ところが、最近に至って、原子そのものにおける同位体効果を利用することによって、注目すべき結果が得られてきた。それは、水銀共鳴線の吸収による水銀蒸気の酸化を利用したものである。すなわち、水銀は質量数が196, 198, 199, 200, 201, 202, 204 の7種の同位体の混合物であるが、この水銀の蒸気と水蒸気との混合物を、Hg-202 だけを含むような、特殊な水銀灯からの光によって照射する。ただし、これに必要な Hg-202 だけを含む水銀は、先に記した質量分離器によってつくることができる。すると、水銀の蒸気は、水銀灯からの水銀共鳴線 $h\nu$ の吸収によって次のように反応して、酸化されるが、

この反応によって生成した酸化水銀 HgO の中には、Hg-202 が濃縮されている。それは、Hg-202 から発せられる水銀共鳴線は、同じ質量数を持った Hg-202 によって、最もよく吸収されることを示している。

結 び

物理的分離法は、質量の違いを利用するものであるから、もし同じ質量を持った不純物があれば、それも同時に濃縮される。したがって、用いる試料は、できるだけ

純粋なものであることが望ましい。これに対して、化学的分離法は、化学的性質の違いを利用するものであるから、不純物の影響を受けることが少ない。

また、いずれの方法においても、それぞれ特徴を持っているから、実際に同位体の分離を行なう場合には、この特徴をできるだけ生かして使うことが必要である。たとえば、大量の重水を作る場合に、最初の部分すなわち前濃縮には、水や水素の蒸留あるいは二重温度交換法などが使われ、最後の仕上げの部分に水の電気分解が使われているなどがその例である。

参 考 書

- 菊池正士, 木村健二郎, 杉本朝雄, 武田栄一, 矢木栄, 山崎文男編集: 原子力工学講座第6巻, 第8編, 同位元素分離 (中根良平, 坂井光夫執筆) 昭和31年, 東京共立出版株式会社
- J. Kistemaker, J. Bigeleisen, A. O. C. Nier (Editors): *Proceedings of the International Symposium on Isotope Separation*, Amsterdam, 1957, (Published in 1958), North Holland Publishing Co., Amsterdam.
- G. M. Murphy (Editor): *Production of Heavy Water* (written by J. O. Maloney, et al.), 1955, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- I. Kirshenbaum, H. C. Urey, G. M. Murphy (Editors): *Physical Properties and Analysis of Heavy Water*. 1951, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- W. Bothe, S. Flüge (Herausgeber): *Naturforschung und Medizin in Deutschland*, Bd. 14, Kernphysik und Kosmische Strahlen, S. 181-193, Isotopentrennung in technischem Masstabe (gearbeitet von P. Harteck), 1953, Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr.

文献紹介

連続晶析操作の設計*

石 井 勉**

1. は し が き

晶析は古くから単位操作のひとつに数えられているが、他の単位操作に比べて工学的研究がきわめておこなわれている。もちろん、特定の結晶に対して経験的に考案・開発された晶析装置はいろいろあるが、合理的な設計方法はほとんど確立されていないといつてよからう。

過飽和溶液をさらに冷却すれば、結晶核が発生し、これがしだいに成長することは周知の事実であるが、核の生成速度や微少結晶の成長速度のようにきわめて基礎的な問題に対してさえ、いちいちこれらを実測する以外に推定することは不可能であり、また実測値に関する普遍

的な関係すらみいだされていない現状である。

このため回分装置の設計でさえ合理的な設計がむずかしく³⁴⁾、まして連続装置の設計方法にいたっては、ようやくはじめられたばかりである。一連の製造工程中において晶析工程が隘路になっている実例が少なくないのは、このためであろう。

しかし、近年はこのような状態を打破しようとする気運が強まり、晶析操作や晶析装置に対する関心が高まって、晶析操作や晶析装置に関する全般的な解説^{6-9, 15, 21, 23-27, 32, 39, 41, 42, 44)}が数多くなされているので、ここでは連続晶析操作の設計方法に関する文献について紹介する。

* 昭和39年12月4日受理

** Tsutomu Ishii 東京工業大学化学工学科

2. 連続晶析操作の分類と従来の研究

戦後1947年になって Miller ら¹⁷⁾ が Krystal-Oslo 型の晶析装置について諸因子の理論的關係を提出して以来、連続晶析操作の設計方法はしだいに開発されてきて近年は報告が多くなってきた。そこでこれらの設計方法を分類し、表1(次ページ参照)にまとめた。

分類を行なった方針はつぎのようなものである。まず、装置内の結晶粒子群の挙動から結晶粒子群が完全に混合している場合とピストン流の場合に分け、つぎに、溶液濃度が装置内で一定である場合と分布のある場合に分けた。さらに、装置内から製品結晶粒子群をとり出す方法として分級とり出しと完全混合とり出しとに分けた。分級とり出しというのは、装置内の粒径分布をもった粒子群から一定粒径に達した粒子群のみをとり出す操作であり、完全混合とり出しというのは、装置内の粒径分布をもった粒子群から無差別にその一部をとり出す操作であり、したがって製品結晶粒子群は装置内の結晶粒子群と同じ粒径分布を有することになる。また、粒子群ピストン流の場合には、装置を特別な構造にしない限り、必然的に分級とり出しになってしまうわけである。

以下、この分類表にしたがってのべる。

2.1 粒子群完全混合の場合

2.1.1 溶液濃度一定の場合

a. 分級とり出し 装置内の粒子群は完全に混合していて、この中から一定粒径に達した粒子群をとり出すことは装置の構造上かなり困難であると考えられる。しかし、このような理想的な場合について Saeman³¹⁾ は滞留時間、粒径、結晶のホールドアップ、生産速度の關係式を提出した。これらの諸式を利用した晶析装置の設計方法を Bransom⁴⁾ が提案しているので、この方法については後述する。石井ら¹¹⁾ は総括成長速度係数に対する粒径の影響を考慮して、Saeman の理論を修正した。しかし、Bennett²⁾ は強制循環型、カランドリア型、ドラフト・チューブ型の晶析装置に分級装置をとりつけた場合と Krystal-Oslo 型晶析装置を分級とり出しの場合とみなすと、装置内の結晶粒子群の粒径分布の実測値は Saeman の理論的分布関数と比較することがむずかしく、かつ製品粒径は一定でなく、せまいながらも分布を有するので Saeman の理論と実測値との一致はよいとはいえないと報告している。

b. 完全混合とり出し Saeman³¹⁾ は滞留時間、結晶のホールドアップ、粒径分布関数、重量-粒径分布関数などの關係式を提出し、さらに、引き出し時間という一種の平均滞留時間を用いて分級とり出しの場合との關係を論じている。このような場合の晶析装置の設計方法もまた、Bransom⁴⁾ が提案しているので後述する。

また、Saeman の理論式の誘導はすでに解説されている^{20,42,43)} ので参照されたい。

Schoen³⁵⁾ は Saeman の提出した粒径分布関数を拡張し、面積-粒径分布関数、長さ-粒径分布関数を与える式を提出して図示し、さらに平均粒径にも言及している。最近、城塚ら³⁶⁾、石井ら¹¹⁾ は Saeman の理論を修正して総括成長速度係数に対する粒径の影響を考慮した諸因子の關係を発表した。また、城塚ら³⁷⁾ は核化速度を考慮した諸因子の關係式を提案している。さらに、Stevenson³⁸⁾ は難溶性物質の沈澱操作に、Saeman、Schoen の理論的粒径分布関数が適用できるであろうと推定している。

また、実測値を Saeman の理論と比較検討したものが2,3ある。守山ら²²⁾ は空気吹き込みタンクおよびドラフト・チューブ型晶析装置を用いて実測した粒径分布が、Saeman の理論的粒径分布関数と一致すると報告している。しかし、川崎ら¹⁴⁾ は攪拌式水平管を用いて海水から氷を作る際に得た粒径分布と Saeman の理論的粒径分布関数の間に補正係数が必要であることをみだした。

Bennett²⁾ は強制循環型、カランドリア型、ドラフト・チューブ型晶析装置における連続晶析を完全混合とり出しの場合であるとみなすと、実測した粒径分布は、Saeman の理論的粒径分布関数よりもせまく、特に、NaCl, KCl, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を用いた場合には Saeman の理論と一致しないと報告している。さらに、このことは、Saeman の提出した成長速度式に含まれている仮定によるのではないかと推定している。

Mattern ら¹⁶⁾ は Saeman の提出した理論を攪拌槽における粒子群の溶解の場合に適用した。さらに、液体と粒子群とを連続的に供給するが、しかし粒子群は全部槽内で完全に溶解してしまう場合や液体は連続的に供給し排出するが、粒子群は最初に投入しただけで以後投入しない場合における諸因子の關係式を提出している。

Robinson ら³⁰⁾ は Saeman の提出した重量-粒径分布関数を多段完全混合槽列の場合へ拡張した。Randolph ら²⁹⁾ は非定常状態における粒径分布を与える式を提出し、操作量を階段状に変化させた場合の粒径分布の応答について考案している。

2.1.2 溶液濃度に分布がある場合(溶液ピストン流)

a. 分級とり出し、b. 完全混合とり出し

いずれの場合も Bransom ら^{3,4)} が諸因子の理論的關係式を提出したが、これは適当な平均濃度差を用いれば、Saeman の各場合の理論と一致するものである。特に成長速度が濃度差の一次に比例する場合には、ガス吸収の場合と同様に対数平均濃度差を用いればよいことが示されている。青木¹⁾ は円錐管を用いて実験し、円錐頂角を約3°位に小さくすると、粒子群は粒径の大小に

表 1 連続晶析操作の設計方法の分類と既往の研究

(1) 粒子群完全混合の場合

粒子群の挙動度分布	溶液濃度と粒子の出し方	研究 者 名	実 測 データ	系	装 置	内 容
完 全 混 合	分級と り出し	Saeman ³¹⁾	僅少	$\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$	Krystal-Oslo	滞留時間、粒径、結晶のホールドアップ、生産速度の関係を提出
		石井・藤田 ¹¹⁾	無	—	—	総括成長速度係数に対する Bransom の仮定 ($KG=kD_p^m$) を用いて Saeman の理論を厳密化
		Bennett ²⁾	有	$\text{NaCl, KCl, (NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$	FC, DTB (分級脚) Krystal-Oslo	Saeman, Bransom の理論的粒径分布関数は実測データと不一致
	完 全 混 合 と り 出 し	Saeman ³¹⁾	僅少	$\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$	Krystal-Oslo	滞留時間、結晶のホールドアップ、製品中の粒径分布の関係を提出
		Mattern, Bilous and Piret ¹⁶⁾	少	$\text{NaCl-H}_2\text{O}$	stirred tank	Saeman の理論を攪拌槽における溶解へ適用、半連続操作における諸因子の関係を提出
		Schoen ³⁵⁾	無	—	—	Saeman の粒径分布関数を拡張して面積-粒径分布関数、長さ-粒径分布関数を提出、平均粒径を提出
		石井・藤田 ¹¹⁾	無	—	—	総括成長速度係数に対する Bransom の仮定 ($KG=kD_p^m$) を用いて Saeman の理論を厳密化
		城塚・豊倉 ^{36, 37)}	無	—	—	核化速度を考慮し、Saeman の理論を厳密化
		守山・八幡屋 ²²⁾	少	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$	空気吹き込みタンク DTB	実測データが Saeman の粒径分布関数と一致
		川崎・馬野 ¹⁴⁾	有	ice-sea water	攪拌式横置管	実測データと Saeman の粒径分布関数との間に補正係数が必要
		Bennett ²⁾	有	$\text{Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{H}_2\text{O, NaCl, NaClO}_3, \text{Na}_2\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O, (NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{KCl, Citric Acid, DAP, Sucrose, Fumaric Acid-H}_2\text{O}$	FC, Cal, DTB	実測データが Saeman の粒径分布関数と不一致
		Robinson and Roberts ³⁰⁾	僅少	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$	完全混合槽 通列モデル	Saeman の理論を直列完全混合槽列へ拡張
		Randolph and Larsen ²⁹⁾	僅少	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$	不 明	非定常操作の粒径分布式、操作量のステップ状態化に対する粒径分布の応答を提出
		宮内・守山 ^{18, 19)}	少	$\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$	蒸 発 缶	無水石こうスケールの防止
	有 完全 とし 張り	Bransom ⁹⁾	無	—	Krystal-Oslo	総括成長速度係数に対する粒径の影響を考慮した。平均濃度を用いれば、Saeman の理論と一致
		青木 ¹⁾	有	—	円 錐 管	観察は粒子群ピストン流、溶液ピストン流の場合に相当するが、Bransom の理論を適用したため、補正係数が必要
		Bransom, Dunning and Millard ^{9, 4)}	無	—	Krystal-Oslo	総括成長速度係数に対する粒径の影響を考慮した。平均濃度を用いれば、Saeman の理論と一致

(2) 粒子群ピストン流の場合

粒子群の挙動度分布	溶液濃度と粒子の出し方	研究 者 名	実 測 データ	系	装 置	内 容
ピ ス ト ン 流	無	石井・藤田 ^{11, 12)}	有	$\text{K}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$	円錐管、円筒型流動層 (Krystal-Oslo)	粒子群の運動方程式、成長速度式、物質収支式を連立させて、解き、粒径と滞留時間、装置の高さの関係を無次元化した図で示した。
		城塚・豊倉 ³⁷⁾	無	—	円筒型流動層 (Krystal-Oslo)	充填塔におけるガス吸収と類似した方法。
	有 必然 的に 分級 と り 出 し	Miller and Saeman ¹⁷⁾	僅少	$\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$	Krystal-Oslo	粒子群の沈降速度を利用して、粒径、濃度分布、装置の高さの関係を提出。
		Bransom ⁹⁾	無	—	Krystal-Oslo	成長速度濃度分布、ホールドアップの係数に平均の空間率を用いて、塔高を推定する式を提出。
		Pulley ²⁸⁾	無	$\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$	Krystal-Oslo	成長速度濃度分布、層膨脹、懸濁液の密度から塔高を求めた。
		石井・藤田 ^{11, 12)}	無	—	円錐管、円筒型流動層 (Krystal-Oslo)	粒子群の運動方程式、成長速度式、物質収支式を連立させて解き、粒径と滞留時間、装置の高さの関係を無次元化した図で示した。
		城塚・豊倉 ³⁷⁾	無	—	円筒型流動層 (Krystal-Oslo)	充填塔におけるガス吸収と類似した方法。
		谷本 ⁴⁰⁾	僅少	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$	横置二重管	エンタルピー線図を用いて、溶液-粒子群並流、冷却水向流の非等温操作の設計方法。
		井上・坂本・矢木 ¹⁰⁾	有	Para-Xylene- meta-Xylene	円 筒	半連続式向流移動層における非等温分別晶析操作は充填層における非定常ガス吸収操作と類似の扱いが可能。

よって上下に分散して分級がよくなることを観察し、このような状態は粒子群完全混合、溶液ピストン流で分級とり出しの場合に相当するものとみなして Bransom の理論を適用したところ、補正係数が必要であることをみだし、補正係数を与える実験式を得ている。

さて、Bransom⁴⁾ は粒子群完全混合の場合の晶析装置の設計方法も提案しているので簡単にふれる。

一般に晶析操作を設計する際には、まえもって成長速度に関するデータは集められ、また、種品の粒径と供給速度（個数または重量）は与えられており、分級とり出しの場合には製品の粒径と生産速度（個数または重量）は与えられ、完全混合とり出しの場合には製品の粒径は指定できないが生産速度は与えられている。したがって溶液の流量速度を指定すれば、物質収支式から装置内の溶液の濃度または平均濃度が求められるからこの濃度が準安定域内にあることが確かめられる。濃度がわかると分級とり出しの場合は直ちに結晶のホールドアップを求めることができ、また、完全混合とり出しの場合は結晶ホールドアップの式（累積重量-粒径分布関数）を粒径で微分して求められる重量-粒径分布関数を最大にする粒径を指定してやれば結晶のホールドアップ W を求めることができる。粒子群が完全に混合するためには少なくとも粒子群は流動化しなければならないが、このような条件式は液流速と空間率の関数となっているはずであるから空間率を定めることができ、装置の体積 V_r はつぎのような恒等式から求めることができる。

$$V_r = \frac{W}{1-\varepsilon}$$

2.2 粒子群ピストン流

2.2.1 溶液濃度一定の場合

粒子群ピストン流の場合には一般に溶液もピストン流に近い流れをしていると考えられるから、溶液濃度が一定であるとは考えにくい。しかし、晶析においては過飽和度を大きくしがたく、かつ一般に成長速度はおそく、流速は大きいので、装置の入口、出口における濃度差は小さく、溶液濃度はほぼ一定とみなせる場合がしばしばある。このような場合の設計方法は従来全くなかったが、最近、城塚ら³⁷⁾、石井ら¹¹⁾ によって提案された。

城塚らは Bransom の粒子群ピストン流・溶液濃度に分布がある場合の設計方法⁴⁾ を改良して充填塔におけるガス吸収の場合と同様に考え、N. T. U. と H. T. U., H. S. R. U. を用いる方法を提案した。またこの方法を

理論段数と H. E. T. P. に分けることも考察している。

石井らは粒子群の運動方程式と成長速度式、物質収支式を連立させて半連続実験の結果から不必要な項をおとして解き、粒径と滞留時間の関係および粒子群の沈降する距離すなわち塔高が求められ、かつ連続操作可能な範囲もわかる図を作製した。

2.2.2 溶液濃度に分布がある場合

Miller ら¹⁷⁾ は硝酸-水系について粒径、濃度分布、塔高を与える関係式を平均の空間率を用いて提出した。Bransom⁴⁾ は成長速度、濃度分布、結晶のホールドアップ、塔高の関係式を平均の空間率を用いて提出した。さらに、Pulley²⁸⁾ は成長速度、濃度分布、流動層における層膨張のデータと懸濁液の密度とを組み合わせて塔高を求める設計例を硝酸-水系のデータを用いて示した。最近、城塚ら³⁷⁾ と石井ら¹²⁾ は 2.2.1 溶液濃度一定の場合と全く同じ方針で得た設計方法を提案している。またごく最近、Bransom ら⁵⁾ は硫酸マグネシウム-水系を用いた流動層における晶析実験から溶液の濃度分布を測定し、軸方向の混合拡散係数を求め、さらにこの濃度分布は、流動層が直列完全混合槽列からなりたち、各槽の溶液は 1 段前の槽の溶液と 2 段前の溶液からなりたつと仮定するバイパスモデルでも説明できることをみだしている。

谷本⁴⁰⁾ は水平二重管型晶析装置についてエンタルピー線図を用いて溶液-粒子群並流・冷却水向流の場合の非等温操作の設計方法を提案している。

分別晶析に関してはつぎにのべるような 2, 3 の研究がある。井上ら¹⁰⁾ は移動層における半連続式向流分別晶析が充填塔における非定常ガス吸収と類似してとり扱えることを示した。また、分別晶析を固液間の精溜としてとり扱う傾向もあり³³⁾、さらに、分離のエントロピーという観点から扱った報告もある¹³⁾。

さて、粒子群ピストン流の場合の晶析装置の設計方法について簡単にふれる。一般に成長速度のデータはまえもって与えられており、粒子群はピストン流であるから、種品の粒径と供給速度、製品の粒径と生産速度は与えられている。したがって溶液の流量速度を仮定すれば物質収支式から直ちに装置内の溶液の濃度または濃度分布が求められるから濃度が準安定域にあることを確かめる。濃度または濃度分布がわかれば滞留時間、塔高を計算することができる。ただし、製品粒子は流動化するようにしなければならない、また平均の空間率を利用する方法を用いる場合には、平均の空間率を指定する必要がある。

引 用 文 献

- 1) 青木吉雄：ケミカル・エンジニアリング，5，1141 (1960)
- 2) Bennett, R. C.: *Chem. Eng. Progr.*, 58, No. 9, 76 (1962)
- 3) Bransom, S. H. et al.: *Disc. Faraday Soc.*, 5, 83 (1949)
- 4) Bransom, S. H.: *Brit. Chem. Eng.*, 5, 838 (1960)
- 5) Bransom, S. H. and Trollope, G. A. R.: *A. I. Ch. E. Journal*, 10, 842 (1964)
- 6) Caldwell, H. B.: *Ind. Eng. Chem.*, 53, 115 (1961)
- 7) Garrett, D. E.: *Chem. Eng. Progr.*, 54, No. 12, 65 (1958)

- 8) Garrett, D. E.: *Ind. Eng. Chem.*, **53**, 623 (1961)
- 9) Grove, C. S. Jr. et al.: "Advances in Chemical Engineering", Vol. 3, Academic Press, New York (1962)
- 10) 井上博受・坂本祐彦・矢木栄: 化学工学, **27**, 415 (1963)
- 11) 石井勉・藤田重文: 第29年会講演要旨, p. 67 (1964)
- 12) 石井勉・藤田重文: 第3回シンポジウム前刷集, p. 69 (1964)
- 13) Joy, E. F. and Payne, J. H. Jr.: *Ind. Eng. Chem.*, **47**, 2157 (1955)
- 14) 川崎成武・馬野周二: 化学工学, **27**, 415 (1963)
- 15) 香田信男: 化学装置, **6**, No. 10, 22 (1964)
- 16) Mattern, R. V. et al.: *A. I. Ch. E. Journal*, **3**, 497 (1963)
- 17) Miller, R. and Saeman, W. C.: *Chem. Eng. Progr.*, **43**, 667 (1947)
- 18) 宮内照勝・守山逸朗: 第1回晶析シンポジウム (1958)
- 19) 宮内照勝: 化工便覧, p. 341 (1958)
- 20) 宮内照勝: 続新化学工学講座 (14) 流系操作と混合特性, p. 47 (1960)
- 21) 守田 総: 化学装置, **1**, No. 6, 30 (1959)
- 22) 守山逸朗: 最近の化学工学 (1961)
- 24) 守山逸朗: 化学工学, **28**, 1271 (1962)
- 25) Mullin, J. W.: "Crystallization", Butterworths, London (1961)
- 26) Mullin, J. W.: *Brit. Chem. Eng.*, **7**, 12 (1962)
- 27) Newman, H. H. and Bennett, R. C.: *Chem. Eng. Progr.*, **55**, No. 3, 65 (1959)
- 28) Pulley, C. A.: *Ind. Chemist*, No. 2, 63, No. 3, 12, No. 4, 175 (1962)
- 29) Randolph, A. D. and Larsen, M. A.: *A. I. Ch. E. Journal*, **8**, 639 (1962)
- 30) Robinson, J. N. and Roberts, J. E.: *Can. J. Chem. Eng.*, **35**, 105 (1957)
- 31) Saeman, W. C.: *A. I. Ch. E. Journal*, **2**, 107 (1956)
- 32) Saeman, W. C.: *Ind. Eng. Chem.*, **53**, 612 (1961)
- 33) Schmidt, J.: *Chem.-Ing.-Tech.*, **35**, 410 (1963)
- 34) Schoen, H. M.: *Ind. Eng. Chem.*, **52**, 173 (1960)
- 35) Schoen, H. M.: *ibid.*, **53**, 607 (1961)
- 36) 城塚 正・豊倉 賢: 化学工学, **28**, 77 (1964)
- 37) 城塚 正・豊倉 賢: 第29年会講演要旨, p. 69 (1964)
- 38) Stevenson, D. G.: *Trans. Instn. Chem. Engrs.*, **42**, 316 (1964)
- 39) Svanoe, H.: *Chem. Eng. Progr.*, **77**, No. 5, 47 (1959)
- 40) 谷本 明: 化学工学, **28**, 1140 (1962)
- 41) Van Hook, A.: "Crystallization; Theory and Practice" Reinhold, New York (1961)
- 42) 八幡屋正: "新化学工学講座 N-3 結晶化 (上)" (1957)
- 43) 八幡屋正・守山逸朗: 化学機械技術, **10** (1958)
- 44) 八幡屋正・守山逸朗: "化学工学 III" 東京化学同人 (1963)

文献摘録

A. I. Ch. E. J., 10, No. 3 ('64)

懸濁液の輸送特性 X—稀薄懸濁液の輸送に際して生ずる周期的現象を流動領域線図上で表示した—(Thomas, 303~8)

乱流状態で水—ガラス球ないしイオン交換樹脂懸濁液を水平管に流すと、流速に応じて4種の流動領域が現われる。すなわち、粒子群がある周期を持って管底に沈積しあたかも横波状になる領域、縦波状になる領域、粒子が不均一に運ばれる領域、完全に一様に運ばれる領域である。この4領域は、摩擦速度で粒子の終末速度を割った値を縦軸に、粒子径と摩擦速度を基準とする NRe を横軸にとった輸送特性図上で表わすことができる。 [沖田]

工業反応速度論に対するモデル作成方法 (Hunter & Mezaki, 315~22) この報文は、一つの理論的モデルから出発して、どのようにして実験データを最も良く説明するモデルに達するかを、メタンの酸化反応の速度論を例に取って示している。すなわち、適当な一つの仮説的モデルにしたがって実験データを統計的に解析し、そのモデルの欠陥を詳細に調べて、そこからそのモデルをいかに修正するかを決め、その修正したモデルについて同様の解析を行なって、最適のモデルに達するまで論理的修正を加えるという方法である。 [竹内]

平行板間流れの入口部での層流 (Wang & Longwell, 323~9) 非圧縮性ニュートン流体の定常等温流にたいして、Prandtlの境界層方程式にさらに $\partial^2 u / \partial x^2$ の項および v についても考慮した運動量方程式をたてた。 $Re=300$ に対して、入口と上流部でそれぞれ速度分布が平らな2つの場合について、助走部の速度分布、圧力勾配と圧降下の数値解を与え、普通行なわれている $\partial^2 u / \partial x^2 \ll \partial^2 u / \partial y^2$ の仮定は、入口付近には

成立しないことを説明した。なお、圧降下と助走部長さについては、境界層理論と本法の上流部速度分布平滑の場合の解とよく一致している。 [沖田]

壁面において一様吹出し、吸込みを有す垂直、水平導管内の強制および自然成対流に対する漸近解 (Carter & Gill, 330~9) 壁面に一様吹出し、吸込みのある2次元の水平および垂直導管内の対流について解いている。運動、連続、エネルギー収支、状態の5方程式をBermanの流れ関数を用い、また温度相似分布を仮定して整理し、その漸近解を得ている。 Pr が1の位以上になると急激に吹出し、吸込みの熱移動に対する影響が大きくなること、吸込みは軸と直角方向の温度勾配を大きくし、垂直導管では浮力の影響を大きくすることなどを結論している。 [篠原]

ガンマ線照射による n -アルコール類のフリーラジカル収率 (Zwiebel & Bretton, 339~44) 種々の有機化合物に放射線照射を行なった場合に生ずるフリーラジカル収率 (G 値) を直接測定する方法の一つにラジカル捕捉剤 DPPH を用いる方法があるが、この方法の改良を兼ねて n -アルコール ($C_1 \sim C_5$) のフリーラジカル収率を実験により求めた。この場合の反応モデルとして、 $M \xrightarrow{K_0} R$ (1), $R + R \xrightarrow{k_2} P_2$ (2), $R + S \xrightarrow{k_1} P_3$ (3) (R : ラジカル, S : 捕捉剤) を仮定し、 R について定常状態を仮定して (1)~(3) より S の時間変化を表わす式を導いた。この式は初期には $S - S_0 = -K_0 t$ (4) と近似化される。実験結果はいずれも (4) を満足した。さらに IBM-704 を用いて S の厳密解より k_1, k_2 を求め、得られた G 値を、諸家のデータと比較し、ほぼ一致を見た。 [尾見]

粉粒体混合層における粒子の横方向の混合 (Gabor, 345~50) 充填層粒子間の空隙で、細かい粒子が流動化する粉粒体混合層における、流動化粒子の横方向の混合速度を測定して、粒子の拡散係数を求めた。ガス流速に対する粒子拡散係数の変化の割合は、充填層粒子が球状よりも円筒状の方が小さい。普通の流動層では層高が大きくなると粒子の混合速度は増加する