Literature cited

- 1) Alexander, L. G. and Coldren, C. L.: *Ind. Eng. Chem.*, **43**, 1325 (1951)
- 2) Iinoya, K.: *Science of Machine, Japan (Kikai no Kenkyu)*, **10**, 1007 (1958)
- 3) Lane, W. R.: *Ind. Eng. Chem.*, **43**, 1312 (1951)
- 4) Lewis, H. C., Edwards, D. G., Goglia, M. J., Rice, R. I. and Smith, L. W.: *Ibid.*, **40**, 67 (1948)
- 5) Martinelli, R. C. and Lockhart, R. W.: *Chem. Eng. Progr.*, **45**, 39 (1949)
- 6) Nukiyama, S. and Tanasawa, Y.: *Trans. of Japan Soc. Mech. Engrs.*, **5**, No. 18, 63 (1939), **5**, No. 18, 68 (1939), **6**, No. 22, 7 (1940)
- 7) Ueoka, Y.: *Ibid.*, **23**, No. 129, 308 (1957), **23**, No. 133, 623 (1957), **24**, No. 145, 630 (1958), **25**, No. 159, 36 (1959)
- 8) Ueoka, Y.: *Zoku-shin Kagaku-Kogaku Koza*, No. 13 (Nikkan-kogyo-shinbunsha)
- 9) Yoshida, T., Morishima, N. and Hayashi, M.: *Chem. Eng., Japan*, **24**, 20 (1960)
- 10) Yoshida, T. and Morishima, N.: *Memoirs of the Faculty of Engg., Osaka City University*, **3**, 99 (1961)

回分攪拌槽における結晶粒子群の溶解と成長*

石 井 勉**・藤 田 重 文**

東京工業大学 化学工学科**

1. 結 言

攪拌槽における結晶の溶解速度は古くから測定され、求められた固液間物質移動係数は次元解析による実験式としてまとめられてきた。これらの研究の中で結晶の溶解速度を利用して攪拌槽の性能を調べる目的の研究^{11, 12, 28)}や液液抽出のために固液間の物質移動を研究した報告²⁾は、代表長さに槽径を用い、粒径の影響はないとしているが、永田ら³⁰⁾は粒径その他の諸因子の影響も考慮した実験式を提案している。結晶を槽底に環状または底面一面にはりつけて溶解させた研究^{17, 24, 35)}は、シャーウッド数の代表長さに槽径を用い、レイノルズ数の代表長さに槽径またはインペラー径を用い、遠藤ら³²⁾ Calderbank ら^{3, 4)}, Kneule²¹⁾ は代表長さとして粒径を用いている。レイノルズ数における代表速度としては、 $ND_i^{2, 11, 12, 14, 30)}$ または $ND_i^{17, 24, 25, 35)}$ を用いたものが多い。

Calderbank ら¹¹⁾ はレイノルズ数として一様にしてかつ等方性の乱流の場合における慣性力と粘性力との比を用いており、遠藤ら³²⁾ は実験的に求められた粒子-流体間の相対速度をレイノルズ数における代表速度として用いている。このほかにも多くの研究^{1, 9, 18, 22, 34)}があるが、攪拌槽における結晶の溶解速度はまだ完全に解明されたとはいえないようである。

まして、攪拌槽における結晶粒子群の成長速度につい

ては、過飽和溶液を攪拌しつつ核化を起こさせずに種晶を成長させるという実験的なむずかしさのために、溶解速度よりも十分な研究がさらに少ない。20世紀初頭に、Marc²⁶⁾, Le Blanc²³⁾, Fischer⁸⁾ が溶液からの無機塩類の成長速度について実験し、結晶の成長に対する抵抗は、溶解の場合と違って拡散抵抗だけでないことを示して以来、Jenkins¹⁶⁾, Davies ら⁶⁾, Schlichtkrull³³⁾, Nielsen³¹⁾, McCabe^{27, 28)} などの研究が発表されたが、これらはいずれも総括的な成長速度を測定したものである。これらに対して石井¹⁵⁾ は溶解に関して提案された Hixson の三乗根の法則¹⁰⁾ は、むしろ成長に適用した方が有効であることを見出し、さらに谷本ら³⁶⁾ は硫酸銅-水系において成長に対する抵抗を拡散抵抗と表面結晶化抵抗に分けること、すなわち、総括成長速度係数を物質移動係数と表面結晶化速度係数とに分離することを試みた。しかし、その実験はレイノルズ数 Re_0 が小さく、かつ狭い範囲に限られており、結晶粒子径も $-28+32$ mesh のものだけを用いたので、粒子が完全には浮遊しにくい範囲であった。

そこで、本報では粒子径を広い範囲 ($3\frac{1}{2}\sim 150$ mesh) に変化させ、槽径も 10cm のほかに 15cm のものを用い、インペラーの大きさおよび回転数を変化させて、 Re_0 の広い範囲にわたる実験を行ない、物質移動係数に対する普遍的な相関関係を求めた。なお、インペラー径の槽径に対する比および槽底からインペラーまでの距離も変化させて、いわゆる浮遊限界速度が Re_0 だけでは規定できないことを明らかにした。

また、結晶の種類による表面結晶化速度係数の変化をみるために本実験では硫酸カリウムを用いたが、この場合も表面結晶化過程は 1 次であり、かつその速度係数

* <Dissolution Rate and Growth Rate of Crystal Particles in Stirred Tanks>

Received on Sep. 4, 1964

化学工学協会第 28 年会 (1963) 研究発表会にて講演

** Teutomu Ishii, Shigefumi Fujita (Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan)

k_R が硫酸銅の場合とほとんど変わらないことを見出した。

で与えられる。

$$-\frac{dC}{dt} = k_L a (C - C_s) \quad (1)$$

本実験では粒子の表面積および粒径が大きな変化を受けないように飽和に近い濃厚溶液を用いたので、 k_L も a

2. 実験方法と実験装置

実験装置の概略を Fig. 1 に示した。恒温槽 A 内の一定温度の水をポンプ C を用いてガラス製攪拌槽 D のジャケットに送り、攪拌槽を一定温度に維持させ、つぎに熱交換器 G を通して保温水の温度が一定になるようにして恒温槽 A にもとした。

攪拌槽の詳細を Fig. 2 に示し、攪拌槽の寸法と攪拌条件を Table 1 にまとめた。槽径は 10cm および 15 cm、インペラーはカイ型で、その直径は槽径の 1/3, 1/2, 2/3、インペラーと槽底との間隔 H_i は、インペラー径 D_i が槽径 D_t の 1/3; 1/2, 2/3 である場合に対応しておのおの H_i/D_i を、1/30, 1/20 と 1/10, 1/15 に維持した。

実験試料に使用した硫酸カリウムは一級試薬で、粒径は、 $-3\frac{1}{2} \sim +4$ 、 $-6 \sim +7$ 、 $-8 \sim +9$ 、 $-10 \sim +12$ 、 $-16 \sim +20$ 、 $-28 \sim +32$ 、 $-48 \sim +60$ 、 $-60 \sim +65$ 、 $-100 \sim +150$ mesh のものを用いた。結晶投入量は原則として槽径を変えた場合にも、槽液の体積と結晶の体積との比が一定になるように定めた。ただし、槽径が 10 cm の場合には少数の例外もある。

溶液は、溶解の場合には初期濃度が約 5°C 未飽和になるように、また成長の場合には約 2°C 過飽和になるように硫酸カリウム結晶をイオン交換水に溶解して調製した。この溶液を槽径と液深がほぼ等しくなるように攪拌槽に仕込み、溶液の温度が所定の温度になってから、ふり分けた一定量の結晶粒子群を攪拌槽へ投入した。それから一定時間ごとに溶液を約 2cc 採取して、その濃度を蒸発乾固による重量分析法で測定した。このように溶液濃度の時間的な変化を追跡して溶解速度と成長速度とを求めた。なお、実験温度は $10 \sim 50^\circ\text{C}$ の範囲で、 5°C 間隔で実験した。

3. 実験結果および考察

3.1 溶解の場合 一般に結晶の溶解速度式は次式

Table 1 Dimensions and condition of batch stirred tanks

D_t [mm]	D_i/D_t	H_i/D_i	Impeller type	Impeller number	Impeller angle [degree]	Impeller material	Baffle width	V [l]	D_p
100	1/3	1/30	Paddle	2	90	Bakelite	$1/10 D_t$	0.700	$3\frac{1}{2} \sim 150$ mesh 20 g
	1/2	1/10 or 1/20	"	4	60	Stainless steel	"		
	2/3	1/15	"	4	45	"	"		
150	1/3	1/30	"	"	90	Brass	"	2.700	$3\frac{1}{2} \sim 150$ mesh 75 g
	1/2	1/20	"	"	"	"	"		
	2/3	1/15	"	"	"	"	"

Fig. 1 Schematic diagram of batch stirred tank

- 1 thermostat water inlet
- 2 thermostat water exit
- 3 tank
- 4 impeller
- 5 baffle
- 6 jacket
- 7 thermometer
- 8 cover

Fig. 2 Batch stirred tank

24.5°C 600 r.p.m. -16~+20 mesh 20g
Fig. 3 Comparison of rate of crystal
dissolution and growth

Fig. 4 Specific surface of K_2SO_4 crystal particles obtained by permeability method

Fig. 5 Correlation of data for mass transfer in stirred tanks

も一定であると考え、(1) 式を積分して (2) 式が得られる。

$$\ln \frac{C-C_s}{C_1-C_s} = -k_L a t \quad (2)$$

(2) 式の関係を図示した代表例が Fig. 3 である。この図の直線の勾配から $k_L a$ が求められる。別に空気透過法によって求めた比表面積と粒径との関係を示す Fig. 4 から a を求めて k_L を算出した。シュミット数のべき数を $1/2$ と仮定し、粒径を代表等としたシャーウッド数とシュミット数の $1/2$ 乗との比を、遠藤ら³²⁾ の提案したレイノルズ数 Re_0 に対してプロットすると Fig. 5 が得られた。著者らの実験範囲は $Re_0 = 1 \sim 2.5 \times 10^3$ である。なお、動力数の推定には永田²⁹⁾ の図によった。Fig. 5 によると $D_i/D_t = 2/3$ の場合のデータはやや下側にくる傾向があるが、これはインペラーが大きいため、インペラーの下側の粒子はインペラーに邪魔されて浮遊しにくかったためと思われる。

同じ図に Hixson ら¹²⁾ のデータ (安息香酸、ナフタレン、岩塩-水、有機溶媒系、邪魔板なし、カイ型およびプロペラ型インペラー)、遠藤⁷⁾ の再計算したデータ (砂糖-水系、邪魔板あり、カイ型およびタービン型インペラー) および谷本ら³⁶⁾ のデータ (硫酸銅-水系、邪魔板あり、カイ型インペラー) も同時にのせてある。ただし、Hixson らの安息香酸-40% 砂糖水のデータは、Fig. 5 において著しく下側にくるので除外した。これはおそらく拡散係数の推定に大きな誤差があるものと考えられる。また、塩化バリウムのデータは粒径が不明のために除外した。さらに、Hixson らのプロペラ型インペラーを槽内に斜めに入れた場合の動力数は、垂直インペラーの値を用いた。この場合の値がやや下側にあるのは動力数の推定が不確実なためと思われる。

さて、Fig. 5 の著者らのデータの大部分はひとつの曲線にのるが、途中からいくつかの枝が分れ、これは粒径によるものである。たとえば、粒径が一定の場合に Re_0 が小さい間はその増加とともに急激に縦軸の値は増加するが、次第に増加率はゆるやかになり、ついにその上限ともいえるべき曲線に達する。この間の撹拌槽内の粒子の運動を観察すると、はじめは粒子群が完全に沈殿しているが、次第に粒子群の一部が槽底から舞い上がり、ついに粒子群全部が完全に浮遊するようになる。すなわち粒径が一定で Re_0 が增大するとともに物質移動係数つまり Sh が増大し、完全浮遊状態になると前記の 1 本の曲線に沿った変化をするようになる。換言すると枝わかれの

部分は粒子が完全に浮遊していない場合を表わすもので、完全に浮遊すれば 1 本の曲線で表わされることがわかる。

(1) 式が厳密に成立するためには、溶液が完全に混合されるか、粒子群が完全に混合されるか、いずれかの条件が成立しなければならないが、このような条件は粒子群の完全浮遊状態においてよく満足されるものと考えられる。この状態に対する曲線は $\pm 40\%$ の範囲で次の実験式によって表わすことができる。

$$Re_0 = 1 \sim 10^2$$

$$Sh = 1.00 \times 10^{-1} Re_0^{0.690} Sc^{0.5} \quad (3)$$

$$Re_0 = 10^2 \sim 1.5 \times 10^3$$

$$Sh = 2.64 \times 10^{-2} Re_0^{1.00} Sc^{0.5} \quad (4)$$

$$Re_0 = 1.5 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$$

$$Sh = 5.49 \times 10^{-1} Re_0^{0.633} Sc^{0.5} \quad (5)$$

なお、粒子群完全浮遊条件について遠藤ら³²⁾ は、 $Re_0 = 60$ がこの条件に合うと報告しており、谷本ら³⁶⁾ もこのことを認めたが、これは一定粒径のものだけを扱っていたために偶然にも Fig. 5 のうちのひとつ枝わかれの部分について観察されたものと思われる。本報では浮遊限界条件の追求は行なわなかったから、今後の研究に期待したい。

3・2 成長の場合 すでに谷本ら³⁶⁾ が指摘しているように (同報文 (4) 式)、一般に撹拌槽内の結晶の成長速度は次式によって表わされる。

$$-\frac{dC}{dt} = K_G a (C - C_s) = k_L a (C - C_s) = k_R a (C_s - C_s)^n \quad (6)$$

式中 $-dC/dt$ は回分撹拌槽における溶液濃度の時間

Fig. 6 Change of concentration of solution with time

的变化を測定し、これを Fig. 6 のように図示すれば、任意の時刻における接線として求められる。(6) 式が成立するためにも、すでに述べたように (1) 式が成立する場合と同様に粒子群が完全に浮遊状態にあることが望ましい。この意味から本実験では完全浮遊状態で成長実験を行なったから、 k_L は Fig. 5 の曲線または (3) (4) (5) 式から求められる。また a は空気透過法などによって求められるし、そのときの濃度 C も既知であるから、

Fig. 7 Method to obtain rate constant and order of interfacial crystal formation, according to Eq.(6)

(6) 式の第 1 項と第 3 項から界面濃度 C_i が求められる。そこで第 1 項と第 4 項との対数、すなわち $\log(-dC/dt)$ と $\log(C_i - C_s)$ とを座標軸にとって図示すれば、Fig. 7 のような直線関係が求められるはずである。この直線の勾配から表面結晶化過程の次数 n が求められ、 $\log(C_i - C_s) = 0$ のときの縦軸の値から表面結晶化速度係数 k_R が求められる。Fig. 6, Fig. 7 は硫酸カリウムに関する代表例であり、Fig. 7 から硫酸カリウムの表面結晶化過程は 1 次であることがわかる。

さて、(6) 式から次の関係が求められる。

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{k_R(C_i - C_s)^{n-1}} \quad (7)$$

この関係から一般に K_G は C_i によって変わるが $n=1$ の場合だけは K_G は C_i によって変わらない。本実験においては溶液として溶解実験の場合と同様に粒子の表面積と粒径との変化を小さくするためと核化が起こらないように十分に飽和に近い過飽和溶液を用いている。したがって、 a は一定であり、硫酸カリウムの場合には $n=1$ が確認されたから K_G も一定であると考えられ、(6) 式を積分して次式が得られる。

$$\ln \frac{C - C_s}{C_i - C_s} = -K_G a t \quad (8)$$

成長実験の代表例を Fig. 3 に示した。この図から同一条件下でも結晶の成長速度は溶解速度にくらべてはるかに小さいことがわかる。Fig. 3 の直線の

勾配から $K_G a$ が求められ、Fig. 4 の a から K_G が計算される。したがって、(7) 式の k_L が溶解の場合の値と等しいとすれば、(7) 式から k_R が計算される。

このようにして求められた k_R を絶対温度の逆数 $1/T$ と片対数にプロットすると Fig. 8 が得られる。この図から k_R は槽とインペラーとの形および大きさやインペラーの回転速度に関係なく、温度だけの関数であることがわかる。すなわち硫酸カリウム-水系の k_R は次式で表わされる。

$$k_R = 1.24 \times 10^{11} e^{-17.2 \times 10^3 / RT} \quad (9)$$

なお、比較のために谷本ら³⁶⁾ が硫酸銅について攪拌槽を用いて求めた結果と Hixson ら¹³⁾ が硫酸マグネシウムの単一球の成長によって求めた結果を Fig. 8 にのせた。硫酸カリウム(斜方晶系)、硫酸マグネシウム(斜方晶系)と硫酸銅(三斜晶系)とは結晶系が異なり²⁰⁾、硫酸カリウムと硫酸マグ

Fig. 8 Correlation of rate constants of interfacial crystal formation

ネンウムとは格子定数が異なる²⁰⁾。また、一般に表面結晶化速度係数は結晶面の種類や状態によっても異なるはずである^{5,19,20)}。それにもかかわらず、Fig. 8 から結晶粒子群についての平均の表面結晶化速度係数の値には、それほど大きな差がみられなかったが、これは偶然であるとしても興味深いことで、さらに今後の研究が必要であらう。

4. 結 論

回分攪拌槽を用いて硫酸カリウム結晶粒子群の溶解実験を行ない、物質移動係数を求め、既往の研究のデータも含めて Fig. 5 または (3), (4), (5) 式のような相関

関係を得た。

次に、結晶粒子群の成長実験を行ない、溶解実験から求めた物質移動係数を利用すれば、一般に表面結晶化過程の次数とその速度係数を求められることを示し、硫酸カリウムの場合には表面結晶化過程は1次で、その速度係数に関しては、Fig. 8 または (9) 式のような相関関係があることを示した。

〔付 記〕 貴重なデータを下さった金沢大学谷本明教授ならびに再計算したデータを下さった北海道大学遠藤一夫教授に厚く感謝いたします。また、実験にあたって種々助言していただいた早川豊彦助教授および実験に協力して下さった三井造船K. K. 中村喜久男、花王石ケン K. K. 江口碩両君に謝意を表わします。なお、本研究費の一部は文部省科学研究費（昭和36年18112）によったことをここに記して感謝いたします。

Nomenclature

a : surface area of crystals per unit volume of stirred tank	$[m^2/m^3]$	formation	$[m/hr]$
c : concentration of solution	$[kg \cdot mol/m^3] [mol/l]$	N : rotation speed of impeller	$[r.p.h.]$
c_i : concentration of solution at the interface	$[kg \cdot mol/m^3] [mol/l]$	N_p : power number	$[-]$
c_s : saturation concentration of solution	$[kg \cdot mol/m^3] [mol/l]$	R : gas constant	$[cal/mol \cdot ^\circ K]$
D_t : diameter of stirred tank	$[m]$	Re_0 : modified Reynolds number proposed by Oyama and Endoh $= N_p^{1/3} ND_i^{5/3} D_p^{4/3} / D_t \nu$	$[-]$
D_i : diameter of impeller	$[m]$	Sw : specific surface	$[m^2/kg]$
D_p : diameter of crystal	$[m]$	Sh : Sherwood number $= k_L D_p / D_L$	$[-]$
H_t : height from the bottom of stirred tank to impeller	$[m]$	Sc : Schmidt number $= \nu / D_L$	$[-]$
K_G : over-all rate constant of crystal growth	$[m/hr]$	T : absolute temperature	$[^\circ K]$
k_L : liquid film mass transfer coefficient	$[m/hr]$	t : time	$[hr]$
k_R : rate constant of interfacial crystal		V_r : volume of stirred tank	$[m^3] [l]$
		μ : viscosity of solution	$[kg \cdot m/hr]$
		ν : kinematic viscosity of solution	$[m^2/hr]$
		ρ_l : density of solution	$[kg/m^3]$
		ϕ_c : surface factor	$[-]$

Literature cited

- 1) Aksel'rud, G. A. : *Nanch. Zapiski*, **29**, 63 (1955)
- 2) Barker, J. J. and Trybal, R. E. : *A. I. Ch. E. Journal*, **3**, 497 (1957)
- 3) Calderbank, P. H. and Moo-Young, M. B. : *Chem. Eng. Sci.*, **16**, 39 (1961)
- 4) Calderbank, P. H. and Jones, S. J. R. : *Trans. Instn. Chem. Engrs.*, **39**, 363 (1961)
- 5) Cartier, R. et al. : *Ind. Eng. Chem.*, **51**, 1409 (1959)
- 6) Davies, C. W. and Jones, A. L. : *Trans. Faraday Soc.*, **51**, 812, 818 (1955)
- 7) Davies, C. W. and Nancollas, G. H. : *ibid.*, **51**, 823 (1955)
- 8) Endoh, K. : *Private communication* (1963)
- 9) Fischer : *Chem.-Ztg.*, **36**, 527 (1912)
- 10) Harriot, P. : *A. I. Ch. E. Journal*, **8**, 93 (1962)
- 11) Hixson, A. W. and Crowell, J. H. : *Ind. Eng. Chem.*, **23**, 923 (1931)
- 12) Hixson, A. W. and Wilkins, G. A. : *ibid.*, **25**, 1196 (1933)
- 13) Hixson, A. W. and Baum, S. J. : *ibid.*, **33**, 478 (1941), *ibid.*, **34**, 11 (1942)
- 14) Hixson, A. W. and Knox, K. L. : *ibid.*, **43**, 2144 (1951)
- 15) Humphrey, D. W. and Van Ness, H. C. : *A. I. Ch. E. Journal*, **3**, 283 (1957)
- 16) Ishii, T. : *Master thesis* (1961)
- 17) Jenkins, J. D. : *J. Am. Chem. Soc.*, **47**, 903 (1925)
- 18) Johnson, A. I. and Huang, G. J. : *A. I. Ch. E. Journal*, **2**, 412 (1956)
- 19) Kafarov, V. V. and Podorima, V. D. : *Khim. Prom.*, **86** (1957)
- 20) Katô, N. : *"Kesshō-Butsuri-Gaku"*, Tokyo, Kyōritsu-shuppan-sha (1958)
- 21) Kiriyaama, R. : *"Muki-Kōzō-Kagaku"*, Vol. 3, Tokyo, Kyōritsu-shuppan-sha (1952)
- 22) Kneule, F. : *Chem.-Ing.-Tech.*, **28**, 221 (1956)
- 23) Kolav, V. : *Chem. Listy.*, **52**, 852 (1958)
- 24) Le Blanc, M. and Schmidt, W. : *Z. physik. Chem.*, **71**, 614 (1911)
- 25) Le Blanc, M. : *ibid.*, **86**, 334 (1913)
- 26) Marangozis, J. and Johnson, A. I. : *Can. J. Chem. Eng.*, **39**, 152 (1961)
- 27) Marangozis, J. and Johnson, A. I. : *ibid.*, **40**, 231 (1962)
- 28) Marc, R. : *Z. physik. Chem.*, **61**, 385 (1908)
- 29) *ibid.*, **67**, 470 (1909)
- 30) *ibid.*, **73**, 685 (1910)
- 31) *ibid.*, **75**, 710 (1911)
- 32) *ibid.*, **78**, 71 (1912)
- 33) *Z. Elektrochem.*, **15**, 679 (1909)
- 34) *ibid.*, **16**, 201 (1910)
- 35) McCabe, W. L. : *Ind. Eng. Chem.*, **21**, 30, 112 (1929)
- 36) McCabe, W. L. and Stevens, R. P. : *Chem. Eng. Progr.*, **47**, 168 (1951)
- 37) Nagata, S. : *"Kakuhon-Ki no Shoyō-Dōryoku"* (Shin-Kagaku-Kōgaku-Kōza) Tokyo, Nikkan-Kōgyō-shinbun-sha (1957)
- 38) Nagata, S. et al. : *Kagaku Kōgaku (Chem. Eng., Japan)*, **24**, 618, 726 (1960)
- 39) Nielson, A. E. : *Acta. Chem. Scand.*, **12**, 951 (1958)
- 40) Oyama, Y. and Endoh, K. : *Kagaku Kōgaku (Chem. Eng., Japan)*, **20**, 575, 666 (1956)
- 41) Schlichtkull, J. : *Acta. Chem. Scand.*, **11**, 439 (1957)
- 42) Steidle, H. : *Chem. Listy.*, **52**, 1411 (1958)
- 43) Tanimoto, A. : *Doctor thesis* (1961)
- 44) Tanimoto, A. et al. : *Kagaku Kōgaku (Chem. Eng., Japan)*, **21**, 424 (1963)

炭化水素分解装置の性能 (国井大蔵, 化学工学, 29, 286~293 (1965)) 炭化水素を分解する装置の一般モデルに関し, 物質収支とエンタルピー収支の基礎式を結び合わせた結果, 生成ガス組成と入熱・出熱との量的関係を表わす理論式および必要酸素量を与える理論式を導いた。次にその一般式から燃料のガス化, メタンの部分燃焼, プロパンの熱分解の各場合に対する簡単な式を導き, それぞれ実際操業データと比較して一致する計算結果を得た。

高分子溶液の乾燥機構 (佐野雄二・西川新三, 化学工学, 29, 294~300 (1965)) PVA-水系高分子溶液の滴(球)の乾燥速度は, 濃度と平衡蒸気圧の関係より, 恒率, 減率一段および減率二段の三段階に分けることができ, 滴温度および表面濃度は各段階に対応して変化する。恒率段階および減率一段の終了する時間, およびこの時の濃度を拡散方程式の解を参照して本文 (20), (22) 式および Fig. 11 にまとめた。減率二段における濃度変化より見かけの相互拡散係数を求め, (17) 式で表わした。

スチロールの溶液重合速度 (原田 誠・山田 卓・田中克二・江口 弥・永田進治, 化学工学, 29, 301~307 (1965)) 典型的なラジカル重合の例として, α , α' -アゾビスイソプロピロニトリルを開始剤とするトルエン溶液中のスチレンの重合を行ない, 重合反応速度を反応器設計の立場から解析した。重合進行に伴う加速効果ならびに開始効率の変化は, 本報告の反応条件下で, 反応液中の重合体含有率によって規制される。加速効果, 開始効率の変化对重合体含有率の補正関係を用いれば, 従来の速度式による重合速度の表現がそのまま使用できる。

噴霧液滴の加速における圧力損失——ベンチュリ・スクラバの圧力損失について—— (吉田哲夫・森島直正・鈴木基之・福島尚祐, 化学工学, 29, 308~316 (1965)) ベンチュリ・スクラバの圧力損失に関する従来の研究の多くは実験的研究であるが, 上掲は液滴の噴霧加速を理論的に解析し, ベンチュリ・スクラバの圧力損失はほとんど液滴の加速に費されることを述べている。

液滴の平均径は従来より抜出・捕捉の実験式によって求められているが, これはノズル 1 本についての実験結果である。故に複数のノズルを用いたときにはこの式の液率には, ノズル 1 本当りの液率を用いねばならない。又 1 個の液滴の抵抗エネルギーより, 粒度分布を持った液滴群の加速圧力損失を求めるには, 補正した体面積平均径が用いられねばならぬことがわかった。

液滴の加速による圧力損失と, 壁面に附着した液による管摩擦による圧力損失の増加を考慮した圧力損失の計算結果は, 実験結果とよく一致した。又計算と実験結果から, 拡がり角度が約 $4 \sim 5^\circ$ において拡がり部の圧力損失が最小となることがわかった。

回分攪拌槽における結晶粒子群の溶解と成長 (石井 勉・藤田重文, 化学工学, 29, 316~321 (1965)) 回分攪拌槽を用いて硫酸カリウム結晶粒子群の水溶液中における溶解速度と成長速度を測定した。溶解実験から求められた物質移動係数は, 既往の研究のデータも含めて, Fig. 5 または (3) (4) (5) 式のようにまとめられた。つぎに成長実験から総括成長速度係数を求め, 溶解実験から求められた物質移動係数を利用して, 表面結晶化過程が一次であることを示した。また, 表面結晶化速度係数については Fig. 8 または (9) 式のようにまとめられた。

液々向流型充填層の混合特性 (大竹雄雄・柳田栄一・駒沢勲, 化学工学, 29, 322~327 (1965)) 液々向流型充填層の連続相分散相の混合特性を測定し, 次の知見を得た。連続相の混合は分散相により著しい影響を受け, 混合特性は連続相分散相流量の関数で表現できる。分散相混合特性は充填物区および形状により著しい影響を受け, 分散相流路の幾何学的形状によって決定される。さらに見かけ上静止しているパーマメントホールドアップも液滴同志の離合集散によりその成分は移動していることを確認した。

微粒固体懸濁物の沈降促進 (高坂彬夫・斉藤 嗣, 化学工学, 29, 327~330 (1965)) 水溶性蛋白質を凝集剤として使用する微粒固体懸濁物 (平均粒径 2 ミクロンのカオリン) の沈降促進法について研究した。その結果, 比較的安価に得られる豆乳が, 一般に使用されている無機および高分子系凝集剤にくらべて性能が著しく良いことを明らかにした。

豆乳は, カオリンの懸濁物の凝集剤として広い pH 範囲内で使用することができる。凝集剤の添加量はカオリンの $1/1000$ で十分である。

振動粉砕機における反応と粉砕との同時操作 (杉本益規・田中達夫, 化学工学, 29, 330~333 (1965)) 気固反応の中には, 反応生成物が粒子の表面に形成され, それが熟または物質の移動の抵抗となることがある。本実験において, このような反応機構に, 粒子の反応速度を高めるために表面の反応生成層を削除し, 未反応部分も粉砕するような体積粉砕を適用した。2, 3 の仮定のもとに, 粉砕回数, 粉砕度及び粒子の平均滞留時間などの操作変数に関し, 反応転化率を解析した。振動粉砕機における石膏の熱分解反応の実験結果はここに示したモデルと定性的に一致した。

精密攪拌動力計の試作 (本荘太彦・関宮 貞, 化学工学, 29, 333~334 (1965)) 我々の開発した攪拌動力計は攪拌槽をのせた回転台をトーションバーにより吊り下げ, そのねじり角を光てこで求める事により攪拌槽に加わるトルクを測定する方法である。本器は攪拌槽の荷重が理論的に回転軸受に加わらず, 実際に静摩擦が無視少である。またトルクの校正に振動法を用いたため精度の高い校正ができた。