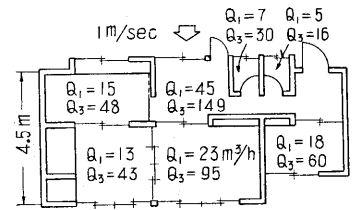
第 8 図

間の幅および全長から住宅にたいする換気量がわかる。普通の木造建具の隙間は 3 mm 程度である。第 7 図からわかるように隙間幅 3 mm の 2 重窓よりも隙間幅 1 mm の 1 重窓の方が有効で換気量は 1/4 になる。

建物の外周の建具隙間から侵入した空気は間仕切建具の隙間を通して各室に配分される、その 1 例をあげれば建具隙間幅 3 mm のとき第 9 図のようになる<sup>(9)</sup>。Q<sub>1</sub> および Q<sub>3</sub> はそれぞれ風速 1 m/sec および 3 m/sec のとき

の換気量を示す。

住宅用建具について、窓および扉の隙間幅の標準を少なくともそれぞれ 1.5 mm および 3 mm にするべきである。なお、隙



第 9 図

間幅の標準として ASHVE Guide のそれは一般および住宅用金属窓 0.4~1.2mm, 木製窓 1mm, 扉 1.5 mm, また英国標準窓のそれは 1.3 mm である。

最小限換気量

住宅の必要最小限の換気量としては、室内で一酸化炭素のような有毒ガスや大量の水蒸気を発生することがない場合について、在室者の体臭が外から入った人にたいして不快でない限度を目安としたものを近來米国および英国で採用している。すなわち、1 人当りの新鮮空気量 10 c. f. m. = 17 m³/h, 気積 1 人当り 4000 c. f. = 11.3 m³ が標準最小限度である。これは Yaglou その他の実験 (1936) にもとづいており、炭酸ガス超限濃度にもとづいてきめられるものよりはるかに少ない。体臭の度合は在室者の年齢、社会的経済的狀態によって異なる。また気積と換気量との関係は前記実験結果によれば第 4 表のようになる。

第 4 表

在室者	気積 m³/人	換気量 m³/min・人	
静坐	中流階級	2.8	0.71
		5.8	0.45
		8.5	0.34
		14.0	0.20
労働者	中流階級	5.7	0.65
		2.8	0.82
		5.7	0.50
		8.5	0.48
学童	中流階級	14.0	0.31
	貧困階級	5.7	1.08
上流階級	5.7	0.57	

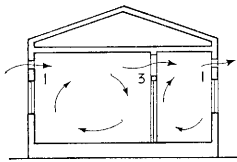
生活水準が上げば、住宅内で木炭や煉炭を用いたり、大量の水蒸気を発生する不完全な湯わかし、洗濯物や臭気を出す炊事などの不都合が適当な設備をして避けられるから、換気量は少なくともよい。さらに暖房の水

準が高くなるほど熱損失を小にするためにますます換気量の少ないことが要求される。わが国に欧米流の最小限度をもってきてよいかはまだ大いに疑問がある。しかし、英国における住宅の実状もこれ以下のものが多く、また 1 戸建の例でも第 9 図のように風速 3 m/sec にたいして 5 人分の最小限度 85 m³/h によりやく足りる程度である。衛生上の立場から最小限度を 1 人当り 17 m³/h とすれば、わが国の耐火造住宅、すなわち建具の隙間以外に隙間のない場合に建具の程度をよくして隙間幅が 3 mm よりせまいときには換気が不足する。だからといって、建具の隙間に必要な換気が依存していると風速の大きいときに必要以上の

換気が行われ、賊風を生じ、熱損失も大きくなる。これを解決するためには、建具隙間をなるべく少なくして、最小限の換気は専用の換気口により行い、強風のときは換気口のレジスターを調節して不必要な換気を防ぐ。

専用換気口<sup>(8)</sup>

断熱性のよい構造にすれば、建具まわり以外の隙間からの換気がなくなるうえ、建具の隙間も現在の普通程度のものより少なくなる。したがって衛生上の立場から専用の換気口が必要になる。換気口は空気の給気と排気のために1組が必要なことはいうまでもない。間仕切のあるときは、それに外気に接する換気口面積の2倍以上の



第 10 図

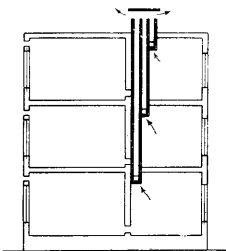
開口部をとれば、間仕切のために換気がほとんどさまたげられない。第 10 図のようなとき第 5 表によって換気口の面積がきめられる。

冬季平均風速 3m/sec, 住宅地の場合、修正風速 2m/sec 一世帯 5~6 人と仮定すれば、居間あるいは寝室にはそれぞれ給気口および排気口になる 2 個以上の換気口を設け、その 1 個の有効面積を直接外気に通じるものは 300 cm<sup>2</sup> 以上、換気のある廊下あるいは広間に通じるものは 600 cm<sup>2</sup> 以上とすればよい。冬季に直接外気を居室内に給気するとき暖房が充分でないと賊風を生じやすいから、レジスターは流入空気を速かに室内空気と混合させるようなもので、強風のときは開口部面積を調節できることが必要である。

第 5 表

所要換気量 m <sup>3</sup> /h	修正風速 m/sec							
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
	換気口有効面積 (片側) cm <sup>2</sup>							
20	100	60	50	25	—	—	—	—
40	185	130	90	60	40	30	—	—
60	300	200	150	95	70	55	40	35
80	410	270	210	135	100	80	65	50
100	520	350	265	175	125	110	80	70
120	630	420	330	215	160	130	110	90
140	760	500	400	270	190	160	135	110
160	850	580	450	320	230	190	150	125

排気口として、換気筒を設ければ、その室の汚染空気が他の室を通らずに外気に排出される。台所、浴室および便所にはもちろん居間寝室にもこれを設けた方がよい場合がある。換気筒を設けた室には給気口になるべき、それと同大程度の開口部が必要である。第 11 図はアパートの場合であるが 1 戸建についても同様である。



第 11 図

また換気筒は室内外の温度差によって煙突作用をする。非常に家屋が密集した地区

では風による換気作用より、その方が多くなる。第 6 表および第 7 表によって換気筒の直径が得られる。温度差  $\Delta T$  としては室内と外気との温度差の 1/2 程度をとって、温度差によるものと風によるものとのうち大きい方の直径をえらぶ。

第 6 表

所要換気量 m <sup>3</sup> /h	修正風速 m/sec						
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
	直 径 $\phi$ cm						
10	15	11	9	—	—	—	—
20	21	15	13	11	9	8	—
40	28	21	17	15	13	12	11
60	—	25	21	18	16	15	14
80	—	21	24	21	19	17	16
100	—	32	27	23	21	19	18

第 7 表

所要換気量 m <sup>3</sup> /h	$H \Delta T$ m <sup>3</sup> ·°C						
	5	10	20	60	100	200	400
	直 径 $\phi$ cm						
10	14	12	10	—	—	—	—
20	20	17	14	11	—	—	—
40	27	23	19	15	13	11	—
60	33	28	24	18	16	13	11
80	39	33	28	21	19	16	13
100	—	36	30	23	20	17	15
200	—	—	—	33	29	24	20
400	—	—	—	—	40	34	29

H: 換気筒の流入口から先端までの長さ < 9 m,  $\Delta T$ : 筒内平均温度と外気温度との差,  $H/d=10\sim70$ , セメント管, 直角エルボ1個, レジスターおよび障子つき, 室に換気筒断面と同大程度の外気流入口があるものとす。

台所および便所について換気筒の

第 8 表

室	所要換気量 m <sup>3</sup> /h	換気筒 直径 cm	修正風速 m/sec
台所 (6 人分以内)	60	25	2
便所 (水洗)	10	15	1

の先端は屋根上 2 尺以上立ち上げ

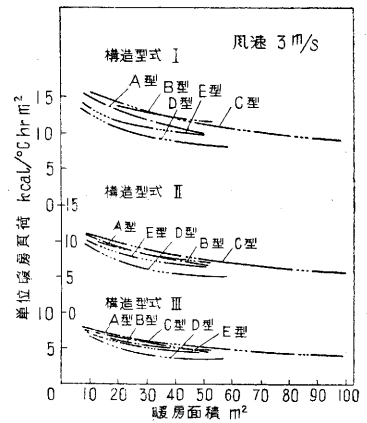
る。

暖房負荷

第 1 図にあげた 5 種の平面について、暖房面積および断熱構造をそれぞれ 3 段階とする

と 45 種の組合せができる。それに風速が 3 m/sec および 7 m/sec のときを考慮し、熱損失を計算して 1 戸建住宅についての室内外温度差 1°

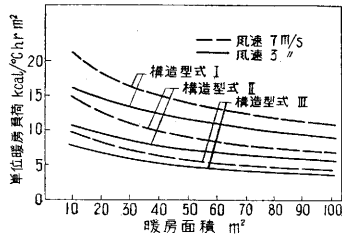
C. 暖房面積 1 m<sup>2</sup> 当りの暖房負荷をまとめたものが第



第 12 図

C. 暖房面積 1 m<sup>2</sup> 当りの暖房負荷をまとめたものが第

12 図および第 13 図である。



第 13 図

建具の隙間については構造 I, II および III の場合それぞれ幅 3mm 1重, 2mm 2重および 1mm 2重としてある。建具の程度が幅 2mm 以下のとき, 風速 3m/sec 以下のところでは単位暖房負荷は, 衛生必要新鮮空気量をうるために第 12 図の値よりやや大きくなる。

単位暖房負荷の平面形式による相違は構造が断熱的に良くなるに従い少なくなる。また暖房面積を小にすると単位暖房負荷は壁面積の影響を大きくうけて大きくなっていく。暖房費が面積の割に高いことになる。

平面形式による相違は単位暖房負荷について 30~40% とみられる。第 13 図はそれだけ余裕をみて第 12 図平面形式 C の曲線にもとづく, 風速 7m/sec および 3m/sec のときの住宅の単位暖房負荷の規準曲線である。

年度暖房費

室内温度を第 9 表のように仮定すると 1 日の平均が 13°C になる。

また 13°C 基準のデグリー・デー<sup>(9)</sup>は第 14 図のようになる。

燃料の発熱量, 暖房器具の効率お

時 間	温 度
7時30分から14時まで	13.5°C
14時 " 20時 "	18.0 "
20時 " 7時30分	7.0 "

よび, 市価 (昭和 28 年 11 月小売価格, 東京) を第 10 表に示す。木炭は参考までにあげたので, 火鉢, コンロなどをここでいう暖房の程度に使用すると, 一酸化酸素が制限量をこえ生命に危険がある。

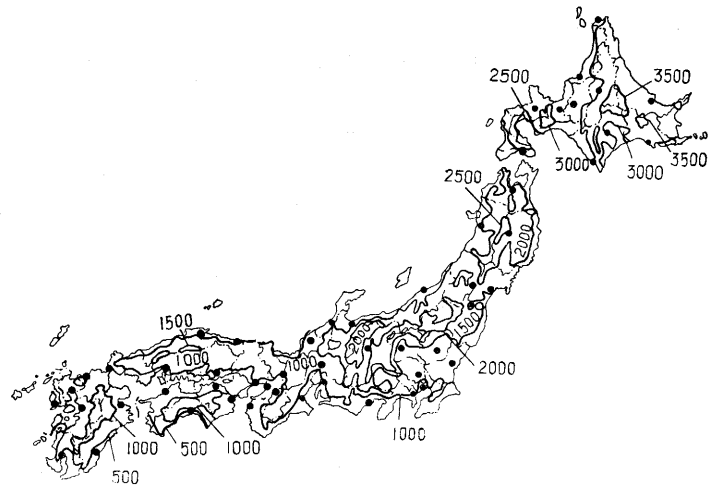
第 10 表

燃 料	発 熱 量 kcal/単位	器具 効率	市 価 円/単位	有効熱価 格 円/ 1000kcal
電気	860kcal/kWh	1	1.01円/kWh	11.75
ガス	3500 " /m³	0.7	16.28 " /m³	6.25
煙突あり	" " "	1	" " "	4.65
煙突なし	5800 " /kg	0.6	12.0 " /kg	3.45
石炭	" " "	"	" " "	"
石油	9000 " /l	0.7	30.0 " /l	4.76
煙突あり	" " "	1	" " "	3.34
煙突なし	6500 " /kg	1	33.0 " /kg	5.09
木炭	" " "	"	" " "	"

暖房年度の燃料費は (4) 式によってもとめられる。

$$F = (c/be)h24D \dots \dots \dots (4)$$

ただし, F: 燃料費 (円/年度), c: 燃料市価 (円/単位),



第 14 図

b: 発熱量 (kcal/単位), e: 器具効率, h: 単位暖房負荷 (kcal/m²h°C, 第 13 区使用), D: 13°C 基準デグリー・デー (°C 日)。

東京についての年度燃料費を計算すると第 11 表のようになる。

第 11 表

燃 料	暖 房 面 積					
	10m²			40m²		
	構造形式			構造形式		
	I	II	III	I	II	III
電気	45,200	30,000	21,400	138,600	88,000	58,800
ガス	25,200	16,900	11,300	78,000	49,600	33,100
煙突あり	17,900	11,900	8,500	54,900	34,900	23,300
煙突なし	13,300	8,800	6,300	40,600	25,900	17,300
石炭	18,300	12,200	8,700	56,100	35,700	23,800
石油	12,800	8,500	6,100	29,400	39,400	16,700
煙突あり	19,300	12,800	9,300	60,000	60,000	25,500
煙突なし						
木炭						

特別に断熱構造としないとき, すなわち構造形式 I でも平面の断熱特性がよい場合に年度暖房費は第 11 表の値の 30% 減になる。暖房面積 20m² (6坪) のとき, 東京で石炭を使用し, 平面特性をよくすれば構造形式 I にたいし 17,000 円, これに断熱をして構造形式 II 程度すれば年度暖房費 10,000 円程度になる。暖房費はデグリー・デーに比例するから, 寒冷地においては断熱構造として単位暖房負荷を小にしなければならない。

(1954. 9. 28)

文 献

- (1) 勝田・寺田, 英国の住宅暖房実物実験, 建誌, 67巻 791号, 昭和 27年 10月
- (2) 勝田, 住宅暖房の基礎的考察, 建報 2号, 昭和 27年 7月
- (3) 西藤・竜谷, 建築学会計画規程委員会燃料分科会資料, 昭和 29年
- (4) 勝田・後藤, 建物周囲条件の換気通風におよぼす影響, 建報 27号, 昭和 29年 5月
- (5) 勝田千利, 通風に関する実験的研究, 建論, 26号, 昭和 29年 7月
- (6) THOMAS, D. A. Dick, J. B., Air Infiltration through Gaps Around Windows, Journ. I. H. V. E., June 1953 21, (214), 85/97
- (7) 勝田, 自然換気に関する実験的研究, 生研報告, 1巻 2号, 昭和 25年
- (8) 勝田・寺沢, 小住宅の建具隙間による換気量, 建報, 25号, 昭和 29年 2月
- (9) 勝田・寺沢, 耐火構造住宅の専用換気口について, 建報, 26号, 昭和 29年 5月
- (9) 勝田, 暖房と熱経済, 生産研究, 2巻 2号, 昭和 25年 2月