

## 製糸工場の作業環境の改善について

蚕糸試験場 農林技官 余 田 喜 重

### まえがき

主題について述べる前に環境の、特に作業環境の意味を明らかにしておきたい。

**作業環境** われわれを取り巻く環境には各種の物理的環境、生物学的環境および社会的環境があるが、製糸工場の作業環境としては作業者をとりまく空気の温湿度・気流・気圧・熱輻射・照度・音響・酸素・炭酸ガスその他のガス、じんあい等の各種の物理的条件をさすものとする。そうして、ここでは物理的条件の中の気温・湿度・気流・熱輻射の気象要素を主として対象にする。

製糸業においても他の工業生産と同様に生産の量と質の2面が基本的に問題になる。ある場所での原料繭の受入れに始まり、運搬・殺蛹・乾燥・貯蔵・選繭・煮繭・繰糸・揚返し・仕上げ・検査等の工程を経て製品となり、保管・販売の過程——大別すると原料繭の貯蔵・生糸の製造・製品保存の3過程——をたどるから、これらの過程における設備の良否、処理および作業の環境は製品の量と質とに密接な関係をもつ。量・質の2面を満足させるためには設備が高性能であつて、機械や装置が何等の外的障害を受けることなく円滑に運転することができるものでなければならないことは言うまでもないが、製造の各過程における環境条件を望ましい状態に保ち、同時に、作業者の労働能率が高水準に持続されるような作業環境条件を与えることが必要になる。

生糸が環境条件によつて大きな影響を受ける性質をもつにもかかわらず、その製造過程における環境条件に十分な注意が払われていないようであり、また製糸の主要工程である繰糸・揚返しが完全自動化に至らず、かなりの人手作業を必要とするにもかかわらず、その作業環境には大きな改善のあとが見られない。

最近、繊維工場においては加工機械の進歩と製品の高級化と操業の安定化に対する空気調和の重要性が再認識されて、旧式工場はもちろん工場の新設に当つても空気調和に関して再検討または新構想が加えられている。

製糸業者が生糸品質の向上と操業の安定化とを期待するならば、他の繊維工業との対比という意味でなくても、まず製糸の処理工程に望ましい環境条件の適正限界を決定してこれを実現するとともに、その作業環境を作業者が能率的に働くことできるように改善しなければならない。製糸業者が近代工業の動向に目をおおい作業環境改善に意を用いないならば製糸業の進展は期待されないであろう。

与えられた主題のもとに次の4項目について述べる。

- I. 製糸工程における適正環境条件
- II. 適正な作業環境
- III. 作業環境の実態
- IV. 作業環境改善のための基礎知識

### I. 製糸工程における適正環境条件

繊維工業は古くから環境（気象）条件が生産に影響する典型的な工業とされているが、その理由は温湿度が繊維の吸湿性・強度・伸度に大きな影響を与えるからであり、北陸地方に発達している絹織物工業は日本海をわたる北西の季節風のもたらす湿度によるものと言われている。

絹織物工場で最も重要な製織工程において糸切れが少なく、能率よく織るためには温湿度として大体 20℃、80%前後（一般絹織物工場）、ときには90%前後（絹ふるい工場）が望ましいとされているが、その原料である製糸の各工程に望ましい環境条件はまだ確定されていないようである。第1表は関係文献から得られた製糸工程の適正温湿度条件を示す。

第1表 製糸工程の適正温湿度

| 工 程     | 温度 °C | 湿 度 %                                        |
|---------|-------|----------------------------------------------|
| 貯 繭（乾）  | —     | 温度の上限を 10～40℃ として、温度振幅によつて異なる許容湿度（最高90%）を定める |
| 繰 糸     | 18 °C | 76%                                          |
| 揚返し（室内） | 18 °C | 60%，65 ± 3%（小野）                              |
| 〃（機内）   | —     | 45 ± 3%（小野）                                  |
| 仕上げ     | 18 °C | 85%                                          |
| 検 査     | 20 °C | 60%                                          |
| 生糸貯蔵    | —     | 77%（最高限）                                     |

なお、参考のために、一般工場の操業不能またはこれに近い状態まで生産を制限する気象限界の概値を第2表に示す。

第2表 生産上の気象限界概値

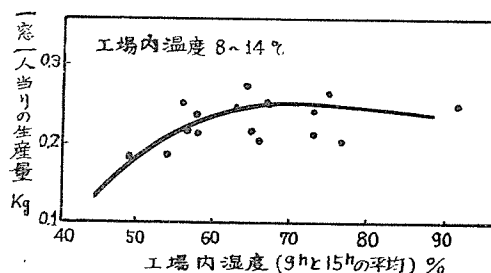
|     |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 気 温 | 労働能率：4～32℃の範囲外で急激に低下<br>製造工程：0～43℃の範囲内では決定的な被害がない<br>屋外作業を含む工業：－45℃ が最低限<br>結露による損傷：日較差は最大 20℃ まで |
| 湿 度 | かび・さび：60～70%以下では安全<br>銹の発生：約 6 g/m <sup>3</sup> が最高限<br>製糸・紡績・工場火災：40～80%の範囲が安全                   |

## II. 適正な作業環境

快適な作業環境は生産能率を高めるため重要な要素であるが作業に適する環境条件は労働の種類によつて異なる。したがつて労働を知的作業、筋肉の作業および両者混合のいわゆる軽作業に分け、これらの作業についての労働効果（誤りとか生産高）によつて労働能率を判定して適正環境条件を定めるのが普通である。

各種作業の能率と気候との関係を調べたものには著名な HUNTINGTON の Civilization and Climate, 1915 を始めとして VERNON,

BEDFORD AND WARNER, MACKWORTH 等の実験・調査があり、わが国における調査例もかなり見出されるけれども、製糸工場の作業環境（温湿度）と生産能率についての調査は久保氏が約 10 年前に行なつた「揚返し工程の生産能率と工場内湿度との関係」が唯一のものであると思われる。これを第 1 図に示す。



第 1 図 揚返し工程（生糸）の生産能率と工場内湿度

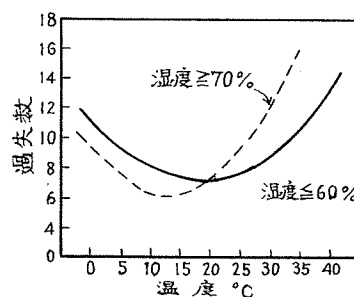
工場労働では頭脳をある程度働かせな

がら手先や指先を使う作業（軽作業）がよくあるが、製糸工場の繰糸・揚返し・仕上げ等の作業はこの種のものである。よつて一般工場における軽作業に適する環境条件を製糸工場に適用しても非常な誤りはないであろう。

軽作業では温度が高過ぎると不快となつて能率が上がらず、低過ぎると指先等の働きが鈍くなつて能率が落ちる。三浦氏は電信局内の温度と作業能率の低下を訴えた人数との関係を調べ、この種の作業に最適の温度として 20°C 前後を得た。

労働に適する気候は体感気候の場合と同様に、温度条件だけで十分に表わすことができない。たとえば前記 HUNTINGTON によれば工場の労働能率の最大となる湿度は冬は 90%，春秋は 75～85%，夏は 65～70% であるとしている。桐原氏によれば、室内でタイプライターを打つたときの誤りの数は第 2 図に示すように温度だけでなく湿度にも関係する。

空気の温湿度のほかには気流も作業能率に影響する。山賀氏は空気調和室において調査した結果第 3 表の結果を得た。



第 2 図 温度、湿度とタイプライターの過失数

第3表 軽作業者の最適気流 cm/sec

| 季節 | 室の温湿度               | 最適気流    |
|----|---------------------|---------|
| 冬  | 21~24°C, 65~79%において | 1~4 cm  |
| 夏  | 23~26°C, 72~81% "   | 4~13 cm |

重労働では高温と高湿の気候は労働能率を極度に低下させるが、BEDFORD によれば、このような場合でも自然または強制通風によつて工場内の気流を強めあるいは換気を行なうことによつて能率を正常値近くに上げることができる。

労働に最適な気候を表わす指標としては体感気候を表わす感覚温度（有効温度，実効温度とも言い温度・湿度・風速の組合せ）あるいは冷却率（温度と風速の組合せ）を利用するのが妥当である。

最高の労働能率が得られるような工場内の最適気候に関する調査は数多くあるが、勝木氏は温度と実効温度とでまとめて次表を得た。

第4表 労働に対する最適気候（勝木氏）

| 作業の種類 |               | 温度 °C 及び湿度 %               | 実効温度 °C      |
|-------|---------------|----------------------------|--------------|
| 知的作業  | 加算            | 7~10                       | 7~9          |
|       | タイプライティング     |                            | 16           |
|       | 無電送信<br>カード穿孔 | 15（高湿）~25（低湿）<br>19.5（70%） | 12~23<br>18  |
| 軽作業   | 織布            | 21~24（77.5~80%）            | 17~22.5      |
|       | 煙草包装          | 19.5<br>23.5 }（69.0%）      | 18.5<br>21.5 |
| 筋肉的作業 | 靴製造           | 15.5~18                    | 14.5~17      |
|       | 錫板製造          | <10                        | <9           |
|       | 砲弾工場          | 15.5~18                    | 14.5~17      |
|       | 一般筋肉労働        | 15 ~17                     | 14 ~16       |
|       | 炭坑作業          | 18 ~29                     | 18 ~26       |

第4表およびその他の調査から、工場内の労働に適する実効温度（E. T.）は次のようになる。

知的作業 7~24 °C（E. T.）

軽作業 13~21 °C "

筋肉的作業 7~16 °C "

高い労働能率の得られる作業環境条件としては、第1に気象要素を重視しなければならないが、工場の明かるさ、じんあい、音響等を見捨てることはできない。

工場内の照度が不足してもまたまぶしく感ずるほど過大であつても能率が落ちる。しかし作業上許容される最低照度を実験的に決定することは困難とされている。一般的には、作業上 10～15 ルクスでは極度に悪く、30～50 ルクスでやや良好、500～4,000 ルクスで最良と言われているが、最適照度は第5表に見られるように作業の種類によつて異なる。

第5表 昼間作業に適する照度

| 作 業 の 種 類 |                                                                         | 適する範囲 Lux              | 最 適<br>Lux | 昼光率 *<br>% |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|------------|
| 超精密       | 精密機械製作, 特殊織物,<br>測器検査, 時計                                               | 5,000～1,000            | 2,000      | 10～20      |
| 精 密       | 機械工作, 金属検査, 印刷,<br>植字, 紡績, 織布, 自動車,<br>飛行機工場の作業                         | 1,000～500<br>(300～100) | 1,000      | 5～10       |
| 普 通       | 製図室, タイプ, 読書室,<br>機械操作, 研磨, 加工, 鋳<br>造, 熔接, 布地切断, 製薬,<br>製紙, 化学工場作業, 塗装 | 500～200<br>(300～100)   | 500        | 2.5～5.0    |
| 粗         | 木工, 金属炉, よう炉の作業                                                         | 200～100<br>(100～50)    | 100        | 0.5～1.0    |

\* 昼光率=(室内照度/昼光(屋外)照度)×100%, 窓の大きさ, 形状, 位置,  
窓から作業面までの距離に関係する。

外気中のじんあい数は工業都市では2,000 個/cc にもなるが, 工場内のじんあいは, 窓や戸のすきまから外気によつて作業室に侵入する限りでは労働上問題にならない。労働衛生の立場から, 工場内の空気中に含まれるじんあいの許容限界は, 一般じんあいでは1000 個/cc (約1.5 mg/m<sup>3</sup>), 遊離珪酸 50%以上を含む粉じんでは 700個/cc (10 mg/m<sup>3</sup>) とされているが, 許容限界は労働の種類によつても当然異なり, 岡崎氏は第6表の値を示している。

第6表 じんあい数と1日に許される実働時間

| じんあい数の範囲<br>個/cc | 1日に許される作業時間 |       |       |
|------------------|-------------|-------|-------|
|                  | 軽 作 業       | 中 作 業 | 重 作 業 |
| 400～ 600         | 6           | 5     | 4     |
| 600～ 800         | 5           | 4     | 3     |
| 800～1,000        | 4           | 3     | 2     |
| 1,000～1,500      | 3           | 2     | 1     |
| 1,500～2,000      | 2           | 1     | 禁 止   |
| 2,000 以上         | 1           | 禁 止   | 禁 止   |

騒音は人に健康上種々の障害を与え作業能率を低下させる。庄司氏によれば騒音の大きさと、これが人体に与える悪影響と人数割合は次のごとくである。

| 騒音の大きさ<br>ホーン | 影響される人数割合% | 人体に与える悪影響         |
|---------------|------------|-------------------|
| 40～45         | 25         | 情 緒 的             |
| 45～50         | 25         | 日 常 生 活           |
| 50～55         | 25         | 身体的(頭痛・食慾不振・睡眠障害) |
| 60            | ほとんど 100   | 上記の影響             |

### Ⅲ．製糸工場内の作業環境の実態

製糸工場における作業場の温湿度について実態を取りまとめた結果を次の表に示す。

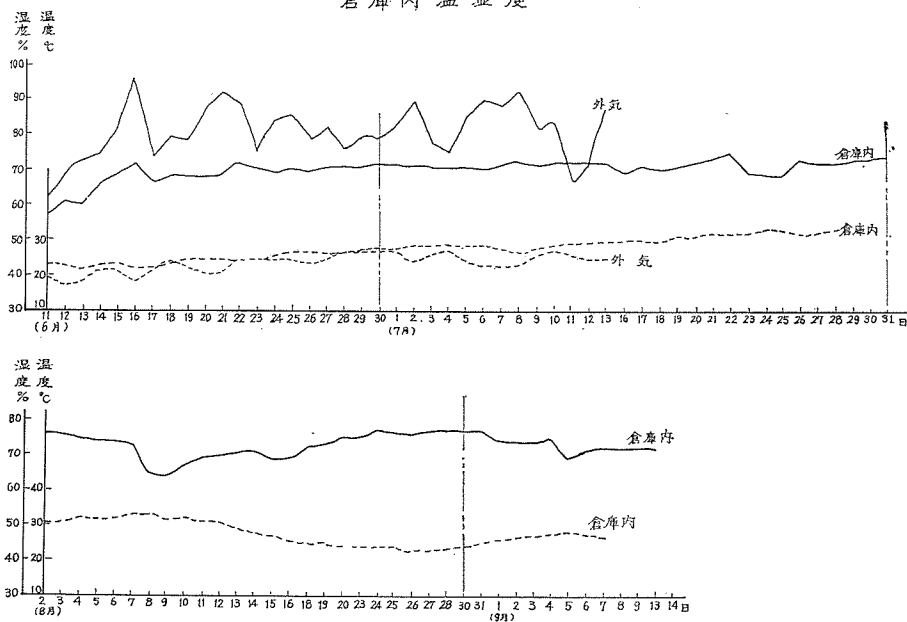
#### 1. 貯繭庫の構造と温湿度

第 7 表 貯 繭 庫 の 構 造

| 外 壁    |     | 内 壁            |     | 階 数 |     |
|--------|-----|----------------|-----|-----|-----|
| 種 類    | 工場数 | 種 類            | 工場数 | 階 数 | 工場数 |
| 木 蔵    | 33  | 板 張 り          | 58  | 1   | 3   |
| 土 蔵    | 125 | トタン張り          | 118 | 2   | 64  |
| コンクリート | 40  | 土または<br>コンクリート | 26  | 3   | 58  |
| そ の 他  | 11  | そ の 他          |     | 4   | 29  |
|        |     |                |     | 5   | 9   |
| 合 計    | 209 | 合 計            | 202 | 合 計 | 163 |

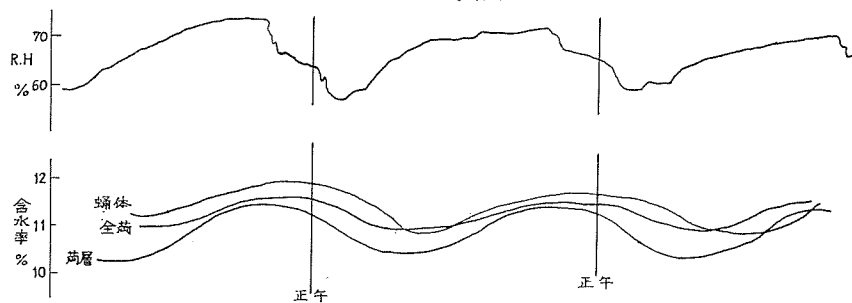
(昭和 34 年度・繭検定技術会編による)

倉庫内温湿度

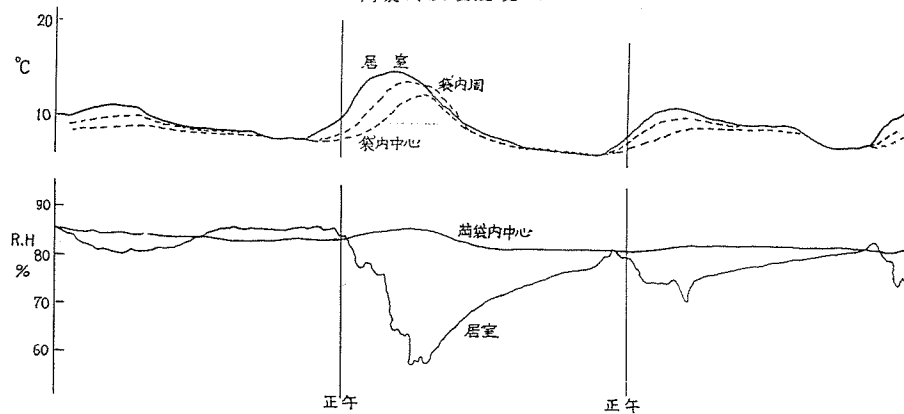


第 3 図

日間湿度変動と吸脱湿変動



荷袋内温湿度変動



第 4 図

2. 繰糸室内の温湿度

第8表 月別平均温湿度（繰糸室）

| 工場別   | A  |    | B  |    | C  |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| 月別    | 7  | 8  | 7  | 8  | 7  | 8  |
| 温度 °C | 30 | 33 | 31 | 33 | 31 | 34 |
| 湿度 %  | 71 | 67 | 82 | 74 | 70 | 60 |

（昭和37年度・3工場の実態調査・午前10時，午後2時 1日2回測定）

第9表 月別最高最低温湿度（繰糸室）

| 工場別 | 温湿度 | 最高 |    | 最低 |    | 差  |    |
|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
|     |     | 7月 | 8月 | 7月 | 8月 | 7月 | 8月 |
| A   | °C  | 38 | 38 | 24 | 26 | 14 | 12 |
|     | %   | 90 | 86 | 62 | 53 | 28 | 33 |
| B   | °C  | 35 | 38 | 26 | 28 | 9  | 10 |
|     | %   | 95 | 91 | 73 | 52 | 22 | 39 |
| C   | °C  | 37 | 38 | 27 | 30 | 10 | 8  |
|     | %   | 86 | 78 | 59 | 41 | 27 | 37 |

（昭和37年度・3工場の実態調査・午前10時，午後2時 1日2回測定）

第10表 季節別平均温湿度（繰糸室）

| 季節別     | 春<br>3～5月 | 夏<br>6～8月 | 秋<br>9～11月 | 冬<br>12～2月 |
|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| 平均温度 °C | 23.2      | 30.0      | 24.5       | 19.4       |
| 工場数     | 86        | 91        | 95         | 92         |
| 平均湿度 %  | 77.4      | 76.7      | 76.5       | 77.5       |
| 工場数     | 74        | 80        | 83         | 80         |

（昭和34年度・繭検定技術会編による）

第11表 季節別最高最低温湿度（繰糸室）

| 季節別 | 春  |    | 夏  |    | 秋  |    | 冬  |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 温湿度 | °C | %  | °C | %  | °C | %  | °C | %   |
| 最高  | 35 | 95 | 38 | 98 | 32 | 95 | 30 | 100 |
| 最低  | 19 | 40 | 25 | 40 | 18 | 45 | 0  | 35  |
| 差   | 16 | 55 | 13 | 58 | 14 | 50 | 30 | 65  |

（昭和34年度・繭検定技術会編による）

第12表 自動繰糸機索緒機附近の月平均温湿度

| 年 月 |       | 昭37<br>7 | 8    | 9    | 10   | 昭38<br>1 | 2    | 3    |
|-----|-------|----------|------|------|------|----------|------|------|
| 午 前 | 温度 °C | 31.0     | 30.4 | 26.6 | 23.6 | 12.7     | 13.5 | 18.3 |
|     | 湿度 %  | 51.7     | 53.7 | 59.2 | 62.3 | 94.5     | —    | 62.1 |
| 午 後 | 温度 °C | 35.1     | 33.2 | 29.6 | 26.5 | 16.7     | 17.6 | 22.7 |
|     | 湿度 %  | 37.7     | 40.1 | 43.3 | 45.3 | 81.5     | —    | 64.0 |

(蚕試・岡谷製糸試験所・繰糸研究室調)

以上実態調査によつて得た温湿度条件を快適温湿度図表(第14図、第13表)と比較検討してみると、9~10月の環境条件は快適帯の内側にあるけれども、他の各月あるいは季節ならびに特に夏期の環境は著しく悪い。

第13表 夏・冬の快適帯温湿度

|         | 夏     | 冬     |
|---------|-------|-------|
| 乾球温度 °C | 20~29 | 18~26 |
| 湿球温度 °C | 13~22 | 11~19 |
| 湿度 %    | 30~70 |       |

## 3. 揚返し室内および機内の温湿度

第14表 月別平均温湿度(揚返し室)

| 工場別   | A  |    | B  |    | C  |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| 月 別   | 7  | 8  | 7  | 8  | 7  | 8  |
| 温度 °C | 33 | 35 | 32 | 35 | 34 | 35 |
| 湿度 %  | 55 | 52 | 60 | 54 | 57 | 51 |

(昭和37年度・3工場の実態調査・午前10時、午後2時1日2回測定)

第16表 季節別平均温湿度(揚返し室)

| 季節別     | 春    | 夏    | 秋    | 冬    |
|---------|------|------|------|------|
| 平均温度 C° | 26.4 | 33.0 | 26.9 | 22.2 |
| 工場数     | 191  | 191  | 191  | 191  |
| 平均湿度 %  | 59.6 | 62.5 | 60.2 | 58.6 |
| 工場数     | 191  | 191  | 191  | 191  |

(昭和34年度・繭検定技術会編による)

第15表 月別最高最低温湿度(揚返し室)

| 工場別 | 温湿度 | 最 高 |    | 最 低 |    | 差  |    |
|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|
|     |     | 7月  | 8月 | 7月  | 8月 | 7月 | 8月 |
| A   | °C  | 39  | 39 | 28  | 31 | 11 | 8  |
|     | %   | 60  | 77 | 47  | 44 | 13 | 33 |
| B   | °C  | 36  | 37 | 29  | 32 | 7  | 5  |
|     | %   | 69  | 64 | 52  | 48 | 17 | 16 |
| C   | °C  | 37  | 39 | 32  | 32 | 5  | 7  |
|     | %   | 73  | 62 | 50  | 44 | 13 | 18 |

(昭和37年度・3工場の実態調査・午前10時、午後2時1日2回測定)

第17表 季節別最高最低温湿度（揚返し室）

| 季節別 | 春  |    | 夏  |    | 秋  |    | 冬  |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 温湿度 | °C | %  | °C | %  | °C | %  | °C | %  |
| 最高  | 41 | 90 | 41 | 90 | 41 | 86 | 41 | 90 |
| 最低  | 15 | 30 | 23 | 30 | 17 | 30 | 13 | 30 |
| 差   | 26 | 60 | 18 | 60 | 24 | 56 | 28 | 60 |

（昭和34年度・繭検定技術会編による）

第18表 季節別平均温湿度（揚返し室）

| 季節別   | 春    |      | 夏    |      | 秋    |      | 冬    |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 調査回数  | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    |
| 温度 °C | 28.0 | 29.1 | 35   | 35   | 29   | 29.6 | 23.6 | 23.8 |
| 工場数   | 22   | 14   | 24   | 15   | 18   | 18   | 18   | 19   |
| 湿度 %  | 53   | 51.2 | 57.4 | 57.5 | 52.3 | 51.5 | 48   | 46.8 |
| 工場数   | 20   | 14   | 22   | 15   | 16   | 18   | 16   | 20   |

（昭和37, 38年度・41工場の実態調査による）

第19表 季節別最高最低温湿度  
（揚返し室）

| 季節別 |    | 春    | 夏  | 秋  | 冬  |
|-----|----|------|----|----|----|
| 最高  | °C | 35   | 40 | 35 | 31 |
|     | %  | 70.7 | 85 | 75 | 70 |
| 最低  | °C | 20   | 28 | 21 | 18 |
|     | %  | 18   | 27 | 22 | 16 |
| 差   | °C | 15   | 12 | 14 | 13 |
|     | %  | 52.7 | 58 | 53 | 54 |

（昭和37, 38年度・41工場の実態調査による）

第20表 季節別平均温湿度（揚返し室）

| 季節別     |  | 春    | 夏    | 秋    | 冬    |
|---------|--|------|------|------|------|
| 平均温度 °C |  | 25.5 | 32.0 | 26.0 | 20.5 |
| 工場数     |  | 198  | 200  | 195  | 212  |
| 平均湿度 %  |  | 61.6 | 65.7 | 60.4 | 58.5 |
| 工場数     |  | 195  | 197  | 191  | 210  |

（昭和31年度・農林省蚕糸局編による）

第21表 季節別最高最低温湿度（揚返し室）

| 季節別 |    | 春  | 夏      | 秋      | 冬      |
|-----|----|----|--------|--------|--------|
| 最高  | °C | 35 | 45     | 35     | 35     |
|     | %  | 95 | 96~100 | 96~100 | 96~100 |
| 最低  | °C | 10 | 15     | 8      | 5      |
|     | %  | 21 | 21     | 26     | 21     |
| 差   | °C | 25 | 30     | 27     | 30     |
|     | %  | 74 | 79     | 74     | 79     |

（昭和31年度・農林省蚕糸局編による）

以上の表による揚返し室内平均温湿度の実態をみると夏期の他は比較的よい環境条件にあることがわかる。

第22表 月別平均温湿度（揚返し機内）

| 年 月   | 昭37<br>3 | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 昭38<br>5 |
|-------|----------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 温度 °C | 23.9     | 25.4 | 31.7 | 33.7 | 35.6 | 34.4 | 34.1 | 38.2     |
| 湿度 %  | 28.6     | 28.5 | 26.2 | 26.0 | 26.5 | 26.1 | 25.0 | 26.0     |

（蚕試・岡谷製糸試験所・繰糸研究室調）

第23表 季節別平均温湿度（揚返し機内）

| 季 節 別   | 春    | 夏    | 秋    | 冬    |
|---------|------|------|------|------|
| 平均温度 °C | 32.6 | 37.4 | 33.1 | 30.2 |
| 工 場 数   | 191  | 191  | 191  | 191  |
| 平均湿度 %  | 45.3 | 47.3 | 45.3 | 43.4 |
| 工 場 数   | 191  | 191  | 191  | 191  |

（昭和34年度・繭検定技術会編による）

第24表 季節別最高最低温湿度（揚返し機内）

| 季 節 別 | 春  |    | 夏  |    | 秋  |    | 冬  |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 温 湿 度 | °C | %  | °C | %  | °C | %  | °C | %  |
| 最 高   | 50 | 81 | 51 | 81 | 50 | 81 | 50 | 80 |
| 最 低   | 20 | 20 | 27 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 差     | 30 | 61 | 24 | 61 | 30 | 61 | 30 | 60 |

（昭和34年度・繭検定技術会編による）

第25表 季節別平均温湿度（揚返し機内）

| 季 節 別 | 春    |      | 夏    |      | 秋    |      | 冬    |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 調査回数  | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    |
| 温度 °C | 34.1 | 34.5 | 40.5 | 39.7 | 35.4 | 36.1 | 30.9 | 30.2 |
| 工 場 数 | 24   | 16   | 25   | 17   | 20   | 20   | 20   | 22   |
| 湿度 %  | 42.6 | 40.5 | 46.2 | 44.1 | 43.5 | 44.6 | 38.7 | 42.2 |
| 工 場 数 | 23   | 16   | 25   | 17   | 20   | 20   | 19   | 22   |

（昭和37、38年度・41工場の実態調査による）

第26表 季節別最高最低温湿度（揚返し機内）

| 季節別 |    | 春  | 夏  | 秋  | 冬  |
|-----|----|----|----|----|----|
| 最高  | °C | 40 | 46 | 42 | 39 |
|     | %  | 64 | 70 | 60 | 60 |
| 最低  | °C | 29 | 32 | 24 | 25 |
|     | %  | 17 | 27 | 23 | 17 |
| 差   | °C | 11 | 14 | 18 | 14 |
|     | %  | 47 | 43 | 37 | 43 |

（昭和37, 38年度・41工場の実態調査による）

第27表 季節別平均温湿度（揚返し機内）

| 季節別   |  | 春    | 夏    | 秋    | 冬    |
|-------|--|------|------|------|------|
| 温度 °C |  | 30.5 | 36.0 | 31.0 | 27.0 |
| 工場数   |  | 191  | 193  | 188  | 210  |
| 湿度 %  |  | 54.4 | 54.8 | 50.9 | 48.1 |
| 工場数   |  | 187  | 192  | 185  | 197  |

（昭和31年度・農林省蚕糸局編による）

第28表 季節別最高最低温湿度（揚返し機内）

| 季節別 |    | 春      | 夏      | 秋      | 冬      |
|-----|----|--------|--------|--------|--------|
| 最高  | °C | 50     | 50     | 50     | 50     |
|     | %  | 96~100 | 96~100 | 96~100 | 96~100 |
| 最低  | °C | 15     | 20     | 15     | 10     |
|     | %  | 16     | 16     | 16     | 16     |
| 差   | °C | 35     | 30     | 35     | 40     |
|     | %  | 84     | 84     | 84     | 84     |

（昭和31年度・農林省蚕糸局編による）

## Ⅶ．作業環境改善のための基礎知識

製糸の処理工程に望ましい環境条件は決定的には明らかにされていないので環境改善の対象から除外する。しかし、製糸工場の繰糸室・揚返し室の環境条件の実態は、これを作業者の快適環境条件の基準にてらして見ると年間を通して悪く、特に夏季において著しく悪いから、この季節における作業環境は大幅に改善する必要があると思われる。

実際問題として工場の作業環境の改善を企図した場合に、設備設計者は工場側に対して、

次のような関係資料の提供を求める。

1. 作業場に実現しようとする目的環境条件（温湿度，気流等）
2. 作業場の熱および水蒸気の発生源（機械器具，照明，作業人数等）に関する資料
3. 建物の大きさ，構造等

それゆえ，工場の改善担当者としても，これらの資料についての一応の知識を習得し，一通りの設計計算法を理解しておくことが必要である。よつて常識の程度を目標において作業環境改善に必要な暖房および空気調和に関する基礎知識と設計計算法の要点について説明する。

## 1. 工場内の気候

工場内の一般的な気候について述べる。工場内の気候を支配する因子を第 29 表に示す。

第 29 表 工場内の気候を支配する因子

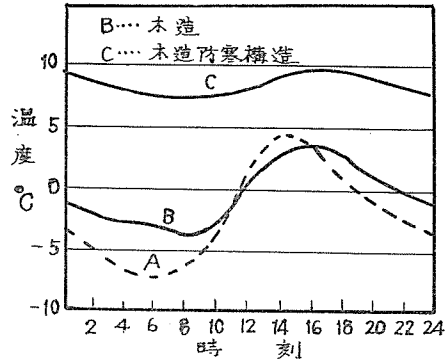
| 群   | 別               | 支  | 配                               | 因 | 子 |
|-----|-----------------|----|---------------------------------|---|---|
| I   | 地上気象要素<br>(二次的) | 1  | 建物の外表面（屋根，壁，窓ガラス面等）が吸収する日射      |   |   |
|     |                 | 2  | 建物の外表面が地面，附近の建物，天空等と交換する輻射      |   |   |
|     |                 | 3  | 外気の温湿度，風，降水                     |   |   |
|     |                 | 4  | 地中温度                            |   |   |
|     |                 | 5  | 窓から室内への直接日射                     |   |   |
| II  | 媒介要素<br>(二次的)   | 6  | 建物の外壁・屋根・窓等の構造，材質，厚さ，熱容量および熱伝導度 |   |   |
|     |                 | 7  | 隔壁や床等の構造，材質，熱容量，熱伝導度            |   |   |
|     |                 | 8  | 換気（通風）量                         |   |   |
| III | 室内要素            | 9  | 室内にある家具，機械等の熱容量                 |   |   |
|     |                 | 10 | 壁面の水蒸気の吸放出                      |   |   |
|     |                 | 11 | 作業員，機械，照明等生産上発生する熱と水蒸気          |   |   |
| IV  |                 | 12 | 室内気候を調節するために発生する熱と水蒸気あるいは導入空気   |   |   |

第 29 表の I 群は工場内の気候を支配する地上気象要素，II 群は I 群を媒介する因子，III 群は II 群を制限する因子，IV 群は II 群を通じた I 群および III 群と組合わさつて工場内の気候を支配する。しかしこれらの因子は相互関係を持つていて，地上気象要素が単独に工場内の気候を支配することはほとんどない。

次に，地上気象要素と工場内気候の関係，特に温湿度，気流，じんあい，明るさ等の時間的変化の関係について述べる。

## 2. 建物内の温度

外温は刻々変化するが、これが室内温度に及ぼす影響は建物の構造による。すなわち、室内温度は外温と同様に日平均温度を中心として、ある振幅をもつて周期的に変化するが、建物の構造によつて日平均温度、振幅、位相のずれ等が異なる。第5図は久保氏による晴天の日の外温と工場内温度の同時観測例であつて、外温の日変化と工場内の気温の日変化の様相がよくわかる。日平均温度は冬期にはA, B, C順に高く、夏期にはたいていA, C, Bの順に低くなり、振幅はA, B, C順に小さくなり、位相はA, B, Cの順に遅れる。曇天や雨天の場合の日変化の様子は晴天とは異なつて日平均温度は低く、振幅は小さくなるが、A, B, Cの間の高低や遅れの順序は変化しない。



第5図 外気(A)と工場内(B, C)の温度の日変化(久保)

このように工場内の温度は一応、外気温だけに関係づけることができるから、外温の平均日変化から建物固有の温度日変化を知ることができる。その理論式の1つに次式がある。

$$\theta = \theta_0 + \theta_1 \sin(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (1)$$

$$\theta_1 = a\theta_0 + b\theta_1 \sin(\alpha t + \phi - p) + c \dots \dots \dots (2)$$

ここに  $\theta$  = 外温,  $p$  = 室温の外温からの位相の遅れ  
 $\theta_1$  = 建物内の気温  $\phi$  = 位相差  
 $\theta_0$  = 日平均外温  $a$  = 1より小さい常数で1~0.8  
 $\theta_1$  = 振幅  $b$  = 1より小さい常数で木造の場合0.5以下, 防寒構造0.2以下  
 $\omega = 2\pi / \text{周期}$

工場内の温度の年変化は外温の変化に従うが、工場内の温度の方が一般に外温よりも高い。これは宇田・渡辺両氏の1年間にわたる観測結果が示している。

工場内の温度と外温との関係式(2)は熱流理論から導いたものであるが、統計的にこれらの関係を次式で表わすこともできる。

$$\theta_1 = \alpha\theta + \beta \dots \dots \dots (3)$$

ここに  $\alpha, \beta$  は常数であつて、それらの値は右表に示す。

工場で暖冷房や空気調和を行なうのは作業時間内であつて、毎日の作業時間内

常数  $\alpha, \beta$  の値 (冬期)

| 建物の構造 | $\alpha$ | $\beta$ |
|-------|----------|---------|
| 一般木造  | 0.95     | 2.4     |
| 防寒    | 0.80     | 4.8     |

のそれぞれの工場内の温度と外温の平均値の間の関係は (3) 式で表わすことができ、久保氏は空気洗滌器を用いた特殊絹織物工場の冬期に

$$\theta_i = 0.57\theta_n + 13.0$$

を得た。ここに  $\theta_i, \theta_n$  はそれぞれ工場内および屋外の 8~16 時の平均気温  $^{\circ}\text{C}$  である。

工場内（室内）の温度を 1 点で代表させる場合に、通常は室の中央部で床上 1 m 前後のレベルの温度を観測する。しかし工場内の温度分布は均一でなくて、垂直的にも水平的にも変化している。

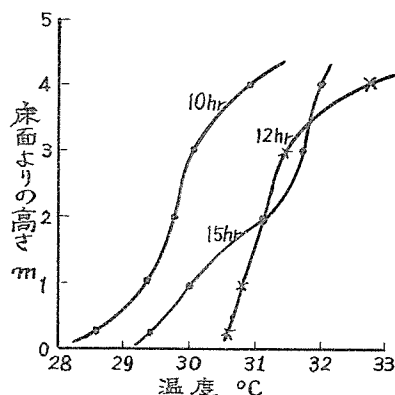
工場内の温度の垂直分布は普通の本造工場で、特に強い熱源が存在しない場合は第 6 図のごとく、床上高さが高くなるほど温度が上昇し、屋根附近が最も高温となる。このような工場内の上下の温度こう配は内外の温度差の大きいほど、また昼間の方が夜間よりも大きい。この理由は室内外の温度差が大きいほどすきまから流れ込む冷たい空気が床面近くを流れること、および昼間は屋根表面が日射を受けることによる。室温の垂直分布に左右の広がりを持たせた温度垂直断面図は単なる垂直分布図よりも温度分布に及ぼす外気の影響や気流の状況を都合よく表わす。

工場の屋根に通風口を設けて室内の換気をはかることは、よく用いられる方法であるが、このような場合の温度分布は通風口を中心として形作られ、垂直的な温度差は非常に小さく、更に屋外の風が強いと室内温度は外温に近づく。

工場に暖房を行なった場合の温度の垂直分布は室内空気の対流が盛んになり、一般に天井附近の温度は床近くよりも高くなる。空気調和を行なう場合の工場内の温度の垂直分布は、吹出し空気の温度、速度、吹出し口と吸込み口の形状や位置、外気の温度、風速等によつ異なり、天井に近づくほど高温になり、垂直 2 点の温度差は数  $^{\circ}\text{C}$  となる。

工場内の水平温度分布に強い影響を与える気

象要素は気温と風で、外温が内温よりも低い場合には一般に室内の中央部が高温であるが、風が強くなるに従つて窓のすきまや開口部から流入する外気のために温度分布型はずれて衝風側が低温となるが水平的な温度差は小さくなる。工場内に熱源がある場合の水平温度分布は、もちろん熱源付近が最高となるが、高低の広がり外温、風の向きと速さ等に影響を受ける。

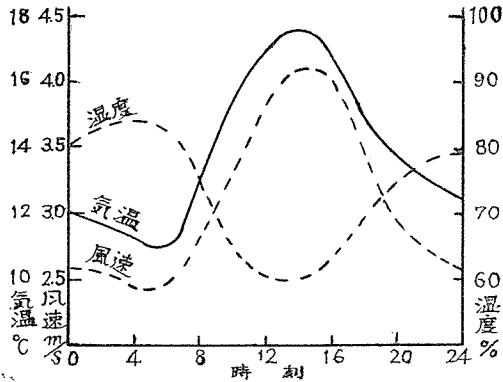


第 6 図 工場内温度の垂直分布、のこぎり状屋根本造工場、8 月快晴の日（久保）

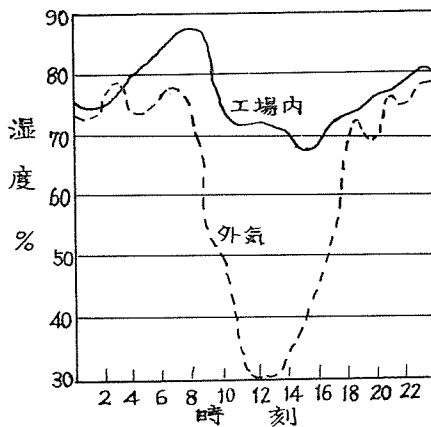
### 3. 工場内の湿度

工場内の湿度（相対）は内部に大きな水蒸気の発生源がない場合には、一般に温度と正反対の日変化を示し（第7図）、外気の湿度の日変化に振幅を弱めて対応する（第8図）。

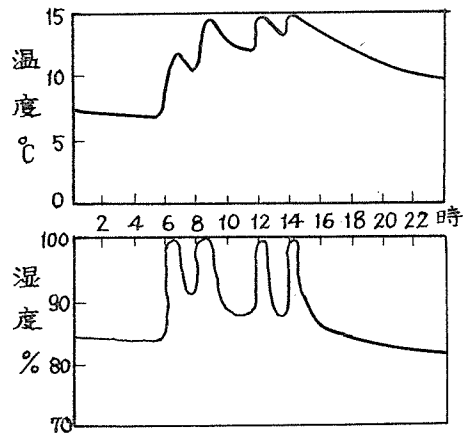
空気調和を行なう工場内の相対湿度は場内で発生する水蒸気量に支配され、外気の湿度の影響はきわめて小さい（第9図）。



第7図 気温湿度の日変化



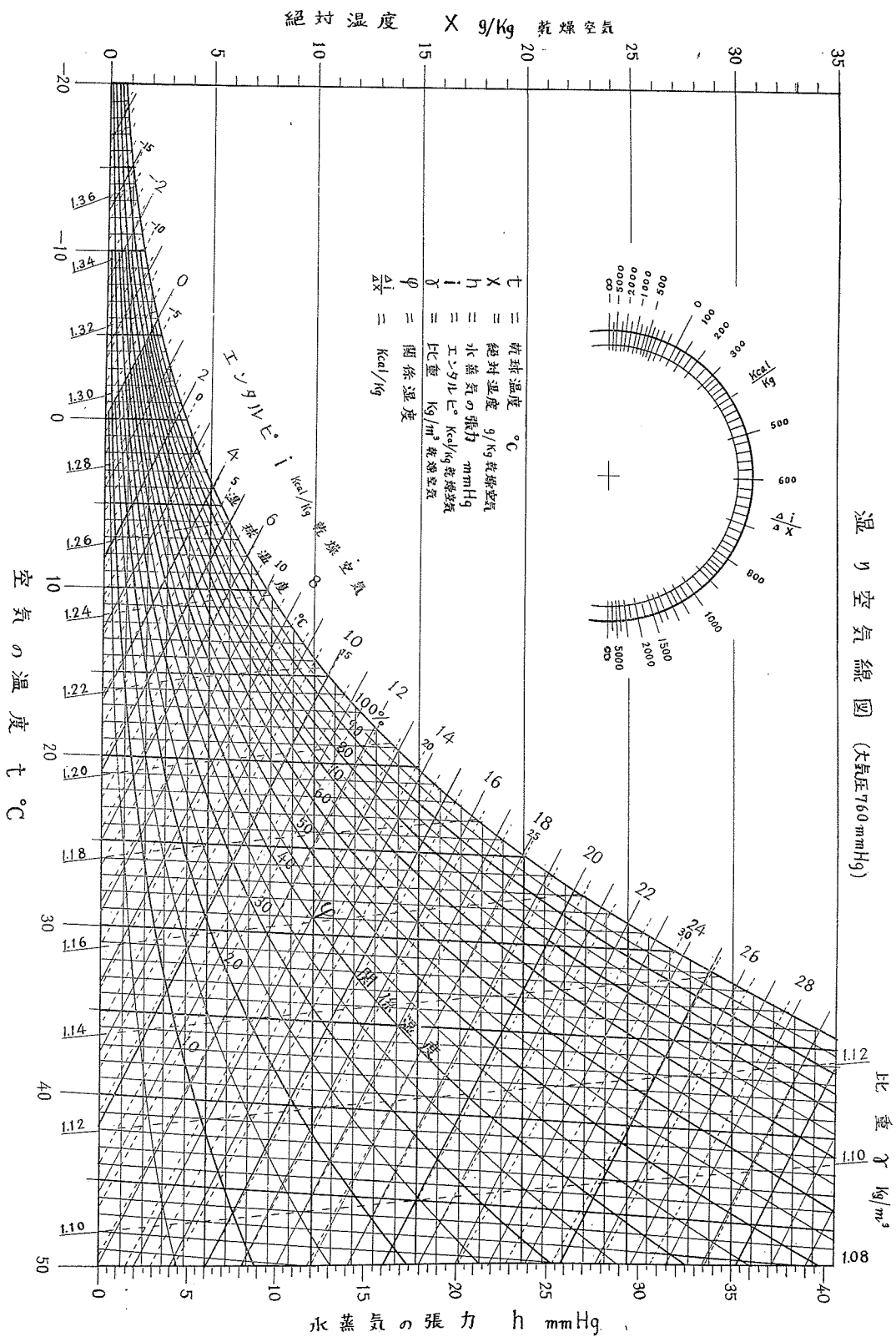
第8図 外気と工場内の湿度の日変化



第9図 温湿度の調整をおこなう工場内の温度と湿度（久保）

工場内の湿度と外気の湿度との関係を気温の場合と同様に理論的に解析すると次式を得る。

湿り空気線図 (大気圧 760 mmHg)



$$P_a = P_0 + P_1 \sin(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (3)$$

$$P = P_0 + \frac{P_1 n}{\sqrt{n^2 + \omega^2}} \sin(\omega t + \phi - q) + \frac{k}{n} \dots\dots\dots (4)$$

ここに

$P$  = 工場内の絶対湿度

$P_a$  = 時刻  $t$  における外気の絶対湿度

$P_0$  = 外気の日平均絶対湿度

$P_1$  = 振幅

$\omega = 2\pi / \text{周期}$

$\phi$  = 位相差

$V$  = 工場の気積

$r$  = 換気量/h

$K$  = 蒸気発生量/h

$k = K/V$

$n = r/V$

(4)式から、工場内の絶対湿度は工場内の発生水蒸気のために外気の絶対湿度よりも大きくなり、湿度の振幅の増減は換気量の大小に従うことがわかる。

工場内と屋外空気間の相対湿度の関係は、温度の場合と同様に、それぞれの作業時間内の平均値を用いて次式から求めることもできる。

$$\varphi = A\varphi_a + B \dots\dots\dots (5)$$

ここに

$\varphi, \varphi_a$  = それぞれ工場内および外気の平均湿度%

$A, B$  = 建物の構造による定数であつて、1例としては木造で冬期においては  $A=0.44, B=38.0$  防寒構造で冬期空調時に  $A=0.09, B=84.4$

工場内の相対湿度の垂直分布は、一般に床上高さとともに小さくなるが、強い熱源や水蒸気源がなければ高さによる差はわずかである。しかしコンクリート造りの密閉倉庫では天井付近の方が床上付近よりも高湿となることがある。

工場内に水蒸気を発生する材料を置いた場合には、置かれた付近の湿度が最も高く、天井付近では小さくなる。しかし屋根や側壁等の換気窓を開くと外気の流入によつて湿度差は小さくなる。空気調和工場内の湿度分布は水蒸気発生源の空気吹出口や噴霧ノズルを中心とした分布を形作る。

工場内の湿度の水平分布は、中央部が壁ぎわよりも小さいのが普通で、水平的な差は最大5%位であるといわれているが、工場の中央部に水蒸気発生源があれば、もちろんその部分の湿度が最大となる。空気調和を行なう工場内の湿度の水平分布は調和方式、吹出口、吸込口等の形状と位置、建物の構造等に支配される。

#### 4. 工場内の気流

工場内の気流の方向と速さは、建物の構造（窓、出入口、壁や屋根のすきま等の状態）、

熱源の有無および屋外の気象状態に関係する。

自然換気は建物内外の温度差と屋外の風速によつておこるが、風が弱い間の換気は主として内外の温度差によつて行なわれ、風が強くなると風力による換気が行なわれる。風が弱い時には工場の中央部では気流はきわめて微弱で、窓や壁の近くで数 10 cm/s 以下であるが、外の風速が 10m/s 前後になると工場内の気流も顕著になることが観測されている。

工場内に強い熱源があると、これと換気口とが工場内の気流を支配する。

工場内でガスや水蒸気が発生するときに室内空気がどのように変化して行くかは次式を用いて計算することができる。

$$\sigma_r - \sigma_o = (1 - e^{-(Q/V)t}) \frac{q}{Q} \dots\dots\dots(6)$$

ここに  $q$  = 室内で毎時発生するガスまたは水蒸気〔 $g$ または  $m^3/h$ 〕

$\sigma_o, \sigma_r$  = それぞれ外気または室内空気に含まれるガスまたは水蒸気量〔 $g$ または  $m^3/m^3$ 〕

$V$  = 室の気積〔 $m^3$ 〕

$Q$  = 毎時の換気量〔 $m^3/h$ 〕

$t$  = ガスまたは水蒸気の発生し始めてからの経過時間〔 $h$ 〕

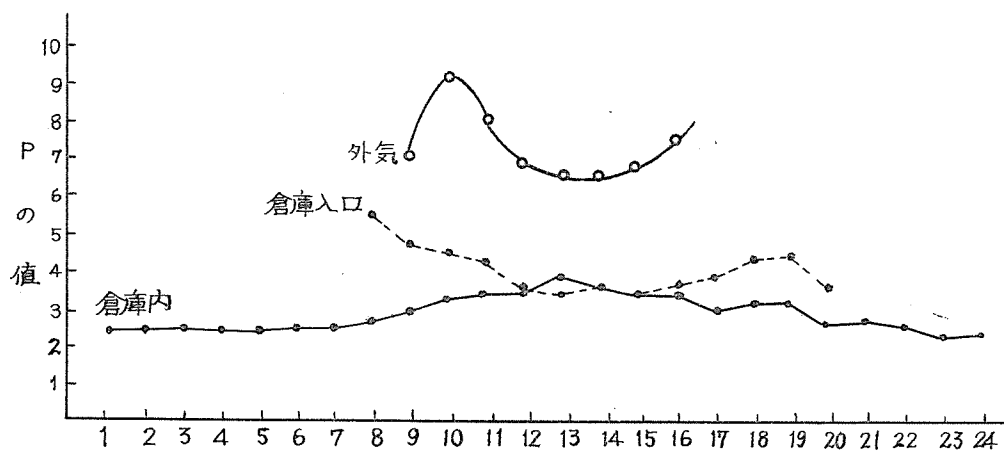
この式からわかるように、 $(Q/V)t$  の値が 2~3 以上になると (6) 式の括弧内は 1 に近接して  $\sigma_r - \sigma_o \doteq q/Q$  となり、時間にも室の大きさにも無関係の一定値になる。 $Q/V$  は毎時の換気回数と称し、一定値である。換気回数 2 回の室では 1 時間後に 0.5 回ならば 4 時間後に大体定常状態になる。

## 5. 工場内のじんあい

工場内にじんあい発生源がなくても換気によつて外気がじんあいを運んでくる。従つて内外温度差が大きく、風が強くと、換気量が多くなると場内のじんあい量は多くなる。

工場内のじんあいの分布についての観測例は少ない。水平分布としては一般に外気の吹込む窓付近が最も多く、中央部が最も少ない。垂直分布としては一般に日中で工場内の気流が数 cm/s の場合には、床と天井の中間高さの部分が最も多い。

なお、生糸保管倉庫内の浮遊ばいじん降下じんの状態に関して行なわれた妹尾・森本・船野・生糸・玉糸貯蔵に関する研究、昭 35.11. 製糸絹研究表抄録第 10 集は貴重な参考資料を提供し、第 10 図は同研究中の「倉庫内外における浮遊ばいじん量の平均日変化」を示す図表である。



第10図 倉庫内外における浮遊煤塵量の平均日変化

## 6. 工場内の明るさ

日中の屋外の明るさ、いわゆる昼光照度は、直射日光と天空光の和の総照度で表わされる。昼光照度は工場内の日中の明るさに直接関係をもち、その時間的変化の1例を第30表に示す。

第30表 工場内外の照度の時間的変化(森氏)

| 時刻    | 照 度 ル ク ス |     | 昼 光 率<br>% |
|-------|-----------|-----|------------|
|       | 外(秋晴れ)    | 内   |            |
| 05.30 | 45        | —   | —          |
| 06.30 | 3750      | 72  | 1.9        |
| 08.00 | 5000      | 145 | 2.9        |
| 10.00 | 35000     | 212 | 0.6        |
| 12.00 | 55000     | 253 | 0.5        |
| 14.00 | 45000     | 193 | 0.4        |
| 16.00 | 20000     | 154 | 0.8        |
| 17.30 | 4500      | 24  | 0.5        |
| 18.20 | 290       | —   | —          |

工場内の明るさについてはその水平分布が重要であつて、これは昼光照度にも、建物の採光方法にも関係する。夏の快晴の日の正午でも工場内の中央部には300ルクス以下の低照度域が見られることがあり、曇天や雨天の日では50ルクス前後、朝夕は10ルクス前後の低照度を見た実例が発表されている。

## 7. 設備設計の予備知識

人体に快適な環境をもたらすような暖冷房・空気調和等の設備を効果的に設計するために予め知っておかなければならない基本的な事項のうち、人体がその環境変化によつて受ける感覚温度と快適温度条件、建造物を通す伝熱、空気の状態変化等について述べる。

### 7.1 空気調和の定義

AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND AIR CONDITIONING GUIDE によると、空気調和を「建造物内部の環境の物理的、化学的狀態を表わす要素としての温度・湿度・空気の流動・空気の分布状態・圧力・ごみ・バクテリア・臭気・有毒ガス・ガスのイオン化のすべてあるいは少なくとも最初の3つを同時に制御すること」と定義している。

### 7.2 気 温

気温は人間の体温、特に体表面温度あるいは温度感覚に変化を与える基本的な要素である。外温の変化は日射量によつて左右されるが、天候・大気の流れ・地形・海流等によつて影響され、日射量や日照時間等に簡単に結びつかない。気温は1日の中では最低は日の出前、最高は午後2時頃、年変化は、わが国では、最低が1～2月頃、最高が8月、気温の最高・最低の差すなわち較差は、年較差・日較差とも海岸で小さく、内陸で大きい。屋内気温は基本的には外温・日射に支配されるが、建築構造および材料・屋内設備による換気・熱伝導・輻射等によつても著しい影響を受ける。

### 7.3 気 湿

従来の定義による空気の絶対湿度（最近では空気中の水蒸気の濃度）は体感と関連しがたいが、相対湿度は気温と組合せて体感の尺度とするに都合がよい。気温が高く湿度が高いと、汗の蒸発を押えて体熱の放散を妨げるため蒸し暑く感じ、気温が低く湿度が高いと、衣の熱伝導を大きくして底冷えを感じる。また高湿は皮膚を湿らせて菌類の繁殖を助けて皮膚病の原因になる。一般に湿潤は人体に対して緩的に作用し、乾燥は刺激的に働く。したがつて低湿度はそう快を感じさせるが、極端に過ぎると人体に有害であると言われている。湿度の日変化は気温や風速の日変化と反対に、気温や風速が最高のとき最小、これらが最低のときに最大になる（前掲第7図参照）。

### 7.4 気 流

気流は空気の動き（気動）であつて、速度は普通  $\text{m/s}$  で表わす。気流は体表面からの放熱を促進し、適度であれば快感を与えるが、低いと蒸し暑さを感じ、高過ぎると放熱が過大となつて健康に害となることがある。

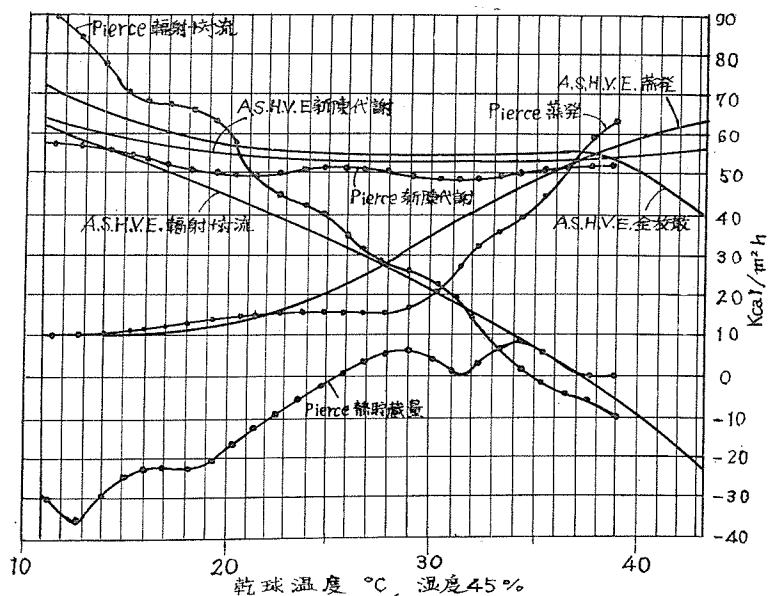
日本では各地とも、風向きは冬は北西、夏は南東が多い。風速は内陸の盆地・谷間で弱く、沿岸や島は強い。平地の風速・風向きは障害物によつてかなり影響される。一般の建物の屋上における風速は気象台発表の平均風速よりも2~3割低いのが普通で、窓から吹込む風速はそれよりもなお下まわる。屋内の気流は通風・換気・温度差等によつておこり、方向は不定で、速さは普通微細であるが、温感には重要な因子として作用する。

## 7.5 感覚温度と快適温度条件

人間が暑さ、寒さ、あるいは快適さを感じるいわゆる温感は気温・気湿・気動および輻射の4要素と人体との間の熱授受の状態によつてきまる。すなわち人体の生産熱量すなわち新陳代謝熱量 $M$ が正常体温維持のための蓄積熱量 $S$ 、人体からの水分蒸発に伴う損失熱量 $E$ 、人体から空気への伝導・対流による損失熱量 $C$ 、人体と周囲物体との間に授受される輻射熱量 $R$ の総和に等しい時に快適温感が得られる。この関係を式に表わすと

$$M = \pm S \pm E \pm C \pm R \quad \cdots \cdots (7)$$

となり、この式は快適環境を実現するためには $C$ と $R$ を調整すればよいことを示している。第11図は(7)式の中の諸量を、第31表は人体の放熱量の配分を示す。

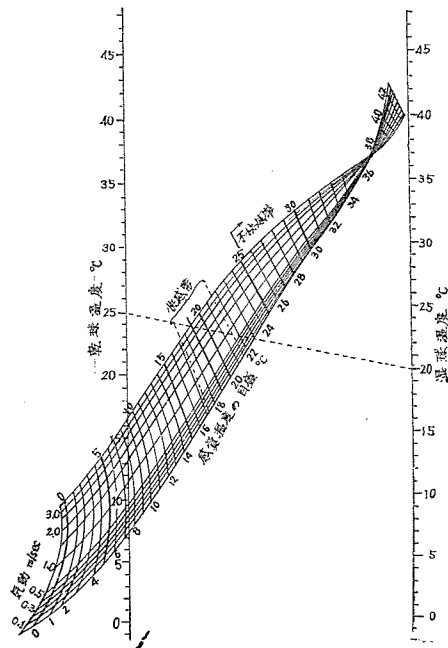


第11図 新陳代謝・熱貯蔵量・蒸発・輻射+対流と温度との関係(着服の場合)

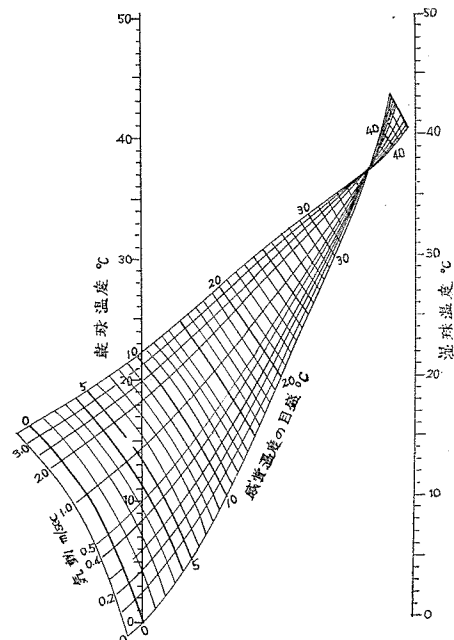
第31表 人体の放熱量の配分

| 放 熱 の 種 類 |                                 | 放 熱 量<br>Kcal/日 |
|-----------|---------------------------------|-----------------|
| S         | 摂取飲食物を温めるため                     | 49              |
|           | 吸気 11.500 l を温めるため              | 64              |
| E         | 呼気中の CO <sub>2</sub> 800 g の排せつ | 94              |
|           | 呼気中の水分 300 g の蒸発                | 231             |
| C と R     | 体表面における伝導・輻射・対流・蒸発              | 1,980           |
| 1 日合計     |                                 | 2,418           |

YAGLOU や HOUGHTON は空気の温度・湿度・流動の 3 要素が組合わさつた場合の総合的な温感効果を米国人の感覚に基づいた指標で表わすような Effective Temperature (有効温度, 感覚温度等の訳語がある) を案出して図表にまとめた。これは試料空気と等しい温感を与える湿度 100%, 気動 0 のときの気温で表わしたものである。温感は体質・着衣・動作等によつてかなり相違があるので YAGLOU は上衣をつけた軽作業状態の感覚温度線



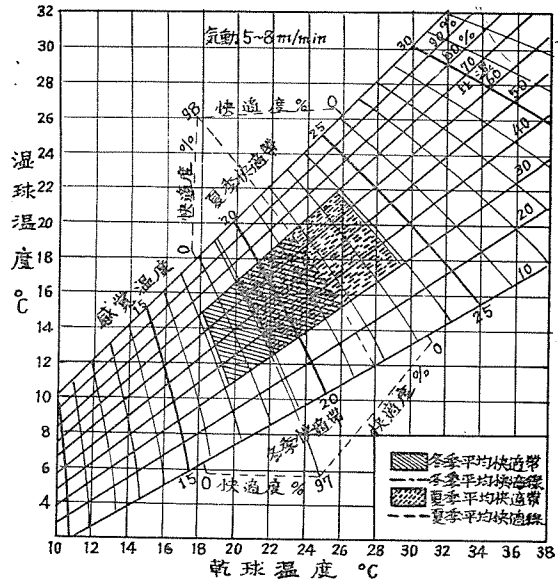
第12図 感覚温度図表 静止で上衣を着けた状態



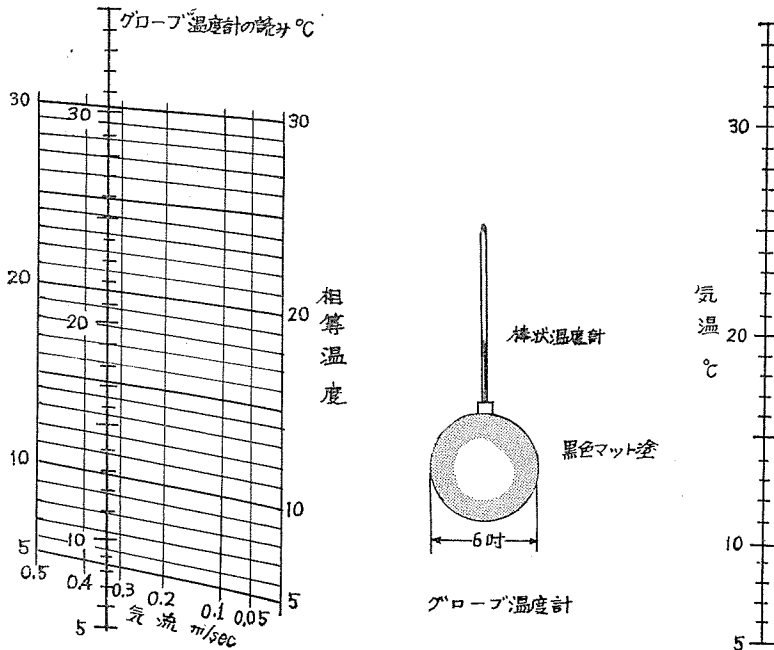
第13図 感覚温度図表 静止で上半身裸体になったとき

図（第12図）と上衣を脱いだ安静状態の図表（第13図）を作った。また第14図は気動約  $0.1 \text{ m/s}$  の場合の乾湿球湿度計の読みと感覚温度との関係を表わした YAGLOU の快感帯線図であつて、この図には 50% 以上の人に快感を与える快感帯、97% 以上の人に快感を与える快感線が示されている。日本人の快感帯は夏期  $20 \sim 25^\circ\text{C}$ 、冬期  $16 \sim 21^\circ\text{C}$  であると言われている。

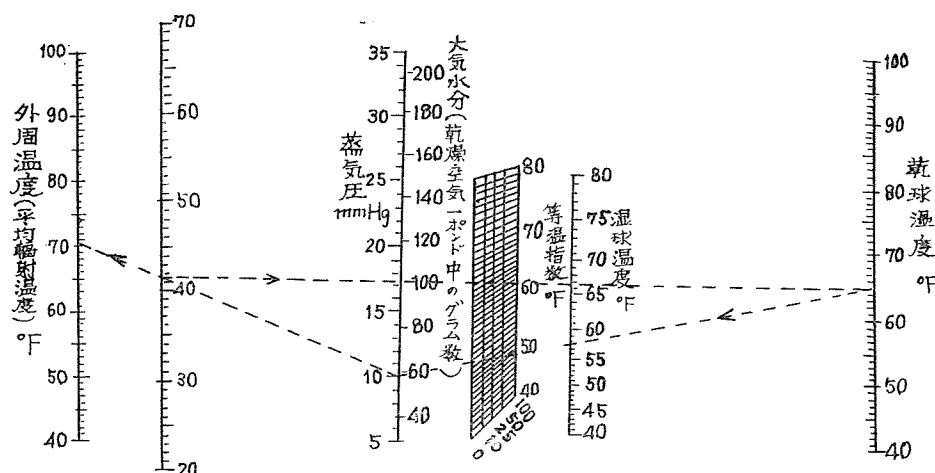
感覚温度に影響する空気の物理的な3要素に更に1要素の輻射熱を含めた場合の感覚温度を求める方法には上記 YAGLOU の他に DUFTON による相当または等価温度 (equivalent



第14図 快感帯図表 (YAGLOU)



第15図 グローブ温度計の読みから等価温度を求める図表 (DUFTON)



第 16 図 普通の着衣で坐業あるいは軽作業をしている人の等価温暖条件を求める図表 (BEDFORD)

temperature), 第 15 図, BEDFORD の equivalent warmth (等温指数) 第 16 図や corrected effective temperature (修正感覚温度), MISSENARD の resultant temperature, GAGGE による作用温度 (operative temperature) がある。

YAGLOU の快適図表には 3 段階の快適度が夏・冬に分けて示されているが、快適温度条件は体質・性別・民族・習慣・作業状態等によつて異なってくる。知的作業では筋肉の作業におけるよりも気温の低い方が好ましく、筋肉の作業も労働強度が大きくなると最適温度は低くなる。

至適温度と労作条件の実験例は多数あるが、その 2 例をあげると

第 32 表 労作条件と至適温度

| 条 件 | 至適感覚温度 °C |        |
|-----|-----------|--------|
|     | 至 適       | 不平が少ない |
| 坐 業 | 18~19     | 13~17  |
| 重労働 | 12~17     | 7~8    |

第 33 表 主観的至適条件 (BEDFORD)

|        | 快適温度 °C | 快適限界 °C   |
|--------|---------|-----------|
| 黒球温度   | 18.4    | 16.7~20.0 |
| 感覚温度   | 16.0    | 13.9~17.2 |
| 乾球温度   | 18.2    | 15.6~20.0 |
| 乾カタ冷却率 | 6.06    | —         |

また、薬学会協定衛生試験法による衛生上の快感判定基準は第 34 表のごとくである。

第 34 表 普通室内空気試験成績判定基準（薬学会協定）

| 季 節 | 下 記 階 級 に 相 当 す る 感 覚 温 度 °C |                |                |                |              |
|-----|------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
|     | A(快適)                        | B              | C              | D              | E<br>(不適・不快) |
| 春・秋 | 20                           | 21~22<br>19~18 | 25~24<br>17~16 | 25~26<br>15~14 | >27<br><13   |
| 夏   | 22                           | 23~24<br>21~20 | 25~26<br>19~18 | 27~28<br>17~16 | >29<br><15   |
| 冬   | 18                           | 19~20<br>17~16 | 21~22<br>15~14 | 24~25<br>13~12 | >25<br><12   |

最近不快指数 (Discomfort index) が用いられているが、この指数は各種の気象条件と暖冷房や空気調和装置の所要効力との関係を予測するための指数としてアメリカの E. C. THOM が提唱したと言われている。この指数は乾球と湿球の温度から次式によつて算出し、体感の表示に用いられている。

$$D_i = 0.72 (t + t') + 40.6 \dots\dots\dots(8)$$

ここに  $t, t'$  = それぞれ乾球および湿球温度 °C, 不快指数と不快感との関係は第 35 表 A のごとくであるといわれているが、実際の調査例としては B がある。

第 35 表 不快指数と不快感の関係

| A. ア メ リ カ の 例 |           | B. 日 本 の 実 験 例 |                  |
|----------------|-----------|----------------|------------------|
| 不快指数           | 不 快 感 の 率 | 不快指数           | 不快感の人数の<br>百分率 % |
| ≥70            | 一般に不快     | 72             | 2                |
| ≥75            | 50% 以上不快  | 75             | 9                |
| ≥79            | 誰も不快      | 77             | 65               |
| ≥80            | 非常に不快     | 85             | 95               |

## 8. 室内空気の汚染と換気

空気の組成や温湿度は人的条件によつて異常に変わる。空気中の水蒸気・じんあい・化学物質・細菌等が異常に増加して、いわゆる汚染されると、人は不快を覚え、時に頭痛・悪心・食欲減退等をおこし、作業能率を低下させる。室内では人体からの放熱によつて室温が上昇し、呼気と皮膚からの水分の蒸発によつて湿度が増加する。放熱量と蒸発水分量は環境条件と作業強度によつて違うがそれらの概値は第 36 表のごとくである。

第36表 人体からの放熱量と水分蒸発量

| 状 態          | 全放熱量<br>kcal/h | 顕 熱<br>kcal/h | 潜 熱<br>kcal/h | 水 蒸 気<br>g/h |
|--------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| 静 坐          | 96             | 56            | 37            | 70           |
| 坐 業 (事 務)    | 123            | 56            | 66            | 117          |
| 起 立 (歩行せず)   | 108            | 56            | 52            | 90           |
| 中 作 業        | 150            | 56            | 94            | 164          |
| 緩歩行(3.2km/h) | 190            | 63            | 128           | 224          |
| 急歩行(6.4km/h) | 349            | 113           | 235           | 412          |
| 金 属 工 (坐)    | 216            | 69            | 146           | 256          |
| 木 挽 (重作業)    | 450            | 148           | 303           | 530          |

注. 気温 20℃, 女子, 小児はそれぞれ 90%, 50%

また, 機械や電灯・器具からの熱放散はそれぞれ第36表, 第37表の値をとる。

第37表 モータおよび機械の放熱(顕熱)

| 馬 力 数<br>(銘 板) | 1 馬 力 当 り の 発 熱 量 kcal/h |                    |                    |
|----------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
|                | モータ:室 外<br>機 械:室 内       | モータ:室 内<br>機 械:室 外 | モータ:室 内<br>機 械:室 内 |
| 1/20~1/8       | 641                      | 589                | 1,230              |
| 1/8 ~1/2       | 641                      | 344                | 985                |
| 1/2 ~3         | 641                      | 181                | 822                |
| 3 ~20          | 641                      | 114                | 755                |
| 20~150         | 641                      | 71                 | 712                |

第38表 電灯・器具等の放熱(顕熱, 潜熱, 水蒸気)

| 器 具                                                 | 顕 熱<br>kcal/h | 潜 熱<br>kcal/h | 水 蒸 気<br>g/h |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| 白 熱 灯, 螢 光 灯                                        | 0.86/W        | 0             | 0            |
| ブ ン ゼ ン ・ パ ー ナ (小 型)                               | 240           | 60            | 105          |
| ガ ス ス ト ー プ (煙 突 な し)<br>(ガ ス 1 m <sup>3</sup> 当 り) | 4,050         | 450           | 780          |
| 蒸 気 加 熱 面 (粗面)                                      | 715           | 0             | 0            |
| 〃 (磨面)                                              | 377           | 0             | 0            |
| 蒸 気 管 (裸)                                           | 1,075         | 0             | 0            |
| 〃 (絶 縁)                                             | 323           | 0             | 0            |

**炭酸ガス** 炭酸ガスは呼吸・発酵・燃焼等によつて絶えず大氣中に放出されている。成人の呼出す量は安静時に男子 10~13 l/h, 女子 8.5 l/h, 軽作業時は約その2倍である。

炭酸ガスが0.1%を超えるとその空気はかなり汚染されているのであつて、換気を怠ると容易に0.5%に達する。致命的な量は18%といわれている。

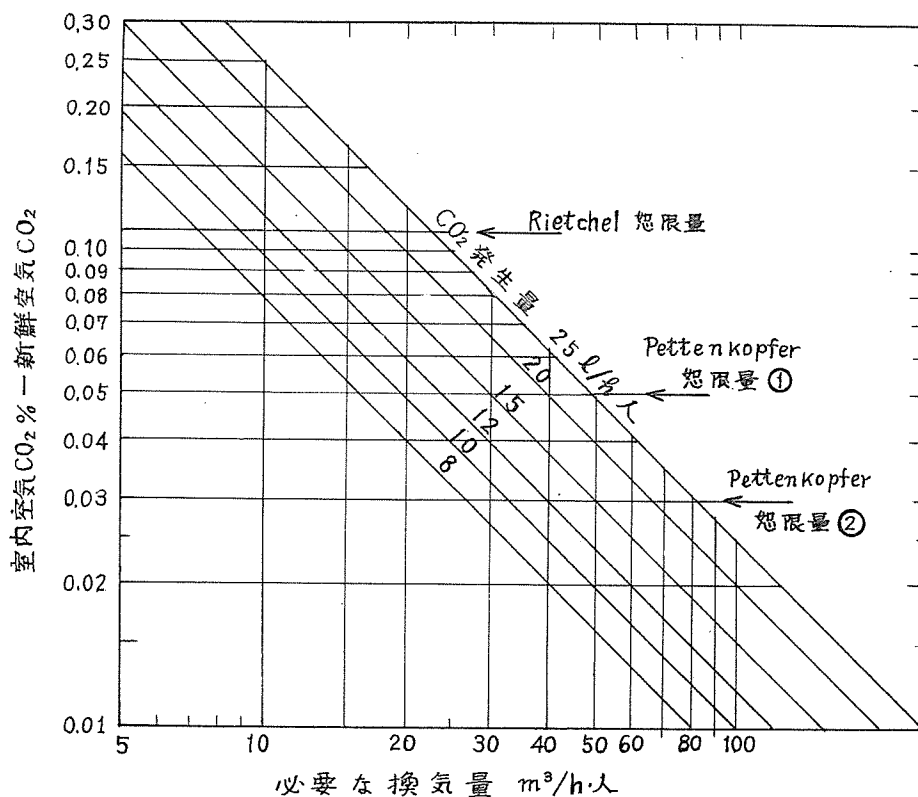
臭気・一酸化炭素・じんあい・空気中の細菌等の汚染因子については省略する。

## 8.1 換 気

室内の空気汚染を限度以下に維持するためには新鮮な外気を取り入れて換気を行なわれなければならない。

**換気の標準** 室の換気回数をどの程度にすれば適当であるかという問題は室内空気の汚染をどの程度に止めるかということである。その基準のとりかたには炭酸ガス濃度基準、温湿度基準、有毒ガス、じんあい、病原菌基準、臭気基準の4つがある。

これらのうち、一般に炭酸ガス量を汚染指標として換気量の限度を決め、成人の炭酸



第17図 CO<sub>2</sub> 限度基準の必要な換気の計算図表

ガス忍限量を PETTENKOFER は 0.1%, RIETSCHEL は 0.15% としている。

人の炭酸ガス呼出し量と換気とによつて室内の炭酸ガス量が定常状態になる場合の炭酸ガス濃度は前掲 (6) 式から求められ、室内炭酸ガス濃度  $\sigma_0$  を測定すれば換気回数の概値がわかり、 $\sigma_0$  を忍限量にとると所要換気量が求められる。(6) 式を計算図表に示したものは第 17 図である。

換気の指標として臭気を用いた 1 例として、米国では在室者の体臭が外来者に不快でない限度を目安とし、標準の最低限値を新鮮空気 17 m<sup>3</sup>/h・人、室内気積 11.3 m<sup>3</sup>/人としている。生活水準が向上すると換気量は少なくて足りる。

建築基準法では窓や開口部などの換気に有効な部分の面積として床面積の 1/20 以上を要求し、労働衛生安全規則では 30 m<sup>3</sup>/h・人を、衛生工業協会は 35 m<sup>3</sup>/h・人と定めている。

温湿度を基準とする換気標準は次式から算出する。

$$Q = H/c \cdot \rho(t_i - t_o) = H/0.31(t_i - t_o) \dots\dots\dots(9)$$

ここに C=空気の比熱 0.24 kcal/kg °C,  $\rho$ =空気の密度 1.2 kg/m<sup>3</sup>, H<sub>s</sub>=人、機械等の発生熱量と建物に侵入する熱量の合計

温度を基準にとると換気量は非常に大きくなる。これを基準として適当な換気量を定めることができるのは空調和の場合に限られる。

第 39 表は YAGLOU 等による換気基準、第 40 表は換気口面積と換気量の関係、第 41 表は作業場の標準換気量および換気回数を示したものである。

第 39 表 室に必要な気積と換気量

| YAGLOU, その他による基準 |                          |                               | 法律・条例による基準                       |                                                             |
|------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | 気 積<br>m <sup>3</sup> /人 | 必要換気<br>量 m <sup>3</sup> /h・人 | 天 井 高 さ m<br>(建 築 基 準 法)         | 換 気 量 m <sup>3</sup> /h<br>(東京都建築安全条例)                      |
| 坐 業<br>(中流階級)    | 2.8                      | 42.5                          | 居 室 2.1 m 以上                     | 75 m <sup>3</sup> /h・床面 m <sup>2</sup><br>空気調和のとき 1/3<br>まで |
|                  | 5.7                      | 27.0                          | 学校(5.0 m <sup>2</sup> 以上) 3 m 以上 |                                                             |
|                  | 8.5                      | 20.4                          | 劇場・集会場 4 m 以上                    |                                                             |
|                  | 14.0                     | 12.0                          | (200 m <sup>2</sup> 以上)          |                                                             |
| 教 室<br>(中流階級学童)  | 2.8                      | 49.2                          | 作 業 場 4 m 以上                     | 10 m <sup>3</sup> /h・人以上                                    |
|                  | 5.7                      | 35.4                          | (労働安全) は気積の                      |                                                             |
|                  | 8.5                      | 28.8                          | (衛生規則) 算出に加                      |                                                             |
|                  | 14.0                     | 18.6                          | えない                              |                                                             |
| 労 働              | 5.7                      | 39.0                          |                                  |                                                             |
| 高 級 住 宅          | 5.7                      | 30.6                          |                                  |                                                             |
| 粗 雑 家 屋          | 5.7                      | 60.5                          |                                  |                                                             |

第40表 換気口面積と換気量 (勝田氏)

| 換 気 量<br>m³/h | 下記の換気口前風速 m/sに おける換気口有<br>効面積 cm² (片側) |     |     |     |
|---------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|
|               | 1 m/s                                  | 2   | 4   | 6   |
| 20            | 100                                    | 50  | —   | —   |
| 40            | 185                                    | 90  | 40  | —   |
| 80            | 410                                    | 210 | 100 | 65  |
| 160           | 850                                    | 450 | 230 | 150 |

第41表 作業場の標準換気量および換気回数

| 一般作業場 (30~50 m³/h・人) |        | 特殊作業場 (50~100m³/h・人) |        |
|----------------------|--------|----------------------|--------|
| 作 業 場 の 種 類          | 換気回数/h | 作 業 場 の 種 類          | 換気回数/h |
| 一 般 作 業 場            | 4      | 事 務 室                | 3      |
| 紡 績 工 場              | 4      | 鉄 道 工 場              | 4      |
| 機 械 工 場              | 6      | 塗 装 工 場              | 4      |
| 木 工 場                | 8      | 自 動 車 車 庫            | 4      |
| 鋳 造 工 場              | 12     | 食 堂                  | 4      |
| 汽 缶 室                | 4~6    | 倉 庫                  | 6~10   |
| ボ ン ブ 室              | 8~10   | 洗 濯 工 場              | 10~15  |
| 機 関 室                | 10~15  | 厨 房                  | 10~20  |
| 製 紙 工 場              | 15~20  | 紡 績 工 場 (染)          | 14~20  |
| 煙・湿気多量の作業場           | 15~20  | 自 動 車 修 繕 工 場        | 15~20  |

## 8.2 自然換気

自然換気は窓、扉、すきま、換気筒等を通し、室内外の温度差と風速とを原動力として行なわれる。

壁に開口部があつて、その前後に  $4p \text{ kg/m}^2 (=1 \text{ mm 水柱})$  の気圧差があると、その開口部を通過する風量  $Q \text{ m}^3/\text{s}$  は

$$Q = XA\sqrt{2g4p/\rho} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\doteq 0.235 \times A\sqrt{(273+\theta)4\rho} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \cdots \cdots (10)$$

ここに  $A$  = 開口面積  $[\text{m}^2]$ ,  $g$  = 動加速度  $9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho$  = 空気の比重で  $16^\circ\text{C}$  において  $1.24 \text{ kg/m}^3$ ,  $\theta$  = 空気の温度,  $X$  = 風量係数 と呼び第42表にこの値を示す

第42表 個々の風量係数

| 型                |  | 風量係数 $\alpha$          | 型            |                                | 風量係数 $\alpha$ |
|------------------|--|------------------------|--------------|--------------------------------|---------------|
| 一般屋上側窓<br>小型の窓又は |  | 0.65~0.7               | 出窓<br>(風上)   | <br>$\frac{L}{d}=2.5\sim3.0$   | 0.7           |
|                  |  | 1.0                    |              |                                | <1.0<br>0.5   |
| 回転窓              |  | $\beta=90$<br>0.65~0.8 | 出窓<br>(風下)   | <br>$\frac{L}{d}=2.5\sim3.0$   | 0.8           |
|                  |  | 75<br>0.4              |              |                                | <1.0<br>0.6   |
|                  |  | 60<br>0.35             |              |                                |               |
|                  |  | 45°<br>0.2             |              |                                |               |
| フライインド           |  | $\beta=90$<br>0.65~0.8 | 大型の窓<br>(風上) | <br>$\frac{D_2}{D_1} \div 0.5$ | 1.4           |
|                  |  | 70<br>0.4~0.5          |              |                                | 5.0           |
|                  |  | 50<br>0.35             |              |                                |               |
|                  |  | 30<br>0.15~0.30        |              |                                |               |
| 防出網              |  | 約<br>0.3~0.4           | 大型の窓<br>(風下) |                                | 0.8           |

風だけで行なわれる自然換気量の計算式は

$$Q = \alpha A v \quad \text{m}^3/\text{h} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で、ここに  $\alpha$  = 流量係数で窓 0.6~0.7, すきま 0.3~0.4

$A$  = 有効な開口面積 (室の全開口の面積の 1/2)  $\text{m}^2$

$v$  = 換気口における表面速度 =  $4.03\sqrt{h}$

$h$  = 室内外の圧力差 水柱 mm

窓前の風速は平均して夏は 2 m/s, 冬は 3 m/s 以下とされる。

また、内外温度差に基づく自然換気量の計算式は

$$Q = \alpha A \sqrt{2gh(\rho_o - \rho_r)/\rho_o}$$

$$= \alpha A \sqrt{2gh\left(1 - \frac{273 + \theta_o}{273 + \theta_r}\right)} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad \dots\dots\dots (2)$$

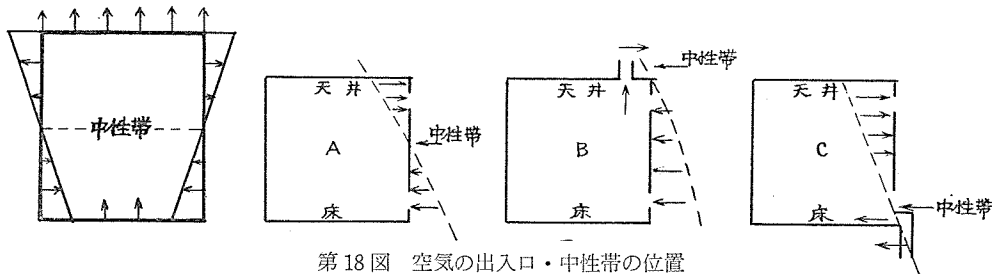
で表わされ、ここに  $h$  = 空気の出入口の垂直距離 (煙突でその高さに相当するもの) m,

$\theta_o, \theta_r$  = 室外と室内の平均気温  $^{\circ}\text{C}$ ,

$\rho_o, \rho_r = \theta_o, \theta_r$  に相当する空気の比重  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 室内外の空気の温度差によつて生ずる気流の速度  $v$  m/s は

$$v = 0.185\sqrt{(\theta_o - \theta_r)h} \quad \text{m/s}$$

室内温度が外温よりも高い場合には上部は下部よりも圧力が高くなつて中間部に内外圧力の中性帯を生じ、中性帯より上方の室内空気は外に向かい、下方の外気は室内に侵入する。中性帯の位置は第 18 図のようになる。



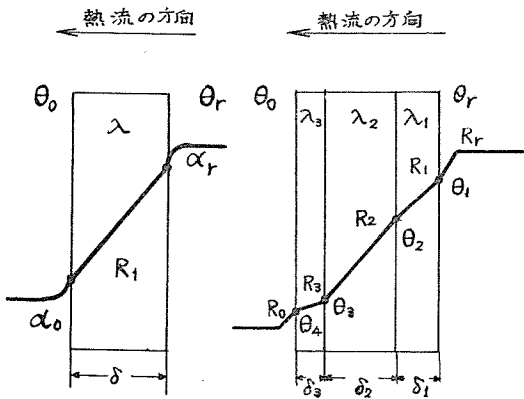
窓を閉じた室の建具のすきまからの自然換気回数/h は室の内外の温度差 5℃ 以下、風速 1.5 m/s 以下のとき、洋室で 0.5～2 回、和室で 2～6 回、ときには 6～10 回位にもなる。

9. 暖冷房に関する伝熱理論

工場内の気温を快適範囲 18～25℃ に保つには冬は暖房を夏は冷房を必要とする。暖房の場合には熱は壁体の伝導と換気とによつて室から失われ、冷房の場合には熱はこれらの逆方向に室に入る。熱の伝わりかたには伝導・対流・輻射の 3 過程がある。また定常状態と非定常すなわち振動する状態の伝熱があるが、ここでは定常状態において貫流する熱量の計算法だけについて述べる。

第 19 図の壁体を貫流する熱を考え、記号の意味を次のようにきめる。

- $Q$  = 壁体の全面積を貫流する熱 kcal/h
- $F$  = 壁体の熱貫流にあずかる表面積  $m^2$
- $\theta_r, \theta_o, \theta_1, \theta_2, \dots$  = 室内気温, 外温, 壁の境界面の温度  $^{\circ}C$
- $\delta, \delta_1, \delta_2, \dots$  = 壁厚 m
- $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \dots$  = 壁体材料の熱伝導度  $kcal/mh^{\circ}C$
- $\alpha_r, \alpha_o$  = 壁表面とこれに接する 空気 の薄膜との間の (表面) 境界層の熱伝達係数  $kcal/m^2h^{\circ}C$



第 19 図

$R_r, R_o = \frac{1}{\alpha_r}, \frac{1}{\alpha_o} = \text{熱伝達抵抗 } m^2h^{\circ}C/kcal$

$R_1, R_2, \dots = \text{それぞれ } \frac{\delta_1}{\lambda_1}, \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \dots = \text{熱伝導抵抗 } \text{m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$

$\frac{1}{R_1}, \frac{1}{R_2}, \dots = \frac{\lambda_1}{\delta_1}, \frac{\lambda_2}{\delta_2}, \dots = \text{熱伝導比抵抗 } \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$R = \text{熱貫流抵抗 } \text{m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$

$k = \frac{1}{R} = \text{熱貫流率 } \text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

とすると第19図左の壁体の貫流熱を表わす式(13)は次のようになる。

$$\begin{array}{l|l} Q = \alpha_r F (\theta_r - \theta_1) & \theta_r - \theta_1 = \frac{Q}{F} \cdot \frac{1}{\alpha_r} \\ Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} F (\theta_1 - \theta_2) & \theta_1 - \theta_2 = \frac{Q}{F} \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} \\ Q = \alpha_o F (\theta_2 - \theta_o) & \theta_2 - \theta_o = \frac{Q}{F} \cdot \frac{1}{\alpha_o} \end{array}$$


---


$$\theta_r - \theta_o = \frac{Q}{F} \left( \frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_o} \right)$$

$$\therefore Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_o}} F (\theta_r - \theta_o) = kF (\theta_r - \theta_o) \dots \dots \dots (13)$$

また、第19図右のような多層構造の壁体の熱貫流の式は(13)式と同じように

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_o}} F (\theta_r - \theta_o) \\ &= \frac{1}{R} F (\theta_r - \theta_o) = kF (\theta_r - \theta_o) \dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

ここに  $R = \frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_o}$

$\alpha$  の値は伝導、対流、輻射による伝熱を総合したもので、その実用的な概値を第43表に示す。

第43表 表面熱伝達率 $\alpha$ と熱伝達抵抗

| 位 置 |          | 熱伝達率 $\alpha$<br>kcal/m <sup>2</sup> h <sup>°</sup> C | $\alpha$ の 内 訳 |     | 熱伝達抵抗 $\frac{1}{\alpha}$<br>m <sup>2</sup> h <sup>°</sup> C/kcal |
|-----|----------|-------------------------------------------------------|----------------|-----|------------------------------------------------------------------|
|     |          |                                                       | 伝導と<br>対流      | 輻射  |                                                                  |
| 室内側 | 垂 直 壁    | 7(風速 0.3m/s)                                          | 6~7            | 0   | 0.143                                                            |
|     | 水平面, 上向  | 7(同 上)                                                | 6~7            | 0   | 0.143                                                            |
|     | " , 下向   | 5(上の3割減)                                              | 5              | 0   | 0.200                                                            |
|     | ガラス窓     | 10                                                    | 6~7            | 3   | 0.100                                                            |
| 室外側 | 垂直壁・ガラス窓 | 21(風速 3.5m/s)                                         | 17             | 3.5 | 0.050                                                            |

表4-4 (a) 材料の伝熱特性 (主に日本建築学会案による)

| 名 称    |           |                        | 温度伝導率                  | 熱伝導抵抗 R                  | 熱伝導率比 R                  | 備 考                                 |                                        |                |  |
|--------|-----------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------|--|
| 区分     | 材 料 名     | 摘 要                    | $\alpha (m^2/h)$       | $(m^2 h^\circ C / Kcal)$ | $r (m h^\circ C / Kcal)$ | 比 熱 C<br>(Kcal /<br>Kg $^\circ C$ ) | 密度 $\rho$<br>(kg /<br>m <sup>3</sup> ) | 注 意            |  |
| 一      | 銅板        |                        | $3.793 \times 10^{-1}$ | —                        | 0.00298                  | 0.0996                              | 8900                                   |                |  |
|        | 亜鉛めっき鉄板   |                        | $4.28 \times 10^{-2}$  | —                        | 0.0263                   | 0.113                               | 7860                                   |                |  |
|        | アルミニウム板   |                        | $8.358 \times 10^{-1}$ | —                        | 0.00515                  | 0.214                               | 2700                                   |                |  |
|        | 大花石       |                        | $4.383 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.417                    | 0.20~0.21                           | 2670                                   |                |  |
|        | 理崗岩       |                        | $5.619 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.333                    | 0.18~0.20                           | 2810                                   |                |  |
|        | 大谷石       |                        | $2.411 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.91                     | 0.24                                | 1900                                   |                |  |
|        | 鉄筋コンクリート  |                        | $2.462 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.77                     | 0.21~0.27                           | 2200                                   |                |  |
|        | 振動弱コンクリート |                        | $3.77 \times 10^{-3}$  | —                        | 0.53                     | 0.21                                | 2400                                   |                |  |
|        | 軽骨コンクリート  |                        | $1.615 \times 10^{-3}$ | —                        | 1.45                     | 0.24                                | 1780                                   |                |  |
|        | 耐火石砂利     |                        | $1.38 \times 10^{-3}$  | —                        | 1.75                     | 0.24                                | 1720                                   |                |  |
|        | モルタル      |                        | $2.993 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.83                     | 0.19                                | 2110                                   |                |  |
|        | スレート      |                        | $2.728 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.91                     | 0.18                                | 2240                                   |                |  |
| 般      | 土砂        |                        | $1.158 \times 10^{-3}$ | —                        | 2.44                     | 0.21                                | 1890                                   |                |  |
|        | 砂利        |                        | $5.736 \times 10^{-4}$ | —                        | 5.00                     | 0.17~0.24                           | 1700                                   |                |  |
|        |           |                        | $8.965 \times 10^{-4}$ | —                        | 2.94                     | —                                   | 1850                                   |                |  |
| 材      | 土壁(仕上)    |                        | $1.859 \times 10^{-3}$ | —                        | 2.00                     | 0.21                                | 1280                                   |                |  |
|        | ラスター      |                        | $2.009 \times 10^{-3}$ | —                        | 1.89                     | 0.20                                | 1320                                   |                |  |
|        |           |                        | $1.134 \times 10^{-3}$ | —                        | 2.27                     | 0.20                                | 1940                                   |                |  |
|        | れんが       | 厚さ 210mm               | $7.895 \times 10^{-3}$ | 0.878                    | 4.17                     | 0.20                                | 1520                                   | 目地の影響は0~+20%   |  |
|        | タイル       | 厚さ 19mm                | —                      | 0.0105                   | —                        | 0.25                                | 2280                                   |                |  |
|        | 板ガラス(普通)  | 1分(3mm)                | $1.456 \times 10^{-3}$ | 0.0044                   | (1.47)                   | 0.184                               | 2540                                   |                |  |
|        | マスキ       | ツギキ                    | $9.021 \times 10^{-4}$ | —                        | 7.69                     | 約0.30                               | 480                                    |                |  |
|        | マスキ       | ノ                      | $9.394 \times 10^{-4}$ | —                        | 10.75                    |                                     | 330                                    |                |  |
|        |           |                        | $7.445 \times 10^{-4}$ | —                        | 12.98                    |                                     | 344                                    |                |  |
|        | 料         | アスファルト                 | 厚さ 0.5mm               | $1.286 \times 10^{-3}$   | —                        | 1.59                                | 0.22                                   | 2230           |  |
|        |           | ルーフィング                 | 1分(3mm)                | —                        | 0.0056                   | (1.11)                              | —                                      | 1020           |  |
|        |           | リウルクス                  | 1分(3mm)                | —                        | 0.0187                   | (6.25)                              | —                                      | 1190           |  |
| ゴムタイル  |           | 2分(6mm)                | $5.092 \times 10^{-4}$ | 0.0176                   | (3.94)                   | 0.27~0.48                           | 1780                                   |                |  |
| アスファルト |           | 1分(3mm)                | —                      | 0.0107                   | (3.57)                   | —                                   | 1830                                   |                |  |
| 石タイル   |           | 2分(6mm)                | $5.673 \times 10^{-4}$ | 0.0613                   | (10.20)                  | 0.20                                | 863                                    |                |  |
| 厚毛織布   |           | 1分(3mm)                | $3.571 \times 10^{-4}$ | 0.020                    | 6.66                     | 0.6                                 | 700                                    |                |  |
| 厚毛織布   |           | 1分(3mm)                | $4.263 \times 10^{-4}$ | 0.0444                   | 22.22                    | 0.33                                | 320                                    |                |  |
| 厚毛織布   |           | 53mm                   | —                      | 0.964                    | (18.17)                  | —                                   | 229                                    |                |  |
| 氷雪     |           |                        | $5.21 \times 10^{-4}$  | —                        | 1.925                    | 1.00                                | 998                                    |                |  |
| 氷雪     |           |                        | $4.252 \times 10^{-3}$ | —                        | 0.53                     | 0.487                               | 917                                    |                |  |
| 氷雪     |           |                        | —                      | —                        | 7.69                     | —                                   | 200                                    |                |  |
| 熱絶縁材料  | 牛毛フェルト    | 厚さ 10mm                | $6.953 \times 10^{-4}$ | 0.238                    | (23.80)                  | 0.33                                | 183                                    | 熱伝導率の値は0.25%減少 |  |
|        | 岩綿板       | 厚さ 1吋(25mm)            | $8.031 \times 10^{-4}$ | 0.472                    | (18.87)                  | 0.20                                | 330                                    |                |  |
|        | ガラス綿板     | 3分(9mm)                | $6.339 \times 10^{-4}$ | 0.713                    | (28.55)                  | 0.184                               | 300                                    |                |  |
|        | ヘッドテックス   | 1/4吋(6.5mm)            | $3.625 \times 10^{-4}$ | 0.173                    | (19.22)                  | 0.5~0.7                             | 239                                    |                |  |
|        | 救急板       | 1吋(25mm)               | $5.938 \times 10^{-4}$ | 0.079                    | (12.20)                  | —                                   | 494                                    |                |  |
|        | 救急板       | 1吋(25mm)               | —                      | 0.424                    | (16.95)                  | —                                   | 303                                    |                |  |
|        | 救急板       | 1吋(25mm)               | $3.979 \times 10^{-4}$ | 0.582                    | (23.25)                  | 0.4~0.5                             | 240                                    |                |  |
|        | 木毛セメント板   | 1吋(25mm)               | —                      | —                        | (11.63)                  | —                                   | 420                                    |                |  |
|        | ダンボール     | 厚さ 1/2吋(12.5mm)        | —                      | 0.194                    | (16.12)                  | —                                   | 140                                    |                |  |
|        | シワ状アルミ箔   | 1層 { 中空層の              | —                      | —                        | (22.73)                  | —                                   | —                                      |                |  |
|        | 平板状アルミ箔   | 1層 { 中空層の              | —                      | 0.445                    | —                        | —                                   | —                                      |                |  |
|        | アルミ箔      | 1層 { 中空層の              | —                      | 0.323                    | —                        | —                                   | —                                      |                |  |
| 泡拉火石   | 厚さ 1吋     | $1.433 \times 10^{-3}$ | 0.431                  | (17.23)                  | 0.184                    | 220                                 | ラッカ                                    |                |  |
| 泡拉火石   | 1吋        | $1.086 \times 10^{-3}$ | 0.104                  | (4.17)                   | 0.24                     | 921                                 | 「など」                                   |                |  |
| 珪藻土    |           | —                      | —                      | 15.15                    | 0.20~0.25                | 455                                 | 「を塗布」                                  |                |  |

| 名 称                                                |        |            | 温度伝導率                  | 熱伝導抵抗R                   | 熱伝導率                         | 備 考                          |                     |     |
|----------------------------------------------------|--------|------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----|
| 区分                                                 | 材 料 名  | 摘 要        | $\alpha (m^2/h)$       | $(m^2 h^\circ C / kcal)$ | $\gamma (mb^\circ C / kcal)$ | 比熱C<br>(kcal/kg $^\circ C$ ) | 密度P<br>(kg/m $^3$ ) | 注 意 |
| 丸<br>て<br>ん                                        | 岩      | 綿          | $9.499 \times 10^{-4}$ | —                        | 26.30                        | 0.20                         | 200                 |     |
|                                                    | ガ      | ス          | $9.376 \times 10^{-4}$ | —                        | 27.78                        | 0.184~                       | 200                 |     |
|                                                    | 軽      | 石          | $6.812 \times 10^{-4}$ | —                        | 11.11                        | 0.24                         | 550                 |     |
|                                                    | シ      | ン          | $1.11 \times 10^{-3}$  | —                        | 9.09                         | 0.20                         | 500                 |     |
|                                                    | 綿      | 屑          | $4.831 \times 10^{-4}$ | —                        | 17.25                        | 0.5~0.7                      | 200                 |     |
|                                                    | モ      | ク          | $1.242 \times 10^{-3}$ | —                        | 26.30                        | 0.4~0.5                      | 140                 |     |
| 主として構造体を構成する層状構造が複雑にいたり、算定し難い含湿があつたり、不規則な空気層が混入してい |        |            |                        |                          |                              |                              |                     |     |
| 構<br>造<br>体                                        | 軽量ブロック | B1型 厚さ20cm | —                      | 0.34                     | —                            | —                            | 1380                |     |
|                                                    | 軽量ブロック | B1型 厚さ     | —                      | 0.45                     | —                            | —                            | 1380                |     |
|                                                    | 軽量ブロック | B1型 厚さ     | —                      | 0.22                     | —                            | —                            | 2400                |     |
|                                                    | 軽量ブロック | B1型 厚さ     | —                      | 0.35                     | —                            | —                            | 1380                |     |
|                                                    | 軽量ブロック | B1型 厚さ     | —                      | 0.49                     | —                            | —                            | 1380                |     |
|                                                    | 吹土     | 厚さ 4.7cm   | —                      | 0.14                     | —                            | —                            | —                   |     |
| 選<br>体                                             | 吹土     | 厚さ 6.2"    | —                      | 0.16                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 吹土     | 厚さ 4.5"    | —                      | 0.13                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 本張り吹土  | 厚さ 2.4cm   | —                      | 0.17                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 本張り吹土  | 厚さ 2.0"    | —                      | 0.13                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 洗出し    | 厚さ 3.0cm   | —                      | 0.094                    | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 洗出し    | 厚さ 2.6"    | —                      | 0.11                     | —                            | —                            | —                   |     |
| 外<br>壁<br>体                                        | モルタル   | 厚さ 2.7"    | —                      | 0.022                    | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 日本瓦    | 厚さ 3.2cm   | —                      | 0.13                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 瓦      | 厚さ 1.6"    | —                      | 0.11                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 瓦      | 厚さ 1.2"    | —                      | 0.15                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 瓦      | 厚さ 2.5cm   | —                      | 0.13                     | —                            | —                            | —                   |     |
|                                                    | 瓦      | 厚さ 2.5cm   | —                      | 0.13                     | —                            | —                            | —                   |     |

(b) 中空層の伝熱特性(1層に付)

| 区 分                | 摘 要        | 伝 熱 抵 抗                           |                         | 備 考                     |                |
|--------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                    |            | 0℃                                | 20℃                     |                         |                |
| 現場での<br>一般施工       | 無処理        | 層の厚さ 1cm<br>2cm以上                 | 0.087<br>0.101          | 0.077<br>0.087          | 斎藤             |
|                    | アルミ箔<br>使用 | 層の厚さ 1cm<br>2cm以上<br>しわ付法層間隔2cm平均 | 0.240<br>0.286<br>0.238 | 0.224<br>0.267<br>0.227 | 〃<br>〃<br>長野   |
| 完全気密<br>の工場<br>製 品 | 無処理        | 層の厚さ 1cm<br>2cm<br>5cm            | 0.168<br>0.194<br>0.194 | 0.145<br>0.167<br>0.167 | 機械ボケ<br>〃<br>〃 |
|                    | アルミ箔<br>使用 | 層の厚さ 1cm<br>2cm<br>5cm            | 0.323<br>0.445<br>—     | 0.28<br>0.42<br>0.57    | 芝<br>建築学会<br>〃 |

壁の中の中空層では伝導・対流・輻射の伝熱が存在し、層厚を2cm からいくら増してもその伝熱抵抗は増加しない。

各種材料の伝熱特性を第44表に示す。

透明ガラス窓の伝熱は輻射伝熱を特別に考えなければならないので、この熱貫流抵抗を第45表に示す。

第45表 ガラス窓の熱貫流抵抗

|        | 摘 要                    | 熱貫流抵抗 $R_{t_s}$ | 熱伝導抵抗 $R$ | 熱伝導比抵抗 $r$ |
|--------|------------------------|-----------------|-----------|------------|
| 外壁ガラス窓 | 一重ガラス                  | 0.18            |           |            |
|        | 一重防熱ガラス                |                 |           |            |
|        | 二重ガラス { 空気層厚さ1cm 工場生産に | 0.45            | 0.21      | —          |
|        | " 2cm } による完全密         | 0.48            | 0.24      | —          |
|        | " 3cm } 閉の場合           | 0.51            | 0.27      | —          |
|        | " 1cm } 現場でつく          | 0.35            | 0.11      | —          |
|        | " 2cm } つた一般品          | 0.36            | 0.12      | —          |
|        | " 3cm } の場合            | 0.36            | 0.12      | —          |

### 9.1 日射による透過熱量

日射が窓ガラスにあたると1部はガラス自身が吸収し、1部は窓の外に反射し、大部分は透過して室内にはいる。窓を透過して室に入る熱量は

$$J_G = \varepsilon J \quad \text{kcal/m}^2\text{h} \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここに  $J_G$  = ガラスを透過する熱量  $\text{kcal/m}^2\text{h}$

$J$  = 窓に照射する日射量  $\text{kcal/m}^2\text{h}$

$\varepsilon$  = 窓ガラスの透過率

(入射角や波長で違うが大体 0.8~0.9)

しかし、窓ガラスの内側にカーテンやブラインドがあると反射によつて透過熱の約1/2は再び窓の外に出て行く。

壁にあたつた日射はその1部は反射されるが大部分は壁に吸収されて壁体に伝わつて室に入り込む。このような場合の伝熱量の計算には日射等価外気温  $\theta_e$  を次式から算出して実際の外温に加え、この温度 (Sol-air temperature) が外温であるとみなして算出した熱量を実際の伝熱量にとる。

$$\theta_e = R_{s_0} \times K \times J \quad \dots\dots\dots (16)$$

ここに  $R_{s_0}$  = 壁の外側の表面熱伝熱抵抗

$J$  = 室に照射する日射量  $\text{kcal/m}^2\text{h}$  (第46表)

$K$  = 壁面の日射吸収率 (第47表)

第 46 表 東京地区、夏の快晴日の日射量提案値 (kcal/m<sup>2</sup>・h) 7月22日について、  
(衛生工業協会誌, 昭 28.5 内田秀雄)

| 時刻 | 水 平 面 |       |        | 鉛直壁<br>の天空 | 北     |        | 東     |        | 南     |        | 西     |        | 備考    |
|----|-------|-------|--------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|    | 天空    | 直達    | 全      |            | 直達    | 全      | 直達    | 全      | 直達    | 全      | 直達    | 全      |       |
| 5  | 15.0  | —     | 15.0   | 7.5        | —     | 7.5    |       | 7.5    |       | 7.5    |       | 7.5    | 垂直壁   |
| 6  | 45.0  | 70.0  | 115.0  | 22.5       | 97.4  | 119.9  | 322.3 | 344.8  |       | 22.5   |       | 22.5   | の天空   |
| 7  | 89.0  | 231.0 | 320.0  | 44.5       | 81.7  | 126.2  | 451.4 | 567.3  |       | 44.5   |       | 44.5   | ふく射   |
| 8  | 116.2 | 408.8 | 525.0  | 58.1       | 68.3  | 126.4  | 581.9 | 640.0  |       | 58.1   |       | 58.1   | は、全   |
| 9  | 117.0 | 566.0 | 683.0  | 58.5       | —     | 58.5   | 501.5 | 560.0  | 82.4  | 140.9  |       | 58.5   | 天(水   |
| 10 | 130.6 | 679.4 | 810.0  | 65.3       | —     | 65.3   | 367.2 | 432.5  | 151.1 | 216.4  |       | 65.3   | 平面)   |
| 11 | 133.0 | 750.0 | 883.0  | 66.5       | —     | 66.5   | 193.9 | 260.4  | 195.9 | 262.4  |       | 66.5   | の 1/2 |
| 12 | 134.6 | 680.4 | 915.0  | 67.3       | —     | 67.3   |       | 67.3   | 213.0 | 280.3  |       | 67.3   | で方位   |
| 13 | 135.6 | 761.4 | 897.0  | 67.8       | —     | 67.8   |       | 67.8   | 198.9 | 266.7  | 196.8 | 264.6  | に無関   |
| 14 | 136.0 | 707.0 | 843.0  | 68.0       | —     | 68.0   |       | 68.0   | 157.2 | 225.1  | 382.0 | 450.0  | 係とし   |
| 15 | 138.8 | 611.2 | 750.0  | 69.4       | —     | 69.4   |       | 69.4   | 85.2  | 154.6  | 545.8 | 615.2  | である   |
| 16 | 135.0 | 475.0 | 610.0  | 67.5       | 79.4  | 146.9  |       | 67.5   |       | 67.5   | 676.5 | 744.0  |       |
| 17 | 114.0 | 296.0 | 410.0  | 57.0       | 104.6 | 161.6  |       | 57.0   |       | 57.0   | 669.6 | 726.6  |       |
| 18 | 72.6  | 113.4 | 186.0  | 36.3       | 157.7 | 194.0  |       | 36.3   |       | 36.3   | 521.7 | 558.0  |       |
| 19 | 25.0  | —     | 25.0   | 12.5       | —     | 12.5   |       | 12.5   |       | 12.5   |       | 12.5   |       |
| 全日 |       |       | 7980.0 |            |       | 1340.3 |       | 3288.8 |       | 1849.0 |       | 3834.9 |       |
| 平均 |       |       | 332.5  |            |       | 55.8   |       | 137.0  |       | 77.0   |       | 159.8  |       |

注意 (1) この表の中には誤りではないかと思われる値もあるが、原著のまま転載してある。  
(2) なお全日射量とは直達日射+天空日射のことである。

第 47 表 壁面の仕上げと日射吸収率 K の関係

| 壁 面 の 仕 上 げ           | K の 値 kcal/m <sup>2</sup> h |
|-----------------------|-----------------------------|
| 明色 (白色セメント, 白ペンキ)     | 0.4                         |
| 暗色 (モルタル, 緑色, 灰色ペンキ)  | 0.7                         |
| ごく暗色 (瓦, スレート, 暗色ペンキ) | 0.9                         |

## 9.2 結露とその防止

壁の片側の気温が  $\theta_r$ , 他の側が  $\theta_o$  であるとして, これらの温度が一定に保たれているとすると, 定常的に熱が流れ, 壁体の各部分の温度も一定値を保つ。この場合任意の 2 点に生ずる温度差を  $\Delta\theta_x$  とするとその値は次式で表わされる。

$$\Delta\theta_x = \text{室の内外温度差} \times \frac{\text{2点間の熱抵抗}}{\text{壁の貫流熱抵抗}}$$

$$=(\theta_r - \theta_o) \times \frac{R_z}{R} \dots\dots\dots (17)$$

この式を用いると壁体内の任意の部分の温度と温度差を知ることができる。また  $\theta_o$  に (16) 式の  $\theta_o$  を用いると日射による上昇温度の大きさがわかる。

壁の内表面の結露を防止するには室内空氣の露点が上式で算出した壁の内表面温度よりも高目に維持すればよい。

すなわち

$$R > \frac{(\theta_r - \theta_o) R_z}{\Delta \theta} \dots\dots\dots (18)$$

$$> \frac{(\theta_r - \theta_o) R_z}{\theta_r - \theta_d}$$

ここに  $R$  = 壁体の熱貫流抵抗  $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

$\theta_d$  = 室内空氣の露点 (附圖空氣

の相对湿度線図から求める)

表面結露有無の判定は：

内表面 温度  $\theta >$  室内空氣 露点  $\theta_d$

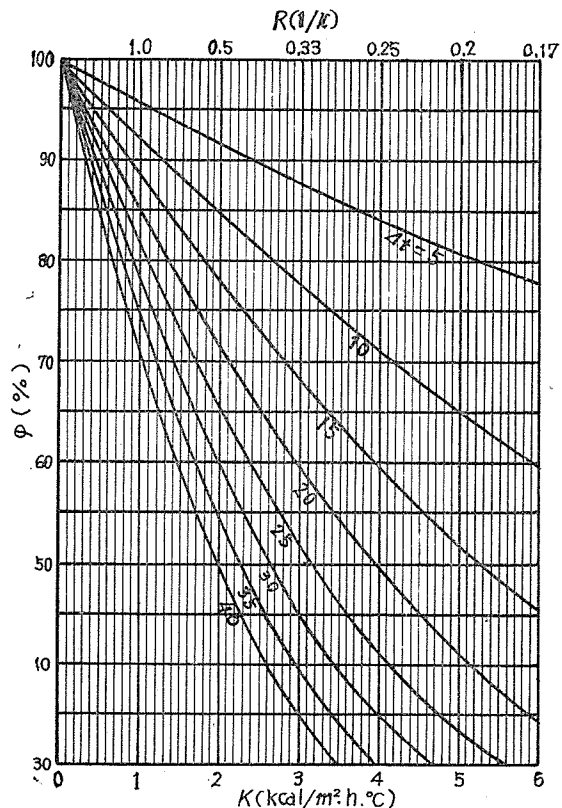
…………… 結露しない

$\theta < \theta_d$  …… 結露する

第20図は  $\Delta t = (\text{室内氣温 } \theta_r - \text{外温 } \theta_o)$  と  $R$  または熱貫流係数  $k$  と室内空氣の湿度との関係を表わしたもので防露に必要な壁体の熱貫流係数が簡単に求められる。

### 9.3 建物の熱損失または熱取得と 暖冷房計画

暖房を行なう場合の熱損失が多ければ、また冷房のときに外から熱取得が多ければ、すなわち暖冷房の場合に熱負荷が多ければ経費がかさむ。暖房の熱負荷を計算するには室に維持しようとする目的氣温を決め、外氣の温度 (設計外温) を適当に仮定して、建物の全壁体を貫流する熱損失を計算し、



第20図 表面防露図表

これに換気による熱損失を次式

$$H = 0.3 Q (\theta_r - \theta_o) \dots \dots \dots (19)$$

から算出して、加え合わせ、室内での発生熱があればこれを差引いて、最後にいくらかの余裕を見込み、この全熱損失に見合う熱を室に供給する。

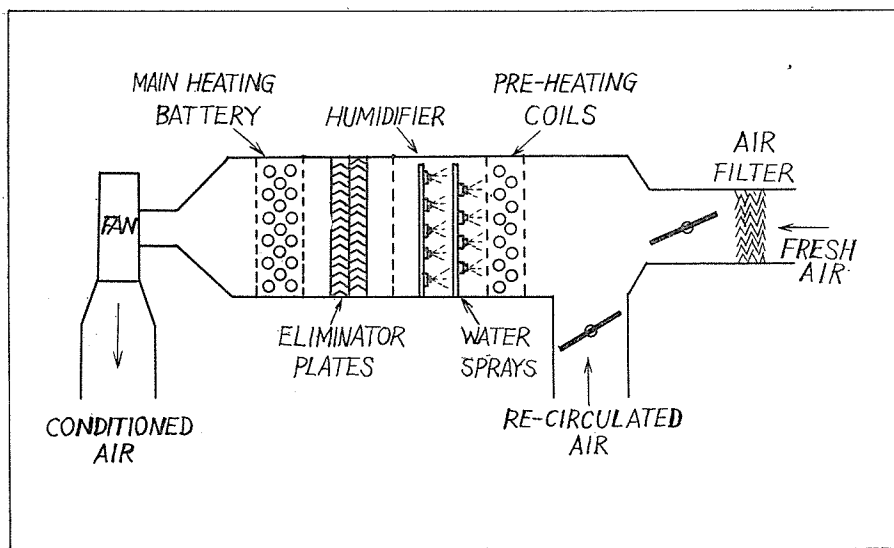
冷房の場合には屋外から貫流する熱収得と換気による熱収得、室内の発生熱量、空気中の余計の水分を冷却して取り除くのに必要な熱量を加算し、この合計にいくらかの割増しを見込んで、この全熱収得を冷凍機などを用いて取り除く。1 kg の水蒸気を除くために必要な熱水の蒸発の潜熱は約 539 kcal である。

暖房計画の注意事項は①冬の日射を充分に利用する。②不必要なすきま特に風上側の窓のすきまを極力少なくする。③できるだけ床面を温めて上下の温度差を少なくする。④放熱器は窓下に配置する。⑤蒸発水分は風下に逃げるようにする。⑥北側の壁は防熱構造が望ましい。⑦適度の換気を行なう。

冷房計画においては、①日射の影響を最小限におさえる。西向きガラス窓の面積は極力少なくし、日除けをする。②室内空気の均一な分布に努める。③出入口はできれば2重扉にする。

## 10. 湿り空気図表

湿り空気図表は湿り空気を加熱、冷却、加湿、減湿する場合の状態変化が一目でわかり、



第21図 空気洗浄器の略図

このような過程における熱量や水分量をめんどろな計算をしないで簡単に求められるように巧みに工夫されたものであつて、最初に発表されたものは露点調湿による空気調和方式（第21図参照）の発明で有名な米人 CARRIER 氏の Psychrometric chart であつて、その後各国で色々と改良が加えられたが中でもドイツの MOLLIER 氏による Ein Neues Diagramm für Dampf Luftgemische が著名である。これらの図表はその後も引き続いて改良され、ますます正確なものとなつた。この図表の詳しい使用法は成書にゆずり、空気の状態変化の簡単な場合について付録の図表について説明する。