

京大工学部 正員 平岡正勝
建 材 社 正員 〇南 真和

1. 緒言

空気調和上の問題点としては種々のことがあげられるが、その中でも最も基本的であり重要な点は空気調和装置中における、熱と物質の同時移動現象を生ずる場合の解析方法である。熱と物質とはそれぞれ独自の推進力によって移動するにもかかわらず、二流体間の熱交換として総括的にみた場合、それらは相互に影響を及ぼしあうため解析は複雑である。本報においてはフィン付き熱交換器を用いて、伝熱表面であるところの気液界面を数値計算のみによって求め、さらにその求め得た気液界面の状態値を用いて、空気調和装置の出口乾球温度を、図計算によらず、数値計算のみで得ることを試みたことを報告する。

2. 基礎理論および解析方法

図1において、直線 $\overline{AB}$ は操作線といわれ次式であらわせる

$$j_{qN} - j_{qB} = (C_L L / G) \cdot (t_{LA} - t_{LB}) \quad \text{----- (1)} \quad \text{今 } \beta \text{ を次式}$$

の如く定義する。 $\beta = C_L L / G \quad \text{----- (2)}$ すると β は操作線 $\overline{AB}$ の傾きをあらわし、一つの実験データについては定数である。つぎに $\overline{AB}$ 上に任意の点 N をとると N の座標は、 (t_{LN}, j_{qN}) であらわされ、 $\overline{AB}$ の部分線分 $\overline{AN}$ は次式であらわされる。

$$j_{qN} - j_{qB} = \beta \cdot (t_{LA} - t_{LN}) \quad \text{----- (3)} \quad \text{つぎに図1において連}$$

結線 $\overline{AA'}$, $\overline{BB'}$, $\overline{NN'}$ を引くことにより界面の状態値が求まる。

任意の連結線 $\overline{NN'}$ は次式であらわせる。 $j_{qN} - j_{iN} = (\alpha_i A_i / R_g A_o) \cdot (t_{iN} - t_{LN}) \quad \text{----- (4)} \quad \text{今 } \gamma \text{ を}$

次式で定義する。 $\gamma = (\alpha_i A_i / R_g A_o) \quad \text{----- (5)}$ すると γ は、一つの実験データについては定数である。つぎに(4),(5)式より次式を得る。 $j_{qN} - j_{iN} = \gamma \cdot (t_{iN} - t_{LN}) \quad \text{----- (6)} \quad \text{今図1における飽}$

和曲線 $\overline{A'N'B'}$ の近似式が次式で提案されている。¹⁾ $j_i = -9 + 11.25 \cdot e^{0.0351 t_i} \quad \text{----- (7)} \quad \text{この近}$

似式は界面温度 t_i が $0^\circ \sim 30^\circ \text{C}$ の範囲において誤差1%以内である。(3),(6),(7)式より次式を得る。

$$t_{iN} + (11.25/\gamma) \cdot e^{0.0351 t_{iN}} - (1/\gamma) \{ (j_{qN} - \beta \cdot t_{LA} + 9) + (\beta + \gamma) \cdot t_{LN} \} = 0 \quad \text{----- (8)} \quad \text{(8)式にお}$$

いて t_{iN} , t_{LN} 以外は、一つの実験データにおいては定数である。それ故 t_{iN} に適当な数値を代入して、(8)式を満足する t_{iN} を求めることにより、界面温度が求まることになる。(8)式はニュートン・ラ

フソン法により電子計算機で解ける。以上のようにして得られた界面温度より熱交換器出口の空気乾球温度が求まる。²⁾ すなわち図2にて示したように、熱交換器に A' の状態で入った空気は図2の折線にあらわされたことと変化し B' の状態に熱交換器を去る。それぞれの折線は次式であらわせることがわかってゐる。

$$BF = \frac{t_{q0} - t_{i1}}{t_{q1} - t_{i1}} = \frac{t_{q1} - t_{i2}}{t_{q2} - t_{i2}} = \dots = \frac{t_{qN-1} - t_{iN}}{t_{qN} - t_{iN}} = \frac{t_{qN} - t_{iN+1}}{t_{qN+1} - t_{iN+1}} = e^{-B} \quad \text{----- (9)}$$

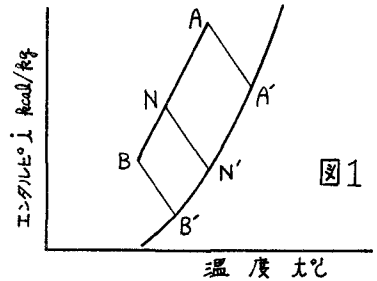


図1

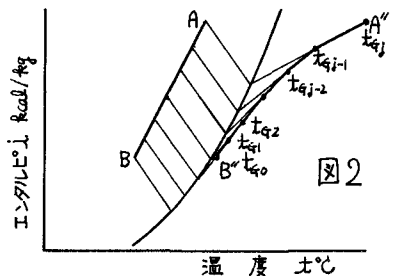


図2

(9)式において e^B は、バイパスファクターとわれるものであり、実験データより得られるものである。

(9)式をまとめることにより次式が得られる。 $t_{q0} = (BF)^n \cdot t_{qj} + (1-BF) \cdot \sum_{k=1}^n (BF)^{k-1} \cdot t_{ik} \dots\dots (10)$ ここで t_{q0} は出口乾球温度 t_{qB} に等しく、 t_{qj} は入口乾球温度に等しいので(10)式に代入してやれば次式を得る。 $t_{qB} = (BF)^n \cdot t_{qA} + (1-BF) \cdot \sum_{k=1}^n (BF)^{k-1} \cdot t_{ik} \dots\dots (11)$ こうして、出口乾球温度が、数値計算のみによって、入口条件から得られることになる。ただし t_{ik} は界面温度をあらわすものとする。

3. 実験方法

筆者らが本実験で用いた、フィン付き熱交換器の概要を図3に示す。冷凍機によって作られた冷却水は熱交換器へ t_{LB} なる温度で送られ牛鳥型に配列された6列、8段の管中をフルサーキットの状態に移動し、 t_{LA} なる温度で熱交換器を去る。一方湿り空気は熱交換器へ(t_{qA} , i_{qA})なる状態で入り、冷却減湿され(t_{qB} , i_{qB})なる状態で熱交換器を去る。冷却水と湿り空気とは相対的に向流接触をする。表1に筆者らが本実験に用いた熱交換器の詳細を示す。

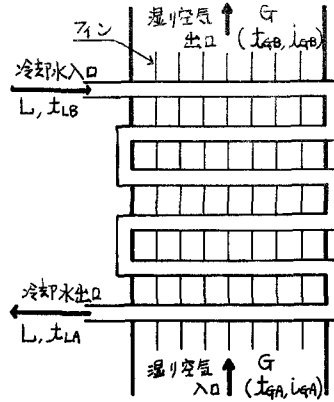


図 3

フィン	材料	Al
	厚さ δ_f	0.3mm
管	ピッチ P_f	3.5mm
	材料	Cu
	外径 d_o	15.9mm
面	内径 d_i	14.3mm
	外表面積 A_o	16.9 m^2
	内表面積 A_i	0.99 m^2
積	前表面積 S	0.18 m^2

表 1

4. 実験結果および考察

筆者らが実験した結果を表2に示す。表よりあきらかにように計算値と測定値とはかなりの精度で一致した。しかし空気量が8300 kg/mhの場合は、空気量が4800 kg/mhの場合にくらべて、負の側に誤差が大きくなった。しかし空気量と誤差との相関があるかどうかは、本実験においては結論を下すことはできない。本研究においてはバイパス法により出口乾球温度を求めたが、この方法を用いると、連結線の傾き、バイパスファクターの決定がきわめて大切な問題となる。今後これらの決定方法に改善を加えることにより、出口乾球温度が数値計算のみで、さらに正確に迅速に求めることができると思われる。

記号

A_o, A_i : 熱交換器の外および内表面積[m^2]. C_L : 冷却水の比熱[kcal/kg]. G : 乾き空気流量[kg/h]. i_{qA}, i_{qB}, i_i :

湿り空気の熱交換器入口、出口および界面でのエンタルピ[kcal/kg]. k_g : エンタルピ基準の物質移動係数[kg/ $m^2 h \Delta i$]. L : 冷却水流量[kg/h]. t_{qA}, t_{qB}, t_i : 空気の熱交換器入口、出口および界面での乾球温度. t_{LB}, t_{LA} : 冷却水の熱交換器入口および出口での温度[$^{\circ}C$]. α_i : 内側伝熱係数[kcal/ $m^2 h \Delta t$]

参考文献

- 1) 新津靖ら: 空気調和衛生工学, 41, 609, (1967).
- 2) 新津靖ら: 空気調和衛生工学, 41, 612, (1967)