水化物の脱水と造粒の同時操作について*

吉田 哲夫**・戸田 浩次***
山崎 尉二***

大阪市立大学 工学部

緒 言

回転を用いた造粒にみられる従来の研究は、おもに乾燥した粉体を原料とし、これに水、または溶液を添加して行なう造粒操作に関するもので、回分式ドラム造粒については Newitt¹⁾、皿型造粒については河野²⁾などの報告がある。

本報で述べるものは、原料として結晶水をもつ水化物を使用し、これに加熱操作を加え、そのさい融出する結晶水を結合媒体として造粒を行なうものであり、しかも加熱のさいの結晶水の融出、ならびに融出水分の蒸発の各過程が段階的に進行するので、造粒、ならびに造粒物の乾燥の両操作を一つの装置で連続的に行なって、そのさいの操作条件、ならびにそれら条件の造粒物におよぼす影響を考察したものである。

Fig. 1 Experimental apparatus

1. 実験装置および供給原料

装置の概要は Fig. 1 に示すように、固定式スクレーパーを内蔵した内径 300mmφ、加熱部炉長 1650mm の鉄製ドラムに、燃焼ガスの流れと供給原料の流れとが向流になるように燃焼室を配置した間接加熱方式のロータリー型の炉で、ドラムの回転はチェン駆動により 6~30 rpm の変速を可能とし、ドラムの傾斜は装置全体を組み込んだ架台の一方を上下することによって自由に変化させようようにしたものである。

原料供給は、スクリーフィーダーで定量的に行なわれる。なお造粒物排出側のドラムの末端に蒸気抜きの排気筒を設けている。

供給原料は Table 1 に示すように、水化物に、シードとしてその水化物の脱水物を配合したもので、このシードは、本装置の運転により製造された造粒物中、所望の粒径外のを篩分けし、さらにこれを 25 mesh 篩で通過する程度に、粉碎したものである。

また本実験において得られた造粒物粒度は、2mmφ 以下 31%、2~5mmφ 42%、5mmφ 以上 27% 程度のものであった。

2. 実験結果の考察

2.1 帯域の形成

定常運転にあるとき、ドラム内の原料は、ドラム軸方向に沿った温度分布に応じて、それぞれ含有水分を異にした帯域を形成することが観察された。

それら帯域を、それぞれ、混合湿潤帯、付着帯、造粒成長帯、乾燥帯と名づけ、また付着帯と造粒成長帯とを併せて、造粒帯とした。

i) 混合湿潤帯 この帯域は、加熱室の外に形成され、ドラムの回転に伴い、この帯域では原料の混合、および予熱が行なわれる。一方、ドラム内の蒸気の一部がこの帯域で凝縮し、そのため、原料は湿潤状態になりドラムへの付着が起こる。

Table 1 Properties of material and seed

	Material	seed
Density { true [gr/cm ³]	1.90	3.05
{ apparent ["]	1.00	1.40
Water of crystallization to be melted out by heat [%]	39.0	0
Particle size	25 mesh all pass	

* <Simultaneous Dehydrating and Granulating Operation for a Hydrated Material>
Received on November 17, 1965
昭和 40 年 10 月 (化学工学) 岡山大会にて研究発表

** Tetsuo Yoshida (Osaka City Univ., Faculty of Engineering, Osaka, Japan)

*** Kōji Toda and Jōji Yamasaki (戸田工業(株) Toda Industries, Co. Ltd., Hiroshima)

ii) 付着帯 この帯域では、結晶水の一部が融出し、その充填構造は pendular~funicular-I 程度まで進行するものと思われる。原料のドラムへの付着は激しく、一部はドラムの底を転動するが、その多くはドラムに付着し、回転に伴い、自重により、またスクレーパーによって滝状に落下する。この状態は造粒物成長の核の生成に重要な役割を果たしているものと考えられる。

iii) 造粒成長帯 この帯域では、結晶水はすべて融出を終り、核を中心に成長が始まる。

この帯域での充填構造は、funicular-I~II の領域にある。この帯域では原料のドラムへの付着はほとんど認められない。

iv) 乾燥帯 この帯域では、造粒物の成長はとまり、造粒物の乾燥が進む。

なお、各帯域での原料保有率は、混合湿潤帯をピークに逐次減少し、造粒成長帯の末端に至り一定の率に落ち着く。これは、各帯域での原料の物理的变化に伴い、原料の移動速度が変化すること起因するものと思われる。

一方、付着帯付近での原料のドラムへの付着は、粉体集合体表面の水分の影響によるもので、粉体集合体表面への水分の浸出速度>蒸発速度にあるとき付着が起こり、その逆の関係においては付着は起こらない。

付着防止のため、付着帯付近にパーナーを入れ急激な加熱をすると、浸出速度<蒸発速度となり、付着はないが炉内が激しく発塵し、造粒現象が生じない。

したがって、この種の造粒において、燃焼室の位置は、造粒操作上の重要な要素の一つと考えられる。

2.2 造粒操作の条件

本装置の操業における変動可能な要因について、それぞれの要因が造粒に及ぼす影響を考察した。

すなわち

(a) シードの粉体としての特性、ならびにシードと水化物との配合割合。

(b) ドラムの回転数、ドラム傾斜、および原料保有率。

(c) 伝熱ならびに原料供給速度。

i) シードの粉体としての特性 粉体特性を異にしたシードを、以下に述べる操作によってつくり、シードの粉体特性の差異が造粒に及ぼす影響を考察した。

本装置の操業で得た乾燥造粒物を粉碎し、25 mesh 篩を通過させたものを第一回目のシードとし、その後は産出する乾燥造粒物中 25 mesh 篩を通過するものをそのままシードとして、循環使用すると、そのシードの粉体特性は循環回数に応じて変化した。それら粉体特性を見掛け比重で代表し、その相関を点綴すると Fig. 2 のごとくになった。これら見掛け比重の異なったシードによる造粒の結果は、シードの見掛け比重の減少につれ、できた造粒物の空隙率は増大し、その強度の減少傾向がみられた。

Fig. 2 Relation between apparent specific gravity of seed ρ_s and reflux number n

Fig. 3 Relation between apparent specific gravity of seed ρ_s and moisture content at plastic limit m_{PL}

一方、見掛け比重の減少につれて、配合する水化物の割合を増加しないと、造粒操作において水分不足の様相を呈した。すなわち、シードの見掛け比重の差異によって、造粒水分に変動のあることが推定された。

ちなみに、見掛け比重と可塑限界水分 (JIS-A 1208) との相関を点綴してみると Fig. 3 に示すように、見掛け比重の減少につれて、可塑限界水分の大幅な増加がみられる。

これらは、Newitt¹⁾ が指摘したように、造粒水分が、粉体特性によって変化する充填構造と、その空隙との間に、密接な関係のあることを示している。

ii) 供給原料の調製 乾燥粉体に水を添加して行なう造粒操作において、河野²⁾ は、造粒水分を造粒能水分係数 f_g で整理し、各種粉体について、 $f_g=0.75\sim0.82$ の範囲であるとし、空気-水-粉体の充填構造からみて、funicular I~II の領域と考察している。すなわち

$$f_g = \frac{\text{造粒水分 } (m_f)}{\text{可塑限界水分 } (m_{PL})} = 0.75 \sim 0.82 \quad (1)$$

本実験において、水化物の配合割合 x を変化させて実験を行ない、造粒が円滑に行なわれた場合の x を、以下に示す式により、 f_g で整理してみると、 $f_g=0.75\sim0.90$ となり、河野の結果とほぼ一致した。

$$m_f = m_{PL} \cdot f_g = \frac{\text{融出結晶水重量}}{\text{全脱水物重量}} \\ = \frac{x \cdot nH_2O / M_w}{(1-x) + M_o x / M_w} \quad (2)$$

$$\text{水化物分子量 } (M_w) - \text{脱水物分子量 } (M_o) \\ = \text{融出結晶水 } (nH_2O) \quad (3)$$

これらの関係式を整理すると、次式ようになる。

$$f_g = \frac{x \cdot nH_2O}{m_{PL}(M_w - x \cdot nH_2O)} \quad (4)$$

f_g が 0.75~0.90 の範囲外の配合で造粒操作を行なうと次に述べるような操作上の問題が発生した。

$f_g < 0.75$ の場合、造粒成長帯は水分が不足し、非常にポーラスな塊と、塊の破壊による微粉が生成する。

極端に f_g を小さくすると、造粒は全く起こらず、炉内に激しい発塵が起こる。

一方、 $f_g > 0.90$ の場合、造粒成長帯でいったんできた造粒物が互にくっつき合って集団化し、これが一団となって、ドラム円周方向の滑りを起こし、遂には造粒成長帯の原料は帯状につながる。これが乾燥帯でちぎれ大きな塊を排出するようになる。

f_g を極端に大きくすると、付着帯付近で原料はドロドロに熔融し、これがスクレーパー上に付着堆積してスケールを形成し、これが次第に成長して操業不能に陥る。

iii) ドラムの回転数 ドラム内の原料粒子の運動は回転速度、ならびに原料の物理的性状によって異なる。

今造粒成長帯に着目して、回転数に応じた原料の運動状態を観察すると、回転のおそい間は、ドラム壁に沿って持ち上げられた原料の一部が原料層表面上を、周期的に、なだれ状に滑る状態がみられるが、回転数の増加につれて、なだれの部分は次第に減少し、遂には粒子が連続的に原料層表面を転動するようになる。更に回転をあげると、原料は、ドラムの中心に引いた水平面以上に持ち上げられ、cascading の状態に達する。

造粒操作は、原料の運動が転動状態にあるとき円滑に行なわれた。この状態におけるドラムの回転数は、臨界回転数の約 32% 程度であった。

Newitt¹⁾ は、その実験において、臨界回転数の 37% が造粒に望ましく、その運動状態を cascading にしないように注意している。

iv) 傾斜、および保有率 一定量の原料供給下で、ドラムの傾斜を変化させると、保有率に変動がみられる。傾斜を大きくしすぎると、造粒物の粒径は減少し、かつ造粒成長帯で、比較的粒径の大きい造粒物が、ドラム軸方向の滑りを起こし、未乾燥のままで排出する傾向がでてくる。

逆に傾斜を小さくしすぎると、保有率は増大し、造粒成長帯で、しばしば造粒物が集合化する傾向があらわれ

る。また本実験においては、混合湿潤帯の保有率が異常に増加するため、ドラムと原料供給口との間にある隙間から、原料の溢流出を起こした。

以上のように、造粒操作の面から、造粒成長帯における保有率は、4% 程度が適当であると判断した。

Newitt¹⁾ は、造粒物の粒子成長速度の見地から保有率を考察し、5~6% が適正であると報告している。

v) 滞留時間 一般に、この種のキルンの滞留時間 θ は次式によって示される。

$$\theta = kL / NDS \quad (5)$$

$$\theta = 60 V \rho X / 100 Q_w \quad (6)$$

L は炉長、 N はドラム回転数、 D はドラム直径、 S はドラム傾斜、 V はドラム容積、 ρ は原料見掛け比重、 X は原料保有率、 Q_w は原料供給速度を表わす。

一方 Newitt¹⁾ の報告している

$$D_p \propto N \theta_{(G)} \quad (7)$$

なる実験結果を用いて、Eq.(5) を書きかえれば、ドラム径が一定のときには

$$D_p \propto L_{(G)} / S \quad (8)$$

が得られる。このような関係は本装置の運転においても定性的に認められた。

また、Eq.(7) の関係は、ドラム回転数 N が造粒操作の面から、そのドラムの直径 D に応じて一定値に規制されるところから、造粒物の粒径は、その滞留時間 $\theta_{(G)}$ に応じて決められることを意味すると考えられる。

そこで、前述の造粒操作から規制される X_{opt} 、および造粒物粒径から規制された上述の $\theta_{(G)opt}$ を、Eq.(6) に代入整理すると、

$$\frac{Q_w}{V_{(G)}} = \frac{60}{100} \cdot \frac{\rho X_{opt}}{\theta_{(G)opt}} = K_{opt} \quad (9)$$

となり、Eq.(9) より、本装置の操業において、造粒物の所定の粒径に対し、造粒帯の単位容積当たりの原料供給速度が、 K_{opt} から定まることがわかる。一方、 $V_{(G)} = \pi D^2 L_{(G)} / 4$ であるところから、Eq.(9) より

$$L_{(G)} = 4 Q_w / \pi D^2 K_{opt} \quad (10)$$

の関係が成立する。

vi) 伝熱 基本的には、供給原料に対し、その結晶水の融出、および蒸発に必要な熱量を与えることであるが、これに加えて、造粒操作の面から、Eq.(10) によって規制される $L_{(G)}$ の長さの伝熱面積で、造粒帯で必要な熱量を与えるという条件も満足されなければならない。

すなわち、造粒帯での熱収支の式

$$U_{DM}(T_{D(G)} - T_{M(G)})\pi DL_{(G)} \doteq Q_w H_{(G)} \quad (11)$$

から誘導される $L_{(G)}$ と、Eq.(10) で表示される $L_{(G)}$ とが等しくならなければならない。

Eq.(11) 中、 $T_{D(G)}$ は造粒帯におけるドラム平均温度、 $T_{M(G)}$ は造粒帯における原料の平均温度、 $H_{(G)}$ は

造粒帯において、原料 k_g 当たりに必要な熱量を表わす。

一方、 U_{DM} はドラムから原料へのかかけの伝熱係数³⁾をあらわすもので、Fig. 4に示すように、ほぼ T_D のみの関数となる。なお $T_{M(G)}$ は、造粒帯では原料が融出反応状態にあるので、一定温度となり $U_{DM}(T_{D(G)} - T_{M(G)})$ は T_D のみの関数となる。これは造粒帯での熱負荷に相当する。

いま、Eq.(10) の $L_{(G)}$ と、Eq.(11) の $L_{(G)}$ を等しくおくと、

$$U_{DM}(T_{D(G)} - T_{M(G)}) = D \cdot K_{opt} \cdot H_{(G)} / 4 \quad (12)$$

となり、一定配合率の原料を供給するときは $H_{(G)}$ は一定であるので、Eq.(12) より K_{opt} 、すなわち造粒物の粒径は、 $T_{D(G)}$ によって規制されることがわかる。

一方、乾燥帯についてみると、その帯域でのドラム平均温度 $T_{D(D)}$ は、経済の見地より、ドラム材質の許容限界温度付近で操作することになると考えられるので、乾燥帯での熱負荷 $U_{DM}(T_{D(D)} - T_{M(G)})$ は、造粒操作とは無関係に、そのドラムの材質により、一定値とおける。すなわち

$$U_{DM}(T_{D(D)} - T_{M(D)}) = C \quad (13)$$

とする。

乾燥帯での熱収支は、Eq.(11) と同様に次式で示される。

$$U_{DM}(T_{D(D)} - T_{M(D)}) \pi D L_{(D)} = H_{(D)} Q_w \quad (14)$$

$L_{(D)}$ は乾燥帯の長さ、 $H_{(D)}$ は乾燥帯で供給原料 k_g 当たり必要な熱量を表わす。

したがって、乾燥帯の長さは、上式の関係より

$$L_{(D)} = H_{(D)} Q_w / \pi D C \quad (15)$$

で表わせる。

いま、上述の $L_{(D)}$ と $L_{(G)}$ との比をとってみると

$$L_{(D)} / L_{(G)} = H_{(D)} K_{opt} D / 4 C \quad (16)$$

となり、造粒物粒径に応じて、 $L_{(D)} / L_{(G)}$ が一定の値になることがわかる。一方、本装置においては、

$$L_{(G)} + L_{(D)} = \text{加熱部炉長 } L_{(H)} \quad (17)$$

であるところから、造粒物の粒径に応じて、 $L_{(G)}$ が一定に規制されることになる。これらの関係は、Eq.(16)、および (17) より、次式で示される。

$$L_{(G)} = \frac{4 L_{(H)} C}{4 C + H_{(D)} K_{opt} D} \quad (18)$$

また一方、ドラム傾斜も Eq.(8) より一定に規制されることになる。

vii) 原料供給速度 上述のように、造粒物粒径に応じて、造粒帯の長さ $L_{(G)}$ が規制されるところから、Eq.(9) の関係より、必然的に、その原料供給速度も規制されることがわかる。

これらの関係は、Eq.(9) に上記 Eq.(18) を代入する

Fig. 4 Relation between drum temperature T_D and apparent heat transfer coefficient from drum to material U_{DM}

ことにより、次式のように表わせる。

$$Q_w = \frac{C L_{(H)} \pi D^2 K_{opt}}{4 C + H_{(D)} K_{opt} D} \quad (19)$$

上式は、 K_{opt} の増加に伴い、 Q_w が増加する関係にある。

実際の操業において、造粒帯での保有率を一定に保ちつつ、 Q_w および伝熱量をそれに応じて増加させると、 $L_{(G)}$ は短くなり、造粒物の粒径は小さくなる。

結 言

水化物を原料とし、これに加熱操作を加えて行なう連続造粒の操作において、

1. Newitt や河野らの、乾燥粉体に水を添加して行なう造粒操作に比して、基本的な操作条件では、ほぼ同一の類似関係が成立すること、

2. 造粒物粒径に応じて、 $\theta_{(G)}$ 、 K 、 $T_{D(G)}$ 、 $L_{(D)} / L_{(G)}$ 、 $L_{(G)}$ 、 S 、 Q_w らが規制され、結果的に、造粒物粒径に応じて、その生産量が決まること、が判明した。

なお、本実験における造粒水分が、加熱操作が併用されるにもかかわらず加熱操作の全く行なわれない河野の実験のそれにほぼ近似するのは、造粒帯における伝熱のほとんどが、その帯域での水化物の結晶水融出反応に消費され、この帯域での水分の蒸発は、造粒水分に影響を与えるほど大きくないため、と思われる。

Nomenclature

C : value shown in Eq.(13)	[kcal/m ² ·hr·°C]	S : slope of drum	[m/m]
D : drum diameter	[m]	T_D : average temperature of drum	[°C]
f_g : available moisture content for granulation	[—]	T_M : average temperature of drum	[°C]
H : heat of reaction	[kcal/kg]	U_{DM} : apparent heat transfer coefficient from drum to material	[kcal/m ² ·hr·°C]
k : constant	[—]	V : drum volume	[m ³]
K_{opt} : value shown in Eq.(9)	[kg/m ³ ·hr]	x : mixing ratio of hydrate to total material	[%]
L : length of drum	[m]	X : loading	[%]
M_o : molecular weight of un-hydrated material	[g/mol]	θ : time of passage in drum	[min]
M_w : molecular weight of hydrated material	[g/mol]	ρ : apparent specific gravity of feed material	[kg/m ³]
m_f : moisture content for granulation	[%]	ρ_s : apparent specific gravity of seed	[kg/m ³]
m_{PL} : moisture content at plastic limit	[%]		
n : reflux number	[—]		
nH_2O : molecular weight of water melted out by heating	[g/mol]		
N : rotational speed	[r.p.m.]		
Q_w : flow rate of feed material	[kg/hr]		

Subscripts

D : drying zone
G : granulating zone
H : heating zone
opt : optimum value

Literature cited

- 1) Newitt, D.M., et al.: *Trans. Instn. Chem. Engrs.*, **36**, 422 (1958)
- 2) Kono, H.: *Chem. Eng.*, Japan, No.3, 1 (1963)
- 3) Perry, J.H.: *Chemical Engineers Handbook*, Fourth Edition 20-29

回 転 乾 燥 機 内 の 保 有 率*

篠 原 久**・広 末 英 晴**
 嵩 鎮 雄**・明 木 精 治***
 長 田 島 一***

九州大学工学部 化学機械工学科

緒 言

回転乾燥機は処理量が大いこと、および、運転の安全かつ容易さのために広く使用され、これに関する研究論文も多数発表されている。

その主なものは、機内における材料の平均通過時間、

* <Hold-up in a Rotary Drier>

Received on April 28, 1966

化工協会 関西支部 九州大会 (昭和39年12月) および徳山大会 (昭和40年11月) にて講演発表

** Hisashi Shinohara, Hideharu Hirose and Shizuo Kasami (Dept. of Chem. Eng., Kyushu Univ., Fukuoka, Japan)

*** Seiji Akegi and Shimaichi Nagata (Ube Industries, Ltd., Ube, Yamaguchi, Japan)

および、その受熱速度に関するものである。前者については、Friedman ら¹⁾、Prutton ら²⁾、Saeman ら³⁾ による各実験式および Schofield ら⁴⁾ による理論式が提出されているが、いずれもまだ完全とはいえない。そこで、著者らは、まず、機内における単一球形粒子の理想的運動を解析し、さらに、掻上げの形および数の差違を考慮に入れて、無次元整理式の形を予想した。つぎに、これらの式にもとづいて実験を行ない、本実験値はもちろん、既往の文献値をもおおよそ整理できる無次元式をえた。以下にその経過を報告する。

三成分系の気液平衡の測定——イソプロピルアルコール-水-イソプロピルエーテル系——（頼実正弘・吉村尚真・山本武則，化学工学，31，451～457（1967）） 3成分系の気液平衡関係を推算によって求める研究の一つとして，大気圧下でイソプロピルアルコール-水-イソプロピルエーテル系と，この系を構成する三つの2成分系の気液平衡を測定した。推算は Kogan と Margules の方法で試みたところ，実測値とよく一致した。この系はイソプロピルエーテルをエントレナーとし，共沸蒸留によって純粋なイソプロピルアルコールを製造する場合に必要である。

ガス系流動層における気泡による粒子の運動（桐栄良三・松野隆一・長井良昭，化学工学，31，457～463（1967））

二次元流動層に吹込んだ単一気泡によって粒子がどのように動くか調べ，気泡が層内に完全に通過した後を示される drift line を一般的な一つの曲線として求めた。この結果は粒子の運動が完全流体中で気泡（円柱あるいは球）が動く場合の完全流体の運動におきかえられとし，さらに気泡中心より下方，気泡半径の約2倍の所に仮想の壁があってそれが気泡と同一の速度で気泡と共に上昇するというモデルによってかなりよく説明できた。

湿った粒子層における液状水移動の径路係数（大谷茂盛・前田四郎，化学工学，31，469～473（1967））

湿った粒子層における液状水移動の径路係数を前報（化学工学，28，362（1964））でみちびいた理論式における総括の補正項， $1/\alpha$ ，として定義し，その物理的意味を説明した。この径路係数を求めるための装置を試作し，測定を行なった結果， $1/\alpha$ は層内間隙の屈曲による許りではなく，粒子表面と水との結合力によっても影響を受け，したがって，径路係数は粒子層の種類や含水率によって変わることがわかった。

蒸発冷却器に関する実験的研究（水科篤郎・伊藤竜象・宮下 尚，化学工学，31，469～473（1967））

本研究は蒸発冷却器の設計を目的としておこなわれたものである。蒸発冷却器の各移動係数，すなわちプロセス流体-冷却管内流体間の伝熱係数： h_{L1} ，冷却管外壁-冷却水間の伝熱係数： h_{w1} ，冷却水-空気流間の総括物質移動容量係数 h_{oga} をそれぞれ実験的に求め，それらに關与する各操作因子の影響を示す実験式を得た。

水和物の脱水と造粒の同時操作について（吉田哲夫・田田浩次・山崎尉二，化学工学，31，474～478（1967））

造粒にみられる従来の研究は，おもに乾燥した粉体を原料とし，これに水，または溶液を添加して行なう造粒操作に関するものであるが，本報では，結晶水をもつ水化物を原料とし，これに加熱操作を加えることによって，融出する自己のもつ結晶水を結合媒体として造粒操作を行なうものであり，しかも造粒，乾燥の両操作を一つの装置で，連続的に行ない，操作条件，ならびにそれら条件の造粒物に及ぼす影響を考察した。

回転乾燥機内の保有率（篠原 久・広末英晴・嵩 鎮雄・明本精治・長田島一，化学工学，31，478～484（1967））

回転乾燥機内における材料の平均通過時間はその設計，および，操作上重要な因子である。そこで，これと関係の深い無風時および通風時の保有率について研究した。まず，機内における単一球形粒子の運動を解析し，さらに，振上板の形および数を考慮にいれた發生容量を定義した。ついで，無風時および通風時保有率の次元解析式を導き，各式の係数と指数とを実験により求めた。これらによれば既往の文献値をもおおよそ整理できる。

触媒内の有効拡散係数について（若尾法昭，舟木俊彦，化学工学，31，485～491（1967）） 本研究は反応系での触媒内有効拡散係数（ D_e^R ）と非反応の物理拡散係数での有効拡散係数（ D_e^D ）との本質的な相異について検討したものである。触媒が広い細孔分布を有するとき，反応系で有効な平均細孔半径より，非反応系のそれのほうが圧倒的に大きいことを明らかにし，また， $D_e^R < D_e^D$ なること，および細孔分布が分っているとき D_e^R ， D_e^D の推算法を提案し，また有効拡散係数の推算値と実測値との比較を示した。

イオン交換における液相拡散に関する解析——等価交換の場合——（片岡 健・前田尚利・佐藤真士・上山恒恒，化学工学，31，491～497（1967））

等価イオン交換における液相拡散を shallow bed あるいは single particle bed で行なった場合について，Nernst-Planck の式を用いて解析した。交換速度は電場の影響を受け，その影響の仕方は拡散係数比，平衡恒数に依って変化した。さらに非対イオンと対イオンの価数比の影響を明らかにした。

多孔板抽出段上の連続相流体の混合特性（城塚 正・村上昭彦，化学工学，31，497～504（1967））

段長30cmの多孔板抽出段上の連続相流体の混合特性をパルステスト法により解析した。指数関数に乗じて変形した入出力パルスの平均，分散を用いて完全混合で1，ビストン流で0となる新しい混合度を定義した。この混合度を用いて解析した結果，実験条件の範囲内では混合特性に最も大きな影響を与えるのは二相分離界面高 H_0 であり，また分散相流量の大きいほどおよび連続相流量の小さいほど混合度が大きいことを明らかにし， $H_0=10\text{cm}$ のとき拡散モデルで近似できることを示した。

静電容量による粉体流量の測定（中島裕夫・後藤圭司・田中達夫，化学工学，31，504～507（1967））

粉体プロセスを自動化するためには粉体の瞬間流量を測定することがしばしば必要となる。従来この問題に関して2，3の方法が提案されているが本質的に改良すべき点がいくつか残されている。そこで本報では新しく静電容量によって粉体の瞬間流量を測定するための装置を試作し，その静特性を検討した。その結果本実験装置は装置の寸法並びに粉体の誘電率がわかれれば，粉体の物性の違いによる面倒な検定なしに，微小流量においてもかなり精度よく瞬間流量を測定できることがわかった。

瞬間的な局所物質移動速度の測定法（平田 彰・城塚 正，化学工学，31，507～508（1967））

相変化に基づくエネルギー遷移を利用して，局所的位置における瞬時の物質移動速度の測定手法を考案した。平板上の層流境界層における物質移動速度を本法により測定した結果，既往研究結果と非常によく一致した。本測定手法は今後，定常現象は勿論，非定常現象の解析にも有効な手段として適用できるものと考えられる。

実験データの数値微分について（日崎 司，化学工学，31，509～511（1967））

Spline 関数は数値微分にきわめて正確で有効な方法であり熱，物質の移動速度，あるいは化学反応速度の算出などに広く応用できる。

乳化重合系の無次元モデル化について（李 秀逸・豊岡 豊・井本立也，化学工学，31，511～512（1967））

Harkins の考え方をもとにして，活性粒子の定常仮定が重合初期より仮定できるものとして，乳化重合系の無次元化モデルを作った。ここで新しく定義した無次元パラメータは，瞬時数平均重合度の1/2に相当し，これを用いると，筆者らが先に提案した均一重合系の“モデル”と形式的に一致する。