

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 朴 常燾

本論文は、「精密ろ過膜を用いたエマルションのサイズ制御に関する研究」と題し、精密ろ過膜のサイズ分画機能を利用してエマルションの平均粒径、粒径分布を制御する方法を新たに開発し、分画性、膜透過流束の解析モデル、サイズ制御プロセスの設計手法などを確立したもので、7章からなっている。

第1章は緒論で、従来、エマルションの膜処理については、分離、濃縮が研究の中心であったが、これらの研究について既往の報告をまとめ、本研究の背景、目的および論文の構成を述べている。

第2章では、精密ろ過膜の細孔径よりも小さな、サブミクロンから10ミクロンの粒径のO/Wエマルション粒子を対象として分画実験を行い、膜表面に粒子の堆積層が形成されない低濃度、低圧力といった条件下では、膜の細孔径とエマルション粒径とで阻止性が決まる篩機構が発現し、この機構に基づいて粒子の分画曲線が得られ、サイズ制御が可能であることを示している。

第3章では、膜細孔径よりも大きなエマルション粒子の膜透過現象を取り扱っている。膜細孔より大きなエマルション粒子は低圧条件では膜を透過しないが、圧力をあげていくとある値を超えた時点で膜を透過するようになる。この値は臨界圧力と呼ばれているが、膜面が攪拌されない条件下で稀薄な単分散エマルションの定速全ろ過を行うことで臨界圧力を正確に測定できることを明らかにしている。

また、圧力によりエマルション粒子が変形して透過し、透過後もそのサイズに戻る領域と、破壊を伴って透過し、透過後はサイズ分布が透過前のものと異なる領域とがあることを明らかにしている。

更に、臨界圧力と膜細孔径、エマルション粒径との関係を定量的に表すモデルを提案し、これと従来の毛管圧力モデルとの境界が変形透過領域と破壊透過領域との境界であることを明らかにしている。

第4章では、膜透過流束の低下機構について検討している。低濃度領域では膜細孔内部での細孔閉塞よりも細孔表面で細孔をふさぐ表面閉塞の方が大きな抵抗になることを見だし、粒子一個が幾つの細孔を塞ぐかを表すパラメータと、細孔を塞いだ粒子がどのくらいの速度で再び膜面を離れ細孔を開けるかを表すパラメータを導入することで、新たな膜透過流束記述モデル

を提案し、これにより実験結果をよく説明できることを示している。

一方、高濃度域では膜面に粒子が堆積しケーキ層を形成するため、この領域では膜透過流束は従来の濃度分極モデルが適用できることを明らかにしている。

第5章では、高濃度域で膜面に堆積層が形成される条件下での粒子の阻止特性を検討している。剛体球粒子ではこの条件下では膜細孔径より小さな粒子もケーキ層により阻止され、膜を透過できないことはよく知られているが、エマルション粒子は変形できることからケーキ層内を変形透過でき、しかもその際透過側に濃縮されることを初めて見だし、高濃度域でも分画が可能であることを示している。また、膜のモデル系であるマイクロチャネルを用いたエマルション粒子透過の観察から、このような条件下ではケーキ層を形成している大きな粒子では粒子内で液が循環していることを初めて発見し、これが小さな粒子の濃縮に関与していることを示している。

第6章では、これまでに得られた成果に基づき、精密ろ過膜によるエマルション粒子のサイズ制御プロセスを提案し、処理に要する時間、膜面積、エマルションの回収率、その分散度をシミュレートできるモデルを開発している。このシミュレータを用いてケーススタディを行い、回収率と分散度との間にはトレードオフの関係があることから、プロセスの最適化には、例えば分散度によるエマルションの付加価値の決定など制約条件の決定が必要であることを示している。

第7章は総括で、本論文の内容をまとめ、今後の課題を述べている。

以上要するに、本論文は、精密ろ過膜を用いてエマルション粒子をろ過すると、低濃度領域はもちろんのことケーキ層が形成される高濃度領域においてもサイズ分画が可能であり、特に高濃度域では小さな粒子の濃縮がおこることからより効率的にサイズ分画が可能であることを示し、更にプロセスの定量的設計、評価が可能なシミュレーションモデルを構築することで、精密ろ過膜によるエマルションのサイズ制御が可能であることを初めて明らかにしたもので、膜分離工学および化学システム工学に大きな貢献をするものである。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。