

直交流型冷水塔の液分布に関する研究

平井英二，小森友明，荒井久夫
滝尻輪一郎*，高本亘秀**，三谷哲弘**

Study on the liquid distribution of the cooling tower

by

Eiji HIRAI, Tomoaki KOMORI, Hisao ARAI,
Waichiro TAKIJIRI, Nobuhide TAKAMOTO, Tetsuhiro MITANI

In the analysis of the heat transfer coefficient, the mass transfer coefficient and the situation at the interface between gas and liquid phase for the cooling tower, the investigation of the liquid distribution is required. In other words, the performance of the cooling tower depends upon the liquid distribution in the tower.

This investigation has been carried out to study the relationship between the liquid distribution and gas rate, liquid rate, and an angle of inclination of perforated plates charged in the tower, with forced draught cross flow type cooling tower, using air-water system.

Consequently, it was considered that the distribution of the water at the bottom of the tower depended upon the stream of the air disturbed in the tower and the disturbance of the air stream was occurred by the pattern of the ventilation arrangement and the short arrival distance along the axis of the air stream.

1. 緒 言

最近石油工業，石油化学工業その他一般化学工業，あるいは製鉄工業などの急激な進展による冷却水の需要の増加および空気調整の発展にともなって，冷水塔に関する研究がさかんになってきた。

冷水塔は空気の通風方式にしたがって自然通風方式と強制通風方式の二つに分けられ，さらに強制通風方式は送風機の位置により押込通風方式と吸込通風方式とに分けられている。また気液の接触は向流接触と直交流接触の2種類に区別されている。

冷水塔における気液間の熱移動，物質移動の容量係数の解析または気液接触界面における状態や変化を知るうえにおいて塔内における液分布状態に関する知識が必要となってくる。向流接触型冷水塔は一種の充填塔であり充填塔の液分布に関する研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾もかなりあるが，直交流型冷水塔に関する研究⁶⁾は少なく，ことに液分布に関する論報はほとんどない。

本実験は塔内液分布が冷水塔の諸性能に大きな影響を与えるものと考えられることから，強制通風型直交流方式の冷水塔を用いて空気量，供給水量および多孔液分布板の傾斜と液分布の関係を知らるために行なわれたものである。

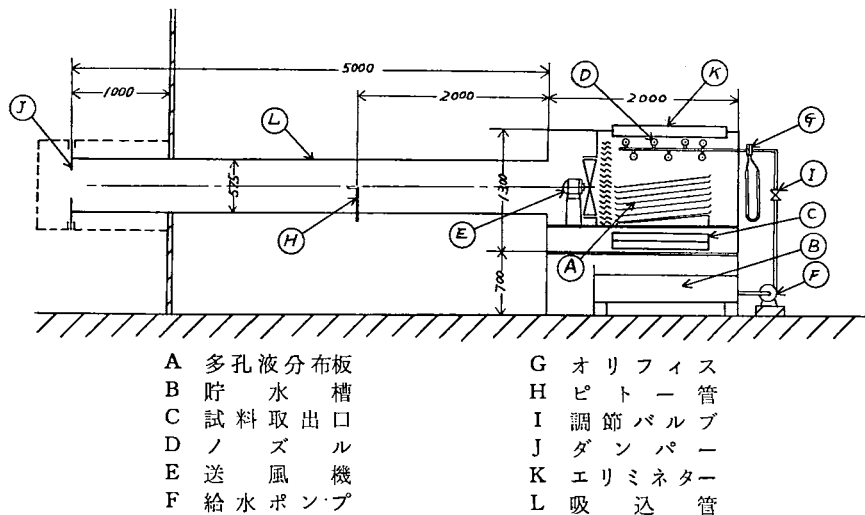
2 実験装置および実験方法

本実験に使用された装置は三菱樹脂株式会社の全塩化ビニール製，HT-15型である。その概様

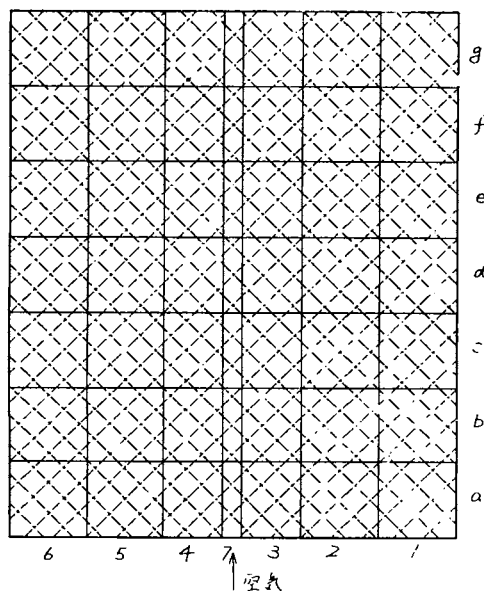
* 石川県立金沢松陵工業高等学校

** 帝人株式会社

を第1図および写真1, 2, 3に示す。供給水は貯水槽Bより給水ポンプFによって塔上部に送られ、水量調節はバルブIによって行なわれる。塔内部には孔径5mm, ピッチ35mmで方形配列, 1枚あたり507個の孔数をもつ多孔液分布板7枚が内蔵されている。多孔液分布板の下部には第2図に示すごとく縦7, 横7区画に分け各区画より流出する水量を測定して液分布を調べた。給水ポンプによって送られる水はノズルDによって噴霧状となり, 7枚の多孔液分布板を通過してその下に設置した区画に落ちた後, 貯水槽Bに回収される。

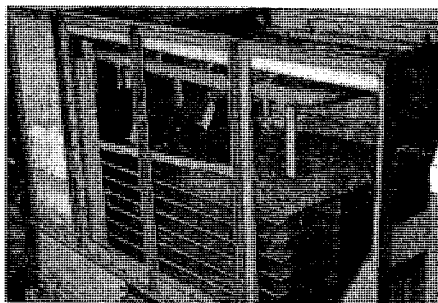


第1図 実験装置



第2図 多孔液分布板

注 内径5mm, 孔数507, ピッチ35mm
正方形配列





第 1 表

供給水量 [kg/sec]	供給空気量	
	ダンパー 開口比	空気量 [m ³ /min]
0.165	1.000 (1.0)	125
0.230	0.750 (3/4)	122
0.280	0.500 (1/2)	98
0.320	0.250 (1/4)	59
0.360	0.125 (1/8)	34

空気は内径 575 mm, 長さ 5000 mm の吸込管 L を通って送風機 E によって塔内に送られ, 空気量の調節はダンパー J により行なう。

供給水量は 0.165, 0.230, 0.280, 0.320, 0.360 [kg/sec] の 5 種類に変化させ, 各水量に対してそれぞれ 125, 122, 98, 59, 34 [m³/min] の空気量を用いた。また多孔液分布板の傾斜は 7/100, 8.55/100 の 2 種類に変化させ各条件ごとに分布水量取出口にて, 各区画内の水量を測定した。空気量の測定は J I S 規格⁷⁾に準拠して行ない, 供給水量, 空気量, 傾斜が液分布におよぼす影響を比較検討した。なを第 1 表にこれらの条件を示した。

3 実験結果および考察

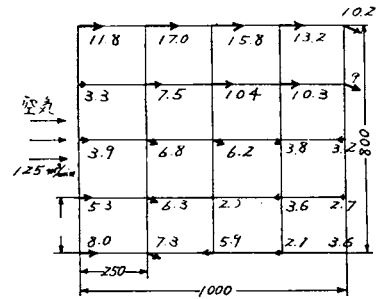
第 3, 4 図は水を供給しない状態での多孔液分布板最上部における空気速度とその方向を示したものである。これからも明らかなように空気の流れは不規則であり, 右側中心部では上部に向かって流れており塔内においてかく乱状態にあると考えられる。

使用されている送風機は軸流型であるので, 空気の流れ方向にそって側壁と中心部との空気速度の不均衡を多少認めても, 右片側の空気出口に近い部分の風向は空気流入方向に対して逆方向である。

左片側では流路縮少と空気分布が乱れているため同一流れ方向における空気速度は多少のむらがあるが, 右片側ほど極端な乱れはない。したがって液を供給した場合にはノズルから噴出する噴霧状の水は最上部の多孔液分布板上で均一に分布させることができない。透視観察の結果, 上部より下部への各多孔液分布板上ではいずれの板上でも均一な液分布を行なっておらず, 最下部の液分布は最上部の板上での液分布に支配されることが明らかである。

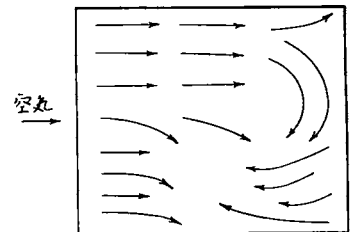
第 5 図は最下部における各区画の液分布を示したもので, 1 区画内における点 1 個は多孔液分布板の孔 1 個あたりの流下水量 5.0×10^{-5} [kg/sec] を示す。

供給水量の増加につれて一部分にかたよって多量の水の流下が認められ, 空気分布が不規則であることを示している。水分布が左右非対称形で起る原因は, 軸流送風機によって生ずる渦と装置的な原因, すなわち整



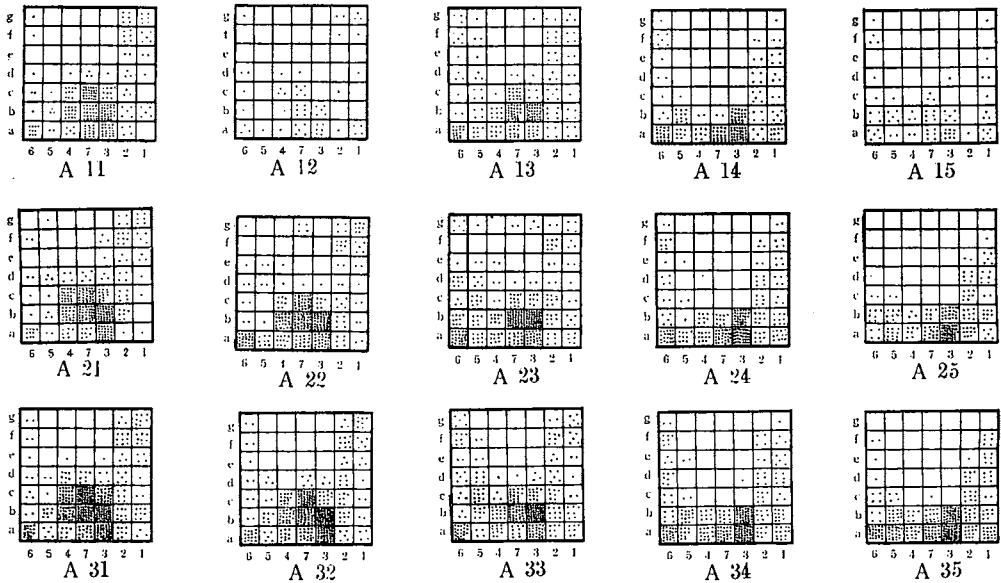
第 3 図

数字は風速 [m/sec], 矢印は風向を示す

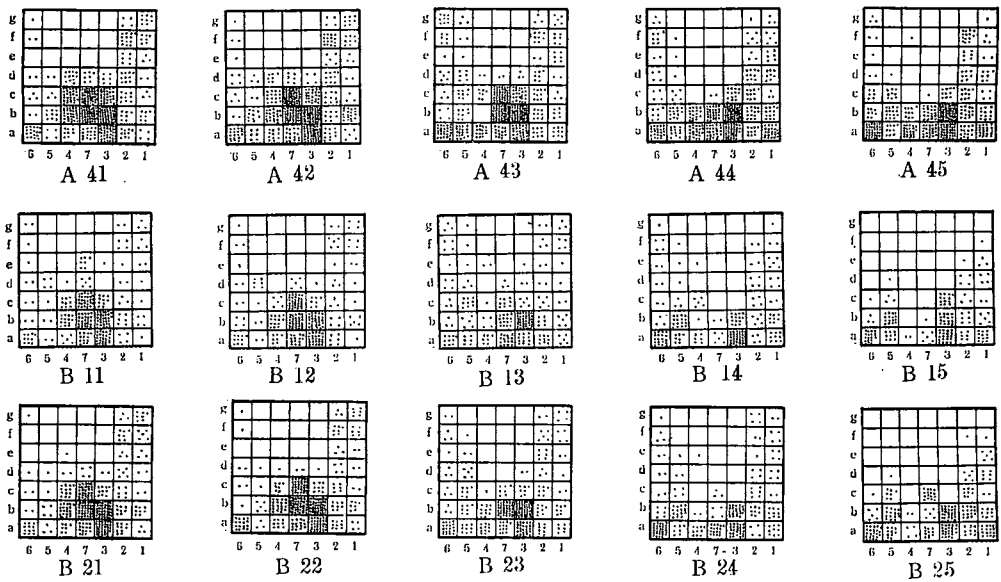


第 4 図

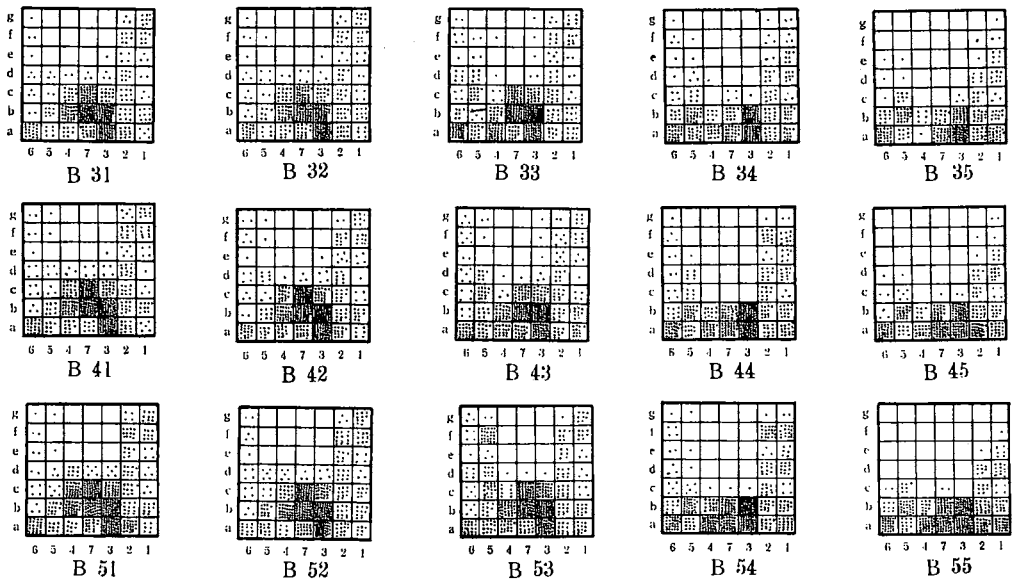
流板の形、送風機と整流板の距離、多孔液分布板の設置方法などによるものと考えられる。供給水量 0.165 [kg/sec]、傾斜 7/100 で空気量が 122, 34 [m³/min] の条件下では流下水量が少ないが、これは飛沫同伴による塔側壁への水滴の付着と塔外飛散などの影響と考えられる。第 2 表に第 5 図の液分布における実験条件を示した。



第 5 図 1 液 分 布



第 5 図 2 液 分 布



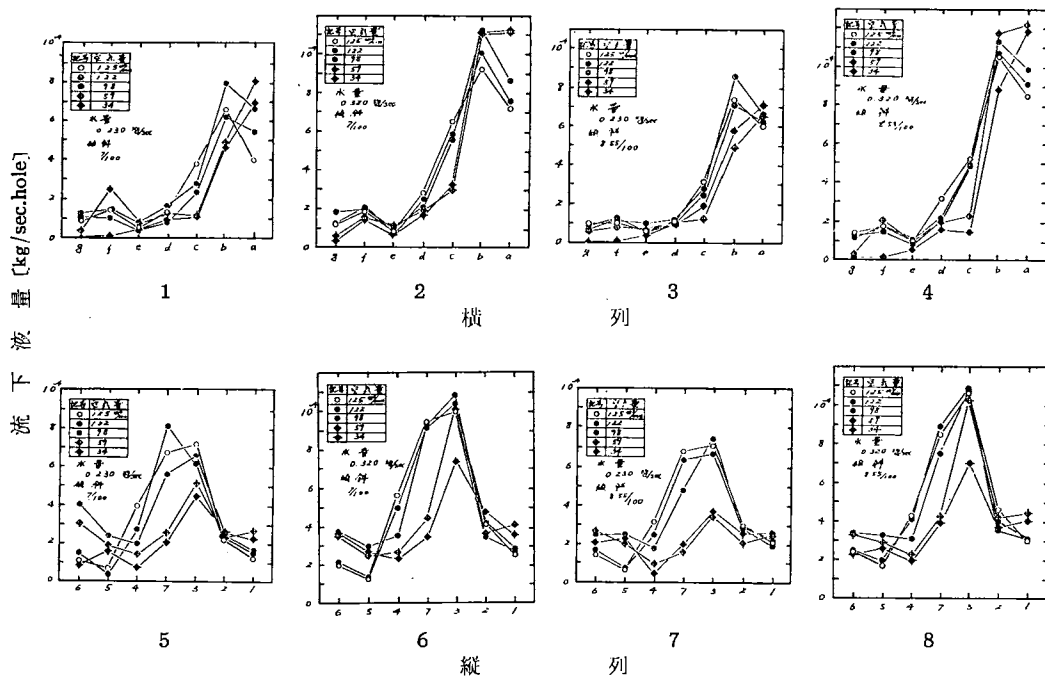
第5図 3 液 分 布

第 2 表

番 号	水 量 [kg/sec]	空 気 量 [m ³ /min]	番 号	水 量 [kg/sec]	空 気 量 [m ³ /min]	番 号	水 量 [kg/sec]	空 気 量 [m ³ /min]
A11	0.165	125	A41	0.320	125	B31	0.280	125
A12	〃	122	A42	〃	122	B32	〃	122
A13	〃	98	A43	〃	98	B33	〃	98
A14	〃	59	A44	〃	59	B34	〃	59
A15	〃	34	A45	〃	34	B35	〃	34
A21	0.230	125	B11	0.165	125	B41	0.320	125
A22	〃	122	B12	〃	122	B42	〃	122
A23	〃	98	B13	〃	98	B43	〃	98
A24	〃	59	B14	〃	59	B44	〃	59
A25	〃	34	B15	〃	34	B45	〃	34
A31	0.280	125	B21	0.230	125	B51	0.360	125
A32	〃	122	B22	〃	122	B52	〃	122
A33	〃	98	B23	〃	98	B53	〃	98
A34	〃	59	B24	〃	59	B54	〃	59
A35	〃	34	B25	〃	34	B55	〃	34

注 A は多孔液分布板の傾斜 7/100, B は 8.55/100 を示す。

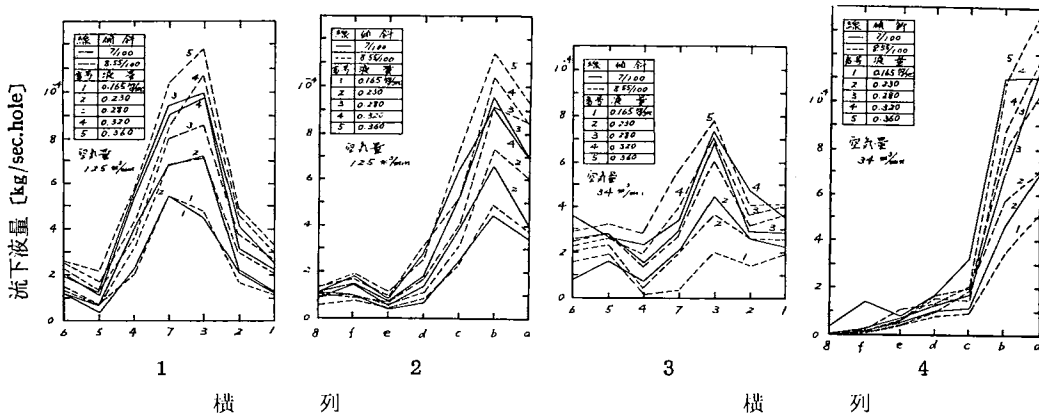
第6図 1~8は一定の供給水量において空気量を変化させた場合における各行、各列における孔1個あたりの平均流下水量の例である。この図からも液分布は明らかに非対称形であり、7行b列、3行b列の区画ではいずれの条件においても流下水量が多いことを示している。



第 6 図

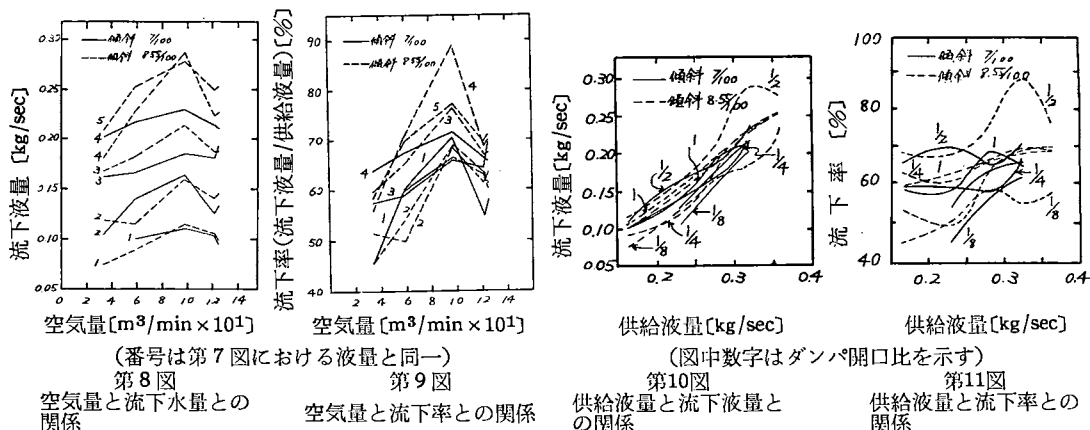
第7図 1~4は分布板の傾斜と液分布の関係を示す。空気量が大いとき、7行b列、3行b列において供給水量が増加すれば、傾斜の大きい場合、流下水量は多いが、いずれの傾斜のときも最大流下水量区画は他の区画に移動することなく、a列で流下水量が減少する傾向を示した。

これに反して空気量が小さい場合には最大流下水量区画は3行a列に移動している。



第 7 図

第8, 9図は空気量と流下水量および流下率, 第10, 11図は供給水量と流下水量および流下率との関係を示したもので, 流下水量, 流下率は空気量が98 [m³/min], (ダンパー開口比1/2)のとき最大値を与える。



4 結 言

軸流送風機によって生ずる渦は最上液分布板における水分分布を大きく支配する。したがって水が下段え流下しても水滴の落下距離が小さく, 落下位置の移動はほとんどないことが観察された。さらに空気量が小さいときは, 二次流が生ずるため塔内における空気分布は不均一で, 不規則な状態になることは水分分布のかたよりによって明らかである。

直交流型冷水塔では水滴の運動は三次元的となるために, その解析は極めて複雑なものとなる。本実験装置では水分分布の状態は空気分布が支配的であるということが出来る。

空気調和における空気分布, または空気分配については吹出空氣の誘導, 拡散に関して, 最近自由噴流の研究⁸⁾として A. S. H. A. E で系統的に行なわれているが, 冷水塔ではその方面の研究がほとんどなく, たんに塔内風速は一般に 1.5~3.0 [m/sec] といわれているのみである。空気調和において乱流が完全に発達する範囲として設計のとき採用される到達距離は^{8) 9)}吹出口の真径の 8 倍~25 倍という値を考えれば, 送風機直後の整流羽根の形とか, 位置はある程度考慮する必要がある。いずれにしても環状噴流, 直線噴流のいかに問わず空気分布についての研究は今後にもたねばならない。

本実験装置は押込通風式であるので, 冷水塔内における空氣の分布は吸込式に比較して良いとはいえず, それに起因する水分分布の不均一性は気液の有効接触面積に大きく影響し, したがって熱容量係数, 物質移動容量係数にもかなりの影響があるものと考えられる。

傾斜の小さいときは液分布はむしろ良好であるが, 傾斜の大きいときには空気分布が比較的良いという相反する傾向が認められる。また水の流下率は空気量に対して極大値を有するが, 極大値における空気速度と最適操作条件との関係は熱, 物質移動の両面からの追求なくしては決定することはできない。

附記 本研究にあたり三菱樹脂株式会社の絶大なる御支授と帝人株式会社委託生, 相原正俊, 川野辰己両氏の多大なる御協力に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 藤 田, 中 木 「化学機械」 14, 279, (1950)
- 2) 内 田, 藤 田 「工業化学雑誌」 39, 887, (1936)
- 3) 内 田, 藤 田 「工業化学雑誌」 41, 578, (1938)
- 4) Kirschbaum, E. Z. Ver. deut. Ing. 75, 1212, (1931)
- 5) Scott, A, H. Trans. Inst. chem. Eng. 13, 211 (1935)
- 6) 稻 積, 影 山 「化学工学協会第28年研究発表会」 (1963)
- 7) J. I. S. B. 8330 (1957)
- 8) A. S. H. A. E. Guide, p 701~730 (1956)
- 9) 守 安 「空気調整工学」 p 167~216 (1959)