

# 住宅と設備計画

勝田高司

## 1. 熱環境

室内の環境すなわち気温、湿度、気流および壁面温度などの人体におよぼす影響によつてわれわれの主観的快適性がきめられる。主観的快適条件は気候馴化、年齢、性別、人種の相違などによつて多少ちがうが、人体の熱調節という生理的現象にもとづいている以上貧富、人種のかんによらず原理そのものはかわりない。低生活水準のためにわれわれの熱環境もまたまことにまづしいのであるが技術的に努力すべき余地が多いのであつて、われわれ日本人の快適条件そのものが低水準にあるような錯覚をおこしてはならない。

### (1) PARTITIONAL CALORIMETRY

人体は正常な生命を維持するために 100~1000kcal/hr の熱を発生し、しかも体内温度を 37°C の恒温にたもたなければならない。したがつて発生する熱に相当して熱を体外に放出することが必要である。着衣安静状態で気温 20°C 湿度 50% の室内において輻射、対流、蒸発によつて人体から発散される熱の割合はおよそ 2:2:1 である。室温が 35°C 以上になると輻射、対流によるものは受熱となり蒸発だけによつて熱が放散される。

このような人体の熱生理に関する研究は Rubner (1896) 以来発展してきたもので、近年この分野でことに目立つものは John B. Pierce 衛生研究所の Winslow, Herrington, Gagge などが 1936 からはじめた Partitional Calorimetry による研究成果である。人体の熱調節の原理をこの研究を中心としてのべる。

人体と周囲環境との熱交換は一般につきのように現される。

$$M - E \pm C \pm R = \Delta H$$

あるいは  $M - E \pm A_c(\Delta T_A) \pm \sqrt{V} \pm A_R K(\Delta T_W) = \Delta H$   
 M: 代謝量の測定値, E: 発汗による冷却量, C: 対流による冷却 (加熱),  $A_R$ : 人体のある姿勢についての有効輻射面積,  $K = 4KT_s^3$ , Stefan の法則の第1近似, K は黒体輻射常数,  $T_s$  は体表面温度,  $\Delta T_W$ : 体表面温度と平均輻射温度との差,  $A_c$ : 人体のある姿勢についての対流の常数,  $\Delta T_A$ : 体表面温度と空気温度との差, V: 平均風速,  $\Delta H$ : Heat Change, 体温変化による熱量の変化, 体温差×体重×0.83。

環境条件のそれぞれが人体の熱放散の各要素におよぼ

す影響を知るためにはこれらの要素をべつべつに測定してはじめて上記のような一般的関係が証明される。これを Partitional Calorimetry という。

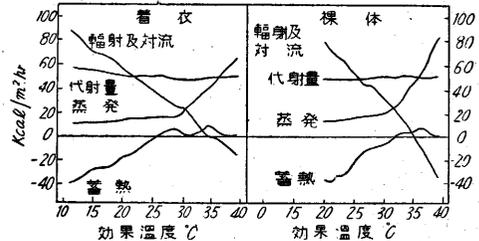
Winslow, Herrington は空気温度と平均輻射温度にたいする人体の反応が似ているところからこの2つを総合した温度指標 Operative Temperature, OT を提案した。

$$T_o(OT) = \frac{K_R T_W + K_C T_A}{K_R K_C}$$

ただし,  $K_R = A_R(4KT_s^3)$

$$K_C = A_c \sqrt{V}$$

この OT にたいする人体からの熱放散の各要素は第1図のようになる。



第1図

生理的熱中性域 Zone of Vasomotor Regulation は裸体安静: 29~33°C OT, 着衣安静: 25~29°, 裸体作業 (300 kcal/hr): 19~21 °である。

### (2) 快適条件

主観的快適条件の指標としては ASHVE の Effective Temp が代表的なものである。この ET スケールによる日本人にたいする快適域は、普通着衣軽作業: 冬季 16~20°CET, 夏季 19~23 °である。また主観的快適範囲を OT であらわすと裸体安静: 28°COT, 裸体作業 (300 kcal/hr) 16~17 °で、これは生理的熱中性域よりも OT スケールでやや低温である。

住宅の室内温度として 18~24°C OT を米国公衆衛生協会 (1946) が標準としている。これは着衣安静ないし軽作業の快適域に相当している。なお工学的には普通の室内温度および風速の場合 OT は平均輻射温度と室温との平均値としてさしつかえない。主観的快適域が生理的熱中性域とほとんど一致していることはその熱現象としての普遍性をしめすと同時に環境を構成するための工学技術との関係を明らかにするものである。

## 2. 熱 断 構 造

### (1) 熱貫流および結露

屋根、壁体、床からの熱損失あるいは熱取得を減少させるには熱貫流率  $U$  を小にすること、すなわち構造的には次の方法による

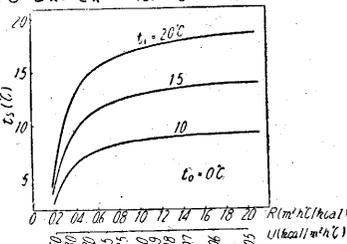
(1) 壁材料の厚みを大にする。ただし普通のコンクリートは熱伝導率が大いから、これを厚くすることは不経済で問題にならない。

(2) 断熱材料層。断熱材料はそれ自身では構造体にならない。板、フトン、充填材料などにして構造の一部として使いよい必要がある。軽量コンクリート、ブロックなどで断熱効果の大いものもこれに属する。

(3) 空気層。熱は空気層中を輻射と対流によつてつたわる。壁内の 20 mm の空気層は 22 cm のコンクリート層に相当する。空気層の厚さを 20 mm 以上とつても効果をまさない。せまいほどよい。

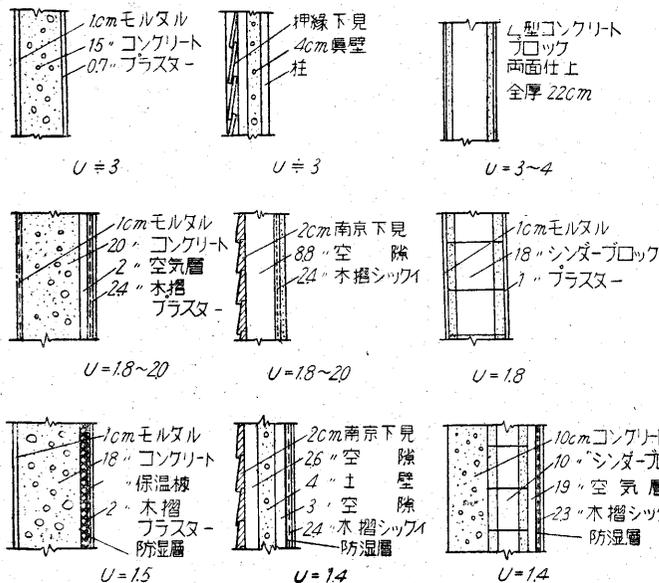
(4) 反射層。Al 箔 (厚さ 0.007~0.05 mm 程度) を空気層に併用して輻射による伝達を防ぐ。純度の高いものを使用すればさびるおそれがない。

壁の表面温度が室内空気の露点温度より低いときに結露がおきる。これは寒冷地ではことに重大な問題である。住宅ではまづ蒸気の発生量を小にする対策と  $U$  を小にして表面温度を上げることが



第 2 図

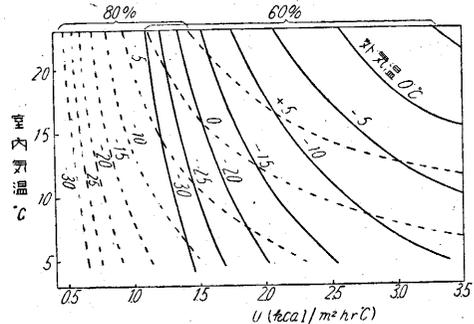
### 壁 体 の U



第 4 図 (1)

必要である。 $U$  と壁内表面温度との関係は第 2 図にしめすようになる。

また内壁表面に結露を生じないための  $U$  は第 3 図によつてもとめられる。



第 3 図

$U$  を小にすれば同じ内外温度差にたいし壁表面温度が冬は上り夏は下るから快適性も良くなるのである。

### (2) 断熱構造および防湿層

各部分の構造とそれらの  $U$  の値は第 4 図のようになる。断熱構造には壁体中での結露または凍結を防ぐために防湿層をもうけなければならない (第 4 図参照) 壁体中の水分は水蒸気になって高温側から低温側に移動するのであるから防湿層は壁体の高温側にもうける。壁体材料の熱伝導率は吸湿によつていちじるしく大きくなるため不完全な防湿は悪循環的に害を大きくするから注意を要する。

## 3. 暖 房

### (1) 熱 経 済

住宅の暖房はことに経済的な条件の支配が大きい。少量の燃料で室内を暖くするためには建物から逃げる熱を小にしなければならない。構造体の部分としては熱貫流率  $U$  を小にし、また隙間風を防いでむだな熱損失をなくすることが対策になる。暖房の経済を支配する要素の間には次のような関係がある。

一冬の熱損失量  $H$  とすれば

$$H = U^* A 24 D \text{ kcal/season}$$

$U^* = U + 0.3Q/A$ : 単位面積あたりの熱損失 kcal/m<sup>2</sup>hr°C,  $U$ : 平均熱貫流率 kcal/m<sup>2</sup>hr°C,  $Q$ : 換気量 m<sup>3</sup>/hr,  $A$ : 伝熱面積 m<sup>2</sup>,  $D$ : その土地の度日 °Cday

燃料費  $F$  は

$$F = C/be \cdot H = C/be \cdot U^* A 24 D \text{ ¥/season}$$

$C$ : 燃料価格 ¥/unit,  $b$ : 発熱量 kcal/unit  
 $e$ : 暖房設備の効率

保温対策によつて  $U^*$  が  $4U^*$  減少すれば費用の減少は

$$\Delta F = C/be \cdot 4U^* A 24 D$$

断熱的にするための費用の増加と暖房設備費の減少との差  $I$ , ¥. 償却費  $a$  ¥/year とすれば

$$a = r / \{1 - (1+r)^{-n}\} \cdot I$$

$r$ : 年利率,  $n$ : 償却年数. 利率を考慮に入れないときは

$$a = I/n$$

断熱が経済的にひきあう条件は

$$4F \geq a$$

普通の木造独立住宅 (53 m<sup>2</sup>) とコンクリートアパート (42 m<sup>2</sup>/戸) の  $U \cdot A$  を比較すると第1表のようになって独立家屋の熱損失が非常に大きい。

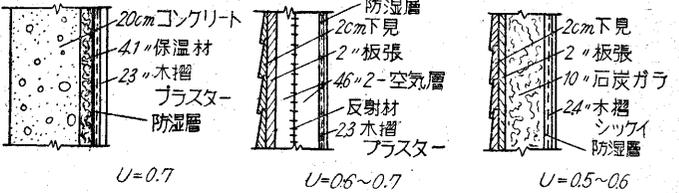
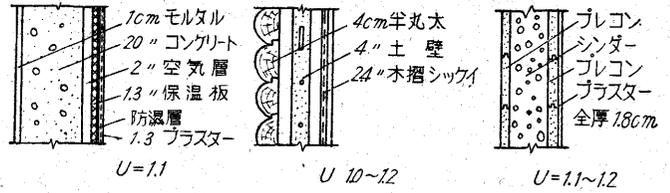
第 1 表

	換気による熱損失 (2)				全熱損失 kcal/hr°C		
	kcal/hr°C				建具上	建具並	85 m <sup>3</sup> /hr
	傳熱損失 (1) kcal/hr°C	建具上	建具並	85 m <sup>3</sup> /hr (3)			
コンクリートアパート (4) 1戸当り	91	6	38	26	97	129	117
独立住宅 (洋風)	257	41	(5) 97	(5) 26	298	354	283

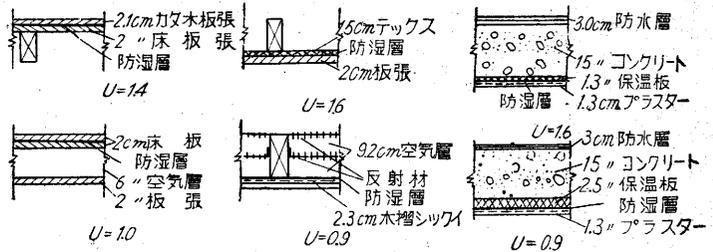
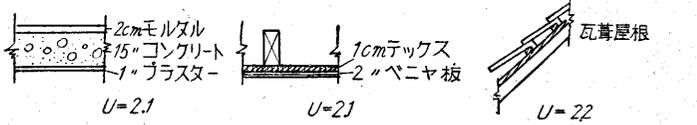
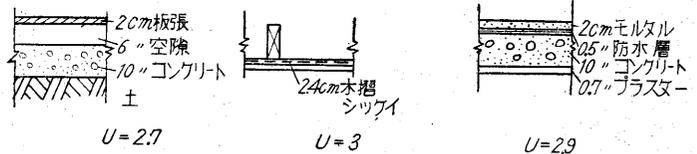
(1) 居間および台所を暖房する。(2) 風速 3 m/s 間仕切りは開放されている。(3) 収容人員 5 人の最小限換気量。(4) アパートは上下左右が暖房された 1 戸当り。独立住宅は木造洋風。ともに 1 重窓。暖房面積はそれぞれ 18 m<sup>2</sup>

アパートは伝熱面積が小になるために有利になる。最上階の端の室でも伝熱損失は独立住宅の 6~7 割になるであろう。木造和風住宅の程度のあるものは換気損失が伝熱損失の 4 倍にもなる。

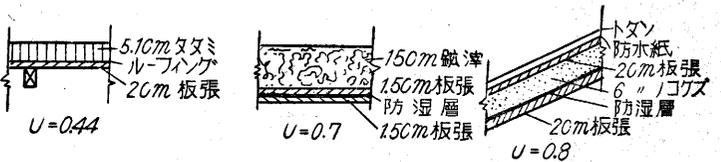
度日は室内温度とその土地の気温によつてきまるものである。室内平均温度 10°C, すなわち朝 7 時から晩 9 時まで平均 13.5°C あとは平均 5°C にたつものとする と 10°C ベースの度日数  $D_{10-10}$  は第 5 図のようになる。英国住宅要覧 (1949) には熱供給の基準として居間: 18.3°C その他の室: 7~10°C を目標にしている。英国の寒さの程度はおおよそ



床・天井・屋根の U



第 4 図 (2)

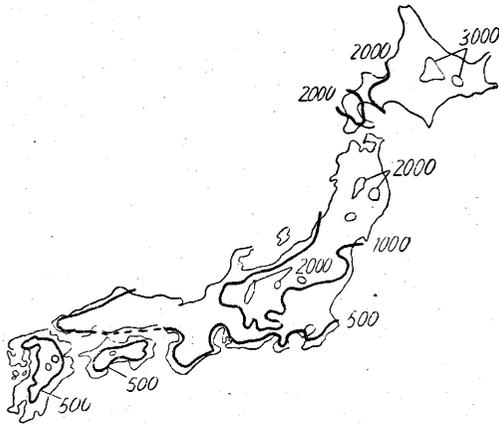


第 4 図 (3)

第 2 表

	負 荷 kcal/hr°C	器 具 の 容 量					
		石 炭 (1)	ガ ス (2)	電 気	放 熱 器 面 積		
					温 水	蒸 気	温 水
コンクリート・アパート 1戸当り	130	0.35 kg/hr	0.46 m <sup>3</sup> /hr	1.5 kWh	2.6 m <sup>2</sup>	1.9 m <sup>2</sup>	
木 造 住 宅 (洋風)	350	1.0 "	1.25 "	4.0	7.0 "	5.0 "	

(1) 発熱量 6000 kcal/kg, 効率 0.6 (2) 発熱量 400 kcal/m<sup>3</sup>, 効率 0.7



第 5 図

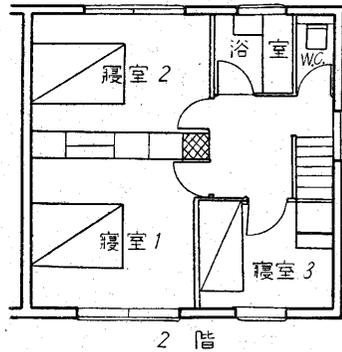
わが東北地方に相当しているが、壁、床、天井のUの値の最大値を  $1.5 \text{ kcal/m}^2\text{hr } ^\circ\text{C}$  とし  $1.0 \sim 1.2$  を勧告値としている。

(2) 暖房設備

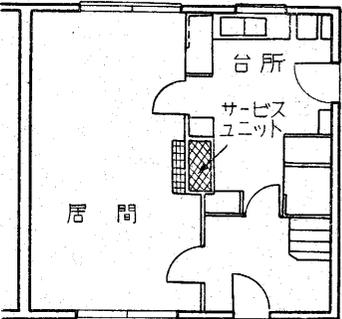
第 1 表の例によつて暖房器具の容量を室内外温度差を  $10^\circ\text{C}$  としてもとめると第 2 表のようになる。

器具の容量は  $U \times A \times (\text{室内外温度差})$  によつてきまるのである。なお 1 冬の燃料費は例の木造住宅の場合東京において ( $D_{10-10} = 580^\circ\text{Cd ay}$ ) 石炭 1.35 ton 約 1,500 円になる。

コンクリートアパートなどには暖房給湯設備をするのを原則とし、やや規模の大きい住宅には温気暖房設備程度をもうけたいものである。このようなときは放熱器の形、位置を建築計画と密接に関連してきめなければならない。



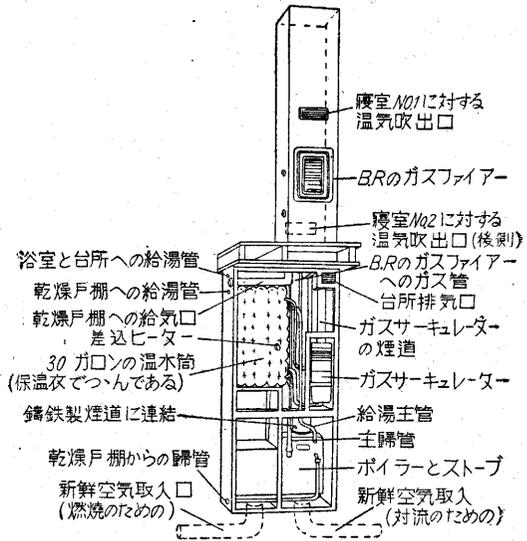
2 階



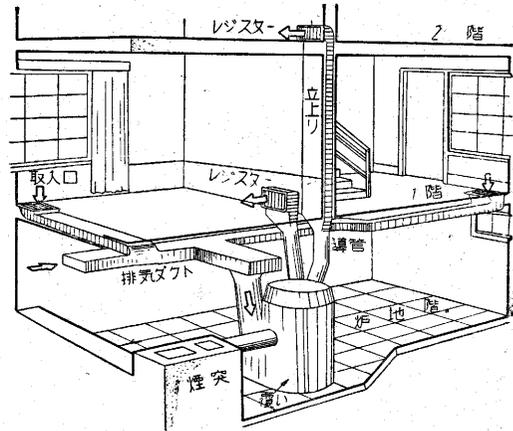
1 階

第 6 図 (1)

英国労働省案の組立式サービスユニット (1945) および住宅用温気暖房設備の例は第 6 図および第 7 図のものである。



第 6 図 (2)



第 7 図

4. 換気および通風

(1) 自然換気

従来の木造住宅のように開口および建具の隙間などが多い構造は換気不良の危険が少ないが、不燃構造あるいはコンクリートアパートなどの場合の窓、扉の開放あるいは建具の隙間などに依存する換気は強風時の賊風、熱損失、あるいは弱風時または居住者の不注意による換気不足、など不快、不衛生、不経済のみならず酸化炭素などによつて生命を失う危険もある。英国建築規準 (C, P 6/1945) にみられるように、ことに住宅にはそれだけで所要換気量をたもてる換気口または換気筒をもうける必

要がある。

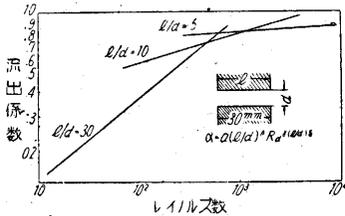
C.P. および米国公衆衛生委員会 (1946) によると居間、寝室にたいして  $17 \text{ m}^3/\text{hr}\cdot\text{p}$  の最小限值を規定している。なお C.P. によると、台所:  $28 \text{ m}^3/\text{hr}$ , 浴室, 便所:  $3 \text{ a.c.}/\text{hr}$  としている。

換気口にたいする規定として、ロンドン市条令によると居室の最小開口として、直接外に通じる煙突、換気口:  $322 \text{ cm}^2$ , 廊下、広間に通じる開口:  $645 \text{ cm}^2$  である。わが建築規準法第 28 条の規定は、開口部の換気に有効部分の面積は居室床面積の  $1/20$  以上としているがその開閉は居住者にまかされている。 $1/20$  規定は常時開放の換気口としては過大で、また夏季の通風には過小である。

隙間風防止の対策としては次のようなこと柄がある。

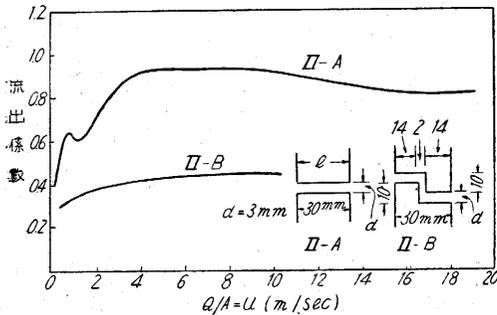
- (1) 引違い建具は隙間の長さおよび幅が大であるからこれにかわり片開きあるいはすべり出障子を用いる。
- (2) 夏季の通風にさしつかえないかぎり窓にはめこりし部分をつくり隙間を少くする。
- (3) 建具の粗悪なものは平均隙間幅  $3 \text{ mm}$  程度と考えられる。

材料、工作の程度を上げて住宅用建具の平均隙間幅を欧米なみに  $1 \text{ mm}$  程度にすべきである。隙間の流出係数は例えば第 8 図のようになる。通量気は (流出係数  $\times$  隙間幅  $\times$  隙間長さ) に比例するのである。



第 8 図

- (4) めし合せはかならずあじやくりとする。あじやくりの効果は例えば第 9 図のように通気量を約  $1/2$  にする。



第 9 図

- (5) 適所に 2 重窓、風除けぶち、バックングなどを使用する。

居間、寝室、台所、便所などがそれぞれ独立した換気経路をもつようにしたものが望ましい。例えば第 10 図のようにする。

流入口を床面近くにもうけ空気が加熱されて入ってくるように暖房設備をするのがよいことはいまでもないが、わが国の現状では適当な暖房設備がないためにそのような流入口をかりにつくつたとしても居住者がふさいでしまうから、建具隙間幅  $1 \text{ mm}$  を程度としてこれを流入口にするものを考える外はないであろう

自然換気は風力と温度差によつて

自然換気は風力と温度差によつておこる。建物間隔が棟高の  $1.5$  倍程度になると温度差によるものが風力によるものと同程度の大きさになるから、それ以下の密集敷地では是非とも流入口として換気口をもうけて換気量を大にしなければならない。一般には風力によつて設計すればよかろう。設計用の風速は第 3 表のようになる。

第 3 表

敷地条件	設計用風速 $V_d$
隣家との距離が棟高の 5 倍以上	$1.1 \text{ m}/\text{scos}\delta \cdot V_0^{(1)}$
〃 3~4 倍	$V_0$
〃 2~1.5 倍	$0.4 \sim 0.7 V_0$
〃 1 倍以下	$0.15 \sim 0.2 V_0$

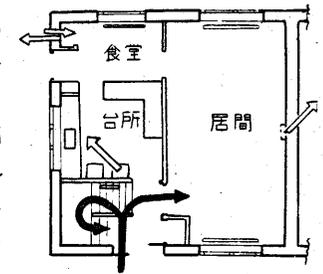
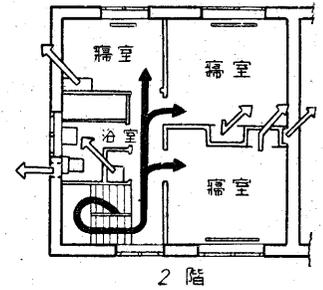
(1)  $\delta$  は自由風向と主壁面の法線とのなす角,  $V_0$  は自由風の平均風速。(2) 3~4 倍以下は  $\delta < 60^\circ$

所要換気量、風速から換気口及び換気筒の正味の大きさは第 11 図、第 12 図のような場合にたいしそれぞれ第 13 図、第 14 図のようになる。

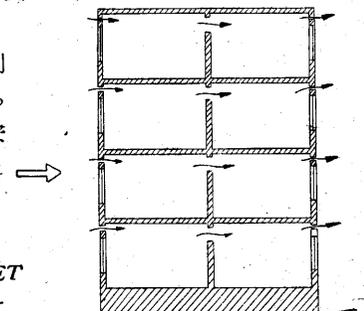
これらはおこりうる場合の最も不利な条件をとつてあるから実用には安全側にあるものと考えられる。

(2) 通風

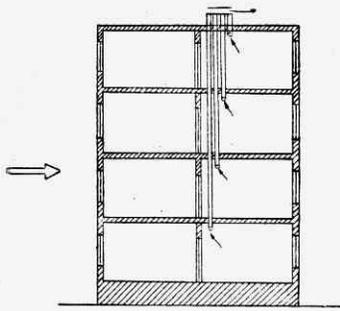
夏季の通風は  $ET$  を下げるためにぜひとも必要であ



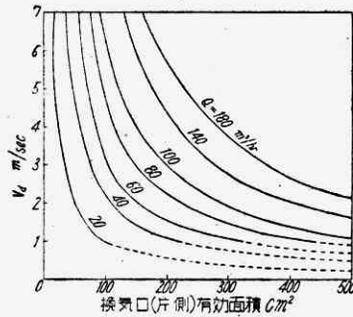
第 10 図



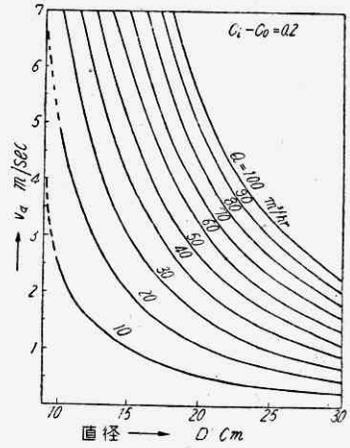
第 11 図



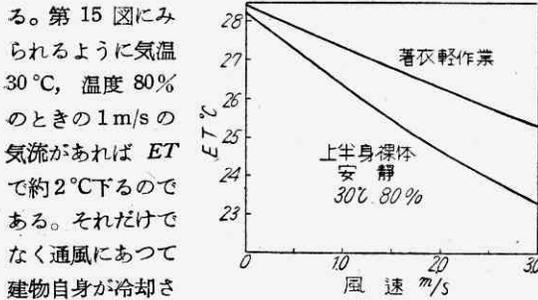
第 12 図



第 13 図



第 14 図



第 15 図

窓の通風による室内の気流は第 16 図のように方向大きさとともに様でない気流の分布を生ずる。

平均通風量は  $A_0$ ,  $A_1$ : 流出, 入口の面積,  $M = A_0/A_1$  とすれば

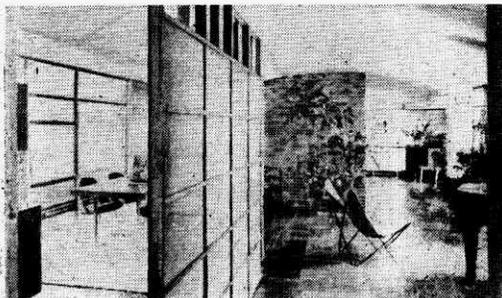
$$Q_w = \varphi A_0 V_d \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\varphi = 0.65 (1 + M^2)^{-1/2}$$

窓に平行な室断面面積  $A_r$  とすると室中央部の平均風速はおおよそ  $3Q_w/A_r$  である。アパートなどの場合、風上および風下窓がそれぞれ  $1.8\text{m}^2$  開放されていれば、室

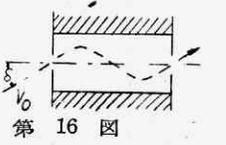
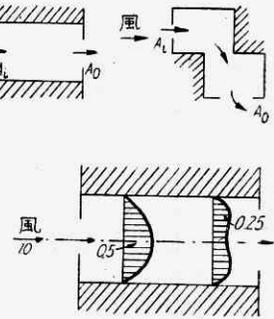
(52 ページから続く)

屈なものではなく、いろいろと工夫されているスキップ・フロア・システムといって、2層を1組にして計画することによって、廊下のなくてすむ階をつくり、それぞれの住居単位について、建物の両側へ開口をもち、したがって突きぬける通風をもつことができ、また各戸にバルコンがつき、高層建物にいながら戸外生活をたのしめる



⑨ コンプトン博士の住まい

内平均風速および室内最大風速の設計用風速にたいする比はそれぞれ 0.25 および 0.4 程度である。なお、流入口と流出口の面積の和が一定ならば  $M=1$  のとき通風量が最大になる。第 3 表からわかるように極端な密集地では開放地の約 5 倍の開口が



第 16 図

なければ同じ室内空気をうることができないのである。このことから密集地の住宅においては自然換気、通風にたよることが無理であることがわかる。(1952・8・27)

よくなっている。建物の全体の外観も爽爽としたものである。

このアパートの屋上にはすばらしい住宅が1つ建っている。空中高い屋上全体を敷地と考えて、ここに自由なプランの独立住宅が建てられている。こうしたベントハウス型の住宅は都市アパートの便利さと、高層ビルの屋上という都塵から離れた快的な環境にのびのびとひろがる独立住宅のよさを兼ね備えるものとして、近代住宅の将来に対して、1つの示唆を投げるものである。このベントハウスには MIT の前総長の物理学者コンプトン博士夫妻が住んでおられる。

5. 日本の影響 以上で住宅の主な型についての紹介を終るが、最後にアメリカの住宅の最近の傾向に対する日本の影響について一寸ふれよう。世界の近代建築の発展史において日本の住宅はその開放性・デザインの単純明快さ、畳その他の規格性等によつてヨーロッパの建築

(17 ページへ続く)