

# 化学工学会第30回秋季大会に参加して

材料・化学系（応用化学科）湯口 実

## 1. 研修日時・場所

日 時 平成9年9月8日～9月10日

場 所 九州産業大学キャンパス（福岡市東区松香台2-3-1）

## 2. 研修目的

化学工学に関する研究発表を聴講し、研究室の実験に関わる最新の研究知識と情報を得ることを目的とする。

## 3. 研修内容

3日間で55テーマ、1170件の研究発表があり、その中でも研究室の実験に関わる気泡塔、膜、抽出に関する研究発表を重点的に聴講した。以下、気泡塔の研究発表について報告する。

### 3.1 気泡塔(bubble column, air lift) <sup>1)</sup>

気泡塔とは気液接触反応装置として用いられ、磁性材料などの晶析からバイオリアクターまで幅広く活用されている。

気泡塔の種類には、図1(a)に示した円筒状の塔へ底部から空気を吹き込む形式であり標準型気泡塔と呼ばれものがある。特に容器内部に付属物がないため、装置のメンテナンスが容易である。逆に、装置構造が簡単なため、特に液回分式で操作する場合は気液接触状態が塔底のガス分散機およびガス空塔速度のみで決まり攪拌機付き気泡塔のような気泡径を小さくするために攪拌速度を上げるなどのきめ細かな対応は出来ない。しかし液中における速やかな物質移動を行わせるという観点からは、液側の混合あるいは気泡の細分化のための攪拌を積極的に行わせたいと思いがちであるが、気泡吹き込みによる攪拌効果は直感的に想像されるよりはるかに大きい。また、ガスの上昇とともに塔中央部に気泡が集まり、壁近傍における熱移動、物質移動が小さくなるという問題点も挙げられる。(b)は塔内にドラフトチューブを備え、二重管型気泡塔と呼ばれる。ドラフトチューブの内部あるいは外側の環状部にガスを送り込みドラフトチューブ内外の密度差により液循環流を生じさせる。この液循環流により気泡および液の混合を促進させ、また三相系の場合には粒子も循環して良好な分散状態が得られる。脱窒、脱リンなどの排水処理、活性汚泥のような固相をうまく分散させながら

通気処理する場合の各種バイオリアクターとして用いられている。さらに(c), (d)は液混合を制御するためドラフトチューブ内に多孔板が設置されている。多孔板は通気線速度が高い条件下でのガスの吹き抜けを制御する。(e), (f)は外部循環方式であり、(e)については加圧塔型微生物反应器である。気泡塔を経て上部で気泡を分離して、側管を下流し、新しい培地が供給され、熱交換器で代謝熱を除去し再び気泡塔内に入る。これと同形式の(f)は、下部の磁性板を通して吹き込まれた微細気泡は、主要部を上昇して上部の膨らみ部分で培養液と分離され、培養液は循環部分を落下するようになっている。(g)のようにドラフトチューブ付き気泡塔プラス多段気泡塔という形式の塔型気泡塔である。その他多種多様な目的に応じての形式がある。気泡塔の性能を評価する指標として、ガスホールドアップ、気泡径、物質移動係数、混合拡散、伝熱、剪断速度などが挙げられる。

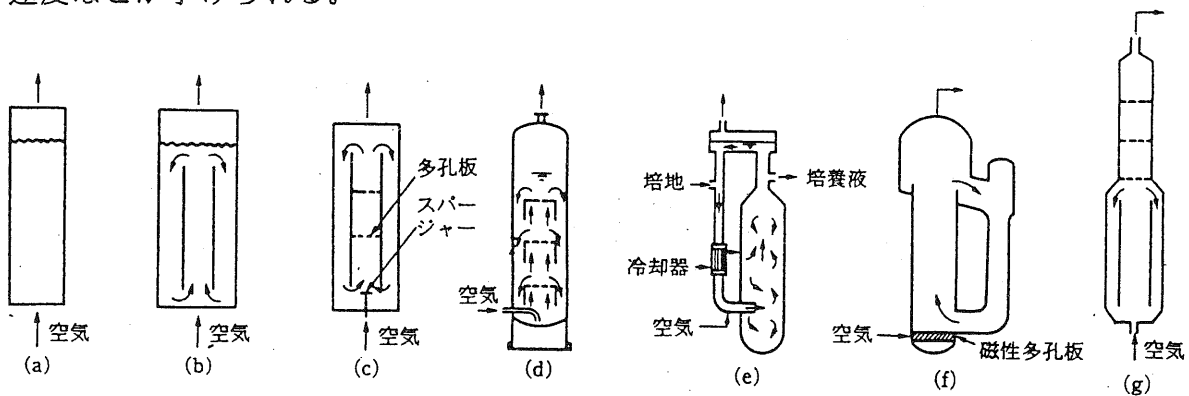


図 1 各種気泡塔

### 3.2 気泡塔流動状態の分類

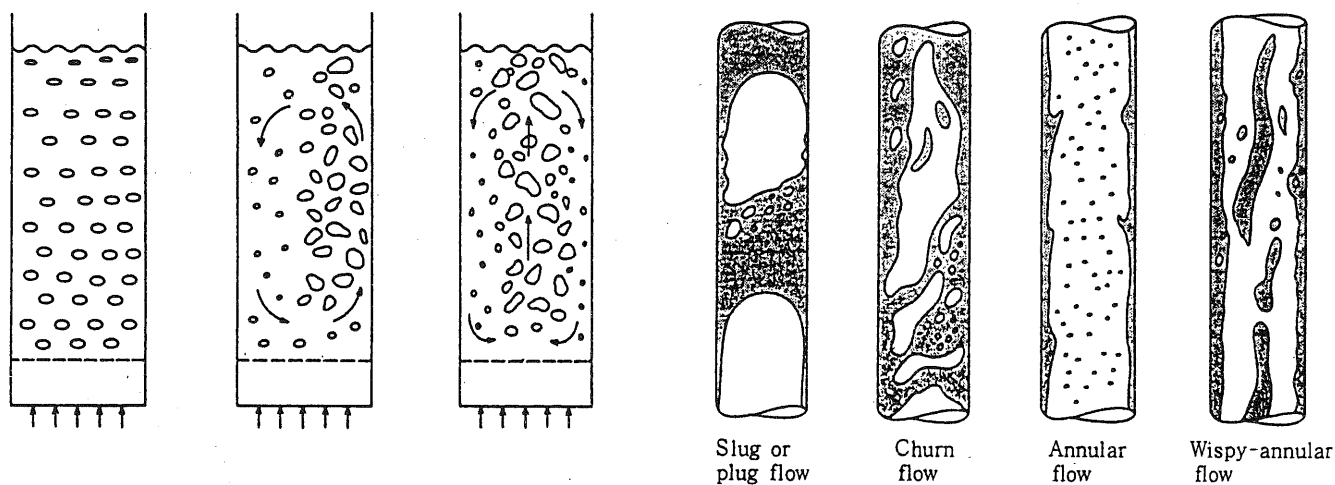
#### 3.2.1 気泡流動状態

気泡流動状態とはガス流量が比較的小さく、塔底のガス分散器で生成した気泡がそのままの大きさを保って塔中を上昇するような場合に相当する(図2(a))。液には気泡の後流(ウェイク)としての動きがあるだけであり、層流状態である。気泡の合一・分裂がないので、ガス分散器で小さい気泡を発生させると、それだけ気液の接触界面積が増大し、物質や熱の移動に有利となる。ガス流量が十分小さいことが気泡流動状態の必要条件であるが、気泡流動状態を実現するためのガス流量範囲は塔底でどのように気泡が発生するか、すなわちガス分散器の形状に大きく依存する。いずれにしても、気泡流動状態で操作される気泡塔は、菌体の損傷を防ぐなどできるだけ静かな液混合状態が必要で、しかもそれほど大きなガス流量が必要ない場合に適しており、塔底のガス分散器の形状、配置にそれなりの工夫をすることが極めて有効である。

#### 3.2.2 循環流動状態

標準型気泡塔を通気速度が大きい条件で操作すると、気液の流れの乱れが著しくな

り循環流動状態となる(図2(c))。気泡流動から循環流動の間には、気泡の合一、分裂は起こっているが液循環流の発達が不十分な領域が存在する。これを遷移流と呼ぶ(図2(b))。気液流の乱れが激しくなると、気泡の合一によって気泡径が大きくなるので、比較的直径の小さな気泡塔ではスラグ流動状態となる。スラグ流動状態には、図3に示したように、ガス流量が高くなるに従い、churn流れ、annular流れ、さらにガス流量が増大するとガスの同伴される液滴の量が大きくなり、液滴の合一が起こりwhispy-annular流となる。しかし塔径が15~20cm以上においては、大気泡は再び分裂して気泡群となり循環流動状態となる。ガス供給速度が大きい条件では、気泡流動状態よりも容積当たりの処理能率は高いが、気相成分の滞留時間が短くなるので吸収と反応が速やかな操作を行う場合に適している。循環流動によって液相の混合攪拌が良好になるので大きな反応熱を分散し、局所的な温度上昇を避けることができる。反応熱による溶媒の沸騰条件での操作は、熱交換器を設けて除熱する方式よりも、沸騰蒸気による激しい流動状態になるが、工業的に有利な点が多い。従って、塩素化アルキル化、水素化などの工業反応装置として好適であり、数多く実用化されている。



a) 気泡流動状態 (b) 遷移流 (c) 循環流動状態

図 3 スラグ流動状態

図 2 気泡流動状態

#### 4. 所 感

数多くの研究発表を聴講し、研究室の実験に関連する研究発表が広い視野で見つけることができ大変勉強になり、多くの知識、情報を得ることができた。

このような有意義な機会を与えて頂いた技術部、事務局関係者、講座の皆様感謝の意を表しする。

参考文献 1) 気泡塔・三相流動層実用ハンドブック 上山 惟一