るから、こういう現象も出てくると思われるのです。

菊池 ガス流量を固定して、液流量を変えていったのですが、実測値と計算値の偏倚の度合が、液流量でどのように変わるかについては、まだはっきりわかっておりません。なお、液混合については、つぎのように考えております。気泡が液と接触したあと、液は複雑な混合

をうけるものと思われます。したがって種々の濃度の液に気泡が接触すると考えられますが、しかし気泡塔内で接触回数がきわめて多い場合には、平均濃度の液に接触するとみなすのが最も近い仮定と考えられます。そこで平均濃度 $\bar{C}_n$ の液が n 番目の気泡と接触するとしました。

[Session 5] 2 相 流 反 応 装 置*

白 井 隆**・牧 島 信 一**

11月26日：(木) B会場

座 長 井本 立也(大阪市立大学 工学部)

白 井 隆(東京工業大学 資源化学研究所)

宗 重雄(三井石油化学工業(株))

I. 展 望

(大阪市立大・工 井本立也)

本セッションは、井本先生の展望から始まり、前半の発表2件の司会を白井が、後半を井本先生が担当し、最後に宗氏が総括した。初めから討論が白熱して、大竹伝雄先生と浅井悟先生のコメントと討論の一部は、セッション6にまで入り込んでしまった。参加者は約150名ほどで、この分野への関心の深さが窺われた。テーマが広範囲にわたっていたために、議論が広がる恐れがあったが、公害問題の発生を契機にして、防止技術への関心が強くなったためであろうか、かなり突込んだ議論が展開された。

本文は次のような内容で構成されている。2相流反応装置に関する全般的な展望を、I. 展望に記し、各研究者の発表内容の要旨を、II. 問題提起に記した。発表後におこなわれた質疑応答、討論、コメントなどを、III. 質疑討論に収録した。とくにIIIにおける整理には同じような問題点を指摘している討論などを集めてまとめた。限られた紙面と記録では、その方が内容とその場の雰囲気により正確に伝わると考えたからである。発言者の独創性を尊重するために、氏名を冒頭に記した。その他の文章は、発言の背景をある程度明らかにするために、筆者が解説したもので、責任は筆者にある。記録が不完全であったり、紙数の制限もあり、全容を適当に簡略化したことをご寛恕願いたい。

反応装置は、通常、多相流反応でない方がむしろ少ないくらいで、その典型的な例として次のような反応がある。ロケット内油滴・粉の燃焼、ガスの反応吸収、乳化重合、懸濁重合、流動層・移動層反応、血液、エロゾル、細胞内反応、油脂の流通式硬化、スラリー反応(炭カル製造)、ブドウ糖の水添(→アルコール)、水添脱硫、オレフィンのスルホン化など。

このような種々の反応は、多相系として、表1に示すような反応装置によって処理される。表中の○、?印は、それぞれその装置で扱われている多相系の存在と存在の可能性を示している。

この中で、2相系反応装置として、とくに最近興味をもたれている Trickle Bed Reactor の問題点を列挙すると次のようになる。イ) 液相の流動プロファイルの形とその影響。ロ) Static と Dynamic Hold-Up の求め方。

表1 多相流反応装置

反応装置	多 相 系				
	気 液	気 固	液 液	液 固	気液固
攪 拌 槽	○		○	○	○
充 填 塔	○		?		○
段 塔	○		○		
ぬ れ 壁 塔	○		?		?
液柱ガス吹込み	○				○
流 動 層		○	?	○	○
移 動 層		○		○	○
回 転 炉		○		?	?
蒸 留 塔	○		○		
噴 霧 室	○				
T B R	○				?

(注 TBR は Trickle Bed Reactor の略)

* 昭和46年1月26日受理

** Takashi Shirai, Shin-ichi Makishima 東京工業大学 資源化学研究所

へ) Maldistribution の存在とその影響。ニ) 滞留時間分布。ホ) 反応のおこる場所はどこか。へ) 律速段階はどこか。ト) 物質移動の挙動。チ) パラメーターの整理とその求める順序などである。これらの一つ一つを明確化してゆくことが、実は多相流反応器の解析になるのであろう。

II. 問題提起

懸濁気泡塔内の気泡および粒子の挙動

(東大・工 国井大蔵, 矢野 勇)

〔講演要旨〕 懸濁気泡塔の工業的応用例は数多くあるが、現象論的な立場からの解明はいまだ十分でない。とくに、触媒粒子の気泡付近での不均一性が存在する場合は、従来の均一系の立場をとる拡散モデルは適用できない。

本実験では、二次元装置の下部から液を流し、粒子を浮遊させた状態の中に、単一気泡を上昇させる。リーフ・モーターに直結した 16mm カメラで気泡周辺の粒子の挙動を観察した。その結果の一例を、図 1 に示す。ウェーク部に、気泡と同伴して上昇する粒子群が存在している。粒子として、PVC、ガラス、鉄を用い、粒子濃度 C_p は 10% まで変えている。気泡の上昇速度は、 C_p の増加とともに 2% まで減少し、それ以上では増加する。気泡は上昇とともにジグザグ運動をするが、慣性力の大きい鉄粒子の方が、PVC に比較して、安定な、規則的な運動をする。また、気泡周辺における C_p の分布も測定している。ウェーク部の C_p は上昇とともに減少し、鉄粒子の場合、粒子が存在せず、Clear Water を形成するようになる。粒子の慣性力と重力が、気泡の挙動とウェーク部に大きく影響する、などがわかった。

気泡塔におけるクメンの液相酸化反応操作の設計

(東工大・工 久保田宏, 伊香輪恒男,
山中陽子, 桜井明良)

〔講演要旨〕 気泡塔を用いるクメンの液相酸化反応操

図 1 気泡近傍の粒子の挙動

図 2 スケールアップの効果

図 3 k のアレニウス・プロット

作は、工業的に重要な気液相反応の一つである。しかし、反応自体が複雑な機構で進行する連鎖反応であるために、反応速度式と混合現象の定量的な解析に関する従来の成果を用いて、気液二相反応操作の設計に対して、定量的な検討を試みた。

実験では 50cmφ の気泡塔を用いている。連続操作によって、クメンの変化率とクメン・ハイドロパーオキシドの選択率を測定し、回分操作による実測値と比較検討している。変化率 35% 以下の工業操作の条件下では、回分操作の値をそのまま適用できることを確かめた。設計計算では、反応熱、流動状態、平衡状態などに関する仮定を用いた。なお計算の手順もくわしく説明している。得られた計算値が実際の工業装置において安定な操作点を与えるか否かは、重要な問題である。クメンの酸化反応の場合の安定な範囲は、計算によれば、きわめて小さい。このような場合ガスの吹込み流量を非定常的に変化させて、安定操作に変えるような手段が用いられるべきであると提案している。

さらに、発表に際し、2 相流反応装置設計の考え方の手順について、つぎのように述べている。

1. 流れ (たとえば、滞留時間)
2. 反応抵抗 (それぞれの相での成分濃度の変化)
3. 移動抵抗 (相間の移動)
4. 反応支配域 (反応は界面でおきているか、相内か。早い反応か、遅い反応か)
5. 操作基礎式 (解、熱的安定性)
6. 中間試験 (解析式が合致するか)
7. 最適設計

固定床型接触反応器における重質油脱硫の検討

(石川島播磨重工・技術研 佐島英雄, 栗田 学)

〔講演要旨〕 重質油の水添脱硫反応実験に関して、反応器のスケールアップに関する研究は少ない。流動状態

が脱硫率に影響することが知られているが、流動状態を考慮した解析式によって把握されていないのが現状である。原料油と水素ガスが混相で並流に触媒充填層を流下している反応実験を解析している。解析に際しては、触媒層で原料油に溶存している水素ガスと原料油中のイオウ化合物が接触して反応するとし、流れに関しては、軸方向の混合拡散係数を考慮している。混相流れにおける E_d は、NaCl を用いたパルス応答法によってあらかじめ測定されている。

解析の結果、反応速度式は、ホールドアップと水素濃度の関数であることがわかった。小型反応器 (3.0cmφ, 100ml) と大型反応器 (5.4cmφ, 10l) の場合に反応実験したところ、図2のような結果が得られた。ただし、 C は脱硫率 [-], H_u は動的ホールドアップ [-], LHSV は液時空間速度 [hr^{-1}] をあらわす。この図から、大型反応器の方がピストン流れに近いことがわかる。いずれにしても、流れの影響を考慮しなければならないことが解析と実験によって確かめられた。

循環型上向流反応器による重油の直接脱硫

(東工試 加藤 順、大瀬秀隆、鈴木守夫、島田和夫、大島 哲、栗木安則、武松敏式、小寺嘉秀)

【講演要旨】 従来の固定床と流動床方式の脱硫装置の短所を解決するために、移動床式脱硫法 (MDS プロセス) を開発した。触媒粒子と重油が向流である本プロセスはつぎのような利点をもっている。ピストン流に近いため、効率が向上する。流動化していないために触媒充填率を高くとることができる。粒子がピストン流であるため、触媒寿命を使い果たした古い触媒が排出される。

反応装置は塔径 20cm、高さ 4m であり、2.2kl/day の処理能力がある。触媒として、球状の α アルミナに MoO_3 と CoO を担持したものをを用いた。試験成績の一例を記せば、反応圧力 200atm、原料油イオウ分 4.11 wt%, LHSV 1.01 hr^{-1} 、油循環比 1.36、層温度 385°C 脱硫率 81.9%、水素消費量 $177 \text{ NM}^3/\text{kl}$ である。循環反応器によって測定した反応速度定数 k をアレニウス・プロットしたところ、図3のように LHSV の値によってやや異なる値を示した。これは反応の進行とともに、蒸発によるなどの容積変化が生ずるためで、その影響を考慮して、解析したところ、満足できる解が得られた。

III. 質 疑 討 論

——多相流反応装置の研究・開発における諸問題——

I. 実装置から遊離していても心もとない。企業から助言とコメントをノ

総合シンポジウムで毎回聞かれるのが、大学の研究者

から企業の研究・開発担当者への要望である。「実際に現場で働いている人から、どんなかたちでもよいから、われわれ大学の研究者に助言とコメントをして欲しい！」今回のシンポジウムにおいても、大学の研究者から切実な要求と質問があった。このような問題を解決する公の場は、おそらく、本シンポジウム以外にはないであろう。このようなあまりの交流のなさに、とくに大学の若い研究者のなかには、かなり悲観的になっている者もいると聞いている。1969 年秋の総合シンポジウムにおいて開かれたパネルディスカッション「化学工学の未来と基礎研究」における化学工学危機説はいまだ解決されていない。企業の研究者からの「これからのエンジニアの仕事は公害、食料、製鉄、海洋、原子力、高分子などの解決すべき問題が山積している。」「開発のヴィジョンが重要である。」という提言と、「化学工学の中から独自の思想、手法が生まれるにしている対象が狭すぎる。」「大学から企業へ一方的に情報が流れるだけで、企業から現場の情報が返ってこない。」という大学の研究者の嘆きと断絶が今回の議論においても基調の一つにあったのではなからうか。

国井大蔵 (講演補足) 触媒の懸濁液中に気泡を吹き込んだ場合の反応のメカニズムを把握し、大型の工業装置の合理的な設計ができないかということで努力している。そこでまず、気泡近傍の粒子の動きを調べることにした。ところで、実際にこのような仕事に携わっている工業界の人から、触媒粒子の径がだいたいこれ位でいいの、それとももっと別の径にすべきなのか、教えてほしい。たとえば、慣性力を無視できるほどの大きさの粒子ということがわかれば、今後の研究がもっとやりやすくなるのだが。また、吹き込んでいる気泡の径の妥当な大きさも教えてほしい。

宗 重雄 (三井石油化学) 気泡径は小さいものから大きいものまでであるが、だいたい大きい。実際はあまり問題にしていない。粒子は PVC のようなものは使っていない。どちらかというと重くて、粒径が小さいものを使っている。

橋本健治 (京大・工) (久保田氏の講演に対して) 解がでなかったのはなぜか。熱的な不安定性のためか。

久保田 宏 熱的な不安定性が問題になるのは非定常状態である。ここでは定常操作の計算をしているので、それとは関係がない。収束しなかったのは、多分に計算の不手際のためで、出発値 z_0 (酸素濃度) の仮定を定めるのがむずかしかった。あらかじめ近似計算によって、 z_0 の値の範囲を出しておけばよかった。

白井 隆 久保田氏の解析に不安定点がある。実際でもこのような条件で操作しているのか。

久保田 他のプロセスでもこのような場合があると聞いているが、はっきりしない。……某社のクメンの酸

化反応のプロセスも同じようなものであるが、実際にどのような装置と操作をしているのか、皆目わからない。

このように、多相流反応における反応装置の設計は、単に計算だけで済まされるほど、データが完備しているわけではなく、実際の操作条件の付近で解析することができるほどの段階ではなからうか。

橋本（佐鳥氏らの講演に対して） 反応熱の存在によって、反応装置内に温度分布があるのではないか。…装置が大きくなるとガス流速が大きくなり、脈動が生じ、普通の灌液充填塔の挙動と異なるようだが、実際はどうですか。

佐鳥 軸方向では加熱の方法が異なるので、軸方向の温度分布が壁で $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ あるが、それから推察すると、半径方向では $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ の差しかない。それほど大きな問題ではない。また、本装置のような場合では、 $\text{LHSV} \cong 1$ であるから、脈動がない。出光のように 4m の装置ではあり得るが。しかし、別に装置をつくり、一応、脈動の観察はしてある。

ロ. 解析を着実に進めて、プロセス完成の目標を達成せよ！

とくに、大竹氏のコメントは、開発を主眼とする佐鳥氏らおよび大瀬氏らの研究方法に厳しい批判を集中させた。この背景には、開発のための研究と大学における基礎研究が大きく相違していることと同時に、装置規模があまりにも違っているという事実がその背景にある。

開発研究におけるデータは、新しい装置とプロセスの開発のためであり、大学の研究におけるように、現象理解のための解析とは異なる。したがって、つぎのような意見のすれ違いも生ずる。

大竹伝雄（阪大・基礎工）（大瀬氏らの講演に対して） 循環型反応装置において、循環比 R を 20 以上に大きくすれば、ピストン流でありながら、完全混合に近くなり解析しやすい。しかし、この実験では $R=1\sim 6$ で中途半端な値である。これでは、循環型をつかう意味がなく、提案者の Carberry の考え方を無視しているのではないか。

大瀬秀隆（東工試） 解析が目的ではなくて、長期運転の必要性から循環型装置を用いた。データをそのままにせず、同一視点でまとめたかったからで、指摘のように、この解析に対しては必然性がない。

このような両者の発想の相違が日常的なものであれば、大学の研究者が注意して、企業などにおける開発研究の着眼点を読みとらなければ、学会における討論が痛くもない腹を探ってしまうことになりかねないのではなからうか。

しかし、開発研究にも問題がないわけでない。大竹氏は、「タイム・スケジュールに追われて、研究の正道からはずれている。急がば回れ！」と鋭く追求している。その点に関して、つぎのような回答があった。

大瀬 研究の進め方が逆ではないかという指摘があった。今日は説明でできなかったが、われわれも小型装置から始めた。昭和 43 年頃 1L のオートクレーブから始めて、脱硫の場合、滞留時間が反応にどのように影響するか研究してきた。 W/F で反応速度がおさえられることも確かめてきた。しかし、公害問題という行政問題にどちらかという追われて、具体的なこまかい点を未検討のまま、大型へと進んできた。その点でわれわれも残念であると思っている。オートクレーブから塔径 10cm まで進んで、プロセス上のアイデアを出して、限られた時間内で、長期運転をしてトラブルを見つけない。これが塔径 20cm の装置の目的であった。わずかのデータでもよいから解析したいと思って、あえて整理して提出した。

宗 とかく、スケジュールに追われて、できればすぐつぎに移る。それに対する警鐘である。大型になるといろいろな問題がでてくる。あまり先を急ぎすぎると、キャパシティとか収率に見込み違いが生じやすく、前に戻って研究を洗い直さなければならないこともある。やはり、オーソドックスな道を歩むべきだと思う。

また、開発研究と基礎研究の装置規模の大きさの差異についてつぎのような発言があった。

大竹（佐鳥氏らの講演に対して） 塔が大きく、高くなると、偏流がおきやすい。目に見えない影響の方が大きい。だから、 1m で区切るなどの工夫が必要である。

佐鳥 図 2 にあるように、小型反応装置の方が反応率が小さい。これは拡散の影響があるからで、化学屋を説得して、 2m ほどの装置でやってもらうのによい材料である。しかし、実際の規模はこれの百～千倍ほどで解決したわけでない。

このような装置規模に対する感覚的な「ずれ」は、「企業の要求と大学の研究者の狙いが合致していないのではないか。」という大学の研究者の不安感につながるものであろう。

ハ. [反応速度の測定→流れの影響の考慮] というオーソドックスな解析の手順をとれ！

大竹（佐鳥・大瀬氏らの講演に対して） 大きな反応装置で反応速度を出しているが、研究の仕方が逆である。それに解析の式の使い方も、流行に影響されて、良くない。単純な式から、一つ一つ修正するというやり方で研究を進めてほしい。大型の装置ではピストン流れとした方がよい。初めから難しい式を使うと、かえって現象がわからなくなる。まず、反応の速度式を測定によって求め、つぎに、流れの影響を考えるのが、オーソドッ

クスである。そのためには、流れがある程度明確に把握されている小型装置で反応速度式を出し、つぎに、流体の速度分布、温度分布を考慮して積分すべきである。大型装置では、偏流など不明な現象があり、予想できない別の問題がある。混乱しないように！このような手順を踏まなかったために、反応速度式の中に、流れの影響が入っていて、おかしい。このような解析の方法では、何のために小型装置で実験したのか分からなくなる。

佐島、加藤両氏とも触媒を使っているにもかかわらず、式をみると、均一反応として解析している。この様な考え方は、私が昔レベ反応を解析したものと同じである。したがって、佐島氏らの講演で解析の式(1)中に空間率が入っているのはおかしい。

城戸(千代田化工) 脱硫反応と同時に分解反応も起っているはず。それによって容積変化が生ずるが、それは無視できるのか。

佐島 確かにあるが、式では考慮していない。考えねばならない。

大竹 イオウ分はせいぜい2~3%で、これによる容積変化は少ない。蒸発が容積変化の主な原因のようだが、これも小さかったら、無視した方がよい。結論として、高々30%の容積変化を考慮しても、式が複雑になるだけで、結果は大して変らない。そんなことまで考えなくてよい。

このように現象が複雑になり、装置が大規模になると、各パラメーターの重要性の大小が分からなくなり、流行している式、そのとき思いついた考え、モデルなどに頼ってしまいがちになるのであろう。

また、複雑な系においては、解析の式の記述に際しては、システム工学において広く使われている考え方を導入して、明確にしておかないと無用の混乱を起こすのではなからうか。

二. 多相流には、未踏の分野が多い

混相流中の反応界面の伝熱の重要性について、浅井悟氏(大阪府大・工)からコメントがあった。「Danckwertsの解析は、物性値を一定にして計算している。したがって、どこまで等温系として扱えるかという限界を知るためには使える。さらに、この研究を発展させて、非等温の解析をしていきたい。現実には、伝熱の問題は極めて大きな影響をもち、つぎのようなことを指摘することができる。反応熱、溶解熱によって、液相の温度上昇がともなうが、気液界面の熱の除去は困難である。反応熱が大きい場合、かえって反応速度を小さくすることもある。しかし、吸収によるバブルフローが生じ、これは反応速度を大きくする方向に働くので、総合的には相殺して、あまり反応速度は変化しないことがある。また、同様に反応面でのモル数の変化が拡散に影響し、反応速度は変

化する。今回の発表は、主に装置全体を均一系として解析しているが、反応界面における伝熱と物質移動も重要な問題であり、将来考慮する必要がある。

しかし、多相流現象の解析において、定性的な観察も、まだ重要な知見を与えてくれる。

森 滋勝(名大・工)(国井氏らの講演に対して)

粘度が高いとき、5mm厚さの二次元装置では壁の影響がかなりあるのではないか。

矢野 勇(東大・工) 影響は当然あると思う。しかし、運動量の解析をしているのではないので、定性的には、これでもよいと思う。

山田(昭電) 粒径分布がある気泡塔では分級してしまうのだが、そのような実際の問題に対する考え方はどうすべきか。

矢野 径と密度を種々変えて、ウェーク部とバルクの流れとの物質の交換速度を測定すればよい。

山田 ウェーク部分だけ着目した理由を聞きたい。気泡上部のよどみ点を考慮すべきではない。

矢野 粒子径が小さいとき、遠心力は無視できるので、ウェーク部に固定され、そこにおける物質移動が重要になる。

明島高司(東工大・資源化学研) この実験の場合には、鉄と相達して、PVCの場合は、Clear Waterが存在しないが、ウェーク部の粒子の出入流量をみると、出る方が大きいから、塔が十分高ければやはりClear Waterが存在すると考えてよい。

矢野 そのとおりで、可能性があると思う。

このように、現場からの要求と大学の研究の現状との距離は極めて大きい。多相流研究は、現象の解析面では、まだ、入口に立っているにすぎない。

さらに、つぎのような議論の中における事実は、「過渡現象をとり入れた反応条件、装置の工夫があってもよいのではないか。」という白井、久保田氏の指摘に合致している。

久保田(同氏の講演に関する後述の古沢氏の質問に対して) 装置の安定性の制御は、ガス流量の調節によってできる。たとえば、ガス流量を比例制御させれば、簡単に安定な操作ができる。極端に流量を零にすれば、酸素が無くなり、反応は止まる。

宗氏もこのような事実を認めているが、このような過渡状態がどのような変化を示すのか全く明らかにされていない。

ホ. 多相流反応装置の研究・開発の価値判断は難しい

古沢健彦(東大・工)(久保田氏らの講演に対して)

熱的不安定性が生ずる場合、熱を除去すれば、簡単に解決すると思うが、除熱の量を大きくできない根本的な理由は何か。

久保田 予熱したり、熱交換すれば安定になるが、装置とか、プロセスが単純化されるように努力するのが研究者の役目である。単純な気泡塔を使うメリットがなくなる。……また、多段化しても、計算上では安定領域が広がらなかった。

このような操作と装置による制御の問題は単純に判定できることは少なく、装置内の反応がどの程度正確に解析されているかという問題と関連していて、最終的にはコストとして計算されるべきものであろう。

また、以上の例のように、多相流が複雑な現象であるがゆえに、研究者の経験と勘に全面的に頼って、解析を進めていかざるを得ないというのが現状である。したがって、たとえわずかであっても、企業の現場のデータが、大学の研究者から切望されるのであろう。

橋本 H-Oil法がアメリカでは実験的には成功したが、実用化されていないように聞いているが、どうか。

大瀬 機械的な面でトラブルがなければ、プロセスの原理はよく成功するはずと思っている。視察してきた人の意見では、クエートの現地人の技術が低いからだということである。

橋本（大瀬氏らの講演に対して） u_{mf} 以下の低いガス流速で操作すれば、物質移動抵抗が大きくなると思

われるが、その欠点を補うほどのメリットがあるのか。

大瀬 u_{mf} 以下で操作し、粒子が動かないところにメリットがある。触媒を上から供給し、下から排出するが、粒子の混合が起きなければ、十分に活性を使い果たした粒子が下部にくる。ここへ、ガスの原料が供給されるので、反応が緩やかに進行し、カーボンの生成が少なく、触媒の劣化を防ぐことができる。

このような問題は多相系反応装置設計のための一般論では解決できない。反応に固有な問題があり、それを考慮した新しい装置を開発しなければならない。さらに、ときには、その国の技術者の熟練度に対応したプロセスがあるということが問題になるのであろう。

あ と が き

まとめてみて、高々2時間の討論にこれほど多彩な内容が提起されていることに驚かざるを得なかった。いずれの問題も打ちかけの布石のように一朝一夕には解決できないほどの大問題であるが、本シンポジウムがその一歩になったことと確信する。紙数の制限、記録の不備で意あるも十分に再現できなかったことをご容赦願いたい。

[Session 6] 二 相 流 の 諸 問 題*

藤 田 重 文**・森 芳 郎***

11月26日（木）：A会場

司 会 藤田 重文（東京農工大学工学部化学工学科）

森 芳郎（東京大学工学部化学工学科）

補 佐 明島 高司（東京工業大学資源化学研究所）

中村 厚三（東京大学工学部化学工学科）

会場には各 session の座長の代表の方々5名と産業界から1名の方に panel member として出席していただき、また多数の会員のご参加を得て、熱心に討論がおこなわれた。以下はその報告であるが、紙数の都合上、各発言者の内容については要約と一部割愛をさせていただいた。発言者の敬称の省略とともにこの点をご了承願いたい。

藤田重文（東京農工大） まず各セッションの座長の代表の方々に、二相流共通の問題点があるのかどうかをうかがいたいと思います。始めに外山先生から、粉体

の流動現象について話題の提供を兼ねてお願いします。

外山茂樹（東工試） 粉体の流動現象は粉体が bulk な状態で気相中ないし液相中において流動し、あるいは押出成型の場合のように、固体粒子とその空隙間の気体および液体とが流動する二相流ないし三相流あるいはむしろ混相流の現象といえます。そして、これらの現象の共通の問題点を手取り早く述べますならば、本質的には一粒一粒の問題であります粉体分散系をマクロにみるかミクロにみるかということです。

従来の単位操作の分類に従えば、機械的操作の範疇の一部に入っております所の粉体の流動に関する研究対象を、いわゆる化学工学の一般的傾向である現象別の分類に従ってすこし具体的に見ると、重力による自然流動、機械的力の作用による強制流動および場の力による流動とがあります。つぎにこれらの現象の研究の攻め方、すなわち道具の問題として、粉体の流動性の尺度をいか

* 昭和46年1月16日受理

** Shigefumi Fujita 東京農工大学工学部化学工学科

*** Yoshio Mori 東京大学工学部化学工学科