繊維層および発泡状濾材フィルターの単一繊維捕集効率*

牧 野 和 孝**・井伊谷 鋼 一**

京都大学工学部 化学工学教室

結 言

繊維層フィルターによる煙霧質の分離に関する研究は多数あるが¹⁻⁵⁾、現在までのところ繊維層内部での各繊維間の流体力学的干渉作用が捕集効率に与える影響、すなわちいわゆる繊維間干渉効果については十分解明されていない。特に拡散支配領域においては繊維間干渉効果が正に働くという説に対して負になるという全く対立した説があって疑問とされている。繊維層フィルターの拡散・さえぎり支配領域における単独繊維捕集効率に対しては有名な Friedlander の相関⁶⁾が提出されているが、繊維間干渉効果の定量化が確立されていないため単一[†]繊維捕集効率への換算に問題が残っている。本報では干渉効果の問題をさけて繊維層フィルターの単一繊維捕集効率に対して半実験的な検討を試み、良好な相関を得たので報告する次第である。

1. 拡散・さえぎり支配領域における

理論単一繊維捕集効率

まず、拡散支配領域における単一繊維捕集効率 η_{eD} について考える。いま、単位時間あたりの繊維表面へのエアロゾル粒子の付着量を単一繊維の捕集効率モデル、物質移動モデルおよび拡散モデルで表現すると次のようになる。

単一繊維の捕集効率モデル

$$\frac{D_f}{2} \eta_{eD} u C_0 \quad (1)$$

物質移動モデル

$$\frac{\pi}{2} k_m (C_0 - C_1) D_f \quad (2)$$

拡散モデル

$$-D_B \int_0^\pi \left(\frac{\partial C}{\partial r} \right)_{r=D_f/2} \frac{D_f}{2} d\theta \quad (3)$$

ここで、 k_m は物質移動係数、 C_0 および C_1 は繊維前方および繊維表面でのエアロゾル濃度である。Eqs. (1), (2), (3) はそれぞれ同一粒子移動量を別々のモデルで表現しているわけであるから、これらは等しいとおけるはずである。すなわち

$$\begin{aligned} \frac{D_f}{2} \eta_{eD} u C_0 &= \frac{\pi}{2} k_m (C_0 - C_1) D_f \\ &= -D_B \int_0^\pi \left(\frac{\partial C}{\partial r} \right)_{r=D_f/2} \frac{D_f}{2} d\theta \quad (4) \end{aligned}$$

ここで Friedlander と同様³⁾ の変数変換を行なえば次式となる。(Appendix 1 参照)

$$\eta_{eD} \frac{N_{Pe}}{\pi} = Nu = -\frac{2}{\pi} \int_0^\pi \left(\frac{\partial c}{\partial R} \right)_{R=1} d\theta \quad (5)$$

つまり Eq. (5) は単一繊維の捕集効率モデル、物質移動モデルおよび拡散モデルを互に結びつけたものといえる。さて、Eq. (5) より単一繊維捕集効率 η_{eD} を具体的に求めるために、次の新しい量を考える。

$$F_{\varphi'} = \int_0^{\varphi'} C' d\varphi' \quad (6)$$

ここで、 φ' は流れ関数(容積流量速度)であり、 $C' = C - C_1$ である。したがって Eq. (6) で定義される $F_{\varphi'}$ はエアロゾル粒子の繊維表面への単位時間あたりの捕集量を意味している。また定義より $F_{\varphi'}$ に関して次式をうる。

$$\begin{aligned} -\frac{dF_{\varphi'}}{d\theta} \delta\theta &= \frac{-d \left[\int_0^{\varphi'} C' d\varphi' \right]}{d\theta} \delta\theta \\ &= -D_B \left(\frac{\partial C}{\partial r} \right)_{r=D_f/2} \frac{D_f}{2} \delta\theta \quad (7) \end{aligned}$$

前述の変数変換および $\varphi = \varphi' / \left(\frac{D_f}{2} u \right)$ を Eq. (7) にも行なうと次式をうる。(Appendix 2 参照)

$$-\frac{dF_{\varphi}}{d\theta} = -\frac{d \left[\int_0^{\varphi} c dc \right]}{d\theta} = -\frac{2}{N_{Pe}} \left(\frac{\partial c}{\partial R} \right)_{R=1} \quad (8)$$

さて、ここで c と R の関係については Friedlander の仮定³⁾ と同一の次式を採用することにする。

$$c = 1 - \frac{\ln R}{\ln B} \quad (9)$$

上記の φ としては Lamb⁷⁾, Happel⁴⁾ および 友近-青井¹²⁾ の式があるが、これらのうち Lamb の式は繊維層フィルターの圧損を充分説明できないという欠点を持っている。また後者の 2 つは定性的な傾向は比較的实际

* <Collection Efficiency of a Single Fiber in a Fibrous Filter and in a Porous Medium Filter>
Received on March 10, 1969

化学工学協会 第 34 年会・東京 (1969) にて講演発表

** Kazutaka Makino Koichi Iinoya Kyoto Univ., Chem. Eng., Kyoto, Japan

† いわゆる繊維捕集効率の呼び方として、本報では単独円筒(繊維)を粉塵気流中に張る場合のように隣接繊維がまったく存在しないときの単独円筒(繊維)のそれを単独繊維捕集効率と呼び、実際の繊維層フィルターの場合のように隣接繊維が存在する場合のそれを、単一繊維捕集効率と呼んで区別することとする。

Fig. 1 Relation between $\eta_e N_R N_{Pe}$ and $A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}$ for a fibrous filter

と一致するが、定量的にはなお多くの問題がある。したがって本報では繊維まわりの流線を友近-青井の式で近似し、流れ関数を実験によって補正した。いま、(B-1)および Re 数が非常に小さい範囲では、式(8)は微少項を省略して近似的に次式であらわされる。(Appendix・3参照)

$$(B-1) \frac{d}{d\theta} \left[\frac{2}{3} A(B-1)^2 \sin \theta \right] = -\frac{2}{N_{Pe}} \quad (10)$$

一方、友近-青井の式より(B-1)を F_θ の関数としてあらわし、式(10)に代入して変数分離を行ない、 $\theta = \pi$ で $F_\theta = 0$ 、 $\theta = 0$ で $F_\theta = F_{\theta, \infty}$ として積分すると、未知量 $F_{\theta, \infty}$ すなわち捕集量は次式のごとくもとまる。

$$F_{\theta, \infty} = \left[\left(\frac{2}{3} A \right)^{1/2} \frac{3\pi^{1/2}}{N_{Pe}} \frac{\Gamma\left(\frac{3}{4}\right)}{\Gamma\left(\frac{5}{4}\right)} \right]^{2/3} \quad (11)$$

したがって、Eqs. (5), (8) および (11) より拡散効果による単一繊維効率 η_{eD} が次式のごとくもとまる。

$$\eta_{eD} \propto A^{1/3} N_{Pe}^{-2/3} \quad (12)$$

さて、次にさえぎり効果による単一繊維捕集効率 η_{eI} について考える。繊維まわり近傍の速度分布は近似的に次式で表わされる⁹⁾。

$$u_R = -A(R-1)^2 \cos \theta \quad (13)$$

したがって、定義より η_{eI} は次式のごとくもとまる。

$$\eta_{eI} = -2 \int_0^{\pi/2} u_R d\theta = 2AN_R^2 \quad (14)$$

ここで、Eq. (12)、Eq. (14) の両辺にそれぞれ $N_R N_{Pe}$ をかけると次式となる。

$$\eta_{eD} N_R N_{Pe} \propto A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3} \quad (15)$$

$$\eta_{eI} N_R N_{Pe} \propto AN_R^3 N_{Pe} = (A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3})^3 \quad (16)$$

いま、拡散・さえぎり支配領域における単一繊維捕集効

率 η_e が η_{eD} と η_{eI} の一次結合によって表現できるものとすれば Eqs. (15), (16) より次式をうる。

$$\eta_e N_R N_{Pe} = \text{function}(A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}) \quad (17)$$

すなわち、この式はいわゆる拡散・さえぎり支配領域の捕集機構を検討する基礎式となりうる。

II. 前記理論の繊維層フィルターによる検討

前節における係数 A に関しては多くの実験式が報告されているが、本報で Langmuir の次式を採用する⁹⁾。

$$A = \frac{1}{2} \varepsilon_f \phi \quad (18)$$

$$\frac{1}{\phi} = -\ln(1-\varepsilon_f) + 2(1-\varepsilon_f) - \frac{(1-\varepsilon_f)^2}{2} - \frac{3}{2} \quad (19)$$

さて、Eq. (17) にしたがって $\eta_e N_R N_{Pe}$ と $A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}$ との相関を拡散・さえぎり支配領域を考慮して各研究者(木村-井伊谷⁶⁾、Thomas¹¹⁾、Chen¹²⁾、Ramskill-Anderson⁹⁾ および新津¹⁰⁾ らの実験データについて検討し、その結果を Fig. 1 に示してある。これによれば $\eta_e N_R N_{Pe}$ は $A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}$ を変数として比較的良好なままとまりを示していることがわかる。つぎに、結果の考察に入る前に次のことを検討しておこう。本相関において勾配が 1/1 のときには、単一繊維捕集効率 η_e は Eq. (17) より次式となるはずである。

$$\eta_e \propto A^{1/3} N_{Pe}^{-2/3} \quad (20)$$

これは拡散支配領域における η_{eD} の前節の理論解と形がまったく一致する。また勾配が 1/3 のときには

$$\eta_e \propto AN_R^2 \quad (21)$$

となる。これはさえぎり支配領域における η_{eI} の上記理論解と形が一致する。したがって、本相関においては勾配が 1/1 の領域は拡散が、1/3 のときはさえぎりが支配

的と考えてよいであろう。

さて、Fig. 1 によれば $A^{1/3}N_R N_{Pe}^{1/3}$ が5あたりまでは勾配がほぼ $2/3$ で、それ以上では $1/3$ を示している。ただし $A^{1/3}N_R N_{Pe}^{1/3}$ が 2×10^{-1} 以下では勾配が $2/3$ よりやや大きな値を示しているとも考えられるが、本報では繊維層フィルターにとって実用範囲である $2 \times 10^{-1} < A^{1/3}N_R N_{Pe}^{1/3}$ の領域について検討を加えることとする。この結果は $A^{1/3}N_R N_{Pe}^{1/3}$ が5あたりまでは拡散とさえぎりが同時に作用しており、それ以上ではさえぎり効果が支配的となることを意味している。Fig. 1 の実線を式で表現すれば次式となる。

$$\eta_e = 8 \left(\frac{AN_R}{N_{Pe}} \right)^{1/2} + \frac{1}{3} AN_R^2 \quad (22)$$

この結果は Friedlander の相関に比較して次の特長を持っている。

i) 本相関は繊維間干渉効果を含んだ単一繊維捕集効率についてのものであるが、Friedlander のそれは干渉効果を含まない単独繊維捕集効率についてのものである。したがって本相関によれば繊維間干渉効果を考慮する必要はない。すなわち Eq. (22) をそのまま対数透過式に代入すれば総合捕集効率 η が予測しうる。

ii) 本相関ではある領域では拡散とさえぎりが同時に作用しており、それ以上ではさえぎりが支配的となる。これに対して Friedlander のそれはある値を境として拡散とさえぎりが別々に支配的になることを示している。

III. 前記理論の発泡状沱材フィルターへの応用*

発泡状沱材フィルターの捕集性能に関しては木村・井伊谷⁹⁾ および新津¹⁰⁾ の報告があるが、捕集機構に対する定量的な検討は行なっていない。本報ではこの問題をとりあげ、前述と同様の検討を試みた。まず、発泡状沱材フィルターの A に関しては圧損 ΔP より $A (= \Delta P \cdot D_f^2 / \{32(1-\epsilon_f)\mu u L\})$ を逆算して、整理したところ Fig. 2 の相関を得た。これを数式化すれば次式となる。

$$A = A_0 (1 + 23 Re^{2/3}) \quad (23)$$

$$A_0 = \frac{1}{2(2 - \ln Re)} \quad (24)$$

このことは A が Re 数のみによって決定され、充填率

* 本報では通称モルトブレンと呼ばれるウレタン・フォーム・フィルターを用いた。この沱材は化学反応によって生成した発泡多孔状のもので、その骨格は強固な3次元網状組織になっている。そしてその骨格の断面形状は凹面三角形、あるいは凹面菱形などの不規則形であって、骨格の太さも様々といえる。このような3次元網状になっている単一骨格(繊維)の太さを、正確に実測表示することは困難である。したがってこの沱材の平均骨格(繊維)太さについては木村・井伊谷⁹⁾ の提案した ΔP と $(1-\epsilon_f)$ 等の沱材の特性値を用いる方法により決定した。

Fig. 2 Relation between incremental ratio of coefficient of stream function $(\frac{A}{A_0} - 1)$ and Reynolds number (Re) for a porous medium filter

Fig. 3 Relation between $\eta_e N_R N_{Pe}$ and $A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}$ for a porous medium filter

$(1-\epsilon_f)$ には無関係であることを意味している。これは繊維層フィルターの場合 [Eq. (18)] と比較して対照的で興味深い。さらに繊維層フィルターの場合と同様 $\eta_e N_R N_{Pe}$ と $A^{1/3} N_R N_{Pe}^{1/3}$ との相関を整理し、Fig. 3 に示した。これによれば繊維層フィルターの場合に比較してバラツキは若干多いが、やはり発泡状沱材フィルターの場合にも Eq. (17) が成立することを示している。この場合実験した全領域を通じて勾配がほぼ $2/3$ であった。このことは本実験範囲ではさえぎり効果のみが支配的になる領域は存在しないことを示している。なお Fig. 3 を数式化すれば次式となる。

$$\eta_e = 18 \left(\frac{AN_R}{N_{Pe}} \right)^{1/2} \quad (25)$$

従来、発泡状沱材フィルターの単一繊維捕集効率についての報告はないので Eq. (25) は発泡状沱材フィルターの捕集性能を検討する1つの目安になりうるものと考えられる。

結 論

本研究において得られた主な結論は次の通りである。

- i) 半理論的な取扱いによって、単一繊維捕集効率を直接検討する方法を示した。
- ii) 繊維層フィルタの単一繊維捕集効率 η_e についての新しい相関として Eq. (22) を得た。
- iii) 発泡状濾材フィルターの単一繊維捕集効率 η_e について Eq. (25) の新しい相関を得た。

付 録

[Appendix 1] Ep. (5) の誘導

次の無次元化を考える。

$$c = \frac{C - C_1}{C_0 - C_1}, \quad R = \frac{r}{\frac{D_f}{2}} \quad (1-1)$$

$$\therefore \partial C = [C_0 - C_1] \partial c, \quad \partial r = \frac{D_f}{2} \partial R \quad (1-2)$$

したがって

$$\frac{\partial C}{\partial r} = \frac{2[C_0 - C_1]}{D_f} \frac{\partial c}{\partial R} \quad (1-3)$$

これを本文中の Eq. (4) に代入すれば次式となる。

$$\begin{aligned} \frac{D_f}{2} \eta_e u C_0 &= \frac{\pi}{2} k_m [C_0 - C_1] D_f \\ &= -D_B [C_0 - C_1] \int_0^\pi \left(\frac{\partial c}{\partial R} \right)_{R=1} d\theta \end{aligned} \quad (1-4)$$

さらに, Eq. (1-1) を考慮すれば次式となる。

$$\eta_e \frac{D_f u}{2 D_B} = \frac{\pi}{2} \frac{k_m D_f}{D_B} = - \int_0^\pi \left(\frac{\partial c}{\partial R} \right)_{R=1} d\theta \quad (1-5)$$

したがって, Eq. (1-5) より簡単に本文中の Eq. (5) がもともとの。

[Appendix 2] $F_\varphi = - \int_1^0 \varphi dc$ の誘導

$$\begin{aligned} F_\varphi &= \int_0^\varphi c d\varphi = \int_{[c\varphi]_{R=1}=0}^{[c\varphi]_{R=B}=0} d(c\varphi) - \int_{c_{R=1}=1}^{c_{R=B}=0} \varphi dc \\ &= - \int_1^0 \varphi dc \end{aligned} \quad (2-1)$$

[Appendix 3] Eq. (10) の誘導

友近-青井の流れ関数は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \varphi &= A \left(1 - \frac{1}{r^2} - 2 \ln r \right) \sin \theta \\ &\quad + \frac{Re}{16} \left(r - \frac{1}{r^3} - 2Ar \ln r \right) \sin 2\theta \end{aligned} \quad (3-1)$$

また, 本文中の Eq. (9) より次式をうる。

$$dc = - \frac{1}{\ln B} \frac{dR}{R} \quad (3-2)$$

Eq. (3-1), (3-2) を本文中の Eq. (8) に代入すると

$$\begin{aligned} -d \left[- \frac{1}{\ln B} \int_1^B \left\{ A \left(1 - \frac{1}{r^2} - 2 \ln r \right) \sin \theta \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{Re}{16} \left(r - \frac{1}{r^3} - 2Ar \ln r \right) \sin 2\theta \right\} d\tau \right] \\ = \frac{2}{N_{Pe}} \left(\frac{-1}{\ln B} \right) \end{aligned} \quad (3-3)$$

この積分を実行し, さらに (B-1) および Re 数が非常に小さいので, 上式は次式のごとく近似できる。

$$\frac{d \left[\frac{2}{3} A (B-1)^2 \sin \theta \right]}{d\theta} = \frac{2}{N_{Pe}} \left(\frac{-1}{B-1} \right) \quad (3-4)$$

これより簡単に本文中の Eq. (10) は誘導できる。

Nomenclature

A	= coefficient of stream function	[—]	Re	= Reynolds number ($= D_f \rho u / \mu$)	[—]
B	= dimensionless boundary-layer radius ($= b/r_f$)	[—]	r	= radius	[μ]
b	= boundary-layer radius	[μ]	u	= linear velocity in a filter	[cm/sec]
C_0	= concentration on the surface of cylinder	[g/cm ³]	θ	= circular angle measured from downstream direction	[—]
C_1	= concentration in main stream	[g/cm ³]	ϵ_f	= void fraction in a fibrous filter	[—]
c	= dimensionless concentration ($= (C - C_1)/(C_0 - C_1)$)	[—]	φ	= dimensionless stream function	[—]
D	= diameter	[μ]	φ'	= stream function	[cm ³ /sec]
D_B	= diffusion coefficient	[cm ² /sec]	η_e	= collection efficiency of a single fiber	[—]
F_φ	= dimensionless flux of diffusing aerosol particles	[—]	η_{eD}	= collection efficiency of a single fiber by diffusion	[—]
$F_{\varphi'}$	= flux of diffusing aerosol particles	[g/sec]	η_{eI}	= collection efficiency of a single fiber by interception	[—]
k_m	= mass transfer coefficient	[cm/sec]	μ	= viscosity of gas	[g/cm·sec]
L	= thickness of a filter mat	[cm]	ρ	= density of gas	[g/cm ³]
N_{Pe}	= Peclet number ($= D_f u / D_B$)	[—]	Suffix		
N_R	= interception parameter ($= D_p / D_f$)	[—]	f	= fiber	
Nu	= Nusselt number ($= (k_m D_f) / D_B$)	[—]	p	= particle	
ΔP	= pressure drop across a filter	[kg/m ²]			
R	= dimensionless radius ($= r/r_f$)	[—]			

Literature cited

- 1) Chen, C.Y.: *Chem. Revs.*, 55, 595 (1955)
- 2) Dorman, R.G. and D.F. Sergison: *White and Smith; High Efficiency Air Filtration*, 94, Butterworth Science Pub. (London) (1966)
- 3) Friedlander, S.K.: *A. I. Ch. E. Journal*, 3, 43 (1957)
- 4) Happel, J.: *J. Amer. Inst. Chem. Eng.*, 5, 174 (1959)
- 5) Kimura, N. and K. Iinoya: *Kagaku Kōgaku (Chem. Eng., Japan)*, 29, 622 (1965)
- 6) Kimura, N. and K. Iinoya: *Kagaku Kōgaku (Chem. Eng., Japan)*, 29, 538 (1965)
- 7) Lamb, H.: *Hydrodynamics* (6th Ed.), 607, (Wiley, New York), (1932)
- 8) Langmuir, I.: O.S. R.D. Report, No.865 (1942)
- 9) Ramskill, E.A. and W.L. Anderson: *J. Colloid Sci.*, 6, 416 (1951)
- 10) Niitsu, Y.: *Kagaku Kōgaku*, 31, 637 (1967)
- 11) Thomas, A.: *Proc. Roy. Soc., A* 141, 651 (1933)
- 12) Tomochika, S. and T. Aoi: *Quart. J. Mech. Appl. Math.*, 3, 140 (1950)
- 13) Yoshioka, N., H. Emi, and M. Fukushima: *Kagaku Kōgaku*, 31, 157 (1967)

2次元カスケード・インパクターの分離機構*

湯 晋 一**・井伊谷 鋼 一**

京都大学工学部 化学工学科

緒 言

2次元インパクターはスリット・ノズルを用いたカスケード・インパクターの一種であり、円形インパクターと同じく Casella type, Battera type および Lundgren type 等がある。2次元インパクターは円形インパクターより衝突効率が低く、したがって粒子の分離は悪いが、円形インパクターに比較して有効捕集面積が大きく、粒子を多量に捕集することができるから秤量方式の場合は測定精度が上る。このような利点をもった2次元インパクターを実用化するには円形インパクターと同じく限界粒子径の決定等に関する検討が必要である。一方粒子の衝突効率を中心としたインパクターの分離機構を基礎的に研究することも重要である。過去に衝突効率については理論的および実験的な研究が May ら¹⁾, Davies ら²⁾, Ranz ら³⁾, Einbinder ら⁴⁾, Stern ら⁵⁾ および Lundgren ら⁶⁾ によっておこなわれているが、充分に分離機構を説明しているとはいえない。そこで筆者らはポテンシャル流の自由流線と Stagnation flow を組合せたモデルをつくりインパクターにおける流れを検討し、分離機構の解析を試みた。従来は衝突効率の理論値と実験値の比較のみを主にしていたが、筆者らは流れ模様をより直接的に表現

できる粒子捕集面積（2次元であるから粒子捕集長さとなる）および捕集量分布をも比較検討した。その結果理論値と実験値がだいたい一致し、モデルで分離機構をほぼ説明することが可能となったのでここに報告する。

1. 理論計算

1・1 速度分布式

Fig. 1 のごとく同一2次元ジェットを対向して衝突させることによって、ジェットが平板へ衝突する場合の自由流線および自由流線上の速度成分を解析することがで

Fig. 1 Free stream line of two equal impact jets

* <On Separation Mechanism of Two-Dimensional Cascade Impactor>

Received on April 19, 1969

昭和43年4月化学工学協会第33年會にて一部発表（於同志社大学）

** Shin-ichi-Yuu, Koichi Iinoya (Dept. of Chem. Eng., Kyoto Univ., Kyoto, Japan)

高分子アミンによる酢酸の抽出平衡 (坂井渡・中塩文行・常行輝夫・井上勝利, 化学工学, 33, 1221~1225(1969))
 高分子アミン (アンバーライト LA-2) による酢酸の抽出平衡を種々の溶媒を用いて測定した。抽出平衡の特性は使用する溶媒によってかなり差異を生じたが、有機相中の平衡成分として、遊離アミン、遊離酢酸、酢酸の2量体、およびアミンと酢酸の結合体 A (HB); ($i=1, 2, \dots, n$) を考えれば抽出平衡が記述できることがわかった。

管群内の流れと物質移動 (故北浦嘉之・田中久弥・田中日順・三浦健郎, 化学工学, 33, 1225~1230(1969))
 管群内の管壁から気流中への物質移動速度に関する実験的な研究をおこなった。直列と錯列とからなる管群は前報の圧力分布の測定に使用したものと同様で、圧力測定管を隔壁被覆門柱におきかえただけの違いである。

えられた結果から $Sh_{av}/Re^{0.6}$ と $(1-\epsilon)$ とを相関したところ、 $0.48 \phi^{1/2}$ の値により最大偏差15%で近似できた。ここで ϕ は管まわりでの流体加速の程度を示す流れの特性量である。また入口部では管の位置による $\phi^{1/2}$ の変化が著しく、 $Sh_{av}/Re^{0.6}$ と $\phi^{1/2}$ の点線から物質移動速度にたいする入口効果が推定できた。

低レイノルズ数域における充填固体球からの物質移動 (笠岡成光・新田邦昭, 化学工学, 33, 1231~1236(1969))
 固体-流体系反応操作におけるような比較的低 Re 数域での平均物質移動係数 (k_f) の推定式を検討・明確にするために、安息香酸球 (充填層、連珠) の定常溶解速度を Re 数 (1~100)、球径、管内径、層高などのほか、特に Sc 数 (6~50°C) を変えて精確に測定し、さらに、安息香酸球 (充填層) の定常昇華速度実験によっても検討を重ねた。その結果、固-液系、固-気系を問わず、 k_f を精度よく相関する、 Sc 数の指数を $1/2$ とするつぎの実験式を提出した。
 $J_D' = (k_f/a) Sc^{1/2} = 0.70 Re^{-0.61}$ あるいは $Sh = 0.70 Re^{0.33} Sc^{1/2}$ 。

多成分系蒸留の一計算法について (正野博視・平田光穂, 化学工学, 33, 1236~1242(1969))
 多成分系蒸留の操作型問題を解くために1つの新しい繰返し法を開発した。各成分の内部還流比は、absorption factor と stripping factor を用いて導かれる。導いた式を使う本法は、原料供給段の初期値を原料組成として、原料供給段から塔末端への逐次段計算の繰返し法である。
 本法は、簡単で、留出および缶出組成と塔内組成分布を決定するのに確実に速く収束する。

液状イオン交換体による酢酸の抽出——単一液滴の場合 (坂井渡・中塩文行・井上勝利, 化学工学, 33, 1243~1248 (1969))
 分散相に脂肪族2級アミン (液状イオン交換体 Amberlite LA-2) の n -ヘキサン溶液を、連続相に酢酸水溶液を用いて化学反応を伴う液々抽出の実験を単一液滴法によって行った。その結果滴の上昇時の抽出速度は主に滴内での物質移動によって支配され、その移動機構は Handlos-Baron の提案した滴内の循環流による乱流拡散のモデルによってうまく説明できるということがわかった。

繊維充填層フィルターの初期捕集効率に対する一推定法 (木村典夫, 化学工学, 33, 1248~1254 (1969))
 本報では、慣性および拡散領域についての単一繊維あたりの捕集効率を、その種小捕集効率 η_{min} および見かけの慣性限界値を基準にて表示する新しい実験式を与えた。また、任意の各種繊維における η_{min} を理論さえぎり捕集効率との比で表わし、ペクレ数との相関としてまとめ、 η_{min} の一般的な推定を可能とした。繊維層フィルターの捕集効率に関する著者の推定値は、他の研究者の諸式に比べ、実験値とかなりよく一致することが明らかとなった。

粉塵負荷を伴う繊維充填層フィルターの圧力損失 (木村典夫・井伊谷綱一, 化学工学, 33, 1255~1260 (1969))
 従来の研究では、粉塵負荷を伴う繊維充填層フィルターの圧力損失の推算はできなかったが、本報においては、捕集粒子によって繊維径が一様になくなったと仮定して、抗力説によって圧力損失を解析的に求めた。また、捕集粒子層の平均充填率を圧力損失の実測値から計算によって求め、捕集粉塵負荷および粒子径基準レイノルズ数の関数として実験式にまとめた。そして、粉塵負荷を伴う場合の圧力損失を通過時間の関数として与えた。

繊維層および発泡状浮材フィルターの単一繊維捕集効率 (牧野和孝・井伊谷綱一, 化学工学, 33, 1261~1265(1969))
 拡散・さえぎり支配領域における繊維層および発泡状浮材フィルターの繊維間干渉効果を含んだ単一繊維捕集効率について半実験的な取扱によって検討した結果、次のような新しい相関を得た。
 i) 繊維層フィルターの単一繊維捕集効率について

$$\eta_e = 8 \left\{ \frac{(ANR)}{N_{Pe}} \right\}^{1/2} + \frac{1}{3} ANR^2$$

 ii) 発泡状浮材フィルターの単一繊維捕集効率について

$$\eta_e = 18 \{ (ANR) / (N_{Pe}) \}^{1/2}$$

2次元カスケード・インパクトの分離機構 (湯晋一・井伊谷綱一, 化学工学, 33, 1265~1271 (1969))
 2次元インパクトは円形 (3次元) インパクトに比較して分級鋭さはいくぶん劣るが、有効捕集面積が大きいので高い秤量精度でユーロゾルの粒度および濃度分布を測定する利点をもっている。
 本報ではノズルより吹き出たポテンシャル流が垂直壁に衝突する際、自由流線上の速度分布と Stagnation flow の速度分布をつなぎあわせた流線モデルによって2次元インパクトの分離機構を解析した。一方捕集粒子を順次壁面厚真によって直接計数するという方法で2次元インパクトの分離に関する基礎実験データを提供した。モデルによる計算結果と実験結果は衝突効率と粒子捕集面積および捕集量分布の三者について比較し、衝突効率と捕集量分布についてはよい一致をみた。以上のことからモデルが2次元インパクトの分離機構をある程度正しく表現していると思われる。また2次元インパクトが上記の利点をもって実際の粒度および濃度分布測定に使用できる見通しがえられた。

蒸留塔の最適な加熱と冷却の方式 (西村肇・金子紀男, 化学工学, 33, 1271~1276 (1969))
 塔の高さ方向に分布して加熱あるいは冷却することができるとする蒸留塔を考え、最適な加熱冷却の分布を求めた。評価関数としては固定費と用役費の和をとった。その結果、塔底加熱、塔頂蒸餾、途中断熱という蒸留塔は通常の条件下では最適であること、冷却した熱量が有効に利用できる場合は塔の途中で還流をかけるのが最適の場合があることがわかった。

<寄書>

石膏の熱分解反応における表面伝熱抵抗の影響 (杉山幸男・架谷昌信・後藤安樹, 化学工学, 33, 1276~1278 (1969))
 固体の総熱分解速度に対する表面伝熱抵抗の影響を見るために、天然石膏単一球を強制対流を伴う放射炉、強制対流を伴う充填層および流動層の各層によって広範囲な伝熱係数をもって脱水反応させ、さらに実験結果を総熱伝熱の概念を用いた理論計算と比較検討した。その結果、本実験範囲 (伝熱係数 28~290 kcal/m²・hr・°C、加熱温度 210~350°C、粒径 1.75~4.96 cm) においてつぎの結論を得た。i) 表面伝熱抵抗は総熱分解速度にかなり大きな影響をもつ。ii) 理論によると、無次元反応完結時間は Bi 数および加熱温度をパラメーターとした線図にまとめられ、これにより表面伝熱抵抗の影響を検討することができる。また、実験は加熱温度が比較的低く、 Bi 数の小さい場合および加熱温度が比較的高く、 Bi 数の大きい場合をのぞいて理論とほぼ良い一致を認めた。

プロセスシステム最適化における一工夫 (佐藤成生, 化学工学, 33, 1279~1280 (1969))
 多数の独立変数と束縛条件を有するプロセスシステムの最適化において、感度解析・直交配列による実験計画・POPによる最適化の組合せによって能率的に最適化を行なう工夫 ICOM (Iterative Check and Optimization Method) を示した。この方法を用いて独立変数13ヶ、束縛条件12ヶのプロセスシステムの最適化を行なった。