役目も兼ねさせ、高温における整流器に関する諸問題を解決している点興味深い。

b) 近年盛んに行われている研究は気泡周囲に cloud がある場合、すなわち気泡上昇速度 u_b と粒子間隙のガス速度 u_{mf}/ε_{mf} の比 α が 1 以上であるが、この研究は u_{mf} が 3.6 m/sec と非常に大きく α が 0.03 程度で非常に小さい。このような場合のガス流れ、粒子の運動がどのようなになっているか興味深い。

c) bubble fraction δ を求めるにあたり、本研究では $(u_b + 2u_{mf})$ の速度で気泡相をガスが流れていると考えている。 $2u_{mf}$ は連続相と気泡相を貫通して流れるものであるから、このような考え方でよいのか。

d) 桐柴ら (化学工学, 31, 398, (1967)) は 2 相説の検討を行っているが、大粒子すなわち u_{mf} の大きい場合には 2 相説が成立しないことを述べている。本研究の場合も 2 相説が成立していないように思われ、ガス-粒子間の接触がより良くなっているのではないかと思う。

動的流動層について

a) 分散板直上の掃除作用、共振による層の particulate 化、気泡成長の抑制、分散板の圧損を減じることが出来るなど、気泡の状態あるいは流動状態を外部からコントロールできる点、非常に興味深い。

b) 気泡が横に均一に並んで上昇すると速度が小さくなり α が小となる。ゆえに cloud が大きくなる。また、気泡が横に並ぶと気泡からのガス流出量が大きくなる。いずれもガス-粒子の接触を良くする。

c) 振動によって気泡の大きさ、上昇速度に変動が生じれば気泡界面に乱れが生じ、ガス交換速度が大きくなるのではないか。

d) 集中定数型モデル、分布定数型モデルにおいて空隙率に対する微分方程式をたてられないか。

スラッキング流動層について

a) 従来スラッキングはさけるべきだとされていた。ところが近年 Davidson らが積極的にスラッグ流動層の研究を進めている。また本研究でもスラッグ流動層の研究が積極的に開始された。その動機はどのようなところにあるのか。

b) 層の圧力損失の変動が激しいものと思われるが、その平均値は W/A に等しいか。

c) 静止スラッグの出来ている場合には 2 相説が成立していないと思われるが、運動スラッグの場合はどうか。また、運動スラッグと連続相のガス交換速度は普通の気泡の場合に比してどうなるか。

d) Collins (Chem. Eng. Science, 20, 747 (1965)) は 2 次元流動層において層幅が気泡径に近づいた場合のガス流れについてとりあつかっている。これが運動スラッグの周囲のガス流れに結びつかないか。

e) Rice ら (AIChE Journal, 4, 423 (1958)) は運動方程式を解いて、安定性の研究をし、層内に空間があったとき上界面はつねに不安定であると述べている。これと、静止スラッグから運動スラッグへの移行に対する機構との関連はないだろうか。

最後に、本セミナーの企画された意図にそうように、創造性に富んだ新しい着想による研究を益々進展させて、新しい現象の発見とともに、従来の研究が一段と飛躍することを期待する。

[コメントII]

流動化特性とその改良法*

森 滋 勝**

気系流動層は、触媒反応や固体反応装置、乾燥、伝熱および物質移動などの各操作、さらに、多くの粉体処理装置として広く実用化されている。流動層に関する研究も、層内を均一相とみなして取り扱った時代から、2 相モデルの展開を経て、1960 年代には気泡に関する研究が

盛んに行なわれた。その結果、現在では気系流動層内でおこる大部分の諸現象は気泡に起因した現象として説明されるようになった。しかし、これらの気泡の挙動に関する研究や、気泡の挙動に基づいた諸現象の解析の大部分は、実験室規模の装置で測定された結果と単一気泡の挙動に関する知見に基づいてなされているため、大型装置の設計や操作に対しては十分精度の高い推算結果が得

* 昭和 48 年 10 月 22 日受理

** Shigekatsu Mori (正会員) 名古屋工業大学 材料開発研究施設

られるまでにはいたっていない。ことに塔径や流動化粒子の粒度分布と気泡群の挙動との関係、装置形状や内挿物の効果、さらにガス分散部の構造が流動化特性に及ぼす影響などの諸問題は、今後の重要な研究課題として残されている。

一方、流動層の持つ長所を十分に生かしつつ、その短所を改善するための試みも数多く行なわれている。しかし、その長所と短所は表1に示すように、流動層のもつ同一の特徴に帰因する場合が多く、たとえその欠点が克服されても、流動層本来の長所を失ってしまう場合も珍らしくはないようである。

従来報告されている主な流動化改良法を大別すると表2のようになるが、これらの改良法によって、気泡群の挙動などの流動化特性がどのように変化し、またそれらが、ガスと粒子の接触や層内の移動現象にどのように影響をおよぼすのかという点についての研究は少なく、内挿物や攪拌に関するような、かなり多数の研究報告のある問題でも十分な知見が得られているとはいえない。特にこれらの多種多様な改良法をいかに系統的に取り扱い、また、相互に比較検討するための適切な尺度を見いだすことは重要な課題である。

将来、試行錯誤法によらず、目的とする操作に応じて最適な改良法を見だし、実用装置として有効に使用するためには、単なる経験の集積だけではなく、系統的な

表1 流動層の長所と欠点

特 徴	長 所	欠 点
粒子が微粒で全粒子表面積が大きく、ガスの流量が大である。	<ul style="list-style-type: none"> 粒子のハンドリングが容易 ガスの処理量が大 粉砕、粉粒の直接利用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 圧損失が大 偏流を生じやすい 粒子のサイジングが必要 粒子のシンタリングや凝集をおこしやすく、静電気や付着力などの表面効果を受けやすい
気泡が安定に存在	粒子の混合速度が大	<ul style="list-style-type: none"> 粒子の滞留時間分布が広い 排ガスの温度が高く熱効率が悪い 粒子および壁面のまもうが大
	層内が不均一	<ul style="list-style-type: none"> ガスと粒子の接触率が悪い ガスの見かけの混合が大

表2 流動化改良法

1. 粒度分布改善: 微粉混入 (グッドフラクション)、粗粒化
2. ガス分散法改善: 分散部構造、2次流呼び込み
3. 装置形状改善: テーパ、水平型、傾斜型、噴流型
4. 内部構造改善: 多管化、垂直分割、各種バッフル充填物、多段化、移動層との組合せ
5. 外部からの操作: 攪拌、加振、脈動、減圧、加圧

基礎研究と、塔径の大きい装置での試験研究による定量的な検討を合わせて行っていく必要があると思われる。

ま と め*

— 流 動 層 研 究 の 方 向 —

明 昌 高 司**

渡会先生による展望講演、また、ただいまの松野、森両先生のコメントは実際上本セミナーのまとめになっていると思います。渡会先生の指摘されました問題の中に、流動化法万能という考えは再検討を要するであろうということがありました。

ところで、本セミナーの目的は特異現象、特異条件下での流動層研究を通じて流動層操作の限界を探ることにあるといわれていますので、この観点からまとめて流動層研究の方向といったものをさぐってみたいと思います。時間も予定よりかなり経過していますので簡単に致

します。

流動層操作の限界をきわめるのに、大別して

- (i) 流動化条件を著しく変えてみる、
- (ii) 装置構造上の工夫をする、
- (iii) 機械的操作をつけ加える、

などの立場がみられます。(i)には真空流動層、脈動流動層、スラッキング流動層、大粒径流動層などがあり、(ii)には internals を用いるもの、たとえば多段流動層、充填流動層、多管式流動層など、また噴流層、傾斜流動層、ランス挿入、流動層-移動層の組合せなどがあり、(iii)には振動流動層、攪拌流動層などがあります。

これらの立場をもっとアンプリファイして限界をさぐ

* 昭和48年10月22日受理

** Takashi Akehata (正会員) 東京工業大学 資源化学研究所