

氏 名	谷 山 巖 たに やま いわお
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 106 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	攪拌槽の混合モデルに関する基礎的研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 高松武一郎 教 授 永田進治 教 授 吉岡直哉

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は攪拌槽の混合特性を解明する一つの方法として、新しい概念に基づく混合モデルを設定し、その数学的解析および実験的検証を行った研究の結果をまとめたものである。

本論文は3編、7章よりなりたち、序論と附録が付加されている。

序論ではまず従来の攪拌研究の推移について概観し、混合モデルによる解析の意義を考察している。そして本論文の混合モデルの基礎となる現象および混合モデル作製の基本概念を説明し、本論文の目的と成果を述べている。

第1編は第1章、第2章、第3章の3章よりなり、一段羽根攪拌槽の混合特性の解析を行っている。第1章では一段羽根攪拌槽内の循環流を主循環流、合流循環流および回帰、移行循環流に分割して、3次元の流動モデルを設定している。すなわち、槽内を羽根巾中央を通る断面と、攪拌軸、邪魔板を含む断面で分割し、それぞれの部分に一つの主循環流が存在すると考えるが、それらの一部（合流循環流とよぶ）は羽根内領域に吸い込まれた後、再び各主循環流へ帰り、また他の一部は回転方向の隣の循環流へ移行している。この流動モデルの主循環流は n 個の直列完全混合槽列でおきかえてその混合特性を表わしている。解析には動特性の手法を適用しており、回分操作の混合時間は上記の直列完全混合槽の数よりも循環流が槽内を一巡する時間と合流量比（合流量の全循環流量に対する比）とにより大きく支配され、連続操作の混合特性もまた同様に、合流量比と供給液量の全循環流量に対する比に支配されると述べている。

第2章では第1章の混合モデルに含まれるパラメータすなわち吐出流量、循環流量および羽根内合流量比を実験的に測定している。パドル、タービン、後退羽根パドル、ブルマージンの四種の攪拌羽根を使用し、ニュートン流体と擬塑性流体とについて実験を行っている。吐出および循環流量は無次元式により実験的に相関されている。また擬塑性流体に対するこれらの流量はニュートン流体のそれにある補正係数をかけることによって表わしうることを認めている。合流量比は乱流域より遷移域に入ると急激に減少し、層流域附近では非常に小さい値となることを示しているが、この値は擬塑性流体でもニュートン流体

と等しいと述べている。

第3章では回分操作における混合時間を測定している。すなわち第2章で得た循環流量を用いて、混合時間より混合循環回数を計算している。そしてレイノルズ数との関係、あるいは攪拌羽根種類による差について、第1章の混合モデルに第2章の羽根内合流量比を適用して得られる推定値と実測値とを比較検討し、両者がよく一致することを確かめている。また擬塑性流体の混合循環回数はニュートン流体のそれに等しいと述べている。

第II編は第4章と第5章の2章よりなり、二段羽根攪拌槽の混合特性を検討している。

第4章では第1章と全く同じ原理に基づく二段羽根攪拌槽の混合モデルを提案している。二つの攪拌羽根による液の流動に対し、第1章の流動モデルがそのまま適用でき、これら二つのモデルが槽中央において断面合流量により結合されるとして流動モデルを得ている。循環流中の混合は一段羽根のときと同様、 n 個の直列完全混合槽列の混合特性で表わし、混合モデルを得ている。このモデルにしたがえば、回分操作の混合循環回数は完全混合槽数よりも羽根内および断面合流量比で決定され、二段羽根の場合の混合循環回数は一段羽根のその2倍以上であると述べている。また連続操作での混合特性も、混合槽数よりむしろ二つの合流量比と供給流量の循環流量に対する比により支配されるとしている。

第5章では回分二段羽根攪拌槽の混合時間を測定している。まず二段羽根の場合の混合循環回数が一段羽根のその約2倍以上であることを実験的に確かめている。断面合流量比は混合時間より混合モデルを使用して求められるが、レイノルズ数の減少により遷移域附近より急激に減少し、その度合は羽根内合流量比より著しいと述べている。また擬塑性流体の断面合流量比はニュートン流体のそれよりやや小さいと結論している。

第III編は第6章と第7章の2章よりなり、攪拌型反応装置における反応諸特性と攪拌条件の間関係を第I、II編で得た結論をもとにして考察している。

第6章ではある特定の重合反応を例にとり、二段羽根攪拌槽で重合を行った場合のモノマー反応率、平均重合度、重合度分布を混合モデルより計算し、これらの値がレイノルズ数に依存すること、またその度合は現実の工業装置の操作域である遷移域で著しいことを述べている。

第7章では無水酢酸の加水分解反応を二段羽根攪拌槽で行い、出入口無水酢酸濃度比を求めている。一方混合モデルより上記の反応における濃度比を計算し、実測値とよく一致することを確かめている。

附録ではエネルギー散逸に関する相似則を一般化することにより、非ニュートン流体の流動における装置内の見かけ剪断速度の決定方法を紹介し、本論文における擬塑性流体の攪拌レイノルズ数はこの方法にしたがって定義されていることを附記している。

論文審査の結果の要旨

流動特性の極めて複雑な攪拌槽内流体の混合特性を、動特性の手法を適用した混合モデルによって解明、表示しようという試みが近年注目されはじめてきたが、数式モデルの作成からそのパラメータの数値決定までの一貫した研究は皆無といってよく、攪拌槽の混合特性を簡単に予知する事は殆んど不可能な状態であった。この論文では、最近明らかにされつつある攪拌槽内のフローパターンに基いて、槽内の濃度

の均一になる過程を観察した結果、循環流の分割という考えの導入によって、新しい混合モデルを提案している。そして混合モデルによる解析結果が現実の攪拌槽の混合過程と一致するかどうかを検討し、混合モデルの妥当性を検証している。本研究の主な成果は次の通りである。

(1) 循環流の分割により合流循環流と移行循環流を定義し、3次元的な混合モデルを作成することにより槽内の3次元的な濃度変化を知ることができた。

(2) これまでの混合モデルでは、羽根内領域において完全混合を仮定していたが、本研究の混合モデルにおいては羽根内合流量比という羽根内領域における不完全混合度を示すパラメータを含むため、遷移域から層流域近くまで適用できるものが得られている。

(3) 攪拌槽の混合特性は回分操作においても連続操作においても合流量比と循環流量とによって決定されることを明らかにした。これらの二つの量は比較的測定が容易であるから、本論文の混合モデルは実用上有用であるといえる。

(4) 合流量比と循環流量は種々の寸法の攪拌槽に対して測定された。合流量比はレイノルズ数に対し図示され、循環流量は攪拌条件、装置寸法と無次元式によって相関されているから、これらを利用し与えられた攪拌槽の混合特性を推定できる。

(5) 一段羽根攪拌槽と二段羽根攪拌槽の得失を明らかにした。すなわちブレンデングのような回分操作には一段羽根の方が有利であり、しかも最大の羽根内合流量比を与える形状の攪拌羽根を使用すればよい。一方連続攪拌型反応装置では二段羽根は一段羽根より同一槽容積で高収率を得ることを示した。

(6) 擬塑性流体の攪拌についても多数の実験を行い、循環流量はニュートン流体のそれにある補正をかけることによって簡単に表現できること、混合循環回数はニュートン流体のそれにほぼ等しいことを示した。

以上のようにこの論文は、槽中心に攪拌軸を有する円筒型攪拌槽の混合特性を表わす数式モデルを、伝達関数の手法を用いて作成し、代表的な攪拌羽根について、そのパラメータの値を攪拌槽の設計条件、操作条件と相関させ予知できるようにしたものであり、攪拌プロセスおよびその制御系の定量的な設計に有益な指針を与えるものであって、学術上、工業上寄与するところが多い。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。