σ : stress tensor ($=P\delta+\tau$)	[gr/cm $\cdot$ sec 2]	N : Newtonian fluid
τ : stress tensor	[gr/cm $\cdot$ sec 2]	s : sphere value
∇ : nabla operator	[gr/cm $\cdot$ sec 2]	0 : characteristic value

Subscript

a : apparent value

Superscript

* : dimensionless value

Literature cited

- 1) Bird, R. B., W. E. Stewart and E. D. Lightfoot: "Transport Phenomena" John Wiley and Sons, Inc. (1962)
- 2) Ito, S.: "Flow of Plastic Fluid" (Sosei-rutai no nagara) Nikkan Kogyo Shimbunsha, Tokyo (1960)
- 3) Perry, J. H.: Chem. Engineer's Handbook, 1199 3rd Ed. McGraw Hill (1950)
- 4) Sato, T. and I. Taniyama: Chem. Eng. Sci. (Japan), 28, 775 (1962)
- 5) Slattery, J. C. and R. B. Bird: Chem. Eng. Sci., 16, 231 (1961)
- 6) Turian, R. M.: Ph. D. Thesis of U. of Wisconsin (1964)

溢流管のない多孔板塔の流動実験*

平塚 幸哉**・増田 貞夫**

橋本 尚人**

(株) 日立製作所 笠戸工場

緒 言

蒸留塔の性能は棚段上に停滞する液量および単位容積当りの液ホールドアップに依存するところが多い。泡鐘板などの溢流管や堰を持った形式の棚段では棚上の停滞液量はほとんど堰高さによって決められているが、最近注目されている堰のない形式^{1,4)}では停滞液量は棚の形状寸法、たとえば開口比、孔径、孔ピッチおよび気液の流量、蒸留系の物性定数など、多くの因子に支配される。

堰や溢流管のない多孔板に関する研究は少なく⁷⁻¹⁰⁾棚上に所定の液を保持しようという設計上のこの新しい問題についてあまり研究が行なわれていない。

筆者らは、この形式の棚段上での液の停滞機構、気液向流をなすこれらの塔の物質移動の特性を明らかにするための一連の研究を行なった。

今回はこのうちの空気-水系によって得られた棚上の停滞液量、圧力損失、飛沫同伴量などの流動実験の結果について報告する。

1. 実験装置および実験方法

塔および付属装置のフローシートを Fig. 1 に示す。塔は内径 200 mm、長さ 300 mm、厚さ 7 mm のガラス円筒をパッキンを介し、棚と交互に組立てて 3 段にした

① Compressor	⑥ Gear pump	⑪ Manometer
② Control valve	⑦ Constant head tank	⑫ Glass-walled column
③ Surge tank	⑧, ⑨, ⑩ Cocks	⑬ Indicator tank
④ Flow meter	⑭ Liquid distributor	
⑤ Liquid tank	⑮ Tray	

Fig. 1 Flow sheet of apparatus

* <Experiments on the Hydraulics of Perforated Plate Column without Downcomer>

Received on September 28, 1964

化学工学協会 広島大会 (昭和 37 年 12 月) にて研究発表

** Kōsai Hiratsuka, Sadao Masuda and Naoto Hashimoto (Kasado works, Hitachi Ltd., Yamaguchi, Japan)

ものである。

液は計量されたのち、最上段に供給され3段の棚を流下し水槽に戻り循環する。空気は計量されて塔底から供給される。棚上に落下してくる液と接触しながら空気は上昇し塔頂から塔外にでる。指示液タンクにはインクが入れてあり、飛沫同伴量の測定に使用した。

堰のない多孔板の設計変量は開口比、孔径、孔ピッチ、板厚の4つである。本実験では板厚を2mmとし、孔径と孔ピッチをそれぞれ変化させた Table 1 に示す6種のトレイについて実験した。開口比 F は棚の単位面積当りの開口面積の割合として、孔径 d 、孔ピッチ t とすると孔を正三角形装置にしたので

$$F = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \frac{d^2}{t^2} \times 100 \quad [\%]$$

で定義される値で示している。

圧力損失は塔の各段間4ヶ所の圧力を取り出し、マノメーターで差圧を測定した。

一段当りの停滞液量は系が定常に達したとき、Fig. 1 のコック⑧⑨を同時に締切って、液の循環を遮断し、棚上の液を塔底から取出して計量し、その1/3量として求めた。

泡沫層高さは塔壁に記入した目盛で直読した。

飛沫同伴量の測定は棚段を2段とし、空気および水を流して定常状態になったのち、指示液タンクから赤インク水溶液(2%)を同一流量連続して下段に供給する。操作を継続すると上段は空気によって同伴される飛沫によって着色される。定常になったのち、各段から液をサンプリングし、赤インク濃度を光電光度計で求め、同伴量を計算した。この実験では棚段間隔を150mm, 300mm, 450mmの3通りについて実験した。

実験に用いた液はほとんどが水道水(水温約20°C)である。2, 3の実験では液の物性値の影響を調べるためにグリセリン水溶液(約20~80wt%), エチルアルコール水溶液(約30wt%)を用いた。

実験は液流量2600~19000kg/m²・hr, 空気流量は塔内空気速度0.5~2.2m/secの範囲について行なった。

2. 実験結果および考察

2.1 棚上の停滞液量

溢流管のない多孔板では開口部の一部から液が、一部から蒸気が流出し、向流をなす。このため棚上の気液の動的つり合いはかなり複雑な様相を示す。

Fig. 2 は循環流量 L が11500kg/m²・hrのときの単位面積当りの停滞液量 H と塔内空気速度 U_t との関係を示した。開口比一定の場合、 U_t によって H の値がかなり変化する。

例を開口比30%のトレイについてみると、 $U_t=0.5$

Fig. 2 Effect of tray dimensions on liquid hold-up

Fig. 3 Effect of liquid rate and gas velocity on liquid hold-up

Fig. 4 Effect of liquid rate and gas velocity on liquid hold-up

Table 1 Tray dimensions

Tray No.	Hole dia. d [mm]	Hole pitch t [mm]	Free space ratio F [%]
1	3	7.5	15
2	3	6.4	20
3	3	5.2	30
4	4.5	11.0	15
5	4.5	9.6	20
6	4.5	7.8	30

(a)

(b)

(c)

Fig. 5 Liquid hold-up vs. air velocity through perforation

m/sec 以下では棚上にほとんど液が保持されないまま孔から落下する、いわゆる漏洩 (weeping) 状態になる。空気速度が増すと棚のある部分から気泡が生成し始め、一部は静液が棚上を覆い、その部分から液が落下している。このときの停滞液量は 10mmAq 前後であり、気泡の生成している部分は棚全面積の 1/5~1/10 程度しかなく、気液の接触ははなはだ悪い状態である。この状態からさらに塔内速度を増すと棚全面から気泡が生じているように見られる。しかしトレイの下部から観察すると局

部的に液の流下している部分が見られ、この液漏れの部分はかなり不安定で棚の各部に移動する。このときの泡沫層には堰を有する多孔板より激しい液体攪乱が生じている。(この状態をいわゆる負荷状態 (loading) とよぶ) $U_i = 1.5 \text{ m/sec}$ 前後から泡沫層は毎秒 1.3~2.5 の振動数をもって左右に動揺し始める。液も動揺に応じ右半面、左半面と交代しながら落下する。この状態は $U_i = 2.0 \text{ m/sec}$ 付近まで続くが、その間の停滞液量はあまり増加しない。さらに U_i を増加させると急激に停滞液量および泡沫層高さは増加して、ついには泡沫層が上段に達して (いわゆる溢流状態 (flooding)) 操作は不能になる。

以上のように開口比の大きなときは負荷状態から溢流に至るまでの塔内空気速度の範囲が広い。開口比 20% では停滞液量が一定になっている U_i の範囲は狭くなり、開口比が 15% になると塔内空気速度が増加するにつれて H も増加し、 H が U_i に対して一定になっているという現象がほとんど見られない。

いずれの開口比についても孔径が大きくなるとわずかなではあるが H は減少する傾向にある。

種々の循環液量に変えた場合の H と U_i との関係を図 3 と Fig. 4 に示す。 H は循環液量 L が大きくなるにつれて同一 U_i の値に対して大きくなり、しかもその増加率は開口比が小さくなるほど大きい。Fig. 5 a), b) c) は孔通過空気速度 $U_h (= U_i/F)$ と H との関係を気液質量流量比 $L/G = 0.5, 1.0, 2.0$ について実験点を整理したものである。多少のパラッキはあるが L/G によって勾配 a が異なる直線で整理される。また $L/G = 0.5 \sim 2.0$ の範囲内で $a = 1.9 L/G + 1.3$ の関係がある。

2.2 圧力損失

圧力損失 ΔP は次式によって表わされる。

$$\Delta P = \Delta P_d + \Delta P_H + \Delta P_o \quad (1)$$

ここに ΔP_d は乾き圧力損失、 ΔP_H は棚上の気液混合層による圧力損失、 ΔP_o は液の表面張力による圧力損失 ΔP_d は気体の孔通過の縮流による損失であるから τ を液の流下している全孔面積に対する割合とするならば

$$\Delta P_d = \xi_1 \frac{\rho_g}{2g_c} \left(\frac{U_h}{1-\tau} \right)^2 \quad (2)$$

ここに ρ_g はガス密度、 ξ_1 は補正係数、 g_c は重力換算係数

ΔP_o は単一気泡では

$$\Delta P_o = \frac{2\sigma}{r g_c} \quad (3)$$

ここに σ は液の表面張力、 r は孔における気泡の曲率半径である。しかし r は直接測定できないので、これを多孔板の孔径 d におきかえ、その補正係数を ξ_2 とすると (3) 式は

$$\Delta P_o = \xi_2 \frac{4\sigma}{d g_c} \quad (4)$$

ΔP_H は単位面積当りの停滞液量 H とこのときの補正係数を ξ_3 とすると

$$\Delta P_H = \xi_3 H \quad (5)$$

で表わされる。

ΔP_d と U_h との関係は Fig. 6 に示す。ただし $\tau=0$ として整理した。Fig. 6 は勾配 2 の直線となり (2) 式の補正係数 ξ_1 は、孔径、開口比にほとんど無関係に 2.45 となる。斎藤³⁾ Arnold²⁾ らは多孔板の流量係数は孔径、開口比によって変化すると述べているが、本実験ではその影響が認められない。また τ は観察結果では 0.1 以下の値である。

Fig. 7 は湿り圧力損失 $\Delta P_w (= \Delta P - \Delta P_d)$ と H との関係をトレイ、循環液量、液の粘度および表面張力を変えて示したものである。 ΔP_w と H との関係は勾配約 1 の直線で整理され、循環液量、開口比、液の粘度などにはほとんど影響されないが、孔径および表面張力に影響される。これらの結果から $\xi_3 \approx 1$ および ξ_2 の値は空気-水系では $d=3\text{mm}$ のとき $\xi_2 \approx 1$ または $d=4.5\text{mm}$ のとき $\xi_2 \approx 0.7$ が得られる。

溢流管を持つ多孔板における亀井³⁾ らの実験では ΔP_w は $0.85 H$ に比例して増加していて筆者らの得た結果と異なっている。圧力損失が孔通過の際の損失、停滞液による損失および表面張力のための損失の三つに完全に分けられるものならば、棚上に均一な泡沫層ができてい以上、湿り圧力損失の増加と停滞液量の増加は等しくなければならない。しかし棚自身の圧力損失は必ずしも乾き圧力損失に等しくないし、泡沫の形成、液の搅拌に消費されるエネルギーは H の関数になるから、 H の係数は単に棚固有の実験定数と解釈すべきであろう。

以上、(2) (4) (5) 式のおおのの補正係数が実験的に求まり (1) 式の ΔP を計算することができる。しかし ΔP の計算には H の値が必要であり、この H の値は前節でも述べたごとく開口比、操作量によって大幅に変化し、正確に ΔP を予知することは困難である。 ΔP の大略の推算には Fig. 5 から開口比、液・ガス比が判れば H が求まるので、これを用いて $\pm 30\%$ 範囲内で ΔP を計算することができる。

2・3 飛沫同伴量

塔内ガス速度が大きくなると、棚上の停滞液量、泡沫層高さが増大する。それに従って下部の棚から上部の棚への飛沫同伴量も増加し、棚段の効率を低下させる原因の一つとなる。

飛沫同伴量は段間隔の小さいものほど同一塔内空気速度に対して大きくなり、また同一段間隔のときは空気速度の大きいときは同伴量は大きい値をとる。Fig. 8 は泡沫層上面から上段までの空間距離 S ($S=l-h$ ここで l は段間隔、 h は泡沫層高さ) と同伴量 E との関係を示した。 E は孔径、循環液量にあまり関係ないように見

Fig. 6 Pressure drop for dry plate vs. air velocity through perforation

Fig. 7 Wet pressure drop vs. liquid hold-up

Fig. 8 Entrainment vs. the distance from top of the foam to the above plate

受けられ、空間距離 S と密接な関係にある。

2.4 単位泡沫層当りの液ホールドアップ

気液接触の割合を示す値として、単位泡沫層当りの液ホールドアップ φ を $\varphi=H/\tau_l h$ として求めた。Fig. 9は孔径4.5mmのトレイで循環流量一定のとき、 φ と U_t との関係を示した。 U_t が大きくなると φ は減少する。また開口比の小さいものほど φ は大きい値を示す。孔径3.0mmのトレイもこれと同じ挙動を示す。

溢流管のある多孔板についての2, 3のデータ^{1,5,6)}と比較したのがFig. 10である。本実験のトレイはTray No. 4で $L=7650\text{kg/m}^2\cdot\text{hr}$ の条件で行なったものである。 $U_t=0.3\text{m/sec}$ 以上の負荷範囲では溢流管のない多孔板も溢流管のある場合に近い φ の値を示している。

結 言

塔径200mm、段間隔300mm、棚段数3の試験塔により孔径、開口比の異なる6種の溢流管のない多孔板について、空気-水系の流動実験を行ない、次の結果を得た。

(1) 棚上に停滞する液量 H は液・ガス流量、開口比によって複雑に変化するが、液・ガス質量流量比 L/G が一定の場合、 H は孔通過ガス速度によって、Fig. 5 (a), (b), (c)に示すごとく整理される。

(2) 圧力損失 ΔP は(2), (4), (5)式によって示され、各式の実験定数は $\xi_1=2.5$, $\xi_2=0.7\sim 1.0$, $\xi_3=1$ である。ただし、この実験式の適用範囲は空塔速度 $0.5\sim 2.2\text{m/sec}$, $L/G=0.5\sim 2.0$, 開口比 $15\sim 30\%$, 孔径 $3\sim 4.5\text{mm}$ である。

Fig. 9 Volume fraction of liquid hold-up vs. gas velocity

Fig. 10 Comparison of volume fraction of liquid hold-up for perforated plate with and without downcomer

(3) 単位層容積当りの液ホールドアップ φ は棚形状、空気速度によって $0.2\sim 0.5$ の範囲に変わる。

Nomenclature

d : perforation diameter [m]
 E : entrainment [kg (liquid)/kg (air)]
 F : free-space ratio of perforated plate [%]
 G : gas flow rate [kg/m²·hr]
 g_c : conversion factor of gravitational acceleration [kg·m/Kg·sec²]
 H : liquid hold-up on a plate [Kg/m²]
 h : foam height on a plate [m]
 L : liquid flow rate [kg/m²·hr]
 l : tray spacing [m]
 ΔP : total pressure drop across a plate [Kg/m²]
 ΔP_d : pressure drop for dry plate [Kg/m²]
 ΔP_H : pressure drop due to liquid hold-up [Kg/m²]
 ΔP_w : wet pressure drop ($=\Delta P_H + \Delta P_d$) [Kg/m²]
 ΔP_s : pressure drop due to the surface tension

of liquid [Kg/m²]
 S : distance from the top of foam to the above plate [m]
 t : perforation pitch [m]
 U_h : air velocity through perforation [m/sec]
 U_t : superficial air velocity based on tower cross section [m/sec]
 τ_l : specific weight of liquid [Kg/m³]
 ρ_g : density of gas [kg/m³]
 ρ_l : density of liquid [kg/m³]
 σ : surface tension [kg/sec²]
 ξ_1, ξ_2, ξ_3 : constant [—]
 τ : ratio of liquid flow area to the total area of the perforation [—]
 φ : volume fraction of liquid hold-up on a plate [—]

Literature cited

- 1) Alan, S. Foss and J. A. Gerster: *Chem. Eng. Prog.*, **52**, 28 (1956)
- 2) Arnold, D. S., C. A. Plank and E. M. Schoenborn: *Chem. Eng. Prog.*, **48**, 633 (1952)
- 3) Engineering Staff Shell Development Company: *Chem. Eng. Prog.*, **50**, 57 (1954)
- 4) Hutchinson, M. H. and R. F. Baddon: *Chem. Eng. Prog.*, **52**, 503 (1956)
- 5) Kamei, S. and T. Takamatsu: *Chem. Eng. (Japan)*, **18**, 108 (1954)
- 6) Mukhlenov, I. P.: *Journal Applied Chem. (U.S.S.R.)*, **31**, 40 (1958)
- 7) Myere, H. S. and C. F. Braun: *Ind. Eng. Chem.*, **50**, 1671 (1958)
- 8) Rodionov, A. I. and V. F. Marchenkov: *Journal Applied Chem. (U.S.S.R.)*, **33**, 1094 (1960)
- 9) Saito, S. and S. Maeda: *Chem. Eng. (Japan)*, **26**, 1093 (1962)
- 10) Sanga, S.: *Chem. Eng. (Japan)*, **27**, 162 (1963)

水蒸気-空気混合気流中における単一水滴の蒸発*

桐 栄 良 三**・岡 崎 守 男**
久保田 克 之**・大 橋 公 司***
片 岡 邦 夫**・水 田 浩 二***

京都大学工学部 化学工学教室

緒 言

自由液面からの液体蒸発は気相境界膜内において一方拡散を伴う。今これを気相組成より分類すると、

i) p_A が 0 もしくは極めて小さい場合 これは p_{Bm} が p_x にほとんど等しい場合に相当するが従来なされた蒸発の研究の大部分がこれに含まれる。単一液滴蒸発に関しては, Frössling⁷⁾, Ranz ら¹⁹⁾ が h_c , k_G について実験式を提出している。 k_G に関しては, 実験式に一応 p_{Bm} の項を入れているが事実上 p_{Bm} をほとんど変えておらず、一方拡散の際に生ずる気体の全体移動を考慮し k_G が p_{Bm} に逆比例するという境界膜説の結果を形式的に適用したもので、この点についての実験的検証を行なったものとはいえない。

ii) p_A が p_x に等しい場合 蒸発液体自身の過熱蒸気中への蒸発がこの場合に相当し、 k_G は蒸発温度が沸点と一致することより^{4,25)} 当然無限大となるため、 h_c についてのみ報告されている。いずれも平板容器からの蒸発乾燥を取扱ったもので、Wenzel ら²⁵⁾ は過熱蒸気、空気の両者について伝熱に関する j_h を同一実験装置について求め、前者が後者に比べて約 20% 大きい値を与

えると報告している。Chu ら^{4,5)} は直接空気との比較はしていないが、その実験式は Pohlhausen¹⁸⁾ の理論式より形式的にはかなり大きい j_h を与えるものである。いずれにしても彼らの実験では容器側壁、底面からの熱伝導が避けがたく、その結果についてはさらに検討を要しよう。

iii) p_A が比較的大きい場合 i), ii) の中間領域で p_{Bm} の影響を考慮しなければならない。意識的に p_{Bm} を大幅に変化させたものとして、まず Cairns ら³⁾ の濡壁塔による高湿度空気中への水の蒸発実験があるが、彼らは後述することく、 h_c , k_G の双方に p_{Bm} の影響を認めている。その後、Westkaemper ら²⁶⁾, Shulman ら²²⁾ の報告があり、Cairns らの結果も含めて、いずれも k_G に対する p_{Bm} のきき方が少なくとも前述の境界膜説の結果と一致していない。

以上の ii), iii) の場合に相当する諸研究は気相組成、 h_c , k_G に関してやや断片的なものであり、同一実験装置について広い気相組成範囲にわたって実験されていない。著者らは実験装置特性の比較的小さい単一水滴の蒸発を対象に、空気から過熱水蒸気にいたる全気相組成について h_c , k_G に対する p_{Bm} の影響を検討した。

* <Evaporation from a Water Drop in the Stream of Steam-air Mixtures>

Received on July 1, 1965

本会 名古屋地方大会 (1963) および本会第 3 回総合シンポジウム (1964) にて講演

** Ryozi Toei, Morio Okazaki, Katsuyuki Kubota and Kunio Kataoka (Dept. of Chemical Engineering, Kyoto University, Kyoto, Japan)

*** Kōji Ōhashi and Kōji Mizuta (Kurimoto-Tekkocho Co.)

メタノール-エタノール-*n*-プロパノール三成分系の気液平衡関係 (平田光純・松林徹, 化学工学, 30, 29~33 (1966))
メタノール-エタノール-*n*-プロパノール系の大気圧における気液平衡関係の測定を行った。また、測定値に基づいて等気組成曲線および等沸点組成曲線を作成した。

非ニュートン流体の流動—球の抵抗係数— (佐藤忠正, 行山巖, 下河津一, 化学工学, 30, 34~38 (1966))
球径 0.77~10.3 mm, 円筒径 56, 75, 100, 140 mm の装置で、ニュートン流体として水、非ニュートン流体として三種のゴム-トルエン溶液 (polybutadiene-toluene および polyisoprene-toluene) を用いて、球の抵抗係数を測定した結果非ニュートン流体中の球に及ぼす管壁の影響はニュートン流体中のそれより小さく、また非ニュートン流体中の見かけ剪断速度は $\dot{\gamma}_a = 0.6(v/d)$ であらわされることが分った。

溢流管のない多孔板塔の流動実験 (平塚幸哉・増田貞夫・橋本尚人, 化学工学, 30, 38~43 (1966))
溢流管のない多孔板塔について、空気-水系の流動実験を行なった。実験範囲は空塔速度 $U_t = 0.5 \sim 2.2$ m/sec, 液流量 $L = 2,400 \sim 19,000$ kg/m²·hr である。6 種類の棚、すなわち孔径 3 mm, 4 mm で開口比はそれぞれ 15, 20, 30% のものについて実験した。圧力損失を棚上の停留量との関係で求めた。飛沫同分量や単位容積当りの液ホールドアップの値を測定した。

水蒸気-空気混合気流中における単一水滴の蒸発 (桐葉良三・岡崎守男・久保田克之・大橋公司・片岡邦夫・水田浩二, 化学工学, 30, 43~49 (1966))
過熱水蒸気および水蒸気-空気混合気流中における単一水滴の蒸発実験を行なった。その蒸発速度より境界伝熱係数および境界物質移動係数を求め、それぞれに対して次の実験式を得た。

$$Nu = 2.0 + 0.65 Re_p^{1/2} Pr^{1/3}, \quad 9 < Re_p < 120$$

$$Sh(p_{Bm}/p_x)^{-0.20} = 2.0 + 0.65 Re_p^{1/2} Sc^{1/3}, \quad 9 < Re_p < 120,$$

$$0.38 < p_{Bm}/p_x < 0.98$$

多孔性固体・流体間反応に対する拡散の影響——総括速度式ならびに固体有効係数について—— (笠岡成光・阪田祐作, 化学工学, 30, 50~56 (1966))
流体の粒子外部物質移動、粒子内拡散および粒子内化学反応の 3 抵抗が共存する場合の、多孔性固体粒子 (球, 円柱, 平板) と流体との反応に対し、粒子内の拡散と化学反応が並列に起こると考える並列抵抗モデルに従って、等温総括反応速度式を導出し、さらに、これらに基づいて固体有効係数および総括固体有効係数を定義・導出し、上記各抵抗の一近似評価法を得、酸化タングステンの水素による還元速度データに適用を試み、満足すべき結果を得た。

無次元数による粒子運動方程式の解法——1 次元、外力に逆行する場合—— (森芳郎・菅沼彰, 化学工学, 30, 56~62 (1966))
無次元関数を用いて粒子運動方程式の数値解を得る方法を導いた。無次元外力 G に逆行する 1 次元運動の場合、無次元速度 (レイノルズ数) Re 、無次元時間 T 、無次元飛距離 S の関係は無次元関数 $T1(Re, G)$ 、 $S1(Re, G)$ で表わされ、近似関数 (31, 32), (37, 38) と Fig. 1~4 の補正係数から容易に計算できる。粒子速度が Re_A から Re_B まで変化するのに要する無次元時間 θ 、無次元飛距離 L は $T1$ または $S1$ の差として簡単に求められる。

多孔板塔の集塵効果に関する研究 (高松武一郎・平岡正勝・松野儀三・梅本 紘二郎, 化学工学, 30, 63~68 (1966))
多孔板塔の集塵効率を測定し、湿式集塵装置としての多孔板塔の性能を解析した。Fig. 1 (a), (b) に示す実験装置を用いて一段および多段スクラッパの集塵効率におよぼす因子と効率の関係を研究した。この実験の因子として堰高さ、ガス量、液量、液ガス比それに多孔板段数が選ばれた。その結果は Figs (4), (5), (6), (7), (8) に示すとおりで、多孔板塔をスクラッパとして使用する場合、液ガス比は 0.3 l/m³ gas 以上を必要としよう。実験結果を Fuks の理論を基にしたモデルにより解析した。

回転噴出孔からの液流による気液接触面積の考察 (高橋照男, 化学工学, 30, 68~69 (1966))
回転噴出孔からの液流とガスとの接触による物質移動現象の解明のため、二重円筒が形成する環状部に占める小孔からの連続液柱の単位容積当りの気液接触面積が理論的にならびに実験的に考察されている。その結果、噴出流体の粘性が大きい場合には、液表面に乱れがないとしてもめった理論値と実験値とはよく一致することが示されている。

石膏の熱分解反応機構に関する一考察 (杉本益規・竹内孜・田中達夫, 化学工学, 30, 70~71 (1966))
石膏の単一粒子の脱水反応・カニズムを研究するために、各種反応温度のもとで各種粒径の石膏の熱分解反応実験を行った。その結果、 $t = 160 \sim 200^\circ\text{C}$ では $2\text{H}_2\text{O}$ の脱水反応は反応生成物 CaSO_4 を通過する熱または物質の拡散速度によって律速され、 $t = 80 \sim 140^\circ\text{C}$ では $3/2 \text{H}_2\text{O}$ の脱水は化学反応速度に律速される。残りの $1/2 \text{H}_2\text{O}$ は拡散速度に律速されるようである。

熱媒体熱交換系の最適化 (此木恵三, 化学工学, 30, 71~72 (1966))
通常直接熱交換方式の方が熱媒体熱交換方式に較べて経済的であることを示し、高温流体側または低温流体側の境界伝熱係数が非常に小さく、直接熱交換方式の場合の伝熱面積単価が熱媒体方式の高温流体側または低温流体側の伝熱面積単価に較べて著しく高い場合は結論が逆になる。また最適熱媒体温度についても考察した。