多孔板の圧損失*

中 島 章 弘**

まえがき

多孔板の圧損失については、いくつかの文献がある。Arnold ら¹⁾、Mayfield ら²⁾、Johnes ら⁴⁾が測定値を報告しており、亀井ら³⁾、斉藤ら⁷⁾、Hunt ら⁸⁾および Winkle ら^{5,9)}が測定値をまとめて式または図で表わしている。また Hughmark ら⁶⁾は諸家のデータをまとめて、一般的な関係を示す推定線図を提出している。しかしこれらの結果は、研究者によって相当の相違があり、流量係数は0.56~0.98の間にひろくちらばっている。

Mayfield らは流量係数が多孔板の寸法比には無関係であるとの結果を得ており、亀井らは孔径と板厚とによって異なった値になると報告している。Arnold らのデータでは、流量係数が寸法比によって異なり、またレイノルズ数が小さくなるとやや小さな値になるという結果を得ている。Hughmark らは流量係数は[孔径/板厚]だけの影響を受けるものとして線図を作っている。また Winkle らは流量係数に影響を与える因子としてレイノルズ数、[板厚/孔径]および[孔のピッチ/孔径]の3つをとりあげて整理結果を線図で示している。

このように研究者によって内容が相当に違っているので実際の装置の設計計算にどの結果を利用してよいのか迷ってしまう。そこでこれらの文献の整理方法を参考にして文献値の再整理をして、多少の精度の低下は承知の上で、実用的で簡単な関係が得られないものかと考えて検討したところ、割合により結果を得たのでここに報告する。

データの整理とその結果

多孔板のガス流速と圧損失の関係は、絞り流量計と類似の関係が成り立つと考えてよからう。したがって孔の開孔比と板厚の二つが流量特性に影響を与える寸法上の因子になるものと考えた。多孔板の大部分が三角配列の孔であることを考慮に入れると、開孔比の代表値として (d/p) を、板厚の代表値として (d/t) を考えてよいと

思われる。そこでまず各研究者が使用した多孔板の寸法比を比較してみたのが図1である。研究者によって寸法比の範囲や幅が相当異なっていることがわかる。

これらの文献の流量係数で Δp が u^2 に比例して、しかも流量係数が記されているものについてはその値を使用し、その他のものについては原報から流量係数を求めた。Arnold らと Johnes らのデータは Δp が u^2 に比例しておらず $u^{1.8-1.9}$ となっているが、多少の精度の低下は止むを得ないと考え u^2 に比例するものとして取り扱って流量係数を求めた。

こうして得られた流量係数 c の値を Hughmark らの整理法にならって横軸に (d/t) を、縦軸に c をとって図上にプロットしてみると全体に右下がりの傾斜となり Hughmark らの線図の勾配と大体一致するようであるが、 (d/p) の大小によって点が上下に分かれる傾向が見られる。

(d/p) の影響については、Winkle らは広範囲の実験から、流量係数が $(d/p)^{0.1}$ に比例するとして整理しており、斉藤らは $\phi^{0.076}$ すなわち $(d/p)^{0.16}$ に比例するとしている。また Hunt らは $d/t=1$ の場合について

$$c^2 = 1.14 \left[0.4 \left(1.25 - \frac{A_0}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_0}{A_c} \right)^2 \right] \quad (1)$$

で整理している。そこで (d/p) の影響を求めやすい斉藤らと Arnold らの値から (d/t) が一定の場合の (d/p) と c の関係を求めてみたのが図2である。図中には

図1 多孔板の寸法比

* 昭和40年12月11日 受理

** Akihiro Nakajima 新日工業株式会社

図2 d/p の影響

図3 流量係数

図4 Winkle らの結果との比較

図5 計算値と実測値の比較

Hunt らが使用した $d/p=1/4 \sim 1/2$ の範囲について (1) 式から計算した値も示してある。この図によると齊藤らのデータでは傾斜が $0.1 \sim 0.15$, Arnold らのデータでは $0.12 \sim 0.15$, (1) 式から計算値では 0.10 となる。しかし亀井らの板厚が、 $0.3 \sim 0.4 \text{ mm}$ の多孔板では (d/p) には無関係である。このように研究者による差はあるが、Winkle らの整理と同様に、 c は $(d/p)^{0.1}$ に比例するとして整理しても大きな誤りをおかすことはない判断した。

以上の検討内容を用いて諸家のデータを整理したのが図3で、図中の直線で代表することができよう。なおこの図では横軸に対数目盛を用いたが、これは Hughmark らの線図が直線に近くなるからであって、他の理由はない。

図3では亀井らの (d/t) が 0.3 以下の場合のデータで下に大きく外れている点が3つあるが、この理由は不明である。これらの点を除くと大部分の点が $\pm 7\%$ の範囲に入っており、平均誤差は約 4.3% である。なお図中に Hughmark らの線を記してあるが、これは Hughmark らの整理したデータの (d/p) の平均値

が 0.3 位ではないかと推定して換算したものである。

レイノルズ数が 500 以上の場合の Winkle らの線図を書き直して図3の線と重ねてみたのが図4である。Winkle らの線の方が c の値がわずかに小さいようではあるが、ほぼ同じ位の値が得られる。

図3の線を式で表わすと

$$c \cdot (d/p)^{-0.1} = 0.925 - 0.22 \log(d/t) \quad (2)$$

となり、適用範囲は

$$d/p = 0.125 \sim 0.57$$

$$d/t = 0.3 \sim 15$$

と考えてよい。

なお Arnold らと Johnes らのデータから流量係数を算出するときに Δp が u^2 に比例していないのに流量係数が一定であるとして整理をしたので、このための誤差をチェックするために原報の圧損失と (2) 式から計算される圧損失とを比較したのが図5である。この図からも、(2) 式で流量係数を推定しても差し支えないと判断される。

む す び

多孔板の圧損失についての諸家の値をまとめて整理し、Hughmark らの d/t を要因とした流量係数の整理法に、 d/p に関する補正をして半対数方眼紙にプロットして直線でまとめることができた。この種のデータのま

とめとしては精度がよいとは言えないかも知れないが、工業装置の推定用に使用するには十分役立つものと思う。

なお Winkle らの線図ではレイノルズ数によって流量係数が変化しているが、その他のデータではこれほど複雑な変化は見られないようなので、工業装置の設計ではそこまで考慮しなくてもよいように思う。

使用記号

A_0 : 多孔板の孔の占める面積	
A_c : 板の全面積	
c : 流量係数	[—]
d : 孔 径	[cm]
ϕ : 孔のピッチ	[cm]
Δp : 圧損失	[水柱 cm]

Re : レイノルズ数	[—]
t : 板 厚	[cm]
u : 孔を通過するガスの線速度	[cm/sec]
ρ_G : 流体の密度	[g/cm ³]
ϕ : 開孔比	[—]

引用文献

- 1) Arnold, D. S., et al.: *Chem. Eng. Progr.*, **48**, 633 (1954)
- 2) Hughmark, G. A. & H. E. O'Connell: *Chem. Eng. Progr.*, **53**, 127-M (1957)
- 3) Hunt, C. A., et al.: *A. I. Ch. E. Journal*, **1**, 441 (1956)
- 4) Johnes, J. B. & C. Pyle: *Chem. Eng. Progr.*, **51**, 424(1955)
- 5) Kolodzie, P. A. & M. V. Winkle: *A. I. Ch. E. Journal*, **3**, 305 (1957)
- 6) 亀井他: 化学工学, **18**, 108 (1954)
- 7) Mayfield, F. D., et al.: *Ind. Eng. Chem.*, **44**, 2232 (1952)
- 8) 齊藤, 前田: 化学工学, **28**, 1093 (1962)
- 9) Smith, P. L. & M. V. Winkle: *A. I. Ch. E. Journal*, **4**, 266 (1958)

設計ノート

メタノール・水系精留における全還流時の N_{OG} 速算表*

岡 田 功**

2成分系精留における気相濃度基準の総括移動単位数 (NTU_{OG}) すなわち N_{OG} を求めるには、周知のように気液平衡曲線と操作線とを利用して図積分を行なわなければならないが、多数の実験データを処理する場合、いちいち図積分を行なうことはきわめて繁雑であり、またその都度グラフの読みとり個人誤差が介入する恐れも少なくない。

筆者は、メタノール・水2成分系について、全還流精留における N_{OG} の速算表を別掲のように作製したのでご利用願えれば幸いである。

本表作製に用いたメタノール・水系の気液平衡曲線 (1atm) は内田・加藤のデータ¹⁾をプロットしたものである。

なお、本表の数値は小数点以下第4位を四捨五入したもので、精度はおよそ±1%前後と推定される。本表のような N_{OG} の値の精度はもっぱら x - y 気液平衡曲線の座標の読みに左右される。ふつうの精留実験に伴う測定誤差から見れば、本表の精度は十分ではないかと考える。

$$\text{基礎式: } N_{OG} = \int_{y_a}^{y_b} \frac{dy}{y^* - y} = \int_{y_0}^{y_b} \frac{dy}{y^* - y} - \int_{y_0}^{y_a} \frac{dy}{y^* - y}$$

本表は基準法を $y_0=0.02$ (2モル%) にとり、 y_0 から任意の値 y_i までの N_{OG} の積算値を与えるものである。

$$\sum_{y_0}^{y_i} N_{OG} = \sum_{0.02}^{y_i} \left(\frac{1}{y^* - y} \right)_{av} \cdot \Delta y$$

[使用例] $y_a=0.238$ (23.8モル%) から $y_b=0.925$ (92.5モル%) までの N_{OG} の値は、速算表により 92.5% までの積算値 4.867 および 23.8% までの積算値 0.741 を知り、

$$N_{OG} = 4.867 - 0.741 = 4.126 \text{ [—]}$$

なお、本表は回分単蒸留の実験データの処理にも、そのまま利用できる。すなわち、全還流精留の操作線は $y=x$ であるから、前掲の基礎式の y を x で置きかえれば、単蒸留の基礎式 (レイリーの式) の右辺に一致する。

$$2.3 \log \frac{F}{W} = \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{y^* - x} = \int_{x_0}^{x_1} \frac{dx}{y^* - x} - \int_{x_0}^{x_2} \frac{dx}{y^* - x}$$

したがって、 N_{OG} の場合と全く同様にして本表から上式の積分値は直ちに求められる。

文 献

- 1) 内田, 加藤: 工化, **37**, 1171 (1934)

* 昭和41年3月8日 受理

** Tsutomu Okada 東京都立航空工業高等専門学校