The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Studies on Kinetics of Adsorption in Batch and Continuous Flow Systems
Author(s)	修, 国華
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40268
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【 79 】

氏　　名	修（しゅう）　国（こく）　華（か）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　12827　号
学位授与年月日	平成9年2月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	Studies on Kinetics of Adsorption in Batch and Continuous Flow Systems （バッチおよび流れ系における吸着動力学の研究）
論文審査委員	（主査） 教授 新田 友茂 （副査） 教授 駒沢 勲　教授 平田 雄志　教授 上山 惟一

論文内容の要旨

吸着プロセスは化学工業で広く使われているようになってきたが，吸着の機構それ自体はあまり良く理解されていない。この理由は，吸着が流体相と固体相の両方でフィックの拡散式で記述されるような移動過程であるためである。この論文では，吸着剤粒子の形状として球形・円筒・平板の3つを考え，それぞれに3つの拡散モデル（表面拡散，細孔内拡散，および混合拡散モデル）を考えて，形状および拡散モデルの違いが吸着速度に与える影響について，理論と実験の両面から研究したものである。

第1章は一次反応がある場合と無い場合のバッチ吸着操作を扱った。まず，吸着平衡が線形になる系（線形平衡系）および直角平衡系では，流体濃度の時間変化に対する解析解が3つの形状の吸着剤について得られることを示し，表面拡散および細孔拡散モデルについて全ての理論解を求めた。さらに，これらの解が減衰振動型で数値解が得られにくい形をしているため，いくつかの近似解法を研究した。また，ラングミュア型の吸着平衡系では形状因子を考慮した数値解法を提案した。これらの解法を用いて，以下の要素が吸着速度に与える効果について研究した：吸着平衡の形状，Biot数，吸着剤の使用量，拡散モデルの違い，さらに，水溶液中の鉛，クロロフォルムの吸着速度の実験値をこれらの理論式に当てはめ，必要なパラメータを求めることによって，理論解が有効であることを示した。また，吸着と同時に一次反応があるバッチ系の理論解を求めるとともに細孔内濃度の2次式近似および4次式近似による解を研究した。

第2章では実用的に一番多く使われている固定層の吸着操作を研究した。ここでは，流体の逆混合，境膜抵抗，粒子内拡散抵抗を総て考慮し，吸着剤の3形状について，表面拡散と細孔拡散モデルの理論解を求めた。さらに，いくつかの近似法を検討し，準対数正規確率分布関数を用いた近似（Q-LND近似）が一番優れていることを明らかにした。さらに，このQ-LND近似が成立する経験的な条件を見つけるとともに，この近似法の研究を通じて，粒子の形状が吸着速度に影響を与える場合と与えない場合があることを示し，それぞれの条件を明確に示した。

第3章では，拡散セル法による吸着速度の理論解について研究した。その結果，この拡散セル法は細孔内の吸着機構が表面拡散あるいは細孔拡散かを研究するのに一番良い方法であることを明らかにし，2つの吸着機構を見分ける

ための基準を提案した。また，直角吸着平衡系については2つの吸着機構に対する理論解を新しく導いた。

論文審査の結果の要旨

吸着分離操作は液体や気体中の微量不純物を除去するのに適した分離操作であり，飲料水の高度処理や超高純度の気体の製造に用いられる。吸着分離装置の合理的な設計のためには，装置内の流体の混合特性と吸着剤粒子側の物質移動特性に関する情報が必要不可欠である。一般に吸着剤は構造が不規則な多孔性の固体であり，分子の移動は細孔拡散と表面拡散の並列的な移動機構によると考えられている。また，吸着装置の物質移動特性は細孔内の物質移動と流体の混合特性の相対的な大きさによって決定される。しかし，これまでの数学モデルは主として球形粒子に限られており，繊維状活性炭のような円筒型粒子や膜状の平板型吸着剤に対する理論解はほとんど求められていなかった。

本論文では，吸着装置の3つの形式（バッチ型撹拌槽・固定層・拡散セル）に対して，吸着剤の3つの構造（球形・円筒・平板）を表す数学モデルを展開した。そして，細孔拡散機構・表面拡散機構・その複合機構に対する物質移動特性曲線の理論解をサーベイし，吸着平衡関係が線形（ヘンリー則）の場合について，これまで求められていなかった解のすべてを導き，さらに，吸着に続いて表面で一次反応が起こる系についても数学モデル展開してその理論解を求めた。また，これらの理論解は減衰振動型の多項式で表されるため，理論解の数値解を得るには特殊な経験が必要であることに注目し，数値計算の容易な近似解法を研究した。特に，固定層の拡散に関しては，細孔内の濃度分布を近似する方法よりも，流体の濃度分布を対数正規分布関数で近似する解法(Q-LDN 近似)が有効であることを見出し，その副産物として，装置内流体の逆混合が小さい場合に吸着剤の形状が流体の濃度分布に影響を与えることを明らかにした。また，吸着平衡関係が非線形の場合についても数値解法を研究して，細孔拡散機構と表面拡散機構の影響を検討した。

さらに，これらの理論解の有効性を調べるため，球形粒子および繊維状活性炭の液相吸着実験を行い，理論モデルのパラメータ決定法を含めて理論を検証して，それらが理論上も実用的にも有効であることを示した。

以上のように，本論文は吸着の動力学に関する学術的な内容が豊富であり，吸着装置の解析および応用に寄与するところが大きいので，学位（工学）論文として価値あるものと認める。