

昭和二十六年八月廿五日印刷
昭和二十六年八月三十日発行

衛生工業協會誌

暖房・換氣・冷凍・衛生
及屋内機械設備

昭和26年8月

第25卷  第8號

—目次—

論文及講演


新しく作つた湿り空気線図とその使い方……………東京大学助教授 正員 内田秀雄…191

抄録

劇場の空気調和……………228

会報

役員会並に各種委員会記録……………235



近代文化の施設!

暖冷房設備
給排水設備
衛生設備

設計

監督

施工

立川工業株式会社 東京都中央区木挽町五丁目五
電話銀座(57)2191~2198

JOURNAL OF THE SOCIETY OF DOMESTIC AND SANITARY ENGINEERING

Vol. 25 No. 8. Aug. 1951.

会 告

定 款 の 一 部 改 正 に 関 す る 件

かねて所轄官庁に対し定款の一部改正につき申請中の処、7月27日附を以て認可せられましたので本年7月1日より之を実施することになりましたから何卒御了承願います。

改正の要点は下記の通りであります。

改正した定款の箇所

- 第 8 条 「2. 准員」を除く
第 9 条 「准員はこれに準ずる者および学生」を削る
第 19 条 「准員は 30 円を」を削る
第 20 条 1. 正員年額「400 円」を「500 円」に改む「2. 准員年額 260 円」を削除
第 23 条 を下記の通り書き改む
評議員は細則に定める選挙区別により各区内の会員（維持員を除く）中から細則に定める員数を会員の投票によりて選挙する、
但し会長および前会長は選挙によらなくとも評議員であつて細則に定める定数以外とする。
第 24 条 中の（維持員、准員を除く）を（維持員を除く）に改む
第 25 条 中の（維持員、准員を除く）を（維持員を除く）に改め（准員を除く）を削除
第 43 条 第 44 条、第 45 条 中の（准員を除く）を削る
第 61 条 下記の通り書き改む
この定款は昭和 26 年 7 月 1 日からこれを実施する
第 62 条 第 23 条の評議員定数変更による調整のため第 26 期評議員選挙の際に限り定款第 26 条の規定に拘わらず全員改選を行い得点の多きものより順次 2 ケ年評議員（半数）および 1 ケ年評議員（半数）を定むるものとする

改正した細則の箇所

- 第 10 条 中の（准員を除く）を削る
第 11 条 を第 12 条とし以下順次 1 条宛引下げる
第 11 条 評議員の定数を下記の通り定む
第 1 区（東京地方） 32 名 第 2,3 区（北海道、東北地方） 4 名
第 4,7 区（東海、北国地方） 4 名 第 5,6 区（近畿、中国、四国地方） 12 名
第 8 区（九州地方） 4 名
但し会員の増減により評議員会の決議を経て定数を変更することができる
第 13 条 中の（准員を除く）を削る
第 30 条 中の「准員」を除く

会 員 名 簿 が 出 来 ま し た

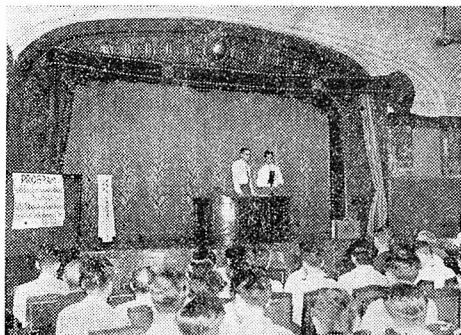
本年 7 月末日現在調査による本協会会員名簿が出来ました。かねて会員整理カードにより、会員各位の御要否を御照会致しました結果を基にして、余剰の生じないよう部数を限定発行しましたので、御所要の方は至急荷造送料として ¥ 30 を御拂込願います。

米国工業使節——土木建築特別講演会記事

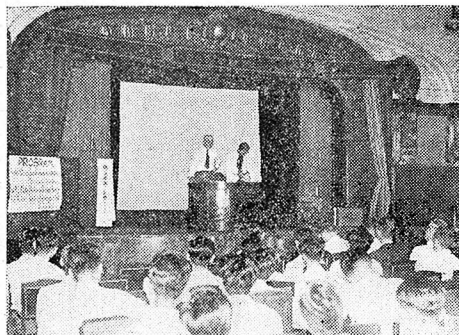
かねて來朝中の米国工業使節を頼むし、本協会、土木学会、日本建築学会、水道協会共同主催の下に去る7月19日(木)14時から日本工業クラブ大講堂に於て講演会を開催し、下記各講師の有益なる講演を多数が聴講し、終つてティーパーティーが開かれ、広瀬本協会長その他が挨拶を述べた。

記

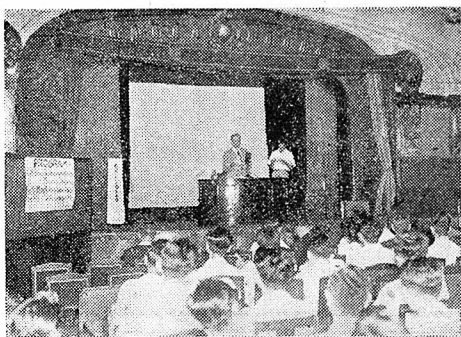
1. Prof. A.G.H. Dietz : Some Developments in Building Materials in the United States
(米国における建築材料の発達)
2. Prof. A.L. Miller : Realism and Structural Theory
(構造理論と実際)
3. Prof. E.W. Steel : Sanitary Engineering in the United States
(米国に於ける衛生工業)



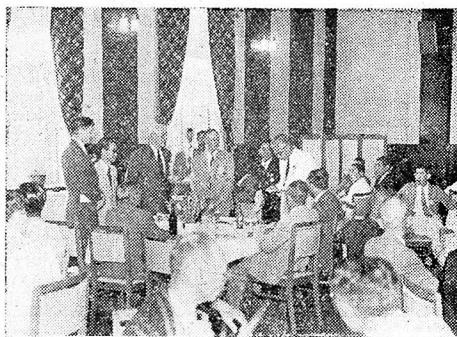
1. 講演中の Prof. A.G.H. Dietz



2. 講演中の Prof. A.L. Miller



3. 講演中の Prof. E.W. Steel



ティーパーティー

衛生工業協会誌

第25巻第8号

昭和26年8月

論説及講演

新しく作つた湿り空気線図とその使い方

(昭和26.4.21講演会に於ける講演)

Proposed Psychrometric Charts and these applications.

東京大学助教授 正員 内田 秀雄

前文：一

この報文は新しく刊行される衛生工業便覧(昭和26年版)の空気調和編の一部を筆者が執筆する際調査し、または計算をしたことなどをまとめたものである。便覧執筆の際にはその性質上、限られた紙数からの制限のために十分な記述ができなかつたし、必要と思われる線図等も全部をのせることができなかつた。それらを発表するということが第一の目的である。また便覧執筆の際には主査、幹事あるいは会員の方から線図の使い方については特に充分の説明をするようにという強い要望があつたのであるが、それが充分に出来なかつたので、この報文でそれを補いたいということが第二の目的である。従つて内容の一部には便覧の内容と重複する部分もあるが、敢て記述した。また種々の数値が便覧に示したものと違う部分も多少あるが、実用上は差支えないものであつて、強いて云えばこの報文の方を今後採用したいものであると筆者は考えている。

暖房冷房一般に空気調和の問題を扱うのに必要な大気圧前後の湿り空気の性質については、IICPD (International Joint Committee on Psychrometric Data) の J. A. Goff⁽¹⁾ を委員長とする副委員会で1945年より、また IMO (International Meteorological Organization) の P. A. Sheppard⁽²⁾ を委員長とする副委員会で1947年より研究が進められ、最近その研究結果の発表をみた。後者については本誌⁽³⁾にその紹介をした。前者の内容も後者のものと同じような結果であるが、気体の混合に対して完全ガスおよびダルトンの法則を適用しないで、分子相互の分子引力を考慮に入れ厳密に湿り

空気の諸特性値を求めている。この Goff の求めた厳密な値と普通用いられている近似式による値との差は後に述べるように普通1%以内であつて、実際問題としては無視して差支えないものである。筆者は以上の二つの委員会の研究結果を参照し、主に Sheppard が表はしている近似式によつて特性値を計算し、湿り空気線図を作製した。

湿り空気線図としては従来主にモリエ、あるいはキャリヤ線図を基にした色々の形式のものが発表されている。どのようなものが最も便利であり、また理論的にも正確であるかということについて研究し、更に多くの本協会会員各位の御意見を伺つた結果、以下に述べる形式のものを作つた。この線図を作製している時、A. S. H. V. E. では Goff の値によつて新しい形式の線図を作つていることが文献⁽⁴⁾で知ることができた。多分1951年版 Guide にはそれが採用されるであろう。

単位がすべてにおいてメートル式が優れていることは

- (1) John A. Goff. "Standardization of Thermodynamic Properties of Moist Air," Heating, Piping & Air Conditioning, Nov. 1949. pp. 118-128.
- (2) P. A. Sheppard "The Physical Properties of Air With Reference to Meteorological Practice and the Air Conditioning Engineer," Trans. of A. S. M. E., Nov. 1949. vol. 71, No. 8, pp. 915-919.
- (3) 衛生工業協会誌 24巻 9-10号, 9-10頁
- (4) H. B. Nottage. "A Proposed Psychrometric Chart," Heating, Piping & Air Conditioning, July 1950, p. 121-

認め、かつそれに統一されることを筆者は希望している。しかし実地において、特にこの衛生工業方面では英米単位が広く用いられ、今後も尚用いられるであろうということが考えられるので、湿り空気線図はメートル単位のもの、英米単位のもの両方を作製した。会員各位の御賛同を得れば幸甚である。尙本文につき特に $i-x$ 線図については忌憚ない御意見をよせられるよう切に希望する。

記号：— (本文中特に断りのない限りこの記号を用いる)

P = 湿り空気的全圧力	kg/cm ²
H = " " "	mmHg
p = 圧力, または水蒸気および湿り空気中の水蒸気分圧	kg/cm ²
h = " " "	mmHg
v = 比体積	m ³ /kg
t = 温度, または乾球温度	°C
t' = 湿球温度	°C
t'' = 露点温度	°C
T = 絶対温度	°K
ρ = 比重量	kg/m ³
R = ガス常数	kg·m/kg °K
c = 比熱	kcal/kg °C
c_p = 定圧比熱	"
c_v = 定容比熱	"
γ = 比熱比 = C_p/C_v	
i = エンタルピ	kcal/kg
s = エントロピ	kcal/kg °K
x = 湿り空気の絶対湿度	kg/kg'
y = 湿り空気に含まれる水蒸気の比重量	g/m ³
φ = 湿り空気の相対湿度 = y/y_s	
\mathcal{W} = 湿り空気の飽和度 = x/x_s	

添字記号：—

a :	乾燥空気
w :	水
ao :	標準状態における乾燥空気。
s :	飽和湿り空気

線図上の点に相当する値を示す場合は、線図上の点の記号、例えば $F, R, C, 1, 2, \dots$ を添字として用い、その状態の値を示すものとする。

湿り空気の諸量はそれに含まれている乾燥空気の Kg 当りについて表わすことが多い。その場合単位記号には特に kg' を用いる。

v_w, i_w, s_w に ' をつけて飽和水, " をつけて飽和蒸気の値を示すものとする。

1. 乾燥空気の性質

標準状態 (0°C, 760 mmHg⁽¹⁾, $g = 980 \cdot 665 \text{ cm/s}^2$) における乾燥空気の標準成分として、Goff が採用した次の値を用いる。

	N ₂	O ₂	A	CO ₂
容積組成	0.7089	0.2095	0.0093	0.0003
重量組成 ⁽²⁾	0.7553	0.2314	0.0128	0.0005

我々が必要とする大気圧またはその附近の乾燥空気は、完全ガスの性質をもつていると考えて実用上差支えない。したがって、

$$M_a = 28.966$$

$$R_a^{(3)} = 29.27 \text{ kgm/kg}^\circ\text{K} = 37.85 \text{ kgm/Nm}^3^\circ\text{K}$$

であり、その特性式は

$$p_a v_a \times 10^4 = R_a T \quad (1)$$

で表わすことができるので

$$p_{a0} = 1.2931 \text{ kg/Nm}^3$$

$$v_{a0} = 0.7733 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$c_{pa} = 0.240 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K}$$

$$c_{va} = 0.17134$$

$$\gamma_a = c_{pa}/c_{va} = 1.40$$

が得られる。

温度 0°C, 圧力 1 kg/cm² における乾燥空気のエンタルピおよびエントロピを何れも 0 とすれば、任意の温度、圧力における乾燥空気の特性式⁽⁴⁾は次のように表わすことができる。

$$i_a = c_a t = 0.240 t \quad \text{kcal/kg} \quad (2)$$

$$s_a = 0.55251 \log_{10} T - 0.15786 \log_{10} p_a - 1.81838 \quad \text{kcal/kg}^\circ\text{K} \quad (3)$$

$$v_a = \frac{29.27 \times 10^{-4} \times T}{p_a} \quad \text{m}^3/\text{kg} \quad (4)$$

2. 水および水蒸気の性質

水および水蒸気の特性式ならびに状態値は蒸気表⁽⁵⁾として詳細に発表されている。しかし我々が必要とする大気圧またはその附近の圧力で温度の高くない空気中に含まれている水蒸気は圧力も低いので完全ガスの性質をもつているものと考えて実用上差支えない。その場合の常数としては

$$M_w = 18.016$$

$$R_w = 47.06 \text{ kgm/kg}^\circ\text{K}$$

(1) 標準状態における水銀の比重は $13.59504 \pm 0.000057 \text{ g/cm}^3$, $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,013.250 \text{ mb} = 1,013.250 \text{ dyne/cm}^2 = 1.03323 \text{ kg/cm}^2$ すなわち $1 \text{ kg/cm}^2 = 735.56 \text{ mmHg}$

(2) 分子量としては $O_2 = 32.0000$, $N_2 = 28.016$, $A = 39.944$, $CO_2 = 44.01$, $H_2O = 18.016$ を用いる。

(3) 完全ガスのガス常数は $R = 847.828 \text{ kgm/k mol}^\circ\text{K}$

(4) Sheppard による。

(5) 例えば日本機械学会発行 1950 年蒸気表

$$c_{mw} = 0.4409 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K}$$

が用いられる。

0°C の飽和水のエンタルピ、エントロピを何れも 0 とすれば、任意の圧力、温度における水蒸気のエンタルピおよびエントロピは、次式⁽¹⁾によつて求めることができる。

$$i_w = r_{w0} + C_{pw}t \\ = 597.31 + 0.4409t \text{ kcal/kg} \quad (5)$$

$$s_w = 1.01523 \log T - 0.25381 \log p \\ - 0.84665 \text{ kcal/kg}^\circ\text{K} \quad (6)$$

$$v_w = \frac{47.06 \times 10^{-4} \times T}{p} \text{ m}^3/\text{kg} \quad (7)$$

ただし $r_{w0} = 597.31 \text{ kcal/kg}$ は 0°C の蒸気の蒸発の潜熱である。

温度 $T^\circ\text{K}$ の水または氷と平衡を保つ飽和水蒸気の圧力を夫々 p_w , $p_i \text{ kg/cm}^2$ とすれば、それを與える式として次の Goff-Gratch⁽²⁾の式がある。

$$r_{0.910} p_m = -7.90298 (T_s/T - 1) + 5.02808 \log_{10} \\ (T_s/T) - 1.3816 \times 10^{-7} \times \left\{ 10^{11.344(1-T/T_s)} \right. \\ \left. - 1 \right\} + 8.1328 \times 10^{-3} \times \left\{ 10^{-3.49149(T_s/T-1)} \right. \\ \left. - 1 \right\} + \log_{10} p_w(T_s) \quad (8)$$

$$\log_{10} p_i = -9.09718 (T_o/T - 1) - 3.56654 \log_{10} (T_o/T) \\ + 0.876793 (1 - T/T_o) + \log_{10} p_i(T_o) \quad (9)$$

(8)式は $t = 0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ の水、および $-50^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ の過冷却水に対して適用でき、(9)式は $-100^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ の氷に対して適用できるものである。尚

$$T_s = 373.16^\circ\text{K}$$

$$p_w(T_s) = 100^\circ\text{C} \text{ の飽和蒸気圧} \\ = 1 \text{ atm} = 1.03323 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_o = 273.16^\circ\text{K}$$

$$p_i(T_o) = 0^\circ\text{C} \text{ の飽和蒸気圧} \\ = 0.0060273 \text{ atm} = 0.00622757 \text{ kg/cm}^2$$

である。第1表に(8)式および(9)式をもとにして 0.5°C おきに筆者が計算した値を示してある。この値は第三回国際蒸気表会議において決定された骨組表の公差内に入っている。従つて新しい 1950 年発行の日本機械学会蒸気表の値との差は事実上無視されてよい。

3. 湿り空気の性質

3.1 湿り空気に関する用語の説明、湿り空気の状態を表わす用語、およびその定義には色々の云い表わし方があり、時に誤つた定義もされているものがあるので以下に特に必要と思われるものについて説明を加えることにする。

x = 絶対湿度 Absolute humidity = 湿り空気に含まれ

ている水分の量と乾燥空気の量との重量割合 $\text{kg/kg}'$ 。これは単に湿度 humidity あるいは湿り量 Moisture content と云われ、また A.S.H.V.E. では humidity ratio あるいは Water-air ratio と云い、A.S.R.E. では Specific humidity といつている。 x を絶対湿度といふことは従來の慣習からいふと ψ と誤られる恐れがあるが、わが国の最近における他学協会との用語統一のために、今後 x を絶対湿度と呼ぶことを薦めたい。

y = 比重量 Specific Weight = 湿り空気 1 m^3 中に含まれている水分の重量、すなわち水蒸気の比重量 = $10^3/v_w \text{ g/m}^3$ 。これは単に湿度 humidity ともいわれ、従來これを絶対湿度 Absolute humidity といつていたものであるが、 y の表わす内容からいえば比重量の語が適當であり、またわが国における他学協会との用語統一のために、今後 y を比重量と呼ぶこと、正しくは湿り空気に含まれている水蒸気の比重量といふことを薦めたい。尙 A.S.H.V.E. では absolute humidity, A.S.R.E. では density とよんでいる。

飽和湿り空気 = 湿り空気の温度 t が、それに含まれている水蒸気分圧 p に対する飽和蒸気温度に等しい場合、その湿り空気を飽和湿り空気、あるいは単に飽和空気という。そうでない場合は不飽和湿り空気、あるいは単に不飽和空気という。

ϕ = 相対湿度 relative humidity = 湿り空気の y とそれと同じ温度の飽和湿り空気の y_s との比 = $y/y_s = v_w''/v_w$ 、したがつて水蒸気を完全ガスとみなせば ψ と h とは比例するから ϕ は h/h_s によつても近似的に表わせる。 $\%$ で表わすことが多い。

ψ = 飽和度 Saturation degree = 湿り空気の x と、それと同じ温度の飽和湿り空気の x_s との割合 = x/x_s 。これは比較湿度 specific humidity, percentage humidity, percentage saturation ともいう。 $\%$ で表わすことが多い。

従來氣象学方面を初めとして各方面で湿り空気の「湿り程度」を表わす時には相対湿度 ϕ が専ら用いられていた。しかし湿り空気中の水分の量を表わすのに全容積当りの量で表わす ψ を用いることは、同じ状態でも温度によつて同一容積の空気に含まれる水分の量が異なるというために、 ψ を用いることは不便である。重量当りで考える x を用いる方が、湿り空気中に含まれている水分の量を表わすのに便利でもあり正しい表わし方でもある。その為 y より x 、相対湿度 ϕ より飽和度 ψ を用いて湿

(1) Sheppard による。

(2) Goff または Sheppard の文獻、あるいは衛生工業協会誌昭和 25 年 9~10 月号

り程度を表わす方がよく、また相対湿度と飽和度との相違は後⁽¹⁾に示すように大きくはない。今後我々の関係する方面では ρ の代りに ψ を用いるようになると思うしましたそうなることを希望する。

t'' = 露点温度 (dew point temperature) = ある湿り空気の水蒸気分圧と等しい水蒸気分圧をもつ飽和湿り空気の温度を、その湿り空気の露点温度という。

t' = 湿球温度 (Wet-bulb temperature) ある状態 (t, i, x) の湿り空気と、温度 t' の多量の水 (または氷) とが外部と断熱された中で共存して、充分長い時間の後にその湿り空気が丁度温度 t' の飽和湿り空気となつて、温度 t' の水 (または氷) と平衡状態に達する。そういう温度 t' をその湿り空気の断熱飽和温度 adiabatic saturated temperature という。温度 t' の飽和湿り空気の状態値には i' をつけて表わせば、

$$\frac{i' - i}{x' - x} = i_{aa} \tag{10}$$

の関係がある。ここに i_{aa} は温度 t' の水 (または氷) のエンタルピである。すなわち

$$\left. \begin{aligned} i_{aa} &= t' & t' \geq 0 & \text{水に対し} \\ i_{aa} &= -79.5 + 0.5t' & t' \leq 0 & \text{氷に対し} \end{aligned} \right\} \tag{11}$$

このように断熱飽和温度は湿り空気の状態によつて定まる値である。湿球温度計 Wet-bulb thermometer の示す湿球温度 Wet-bulb temperature はその湿り空気の乾球温度 t と露点温度 t'' との中間の値を示す。しかしこれは湿球温度計にあたる空気の流速と、輻射熱によつて違つた値を示す、風速が0の時にその空気の断熱飽和温度より 10~17% 高い値を示し、風速が大きくなる程その差は小さく、風速が 3 m/sec 以上であれば、湿球温度は断熱飽和温度と殆んど差がない。その為この両者を混同して用いられているが、風速が大きい時極限において湿球温度は断熱飽和温度になるということが云えるから、(10)式で表わされる温度 t' を湿球温度と定義する方がよい。筆者はこの定義を採用したい。言葉をかえれば湿球温度計は、ある状態の湿り空気の、断熱飽和温度を測る計器であるということが出来る。湿球温度計にあたる空気の流速は 3 m/sec 以上になるようにするべきである。尚 0°C 以下の湿球温度に対しては、湿球が氷で包まれている場合と、過冷却の水で包まれている場合とで夫々別の温度を示すという事は注意を要する。(註)

3.2 湿り空気の特性格

乾燥空気と水分との混合気としての湿り空気にダルトンの分圧の法則をあてはめると。

$$(P-p)v \times 10^4 = \frac{10^4}{735.56} (H-h)v = R_a T \tag{12}$$

(1) 第1図

$$v = x \cdot v_w \tag{13}$$

$$pv \times 10^4 = \frac{10^4}{735.56} hv = xR_w T \tag{14}$$

が成立する。ゆえに (12), (13) 式より

$$x = \frac{R_a \cdot T \times 10^{-4}}{v_w (P-p)} \tag{15}$$

が得られる。水蒸気を完全ガスとみなせば (12), (14) 式より

$$\frac{H-h}{h} = \frac{1}{x} \frac{R_a}{R_w} \tag{16}$$

この式の R_a, R_w に前述の値を代入すれば

$$x = \frac{0.62197h}{H-h} = \frac{0.62197 \phi h_s}{H - \phi h_s} \tag{17}$$

$$h = \phi h_s = \frac{H \cdot x}{0.62197 + x} \tag{18}$$

が得られる。これ等の式を用いて任意の相対湿度の湿り空気の絶対湿度求められる。

また (12), (13) 式より

$$v = xv_w = \frac{R_a \times 10^{-4}}{P-p} T \tag{19}$$

あるいは近似的に (12) + (14) 式から

$$Pv = (R_a + xR_w) T \times 10^{-4} \tag{20}$$

(註) 従来 t と t' を測定した際、その状態の空気中の水蒸気分圧 h を求める式として次の様な式が用いられている。

$$h = h' - 0.5 (t - t') \quad \text{Angust の式} \tag{1}$$

$$h = h' - \frac{0.480 H (t - t')}{610 - t'} \quad \text{理科年表 昭和26年版} \tag{2}$$

また湿球にあたる風速に対して

$$h = h' - \frac{0.0012}{610} (t' + 610) (t - t') \quad 0.05 \text{ m/s} \tag{3}$$

$$h = h' - \frac{0.0008}{160} (t' + 610) (t - t') \quad 1.5 \text{ m/s} \tag{4}$$

$$h = h' - \frac{0.00066}{610} (t' + 610) (t - t') > 2.5 \text{ m/s} \tag{5}$$

の式がある。次の表はこれらの式を用いて計算した相対湿度 ρ と、 t' を断熱飽和温度とした場合の ρ とを比較したものである。

t °C	t' °C	ρ %					断熱
		(1)式	(2)式	(3)式	(4)式	(5)式	
30	32	85.48	84.8	83.9	85.64	86.3	86.0
30	35	69.60	68.00	64.07	67.85	69.2	69.6
30	40	48.50	46.15	40.21	46.00	48.00	48.7
20	22	83.40	82.2	78.63	82.02	82.8	83.3
20	25	63.28	60.72	53.98	60.58	62.87	63.8
20	30	39.35	35.62	25.47	35.32	38.79	39.6
10	12	78.07	76.0	69.93	75.80	77.87	78.0
10	15	50.80	48.28	35.77	47.82	52.03	52.5
10	20	23.98	17.82	-	17.26	23.41	24.9

(1) 式とは (1) 式によつて計算した ρ の値の意味断熱とは t' を断熱飽和温度として、 $i-x$ 線図より求めた ρ の値を示す。

第1表(a) 水と接する空気の表

(-50~100°C), H=760 mmHg

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-50.0	6.481 × 10 ⁻⁵	0.04767	0.03902 × 10 ⁻³	-11.98	0.6322	-12.00	0.6322
-49.5	6.863	0.04974	0.04131	-11.86	0.6336	-11.88	0.6336
-49.0	7.266	0.05344	0.04374	-11.73	0.6351	-11.76	0.6350
-48.5	7.687	0.05654	0.04628	-11.61	0.6365	-11.64	0.6364
-48.0	8.132	0.05982	0.04896	-11.49	0.6379	-11.52	0.6378
-47.5	8.601	0.06326	0.05178	-11.10	0.6393	-11.40	0.6393
-47.0	9.094	0.06689	0.05475	-11.25	0.6407	-11.28	0.6407
-46.5	9.612	0.07070	0.05787	-11.13	0.6422	-11.16	0.6421
-46.0	1.016 × 10 ⁻⁴	0.07473	0.06117	-11.00	0.6436	-11.04	0.6435
-45.5	1.073	0.07893	0.06460	-10.88	0.6450	-10.92	0.6449
-45.0	1.133	0.08336	0.06823	-10.76	0.6464	-10.80	0.6463
-44.5	1.197	0.08802	0.07205	-10.64	0.6478	-10.68	0.6478
-44.0	1.263	0.09292	0.07405	-10.52	0.6493	-10.56	0.6492
-43.5	1.333	0.09805	0.08025	-10.39	0.6507	-10.44	0.6506
-43.0	1.406	0.1034	0.08467	-10.27	0.6521	-10.32	0.6520
-42.5	1.483	0.1091	0.08930	-10.15	0.6535	-10.20	0.6534
-42.0	1.564	0.1150	0.09417	-10.03	0.6549	-10.08	0.6548
-41.5	1.649	0.1213	0.09927	-9.954	0.6564	-9.96	0.6563
-41.0	1.738	0.1278	0.1046	-9.739	0.6578	-9.84	0.6577
-40.5	1.831	0.1347	0.1102	-9.656	0.6592	-9.72	0.6591
-40.0	1.929	0.1419	0.1161	-9.533	0.6606	-9.60	0.6605
-39.5	2.031	0.1494	0.1223	-9.409	0.6621	-9.48	0.6619
-39.0	2.138	0.1573	0.1288	-9.285	0.6635	-9.36	0.6633
-38.5	2.251	0.1656	0.1355	-9.161	0.6649	-9.24	0.6648
-38.0	2.369	0.1742	0.1426	-9.017	0.6663	-9.12	0.6662
-37.5	2.492	0.1833	0.1501	-8.913	0.6678	-9.00	0.6676
-37.0	2.621	0.1928	0.1578	-8.788	0.6692	-8.88	0.6690
-36.5	2.756	0.2027	0.1660	-8.661	0.6706	-8.76	0.6704
-36.0	2.898	0.2132	0.1745	-8.539	0.6720	-8.64	0.6718
-35.5	3.046	0.2240	0.1834	-8.413	0.6735	-8.52	0.6733
-35.0	3.201	0.2354	0.1927	-8.288	0.6749	-8.40	0.6747
-34.5	3.362	0.2473	0.2025	-8.162	0.6763	-8.28	0.6761
-34.0	3.532	0.2598	0.2127	-8.036	0.6777	-8.16	0.6775
-33.5	3.709	0.2728	0.2233	-7.901	0.6792	-8.04	0.6789
-33.0	3.893	0.2864	0.2345	-7.783	0.6806	-7.92	0.6803
-32.5	4.087	0.3006	0.2461	-7.657	0.6820	-7.80	0.6818
-32.0	4.288	0.3154	0.2582	-7.529	0.6835	-7.68	0.6832
-31.5	4.499	0.3309	0.2709	-7.382	0.6849	-7.56	0.6846
-31.0	4.719	0.3471	0.2842	-7.274	0.6863	-7.44	0.6860
-30.5	4.949	0.3640	0.2980	-7.146	0.6878	-7.32	0.6874
-30.0	5.188	0.3816	0.3125	-7.017	0.6892	-7.20	0.6888
-29.5	5.438	0.4000	0.3275	-6.889	0.6906	-7.08	0.6903
-29.0	5.699	0.4192	0.3433	-6.759	0.6920	-6.96	0.6917
-28.5	5.972	0.4400	0.3597	-6.630	0.6935	-6.84	0.6931
-28.0	6.255	0.4601	0.3768	-6.500	0.6949	-6.72	0.6945
-27.5	6.551	0.4819	0.3946	-6.369	0.6964	-6.60	0.6959
-27.0	6.860	0.5046	0.4132	-6.238	0.6978	-6.48	0.6973
-26.5	7.181	0.5282	0.4326	-6.107	0.6992	-6.36	0.6988
-26.0	7.516	0.5529	0.4528	-5.975	0.7007	-6.24	0.7002
-25.5	7.865	0.5785	0.4738	-5.842	0.7021	-6.12	0.7016
-25.0	8.229	0.6053	0.4957	-5.709	0.7036	-6.00	0.7030
-24.5	8.607	0.6331	0.5186	-5.576	0.7050	-5.88	0.7044
-24.0	9.002	0.6621	0.5423	-5.442	0.7064	-5.76	0.7058
-23.5	9.412	0.6923	0.5671	-5.307	0.7079	-5.64	0.7072
-23.0	9.839	0.7237	0.5928	-5.172	0.7093	-5.52	0.7087
-22.5	1.028 × 10 ⁻³	0.7564	0.6196	-5.036	0.7108	-5.40	0.7101
-22.0	1.074	0.7902	0.6474	-4.900	0.7122	-5.28	0.7115
-21.5	1.123	0.8258	0.6766	-4.762	0.7137	-5.16	0.7129
-21.0	1.173	0.8626	0.7067	-4.624	0.7151	-5.04	0.7143

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-20.5	1.225 × 10 ⁻³	0.9008	0.7381 × 10 ⁻³	-4.486	0.7166	-4.92	0.7157
-20.0	1.279	0.9406	0.7707	-4.346	0.7181	-4.80	0.7172
-19.5	1.335	0.9819	0.8046	-4.206	0.7195	-4.68	0.7168
-19.0	1.393	1.025	0.8399	-4.065	0.7210	-4.56	0.7200
-18.5	1.454	1.070	0.8765	-3.924	0.7224	-4.44	0.7214
-18.0	1.517	1.116	0.9146	-3.781	0.7239	-4.32	0.7228
-17.5	1.583	1.164	0.9541	-3.637	0.7254	-4.20	0.7242
-17.0	1.651	1.214	0.9951	-3.493	0.7268	-4.08	0.7257
-16.5	1.721	1.266	1.038	-3.348	0.7283	-3.96	0.7271
-16.0	1.794	1.320	1.082	-3.201	0.7298	-3.84	0.7285
-15.5	1.871	1.376	1.128	-3.054	0.7312	-3.72	0.7299
-15.0	1.949	1.434	1.176	-2.905	0.7327	-3.60	0.7313
-14.5	2.031	1.494	1.225	-2.756	0.7342	-3.48	0.7327
-14.0	2.116	1.557	1.277	-2.605	0.7357	-3.36	0.7342
-13.5	2.205	1.622	1.330	-2.454	0.7372	-3.24	0.7356
-13.0	2.296	1.689	1.385	-2.301	0.7386	-3.12	0.7470
-12.5	2.391	1.759	1.442	-2.146	0.7401	-3.00	0.7484
-12.0	2.489	1.831	1.502	-1.991	0.7416	-2.88	0.7498
-11.5	2.591	1.906	1.564	-1.834	0.7431	-2.76	0.7412
-11.0	2.696	1.983	1.627	-1.676	0.7446	-2.64	0.7427
-10.5	2.812	2.069	1.698	-1.614	0.7461	-2.52	0.7441
-10.0	2.919	2.147	1.762	-1.355	0.7476	-2.40	0.7455
-9.5	3.037	2.234	1.833	-1.193	0.7491	-2.28	0.7469
-9.0	3.158	2.323	1.907	-1.029	0.7506	-2.16	0.7483
-8.5	3.284	2.416	1.983	-0.8629	0.7521	-2.04	0.7497
-8.0	3.414	2.511	2.062	-0.6955	0.7536	-1.92	0.7512
-7.5	3.549	2.611	2.144	-0.5265	0.7552	-1.80	0.7526
-7.0	3.689	2.713	2.229	-0.3557	0.7567	-1.68	0.7540
-6.5	3.834	2.820	2.316	-0.1831	0.7582	-1.56	0.7554
-6.0	3.983	2.930	2.407	-0.00864	0.7598	-1.44	0.7568
-5.5	4.138	3.044	2.501	0.1678	0.7613	-1.32	0.7582
-5.0	4.298	3.161	2.598	0.3461	0.7628	-1.20	0.7597
-4.5	4.464	3.283	2.699	0.5265	0.7644	-1.08	0.7611
-4.0	4.635	3.409	2.802	0.7090	0.7659	-0.96	0.7625
-3.5	4.812	3.539	2.910	0.8937	0.7675	-0.84	0.7639
-3.0	4.995	3.674	3.021	1.081	0.7690	-0.72	0.7653
-2.5	5.184	3.813	3.136	1.270	0.7706	-0.60	0.7667
-2.0	5.379	3.957	3.255	1.461	0.7722	-0.48	0.7682
-1.5	5.581	4.105	3.378	1.655	0.7738	-0.36	0.7696
-1.0	5.790	4.259	3.505	1.852	0.7753	-0.24	0.7710
-0.5	6.006	4.417	3.636	2.051	0.7769	-0.12	0.7724
0.0	6.228	4.581	3.772	2.253	0.7786	0.00	0.7738
0.5	6.458	4.750	3.912	3.538	0.7801	0.12	0.7752
1.0	6.696	4.925	4.057	2.665	0.7817	0.24	0.7767
1.5	6.941	5.105	4.206	2.875	0.7833	0.36	0.7781
2.0	7.194	5.292	4.361	3.089	0.7850	0.48	0.7795
2.5	7.455	5.484	4.520	3.405	0.7866	0.60	0.7809
3.0	7.725	5.682	4.685	3.525	0.7882	0.72	0.7823
3.5	8.003	5.887	4.855	3.747	0.7899	0.84	0.7837
4.0	8.290	6.098	5.031	3.974	0.7915	0.96	0.7852
4.5	8.586	6.315	5.212	4.203	0.7932	1.08	0.7866
5.0	8.891	6.540	5.399	4.437	0.7948	1.20	0.7880
5.5	9.206	6.772	5.592	4.673	0.7965	1.32	0.7894
6.0	9.531	7.010	5.791	4.914	0.7982	1.44	0.7908
6.5	9.866	7.257	5.996	5.159	0.7999	1.56	0.7922
7.0	1.0211 × 10 ⁻²	7.511	6.208	5.407	0.8016	1.68	0.7937
7.5	1.0566	7.772	6.426	5.660	0.8033	1.80	0.7951
8.0	1.0933	8.042	6.652	5.917	0.8050	1.92	0.7965
8.5	1.1311	8.320	6.884	6.178	0.8067	2.04	0.7979

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
9.0	1.1700 × 10 ⁻²	8.606	7.124 × 10 ⁻³	6.443	0.8085	2.16	0.7993
9.5	1.2101	8.901	7.371	6.713	0.8101	2.28	0.8007
10.0	1.2514	9.205	7.625	6.988	0.8120	2.40	0.8021
10.5	1.2940	9.518	7.888	7.268	0.8138	2.25	0.8036
10.0	1.3378	9.840	8.159	7.553	0.8155	2.64	0.8050
11.5	1.3829	10.172	8.438	7.843	0.8173	2.76	0.8064
12.0	1.4294	10.514	8.725	8.138	0.8192	2.88	0.8078
12.5	1.4772	10.866	9.021	8.438	0.8210	3.00	0.8092
13.0	1.5264	11.23	9.326	8.744	0.8228	3.12	0.8106
13.5	1.5771	11.60	9.641	9.056	0.8247	3.24	0.8121
14.0	1.6292	11.98	9.964 × 10 ⁻³	9.373	0.8265	3.36	0.8135
14.5	1.6828	12.38	0.01030	9.697	0.8284	3.48	0.8149
15.0	1.7380	12.78	0.01064	10.03	0.8303	3.60	0.8163
15.5	1.7948	13.20	0.01100	10.36	0.8321	3.72	0.8177
16.0	1.8531	13.61	0.01136	10.70	0.8341	3.84	0.8191
16.5	1.9132	14.07	0.01173	11.05	0.8360	3.96	0.8206
17.0	1.9749	14.53	0.01212	11.41	0.8380	4.08	0.8220
17.5	2.038	14.99	0.01252	11.77	0.8400	4.20	0.8234
18.0	2.104	15.47	0.01293	12.14	0.8420	4.32	0.8248
18.5	2.171	15.97	0.01335	12.52	0.8440	4.44	0.8262
19.0	2.240	16.47	0.01378	12.91	0.8460	4.56	0.8276
19.5	2.311	17.00	0.01423	13.30	0.8480	4.68	0.8291
20.0	2.383	17.53	0.01469	13.70	0.8501	4.80	0.8305
20.5	2.458	18.08	0.01516	14.11	0.8522	4.92	0.8319
21.0	2.535	18.65	0.01564	14.53	0.8543	5.04	0.8333
21.5	2.614	19.23	0.01614	14.96	0.8564	5.16	0.8347
22.0	2.695	19.82	0.01666	15.39	0.8585	5.28	0.8361
22.5	2.778	20.44	0.01719	15.84	0.8607	5.40	0.8376
23.0	2.864	21.07	0.01773	16.29	0.8629	5.52	0.8390
23.5	2.952	21.71	0.01829	16.76	0.8651	5.64	0.8404
24.0	3.042	22.38	0.01887	17.23	0.8673	5.76	0.8418
24.5	3.135	23.06	0.01946	17.71	0.8696	5.88	0.8432
25.0	3.230	23.75	0.02007	18.21	0.8719	6.00	0.8446
25.5	3.327	24.47	0.02069	18.71	0.8742	6.12	0.8461
26.0	3.427	25.21	0.02134	19.23	0.8766	6.24	0.8475
26.5	3.530	25.96	0.02200	19.76	0.8789	6.36	0.8489
27.0	3.635	26.00	0.02268	20.30	0.8813	6.48	0.8503
27.5	3.743	27.53	0.02338	20.85	0.8837	6.60	0.8517
28.0	3.854	28.35	0.02410	21.41	0.8862	6.72	0.8531
28.5	3.968	29.19	0.02484	21.99	0.8887	6.84	0.8546
29.0	4.084	30.04	0.02560	22.58	0.8912	6.96	0.8560
29.5	4.204	30.92	0.02638	23.18	0.8938	7.08	0.8574
30.0	4.327	31.83	0.02718	23.80	0.8963	7.20	0.8588
30.5	4.452	32.75	0.02801	24.43	0.8990	7.32	0.8602
31.0	4.581	33.70	0.02886	25.07	0.9016	7.44	0.8616
31.5	4.713	34.67	0.02973	25.73	0.9043	7.56	0.8631
32.0	4.849	35.67	0.03063	26.41	0.9070	7.68	0.8645
32.5	4.988	36.69	0.03155	27.10	0.9098	7.80	0.8659
33.0	5.130	37.73	0.03249	27.80	0.9126	7.92	0.8673
33.5	5.276	38.81	0.03347	28.52	0.9155	8.04	0.8687
34.0	5.425	39.90	0.03447	29.26	0.9183	8.16	0.8701
34.5	5.578	41.03	0.03549	30.02	0.9213	8.28	0.8716
35.0	5.735	42.18	0.03655	30.80	0.9229	8.40	0.8730
35.5	5.895	43.36	0.03763	31.59	0.9273	8.52	0.8744
36.0	6.059	44.57	0.03875	32.40	0.9323	8.64	0.8758
36.5	6.228	45.81	0.03989	33.23	0.9335	8.76	0.8772
37.0	6.400	47.08	0.04107	34.08	0.9367	8.88	0.8786
37.5	6.577	48.37	0.04228	34.95	0.9399	9.00	0.8801
38.0	6.757	49.70	0.04352	35.84	0.9431	9.12	0.8815

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
38.5	6.942×10^{-2}	51.06	0.04480	36.76	0.9465	9.24	0.8829
39.0	7.131	52.45	0.04611	37.70	0.9499	9.36	0.8843
39.5	7.325	53.89	0.04746	38.65	0.9533	9.48	0.8857
40.0	7.523	55.34	0.04884	39.64	0.9568	9.60	0.8871
40.5	7.726	56.83	0.05027	40.64	0.9604	9.72	0.8886
41.0	7.934	58.36	0.05173	41.67	0.9640	9.84	0.8900
41.5	8.146	59.92	0.05323	42.73	0.9677	9.96	0.8914
42.0	8.363	61.52	0.05478	43.81	0.9714	10.08	0.8928
42.5	8.586	63.15	0.05637	44.92	0.9753	10.20	0.8942
43.0	8.813	64.82	0.05800	46.06	0.9792	10.32	0.8956
43.5	9.045	66.53	0.05967	47.23	0.9831	10.44	0.8917
44.0	9.284	68.29	0.06140	48.43	0.9872	10.56	0.8985
44.5	9.526	70.07	0.06317	49.65	0.9913	10.68	0.8999
45.0	9.775×10^{-2}	71.90	0.06499	50.91	0.9955	10.80	0.9013
45.5	0.10029	73.77	0.06686	52.20	0.9998	10.92	0.9027
46.0	0.10288	75.68	0.06878	53.52	1.004	11.04	0.9041
46.5	0.10554	77.63	0.07076	54.88	1.009	11.16	0.9055
47.0	0.10825	79.62	0.07279	56.27	1.013	11.28	0.9070
47.5	0.11103	81.67	0.07488	57.70	1.018	11.40	0.9084
48.0	0.11386	83.75	0.07703	59.16	1.022	11.52	0.9098
48.5	0.11676	85.88	0.07924	60.67	1.027	11.64	0.9112
49.0	0.11972	88.06	0.08151	62.21	1.032	11.76	0.9126
49.5	0.12274	90.28	0.08385	63.79	1.037	11.88	0.9140
50.0	0.12583	92.56	0.08625	65.42	1.042	12.00	0.9155
50.5	0.12898	94.87	0.08872	67.09	1.048	12.12	0.9169
51.0	0.13221	97.25	0.09126	68.81	1.053	12.24	0.9183
51.5	0.13550	99.67	0.09388	70.57	1.059	12.36	0.9197
52.0	0.13886	102.14	0.09657	72.37	1.064	12.48	0.9211
52.5	0.14228	104.66	0.09933	74.23	1.070	12.60	0.9225
53.0	0.14580	107.24	0.1022	76.14	1.076	12.72	0.9240
53.5	0.14938	109.88	0.1051	78.11	1.082	12.84	0.9254
54.0	0.15303	112.6	0.1081	80.12	1.088	12.96	0.9268
54.5	0.15676	115.3	0.1112	82.20	1.094	13.08	0.9282
55.0	0.16057	118.1	0.1144	84.33	1.101	13.20	0.9296
55.5	0.16445	121.0	0.1177	86.52	1.107	13.32	0.9310
56.0	0.16842	123.9	0.1211	88.78	1.114	13.44	0.9325
56.5	0.17247	126.9	0.1246	91.10	1.121	13.56	0.9339
57.0	0.17660	129.9	0.1282	93.49	1.128	13.68	0.9353
57.5	0.18081	133.0	0.1319	95.95	1.135	13.80	0.9367
58.0	0.18511	136.2	0.1358	98.48	1.143	13.92	0.9381
58.5	0.18950	139.4	0.1397	101.08	1.151	14.04	0.9395
59.0	0.19397	142.7	0.1438	103.76	1.158	14.16	0.9410
59.5	0.19853	146.3	0.1479	106.52	1.167	14.28	0.9424
60.0	0.2032	149.5	0.1523	109.37	1.175	14.40	0.9438
60.5	0.2079	153.0	0.1567	112.4	1.183	14.52	0.9452
61.0	0.2128	156.5	0.1613	115.3	1.192	14.64	0.9466
61.5	0.2177	160.1	0.1661	118.4	1.201	14.76	0.9480
62.0	0.2228	163.8	0.1709	121.7	1.210	14.88	0.9495
62.5	0.2279	167.6	0.1760	125.0	1.220	15.00	0.9509
63.0	0.2331	171.5	0.1812	128.4	1.230	15.12	0.9523
63.5	0.2385	175.4	0.1866	131.9	1.240	15.24	0.9537
64.0	0.2439	179.5	0.1922	135.6	1.250	15.36	0.9551
64.5	0.2494	183.5	0.1979	139.2	1.261	15.48	0.9565
65.0	0.2551	187.6	0.2039	143.2	1.272	15.60	0.9580
65.5	0.2609	191.9	0.2101	147.3	1.283	15.72	0.9594
66.0	0.2667	196.2	0.2164	151.4	1.295	15.84	0.9608
66.5	0.2727	200.6	0.2230	155.7	1.306	15.96	0.9622
67.0	0.2788	205.1	0.2298	160.2	1.320	16.08	0.9636
67.5	0.2850	209.6	0.2369	164.8	1.333	16.20	0.9650

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
68.0	0.2913	214.3	0.2442	169.5	1.346	16.32	0.9665
68.5	0.2978	219.0	0.2518	174.5	1.360	16.44	0.9679
69.0	0.3043	223.9	0.2597	179.6	1.374	16.56	0.9693
69.5	0.3117	229.3	0.2687	185.4	1.390	16.68	0.9707
70.0	0.3178	233.8	0.2763	190.4	1.404	16.80	0.9721
70.5	0.3248	238.9	0.2851	196.1	1.420	16.92	0.9735
71.0	0.3318	244.1	0.2943	202.0	1.436	17.04	0.9750
71.5	0.3390	249.4	0.3038	208.2	1.453	17.16	0.9764
72.0	0.3464	254.8	0.3136	214.6	1.471	17.28	0.9778
72.5	0.3538	260.3	0.3239	221.2	1.489	17.40	0.9792
73.0	0.3614	265.8	0.3346	228.1	1.508	17.52	0.9806
73.5	0.3691	271.5	0.3457	235.3	1.528	17.64	0.9820
74.0	0.3770	277.3	0.3573	242.8	1.548	17.76	0.9835
74.5	0.3850	283.2	0.3694	250.7	1.570	17.88	0.9849
75.0	0.3932	289.2	0.3820	258.8	1.592	18.00	0.9863
75.5	0.4015	295.3	0.3952	267.4	1.615	18.12	0.9877
76.0	0.4099	301.5	0.4090	276.3	1.640	18.24	0.9891
76.5	0.4185	307.8	0.4234	285.6	1.665	18.36	0.9905
77.0	0.4273	314.3	0.4385	295.3	1.691	18.48	0.9920
77.5	0.4361	320.8	0.4543	305.5	1.719	18.60	0.9934
78.0	0.4452	327.5	0.4709	317.2	1.748	18.72	0.9948
78.5	0.4544	334.2	0.4883	327.4	1.778	18.84	0.9962
79.0	0.4638	341.1	0.5066	339.2	1.810	18.96	0.9976
79.5	0.4733	348.1	0.5258	351.6	1.844	19.08	0.9990
80.0	0.4830	355.3	0.5460	364.6	1.879	19.20	1.0004
80.5	0.4929	362.5	0.5673	378.3	1.916	19.32	1.002
81.0	0.5029	369.9	0.5898	392.8	1.955	19.44	1.003
81.5	0.5131	377.4	0.6136	408.2	1.996	19.56	1.005
82.0	0.5235	385.1	0.6387	424.3	2.040	19.68	1.006
82.5	0.5340	392.8	0.6654	441.4	2.085	19.80	1.008
83.0	0.5448	400.7	0.6936	459.6	2.134	19.92	1.009
83.5	0.5557	408.7	0.7237	479.0	2.186	20.04	1.010
84.0	0.5668	416.9	0.7557	499.5	2.241	20.16	1.012
84.5	0.5780	425.2	0.7898	521.5	2.300	20.28	1.013
85.0	0.5895	433.6	0.8263	544.9	2.362	20.40	1.015
85.5	0.6011	442.2	0.8653	570.0	2.420	20.52	1.016
86.0	0.6130	450.9	0.9072	597.0	2.502	20.64	1.017
86.5	0.6230	459.7	0.9524	625.9	2.579	20.76	1.019
87.0	0.6373	468.8	1.001	657.2	2.662	20.88	1.020
87.5	0.6497	477.9	1.053	690.8	2.710	21.00	1.022
88.0	0.6623	487.2	1.111	727.7	2.850	21.12	1.023
88.5	0.6752	496.6	1.173	767.6	2.957	21.24	1.025
89.0	0.6882	506.2	1.241	811.2	2.073	21.36	1.026
89.5	0.7031	517.2	1.325	865.0	2.216	21.48	1.027
90.0	0.7150	525.9	1.397	911.6	3.340	21.60	1.026
90.5	0.7286	536.0	1.488	969.9	3.495	21.72	1.030
91.0	0.7426	546.2	1.589	1035.	3.667	21.84	1.032
91.5	0.7567	556.6	1.702	1107.	3.860	21.96	1.033
92.0	0.7710	567.1	1.829	1189.	4.076	21.08	1.034
92.5	0.7856	577.9	1.973	1281.	4.322	22.20	1.035
93.0	0.8004	588.7	2.138	1387.	4.603	22.32	1.037
93.5	0.8154	599.8	2.329	1509.	4.928	22.44	1.039
94.0	0.8307	611.0	2.551	1652.	5.306	22.56	1.040
94.5	0.8462	622.4	2.814	1821.	5.754	22.68	1.042
95.0	0.8620	634.0	3.130	2023.	6.291	22.80	1.043
95.5	0.8779	645.8	3.516	2271.	6.949	22.92	1.044
96.0	0.8942	657.7	3.999	2581.	7.770	23.04	1.046
96.5	0.9107	669.8	4.621	2980.	8.828	23.16	1.047
97.0	0.9274	682.1	5.449	3511.	10.24	23.28	1.049

t	p_w	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
97.5	0.9444	694.6	6.610	4256	12.21	23.40	1.050
98.0	0.9616	707.3	8.352	5373	15.17	23.52	1.051
98.5	0.9791	720.2	11.25	7235	20.10	23.64	1.053
99.0	0.9969	733.3	17.06	10960	29.98	23.76	1.054
99.5	1.0149	746.6	34.53	22166	59.67	23.88	1.056
100.0	1.03323	760.0	—	—	—	24.00	1.057

第1表 (B) 氷と接する空気の表 (-100~0°C), H=760mmHg

t	p_i	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-100.0	1.431×10^{-8}	1.053×10^{-5}	0.8614×10^{-8}	-24.00	0.4905	-24.00	0.4905
-99.5	1.584	1.165	0.9536	-23.88	0.4920	-23.88	0.4920
-99.0	1.753	1.289	1.055	-23.76	0.4934	-23.76	0.4934
-98.5	1.938	1.426	1.167	-23.64	0.4948	-23.64	0.4948
-98.0	2.142	1.576	1.289	-23.52	0.4962	-23.52	0.4962
-97.5	2.366	1.740	1.424	-23.40	0.4976	-23.40	0.4976
-97.0	2.612	1.921	1.572	-23.28	0.4990	-23.28	0.4990
-96.5	2.882	2.120	1.735	-23.16	0.5005	-23.16	0.5005
-96.0	3.178	2.338	1.913	-23.04	0.5019	-23.04	0.5019
-95.5	3.503	2.576	2.109	-22.92	0.5033	-22.92	0.5033
-95.0	3.858	2.838	2.323	-22.80	0.5047	-22.80	0.5047
-94.5	4.248	3.125	2.557	-22.68	0.5061	-22.68	0.5061
-94.0	4.674	3.438	2.823	-22.56	0.5075	-22.56	0.5075
-93.5	5.141	3.781	3.095	-22.44	0.5089	-22.44	0.5089
-93.0	5.651	4.157	3.402	-22.32	0.5104	-22.32	0.5104
-92.5	6.208	4.567	3.737	-22.20	0.5118	-22.20	0.5118
-92.0	6.817	5.015	4.104	-22.08	0.5132	-22.08	0.5132
-91.5	7.482	5.504	4.504	-21.96	0.5146	-21.96	0.5146
-91.0	8.208	6.037	4.941	-21.84	0.5160	-21.84	0.5160
-90.5	8.999	6.620	5.417	-21.72	0.5174	-21.72	0.5174
-90.0	9.862	7.254	5.937	-21.60	0.5189	-21.60	0.5189
-89.5	1.080×10^{-7}	7.946	6.503	-21.48	0.5203	-21.48	0.5203
-89.0	1.183	8.700	7.119	-21.36	0.5217	-21.36	0.5217
-88.5	1.294	9.520	7.791	-21.24	0.5231	-21.24	0.5231
-88.0	1.416	1.041×10^{-4}	8.521	-21.12	0.5245	-21.12	0.5245
-87.5	1.548	1.384	9.316	-21.00	0.5260	-21.00	0.5259
-87.0	1.691	1.244	1.018×10^{-7}	-20.88	0.5274	-20.88	0.5274
-86.5	1.847	1.359	1.112	-20.76	0.5288	-20.76	0.5288
-86.0	2.016	1.483	1.214	-20.64	0.5302	-20.64	0.5302
-85.5	2.200	1.619	1.325	-20.52	0.5316	-20.52	0.5316
-85.0	2.400	1.765	1.445	-20.40	0.5330	-20.40	0.5330
-84.5	2.616	1.924	1.575	-20.28	0.5344	-20.28	0.5344
-84.0	2.851	2.097	1.716	-20.16	0.5359	-20.16	0.5359
-83.5	3.105	2.284	1.869	-20.04	0.5373	-20.04	0.5373
-83.0	3.381	2.487	2.035	-19.92	0.5387	-19.92	0.5387
-82.5	3.679	2.706	2.215	-19.80	0.5401	-19.80	0.5401
-82.0	4.002	2.944	2.409	-19.68	0.5415	-19.68	0.5415
-81.5	4.352	3.201	2.620	-19.56	0.5429	-19.56	0.5429
-81.0	4.730	3.479	2.847	-19.44	0.5444	-19.44	0.5444
-80.5	5.138	3.779	3.094	-19.32	0.5458	-19.32	0.5458
-80.0	5.580	4.104	3.359	-19.20	0.5472	-19.20	0.5472
-79.5	6.064	4.460	3.650	-19.08	0.5486	-19.08	0.5486
-79.0	6.571	4.834	3.956	-18.96	0.5500	-18.96	0.5500
-78.5	7.127	5.242	4.290	-18.84	0.5514	-18.84	0.5514
-78.0	7.727	5.683	4.651	-18.72	0.5529	-18.72	0.5529

t	p_i	h_s	x_s	i_s	v_s	i_u	v_u
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-77.5	8.373×10 ⁻⁷	6.159×10 ⁻⁴	5.040×10 ⁻⁷	-18.60	0.5543	-18.60	0.5543
-77.0	9.070	6.672	5.460	-18.48	0.5557	-18.48	0.5557
-76.5	9.821	7.224	5.912	-18.36	0.5572	-18.36	0.5571
-76.0	1.063×10 ⁻⁶	7.819	6.399	-18.24	0.5585	-18.24	0.5585
-75.5	1.150	8.460	6.923	-18.12	0.5599	-18.12	0.5599
-75.0	1.244	9.149	7.487	-18.00	0.5624	-18.00	0.5614
-74.5	1.345	9.891	8.095	-17.88	0.5628	-17.88	0.5628
-74.0	1.453	1.069×10 ⁻³	8.747	-17.76	0.5642	-17.76	0.5642
-73.5	1.550	1.155	9.450	-17.64	0.5656	-17.64	0.5656
-73.0	1.695	1.247	1.020×10 ⁻⁶	-17.52	0.5670	-17.52	0.5670
-72.5	1.830	1.346	1.101	-17.40	0.5684	-17.40	0.5684
-72.0	1.974	1.452	1.188	-17.28	0.5699	-17.28	0.5699
-71.5	2.130	1.566	1.282	-17.16	0.5713	-17.16	0.5713
-71.0	2.296	1.689	1.382	-17.04	0.5727	-17.04	0.5727
-70.5	2.475	1.820	1.490	-16.92	0.5741	-16.92	0.5741
-70.0	2.667	1.916	1.605	-16.80	0.5755	-16.80	0.5755
-69.5	2.872	2.113	1.729	-16.68	0.5769	-16.68	0.5769
-69.0	3.092	2.274	1.861	-16.56	0.5784	-16.56	0.5784
-68.5	3.328	2.448	2.003	-16.44	0.5798	-16.44	0.5798
-68.0	3.580	2.634	2.155	-16.32	0.5812	-16.32	0.5812
-67.5	3.851	2.832	2.318	-16.20	0.5826	-16.20	0.5826
-67.0	4.140	3.045	2.492	-16.08	0.5840	-16.08	0.5840
-66.5	4.450	3.273	2.678	-15.96	0.5854	-15.96	0.5854
-66.0	4.781	3.516	2.878	-15.84	0.5869	-15.84	0.5869
-65.5	5.134	3.777	3.091	-15.72	0.5883	-15.72	0.5883
-65.0	5.513	4.046	3.318	-15.60	0.5897	-15.60	0.5897
-64.5	5.917	4.352	3.562	-15.48	0.5911	-15.48	0.5911
-64.0	6.348	4.766	3.821	-15.36	0.5925	-15.36	0.5925
-63.5	6.809	5.008	4.099	-15.24	0.5939	-15.24	0.5939
-63.0	7.300	5.370	4.395	-15.12	0.5954	-15.12	0.5954
-62.5	7.825	5.756	4.710	-15.00	0.5968	-15.00	0.5968
-62.0	8.385	6.167	5.047	-14.88	0.5982	-14.88	0.5982
-61.5	8.982	6.606	5.407	-14.76	0.5996	-14.76	0.5996
-61.0	9.618	7.074	5.790	-14.64	0.6010	-14.64	0.6010
-60.5	1.030×10 ⁻⁵	7.573	6.197	-14.52	0.6024	-14.52	0.6024
-60.0	1.102	8.104	6.633	-14.40	0.6039	-14.40	0.6039
-59.5	1.179	8.670	7.095	-14.28	0.6053	-14.28	0.6053
-59.0	1.261	9.272	7.588	-14.15	0.6067	-14.16	0.6067
-58.5	1.348	9.913	8.113	-14.04	0.6081	-14.04	0.6081
-58.0	1.440	1.060×10 ⁻²	8.671	-13.92	0.6095	-13.92	0.6095
-57.5	1.539	1.132	9.265	-13.79	0.6109	-13.80	0.6109
-57.0	1.644	1.209	9.896	-13.67	0.6124	-13.68	0.6123
-56.5	1.756	1.291	1.057×10 ⁻⁵	-13.55	0.6138	-13.56	0.6138
-56.0	1.874	1.378	1.128	-13.43	0.6152	-13.44	0.6152
-55.5	2.000	1.471	1.204	-13.31	0.6166	-13.32	0.6166
-55.0	2.134	1.569	1.284	-13.19	0.6180	-13.20	0.6180
-54.5	2.276	1.674	1.370	-13.07	0.6194	-13.08	0.6194
-54.0	2.427	1.785	1.461	-12.95	0.6209	-12.96	0.6208
-53.5	2.585	1.903	1.557	-12.83	0.6223	-12.84	0.6223
-53.0	2.756	2.027	1.659	-12.71	0.6237	-12.72	0.6237
-52.5	2.936	2.160	1.768	-12.59	0.6251	-12.60	0.6251
-52.0	3.127	2.300	1.883	-12.47	0.6265	-12.48	0.6265
-51.5	3.330	2.449	2.004	-12.35	0.6279	-12.36	0.6279
-51.0	3.544	2.607	2.134	-12.23	0.6294	-12.24	0.6293
-50.5	3.772	2.774	2.270	-12.11	0.6308	-12.12	0.6308
-50.0	4.012	2.951	2.415	-11.99	0.6322	-12.00	0.6322
-49.5	4.267	0.03139	2.569	-11.87	0.6336	-11.88	0.6336
-49.0	4.537	0.03337	2.731	-11.74	0.6350	-11.76	0.6350

t	p_i	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	l ³ m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-48.5	4.823×10^{-5}	0.03548	0.02904×10^{-3}	-11.62	0.6365	-11.64	0.6364
-48.0	5.125	0.03770	0.03085	-11.50	0.6379	-11.52	0.6378
-47.5	5.445	0.04005	0.03278	-11.40	0.6393	-11.40	0.6393
-47.0	5.783	0.04254	0.03481	-11.26	0.6407	-11.28	0.6407
-46.5	6.141	0.04517	0.03697	-11.14	0.6421	-11.16	0.6421
-46.0	6.519	0.04795	0.03924	-11.02	0.6436	-11.04	0.6435
-45.5	6.918	0.05089	0.04165	-10.90	0.6450	-10.92	0.6449
-45.0	7.340	0.05399	0.04419	-10.77	0.6464	-10.80	0.6463
-44.5	7.786	0.05727	0.04687	-10.65	0.6478	-10.68	0.6478
-44.0	8.256	0.06073	0.04970	-10.53	0.6492	-10.56	0.6492
-43.5	8.753	0.06439	0.05270	-10.41	0.6506	-10.44	0.6506
-43.0	9.278	0.06824	0.05585	-10.29	0.6521	-10.32	0.6520
-42.5	9.831	0.07231	0.05919	-10.17	0.6535	-10.20	0.6534
-42.0	1.041×10^{-4}	0.07661	0.06270	-10.04	0.6549	-10.08	0.6548
-41.5	1.103	0.08114	0.06641	-9.922	0.6563	-9.96	0.6563
-41.0	1.168	0.08591	0.07032	-9.799	0.6578	-9.84	0.6577
-40.5	1.236	0.09095	0.07444	-9.677	0.6592	-9.72	0.6591
-40.0	1.309	0.09625	0.07878	-9.554	0.6606	-9.60	0.6605
-39.5	1.385	0.1019	0.08336	-9.432	0.6620	-9.48	0.6619
-39.0	1.465	0.1077	0.08818	-9.309	0.6634	-9.36	0.6633
-38.5	1.549	0.1139	0.09325	-9.186	0.6649	-9.24	0.6648
-38.0	1.638	0.1205	0.09860	-9.063	0.6663	-9.12	0.6662
-37.5	1.731	0.1273	0.1042	-8.939	0.6677	-9.00	0.6676
-37.0	1.830	0.1346	0.1102	-8.816	0.6691	-8.88	0.6690
-36.5	1.933	0.1422	0.1164	-8.692	0.6705	-8.76	0.6704
-36.0	2.042	0.1502	0.1229	-8.569	0.6720	-8.64	0.6718
-35.5	2.157	0.1596	0.1298	-8.444	0.6734	-8.52	0.6733
-35.0	2.277	0.1675	0.1371	-8.320	0.6748	-8.40	0.6747
-34.5	2.404	0.1768	0.1447	-8.196	0.6762	-8.28	0.6761
-34.0	2.535	0.1866	0.1527	-8.071	0.6777	-8.16	0.6775
-33.5	2.677	0.1969	0.1612	-7.946	0.6791	-8.04	0.6789
-33.0	2.823	0.2077	0.1700	-7.821	0.6805	-7.92	0.6803
-32.5	2.978	0.2190	0.1793	-7.695	0.6819	-7.80	0.6818
-32.0	3.140	0.2310	0.1891	-7.570	0.6834	-7.68	0.6832
-31.5	3.310	0.2438	0.1993	-7.444	0.6848	-7.56	0.6846
-31.0	3.489	0.2566	0.2101	-7.317	0.6862	-7.44	0.6860
-30.5	3.676	0.2704	0.2214	-7.191	0.6877	-7.32	0.6874
-30.0	3.873	0.2849	0.2332	-7.064	0.6891	-7.20	0.6888
-29.5	4.079	0.3001	0.2457	-6.936	0.6905	-7.08	0.6903
-29.0	4.296	0.3160	0.2587	-6.809	0.6920	-6.96	0.6917
-28.5	4.523	0.3327	0.2724	-6.681	0.6934	-6.84	0.6931
-28.0	4.761	0.3502	0.2867	-6.552	0.6977	-6.72	0.6945
-27.5	5.010	0.3685	0.3017	-6.423	0.7063	-6.60	0.6959
-27.0	5.272	0.3878	0.3175	-6.294	0.6977	-6.48	0.6973
-26.5	5.546	0.4079	0.3340	-6.164	0.6991	-6.36	0.6988
-26.0	5.833	0.4290	0.3513	-6.034	0.7006	-6.24	0.7002
-25.5	6.133	0.4511	0.3694	-5.903	0.7020	-6.12	0.7016
-25.0	6.448	0.4743	0.3884	-5.772	0.7034	-6.00	0.7030
-24.5	6.778	0.4985	0.4083	-5.641	0.7049	-5.88	0.7044
-24.0	7.123	0.5239	0.4291	-5.508	0.7063	-5.76	0.7058
-23.5	7.484	0.5505	0.4508	-5.375	0.7078	-5.64	0.7072
-23.0	7.861	0.5783	0.4736	-5.242	0.7092	-5.52	0.7087
-22.5	8.257	0.6073	0.4964	-5.108	0.7106	-5.40	0.7101
-22.0	8.670	0.6377	0.5223	-4.973	0.7121	-5.28	0.7115
-21.5	9.102	0.6695	0.5484	-4.838	0.7135	-5.16	0.7129
-21.0	9.554	0.7028	0.5757	-4.701	0.7150	-5.04	0.7143
-20.5	1.003×10^{-3}	0.7375	0.6042	-4.565	0.7164	-4.92	0.7157
-20.0	1.052	0.7739	0.6340	-4.427	0.7179	-4.80	0.7172
-19.5	1.104	0.8118	0.6651	-4.288	0.7193	-4.68	0.7186

t	p_t	h_s	x_s	i_s	v_s	i_a	v_a
°C	kg/cm ²	mmHg	kg/kg'	kcal/kg'	m ³ /kg'	kcal/kg	m ³ /kg
-- 19.0	1.158 × 10 ⁻³	0.8515	0.6976 × 10 ⁻³	-4.149	0.7208	- 4.56	0.7200
-- 18.5	1.214	0.8930	0.7316	-4.009	0.7223	- 4.44	0.7214
-- 18.0	1.273	0.9362	0.7671	-3.868	0.7237	- 4.32	0.7228
-- 17.5	1.334	0.9814	0.8042	-3.726	0.7252	- 4.20	0.7242
-- 17.0	1.398	1.029	0.8429	-3.583	0.7266	- 4.08	0.7257
. 16.5	1.465	1.078	0.8833	-3.439	0.7281	- 3.96	0.7271
-- 16.0	1.535	1.129	0.9255	-3.294	0.7296	- 3.84	0.7285
-- 15.5	1.608	1.183	0.9696	-3.147	0.7311	- 3.72	0.7299
-- 15.0	1.684	1.239	1.016	-3.000	0.7325	- 3.60	0.7313
-- 14.5	1.744	1.297	1.063	-2.852	0.7340	- 3.48	0.7327
-- 14.0	1.846	1.358	1.113	-2.702	0.7355	- 3.36	0.7342
-- 13.5	1.933	1.422	1.166	-2.551	0.7370	- 3.24	0.7356
-- 13.0	2.023	1.488	1.220	-2.398	0.7384	- 3.12	0.7370
-- 12.5	2.117	1.557	1.277	-2.244	0.7399	- 3.00	0.7384
-- 12.0	2.214	1.629	1.336	-2.089	0.7414	- 2.88	0.7398
-- 11.5	2.316	1.704	1.397	-1.932	0.7429	- 2.76	0.7412
-- 11.0	2.422	1.782	1.462	-1.774	0.7444	- 2.64	0.7427
-- 10.5	2.539	1.868	1.532	-1.612	0.7459	- 2.52	0.7441
-- 10.0	2.648	1.948	1.598	-1.452	0.7474	- 2.40	0.7455
-- 9.5	2.768	2.036	1.671	-1.289	0.7489	- 2.28	0.7469
-- 9.0	2.893	2.128	1.746	-1.124	0.7504	- 2.16	0.7483
-- 8.5	3.023	2.224	1.825	-0.9566	0.7519	- 2.04	0.7497
-- 8.0	3.159	2.323	1.907	0.7875	0.7535	- 1.92	0.7512
-- 7.5	3.299	2.427	1.993	0.6164	0.7550	- 1.80	0.7526
-- 7.0	3.446	2.535	2.081	-0.4432	0.7565	- 1.68	0.7540
-- 6.5	3.599	2.647	2.174	-0.2678	0.7580	- 1.56	0.7554
-- 6.0	3.757	2.764	2.270	-0.09015	0.7596	- 1.44	0.7568
-- 5.5	3.922	2.885	2.370	0.08991	0.7611	- 1.32	0.7582
-- 5.0	4.094	3.011	2.474	0.2724	0.7627	- 1.20	0.7597
-- 4.5	4.272	3.143	2.582	0.4574	0.7642	- 1.08	0.7611
-- 4.0	4.458	3.279	2.695	0.6450	0.7658	- 0.96	0.7625
-- 3.5	4.651	3.421	2.812	0.8354	0.7674	- 0.84	0.7639
-- 3.0	4.851	3.568	2.934	1.029	0.7689	- 0.72	0.7653
-- 2.5	5.059	3.721	3.060	-1.225	0.7705	- 0.60	0.7667
-- 2.0	5.275	3.880	3.192	1.424	0.7721	- 0.48	0.7682
-- 1.5	5.500	4.046	3.329	1.626	0.7737	- 0.36	0.7696
-- 1.0	5.734	4.217	3.471	1.832	0.7753	- 0.24	0.7710
-- 0.5	5.976	4.395	3.618	2.040	0.7769	- 0.12	0.7724
-- 0.0	6.228	4.581	3.772	2.253	0.7785	- 0.00	0.7738

第 2 表 湿り空気の x と γ

x	γ	x	γ	x	γ
0.000	1.400	0.024	1.397	0.11	1.388
0.002	1.400	0.028	1.397	0.12	1.388
0.004	1.400	0.032	1.396	0.13	1.387
0.006	1.399	0.036	1.396	0.14	1.386
0.008	1.399	0.040	1.395	0.15	1.385
0.010	1.399	0.050	1.394	0.16	1.384
0.012	1.399	0.06	1.393	0.17	1.384
0.014	1.398	0.07	1.392	0.18	1.383
0.016	1.398	0.08	1.391	0.19	1.382
0.018	1.398	0.09	1.390	0.20	1.382
0.020	1.398	0.10	1.389		

第3表 飽和湿り空気絶対湿度の近似計算値と Goff の標準値との比較
飽和絶対湿度 x_s kg/kg'

温 度	Goff の 値	計 算 値	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$	
t °C	A	B		
↑ 水 ↓	-50	3.924×10^{-5}	3.902×10^{-5}	0.561
	-40	1.168×10^{-4}	1.161×10^{-4}	0.599
	-30	3.141 //	3.125 //	0.509
	-20	7.744 //	7.707 //	0.478
	-10	1.7688×10^{-3}	1.762×10^{-3}	0.3844
	0	3.7886 //	3.772 //	0.438
	10	7.659 //	7.625 //	0.444
	20	1.4754×10^{-2}	1.469×10^{-2}	0.434
	30	2.7319 //	2.718 //	0.509
	40	4.9114 //	4.884 //	0.537
↑ 氷 上 ↓	50	8.680 //	8.625 //	0.633
	60	1.5340×10^{-1}	1.523×10^{-1}	0.717
	70	2.7884 //	2.763 //	0.911
	80	5.5200 //	5.460 //	1.089
	90	1.4160	1.3972	1.328
	-90	0.5991×10^{-7}	0.5937×10^{-7}	0.901
	-80	0.3386×10^{-6}	0.3359×10^{-6}	0.797
	-70	0.1617×10^{-5}	0.1605×10^{-5}	0.743
	-60	0.6677 //	0.6633 //	0.659
	-50	0.2420×10^{-4}	0.2415×10^{-4}	0.617
-40	0.7923 //	0.7878 //	0.568	
-30	0.2345×10^{-3}	0.2332×10^{-3}	0.554	
-20	0.6370 //	0.6340 //	0.471	
-10	1.6057 //	1.598 //	0.480	
0	3.7886 //	3.772 //	0.438	

第4表 飽和湿り空気エンタルピの近似計算値と Goff の標準値との比較
飽和空気エンタルピ i_s kcal/kg'

温 度	Goff の 値	計 算 値	$\frac{A-B}{A} \times 100\%$	
t °C	A	B		
↑ 水 ↓	-50	- 11.9897	- 11.98	0.0810
	-40	- 9.5410	- 9.533	0.0839
	-30	- 7.0226	- 7.017	0.0797
	-20	- 4.3487	- 4.346	0.0621
	-10	- 1.3540	- 1.355	0.0738
	0	2.2622	2.253	0.406
	10	7.0091	6.988	0.301
	20	13.744	13.70	0.320
	30	23.880	23.80	0.335
	40	39.796	39.64	0.392
↑ 氷 上 ↓	50	65.731	65.42	0.473
	60	110.00	109.37	0.573
	70	191.71	190.4	0.684
	80	367.68	364.6	0.838
	90	921.1	911.6	1.03
	-90	- 21.641	- 21.60	0.189
	-80	- 19.230	- 19.20	0.156
	-70	- 16.822	- 16.80	0.1308
	-60	- 14.414	- 14.40	0.0972
	-50	- 11.9992	- 11.99	0.0766
-40	- 9.5634	- 9.554	0.0982	
-30	- 7.0696	- 7.064	0.0792	
-20	- 4.4298	- 4.427	0.0632	
-10	- 1.4510	- 1.452	0.0688	
0	2.2622	2.253	0.406	

第 5 表 飽和湿り空気比体積の近似計算値と Goff の標準値との比較

飽和空気比体積 v_s m³/kg'

温 度	Goff の 値	計 算 値	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$		
t °C	A	B			
↑ 水	-50	0.63122	0.6322	0.155	
	-40	0.65977	0.6606	0.126	
	-30	0.68844	0.6892	0.110	
	-20	0.71742	0.7181	0.0948	
	-10	0.74706	0.7476	0.0723	
	0	0.77806	0.7786	0.0695	
	10	0.81161	0.8120	0.0480	
	20	0.84980	0.8510	0.0353	
	30	0.89613	0.8963	0.0190	
	40	0.95667	0.9568	0.0136	
↑ 氷上	50	1.04238	1.042	0.0364	
	60	1.17490	1.175	0.00851	
	70	1.40425	1.404	0.0178	
	80	1.8792	1.879	0.01064	
	90	3.3412	3.340	0.0359	
	↑ 氷上	-90	0.51713	0.5189	0.342
		-80	0.54569	0.5472	0.276
		-70	0.57420	0.5755	0.227
		-60	0.60271	0.6039	0.197
		-50	0.63120	0.6322	0.1587
-40		0.65973	0.6606	0.132	
-30		0.68835	0.6891	0.109	
-20		0.71726	0.7193	0.284	
-10		0.74688	0.7474	0.0696	
0		0.77806	0.7785	0.0565	

ゆえに標準大気圧 $P=1.03323$ および R_a, R_m に前の値を代入すれば

$$v=0.455464 \times (x+0.62197) \frac{T}{100} \quad (21)$$

が得られる。

(2), (5) 式より

$$i = C_a t + i_m \quad (22)$$

$$= 0.240 t + (597.31 + 0.4409 t) x \quad (22)'$$

$$\begin{aligned} s^{(1)} &= (0.55251 + 1.01523 x) \log T \\ &- (0.15786 + 0.25381 x) \log P \\ &- (1.81838 + 0.84665 x) \\ &+ (0.25381 \log x + 0.05234) x \\ &- (1 + \frac{x}{0.62197}) \times 0.15786 \\ &\times \log(1 + \frac{x}{0.62197}) \end{aligned} \quad (23)$$

$$c_p = 0.240 + 0.4409 x \quad (24)$$

$$\begin{aligned} c_p &= c_p - A(R_a + xR_m) \\ &= 0.17134 + 0.33067 x \end{aligned} \quad (25)$$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.3334 + \frac{0.034607}{0.51816 + x} \quad (26)$$

第1表には (17), (21), (22)' 式を用いて計算した $H=760\text{mmHg}$ における飽和湿り空気 x_s, v_s, i_s の値を示す。第2表は (26) 式から求めた x と γ との関係

である。第3~5表は以上の近似式によつて求めた第1表の値 x_s, v_s, i_s と、Goff の示している標準値との比較を示したものである。これで見ても分かるように、この両者の間の相違は 80°C 以上の x_s 、および 90°C の i_s の値を除いたほかはすべて1%以内であつて、実用上は近似式によつて求めた値を用いて差支えないことが分かる。第1図は φ と ψ との関係を図示したものである。温度が低い場合は φ と ψ との値は殆んど相等しく、空気の湿り程度を定性的に表わす場合は両者は同一であるといつてよいであろう。 φ と ψ との間には次の関係がある。

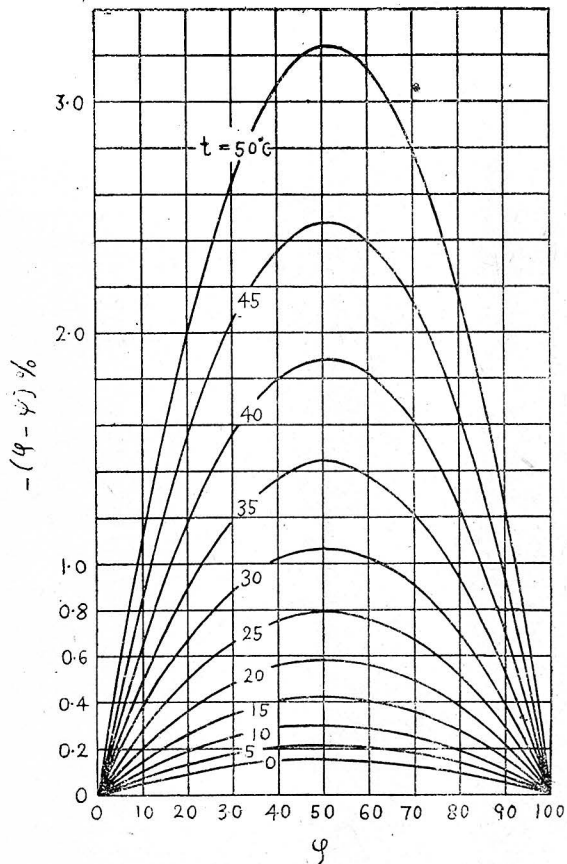
$$\varphi = \frac{\psi}{1 - (1 - \psi) h_s / H} \quad (27)$$

$$\psi = \frac{\varphi (1 - h_s / H)}{1 - \varphi h_s / H} \quad (27-1)$$

4. 湿り空気線図

湿り空気の状態はその全圧力 H が一定のものについては、その乾球温度、湿球温度、絶対湿度、相対湿度、露点温度、エンタルピ等の中で何れか二つを定めれば足り、他の特性値のすべてを求めることができる。そういう線図を湿り空気線図という。これには絶対湿度とエン

(1) P. A. Sheppard 前出



第1図 相対湿度φと飽和度ψとの比較

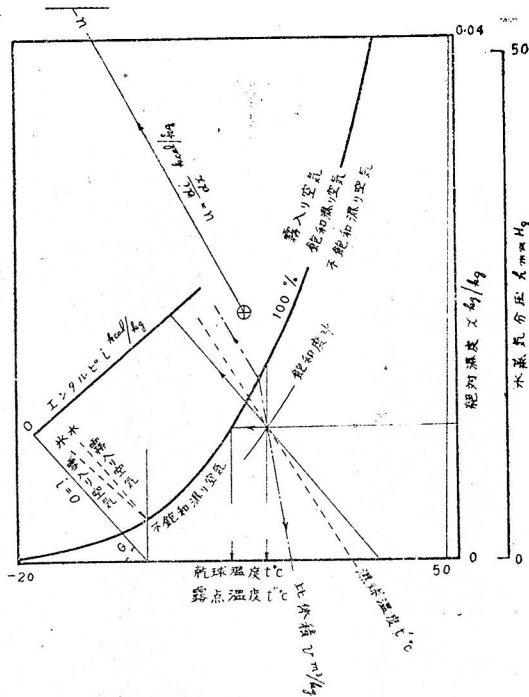
タルビとを斜交座標にとつて画いた $i-x$ 線図 (モリエ線図) と、絶対湿度と乾球温度とを直交座標にとつて画いた $t-x$ 線図 (キャリヤ線図) と、乾球温度とエンタルビとを直交座標にとつて画いた $t-i$ 線図とが主な形式である。

4.1 $i-x$ 線図

N, H, L 線図⁽¹⁾は筆者が作図した $i-x$ 線図であり、第2図はその骨子を示す。何れも全圧力は $H=760$ mm Hg のものについて作つたもので、作図範囲は次の通りである。

- NC 線図 $x=0\sim 0.04$ kg/kg' $t=-20\sim 50^\circ\text{C}$
- NF 線図 $x=0\sim 0.04$ lb/lb' $t=-4\sim 122^\circ\text{F}$
- HC 線図 $x=0\sim 0.20$ kg/kg' $t=0\sim 120^\circ\text{C}$
- HF 線図 $x=0\sim 0.20$ lb/lb' $t=32\sim 248^\circ\text{F}$
- LC 線図 $x=0\sim 0.007$ kg/kg' $t=-40\sim 10^\circ\text{C}$
- LF 線図 $x=0\sim 0.007$ lb/lb' $t=-104\sim 50^\circ\text{F}$

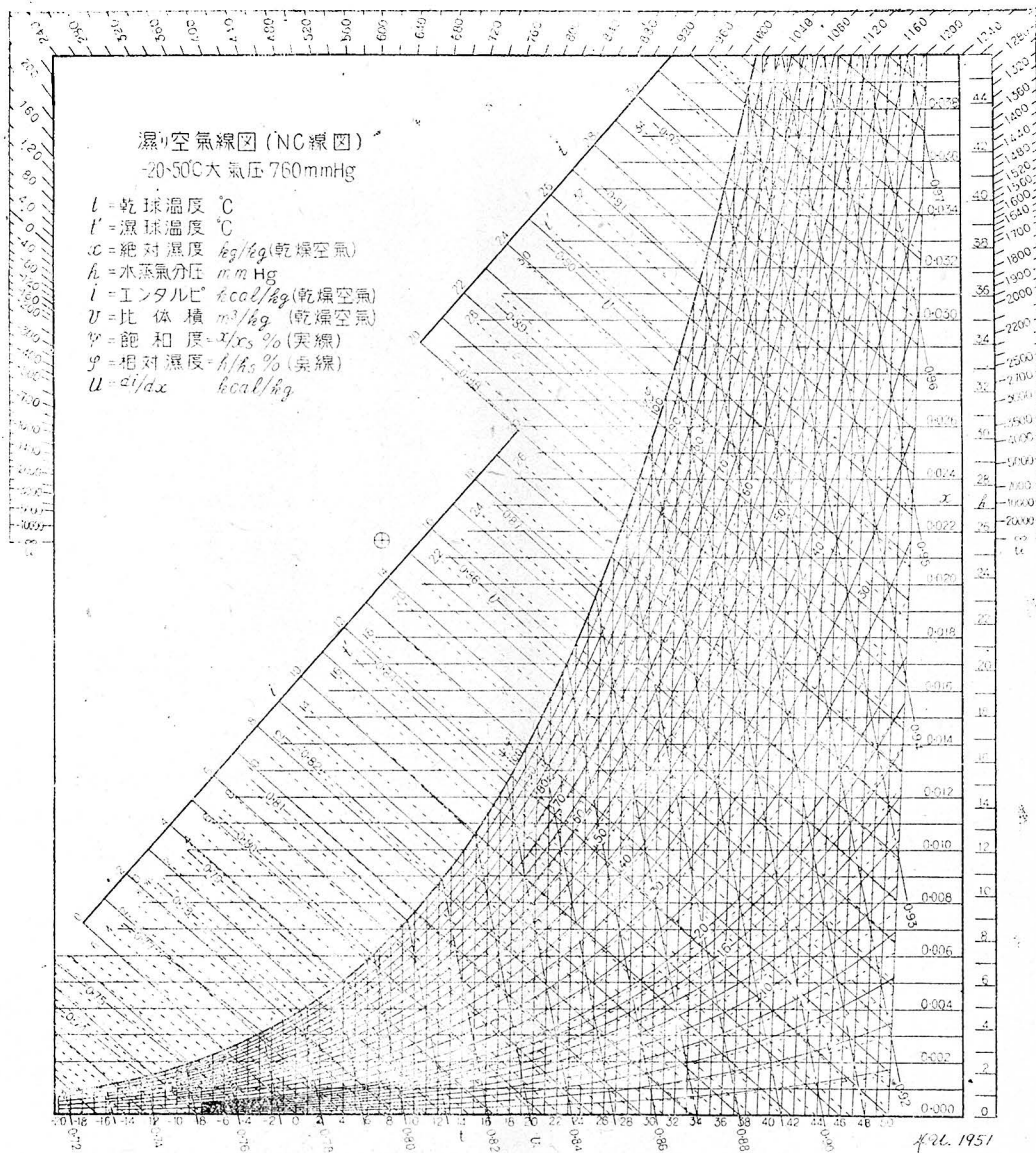
これ等の $i-x$ 線図は次の様にして画かれたものである。(22)' 式で t を一定とすれば i と x とを直線関係で表わすことができる。従つて i, x を斜交座標にとれば、



第 2 図

直線で t 一定の状態を表わすことができる。すなわち $i-x$ 線図は絶対湿度 x を縦方向に目盛り、水平に等絶対湿度線 (x 線) を引いてある。 x 線と一定の角 θ の傾きで左上より右下に等エンタルピ線 (i 線) が引いてある。 $i=0$ の位置は空気および水または蒸気のエンタルピの零をどこに取るかということによって任意にきめられるのである。筆者は前述のように 0°C あるいは 0°F の空気および飽和水のエンタルピを何れも零として他の値を表わした。英米単位の場合には、 0°F の空気および、 0°F または 32°F の飽和水のエンタルピを零とするのが一般であるが、 i の値が負となることをさけるために、エンタルピの原点を上述の様にしてさらに 100 Btu/lb' を加えて表わす場合もある。であるから用いる線図によつて i の値は違うわけであるが、必要な値は i の差であるので一向差支えないことである。 θ の値は i と x との目盛を適当にすることと、 $t=0^\circ\text{C}$ の線を x 線に直交するように引くという為に定められる、 0° 以外の等温線 (t 線) は x の値が大きい方向に向つて、僅か開いはほぼ平行な直線である。 t 線は全ての x 線を等間隔に切る。尚 t 線は飽和空気および不飽和空気の範囲内だけ

(1) N, H, L 線図の原図の大きさは夫々約 $38 \times 48, 39 \times 50, 44 \times 42$ cm² であるが、本誌にはその縮図をのせてある。尙華氏の線図は都合により載せないことにした。



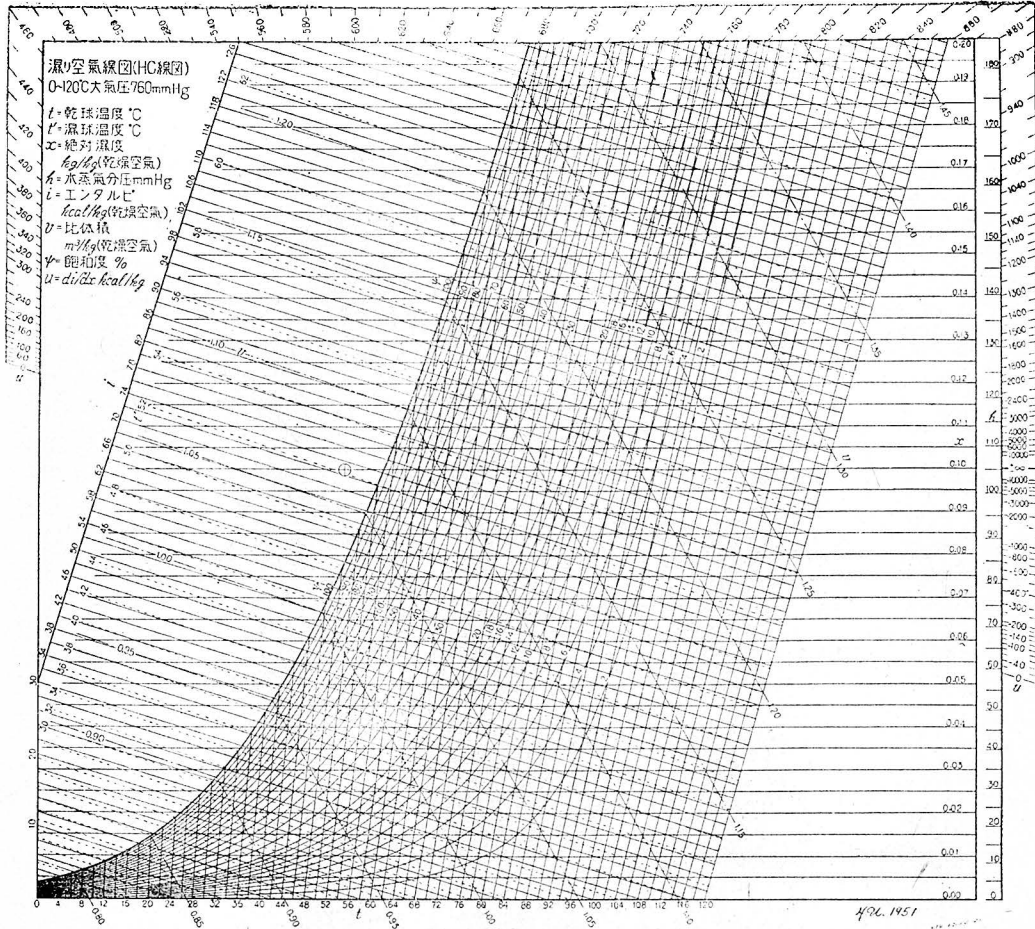
湿り空気 (NC線図)

に引いてある。

第1表に示した飽和湿り空気の温度 t と飽和絶対湿度 x_s との関係は $i-x$ 線図上に表わしたものが $\psi=100\%$ の飽和曲線である。第1表の x_s をもとにして不飽和湿り空気に対し、 ψ 一定の等飽和度線 (ψ 線) を引くことができる。N線図の $-20^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 範囲のものについては ψ 線のほかに等相対湿度線 (ϕ 線) を比較のために点線で記入してある、 0°C 以下の場合には飽和湿り空気中の水蒸気分圧は、氷に対する値と、過冷却水に対する値と二通りが存在することができるわけである。しかし 0°C 以下相当低い温度迄水と接する飽和空気の水蒸気分圧

は氷に対する飽和蒸気圧ではなくて、過冷却水に対する飽和蒸気圧を示すものであるということが実験上知られている⁽¹⁾。従つてN線図については 0°C 以下の飽和曲線は過冷却水に対する飽和水蒸気圧を用いて画いてあ

(1) Keyss, F.G. & Smith L.B., "The Present State of Psychrometric Data," Refrigerating Engineering, vol. 27, March 1934, P. 127. 又は Ewell, A. W., "Humidity Measurements in Freezer Rooms," Refrigerating Engineering, vol. 27, March 1934, p. 131



湿り空気線図 (H C 線図)

る。φ線もそれをもとに引いた。ただしL線の低温域に対するものは氷に対する蒸気圧をもとに作図してある。

飽和曲線とt線との交点、すなわちt°Cの飽和点を通り、左上から右下に走る点線は湿球温度すなわち断熱飽和温度t'が一定の状態をあらわす線(t'線)である。これは前に述べたようにt'=tの飽和点を通り⁽¹⁾

$$\left. \begin{aligned} \frac{di}{dx} = t' & \quad t' \geq 0 \\ & = -79.5 + 0.5 t' \leq 0 \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

の方向をもつ直線である。従つて0°Cの飽和点からは左半分に水および氷に対する二本のt'線が引いてある。0°C以下の場合過冷却水に対する湿球温度も前に述べたように存在するのであるが、この線図には記入するのを略した。左上から右下に走る一点鎖線は湿り空気の比体積vが一定の曲線(v線)であつて、飽和曲線との交点で折れている。飽和曲線から右下の不飽和湿り空気の範囲では(21)式から求めて作図したものであつて、殆んど直線に近い曲線である。飽和曲線より左半分の霧入り

空気の範囲ではその比体積はその霧入り空気と同じ温度の飽和空気と同じ比体積をもつから、v線は飽和曲線との交点から左上に折れて、その点を通るt'線と同じ直線で表わされる。

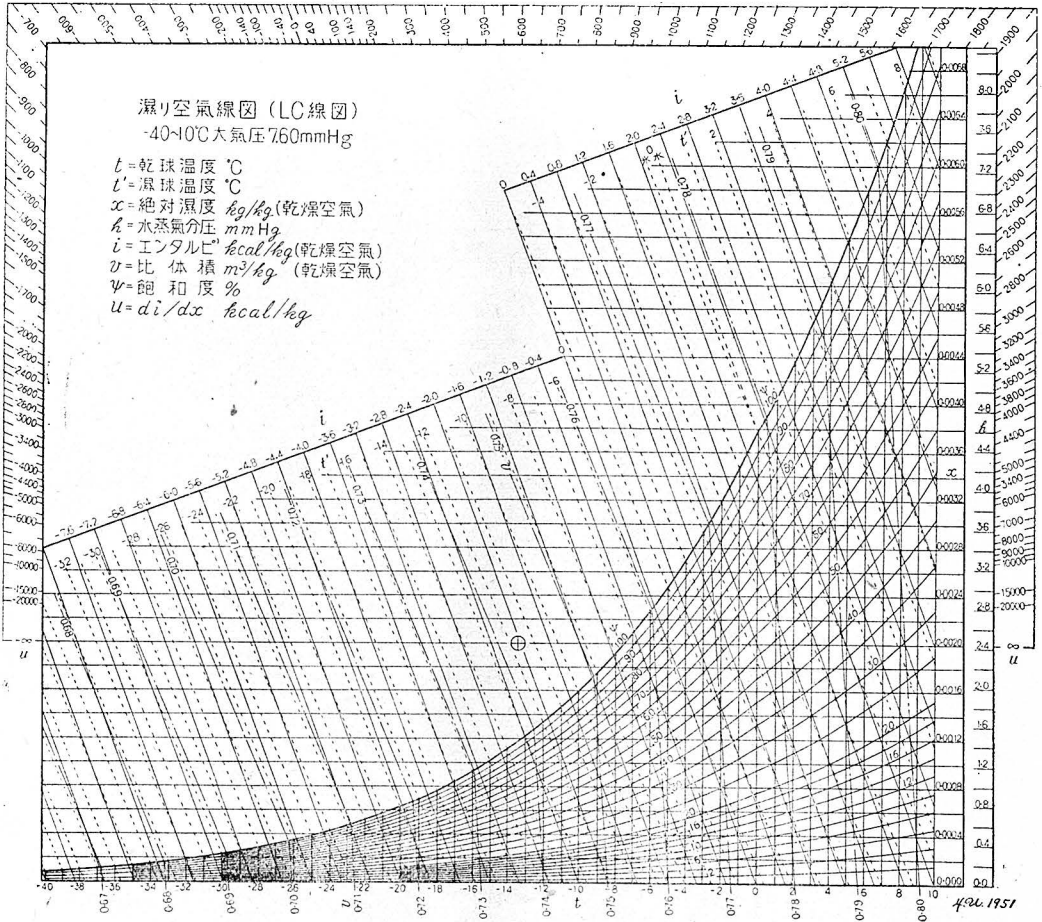
i-x線図の周辺から斜に多数の放射線がでてゐるが、これは線図の中の(+)印の中心から出た放射線の一部であつて、その目盛はこの放射線の方向のdi/dx kcal/kgの値を示している。di/dx=u⁽²⁾とおく。この線図上のある点を通り、u一定の直線をuの比率線⁽³⁾(u線)という。すなわち線図周辺の目盛と(+)の中心とを結ぶ放射線は、その目盛に対する比率線の方向を示すものである。

衛生工業便覧昭和17年版および昭和23年版巻末附

(1) (10), (11) 式を参照

(2) u のことを moisture ratio ということもある。

(3) ratio line



湿り空気線図 (LC線図)

録の井口の湿り空気モリエール線図⁽¹⁾は、それを裏返しにし、更に90°図面を回せば丁度筆者の作図した $i-x$ 線図と同じ形式となる。井口線図は $x = 0 \sim 0.060$ の範囲について書いてあり、 H の変つた場合の飽和曲線等多くの曲線が同一図面に引いてある。尚井口線図では、 t 線および v 線が、不飽和域から霧入り空気域に逆延長してあるが、これは過飽和空気として考えればよいが、霧入り空気に対するものとしては誤りであることは前述の理由によつて明かである。

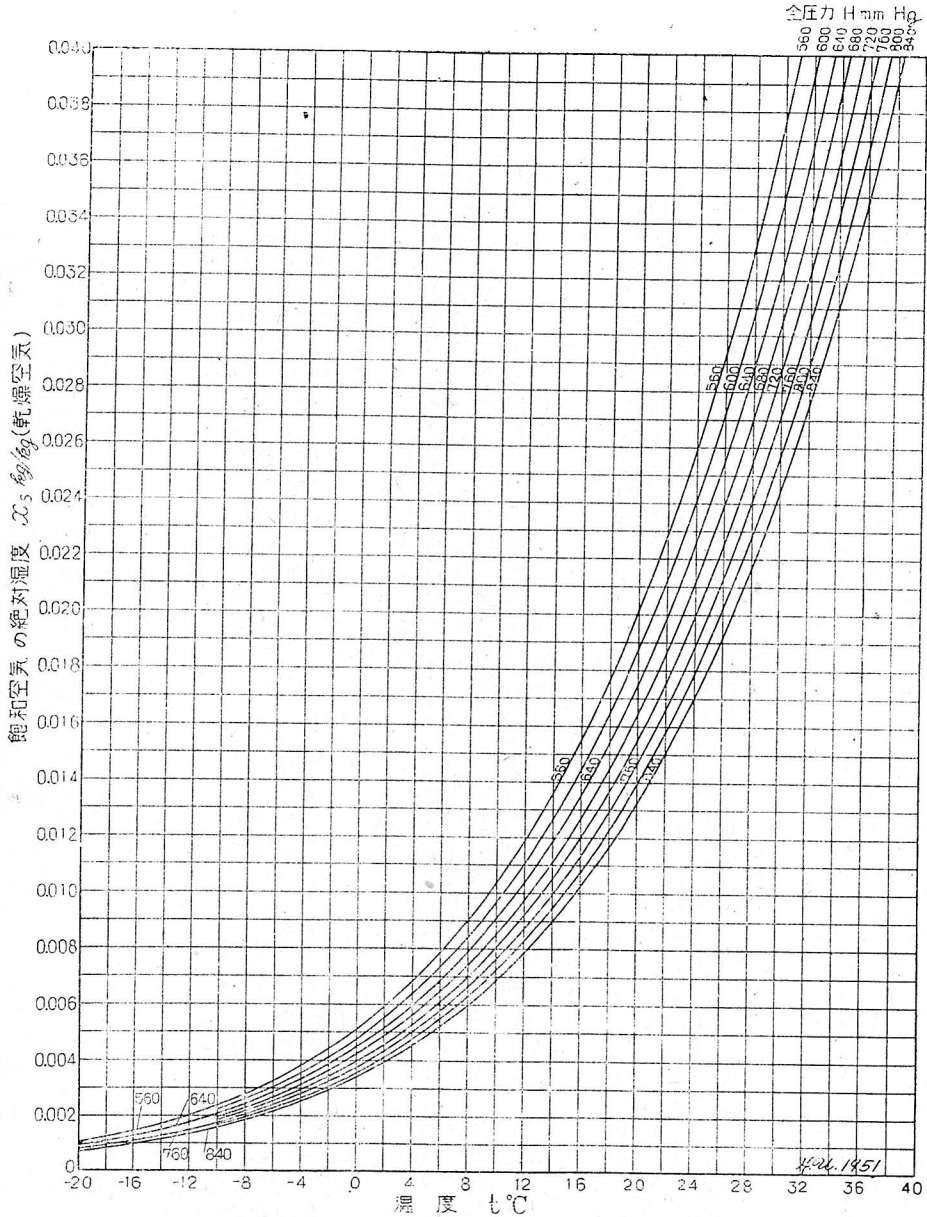
Guide の 1950 年版附録の湿り空気線図は、事実上 t と x とを斜交座標にとつた線図であるが、エンタルピ i を直接目盛らないで、 x と直交する線でもつて、 $(i - 1000x)$ Btu/lb' の値を表わしている。後に説明するよりに、 $i-x$ 線図上の任意の点から $x=0$ に垂線を下した時、その点を通る i 線の読みは $(c_a + c_{pw}x)t = i - r_{w0}x$ の値を興える。従つて i の目盛を斜交直線で表わさずに、 x と直交する垂直線でもつて $i - r_{w0}x$ あるいは更にエンタルピを表わす基準点をずらせた $(i - 1000x)$ Btu/lb' を

表わすことができるわけである。すなわち $(i - 1000x)$ と x との直交座標で表わしたのが Guide の線図である。しかし前述のように 1951 年版には $i-x$ の斜交座標が用いられるようになるであろう。

4.2 $t-x$ 線図、キャリヤ線図は、 t と x とを直交座標にとつたものである。断熱飽和温度を湿球温度にしている事は前と同じであるが、 t' 線上の湿り空気のエントルピの差 $i' - i = i_{aa}(x - x')$ を無視し⁽²⁾、湿球温度の同じ空気に対しては、同じ値の熱量をもつものと近似的に取扱ひ、それを Σ している。 Σ とは湿球温度を飽和温度とする飽和空気のエントルピ i' のことである。であるから不飽和気線のエンタルピ i を正しく求めるには Σ より $i_{aa}(x' - x)$ を引かなければならない。もつともこの値は極めて小さいものであることは各線図を見れば分かるが、例えば 20°C $\psi = 50\%$ で 0.33%, 40°C $\psi = 20\%$ で 1.03

(1) 井口春久 "湿り空気モリエール線図" 衛生工業協会誌, 昭和 7 年 3 月, 6 巻 3 号

(2) (10) 式参照



第3図 飽和湿り空気の温度と絶対湿度

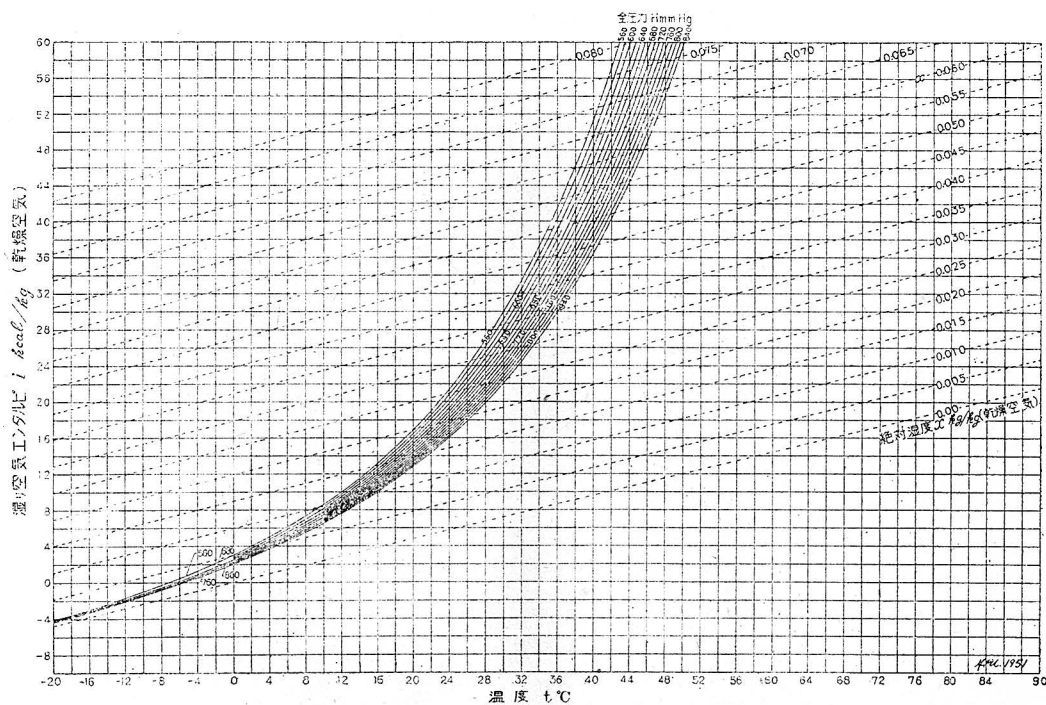
%の誤差である。 $t-x$ 線図の使用目的および方法は $i-x$ 線図と大体同じである。第3図は全圧力 H が異なる場合の t と x_s との関係を表わしたものである。

4.3 $t-i$ 線図 第4図は $t-i$ を直交座標にとつて画いた線図である。水平軸に温度 t を垂直軸にエンタルピ i を目盛り、全圧力 $H=560\sim 860$ mmHg に対する温度 t の i_s を曲線で線図上に表わしている。 x 線は (22)' 式を用いて直線で $t-i$ 線図上に表わすことができる。 x 線は互に極めて平行に近い直線である。湿球温度が同一の空気的全熱量⁽¹⁾は、その温度の飽和空気のエ

ンタルピに等しいとするキャリヤと同じような近似的取扱をする時、この $t-i$ 線図は後述のように空気の調温調湿の計算、特に空気の状態変化曲線を求める場合に便利である。

5. $i-x$ 線図の使い方⁽²⁾

- (1) エンタルピと違うことは前に述べた。ここでいう i はキャリヤの云う Σ と同一である。
- (2) Goodman; "Air Conditioning Analysis" 井口春久: "湿り空気のモリエ線図" 衛生工業協会誌 第6巻第3号, 昭和7年3月等を参照されたい。

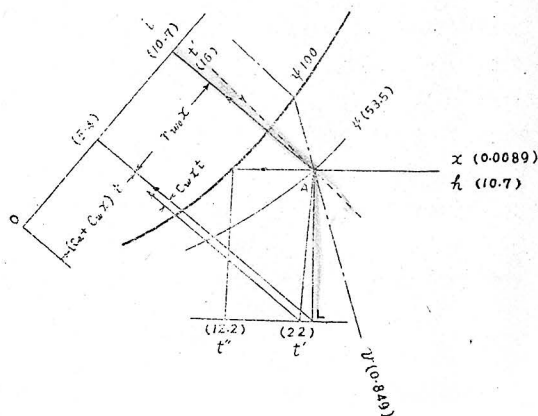


第 4 図 湿り空気 $t-i$ 線図

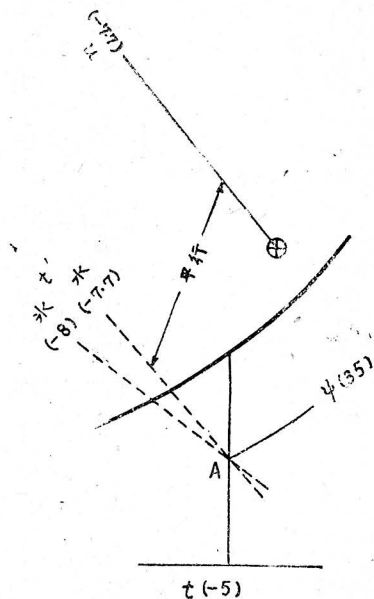
(カッコ内の数字はその例を示す。図と対照のこと。
尚持に断わりのない限り全圧力は $H=760$ mmHg とす
る。)

5.1 湿り空気の状態値を求める事

(a) 不飽和空気の任意の二つの状態値を知り他の状態値を求める方法。〔例として t (22°C) と t' (16°C) とを知り他の状態値を求める方法〕(第 5 図) 殆んど垂直に近く引いてある t 線 (22°C) と、左上から右下に点線で引いてある t' 線 (16°C) との交点 A がこの湿り空気の状態を表わす点である。A を通る上に凹の曲線によつ



第 5 図



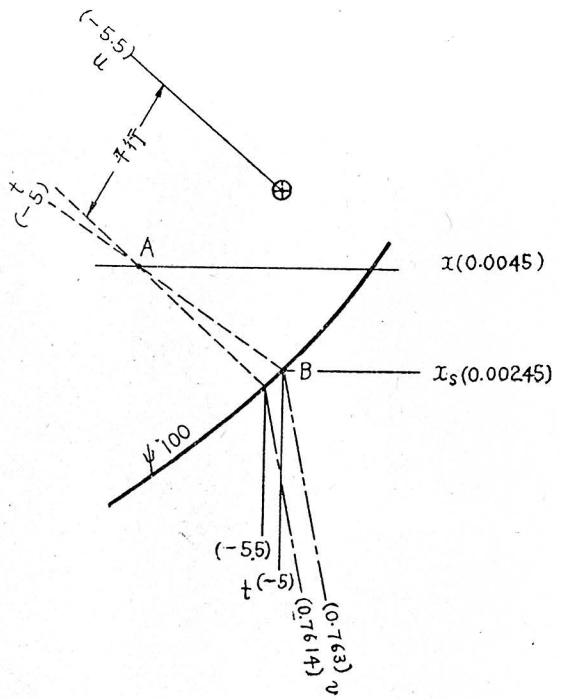
第 6 図

て飽和度 ψ (53.5%) が求まる。A より水平線を右に引けば絶対湿度 x (0.0089 kg/kg'), および水蒸気分圧 h (10.7 mmHg) が求まる。A を通る水平線を左に伸ばし、飽和曲線 ($\psi=100\%$) との交点を通る t 線を讀めば、そ

れは A の露点温度 t' (12.2°C) である。A を通り i の目盛線に垂線を下すことによつてエンタルピ i (10.7 kcal/kg') が求まる。A を通る左上から右下に走る殆んど直線の一点鎖線によつて A の比体積 v (0.849 m³/kg') が求まる。A より $x=0$ に垂線を下し、その足を通る i 線によつて A の (湿潤比熱) × (温度), $(c_a + c_w x)t$ (5.4 kcal/kg') が求まる。

(b) 湿球温度が 0°C 以下の不飽和空気の状態値を求める方法。(第 6 図) この場合は同じ状態 A の湿り空気に対して、湿球温度が二種表われることができる。一つは湿球が氷に包まれている場合であり、一つは過冷却水に包まれている場合である。本誌の $i-x$ 線図には 0°C 以下の t' 線は氷の場合についてだけ記入してある。であるから湿球が氷に包まれておりその温度が t' (-8°C) であれば、第 6 図のようにこれと他の状態値の一つ ($t = -5°C$) とから A が求まる。しかし湿球が氷に包まれている場合にはその温度 t' (-7.7°C) の飽和点から $u = t'$ (-7.7 kcal/kg) の比率線を引いて A を求めなければならない。

(c) 霧入り空気の状態値 (第 7 図) 第 7 図の A で表わされる湿り空気は、その温度は A を通る t' 線の温度 t' (22°C) と同じである。A は t' °C の飽和空気 B ($x_s = 0.0167$ kg/kg') に、水分が霧の状態 $x - x_s$ (0.0033



第 8 図

な方法を用いれば B の飽和空気と、水分 $x - x_s$ (0.0033 kg/kg') とに分離される。

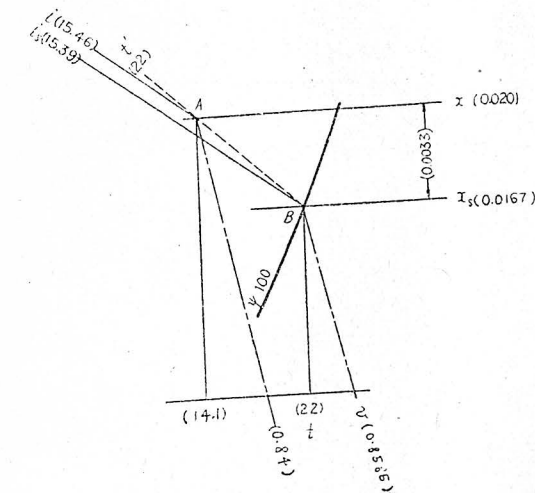
霧入り空気の霧が蒸気として含まれていれば、これは過飽和空気である。その温度および比体積は、不飽和空気域に引いてある t 線および v 線の延長が A を通るものによつて知ることができる。 ($t = 14.1°C$, $v = 0.84$ m³/kg')

(d) 雪入り空気の状態値 (第 8 図) 0°C 以下の飽和空気 B ($t = -5°C$) が水分を氷滴として含めば雪入り空気 A となる。その温度は t' (-5°C) である。もし水分を過冷却水の滴として含めば霧入り空気である。その温度は 5.1(b) に説明したように過冷却水に対する補助の t' 線 (-5.5°C) を引かなければならない。その他の関係は 5.1(c) と同じ様に考えることができる。

0°C の飽和点からは 2 本の t' 線が引いてある。(第 9 図) その一方は霧入り空気、一方は雪入り空気である。その間の範囲の A の空気は飽和空気のほかに水分を霧と雪の両分の状態で含むものであつて、A から水平線 B C を引いた時霧と雪との割合は $BA : AC$ である。

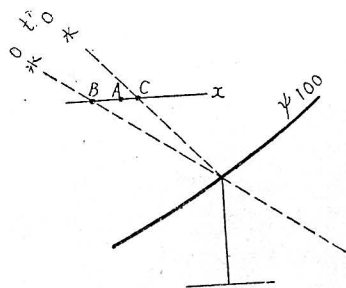
5.2 湿り空気の断熱的混合 (第 10~11 図)

第 10 図 1 の湿り空気 ($t_1 = 20°C$, $i_1 = 11$ kcal/kg', $\psi_1 = 69.4\%$, $x_1 = 0.0020$ kg/kg') と $G_1(1 + x_1)$ kg ($G_1 = 3$ kg') と、2 の湿り空気 ($t_2 = 30°C$, $i_2 = 15.45$ kcal/kg')

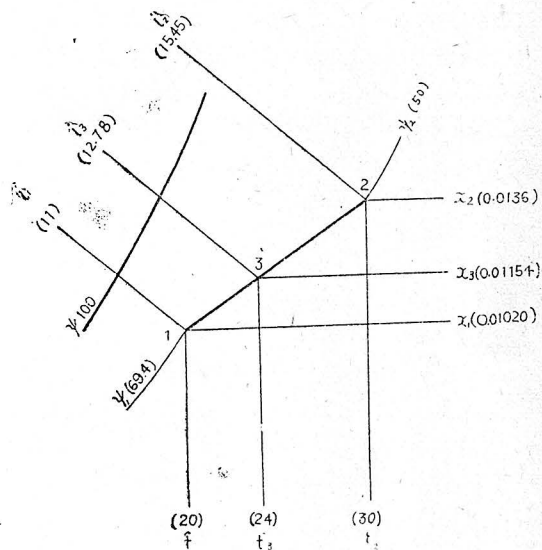


第 7 図

含まれている霧入り空気である。霧の体積は無視することができるので、霧入り空気の比体積は飽和空気 B の v (0.8585 m³/kg') と同じである。そのため霧入り空気の範囲では v 線は飽和曲線から左に折れて t' 線と一致する。霧入り空気の i (15.46 kcal/kg') は B の i_s (15.39 kcal/kg') と殆んど同じであるが、霧のもつ熱量 $t'(x - x_s)$ (0.07 kcal/kg') だけ多い。A の霧入り空気は適当



第 9 図



第 10 図

の $G_2(1+x_2)$ kg ($G_2=2$ kg') と断熱的に混合して乾燥空気 G_3 kg' を含む 3 の状態の湿り空気ができたとすれば、

$$\left. \begin{aligned} G_3 &= G_1 + G_2 \quad (= 5 \text{ kg}) \\ G_3(1+x_3) + G_1(1+x_1) + G_2(1+x_2) & \\ G_3 i_3 &= G_1 i_1 + G_2 i_2 \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

であるから、

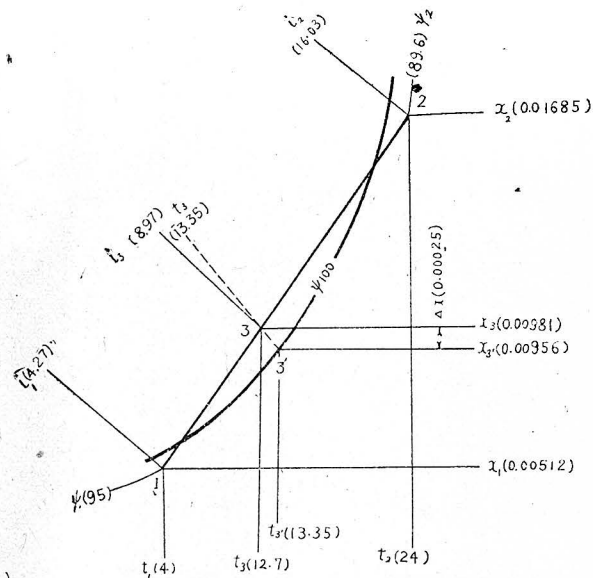
$$x_3 = \frac{x_1 G_1 + x_2 G_2}{G_3} \quad (= 0.01154 \text{ kg/kg'})$$

$$i_3 = \frac{i_1 G_1 + i_2 G_2}{G_3} \quad (= 12.78 \text{ kcal/kg'})$$

$$\therefore \frac{i_2 - i_3}{x_2 - x_3} = \frac{i_1 - i_3}{x_1 - x_3} \quad (30)$$

の関係がある。すなわち 3 は $i-x$ 線図で 1-2 直線上にあり、 $23:13 = G_1:G_2$ に分つ点である。

第 11 図の様に、1 ($t_1=4^\circ\text{C}$, $\psi_2=95\%$) の湿り空気と、2 ($t_2=24^\circ\text{C}$, $\psi_2=89.6\%$) の湿り空気とが混合する場合、1-2 を分つ分点 3 が不飽和空気域外に出る時は、3 は露入り空気であつて、5.1 (c) に説明した様に温度

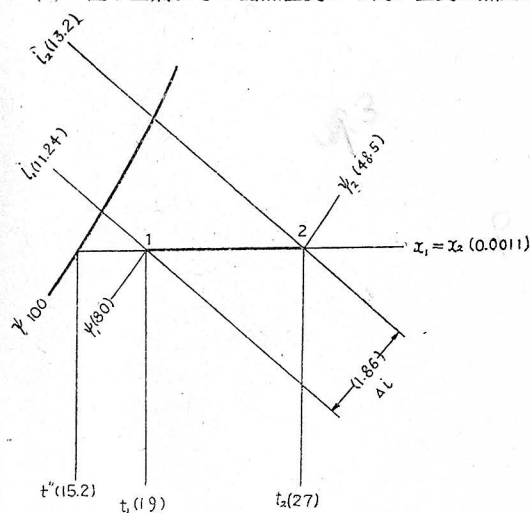


第 11 図

は t_3' (13.35°C) で、 $3'(t_3'=13.35^\circ\text{C})$ の飽和空気と Δx ($0.00025 \text{ kg/kg}'$) の霧を含んだものとなる。

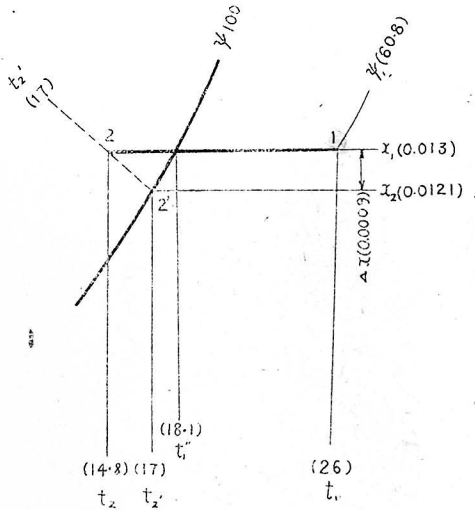
5.3 温度一定の熱源によつて空気の状態が変化する場合。

- (a) 湿り空気をそのまま加熱する場合 (第 12 図) 1 の湿り空気 ($t_1=19^\circ\text{C}$, $i_1=11.24 \text{ kcal/kg}'$, $x_1=0.011 \text{ kg/kg}'$, $\psi_1=80\%$) をそのまま (絶対湿度 x 一定のまま) 加熱して温度 t_2 (27°C) とした時は、1 を通る水平線と t_2 線との交点 2 が変化後の状態を表わす点である。
($i_2=13.2 \text{ kcal/kg}'$, $\psi_2=49.3\%$)、加熱に要した熱量は $\Delta i = i_2 - i_1$ ($1.86 \text{ kcal/kg}'$) である。
- (b) 湿り空気とその露点温度より高い温度の熱交換



第 12 図

(第 12 図の記入数字中、 $x_1=x_2(0.011)$ とあるを $x_1=x_2(0.011)$ に、 $\psi_2(48.5)$ とあるを $\psi(49.3)$ に訂正する。)



第 13 図

器と接触して冷却される場合。(第 12 図) これは 5.3 (a) の全く逆である。2 の湿り空気がその露点温度 t'' (15.2°C) より高い温度の熱交換器によって冷却され、1 の湿り空気となる場合は失り熱量は Δi である。勿論 1 の温度は熱交換器の温度よりは高く、極限において相等しい。

(c) 湿り空気がそのまま露点温度以下に冷却される場合。(第 13 図)。1' の湿り空気が露点温度 t_1'' (18.1°C) 以下に絶対湿度 x (0.013 kg/kg') 一定のままで冷却され 2 の状態となる時は、2 が過冷却の状態であれば温度

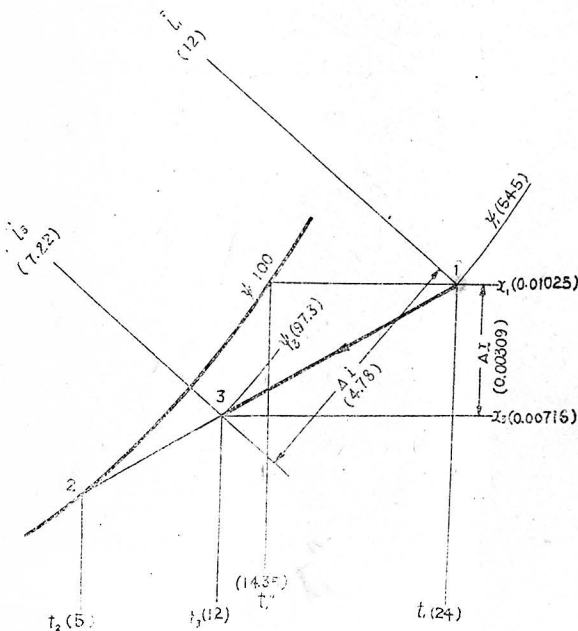
は t_2 (14.8°C) である。霧入り空気であれば温度は t_2 (17°C) で、水分 Δx (0.0009 kg/kg') を分離すれば 2' の飽和空気となる。

(d) 露点温度以下の熱交換器によるか、または露点温度以下の大量の水または氷と接して冷却、減湿される場合 (第 14~15 図)。熱交換器表面の温度が冷却を受ける湿り空気 1 (第 14 図) ($t_1=24^\circ\text{C}$, $\psi_1=54.4\%$, $x_1=0.01025$ kg/kg', $i_1=12$ kcal/kg') の露点温度 t_1'' (14.35°C) より低い場合は、湿り空気 1 が接すると熱交換器表面は水膜に覆われる。その水膜の温度を t_2 (5°C) とする。あるいは大量の水の表面を通じて冷却を受ける時はその水の温度を t_2 とする。 t_2 は熱交換の間一定とすれば水膜または水面に接する空気層は温度 t_2 の飽和空気であると考えられるので、1 の湿り空気は 1 と温度 t_2 の飽和点 2 とを結ぶ直線上を変化して冷却減湿される。最後の温度を t_3 (12°C) とすれば、その状態は 1-2 直線と t_3 線との交点 3 で表わされる。この状態変化によって失われた熱量は Δi (4.78 kcal/kg'), 減湿量は Δx (0.00309 kg/kg') である。

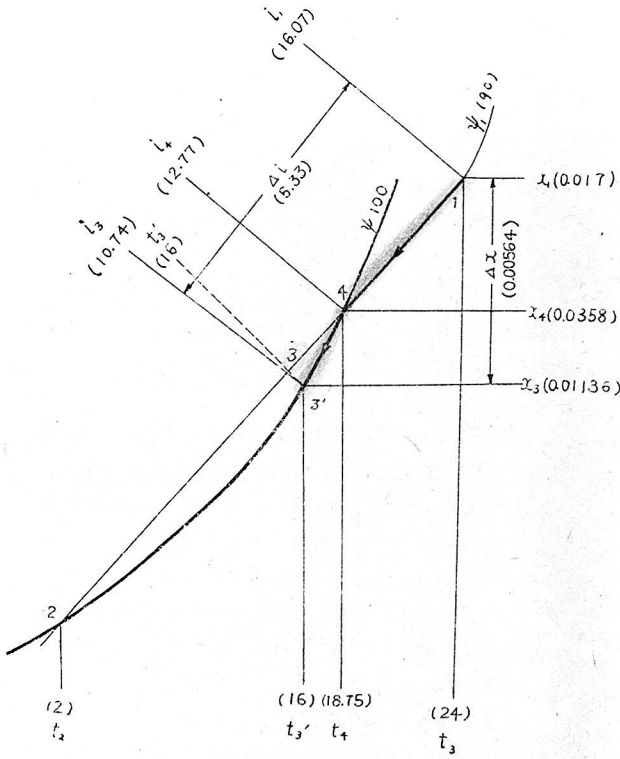
第 15 図の様に 1-2 を結ぶ直線と t_3 線 ($t_3=16^\circ\text{C}$) との交点 3 が霧入り空気域にある場合は、1 ($t_1=24^\circ\text{C}$, $\psi_1=90\%$) の湿り空気は 1-2 を結ぶ直線上を変化し、1-2 と飽和曲線との交点 4 の飽和空気になった後は、飽和曲線上を変化して 3' の飽和空気となる。失った熱量は Δi (5.33 kcal/kg') 減湿量は Δx (0.00564 kg/kg') である。

(e) 大量の温度の高い水と接触して加熱、加湿される場合。(第 16—17 図) 第 16 図で 1 の湿り空気 ($t_1=10^\circ\text{C}$, $x_1=0.0053$ gk/kg', $\psi_1=70\%$, $i_1=5.6$ kcal/kg') が t_2 (16°C) の温度の大量の水と接触する場合は、水の温度は一定と考え、1 と飽和曲線上温度 t_2 の点 2 とを結んだ直線上を変化する。終りの温度を t_3 (14°C) とすれば、変化後の状態点は 3 ($\psi_3=93\%$, $x_3=0.00925$ kg/kg', $i_3=8.97$ kcal/kg') である。加えられた熱量は Δi (3.33 kcal/kg') で、加湿量は Δx (0.00395 kg/kg') である。

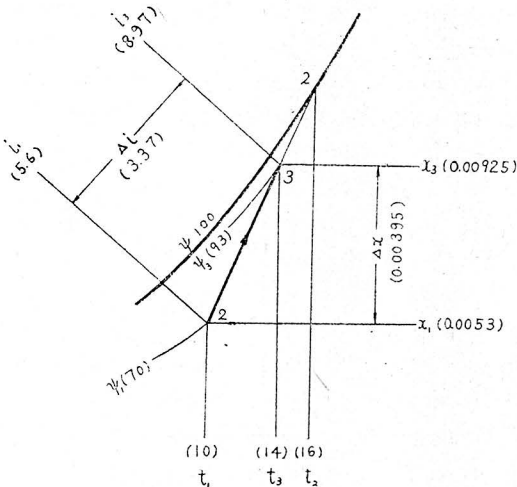
第 17 図のように 1 ($t_1=9^\circ\text{C}$, $\psi_1=90\%$, $x_1=0.0064$ kg/kg', $i_1=6$ kcal/kg') の湿り空気が t_2 (25°C) の水によって加熱加湿されて t_3 (18°C) の温度になる場合、1-2 を結ぶ直線上の 3 点は霧入り空気となる。そういう時は 1 の空気は 1-2 直線が飽和曲線を切る点 4 ($t_4=11^\circ\text{C}$) から飽和空気のまま温度上昇をして 3' の飽和空気となる。加熱量は Δi (6.1 kcal/kg'), 加湿量は Δx (0.00652 kg/kg') である。このような事が生ずる場合は、1 より飽和曲線に引いた接線の接点 5 の温度 t_5 (11.5°C) より t_2 が高い



第 14 図



第 15 図



第 16 図 (図の下方交点 2 とあるは 1 の誤り)

時に生ずるのである。このことは第 14 図についても云える事である。

5.4 全圧力 H が 760 mmHg とは違ひ湿り空気の状態値を求める方法。 $H=760$ mmHg で作製した $i-x$ 線図を用いて、それとは違ひ全圧力 H' mmHg の湿り空気の状態値を求めるには次の様にする。 $H=760$ mmHg の湿り空気 (t, x, ϕ, ψ) と t_1 が同じで、全圧力 H' の

湿り空気の状態値を ϕ', ψ', v' とすれば、(17) 式より

$$x = \frac{0.62197 \phi h_s}{H - \phi h_s} = \frac{0.62197 \phi' h_s}{H' - \phi' h_s}$$

$$\therefore \frac{H}{\phi} = \frac{H'}{\phi'} \text{ あるいは } \phi' = \frac{H'}{H} \phi \quad (31)$$

また (27) 式より

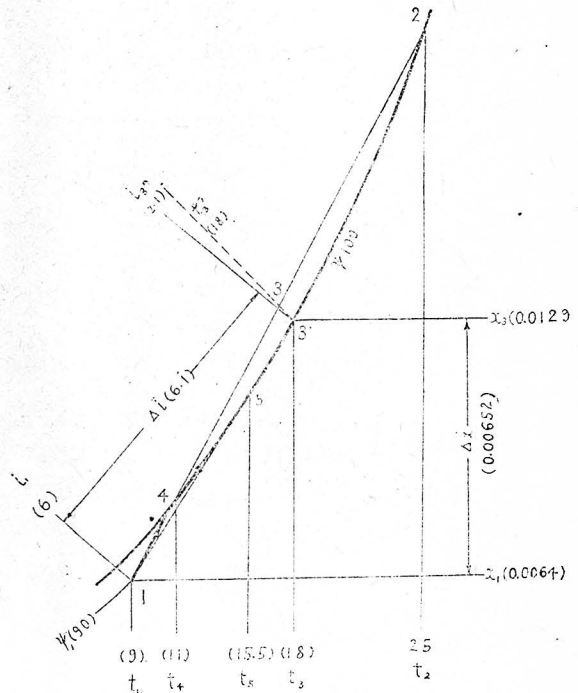
$$\psi' = \frac{H' - h_s}{H - h_s} \psi \approx \frac{H'}{H} \psi \quad (32)$$

および (20) 式より

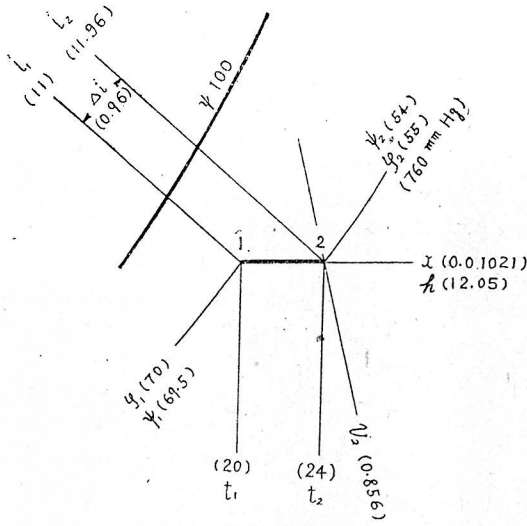
$$v' = \frac{H}{H'} v \quad (33)$$

の関係が與えられる。 x と t とが同じであるから i は全圧力の如何にかかわらず同じ値である。従つて $H(760 \text{ mmHg})$ に対して画いた $i-x$ 線図上に $H'(800 \text{ mmHg})$ に対する湿り空気の状態点を表わすには、その飽和曲線 ($\phi', \psi' = 100\%$) を H に対する $\phi = H/H' \cdot \phi' (=95\%)$ $\psi = H/H' \psi' (=95\%)$ の曲線でもつて表わせばよい。 t, i, x は勿論そのまま使えるが、 t' 線は新しい飽和曲線と t 線との交点から新に引かなければならない。その場合 t' 線の方向は全圧力が變つても同じである。

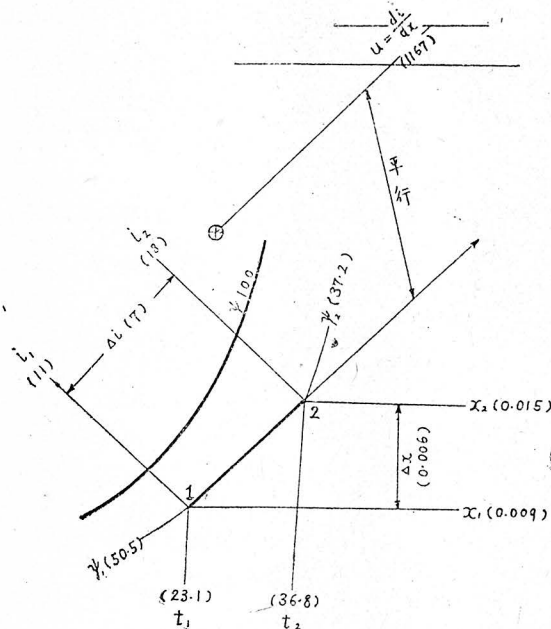
第 18 図で $H(760 \text{ mmHg})$ の湿り空気 1



第 17 図



第 18 図



第 19 図

($t_1=20^\circ\text{C}$, $\phi_1=70\%$, $\psi_1=69.5\%$, $x_1=0.0102\text{ kg/kg}'$, $i_1=11\text{ kcal/kg}'$) を H' (800 mmHg) に圧縮し温度が $t_2(24^\circ\text{C})$ になつたとすれば、1 を通る x 線と t_2 線との交点 2 が最後の状態である。2 を通る H に対する ϕ_2 (55%)、 $\psi_2(54\%)$ から圧縮後の ϕ_2' ($=55 \times \frac{800}{760} = 57.9\%$)、 ψ_2' ($=54 \times \frac{800}{760} = 56.8\%$) が求まり、 $v_2(0.856\text{ m}^3/\text{kg})$ から v_2' ($=0.856 \times \frac{760}{800} = 0.813\text{ kg/kg}'$) が求められる。エンタルピの増加は $\Delta i(0.96\text{ kcal/kg}'$) である。

5.5 空気の状態変化と u の値。一般に湿り空気が熱の授受、湿度の加減をうける場合。第19図で乾燥空気 G ($3\text{ kg}'$) を含んだ湿り空気 1 ($t_1=23.1^\circ\text{C}$, $\psi_1=50.5\%$, $x_1=0.009\text{ kg/kg}'$, $i_1=11\text{ kcal/kg}'$) が外部より Q_0 (20.1 kcal) の熱量をうけ、エンタルピ i_0 (50 kcal/kg) の水分を W (0.018 kg) 加えられて、2 の状態に変化したとすれば、(冷却の際は Q_0 は負、減温の際は W は負)

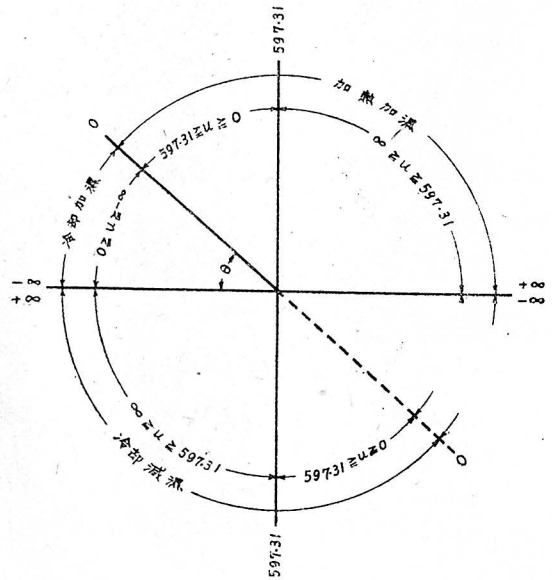
$$\left. \begin{aligned} G\Delta i &= G(i_2 - i_1) = Q_0 + Wi_0 = Q (=21\text{ kcal}) \\ G\Delta x &= G(x_2 - x_1) = W (=0.018\text{ kg}) \end{aligned} \right\} (34)$$

$$\therefore \frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{i_2 - i_1}{x_2 - x_1} = \frac{Q_0}{W} + i_0 = u (=1167\text{ kcal/kg}) \quad (35)$$

の関係が一般に得られる。この u は空気の温度および湿度の変化に際して、湿度の単位増加量に対する熱量増加の割合を表わすものである。従つて 1 の状態の空気は u (1167 kcal/kg) の比率線⁽¹⁾の上を変化する。その方向は線図の (+) 印と周辺の u 目盛とによつて画くことができる。最後の状態 2 ($t_2=36.8^\circ\text{C}$, $\psi_2=37.2\%$, $x_2=0.015\text{ kcal/kg}'$, $i_2=18\text{ kcal/kg}'$) はこの比率線と $x_2=x_1 + W/G$ とによつて求められる。

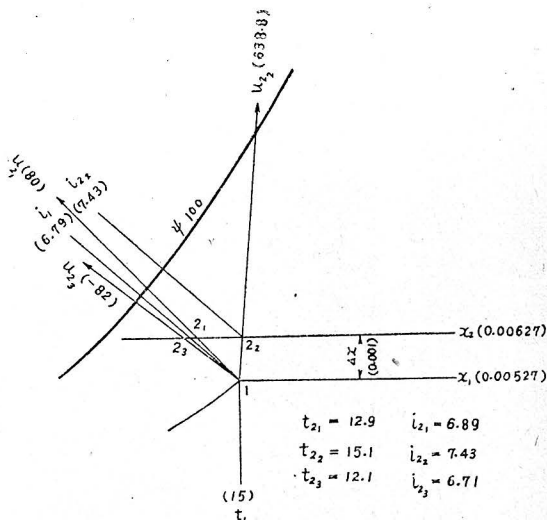
u の値と比率線の方向および空気状態変化との関係は、第 20 図に示す通りである。ただし加熱、冷却といふことは、乾燥空気の kg' 当りのエンタルピの増減を云うのであつて、必ずしもその乾球温度の上り下りを云うのではない。

5.3 (a) の様に加熱だけが行われる場合は、 $W=0$, $Q_0 > 0$ すなわち $u = +\infty$ であるから状態の変化は水平



第 20 図

(1) 4.1 参照



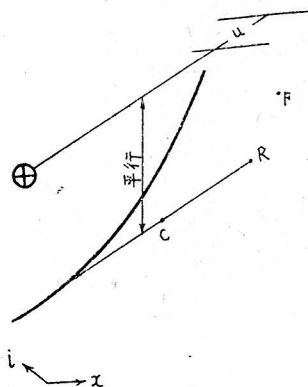
第 21 図

方向に右に変化する。5.3 (b) の様に冷却だけが行われる場合は、 $W=0, Q_0 < 0$ すなわち $u = -\infty$ であるから状態の変化は水平方向に左に変化する

(34) 式で $Q_0=0$ という場合は、エンタルピ i_0 の水、蒸気、氷片を湿り空気の中に吹込み、その完全蒸発混合によつて調温調湿を行う場合に相当する。その水、蒸気、氷の温度を t_c °C とすれば i_0 は

$$\left. \begin{aligned} i_0 &= t_c && \text{水に対し} \\ i_0 &= 597.31 + 0.4409 t_c && \text{蒸気に対し} \\ i_0 &= -79.5 + 0.5 t_c && \text{氷に対し} \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

で近似的に求めることができる。例えば第 21 図で 1 ($t_1=15^\circ\text{C}, \psi_1=50\%, x_1=0.00527 \text{ kg/kg}'$) の湿り空気に、 80°C の温水、 100°C の蒸気、 -50°C の水滴を吸込んだ場合の変化は、 u が夫々 80, 638.8, -82 kcal/kg であるから、 $\vec{12}_1, \vec{12}_2, \vec{12}_3$ の方向に変化する。加湿量を $0.001 \text{ kg/kg}'$ とすれば、最後の状態 $2_1, 2_2, 2_3$ の温度



第 22 図

は夫々 12.9, 15.1, 12.1°C になる。この様に高い温度の水を吸込んだとしても空気の温度は下るけれども必ずしも上るものではなく、また蒸気を吹込んででもその温度は上らない。

5.6 空気調和における空気の状態変化を $i-x$ 線図に表わす事、湿り空気の調温調湿を行う場合の湿り空気の状態変化を、湿り空気の $i-x$ 線図上に表わせば、空気調和の際の熱量および水分の出入の有様がよく分る。第 22 図の $i-x$ 線図で室外空気状態を F 、室内空気状態を R 、室内に送入する調和された空気の状態を C とする。

G = 室内へ送入する調和された空気の中の乾燥空気の量 kg'/h

$W^{(1)}$ = 室内で送入された空気氣放出する水分の量。室内で吸湿が行われる時は正、水分が発正する場合は負とする。 kg/h

$Q^{(1)}$ = 室内で送入された空気が放出する熱量 kcal/h 暖房の場合は正、冷房の場合は負とする。

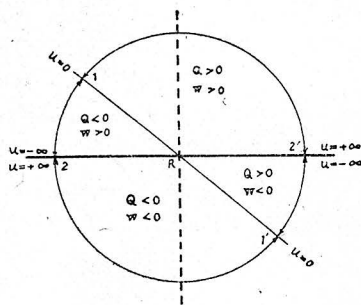
$$\left. \begin{aligned} w &= W/G \text{ kg/kg}' \\ q &= Q/G \text{ kcal/kg}' \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

とすれば

$$\left. \begin{aligned} i_c &= i_R + q \\ x_c &= x_R + w \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

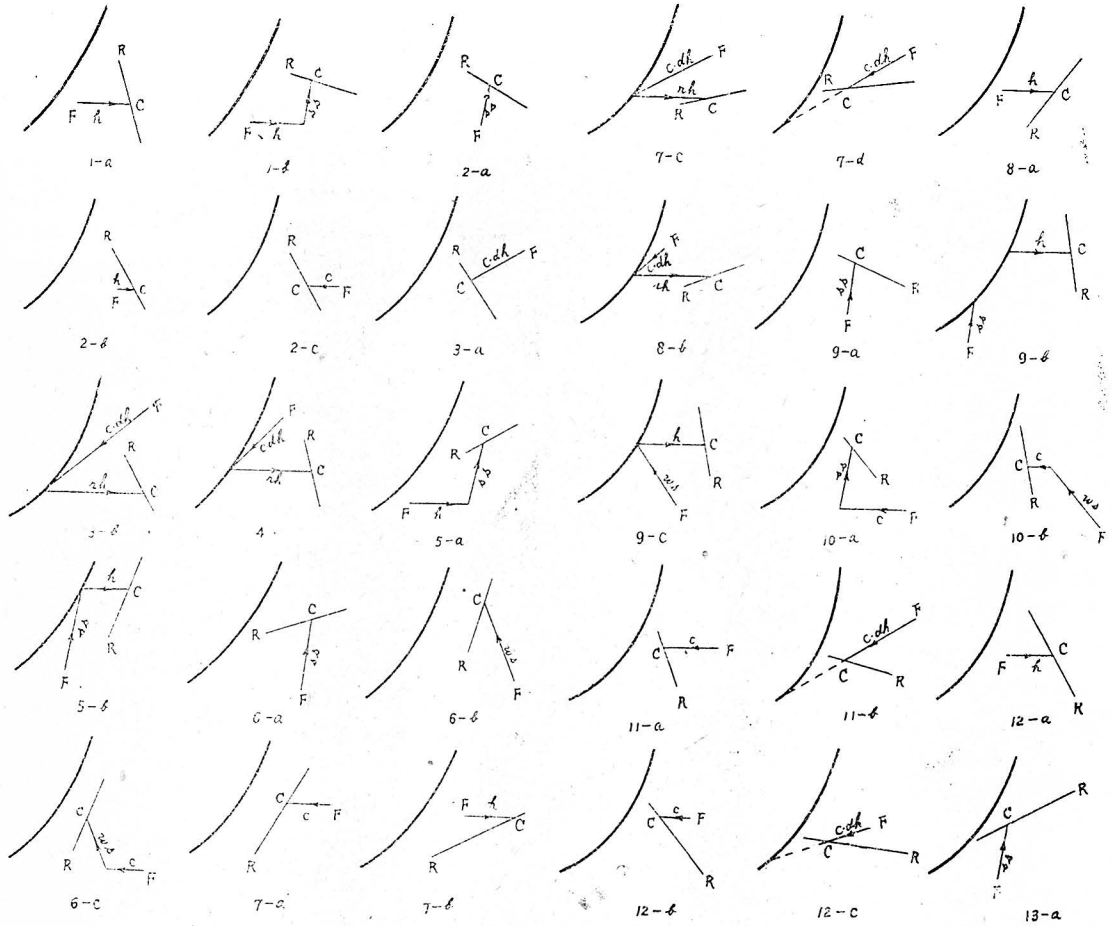
$$\therefore \frac{i_c - i_R}{x_c - x_R} = \frac{q}{w} = \frac{Q}{W} = u \text{ kcal/kg} \quad (39)$$

の関係がある。 u の値は室内における熱および水分の発生の有無によつて定る一定の値であつて、 C の状態には無関係である。すなわち C は室内の空気状態と、その室内における熱および水分の発生の如何によつて、 R を通る (39) 式から定る u の比率線上にある。第 23 図で示すと、室内で水分の発生がある暖房の場合は $1'R2'$ の範



第 23 図

(1) Q, W の意味は 5.5 と同じであるが、便宜上符号を逆にした。

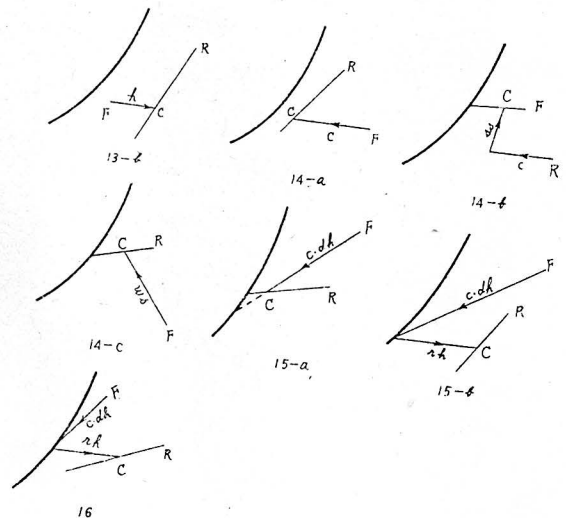


第 24 図-1

第 24 図-2

間に、室内で水分の吸収が行われる暖房の場合は $1R2'$ の範囲に、室内で水分の吸収が行われる冷房の場合は $1R2$ の範囲に、室内で水分の発生が行われる冷房の場合は $1'R2'$ の範囲に比率線が引かれ、その上に C が存在する。

R が與えられると、ある外氣の状態に対して、外氣をそのまま、あるいは室内から排出する空氣の一部と混合することにより、更にそれに加熱、冷却、加湿、減湿の何れかの操作を組合はせることによつて、 R を通る所要の比率線上の一点で表わされる状態の空氣 C を作ることができる。 C が定れば (37) 式から必要な送風空氣量が定る。勿論送入する空氣量特にその中の外氣量は、換氣ということ等の他の条件で、ある制限がなされることが多い。そのように G が先に定められる時は、(37) (38) 式から先ず C が R を通る比率線上に定る。何れにしても必要な状態の空氣 C が得られるように、しかも最も簡単な方法と装置とで空氣調和を行ふようにすることが必要である。



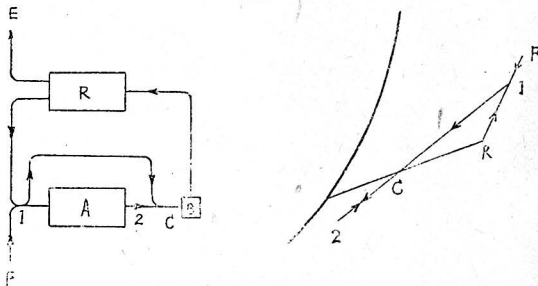
第 24 図-3

F と R および u の関係によつて外氣に対して行ふ加熱、冷却、加湿、減湿の操作がどのように行われるべきかを示したのが第 24 図である。但しこれは再循環空氣を用いない場合である。

第 24 図 1 は $t_r < t_c, x_r > x_c, t_r > t_f, x_r > x_f$

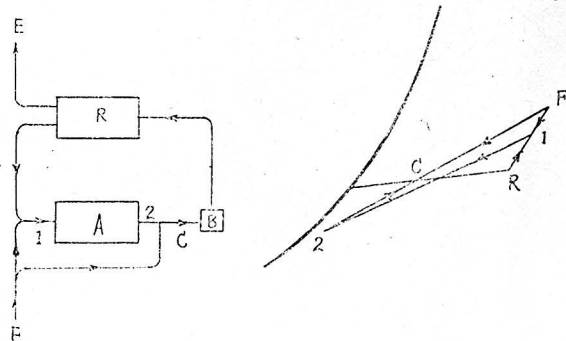
2	"	"	$t_r < t_f, x_r > x_f$
3	"	"	$t_r < t_f, x_r < x_f$
4	"	"	$t_r > t_f, x_r < x_f$
5	$t_r < t_c, x_r < x_c, t_r > t_f, x_r > x_f$		
6	"	"	$t_r < t_f, x_r > x_f$
7	"	"	$t_r < t_f, x_r < x_f$
8	"	"	$t_r > t_f, x_r < x_f$
9	$t_r > t_c, x_r < x_c, t_r > t_f, x_r > x_f$		
10	"	"	$t_r < t_f, x_r > x_f$
11	"	"	$t_r < t_f, x_r < x_f$
12	"	"	$t_r < t_f, x_r < x_f$
13	$t_r > t_c, x_r > x_c, t_r > t_f, x_r > x_f$		
14	"	"	$t_r < t_f, x_r > x_f$
15	"	"	$t_r < t_f, x_r < x_f$
16	"	"	$t_r > t_f, x_r < x_f$

例えば第 24 図 15 で R と F との温度、絶対湿度の関係が同じであつても、R を通る比率線の傾きが大であ

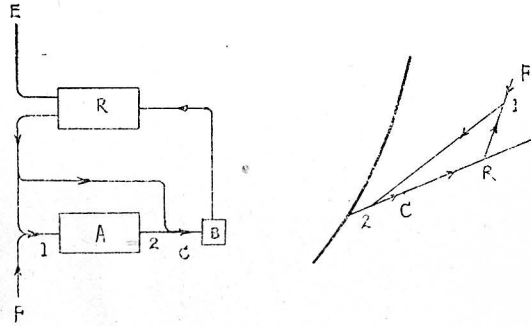


第 25 図一 1 再循環空氣の一部バイパス

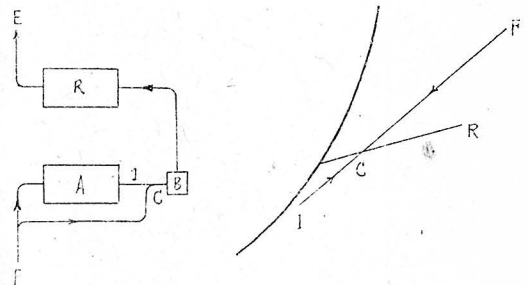
R : 室内 F : 外氣 A : 空氣調溫調濕裝置
C : 調和空氣 E : 排氣 B : ファン
R₂ : 再熱器



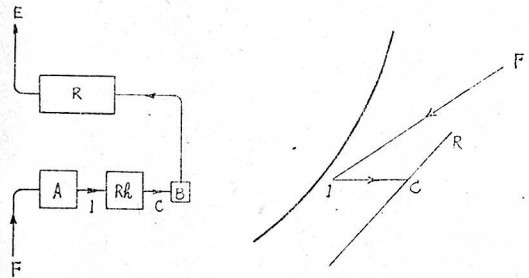
第 25 図一 2 外氣の一部バイパス



第 25 図一 3 混合氣の一部バイパス

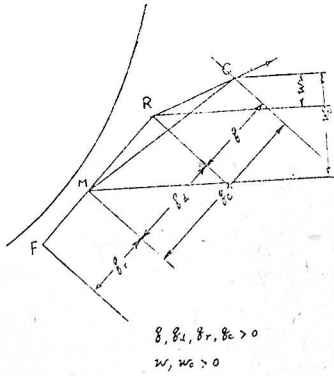


第 25 図一 4 外氣だけ取入、一部バイパス

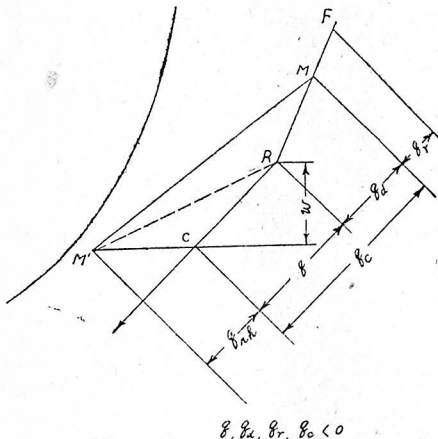


第 25 図一 5 外氣だけ取入、再熱

れば、單に冷却、減湿だけでは必要な C を得ることができず再熱をしなくてはならない場合が出てくる。普通噴霧によつて冷却と減湿を同時に行ふ時は、その装置を出た時の空氣はほぼ飽和された状態にある。従つてこれが丁度 R を通る比率線上にあれば一番都合がよい。あるいは比率線と、F を通る空氣状態変化を表わす線とが交わればよいが、でないとな熱を必要とする事になる。こういうことは第 24 図 3 についても同じように云えるのである。第 24 図はすべて外氣を直接調溫調濕する場合であるが、一般には再循環空氣を用い、それと外氣とをそのまま、あるいはその何れかをあらかじめ調溫調濕した後混合し、それを更に調溫調濕することが多い。普通冷房が行われる第 24 図 15 の場合についてそういう例を示したのが第 25 図である。



第 26 図



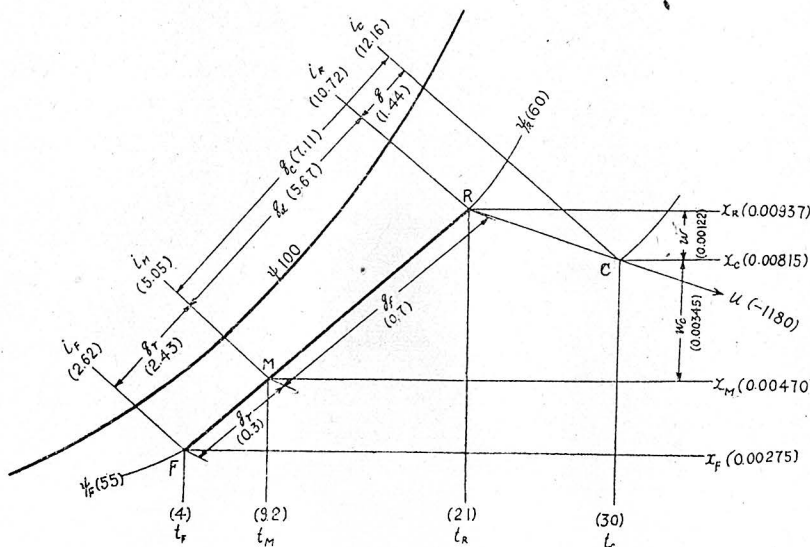
第 27 図

※ 空気調和を行う中間の操作の如何にかかわらず、全体からみた熱量の加除、および絶対湿度の増減は次の様になる。第 26 図、27 図で外気 F と室内空気 R の再循環量との割合から定る混合気に相当する状態を M とすれば、送入する状態 C の空気中の乾燥空気 kg' 当り、室内で放熱する熱量は q 、外気に捨てる熱量が q_a 、再循環によつて回収する熱量が q_r 、全体として空気調和に必要な熱量すなわち暖房負荷または冷房負荷が q_c である。室内で放出する水分の量が w 、空気調和装置によつて與える水分の量が w_c である。ここに q, w の符号を前述の様定めれば、

$$\left. \begin{aligned} q &= i_c - i_R \\ q_a &= i_R - i_M \\ q_c &= i_c - i_M = q_a + q \\ q_r &= i_M - i_F \\ w &= i_c - i_R \\ w_c &= i_c - i_M \end{aligned} \right\} (40)$$

第 26 図は暖房、第 27 図は冷房の際の一例である。第 28 図で外気 $F(t_F=4^\circ\text{C}, \psi_F=55\%, x_F=0.00275 \text{ kg/kg}'$ 、 $i_F=2.62 \text{ kcal/kg}'$)、室内 $R(t_R=21^\circ\text{C}, \psi_R=60\%$ 、 $x_R=0.00937 \text{ kg/kg}'$ 、 $i_R=10.72 \text{ kcal/kg}'$) $u=-1180$ 、外気と再循環空気と割合を $g_F:g_R(0.7:0.3)$ とし、 $t_C=30^\circ\text{C}$ とすれば、 $i-x$ 線図より調和空気 C ($\psi_C=30\%$ 、 $x_C=0.00815 \text{ kg/kg}'$ 、 $i_C=12.16 \text{ kcal/kg}'$)、 $q_c=7.11 \text{ kcal/kg}'$ 、 $q_a=5.67 \text{ kcal/kg}'$ 、 $q_r=2.43 \text{ kcal/kg}'$ 、 $w_c=0.00345 \text{ kg/kg}'$ 、 $w=0.00122 \text{ kg/kg}'$ が得られる。

第 27 図で再熱器で空気に加える熱量を $q_{rh}=i_c-i_M'$ とし、再熱器を含めた u の値を u_{rm}' とすれば



第 28 図

$$u = \frac{q}{w}, \quad u_{rm}' = \frac{q - q_{rh}}{w} \quad (41)$$

$$\therefore q_{rh} = w(u - u_{rm}') \\ = (-w)(u_{rm}' - u) \quad (42)$$

の関係がある。 u が一定の時、 q_{rh} は u_{rm}' の小さい程小さい値である。従つて RM' の傾斜の大きい程再熱量 q_{rh} が小さくなる。一方 M' の位置は前にも述べた様にほぼ飽和曲線上にあるから RM' の傾斜の大きいということは RM' が飽和曲線の接線になる時である。ゆえに R から飽和曲線に接線を引くことによつて q_{rh} が小さくなるように M' 、あるいは C の位置を求めることができる。

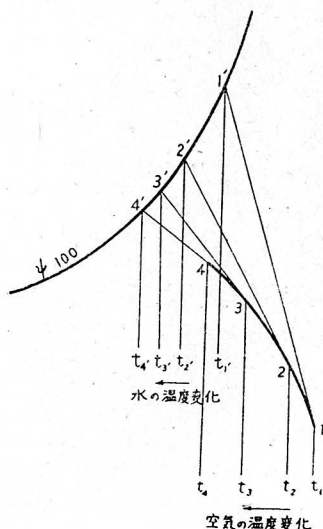
5.7 水と接触する空気の状態変化。湿り空気がその露点温度より低い温度の熱交換器、また水に接して状態変化をする場合は、熱交換器また水の水の温度が一定であれば 5.3(d) で説明したように空気の状態変化は $i-x$ 線図上に直線で表わされる。しかし実際の装置では空気が装置の中を流れてゆく間に、接する水または冷却壁の水膜の温度は変つてゆく。例えば G kg/h の空気が流れ、 G_m kg/h の水と接し、その中 W kg/h が空気中に蒸発したとする。水の温度を t_w °C とし、初めと終りの状態値を表わすのに 1, 2 の添字を用いれば、(ただし空気中の水分が凝縮する場合は W の符号は負とする。)

$$\left. \begin{aligned} G(i_2 - i_1) &= G_m(t_{w1} - t_{w2}) + Wt_{w2} \\ G(x_2 - x_1) &= W \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

$W/G = w$ とおけば

$$u = \frac{i_2 - i_1}{x_2 - x_1} = \frac{G_m}{W}(t_{w1} - t_{w2}) + t_{w2} \quad (44)$$

の関係式で空気の状態変化が表わされる。しかし一般に



第 29 図

は W は G_m に比べ極めて小さい値である。従つて W を G_m に対して無視すれば、

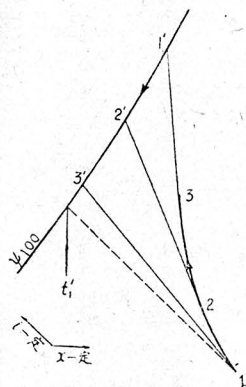
$$i_2 - i_1 = \frac{G_m}{G}(t_{w1} - t_{w2}) \quad (45)$$

となり、空気は $i-x$ 線図上の水平直線上を変化する。また $W = G_m$ であれば

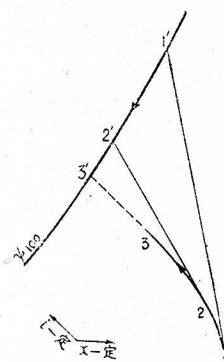
$$u = t_{w1} \quad (46)$$

であつてこれは空気中に吹き込んだ噴霧が完全に蒸発する場合の状態変化である。それは u の比率線で表わされる⁽¹⁾。

第 29 図で 1 の空気が温度 t_1' の水に接し僅か状態が変化して 2 になつたとし、その時の水の温度が t_2' であるとすれば、空気の状態変化を表わす曲線 1 → 2 は 1 で直線 $11'$ に接しかつ (44) 式を満足する。このようにして空気は最後の状態 4 となり、水の温度は t_4' となる。水の温度変化は飽和曲線 1' → 4' 上の点の温度によつて求められ、空気の水蒸気変化は曲線 1 → 4 によつて求められる。この曲線のことを状態変化曲線また単に状態曲線という。第 30 図は空気と水とが並流する際に、空気が加熱加湿をうける場合の状態変化を表わしたものである。



第 31 図
向流加熱加湿

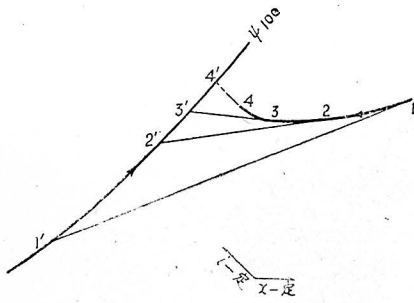


第 30 図
並流加熱加湿

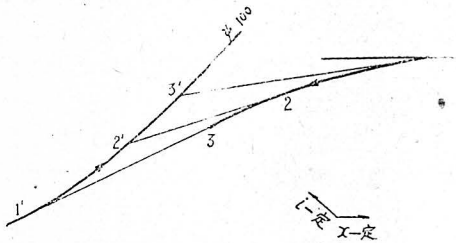
る。水の温度が空気の湿球温度と同じになつた点 3, 3' 以後は、水の温度は変わらず空気の状態は湿球温度一定のまま温度が増加し、3 → 3' と変化する、第 31 図は空気と水とが向流する際に、空気が加熱加湿をうける場合の状態変化を表わしたものである。最後の水の温度 t_3' は、初めの空気 1 の湿球温度 t_1' より低くなることはない。第 32 図は空気第 2 図と水とが並流する際に空気が冷却減湿をうける場合の状態変化を表わしたものである。水

(1) 冷房であるから $q < 0$, $q_{rh} > 0$ であり、 u , u_{rm}' は同符号、 u , u_{rm}' と W は異符号で、一般に $W < 0$, u , $u_{rm}' > 0$ 。

(2) 5.5 参照



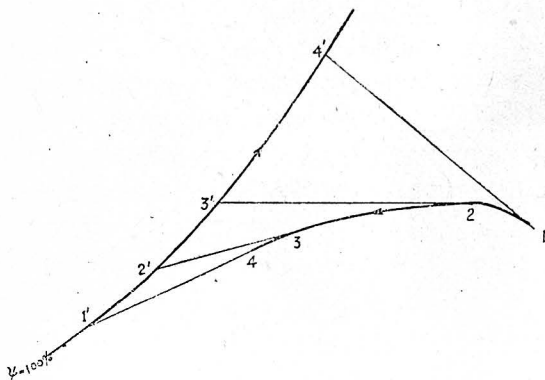
第 32 図 並流冷却減湿



第 33 図 両流冷却減湿

の温度が空気露点温度と同じになった 3', 3 以降は、空気は冷却加湿をうけて空気の湿球温度と水の温度とが同一の 4, 4' になり、それ以降は湿球温度一定のまま空気は加湿され 4 → 4' に変化する。第 33 図は空気と水とが向流する際に空気が冷却減湿をうける場合の状態変化を表わしたものである。もし水の温度が空気露点温度に等しくなる場合は第 34 図の様に空気は入口からその状態迄 1 → 2 の間は冷却加湿され、水は 3' → 4' に変化する。

以上の様にして *i-x* 線図上に空気と水との状態変化の有様が表わされるが、後に述べる様に *t-i* 線図を用いて空気の湿球温度の変化を同時に求めた方が空気の状態曲線を画くのに便利である。



第 34 図 向流冷却減湿

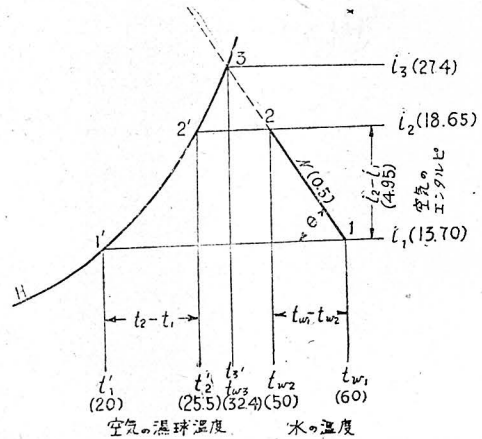
6 t-i 線図の使い方

6.1 *N* 線, 空気が水と接触して状態変化を行う場合、5.7 で説明した様に (43)~(44) 式が成立する。空気の絶対湿度の増加 *w* を G_w/G に比べて無視すれば、(45) 式から

$$\frac{i_2 - i_1}{t_{w1} - t_{w2}} = \frac{G_w}{G} = N \quad (47)$$

の関係が成立つ、この *N* の値は互に接触する水と空気の量が定れば、*i* や *t_w* の値には関係のない一定の値である。

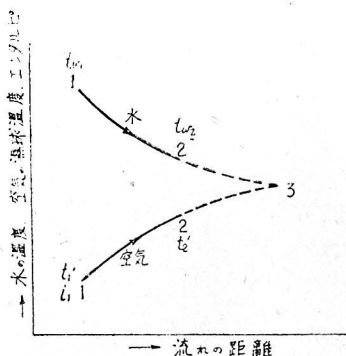
t-i 線図では湿球温度 *t'* の同一な湿り空気のエンタルピ *i* は同じ値であるとするので、湿球温度の同一な湿り空気は、*t-i* 線図上ではその温度の飽和点を通る水平線で表わすことができる。従つて湿球温度 *t'₁* の空気と、温度 *t_{w1}* の水とが接している状態を第 35 図の 1 の点で表わすことができる。1 の点は *t'₁* の温度線と今考えている全圧力 *H* の飽和曲線との交点 1' から引いた水平線 1'-1 と、*t_{w1}* の温度線との交点である。こういう状態の水および空気が (47) 式の変化をうけて 2 の状態になったとすれば、(47) 式は *t-i* 線図上で 1 を通る



第 35 図 並流加熱

$$\frac{di}{dt} = -N \quad (48)$$

で表わされる直線であるから、その直線と水の温度 *t_{w2}* の温度線との交点 2 を求めれば、2 を通る水平線で空気の湿球温度 *t'₂* とエンタルピ *i₂* が求められる。この様に *t-i* 線図を用いると (47) 式で表わされる *N* の値が定まれば、初めの点を通り (48) 式で表わされる直線を引くことによつて互に接する水の温度と、空気の湿球温度およびエンタルピとを簡単に求めることができる。こういう事が *t-i* 線図の便利な点であつて、こういう状態変化を表わす直線のことを *N* 線という。*i-t* 線図上では水の状態を表わす点は飽和曲線上の点で表わす為、



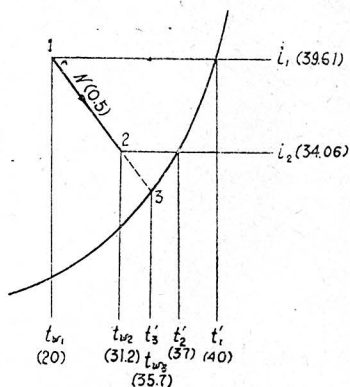
第 36 図

高温の水の状態を表わすのが困難であるのに比べ、 $t-i$ 線図を用いると高温の水の状態も容易に表わすことができる。

6.2 並流する空気と水との熱交。第 35 図は第 36 図に示す様に、水と空気が並流する際に空気が加熱される変化を示すもので、1 ($t_1'=20^\circ\text{C}$, $t_{w1}=60^\circ\text{C}$) より 2 ($t_2'=25.5^\circ\text{C}$, $t_{w2}=50^\circ\text{C}$) 迄変化する。空気と水とが理論的に完全な熱交換が行われると、1 を通る N 線 ($N=0.5$) と飽和曲線との交点 3 ($t_3'=t_{w3}=32.4^\circ\text{C}$) で示される状態、すなわち水の温度と空気の湿球温度とが一致する所迄熱交換が行われて平衡状態となる⁽¹⁾。実際の変化が 2 迄行われたものとすれば

$$\eta = \frac{i_2 - i_1}{i_3 - i_1} = \frac{12}{13} \quad (= \frac{4.95}{13.7} = 0.361) \quad (49)$$

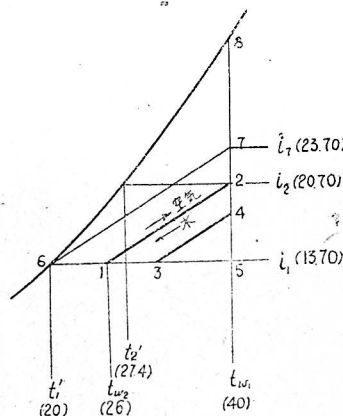
をこの装置の熱交換効率という。



第 37 図 並流冷却

第 37 図は空気と水とが並流する際に空気が冷却される状態変化を表わすものであつて、 N -線は飽和曲線の左側にくる⁽²⁾。 $(t_1'=40^\circ\text{C}$, $t_{w1}=20^\circ\text{C}$, $t_2'=37^\circ\text{C}$, $t_{w2}'=31.2^\circ\text{C}$, $N=0.5$)

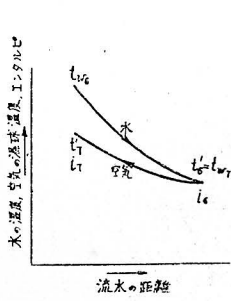
6.3 向流する空気と水との熱交換。空気と水とが交差する場合は第 38 図のようになる。空気の初めの湿球温



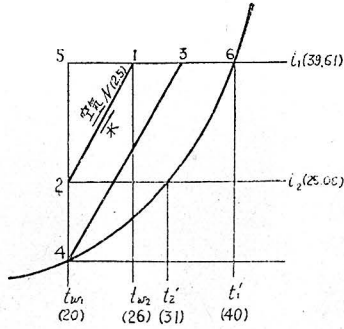
第 38 図 向流加熱

度 t_1' (20°C) が分れば、空気の初めの状態と水の終りの状態を表わす点 1 は、温度 t_1' の飽和点 6 を通る水平線上にある事が分る。また水の初めの温度 t_{w1} (40°C) が分れば、水の初めの状態と空気の終りの状態とを表わす点 2 は、温度 t_{w1} の飽和点を通る垂直線上にあることが分る。しかし水の終りの温度 t_2 、空気の終りの湿球温度 t_2' の何れかと N の値とが分らなければ N -線を引くことはできない。例えば t_{w2} (26°C) が分れば初めの状態を表わす点 1 は、5-6 線と t_{w2} 線との交点によつて求められる。1 から与えられた N (0.5) の値によつて N 線を引けば 5-8 線との交点によつて終りの状態点 2 が求まり、空気の終りの湿球温度 t_2' (27.4°C) とエンタルピ i_2 ($20.70 \text{ kcal/kg}'$) が求まる。従つて水の終りの温度が違えば、同じ N の値に対しても 3-4 線というように違った状態変化を表わす N -線が引けるわけである、すなわち向流の場合は同じ N の値に対して多くの平行な直線によつて種々の違った状態変化が表わされる。第 38 図は向流によつて空気が加熱される場合である⁽¹⁾ ($t_1'=20^\circ\text{C}$, $t_{w1}=40^\circ\text{C}$, $t_2'=27.4^\circ\text{C}$, $t_{w2}=26^\circ\text{C}$, $N=0.5$) この場合理論的に完全な熱交換が行われる時は、熱交換の全過程の間に空気の湿球温度と水の温度とが等しくなる状態が一箇所存在することができる。そういう状態変化を表わす N -線は与えられた N の値に対して唯一本引くことが出来る。これを限界 N 線というが、限界 N 線は初めまた終りの状態を表わす点の何れか一方が飽和曲線上にあるか、あるいは N 線が中間で飽和曲線に接するかの何れかである。第 38 図 6-7 は水と空気との温度関係が第 39 図で表わされる場合であつて、水の終りの温度と空気の初めの湿球温度とが一致する場合であ

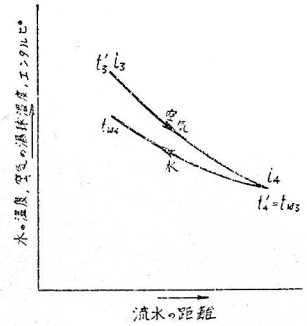
- (1) 第 30 図参照
- (2) 第 31 図参照
- (3) 第 32 図参照



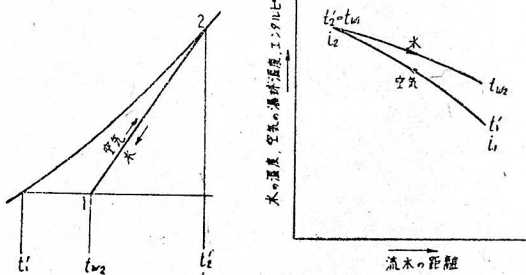
第 39 図



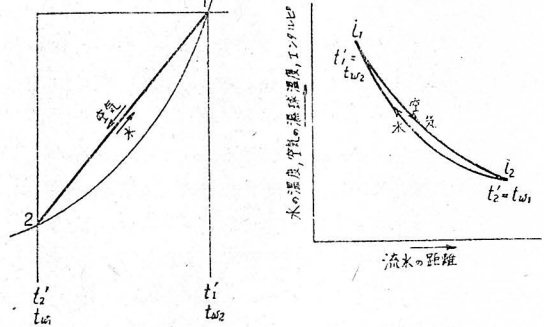
第 42 図 向流冷却



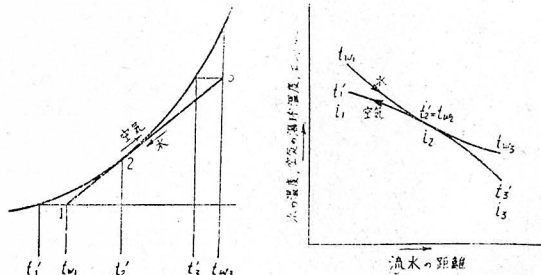
第 43 図



第 40 図



第 44 図



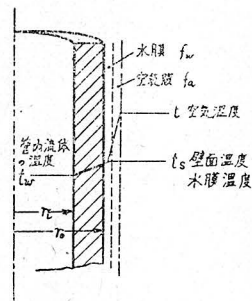
第 41 図

る。第 40 図 1-2 は水の初めの温度と空気の終りの湿球温度とが一致する場合の限界 N 線である。第 41 図 1-3 は定化の中間 2 で水の温度と空気の湿球温度とが一致する場合の限界 N 線である。限界 N 線に対する際の変化の N 線の割合、例えば第 3 図の 12 : 67 が熱交換の効率 $\eta (=0.7)$ である。

向流によつて空気が冷却される場合は第 42 図に示される⁽¹⁾。初めの空気の湿球温度 t_1' (40°C) によつて定る 5-6 線と、初めの水の温度 t_{w1} (20°C) によつて定る 4-5 線との間に N 線 1-2 が引かれる。($N=2.5$, $t_{w2}=26^\circ\text{C}$, $t_2'=31^\circ\text{C}$) 従つて限界 N 線は 4 または 6 の何れか一点を通る場合と、4, 6 の両方を通る場合とがある。第 42 図および第 43 図の 3-4 は空気の終りの湿球温度と、水の初めの温度とが一致する場合であり、第 44 図 1-2 は初めと終りとして空気の湿球温度と水の温度

とが一致する場合である。向流冷却では変化の中間において空気の湿球温度と水の温度とが一致するということはない。

6.4 湿つた壁面に接する空気の状態変化。湿り空気が熱交換器によつて冷却される場合、その壁面温度が空気の露点温度より低い場合は、壁面に水分が凝結して水膜を形成する。その水膜に接している空気はその水膜の温度の飽和空気と考えてよい。今冷媒等を用いた蒸発器で空気を冷却する時は、蒸発器内の流体の温度は一定である。しかし蒸気がこれによつて冷却減湿される場合は管表面の水膜の温度は場所によつて異なる。第 45 図で



第 45 図

(1) 第 33, 34 図参照

- t = 空気の乾球温度 °C
- t_s = 管表面水膜の温度 °C
(管表面温度と同一とみなす)
- t_m = 管内流体の温度 °C
- i = $t^\circ\text{C}$ の湿り空気のエンタルピ kcal/kg
- i_s = $t_s^\circ\text{C}$ の飽和空気のエンタルピ kcal/kg
- f_a = 空気と水膜との間の表面傳熱率 kcal/m²h°C
- f_w = 管の熱通過率 kcal/m²h°C
- c = 湿り空気の比熱 kcal/kg°C
= 0.240 + 0.4409 x
- ε = 管の外側表面積と内側表面積との割合⁽¹⁾
- r_o = 管の外半径 m
- r_i = 管の内半径 m

とすれば、単位時間に管の単位長さを傳わる傳熱量は
 $(t-t_s)f_a \times 2\pi r_i \varepsilon = (t_s-t_w)f_w \times 2\pi r_i$ (50)

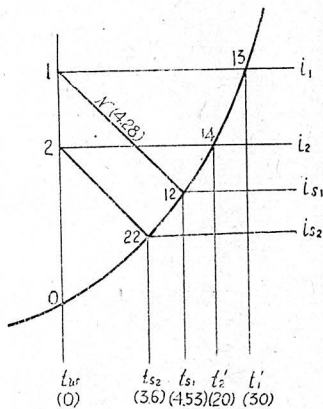
しかるに、

$$t-t_s = \frac{1}{c}(i-i_s) \quad (51)$$

ゆえに

$$\frac{i-i_s}{t_s-t_w} = \frac{f_w c}{f_a \varepsilon} = N_2 \quad (52)$$

の関係式が得られる。この N_2 を (47) 式の N の代りに用いれば管の表面温度を次の様にして求めることができる。



第 46 図

第 46 図で管内流体温度が t_w で、外側の空気の湿球温度を t_1' とすれば、1 は管をへだてて互に接している空気と管内流体の状態とを表わす点である。1 を通り (52) 式の N_2 の値によつて N 線 1-12 を引き、飽和曲線との交点 12 を求めれば、1 の空気が接している部分の管表面温度 t_{s1} が求められる。このように管内流体の温度が一定であれば、その温度線 0-1 の上で任意の場所の空気の湿球温度を表わす点 1, 2 等から N_2 の値の N 線を引けば、この N 線と飽和曲線との交点 12, 22 等によ

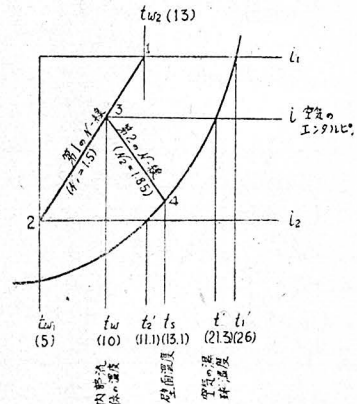
つてその場所の管表面温度が求まる。($t_m = 0^\circ\text{C}$, $f_w = 4400 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $f_a = 25 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 10$, $C = 0.243 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$, $N_2 = 4.28$, $t_1' = 30^\circ\text{C}$, $t_{s1} = 4.53^\circ\text{C}$, $t_2' = 20^\circ\text{C}$, $t_{s2} = 3.6^\circ\text{C}$)

一般に管内を低温の流体が温度が変化しつつ流れ、管外を空気が流れて冷却減湿を受ける場合に、管表面すなわち水膜の温度 t_s を求めるには、その場所における管内流体の温度 t_w と空気の湿球温度 t' とが分らなければならない。この t_w と t' が分れば前述の場合と同じ様にして管外表面の水膜の温度 t_s を求めることができる。

(a) 向流冷却。空気と管内流体とが向流してその間に空気が冷却減湿される場合は、管内流体の流量を G_w kg/h、比熱を c_w kcal/kg°C とし、その他の記号を従来通りとすれば、

$$\frac{i_1 - i_2}{t_{w2} - t_{w1}} = \frac{c_w G_w}{G} = N_1 \quad (53)$$

の関係がある。従つて t_w と i すなわち湿球温度 t' との関係は (53) 式の N_1 を使つて第 44 図の様にして求め

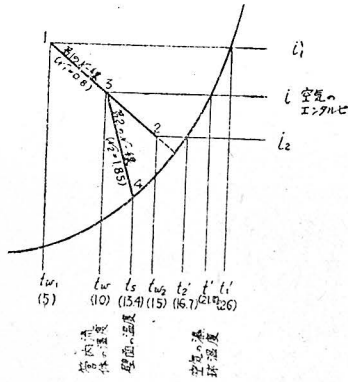


第 47 図 向流冷却

る事ができる。このようにして N_1 に対して引いた第 47 図の第一の N 線 1-2 上の点 3 は、ある場所でお互いに管壁を隔てて接している管内流体の温度 t_w と、管外空気のエンタルピ i すなわち湿球温度 t' とを與えるものである。この N_1 線上の任意の一点 3 から (52) 式で求められる N_2 の値によつて第二の N 線 3-4 を引き、飽和曲線との交点 4 を求めることによつてその場所の管外表面従つて水膜の温度 t_s を求めることができる。($t_1' = 26^\circ\text{C}$, $t_{w1} = 5^\circ\text{C}$, $N_1 = 1.5$, $t_{w2} = 13^\circ\text{C}$, $t_2' = 11.1^\circ\text{C}$, $t_3' = 21.3^\circ\text{C}$, $t_{w3} = 10^\circ\text{C}$, $N_2 = 1.85$, $t_{s3} = 13.1^\circ\text{C}$)

この様に冷却管によつて向流冷却が行われる時は 2 種の N 線が $t-i$ 線図上に引かれる。第一の N 線は空気

(1) フィンのついていない滑かな管であれば
 $\varepsilon = r_o/r_i$

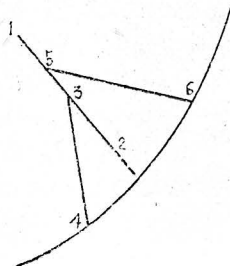


第 48 図 並 流 冷 却

と管内流体との関係を表わすもので唯一本引かれるだけである。しかし第二の N 線は任意の場所の管外表面の温度を求めるために引くのであつて、それを求める度毎に引く多数の平行線である。

(d) 並流冷却。空気と管内流体とが並流しその間に空気が冷却減湿される場合は、二種の N 線は第 48 図 1-2 および 3-4 の様に引かれる。第一の N 線 1-2 は (53) 式の N_1 によつて第 39 図と同じ様にして画いたものである。これは管内流体と管外空気との関係を表わす。第二の N 線 3-4 は (52) 式の N_2 によつて第 46 図と同じ様にして画いたもので、任意の場所の空気の湿球温度あるいは管内流体の温度に対して、管外表面すなわち水膜の温度を與えるものである。この第二の N 線は多数平行に引かれる。($t_1' = 26^\circ\text{C}$, $t_{w1} = 5^\circ\text{C}$, $N_1 = 0.8$, $t_{w2} = 15^\circ\text{C}$, $t_2' = 16.7^\circ\text{C}$, $t_{w3} = 10^\circ\text{C}$, $t_3' = 21.8^\circ\text{C}$, $N_2 = 1.85$, $t_{s3} = 13.4^\circ\text{C}$)

第 47 図の様な向流冷却の場合は、空気の流れ 1-2 に沿つて、 N 線 3-4 は左下に下るので空気の湿球温度と壁面の温度とは共に減少する。しかし並流冷却の場合は、空気の流れに沿つて空気の湿球温度が下つても、壁面の温度は必ずしも下るとは限らず、かえつて上昇する場合もある。第 49 図でみると分るように第二の N 線が 5-6 の様に第一の N 線 1-2 の上側に来る場合は、5 が 1-2 に沿つて動くにつれ 6 は飽和曲線上を下にあり



第 49 図

るので、空気の湿球温度の下るにつれて壁面の温度も下る。これは $N_1 > N_2$ すなわち

$$\frac{G_w c_w}{G} > \frac{f_w c}{f_a \epsilon} \quad (54)$$

の場合である。しかるに第二の N 線が 3-4 の様に第一の N 線 1-2 の左下にある時は、3 が 1-2 の上を動くにつれて 4 は飽和曲線上を上るので、空気の湿球温度が下るにつれて管外表面温度はかえつて上昇する。これは $N_1 < N_2$ すなわち

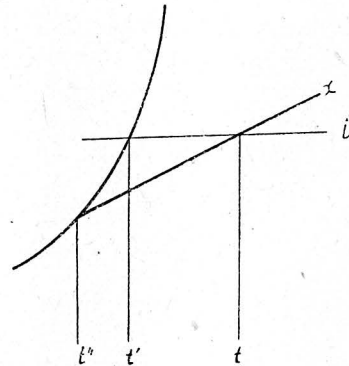
$$\frac{G_w c_w}{G} < \frac{t_w c}{f_a \epsilon} \quad (55)$$

の場合である。もし $N_1 = N_2$ すなわち

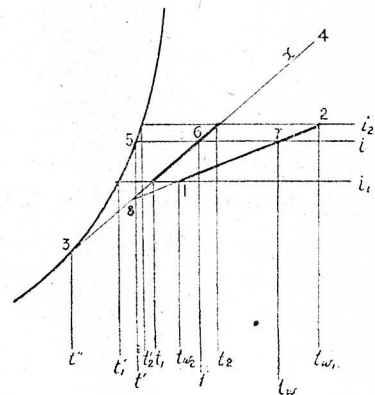
$$\frac{G_w c_w}{G} = \frac{f_w c}{f_a \epsilon} \quad (56)$$

であれば、二種の N 線は一致し、管外表面の温度はこの N 線と飽和曲線との交点で表わされるので、どの場所も同じ値となる。この様に並流冷却の場合は、管外表面の温度が一定であるという場合がある。

9.5 乾いた壁面による空気の加熱、冷却。湿り空気の露点温度より高い温度の熱交換器によるか、または他の方法によつて空気が絶対湿度 x 一定のままで加熱また



第 50 図



第 51 図 向 流 加 熱

抄 録

劇場の空気調和

Air Conditioning Theaters (By Louis J. DuBois)

("Heating and Ventilating" 1950 April)

劇場の空気調和に於ては、その機能が有効に発揮され、常に良好なる結果を得る事が必要とされる。経営者の立場からするならば、すべての可能な条件の下で、高度の機能を発揮できる高級な装置よりも、簡単で手頃の空気調和装置の方が望ましいとされるのである。

その性能と、手頃な取扱との調和点を見出す為には、多くの経験と判断とに俟たねばならぬ。劇場の空気調和の設計上特定規準を設けることは、全国を通じての氣候、自然条件、取締規則、技術的実地應用、経済的要求、その他に於て広範囲にわたる変動があり、これらを一律に決定し兼ねる故難しい事である。

劇場の空気調和の設計に際しては、基本的データ、及び一般的な注意事項、各地域の自然条件と、それに伴う要求事項の理解と設計者の経験とが必要となつて来る。

以下劇場の空気調和に就き劇場の分類、負荷計算、暖房及換氣、風量、空氣の分布、排氣の処置、騒音、断熱、設備費及運轉費等について述べ図表に依る簡易負荷概算値の決定法を例題を挙げて説明することとする。

劇場の分類

劇場の区分分類法には種々の方法があろうけれど、此処では次の三通りに分類することとする。

大劇場

正劇場及び豪華な映画劇場及び席数 2,000 以上の収容力あるアウデトリウムが之に属する。

中劇場

一般に座席数 1,000 以上 2,500 迄の範囲の劇場でバルコニーのあるものと、ないものとあり、多くの郊外劇場及び小都市に在る劇場が之に属する。

小劇場

座席数 1,000 人迄でバルコニーを有しないのが普通であり、地方劇場や殆んど多くの小さな町に在る劇場が之に属し、大なる空気調和装置の販路を提供しているものである。

この記事では席数 500 から 1,000 迄の劇場を取扱つたのであるが、これより大きな劇場及び規模の小さな劇場に就いては、個々の異なる標準及び取扱方が必要である。

劇場の空気調和に當つては、次の場所を調和の対象と

すべきである。

アウデトリウム

アウデトリウムは、先ず空気調和を施すべき主要の場所である。その大きさ、バルコニーの配置、その使用状況に應じて空気調和の系統を一系統とすべきか、分割した数系統とすべきかを決定する。

一般には大きなバルコニーは冷暖房共アウデトリウムのそれとは別系統となすべきであるが、バルコニーでの喫煙が許される地区では特にそうである。

側室

休憩室は、空気調和の主系統に入れるべきであり、便所は普通は空気調和の施された場所からの排氣を供給する。

遊歩場及び廊下

これらの場所は、劇場開場中は常時使用されるので、空気調和の主系統に入れてよい。

売店のある場所には、更に特別の考慮が必要であり高熱の汚染空氣の発生するポップコーン (Popcorn) 売場や、食品売場では特に然りである。

次の幕迄の觀客の待合室に使はれる様な場所に対しては適当な冷房とその調整が考えられるべきである。

アウデトリウムからの排氣に依るロビーの空気調和は行ふべきでない。これら排氣は低温でなく、玄関のドアから、これら汚染空氣が戶外に吹き出す時は、戶外に居る者に悪臭不快の感を與える事となる。

事務室

事務室は、主空気調和系統が運轉されない時でも、使用されるものであるから、それとは別個のそれ丈で完備した (Self-Contained) 空気調和装置を用うる事が望ましい。

映写室

映写室は室内温度が上昇するので、空気調和を実施すべきである。映写関係の室の空気調和は、主系統の一部として行われるのであるが、これらの室は、地方取締規則及国家火災保險局の規定に準拠して設置されなくてはならない。

切符売場

切符売場にも空調調和を施すのが望ましい。或る場合には、夏の冷房は主系統のうちにに入れても良いが、冬期の暖房には別個に調整し得る局地暖房が望ましい。

負荷計算

人体負荷の計算に当り、人員の算定には、劇場の座席定数以外に推定される立見人員数を加えなくてはならない。然かしアウデトリウム以外の場所の人員数は、普通余り重要ではない。

屢々劇場の空調調和の設計に当り、居住人員数として、收容人員の75%から90%程度をとることがある。この様に、人員の減少に伴う負荷計算には、当然の事乍ら、人員負荷のみを減少すべきであつて、他の負荷要素を、例えば建物の熱損失などを一定の割合で減少してはならない。

人体負荷は、劇場の場合全負荷の60%から65%に相当する。人体負荷につき、ASHVE は種々の活動状態の顕熱及潜熱の計算標準を定めている。

通常の空調調和の範囲では、人体発熱量は、平均一人当り毎時400 Btu とされているが、この値は婦人及子供に対しては多すぎ、炎天の街路から場内に入つて来る人の汗が乾き、休息状態に達する迄の値としては少すぎるのである。普通に用ひられる人体発熱量の値に対し、10%乃至15%程度の変動は可能であり、この程度の値の変動は、全冷房負荷に対し、5乃至10%の影響と思われる。

照明器具に依る発熱量の影響は、劇場の冷房負荷に対しては比較的僅少であり、特に、常時少数の器具しか点灯していないアウデトリウムではさうである。従つて照明負荷はアウデトリウム以外の空調調和の対象となる広い場所では考慮すべきものとなる。

一定の熱負荷としては、送風機のモーター及冷却水ポンプを使用する際のモーターの発生熱があり、附加熱としては、多くの劇場では、ポップコーン (Pop Corn Machines) の発生熱があるが、これは冷凍機負荷に対し1~2トン程度の負荷となる。

傳導熱及太陽輻射熱は、建物の構造及断熱度に密接な関係を有するものであり、これら構造及断熱度は、建物内流入総熱量に影響するのみならず、外気温度及太陽の影響が最高に達して後、数時間を経て室内流入熱が最大値に達する、所謂タイムラグの原因ともなる。

この傳導及太陽輻射熱は、又建物の位置及向き如何に依るものである。これらは重構造で断熱度が良く太陽に曝される面の少い建物では、余り重要でないが多くの小さな劇場は、比較的軽構造で太陽に曝される面が多い

故、重要な負荷要素となる。

一方、かかるタイムラグのあることは、逆に構造材が熱の保有能力を有すと言う利点となり、閉館に先立つ或る期間、場内を予冷してピーク時に備える事が来る。この様な空調調和装置の運轉法は、午後と夕方しか上演しない劇場、及夕方の入場者が少く小型の冷凍設備で済むような所で実施されている。

大規模で断熱の不十分な給氣及還氣ダクトを有する劇場では、ダクトそのものの夏期の熱取得、及び冬期の熱損失が増大し、その結果冷房及暖房負荷が増大することとなる。更に過度の給氣ダクトの熱損失は、遠い所に在る吹出口の、吹出空気温度の夏期の上昇、冬期の降下を招來し、空調調和の効率を極度に低下することとなる。従つてダクトの熱損失は、負荷計算の際考慮しなくてはならない。ダクトの断熱は、効率の点からも又負荷軽減の点からしても重要な事である。

劇場空調調和の標準室内条件を解説を附して第一表に示す。

第一表 劇場の標準室内条件

乾球温度 F°	関係湿度 %	有効温度	快感度 %	摘 要
80	50	74	70	標準条件、普通活動状態に充分、ピーク時以外一般劇場に用い結果良好
78	55	73	84	劇場のみならず他の条件としても用いられる傾向にあり
78	50	72.5	90	混雑した場所に於ては人体熱の二重輻射がある故劇場の条件として望ましい
75	55	70.5	95	理想的なるも非実用的設備費及び運轉費増大す。

劇場冷房負荷の最大値は各負荷要素の発生時期に依るものである。人員負荷、外氣及壁面傳導熱のピークは、稀にしか同時に発生しない。

劇場入場者数は、午後九時最多数に到達するが、乾球及湿球温度の最高点は、午後おそく(4~5時頃)起る。壁面傳導熱はタイムラグに依り、外氣の最高時後数時間を経て最大となる。

連続上映する映画館の入場者数は、普通午後おそく60%午後9時100%又はそれ以上のピークに達する。換氣負荷に影響する外氣条件は、午後4時から5時がピークであり、天井及壁面からの流入熱のピークは、午後4時から5時の数時間後である。

ピーク負荷の変動と、人員負荷の正確な決定の困難な事とは、設計条件を決定する上に於いて、判断すべき問題を含む事となる。その結果、空調調和設備の容量としては、すべての負荷のピークが、同時に発生すると考え

られるものよりも、稍々少く取つてよい。然し、コンクリート構造又は、之と同様な様式のアウデトリウムでは、他の負荷のピークが発生する様な際には、人員負荷は、正規に人員最大数を採用する。

人員負荷のピーク時が、短時間又は不定期である場合多少条件の低下することはやむを得ないことである。人員負荷のピークの際に、再循環空気の量を増すべく、外氣ダンパーを絞る事に依り、多少空氣調和設備を小さくすることも可能である。入場者の急激に増加した際は外氣ダンパーを一層大きく開いて、滞つた汚染空気を一掃すべきである。

一般に大劇場及び連続上演を行う劇場の負荷計算に於ては、負荷を軽減しない方が望ましいのであるが、負荷が、断続的な、地方劇場及び小劇場では、入場者数を定員の 80 %乃至 90 %と仮定して、多くの満足すべき結果が得られている。

暖房及び換氣

冬期の劇場の暖房は、主として、流通空気を程良く暖めることである。開館前に建物を可成り温かい状態となし出入口及舞台廻りに、低温の場所をのこさないように、又側室、事務所、切符売場等を適当に暖めることである。入場者の無い開館前は燃料費節約の爲再循環空気を 100 %用るのが普通である。開館後は、入場者の人員発熱負荷が発生する故、アウデトリウムは、通常冷房すべきである。この際、外氣を 60°F 位迄予熱する冷房設備で充分である。非常扉の附近、内側の部屋、事務所等の局地の暖房には、直接輻射暖房が望ましい。冬期は、観客により、充分室内湿度が興えられる故、給湿は問題とならない。

劇場のアウデトリウム、及其他の場所に対する、一人当たりの最低換氣風量は、屢々地方規則で定められている。

多数の側室や、遊歩場を有する劇場では、定員数に対する風量の外に、これらの場所に対する風量を、加算すべきである。映写室及手洗所から、外部に捨て去られる風量より、外氣の供給量が少くなくてはならず、外氣供給量は、場内空気の汚染を阻止し、喫煙の許される場所の煙草の煙を發散せしめ得る様充分な量でなくてはならない。

負荷計算及設計上の外氣風量に拘はず、送風機の全風量に相当する外氣取入口、及風量排出装置を設計するのは得策であり、これに依つて、春秋の運轉を經濟的に行う事が出来、又汚染空気を一掃する事も可能である。

或る場合には、空気の再循環を行はず、常に 100 %外氣を使用することがすすめられる。主なこの利点は次のような点である。

還り空気の系統が不要となる故、亜鉛鍍鉄板、其の他ダクト工事材料、及再循環設備を減少できること。營業宣傳上、100 %新鮮空氣使用の劇場と銘うつことが出来有効であること。風量を、通常 1 人当たり、12 乃至 15 cfm の最小値に軽減できることである。

然かし上述の利点の反面、次の如き不利を生ずる。

(1) 普通運轉時よりも、50~100 %増しの外氣を使用することから、一般に、冷凍設備が増大する。

(2) 外氣量の増大に伴ひ、外氣の冷却負荷が増大し、又入場者数僅少の際、又は予冷期間に、外氣量を減少する事が不可能である点からして、冷凍設備の運轉費が上昇する。

(3) 常時、再加熱が必要となり、不便と共に運轉費の嵩むこととなる。

(4) 場内吹出空気の低温なることは、ドラフトに対する影響が大となる。この点を再加熱により解決するとすれば、更に多く外氣を冷却することとなり、必然的に冷凍負荷が増大する。

(5) より多く、常に外氣を加熱せねばならず、又再循環空氣を使用しないので、外氣量を減少する事が出来ず、冬期の運轉費が嵩むこととなる。

風 量

従來、劇場空氣調和の必要風量は、一律でなく、種々の値が採用されて來たつた。或る地方規則に依ると、一人当たり風量の最少値として、30 cfm を要求し、一方設計者に依つては、ダクトサイズ及び送風機を小型として、費用の軽減を計る為、1 人当たり風量を、15 cfm 又はそれ以下としている。最も良好なる結果の得られる風量値は、30 cfm と 15 cfm との中間に在るとされている。

総風量の決定、又はそれに関連する要素として、次の 5 点が挙げられる。

(1) 内部負荷

言ひ迄もなく、室内に発生する顯熱及潜熱を除去するに充分な風量でなくてはならないが、一般の劇場に於ては、この点一人当たり、10~15 cfm しか要しない故、これのみに依つて、総風量を決定する訳にはゆかない。

(2) 循環

空氣調和に於て、調和の対象となるべき場所に、充分な空氣の循環が行われ、適当な拡散がなされねばならない。風量が少く、又空氣循環の不良は温度及湿度に拘わらず、入場者に氣の抜けた沈滞した感じを興えることとなる。一般に、劇場の空氣調和に於ては、發生熱と、濕氣の除去の爲、最少風量を採用する際でも、空氣の分布は適当に、万遍なく循環するやうにせねばならない。

(3) 吹出温度

同量の、内部熱及湿気に対して、供給風量を少くすれば、給気温度を下げてやらねばならぬ。然かし、この給気温度の低下の際、問題となるのは、ドラフトの影響である。従つて、吹出し温度は、供給風量と、同様重要な事となる。場内温度と吹出空気の温度差は、天井高が高ければ高い程大きくする。例えば、オーケストラ席に於ては、バルコニーに於けるよりも、温度差を大きく取る方が安全である。一般に、劇場内各部の吹出空気と、場内空気温度との温度差は、15°F 以内とすべきである。

(4) 装置性能

風量を1人当り、15~30 cfm とした場合、フィルターが詰り、風量が減少し、全装置の性能が低下する事が起り勝ちである。一人当りの風量を、25 cfm とすれば先ず安全と言える。

(5) 運転費

風量1人当り 20 cfm、又はそれ以下では、冷凍機の運転を必要とする日が多いのであるが、25 cfm の風量とすると、全く外気丈で目的を達成する事も出来る。この運転費の軽減は、送風機及ダクト面積の増大に伴う経費の増額と相殺し得るものである。然かし、25 cfm 以上の風量を採用することは、運転費の節約とはなるものの、当初の設備費の増大を招来することとなり、却つて不利である。地方取締り規則で、特別規定する以外、25 cfm の風量は、運転費及設備費の点で、バランスの取れた良好な結果の得られるものとして、適当な風量である。側室や、人員負荷の問題とされない場所の風量は、他の普通の方法で決定すべきである。

空 気 分 布

劇場の空気調和の空気分布に就いて、先ず重要なのは、場内各場所にドラフトのない様に吹き出させる事である。アウデトリウムの内部負荷の大部分が、人員負荷に基づく場合には、空気の分布を人員の配置状態に応じてなすべきである。然かし、壁面からの熱伝導を考慮して或る程度の余裕を持たすべきである。廊下、側室、事務所、切符売場等の風量分布は、それぞれの場所の熱損失に基いて決定する。

劇場に於ける空気分布に、一般に三通りが考えられる。天井、側壁、前面又は後方壁からの吹出しがこれである。バルコニーのある劇場では、これらの吹出方法の組合せたものが考えられる。即ち、バルコニー下の天井からの吹出、バルコニーの天井又は壁面からの吹出、前面壁及側壁からオーケストラ席の方向への吹出方法などである。天井からの吹出方法は、一般に用いられ、特にバルコニー下、又は背後に低い明高などある場合には必要

である。この方法は、平でない天井に又天井の装飾として望ましい吹出法である。吹出口としては、拡散型(アネモスタットの如き)パン型、パンチメタル、弓形折上天井に開口するダクト、等がある。

側壁からの吹出法は、天井仕上が平滑で、到達距離が余り長くなく、天井高さが適当なる場合は可成り結果は良好である。

前面、又は後方からの吹出法は、余り望ましいものでなく、建築上、又は費用軽減上、止むを得ざる場合の外、使用をさけるべきである。到達距離が長くなればそれ丈騒音の発生、ドラフトがあり空気調和効果に不均一を生ずる事となるのである。

冷暖房共同ダクトを使用して行方場合には、還り空気の取入口の位置に注意しなくてはならない。還り空気の取入口としては、オーケストラ席の前後部及バルコニーが望ましい。大きな劇場ではマッシュルーム (mush room) 型の床からの還気方式を使用する。還りダクトの騒音には注意を要し機械設備からの騒音が客席に傳わつて来ない様に、還気ダクトの位置を考慮して決定すべきである。時としては、大劇場、特にバルコニー及喫煙場を持つ劇場では、これらの場所に対して冷暖房共、主系統とは別の系統で操作する必要がある。この方法は、外気を以て煙草の煙や臭気を除去するのに有効である。

排気の処置

排気の取扱法は、屢々地方規則に定められている。設計上は、何等準拠すべき規則は無いけれども次の点は推奨されてよいものである。

アウデトリウム

供給空気の100%迄排気できる様、充分な排気設備を設ける事が望ましい。こうする事に依り、春秋の空気調和の際、全部外気に依る調和が可能となる。

休憩室及び廊下

これらの排気は、アウデトリウムと同様にする。一方排気の一部を、夏期廊下のドアから戸外に排出しても良いが、冬期に於ては、この方法は行方べきではない。

喫煙所

喫煙所は循環空気の100%迄排気される様、充分な排気が必要であるが、排気量は、補充外気量を下廻つてはならない。補充給気より、多量の空気が排出される場所では、装置全体が完全に働くのに必要な、全補充空気量を検討してみなくてはならない。全排気量と、滯過空気量との和は補充空気量を越えてはならない。

手洗所

適当なる換気と、夏期に於ける冷房効果が得られる様に、排気が考えられねばならない。普通一時間の換気回

数 10~12 回で充分である。大劇場を除いて、一般に調和空気を供給しないのが普通で、換気は空気調和の施された場所からの排気で行うのである。

映 写 室

映写室の系統を、主系統のうちに入れた際には、循環空気の 100%が換気されるようにし、別系統とした際は、適当な換気を行行を、充分な補充空気を入れてやらなくてはならない。

清浄なる空気は、観客の為に必要であるばかりでなく、ダクトの維持費を少くする点からも重要な事である。取入外気は、出来る限り清潔な空気をを用い、街路のほこり、臭気、其の他汚物の混入をさけるべきである。フィルターは、常に手入れをなし、外気は、無論再循環空気を有効に濾過するようにせねばならない。ダクト内には、ごみ、ほこりが積り易いので、定期的な運轉休止時に、清掃出来るような設備を附しておくべきである。還気ダクトは、その配置如何に依つては、特に塵、ボロ、食糧品の屑など、集堆し易く、往々にしてダクト腐蝕の原因ともなるので、特にその位置には気を附けるべきである。

騒 音

劇場の空気調和に於ては、特にその装置の発生する騒音が、観客の耳ざはりとならぬよう注意しなくてはならない。従つて、音響に対する考慮が重要となる。機械装置は、特に静粛円滑な運轉のものを選び、観客席及発声装置に、騒音、振動の傳わらぬよう、防音、減振の設備をなすべきである。ダクトの設計に於ても、この騒音に注意し、適当な風速、堅固な構造及取付、良好なダンパー、ガイドベンチの挿入など配慮せねばならない。

断 熱

空気調和の系統は、又断熱を完全なものとしなくてはならない。ダクトの断熱は、夏期及冬期の熱損失を防ぎ、適当な給気温度を維持し、又防露、防蝕上必要となるのである。建物からの損失熱の割合が、全負荷に較べて、極く僅かの場合ですら、天井を 3 吋~4 吋のロックウール、又はそれに匹敵する断熱材で断熱する事は無意義ではない。空気調和装置のケーシング、及低温の冷凍機の系統は、防露の為に断熱すべきである。

設備費及び運轉費

すべての設備がそうである様に、空気調和装置に於ても、最初の設備と、維持運轉費とが問題となる。夕方二回丈の上演と、土曜日曜日丈の晝間興業しか行わない地方劇場の如く、運轉時間の短時間の場合、及び電力費及冷却水の費用が安價に得られる如き場合には、運轉費を多少犠牲としても、当初の設備費を軽減すべきであり、

之に反して、午前 11 時から深夜に及ぶ長時間の連続上演を行い、装置の運轉時間が長時間に渉る劇場、及氣候条件から、必然的に長期の運轉を必要とする場合、又電力費、冷却水費が高價につく場合など、設備費は嵩んでも運轉費の軽減を考慮すべきである。

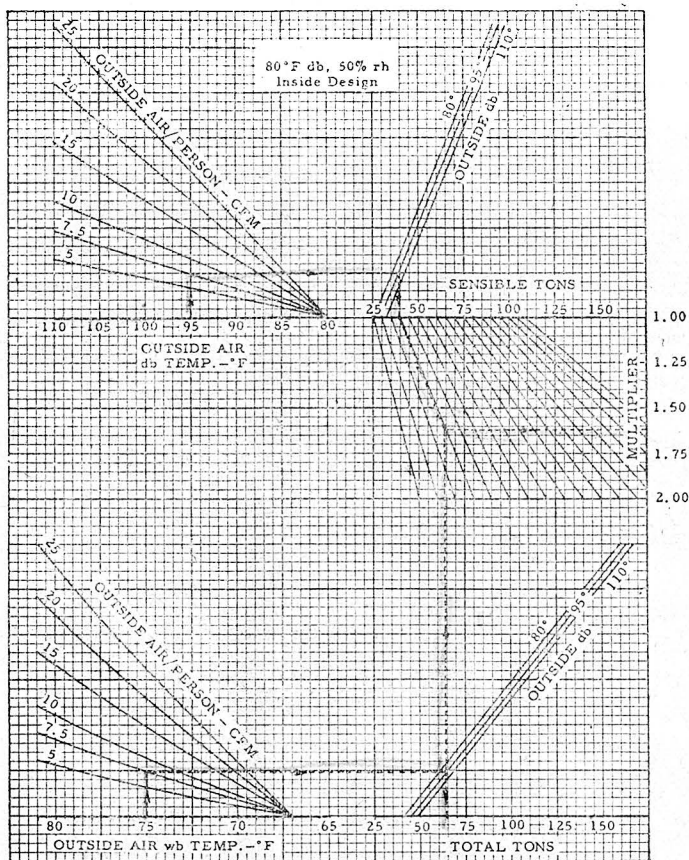
機械設備は、信頼性あるものを選びべきであり、此れの撰定に失敗すると、資本の浪費、経済上の損失を招来するばかりでなく、劇場の信望をも傷けることとなる。更に、撰定に当つては、機械そのものの性能ばかりでなく、運轉維持の容易である点にも着眼すべきである。機械装置の撰定に当つては、経験も重要な要素であり、特殊な形状大きさの劇場の空気調和装置の容量決定には、経験の積んだ、評判の良い専門技術者の助言を求めるのが最良の方法である。

500 人から 1,500 人迄の、劇場の空気調和の概算容量の簡易な決定法の手引として、此処に掲げた図表は役立つものであるが、これは室内外空気温度、換気量等を組合せて作ったものである。負荷決定に際しては、技術者は、経験と判断とに依らなくてはならぬのは無論の事である。第 1 図に示したものは、500 人から 1,500 人迄の劇場であるが、これ以上若くはこれ以下の席数の劇場、特殊な構造向きを有する劇場、及びより嚴密な負荷計算に際しては、個々の計算を行行すべきである。

この図表は再加熱を行わない表面冷却コイル冷房に基いて作成したもので、全負荷、顯熱負荷、及全顯熱比を示すものである。湿度の変動がない程度、冷房コイルに対する空気の露点温度が低温の際には、顯熱負荷の読みは、そのまま全負荷屯数となる。この表に示したものは 1,000 人当りのそれぞれの負荷屯数である。表に使われる顯熱比とは、全負荷の顯熱負荷に対する比を言ふのである。

冷房負荷の計算に当つては、外気の持つ顯熱及潜熱は、一時室内負荷と別個に取扱う。外気を除いた冷房負荷は内部負荷と呼ばれるもので、内部顯熱と内部潜熱とより成るものである。全内部負荷と、全内部顯熱負荷との比を、内部顯熱比と呼ぶ。内部負荷は空気調和の対称となる場所の實際の冷房負荷である。

劇場の空気調和の際に、換気のために或る量の外気を導入することは必要であり、この外気は、空気調和装置を通り、冷却、減湿されて室内に吹出される。この為の負荷は冷房内部負荷とは別個のものであり、この負荷を、前述の内部負荷に加えたものが、全冷房負荷となる。全負荷を、全顯熱負荷で除した比を、全装置顯熱比と言う。この顯熱比はコイルの表面積及長さの計算、及び他の空気の諸問題を解く上に有用である。



第 1 図

例 1

図表の読み方を次の例で示す。第 1 図参照 (訳者註一原書の第 2, 3, 4, 5, 7, 8 図は省略し, ここでは原書の第 6 図を第 2 図とした。原書の第 2, 3, 4, 5 図の使用法は, 第 1 図と同様であり原書の第 7, 8 図の使用法も第 2 図と同様である。)

劇場の大きさ……1,200 人

室内条件……乾球温度 80°F, 関係湿度 50%

外気条件……乾球温度 95°F, 湿球温度 75°F

外気量……一人当たり 7.5 cfm

以上の条件で顕熱負荷, 全負荷, 顕熱比を見出す。

第 1 図の点線を辿って,

(1) 1,000 人当りの顕熱負荷

外気の乾球温度線上 95°F を取り, 外気量を示す斜線 7.5 cfm まで上げ, その交点より右に進み外気, 乾球温度 95°F の線との交点より, 直下して顕熱負荷線上 39.5 屯を見出す。

(2) 1,000 人当りの全負荷

湿球線上の 75°F から, 外気量 7.5 cfm の線迄上り,

交点より右に外気乾球 95°F 線迄進み, 交点より垂直に下り, 全負荷 64 屯を見出す。

(3) 顕熱比

全負荷線上 64 屯の点より上に進み, 一方顕熱負荷 39.5 屯から斜線に副うて下り, 両者の交点より水平に右に進み, 顕熱比 1.62 を見出す。

(4) 1,200 人に対する顕熱負荷

$$\frac{1,200}{1,000} \times 39.5 = 47.4 \text{ 屯}$$

(5) 1,200 人に対する全負荷

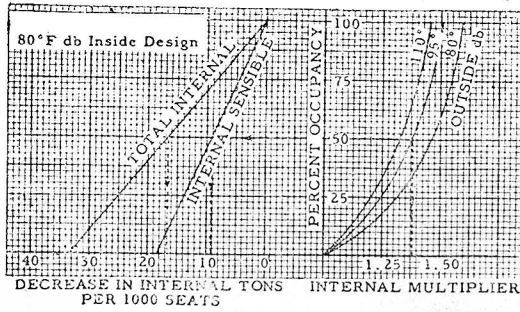
$$\frac{1,200}{1,000} \times 64 = 76.8 \text{ 屯}$$

第 1 図は 100% 入場者の際の基準であるがそれ以下の入場者の際には第 2 図を使用する。

第 2 図は

(1) 外気乾球温度 80°F, 95°F 及 110°F の際, 入場者数の変動に対する内部顕熱比を示す。図表になき外気温度に対しては, 曲線をインターポレートする。

(2) 外気乾球温度 80°F から 110°F 迄の間, 入場



第 2 図

者数の変動に対する1,000人当りの内部負荷の減少を示す。

第2図の使用法を次の例題で示す事にする。

例 2

例1と同一条件で入場者50%の際の負荷及び内部顕熱比を求め。

(1) 内部顕熱比

第2図に於て垂直線上入場者50%の点から右に外気乾球温度95°Fとの交点迄すすみそこより垂直に下り、内部顕熱比1.38を得。

(2) 1,000人当りの顕熱負荷

第2図に於て、垂直線上入場者50%の点から左に進み、内部顕熱線との交点から垂直に下り、9.2吨の内部顕熱負荷の減少値を得。

従つて、1,000人当りの入場者50%の際の顕熱負荷は、

$$39.5 - 9.2 = 30.3 \text{ 吨}$$

となる。

(3) 1,000人当りの全負荷

同図で、入場者50%の点から左に進み、全負荷線との交点から下り、16.7吨の減少値を見出す。

この時の1,000人当りの全負荷は

$$64 - 16.7 = 47.3 \text{ 吨}$$

である。

(4) 1,200人に対する顕熱負荷

$$30.3 \times \frac{1,200}{1,000} = 36.4 \text{ 吨}$$

(5) 1,200人に対する全負荷

$$47.3 \times \frac{1,200}{1,000} = 56.8 \text{ 吨}$$

(6) 顕熱比 (例題に対し)

$$\frac{56.8}{36.4} = 1.56$$

多くの劇場空調和に於ては、循環全風量の極く一部が冷却され、残余はバイパス空気として循環させられ

る。この事は、冷却コイルの面積を減少でき、バイパス空気に依る温度調整が可能である利点を有する。

総風量1人当り25cfmとした際の空調和に於て、最大負荷時には、1人当り約15cfmの空気がコイルに依り冷却されるのである。コイル表面積及圧力降下は、この数値に基き計算すべきである。

多くの劇場冷房装置ではエバポレーターの運転温度35°Fから40°Fの入列の冷却コイルが必要とされ、普通は之で大抵充分であるが、ピーク負荷時にはエバポレーター温度35°F近くが必要であり、40°Fでは不充分である。冷却コイルを設計全負荷に対して撰定した後、部分的負荷時におけるコイルの性能を検討してみる必要がある。

コンデンサー装置の撰定は、地域条件を考慮して、サクシオン系統の圧力降下を考え、コイルと釣合の取れるよう撰定する。普通サクシオン温度35°Fから40°Fで決める。

コイルのバイパスダンパーは、一人当の風量25cfmの70~75%に相当する風量に適合するものとすべきである。冷却コイルにはダンパーをつけるのが良い。

劇場場内温度の調整は、コイルダンパー、及バイパスダンパーを操作する還り空気のサーモスタットで行う。

冷凍機運転に於て、負荷の減少時には、サクシオン圧力及温度は低下し勝ちである。その結果、関係湿度は、設計温度より低くなる。負荷の変動に対して一定条件を維持する為には、冷凍機の出力をコイルの負荷に応じて、種々の方法で調整しなくてはならないが、その方法の一つは、可変サクシオン圧力調整器を用い、コンプレッサーを負荷の変動に応じて自動的に操作調整する方法である。(大成建設株式会社 伊東 源) (26, 6, 24 原稿受付)

本篇の翻譯、轉載に関しては下記の日附の書翰及び文書により、出版元の承諾並に総司令部の許可を受けたことを附記する。

出版元—The Industrial Press. 23 June 1950
G.H.Q.—SCAP. CIE. Section 24 Aug. 1951
073.02—3934

会 報

第 25 期第 4 回理事会記録

日 時 7 月 13 日 (金) 午後 1 時 30 分

出席者 (会長) 広瀬, (副会長) 平山, 佐藤, (理事) 福田, 津富, 山本, 土居, 小川

協議事項

1. 維持員会開催の件
9 月末開催することにし詳細は 9 月の定例理事会に於て協議することにした。
2. 見学会開催の件
日本鋼管株式会社を見学することにし同社に依頼することにした。
3. 新設委員会に関する件
暖房及び衛生工事標準仕様書改訂委員会 (仮称) を設置することにし評議員会に諮ることにした。
4. 評議員会開催の件
上記委員会を新設につき書面を以て評議員に諮ることにした。
5. 講演会開催の件
下記講演の申出があつたので 9 月開催することにした。
(1) 送風機の音響について (朝倉元次君, 朝倉元一君)
(2) 冷房の負荷計算 (内田秀雄君)
6. 工業教育研究集合の件
米国より工業教育使節の来日により土木学会, 建築学会, 水道協会, 当協会主催で特別講演会および歓迎パーティーを 7 月 19 日開催することにした。
7. 日本工学会に関する件
(1) Japan Science Review Engineering Sciences の原稿の件は編輯理事に一任。
(2) 日本学術会議会員選挙に関しての意見は次の通り日本工学会へ申出ることにした。
(イ) 日本学術会議よりは従來の選挙者名簿よりも少し詳しいものを全有権者に送付することとは 1 回でも数回でも宜しい。
(ロ) 上項以外の選挙運動はすべて禁止すること
(3) 戦時中研究されたもので機密保持その他の理由により未刊行のものを將來に残すため取纏め学術会議に提案の件に対しては当協会は申出ぬことにした。
8. 会誌寄贈および交換申出の件は下記の通り決定した
(1) 運輸技術研究所に対しては同研究所研究報告書と 7 月号より交換すること。

(2) 東北大学工学部土木教室には 7 月号より寄贈すること。

9. 入会申出の件 正員 18 名, 維持員 A 1 社, B 1 社の入会を承認した。
10. 合同座談会開催の件。

日本機械学会より口頭(長岡順吉君)にて機械学会, 冷凍協会, 当協会の 3 学会で 9 月 20 日 (予定) に冷房に関する座談会開催の申出があつたので当協会も参加することとして正式に文書で申出でを依頼した。

報告事項

日本建築学会材料施工規格委員会に回答の件外 6 件

ポケットブック刊行委員会 (衛生) 記録 (第 11 回)

日 時 6 月 26 日 (火) 午後 1 時 30 分

出席者 佐藤, 小川, 鈴木, 太田

協議事項

1. 前回点検修正した度量衡比較表 2 枚および諸単位比較表 2 枚につき再検討し一部訂正の上各表を墨入れする事を鈴木, 太田両君に依頼した。
2. 水の容積と重量, 動力, 密度と比重及び蒸気の表につき協議一部修正の結果鈴木, 太田両君に墨入れを依頼した。
雑の分は削除に決定した。
3. ワイヤゲージ比較表を点検回佐藤委員より参考資料の提出を願ひ更に協議することにした。
4. 上総掘の図については次回鈴木君保管の原本により検討することにした。

(第 12 回)

日 時 7 月 11 日 (水) 午後 1 時 30 分

出席者 佐藤, 小川, 土井, 鈴木, 太田

協議事項

1. 佐藤委員提出のゲージ比較表につき協議之を決定鈴木, 太田両君に整理方を依頼した。
2. 速度, 速力, 流速の表を鉄道便覧と対象一部を訂正した。圧力, 仕事, エネルギー, 熱量の表を機械工学便覧と対照一部を訂正した。
以上訂正箇所の修正方を鈴木, 太田両君に依頼した
3. 上総掘の図面については上総掘業者の意見を求めることとし小川委員にこの事を依頼した。

(第 13 回)

日 時 7 月 24 日 (水) 午後 1 時 30 分

出席者 佐藤, 鈴木, 太田

協議事項

1. 蒸気の表につき検討したが結論に至らず更に協議することにした。
2. 上総掘につき研究、小川委員調査の結果の報告をまつて更に協議することにした。
3. 鈴木君より4斗樽の現寸調査の報告がありそれに基づき簡易家庭用濾水器の図面作成方を鈴木、太田両君に依頼した。

衛生暖房金具規格制定委員会記録

(第 67 回)

日 時 7月4日(水) 午後1時30分

出席者 (委員長)佐藤, (委員)小川, 伊保内, 山田, 齋藤, (臨時)川島産業(川島正臣), 東洋陶器(佐藤)

協議事項

1. 前回(第66回)記録につき委員長より説明があつた。
2. 1図化学水センおよび2図化学水セン(メネジ式)の表中一部を訂正した。
3. 今回から洗面器トラップに付審議することにした、図面は昭和23年6月1日開催の第30回委員会において配布した林委員提出のもの3種を使用する。
4. オバプロ付洗面器トラップ(P形, S形)の図面に基き協議一應決定した。
5. 鉛管用の黄銅管製給水管の寸法規格としては特に定める必要が無いとの理由で一應取止めることにした。
6. 依頼事項

- (イ) 東洋陶器にベント形給水管の見本品を次回提出を願うこと。
- (ロ) 齋藤委員にトラップ差込み部分の詳細図および排水金物の現寸図を依頼した。
- (ハ) 東洋陶器に同上又は現品を見本として提出されるよう依頼した。

(第 68 回)

日 時 7月18日(水) 午後1時30分

出席者 (委員長)佐藤, (委員)山田, 伊保内, 上月, 齋藤, (臨時)川島産業(川島正臣)

協議事項

1. 前回第67回記録を再検討し4項の表を改正した。
2. 洗面器排水金物(ハチ金物)の寸法につき協議一應決定した。
3. 洗面器排水金物の構造は普通一般のものに書き改めること。
4. 今回はゴムセンの寸法につき更に協議する。
5. ゴムセンの市販品の寸法を川島, 上月両君に調査方

を依頼次回発表を願うことにした。

6. 黄銅管製給水管の規格は鉛管用, ガス管用とも規定せぬことに決定した。

(第 69 回)

日 時 8月1日(水) 午後1時30分

出席者 (委員長)佐藤, (委員)伊保内, 小川, 山田, 上月, 牧田, (臨時)川島産業(川島正臣)

協議事項

1. 日本衛生陶器協会よりの意見につき協議その結果東陶本社の意見照会方を上月委員に依頼した。
2. 山田委員提出の1図化学水セン~12図湯水混合セン図面については次回までに各委員に於て研究を願うことにした。
3. 前回(第68回)に於て一應決定した洗面器排水金物(ハチ金物)の寸法につき再検討, 訂正を加へた。
4. 東洋陶器からトラップ付小便器壁フランジの改正図面の提出があつたのでこれを検討し, サラ木ネジを丸木ネジに変更することし図面の訂正を上月委員に依頼した。
5. 東京バルブ継手鉄管商業協同組合およびバルブ工業クラブに「便器付属金具規格案」に対する意見を8月末日までに提出方の督促状を發することにした。
6. アタゴ商会田代秀寿君宛に次回開催の本委員会に出席方の依頼状を出すことにした。

第 25 期編集員会第 1 回記録

日 時 7月5日(木) 午後1時30分

出席者 (編集理事)吉樹, 日景, 小川, (編集員)伊保内, 内田, 大沢, 相沢, 横山

回覧資料 現在手持原稿表, 寄稿予約者一覧表

協議事項

先ず吉樹理事より挨拶あり。本年度編集員として曩に前年度の全員には留任を乞い新規に6氏を追加委嘱したる結果, 今日迄に承諾せられたのは8名である旨報告され, 現在手持原稿並に寄稿予約の分全部を今後刊行の会誌に掲載するとしても尙不足するに付, 今後の原稿蒐集に対し盡力を懇請された。

終つて自由討議に入り, 大体下記の通り意見の一致を見た。

1. 学術誌としての水準は保持し, 通俗な記事を少し取入れること。
2. 「抄録」欄を復活し担当者選定の件, 現在予約外誌が未着のため, 之が到着し始めてから考慮すること。
3. 設備設計に関する資料の集成を目的に, 之を会誌に逐次分載すること。
4. Refrigerating Engineering 誌の内容を随時訳出

することに對し承諾を得られるよう書翰を發行所に
出すこと。

5. 原田達二君に對し寄稿依頼並に予定期日などを照會のこと。
6. 服部功君を編集員に委嘱並に寄稿依頼の書状を發出すること。
7. 本日の話合いで伊保内、内田、大沢の三君の寄稿が予約された。
8. 回覽に供した寄稿予約者一覧表の各位に對し催促すること。

水槽便所並に改良便所に関する委員会(第37回)記録

日 時 7月2日(月)午後2時
場 所 高橋志馬一氏邸(大田区久ヶ原町 578)
出席者 (委員長)広瀬、(副委員長)西原、(委員)佐藤
小川、原田

1. 委員長から文部省 26 年度科学試験研究費補助金を交附された旨報告、その用途につき協議、異議なく承認可決した。
2. 実験装置第2案は第2回、第3回の水質試験成績表が出ないので、此ままとして尙一回採水し次回に相談する事とした。
3. 小川委員から専ら広島縣、山口縣で使用されて居る「花川式汚水浄化装置」のパンフレットが提出されたが成績調査表によれば3カ月で甚だ可という事である、併し多くの疑問があるように思われる。
4. 原田委員から東京都で築造した麻布中の橋の 20 人槽水槽便所のスラッジの堆積状態調査に関する話あり、其調査は是非協会誌に発表してもらいたいとの希望があつた。
5. 原田委員から6月7日第4回目の改良便所の尿尿(寄生虫卵試験用)を予研に送つた旨報告があつた。
6. 予研では改良便所の尿尿は一應4回位にして置いてはとの話があつたので、次は水槽便所に移る事とした。
出来得れば7月5日に 100 cc 位宛採て予研に送ってもらう事を西原副委員長に依頼した。採取箇所は委員長から指図がある筈。
7. 予研の回虫に関する成績表につき、其他便所に関する雑談が行われた。

第 14 回水槽便所水質試験成績表
(実験装置第2案による第2回目)

採水日時 昭和 26 年 4 月 9 日(月)午後2時
気温 22.5°C 水温 原水 14.0°C 放流水 13.5°C

試 験 項 目	原 水	放 流 水
臭氣、濁濁	尿尿臭 濁濁	尿尿臭 濁濁
亞硝酸性窒素	検出セズ	検出セズ
硝酸性窒素	検出セズ	検出セズ
メチレンブラウ脱色時間	1時間以内	同 左
酸素吸収量	37.6 ppm	43.9 ppm
アンモニア性窒素	104.8 ♪	151.1 ♪
蛋白アンモニア性窒素	9.8 ♪	9.8 ♪
浮遊物質	32 ♪	24.8 ♪
一般細菌 1 cc	930,000	75,000
大腸菌群 1 cc	1,200,000	95,000

第 15 回水槽便所水質試験成績表
(実験装置第2案による第3回目)

採水日時 昭和 26 年 5 月 24 日(木)午後2時
気温 27.5°C 水温 原水 19.0°C 放流水 19.25°C

試 験 項 目	原 水	放 流 水
臭氣、濁濁	尿尿臭 濁濁	尿尿臭 濁濁
亞硝酸性窒素	検出セズ	検出セズ
硝酸性窒素	検出セズ	検出セズ
メチレンブラウ脱色時間	30分以内	30分以内
酸素吸収量(4時間)	51.5 ppm	56.3 ppm
アンモニア性窒素	131.1 ♪	124.2 ♪
蛋白アンモニア性窒素	11.5 ♪	8.7 ♪
浮遊物質	7.8 ♪	7.9 ♪
一般細菌 1 cc	850,000	390,000
大腸菌群 1 cc	79,000	49,000

消火設備委員会記録

(第 24 回)

日 時 7月7日(土)午後1時30分
出席者 佐藤、小川、土井、井上、矢野、篠田(臨時)
協議事項

1. 浅井君より提出の消火設備規格(案)に対する意見につき逐条協議佐藤委員より同君に回答することにした。
2. 佐藤委員提出の消火設備規格(案)に対する意見につき協議した。
3. 小川委員提出の研究事項(26,6,16 配布分)につき協議した。

(第 25 回)

日 時 7月28日(土)午後1時30分
出席者 佐藤、土井、小川、矢野
協議事項

1. 本委員会委員長平山嵩君より委員長辞任の申出があつたので協議その結果留任方を依頼することにした。

井委員より傳言することにした。

- 2. 浅井君より提出の消火設備規格(案)に対する意見の回答に対し同君より謝状があつたので披露した。
- 3. 前回(第24回)記録の一部を訂正した。
- 4. 小川委員提出の研究事項(26,6,16 配布分)および研究事項追加分(26,7,7 配布分)につき協議した。
- 5. 7月7日佐藤委員提出の「東京都火災予防条例31条の2により所轄消防署長の認可を受けなければならぬ設備または機械器具」につき協議訂正並に追加した。

第5回衛生工業便覧委員会(第6回)記録

日 時 7月27日(金)午後1時30分
 出席者 (委員長)石川、(主査)畔柳、(幹事)福田、小川、内田

- 1. 一般資料の蒐集状態につき報告
- 2. 特殊資料、業者案内の集り状態、並に予算との比較につき報告
- 3. 上記報告に基き下記の通り決定した。
 - (イ) 一般資料の原稿未提出者に対しては主査より再督促をなす事。
 - (ロ) 鑿井に関しては其前後処置を当該担当の主査に一任する事。
 - (ハ) 特殊資料、業者案内の蒐集については有名なメーカー、業者が落ちては居ないか等調査して此部の小委員会を開き予定通り実行する

ように進行する事に決定。

- 4. 集まつた原稿は主査、幹事に査読してもらふ事とする、
- 5. 刊行小委員会を開き出版物の体裁活字の大きさ其他要点を決めて見積を取る程度位まで進めてもらいたい、併せて出版資金の取計いも相談してもらいたい
- 6. 注意事項として畔柳主査より特殊資料の写真、本文の挿絵等が外国書より轉載したものがあつたや否や一應検閲を要すると思ふ。主査、幹事に於て注意して頂きたいとの意見があつた、又同上に関連して特殊資料提供者にも一應照会する事にした。

入、退会者(7月13日迄の分)

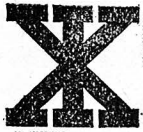
(入 会)

- (正員) 石黒次郎、横井幸夫、安藤幹雄、尾崎 勲、大塩正男、秋岡実則、山田 修、小中久雄、金川秀夫、田本栄一、伴 敏次、朝倉元一、足立伊左男、藤波省二、田中武宿、阿部森雄、多田得造、

(維持員) (A) 神野製作所(株) (B)文化工業社(合)

(退 会)

- (正員) 木村勝三郎、田寺友兄、佐藤喜藏、寺尾嘉六、大島 修、菊池貞之、井内 淳、幸松安太郎
 (維持員) (A) 江口商会(株)



遠心力鑄造排水用高級鑄鐵管
 SPUN CAST IRON SOIL PIPE

水道・瓦斯用
 高級鑄鐵管
 直管・異形管 各種
 制水弁・消火栓・鐵蓋

(カタログ進呈ス・乞御照会!)

株式會社 栗本鐵工所

本 社 大阪市西区北堀江御池通り一丁目二十
 TEL. 新 町 (53) 0520-523, 365
 東京支店 東京都中央区日本橋江戸橋二丁目八(太陽ビル六階)
 TEL. 日本橋 (24) 0683, 6108
 九州出張所 小倉市米町二丁目(東電社二階)
 TEL. 小 倉 8 1 8