

氏 名	中 西 英 二
	なかにしえいじ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 199 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 3 月 23 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	物質移動操作の動特性に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 水 科 篤 郎 教 授 高松武一郎 教 授 井伊谷鋼一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、蒸留、ガス吸収などの物質移動操作の動特性の数式モデルに関するもので3編12章よりなっている。

第1章序論では、物質移動操作の動特性に関する既往の研究について概説するとともに本研究の目的について述べている。まず静特性の知識にもとづいて装置内現象を理想化して理論的解析を行ない、その結果を実験と比較することが主であった研究の初期から、動特性の近似表示に主眼がおかれている現在までの発展の歴史をふりかえっている。著者はこうした動特性解析の歴史の流れにてらしあわせて、本研究の目的を次の三つに大別している。第一に装置内現象をどのようなモデルで表現するのが妥当であるかを解明すること、第二に装置内の現象、操作の差異がどの程度動特性に影響するかを考察すること、第三に物質移動操作が集中系と分布系でその動特性にどのような対応関係があるかを解明すること、としている。

第1編は装置内現象のモデル表示について述べたものである。

第2章では物質移動過程を表現するモデルとして定常二重境膜モデル、マーフリ効率モデル、境膜浸透モデルの三種のモデルを考え、これらを完全混合二流体接触物質移動操作に適用して動特性を理論的に解析している。その結果、従来多くの研究者が使用しているマーフリ効率表示によるモデルは動特性の表示法として全く不合理である事を指摘し、また〔周波数〕×〔境膜厚さ〕²/〔拡散係数〕が10⁻²程度より小さい通常の物質移動操作では境膜浸透モデルまで考える必要はなく、定常二重境膜モデルで充分である事を明らかにしている。

この理論的考察の結果を第3章で水-エタノール系の蒸留実験により検討している。すなわち1段の多孔板塔を用いてステップ応答による蒸留実験を行ない、実験から求めた時定数とマーフリ効率モデルおよび定常二重境膜モデルから計算により求めた時定数とを比較し、定常二重境膜モデルの妥当性を確認している。

第4章は流体の混合現象のモデル化について考察したものである。著者は流体混合の分布系表示の代表

として1次元拡散モデルを、集中系表示の代表として完全混合槽列モデルを取りあげ、組成変動伝達関数および流量変動伝達関数について考察を行なっている。その結果、両モデルが完全に等価であるのは完全混合流れと完全押し出し流れの両極端の場合のみであり、一般には両者を厳密に一致させることができないことを示すとともに、両モデルによる伝達関数の構造は相似であり、混合度を表わすパラメータ、すなわち、分布系表示ではペクレ数、集中系表示では槽数、は混合度特性関数とでも称すべき関数のなかに集約されることを示している。なお物質移動を伴う操作では、従来から提案されている速度過程を含まない場合の混合現象に対するインパルス応答の分散を一致させるようなペクレ数と槽数の関係を用いるより、速度過程を含んだ操作で定常ゲインを一致させるようなパラメータの関係を用いる方が実用の範囲内で動特性のよい一致をみることを示している。

第5章では1段の多孔板塔を用い、水-空気系により水側の軸方向の混合の動特性に及ぼす影響を実験的に考察している。実験にはステップ応答法とパルス応答法を用いているが、前章で示されたパラメータ関係を用いれば実用の範囲内で両モデルによる動特性表示に殆んど差異がないことを示している。

第2編は第1編で確認したモデル表示を用いて基本的な物質移動操作の動特性について理論的な考察を行なったものである。著者は物質移動操作を接触方式の面から連続接触と非連続接触に、流型方式の面から十字流、向流、並流に分類し、この接触方式と流型方式の組み合わせにより実際の操作が行なわれていることから、これらの組み合わせの動特性の特徴を考察している。

まず、第6章では、上記の組み合わせに関係しない単一完全混合槽では物質移動現象そのものに基づく動特性が支配的であるため、その基本的な様相を把握する意味で、両流体滞留時間、総括物質移動単位数、放散因子などの単一完全混合槽の動特性に及ぼす影響を考察している。両流体滞留時間比については、滞留時間の小さい流体側の動特性を求める場合にその滞留時間を零と近似すると大きい誤差をまねくことを明らかにし、同種流体間の動特性への総括物質移動単位数の影響は小さく、放散因子はゲインに大きい影響をもつことなどを明らかにしている。

第7章では集中系十字流接触の動特性について述べている。まず槽間に伝達おくれがない場合についての伝達関数を導き、槽数、滞留時間比、放散因子、総括物質移動単位数などの影響を数値計算により考察している。その結果、槽数以外の因子の影響は第6章の単一完全混合槽の場合と本質的に変わらないことを示し、槽数の影響については、槽を直列的に流れる流体間の伝達関数にのみ大きい影響があることを明らかにしている。なお本章の最後で槽間に伝達おくれがある場合の伝達関数を導いており、槽間のおくれが動特性にどのような影響を与えるかについても述べている。

第8章は集中系向流接触の動特性に関する記述であり、前章と同様の考察を段塔のような集中系向流接触操作について行なったものである。この章で述べられている主なる結果は、流量の伝達おくれを無視した場合には、流量変動による組成の伝達関数は、放散因子が1より大きいのか小さいかによってその平衡到達率が場所によって異なり、操作線と平衡線との間隔が大きい方から早く平衡に達するということが、放散因子の値が大きいほど応答が早いということなどで、移動単位数、滞留時間比などの影響は第6章と本質的な差異がないとしている。とくに精留塔の動特性を巨視的に把握するため、本章で考察された結果を精留操作に適用し、その伝達関数の構造を導いている。

第9章は分布系十字流接触についての考察であり、まずはじめに拡散モデルによる伝達関数を導き、ついで諸パラメータの動特性に及ぼす影響を数値計算により考察している。ペクレ数の影響については、混合を考慮した流体側の入出力間の特性には強い影響をもつが、他の入出力間の動特性には殆んど影響しないことを示している。

第10章は分布系向流接触の動特性の考察について述べたものである。両流体ともに軸方向の逆混合を考えて数式モデルをたて、伝達関数を導いている。パラメータの動特性に及ぼす影響を前章と同様数値計算により検討しているが、その特性は分布系十字流接触の場合と全く類似していることが示されている。

第3編は第2編で論議された分布系表示、集中系表示を一層拡張して、特に動特性表示のモデルとして両表示法の対応関係を見出すために行なわれた理論的考察の結果をまとめたものである。

第11章では十字流接触を第12章では向流接触を取扱っているが、いずれの場合でも、分布系に対しては通常利用されている Danckwerts の境界条件を用いれば分布系と集中系の差は第4章で導かれたいわゆる特性関数の型のなかに集約される事が明らかにされている。また同一流体間の動特性については両表示法ともよい一致をみるが、異種流体間の動特性についてはその操作の本質に出来るだけ忠実な表示法に従わないと大きい誤差がおこりうることを指摘している。

論文審査の結果の要旨

プロセス動特性の研究がプロセス制御、プロセス最適化などの目的のために必要欠くべからざるものであることは周知の事実であり、物質移動操作の動特性の研究は1950年代の初めから行なわれてきているが、いまだに、制御系やプロセスのシンセシスのためにシステムが建設される以前にその動特性が予知される段階にはなっていない。物質移動操作の動特性の研究方法には基本的に二つの立場が考えられる。すなわち一つは装置内の現象にもとづいた数式モデルを結合してシステムの動特性を表現しようとする立場であり、もう一つは現象論的な意味は無視してシステムのシンセシスに便利な簡単な数式の形を予め仮定しておき、そのパラメータを実験値や観測値にあうようにきめるという立場である。前者は数式モデルが複雑すぎて工業的に実用に供し難く、後者は装置が製作される以前に動特性を一般的に予知することに難がある。

この論文は現象に立脚して複雑なモデルを一旦作り、数多くの数値計算により、如何なるモデルが合理的であるか、または物質移動装置の型式によってどのような動特性の差異があるかを考察し、その結果から現象論的にも意味のある簡単なモデルを作ることを目的としたもので、前述の二つの立場の中間に位置するものである。したがって幾分でも両者のモデル表示法の欠点を補うものであり、主なる寄与は次の如くである。

- (1) 従来多くの研究者が使用してきたマーフリ効率を使用するモデルによれば、大きい誤差の生ずる場合があることを指摘し、通常の場合に対する定常二重境膜モデルの合理性を実証した。
- (2) 定常二重境膜モデルによっても動特性表示が不充分であるかどうかは、 $[\text{周波数}] \times [\text{境膜厚さ}]^2 / [\text{拡散係数}]$ の値によることを明らかにしている。
- (3) 装置内の流体混合現象を分布系表示した場合と集中系表示した場合の動特性表示の相異について考察

し、動特性が一致するような分布系表示の場合のペクレ数と集中系表示の場合の槽数の関係を見出している。

- (4) 各型式の物質移動装置の動特性を表わす数式のなかに含まれる各種パラメータの動特性に及ぼす影響の度合が考察された。
- (5) 精留プロセスの動特性を表わす伝達関数の構造が導かれ、その近似表現の意味が明らかにされている。
- (6) 集中系プロセスと分布系プロセスの動特性の相関関係を一般的に論じ、同種流体間の動特性を問題にする場合には両モデルの特性が実用的見地から一致するとみなしうることを示している。

以上述べたように、本論文は物質移動操作の動特性を現象論的立場に立って解析し、その特質を把握するために行なわれた研究を記述したものであって、学術上ならびに工業上寄与するところが少なくない。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。