

分散系プロセスに適応した混合分散翼 「アクティブタービン」

1. 概 要

通常、液・液系の抽出プロセス（や気体を溶解する吸収・反応プロセス）では一方の液（または気体）を他方の液（連続相）の中に液滴（または気泡）として分散させます。分散する液滴（気泡）径が小さいと個数が多くなり、全物質移動面積が大きくなり、容量係数（物質移動係数と物質移動面積の積）が大きくなり抽出（吸収）効果は大きくなりますが、極端に小さい霧のような液滴（気泡）になりますと後で2相に分離することが困難になるので、適当な大きさに留める方がよく、その方が操作性も向上します。また物質移動係数を大きくするために攪拌翼の構造に分散相と連続相との相対速度を大きくする工夫が必要です。これらの要件を考慮して当社は液（気体）を効率よく分裂させ、分散させる溶媒抽出やガス吸収、分散系の液相反応に適した攪拌翼として「アクティブタービン」を開発しました。この翼は当社のMSカラム抽出装置や多槽混合反応装置などに効果的に適用されています。

2. 構 造

本攪拌翼は円板に特殊な静止混合器を取り付けたものであり、図1に示しますように矩形箱(10mmx10mmx28mm)の内部に折り曲げた幅5mmの平板を2枚隣り合わせに固定したものを4本1組にし、これの6セットを円板（直径77mm）に放射状に取り付けたものです。回転する攪拌翼でありながらスタティックミキサーと類似の分割による分散機能を持っており、例えばa流路に流入した流体は直進できず左に旋回しながらb流路の上下2流路に分割されて進み、次に右に旋回して再び流路aに戻る時にも上下2流路に分割されます。a流路から入り、b流路から吐出する流体は3回の方向転換（捩れ）と約3回の分割作用を受けまでするので、流体本体に搬送される別の液体や気体を効果的に微粒化・分散させることができます。

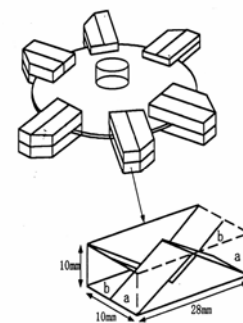


図1 アクティブタービン翼の構造

3. 液・液系分散性能

このような攪拌翼の液・液系抽出や反応に重要な分散性能をテストした実験装置を図2に示します。内部を観察できる内径150mmのガラス製の塔で、段間隔70mm、4段の攪拌段を有し、塔頂部と塔底部にセトラ室を持っています。各攪拌段は開孔部直径が110mmの仕切板で囲まれており、段中間にサンプリングノズル（内径3mm）が設けられています。開孔部に金網を取り付けた場合の効果も観察しています。比重の大きい水を連続相として塔頂から供給し、比重の小さいトルエンを分散相になるように塔底から供給して分散相ホールドアップ、分散相フラッシング流量、生成液滴径、物質移動速度などを測定しています。データの1例を示します。

分散相ホールドアップ

本攪拌翼は遠心力による吐出流を静止混合器により分割・分散させるものであり、各段の分散相ホールドアップ分率＝（分散相体積）／（分散相体積＋連続相体積）の攪拌速度による変化を

図3に示します。攪拌速度が小さい時は液滴径が大きく、浮力による上昇速度が大きいのでホールドアップは小さい。攪拌速度が大きくなると液滴径が小さくなり、ホールドアップは増加します。分散相流量の増加とともにホールドアップも増加するが、連続相の流量の影響は小さいです。

分散相フラッシング流量

連続相流量、攪拌速度一定で、分散相流量を増加して行くと、上部セトラの油水分離界面で分散液滴が崩壊せず累積し、ついには累積相が1段目に下降して分散相と連続相で相転位が生じます。この状

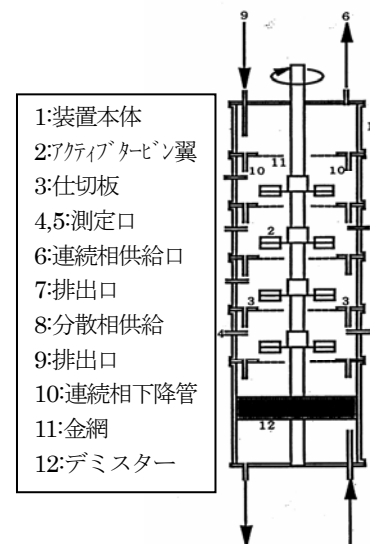


図2 実験装置（抽出塔）

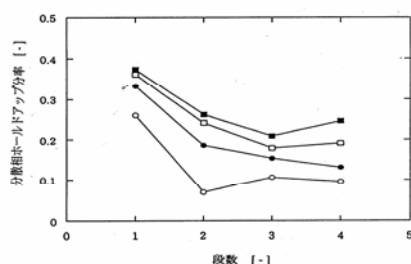


図3 各段の分散相ホールドアップ分率
(流量 連続相: $0.00104 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$, 分散相: $0.00129 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$, 攪拌速度 ○: 2.33 rps , ●: 2.67 rps , □: 3.00 rps , ■: 3.33 rps)

態に至る分散相流量をフラッディング流量と定義し、図4に示します。一般に連続相下降流が大きいと液滴の上昇を妨げ、フラッディングしやすくなります。攪拌速度 160 rpm 付近で極大値を持つのは、本攪拌翼の特徴（低攪拌速度域では上段の翼の吸引力による分散液滴の上昇が促進され、フラッディングが抑制される）であり、極大値を与える攪拌速度を超えると液滴径が小さくなり、フラッディングしやすくなります。

液滴径

上から2段目の段で観察された液滴径を回転ディスク翼、アクティブタービン翼の矩形箱の中の折り曲げ板を取り去ったFC翼の実験結果と比較して、図5に示します。明らかにアクティブタービン翼が液滴を微粒化する能力が大きいことがわかります。

4. 気液系分散性能

同じ攪拌翼で図2と類似の装置でガス吸収や気液系反応に重要な気体の分散性能を窒素・水系でテストした結果（回転数をパラメータにした気泡径分布）を図6に示します。高回転数になると気泡径分布は狭くなり、小さな気泡の単分散性になっていくことがわかります。

ガスホールドアップは回転数の増加とともに気泡径が減少するため最初は少し減少するが、もっと気泡が小さくなると気泡上昇速度が減少して再びホールドアップが増加するため、ある回転数で極小点を持っています。

5 適用分野

塔高 1 m 当たりの理論段数 NTS を他の抽出塔と比較して図7に示します。ここに図中の記号は以下の塔を意味します。RB: raining bucket, K: Kuhni agitated, RZ: QVF agitated, PP: pulsed packed, PS: pulsed sieve plate, RP: reciprocating, RD: rotating disk, P: packed, SP: sieve plate, MS: mixer settler, EC: enhanced coalescence

6. 結 び

研究開発用の実験設備から実プラントまで多種多様な分散系接触装置に応じた対応ができます。試しができるMSカラム抽出実験装置を保有していますので、実際的な問題についても実験をし、解決方法を検討し、お客様と技術相談をしながら設計することができます。

特 許 日本 No.3174235

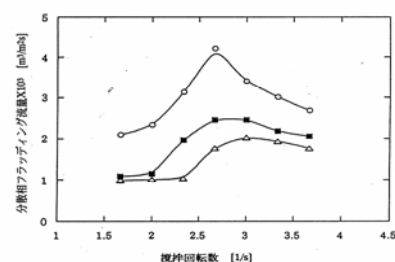


図4 分散相フラッディング流量
(連続相流量 ○: $0.000958 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$, ■: $0.00128 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$, △: $0.0016 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$)

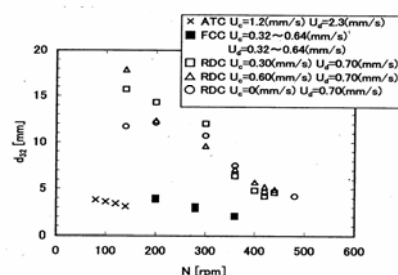


図5 攪拌速度による分散液滴径の変化 (回転ディスク RDC 翼、アクティブタービン ATC 翼、F C 翼の比較)
 U_c : 連続相、 U_d : 分散相の流速

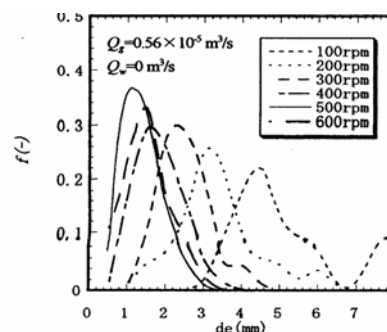


図6 分散気泡径の頻度分布

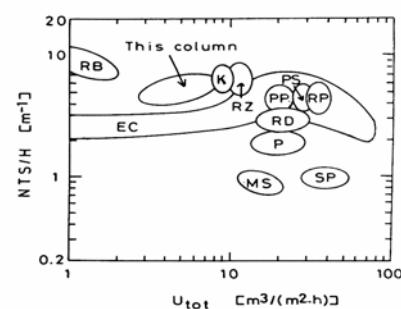


図7 各種抽出装置の理論段数