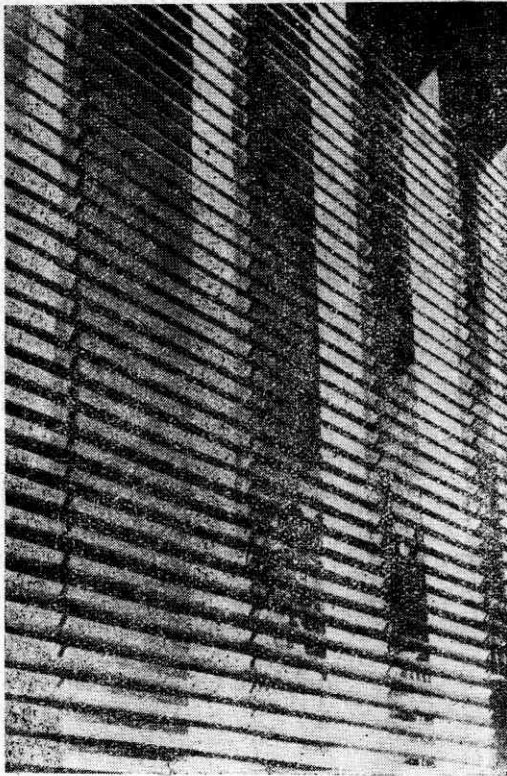


氣候區と防暑對策

渡邊 要 (建築)



通風調節の自由な日除け

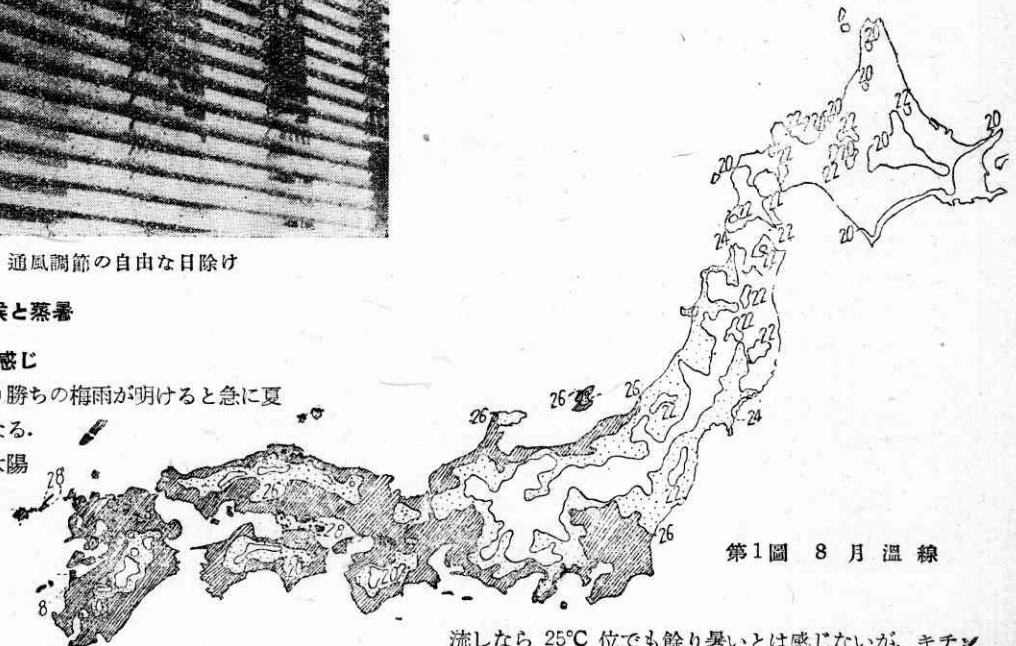
A: 體感氣候と蒸暑

1-1 暑さの感じ

内地では曇り勝ちの梅雨が明けると急に夏らしい天氣になる。7月中旬から太陽はじりじりと照り付けて、暑氣が旺になり蒸暑く、いわゆる盛夏の候に入り、8月になるとまさに極暑の候で各地の平均氣温はほとんど例外なしにこの月が最も高くなる。すなわち1年中での最暖月はわが國では8月である。北海道でも8月の平均氣温は20~22°Cとなり、本州・四國・九州にかけては22~27°Cに達し、關東以西は概ね25°C以上に昇り、局地的には28°Cをこえる所もある。また日中の最高氣温は32°C以上になることが多いから、日盛りの暑さは格別である。さらにわが國の夏は相對湿度は80%以上に及ぶから蒸暑く、その上風がなければ誠に耐えられないくらいの蒸暑となる。

●暑さ寒さの感じを體感というが、氣温25~26°C以上の暑熱はわれわれのからだにこたえる。もつともわれわれは歐米人よりも蒸暑氣候になれているから、單衣の着

わが國はおおむね高湿度多濕であるから蒸暑い。われわれの身體に及ぼす暑さ寒さの感じは單に氣温ばかりではない。相對湿度や風の強さなどの綜合された體感による。各地の體感が違えば家の建方も地方によつて當然異なるべきである。こういう意味で建築は地方的特性をもつたものが合理的である。この小文はそのために必要な建築氣候區分とくに蒸暑を對照とした夏の氣候區についてのべ、さらに防暑對策について述べたものでする。



第1圖 8月温線

流しなら25°C位でも餘り暑いとは感じないが、キッチンと洋服を着たときには22~23°Cでも暑苦しい。氣温が高くなる程暑熱感が強くなるのはもちろんであるが、第1圖は最暖日(8月)の平均氣温による等温線を示したもので、圖の點々で表われた區域は24°C以上、斜線區域は26°C以上、黒地部分は28°C以上の區域を示す。すなわち北海道と東北・中部山岳地帯を除いて、わが國のほとんど大部分は夏の暑さが強いことは物語っている。

また暑熱感が高氣温の繼續日數が短かければ案外暑さに耐えられるが、永く續くと體感の程度が違ってくる。例えば東京の8月、大阪の7~3月は常夏のマニラやパタヤの暑さに匹敵するが、暑いといつてもその繼續期間が割に短から南方地方のような久遠の暑さに苦しめられることはない。いま日平均氣温が25°C以上に達す

る日の7~9月のダイグリーデー(D)*を求めると第1表の如くである。

第1表 夏季ダイグリーデー

| 地 名 | 7月のD | 8月のD | 9月のD | 計 |
|-----|------|------|------|-------|
| 札幌 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 仙台 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 新潟 | 4.8 | 22.9 | 0 | 27.7 |
| 松本 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 東京 | 7.4 | 22.1 | 0 | 29.5 |
| 潮岬 | 15.1 | 31.3 | 2.7 | 49.1 |
| 大阪 | 39.4 | 72.5 | 9.1 | 121.0 |
| 広島 | 22.0 | 57.0 | 5.5 | 84.5 |
| 高知 | 17.8 | 35.0 | 1.4 | 54.2 |
| 福岡 | 23.5 | 45.6 | 0.7 | 71.6 |
| 鹿児島 | 39.5 | 61.7 | 8.8 | 110.0 |

(中央気象台：累日平均気温報告，1947年より計算)

體感上最も重要な要素は気温であるから，第1圖や第1表から各地の暑さの程度をうかがうことができる。しかし體感に単に気温だけでは決まらない。相對濕度や氣流の速さがこれに影響する。さらに戸外では日射，室内では周壁面の輻射温度も關係する。これらの諸要素が綜合的に作用してわれわれの體感に暑さ寒さの感じを起させるものである。

體感度を y とすれば，體感は気温(t)・相對濕度(ϕ)・風速(v)・周圍物體表面の平均輻射温度(r)の函数で表わした一つの綜合指數で示されることがわかつてゐる。すなわち

$$y_1 = f(t, \phi, v, r) \dots \dots \dots (1)$$

となる。室内で $t=r$ のときは

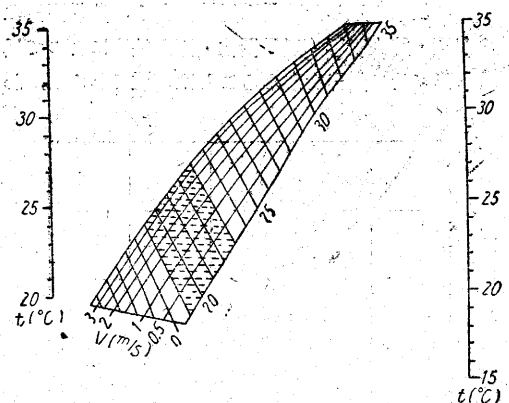
$$y_2 = f(t, \phi, v) \dots \dots \dots (2)$$

となる。(2)式による體感度の指標を一般に感覺温度(ETと略記す)といい，例えば第2圖からETを求める。しかし t, ϕ, v を函数とすることには變りがないが(7)式から體感度を求めることもできる。また室を閉切つたときは氣流は少なくなり，もし濕度が中庸で餘り問題にならなければ

$$y_3 = f(t, r) \dots \dots \dots (3)$$

で體感度を表わすことがある。(3)式は冬季暖房時には適當な指標であるが，夏季には(2)式を用いて體感度を判定する方がよい。この値が大きい程暑い。第2圖は乾球温度(t)と濕球温度(t')から感覺温度を求めるグラフである。圖中の斜線は夏季(安靜乃至輕作業・通常着衣時)の快適域を示し，その範圍は $ET=21 \pm 2^\circ$ としたが，濕度は約70%以下がよく，もちろんETの値が低い方がよい。いま各地の感覺温度を第2表に掲げる。本表を見ると第1圖や第1表よりも各地の暑さの程度をよく表わしているようである。しかし第2表は月平均値

* 日平均気温を t とすれば $D=\sum(t-25)$ から求められる。



第2圖 感覺温度圖表

第2表 夏季の感覺温度(括弧中はJの値)

| 地 名 | 7月のET(及びJ) | 8月のET(及びJ) |
|-----|--------------|--------------|
| 札幌 | 13.6 (11.67) | 15.6 (12.78) |
| 仙台 | 19.4 (14.09) | 20.7 (15.21) |
| 新潟 | 19.8 (14.91) | 20.7 (16.04) |
| 松本 | 18.4 (13.64) | 19.0 (13.99) |
| 東京 | 19.7 (15.32) | 21.0 (16.30) |
| 潮岬 | 19.5 (16.86) | 20.0 (17.35) |
| 大阪 | 21.4 (16.20) | 22.5 (17.01) |
| 広島 | 22.3 (15.95) | 23.3 (16.58) |
| 高知 | 22.5 (16.45) | 23.0 (16.90) |
| 福岡 | 22.0 (16.39) | 22.0 (17.04) |
| 鹿児島 | 21.5 (16.81) | 22.0 (17.11) |

から求めたものであるから，もつと詳細に暑さの程度を知るには時刻別による感覺温度を比較すれば體感度が一層明白になる。

つぎに(2)式において $v=0$ とすれば

$$y_2 = f(t, \phi) \dots \dots \dots (4)$$

となる。(4)式は気温と相對濕度の函数で表わした綜合指數である。この方法によつても體感を表わし，各地の暑さを比較するのに便利なが少くない。また t と ϕ との綜合指數で表わさず，クリモグラフといつて各地の t と ϕ (毎時・日平均・月平均値等を用い)の値を一つのグラフ上にプロットしてその地の値を一つのグラフ上にプロットしてその地の暑さの程度を判定する方法もある。このように気温と相對濕度で表わしてもよいという事は，空氣の含熱量の多少で體感を表わしてもよい筈である。いまこれを J とすれば

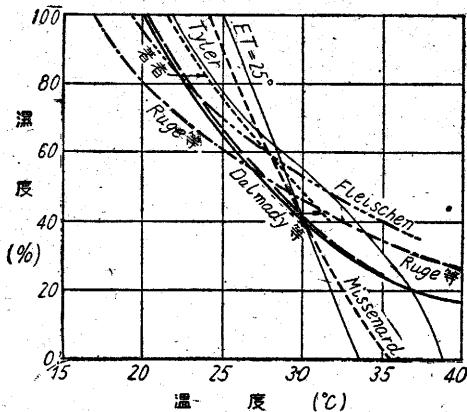
$$J = f(t, \phi) \quad [\text{kcal/kg} \cdot \text{dry air}] \dots \dots \dots (5)$$

である。第2表に各地の J の値をあげる。

1-2 蒸暑限界

夏季の気温が高くてさらに濕度が多くなると次第に蒸暑く感じる。Vick氏は歐洲人が熱帯地で生活する場合の蒸暑限界を $J=14$ としたが，後に $ET=25^\circ$ がその限界であるとした。

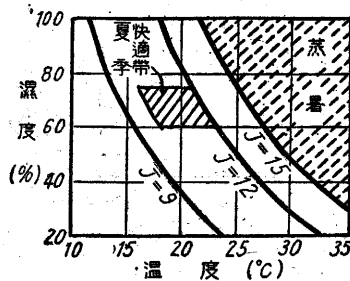
第3圖は諸家の示した蒸暑限界線である。蒸暑限界は作業の程度・着衣状態・氣候馴化・個人差等によつて異なるから一律にその限界を定めることは困難であるが、わが國では



第3圖 蒸暑限界曲線 (1)

$$\left. \begin{array}{l} J=15 \sim 16 \text{ kcal/kg} \cdot \text{dry air} \\ ET=25 \sim 26^\circ \end{array} \right\} \dots\dots\dots (a)$$

程度と考えられる。第4圖は含熱量による蒸暑限界線と快適帯を示す。



第4圖 蒸暑限界曲線 (2)

各地の蒸暑度を判定するときに気温・相對湿度・風速等が月平均値で與えられた場合には蒸暑限界線は

$$\left. \begin{array}{l} J=15 \text{ kcal/kg} \cdot \text{dry air} \text{ (5式即ち(6)式より)} \\ ET=20^\circ \text{ (2式即ち第2圖より)} \\ y=20^\circ \text{ (2式即ち(7式), (8)式より)} \end{array} \right\} \dots\dots (b)$$

と考えられる。

なお (b) で示される限界線を氣象・生物季節とを對照すれば大略第3表の如くである。

1.3 建築氣候區

環境は一切の文化と歴史の綜合された社會環境と風土による自然環境とに支配されることは今さらいう迄もない。人爲と自然とが連鎖する一切の綜合的環境條件が建築物に影響を及ぼすわけである。従つて建築の地方的特性を尊重し、それぞれの地方の環境に合致した建築を作るのが合理的である。すなわち各地の環境について検討し、これを綜合的に取入れ、それに統一を與えることは建築の科學的合理性を與えることになるわけで、その探求と解決に力をそぐことは建築計畫上の一つの重要な

第3表 蒸暑限界線 (月平均値による) と各種季節線との比較

| 蒸暑限界線 | 氣象季節線 | 生物季節線 |
|----------|--|---|
| $J=15$ | 6, 7, 8月3ヶ月の平均気温 22°C の等温線。 無霜日數 200 日の線 日最低気温 20°C の出現期が 8月31日の線。 | 9月15日のコスモスの等開花日線。 |
| $y=20$ | — | 關東・中部地方はフジの開花期 4月30日の線。 北陸は染井吉野サクラ開花日 4月15日の線。 |
| $y_0=20$ | 6, 7, 8月3ヶ月の平均気温 19°C の等温線。 9, 10, 10, 11月3ヶ月の平均気温 12°C の等温線。 | — |

目的であり使命である。筆者はこの問題につき研究を行っているが、まず手始めとして體感によりわが國を數個の區域に区分し、これを體感による建築氣候區と名付けた。しかして同一氣候區内の建築の設計は同一の設計方針に従うべきである。もちろん完全な建築氣候區は體感ばかりでなく、風 (特に台風、旋風) や日照・雨・雪等の氣象要素や地勢・水系等の地理的要素のような自然的環境を加味しなければならないし、さらに各地の生活文化・政治經濟等の歴史的社會的環境を不可分の關係において關聯させて考慮しなければならぬが、前述のようにまず自然的環境に對する自然科學的方法によつて建築氣候區分を行つた。その結果については省略 (文献参照) するがわが國のような氣候狀態の土地では、區分は主として冬季の體感を基準とすべきである。叙上のことは次ぎに述べる等體感度線の前置きとして必要であるからここに略記した次第である。

1.4 夏の等體感度線

空氣の含熱量は周知のように下式で與えられる。ゆゑにその大小で體感度を表わすものとしこれを

J (kcal/kg·dry air) とすれば

$$J = f(t, \varphi) = 0.24 t + x(595 + 0.46 t) \dots\dots (6)$$

但し t : 気温 ($^\circ\text{C}$)

x : 水蒸氣量 (kg/kg·dry air)

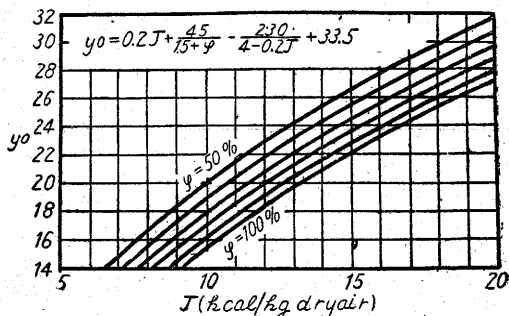
である (5式参照)。

また (2) 式による體感度を Ψ とすれば、筆者は次ぎの關係式を得た。

$$y=f_1(\varphi, v)=CJ+f_1(\varphi)\cdot f_2(v)+f_3(v)+f_4(v)\cdot f_5(J)\dots(7)$$

但し $C=0.2$ (常數)

もつとも (7) 式はもう少し簡単な形になおせるが計算に便利な形の儘で示しておく。また右邊第 2 項以下の詳細は省略する。上式において $v=0$ のときの値からでも體感度から求められることは既述の通りである。依つてその場合の式を示すと下記のようになる。第 5 圖にその計算用グラフを示す。



第 5 圖

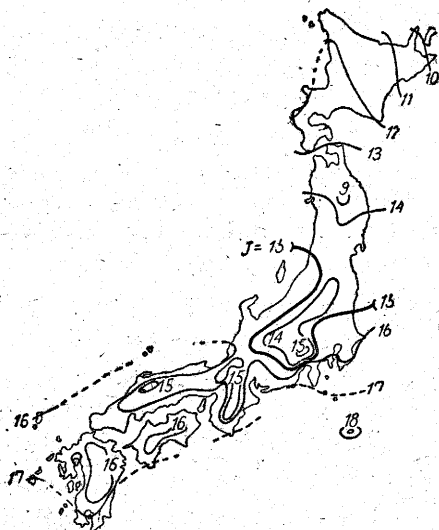
$$y_0=0.2J+\frac{4.5}{1.5+\varphi}+33.5-\frac{230}{4+0.2J}\dots\dots\dots(8)$$

但し J : (6) 式による。

φ : 相對濕度 (%)

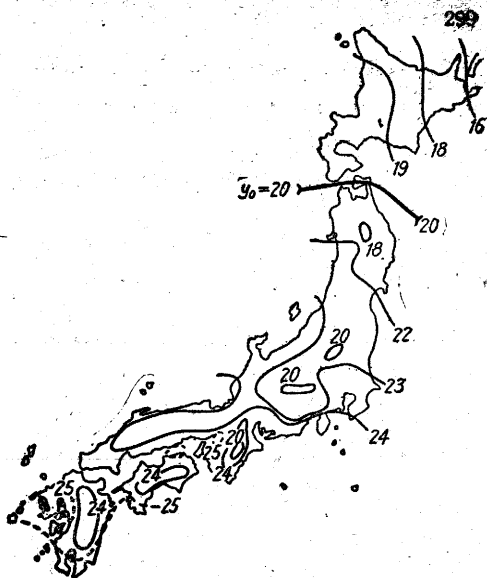
そこで (6), (7) 及び (8) 式を基にして全国各地の J , φ 及び y_0 の値 (7, 8 月の平均) を求め、これから等體感度線を引けば第 6, 7, 8 圖を得る。

第 6 圖は等含熱量線を示す。 $J=15$ の線によつて大體において奥羽、中部山岳地帯以北と北南とに分けられ



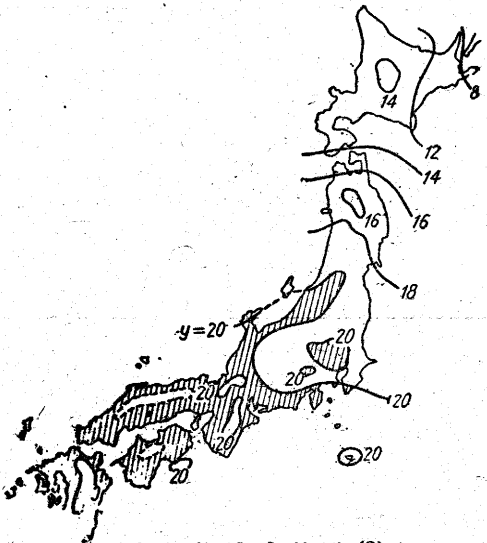
第 6 圖 等含熱量線圖

る。(各地の値は第 2 表参照) 第 7 圖によれば本州以南はほとんどすべて $y_0>20$ であるから、この区域内は蒸暑帯に入る。しかしこれは $v=0$ とした場合であるから圖示のように北海道以外の土地がこの中に包含されること



第 7 圖 等體感線圖 (1)

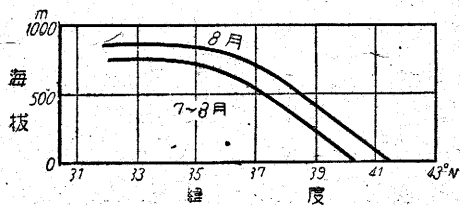
になる。第 8 圖によれば、第 6 圖と同様に北海道、奥羽、關東、中部山岳地帯以外の土地はほとんど蒸暑帯 (斜線



第 8 圖 等體感線圖 (2)

部分) に入る。(各地の値は第 3 表及び第 10 圖参照)

福井英一郎氏は第 3 圖に示した Tyler 氏の蒸暑曲線を用いて蒸暑範圍をしらべたところ、第 9 圖に示す如く 1

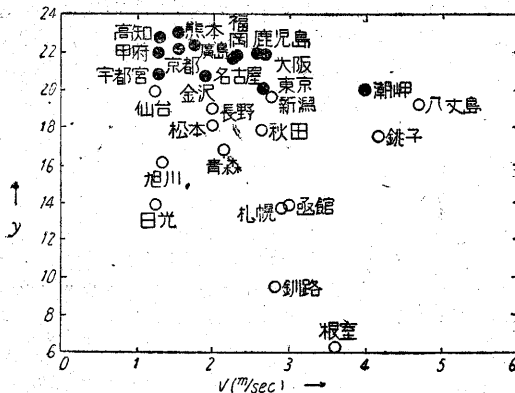


第 9 圖 海拔及び緯度と蒸暑月の關係

年中蒸暑月がないのは北緯 35° 以南では海拔 800m 以上の高さにあつた。これから北方では緯度 37° で約 700m、38° 邊では約 550m、39° 邊では 400m 内外となる。従つて九州や四國邊では約 800m 登らないと夏の暑さは避

けられないのに対して、東北地方の中部では大體その半分だけの高さに行くと冷凍を感じることになる。さらに高緯度になると急に減じ40°では250m、40°で約80mとなり、41.5°内外の所で大體津輕海峡付近で海面に達する。

第10圖は各地の y の値を(7)式によつて求め、これをプロットしたものである。気温や湿度が高くて、も



第10圖 體感度分布圖

し $v=0$ ならば y_0 の値が大きくなる地點でも、実際には風があれば y が小さくなり、それだけ涼しくなる。第4表に y と y_0 と v とを對照的に示す。銚子や潮岬などは風があることによつて如何に涼ぎよくなるかがわかる。

第4表 體感度と風速(但し7, 8月の平均)

| 地名 | $v(m/sec)$ | y | y_0 | $y_0 - y$ |
|-----|------------|-------|-------|-----------|
| 札幌 | 2.9 | 13.73 | 19.37 | 5.64 |
| 仙台 | 1.4 | 19.94 | 22.15 | 2.21 |
| 新潟 | 2.8 | 19.64 | 23.56 | 3.92 |
| 銚子 | 4.2 | 17.51 | 23.02 | 5.51 |
| 伊香保 | 2.0 | 17.21 | 21.04 | 3.83 |
| 日光 | 1.3 | 13.88 | 17.24 | 3.36 |
| 八丈島 | 4.7 | 19.30 | 24.57 | 5.27 |
| 東京 | 2.7 | 20.10 | 23.84 | 3.74 |
| 箱根山 | 6.2 | 10.16 | 19.08 | 8.92 |
| 御前崎 | 4.1 | 19.82 | 24.69 | 4.87 |
| 潮岬 | 4.0 | 19.98 | 24.72 | 4.74 |
| 大阪 | 2.7 | 21.85 | 25.11 | 3.26 |
| 福岡 | 2.3 | 21.81 | 24.84 | 3.03 |
| 温泉岳 | 5.7 | 13.60 | 20.99 | 7.39 |
| 鹿児島 | 2.6 | 21.95 | 25.51 | 3.56 |

夏季の體感度が高い土地、程建物の防暑対策をよく講じなくてはならない。高緯度の土地とか海拔の高い所では防暑対策よりも防寒対策の方が重要である。關東北南の平地は一般に蒸暑區域に入るから防寒的設計をしなくてはならない。

B: 防暑對策

2.1 防暑計畫

建物の防暑、遮熱性を高めるには、その構造及び平面計畫並びに周囲の環境に注意を拂わねばならない。防暑計畫は結局、室内における體感度を適度に保つことである。冷房設備によつて室内空氣の低温化と減湿を行えば有效確實にこの目的を達することができるが、わが國の現状では冷房装置を施すことは特殊な場合を除いては經費の點でほとんど不可能に近い。そこでこのような特殊施設によらずに建物を防暑的にするには

①夏季の強烈な日射の防止と

②通風換氣を良好にすること

の2點に着目し、この二大要點を満足するように建物を設計することになる。この方針に従つて防暑對策事項を日射防止、通風換氣の良好化、室内気温と湿度の低下に分けて簡単に説明しよう。

2.2 日射防止

a) 南面する壁は東又は西向のものに較べて夏季の日射受熱量は約60%であり、冬季は約3.5倍に及ぶから南向の室は夏冬を通じて良好な室である。住宅の居間でも工場の作業場でも南面するのがよい。

b) 軒出を深くし、窓には庇を設けて壁及び室内に射入する直射日光を防ぐこと。

c) カーテン・錠戸・簾などにより日射を防止すること。

d) 外壁面は日光に對し良反射性のものとする。表面平滑で淡色のものがよい。

e) 壁の構造は防熱的とすること。すなわち壁厚を大とすること、熱貫流率は小なること、室容積が大なること其他である。要するに壁體を通じて行われる移動熱量が小でかつ壁の熱容量が大なるものがよい。しかしこのような壁體は夜間は仲々冷えないで室内への放熱のために在室者は何時までも暑苦しさを感じる。であるからこのような室では夜間は窓を開放して冷氣を取入れるのがよい。

f) 南向の室が東又は西向の室よりも有利なことは(a)で述べた通りである。そうすると棟方向は東西に走ることが多い。この場合に屋根勾配の緩急による日射量の多寡をしらべてみよう。勾配が急になると屋根面積が多くなり受熱面積はそれだけ増す勘定になる。しかし勾配が變れば直射日光の入射角が變るから受熱面積が多いものが日射受熱量が多くなるとは限らない。勾配と屋根面積を併せ考えると、夏至の頃は勾配の大小に不拘一日の日射量は餘り變らないが、概して急勾配のものが受熱量が多い。一般に南向の屋根は季節にかゝらず勾配が増すと日射量を増すが、北側の屋根はその逆である。従つて夏は南側の屋根勾配を緩くし、北側を急にすると日

射防止の點では有利である。第11圖(a)は夏向きの屋根、(b)は多向きの屋根ということになる。



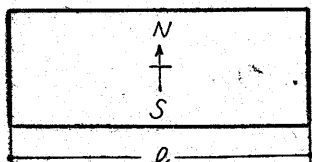
また南北の勾配が等しい兩流れ屋根で勾配が緩いと多向きの屋根

きは南側の屋根は夏によいが、北側は不利である。勾配が急になるとその逆になる。元來北側の日射量は少ないから、南側を主として考えると一般に緩勾配の屋根はに適當である。

しかしこれらのことは單に受熱量のみについていえることである。實際は勾配を或る程度急にすると屋根裏が廣くなり、この部分の換氣を十分にすれば結局室内の氣温を上げる程度が少ないから却つて防暑的の屋根といえる。要するに防暑対策は只一項目のみを過大視しないで総合的に考える必要がある。

g) (a)に述べたことから建物が矩形のときは各壁面が正しく東西南北に向く場合が多い。しかし風向を考え風通しがよいことも必要であるから夏季の常風方向を考えると多少傾けて建てることも必要となる。日射の點からいうと建物の東西軸を $\pm 10^\circ$ くらいは東又は西にフレさしても大差がないから、通風がよくなる方向にフレするのが實際にはよい方法である。

いま矩形平面の建物の各邊が正しく東南北に一致する場合に、東西方向の長さ(l)と南北方向の長さ(w)の比



第12圖

が、どのようなときに最も防暑的であるかをしらべてみよう。ここにいう防暑的とは四壁面の受ける日射量

が最小となることを意味する。(第12圖參照)。

いまこの建物の高積を 1 m^3 とし、高さを 1 m とすると建坪は 1 m^2 となる。故に $w=1/l$ となる。この場合に四壁面のうける日射量は l の函数で表わされるから6月初旬から9月初旬までの3ヶ月間の受熱量が最小となる條件を求めてみると、西村尚氏によれば第5表の如くである。

高緯度の地方では縦横比が大、低緯度の地方ではその比が小、すなわち東西に細長くなる。實際には使い勝手やその他の條件も考えるから上表のままの平面形

第5表 受熱量が最小となる l と w との比

| 緯度 (N) | $l : w$ | l/w |
|------------|-------------|-------|
| 60° | 1.19 : 0.84 | 0.70 |
| 45° | 1.42 : 0.71 | 0.47 |
| 35° | 1.74 : 0.57 | 0.33 |
| 25° | 2.24 : 0.45 | 0.20 |

とすべきであるとはいえないが、一應の規準は得られたわけである。その他の條件とは例えば防暑的であつても冬季の受熱量が多いこともまた必要な件である。元來夏季の受熱量を少なくする條件と冬季の受熱量を多くする條件とは相反する(多は南北に長いのがよい*) 元來高緯度の地では夏は餘り暑くないから夏季に有利であるよりも冬季に有利に防寒的とすることがむしろ望ましい。低緯度の地では冬季よりも夏季に有利に防暑的であることが望ましい。いま北緯 35° 付近の地について考えると夏は日射が少く、冬季になるべく多いことが望ましい。だから必ずしも第4表の比例にならなくてもよい。夏と冬とをどの程度重く見るか、どの邊で妥協するかによつて意見もあろうが、だいたいの見當は日射の點からは

$$l : w = (3 \sim 4) : 1$$

くらいならよさそうである。しかし實際問題として住宅等では平面計畫から見て、この比率は少し細長すぎるようである。

h) 對開建物の屋根・壁面或は前庭等からの輻射放熱を防ぐこと。例えば地面からの輻射を防ぐには住宅などでは芝生を植え、窓には通風のよい日除けを設ける。

i) 東又は西向窓から射入する直射日光は南からの日射より強いから、朝夕の日射防止は防暑上必要である。朝夕の太陽高度は比較的低いから軒出や庇の出を深くしても仲々防ぎ切れない。日除・カーテン等でこれを防ぐか窓前に植樹(落葉樹)すること。

2.3 通風をよくすること

水平及び垂直氣流が容易に行われかつこれを促進する方法を講ずること。それには夏季常風の風上と風下とに窓を開き、出入口扉は通風性のあるものとし、平面計畫上では數室を常風方向に並べないこと。垂直氣流を盛んにするためには床付近と天井付近や屋根裏に換氣孔を設ける。

2.4 室内氣温と湿度の低下をはかること

いわゆる自然的方法では所設外氣以下の溫湿度にすることは不可能である。効果を確實にするには夏季のエア・コンディショニングによるのが最もよい。この方法によれば溫湿度或はその一方だけを低下さすことによつて冷房の目的を達することができる。(25・5・5)

文 献

- (建築氣候區に関するもののみを挙げる。)
 渡邊要：建築氣候區に関する研究(第1報) 日本建築學會論文集、昭24・4月。
 渡邊要：同上(第2報)、日本建築學會講演、昭23・11月。
 渡邊要：寒地建築氣候區と窓の防熱性の評價、日本建築學會研究報告、昭24・10月。
 渡邊要：建築氣候區とデイクリーダー、文部省試験研究報告、昭25・4月。

* 冬季暖房時に建物からの損失熱量を少なくするには一定容積のものでは表面積が最小のものがよい。本文は日射の點のみについていえることである。