

報告番号 ※ 甲 第 1395 号

主論文の要旨

題名 非ニュートン流体の汙過に関する研究

氏名 入谷 英司

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

入谷英司

各種の固液分離操作の中で、滷過操作については、Ruthの研究を基礎にいわゆる近代滷過理論に至る数多くの研究が既に行われており、滷過ケーキの圧縮性の影響を厳密に考慮して、ケーキ内部の流動機構が解明されてきた。これらの研究は、いずれもニュートン流体の滷過を対象としたものであるが、最近の石油化学工業などの急速な発展に伴い、非ニュートン性を示すような高分子溶液を取り扱う操作はますます増加し、非ニュートン流体の滷過操作も極めて重要な問題となっており、その滷過過程の解析に一般的に適用できる理論的方法の確立が強く要望されている。しかしながら、非ニュートン流体の滷過に関する実験的・理論的研究は極めて少なく、Kozickiの研究を始めとした若干の研究が行われているにすぎないのが現状である。

本論文は、非ニュートン流体の滷過を対象としたものであり、ニュートン流体の滷過においてケーキの圧縮性を考慮したいいわゆる近代滷過理論を基礎に、工業的に取り扱われる非ニュートン流体の中で特に重要な指数法則流体を対象としたものである。すなわち、従来の滷過理論を再吟味するとともにニュートン流体と非ニュートン流体の両者に適用できる一般化した滷過理論を提示し、定圧・定速・変圧変速のケーキ滷過および清澄滷過過程の解析方法を確立した。

第一章においては、本論文の基礎となる近代滷過理論について概説するとともに、非ニュートン流体の滷過に関する既往の研究について概観した。Ruth, Carman, Graceなどのこれまでの研究では、

主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名 入谷英司

濾過ケーキ内部の濾液流速を一定と取り扱って解析がなされてきたが、濾過ケーキの圧縮性の影響によるケーキ内部の濾液流速変化を考慮したいわゆる近代濾過理論により濾過理論は一段と厳密さを増してきた。本論文では、この近代濾過理論に立脚して非ニュートン流体にも適用できる濾過理論を発展させており、まず近代濾過理論について概説した。非ニュートン流体の濾過に関する研究は極めて少なく、Kozicki が非圧縮性のスラリーを対象として定圧・定速のケーキ濾過に関する濾過速度式、さらに最近になって近代濾過理論に基づき濾過ケーキの圧縮性を考慮して定圧ケーキ濾過に関する濾過速度式を提出している程度であり、濾過過程の諸特性値の理論推定を行うには至っていないのが現状である。

第二章においては、非ニュートン流体の定圧濾過過程における濾過ケーキの総括的性状について述べた。ニュートン流体に対する従来の濾過理論を指数法則非ニュートン流体の見地から再吟味し、圧縮性が比較的小さいスラリーを対象としてニュートン流体と非ニュートン流体の両者に適用できる一般化した濾過理論を提出した。この理論は、濾過ケーキ内における濾液の流動基礎式、濾過速度式、圧縮圧力分布式等の諸式を含む。これらの諸式は、流動特性指数 $N=1$ とし流体の粘稠度係数 K の代わりにニュートン流体の粘度 μ を用いると、従来のニュートン流体の場合の諸式と一致する。0.2~0.3 wt% のポリアクリル酸ナトリウム・イオン交換水溶液にけいそう土濾過助剤を懸濁させたスラリーを用いて、98~294 kPa の圧力範囲で種々の定圧濾過実験を行い、濾液量と濾

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

入谷英司

過速度の時間的变化を測定した。本章で提出した理論に基づき、ニュートン流体による従来の圧縮透過実験で得られた空隙率 ϵ およびニュートン流体の部分透過比抵抗 α_x とケーク圧縮圧力 P_c との関係を示す実験式を利用して、非ニュートン流体の定圧透過過程における透過ケークの平均透過比抵抗などの総括的透過性状や透液量の時間的变化などを比較的精度よく推定できることを示した。さらに、透液の流動特性指数 N が指数法則流体の平均透過比抵抗 α に対し著しい影響を及ぼし、 N が小さく非ニュートン性が顕著になるにつれ、 α は急速に小さくなることを理論的にも実験的にも明らかにした。また、非ニュートン性が顕著になるにつれ、形成される透過ケーク内の圧縮圧力は大きくなり、緻密な透過ケークが得られることを理論的に示した。

第三章においては、非ニュートン流体の定圧透過過程における液圧分布などの透過ケークの内部状態について述べた。第二章では、圧縮性が比較的小さいスラリーを対象として非ニュートン流体の定圧透過過程の総括的性状を推定したが、本章では、第二章で提出した透過理論をさらに発展させ、近代透過理論に基づき透過ケークの圧縮性の影響を厳密に考慮して透過ケーク内の透液流動基礎式、透過速度式、透液流速分布式、液圧分布式などの諸式を提出した。透過の研究においては、透過ケーク内部の位置を表す座標として伝統的に固定座標が用いられてきたが、圧搾、濃厚スラリーの圧密沈降に関する最近の研究では、固定座標の代わりに移動座標を用いて解析が行われている。圧搾操作は、透過期間

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号 氏名

入谷 英司

とそれに引き続いて起こる圧密期間とからなり、したがって滲過期間と圧密期間の両者を解析するために共通の座標を用いるのが便利である。本章では、このような見地からケーブ内の固体粒子とともにその位置が移動していく移動座標に基づいて以上の諸式が提出されている。0.1~0.3 wt% のポリアクリル酸ナトリウム・イオン交換水溶液にけいそう土滲過助剤を懸濁させたスラリーを用いて滲過圧力 $P=98\sim 294 \text{ kPa}$ 、流動特性指数 $N=0.342\sim 0.766$ 、スラリー濃度 $s=0.1\sim 0.15$ の種々の条件下で定圧滲過実験を行い、滲液量と滲過ケーブ内部の種々の位置における液圧の時間的变化を測定した。その結果、滲液量の時間的变化などの滲過ケーブの総括的性状だけでなく、液圧分布などの滲過ケーブの内部状態をも比較的精度よく推定できることを示した。

第四章においては、非ニュートン流体の定速および変圧変速滲過について述べた。滲過操作の様式は、滲過圧力と滲過速度の時間的变化に着目すると定圧・定速および変圧変速滲過の3つに大別され、第二章および第三章では、まず定圧滲過過程における滲過諸特性値の推定法について述べた。定速および変圧変速滲過操作は定圧滲過操作と比べてより一般的な滲過操作であり、特に変圧変速滲過操作はうず巻ポンプなどを用いてスラリーを滲過器に圧入する方式で工業的にも広く行われており、その一般的に理論解析の確立が強く望まれている。本章では、まず定速および変圧変速滲過条件下における滲過ケーブ内の滲液流速分布式を与え、滲過圧力が一定の定圧滲過の場合には第三章に示した滲液流速分

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

入谷英司

布式と一致することを示した。0.31~0.52wt%のポリアクリル酸ナトリウム・イオン交換水溶液にけいそう土濾過助剤を懸濁させたスラリーを用いて、定速濾過については減圧弁を操作して濾過圧力を時間に対して直線的に増加させ、また、変圧変速濾過については濾過圧力が時間に対して放物線を描くように増加させて種々の実験を行い、濾液量と濾過ケーキ内部の種々の位置における液圧の時間的变化を測定した。濾過圧力の増加速度がそれほど大きくなければ、定速および変圧変速濾過過程においても定圧濾過の濾液流速分布式が近似的に成立し、定圧濾過過程の推定法を拡張することにより定速および変圧変速濾過過程をも比較的精度よく推定できることを示した。さらに、ポンプの吐き出し特性が与えられたときの変圧変速濾過過程の濾液量の時間的变化を推定する方法を与え、この方法により実験結果をかなり精度よく推定できることを明らかにした。

第五章においては、清澄濾過に関する非ニュートン流体の閉塞濾過法則について述べた。第二章~第四章では、比較的少量の固体物質を含むスラリーを濾別するいわゆるケーキ濾過について述べたが、固体物質の含有率が容積基準で0.1%以下の希薄スラリーを濾別するいわゆる清澄濾過も工学的に非常に重要な操作である。本章では、Hermans-BredéeおよびGraceによって提出された従来の閉塞濾過法則に基づき、指数法則モデルを用いてニュートン流体と非ニュートン流体の両者に適用できる一般化閉塞濾過法則を提出した。すなわち、標準閉塞法則、完全閉塞法則およびケーキ

主論文の要旨

報告番号 ※甲第

号 氏名

入谷 英司

汙過法則に対する汙過特性式をそれぞれ導き、これらの諸特性式が、定圧汙過と定速汙過のそれぞれに対して各汙過法則に依存する二つの定数を含む共通の微分方程式で表せることを明らかにした。また、これらの汙過特性式を利用すれば、粒子の捕捉機構をニュートン流体の場合も含めて測定データから図的に判別でき、汙過定数も実験的に決定できることを示した。

従来の汙過における研究は、そのほとんどがニュートン流体に関するものであったが、非ニュートン流体の汙過についても、最近の高分子工業の発展に伴いその重要性に対する認識は急速に高まっている。本論文は、非ニュートン流体の汙過を対象としたものであり、従来の汙過理論を基礎に、指数法則モデルに立脚して定圧・定速・変圧変速のケーク汙過および清澄汙過過程の一般的解析方法を確立した。本論文で提出した諸式は、流動特性指数 $N=1$ とし流体の粘稠度係数 K の代わりにニュートン流体の粘度 μ を用いれば、従来のニュートン流体の場合の諸式と一致し、本論文で提出した理論は、ニュートン流体と非ニュートン流体の両者に適用できる一般化した汙過理論である。