

氏 名	ザビーネ ギースラー Sabine Giessler
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1908 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 化 学 工 学 専 攻
学位論文題目	Synthesis and Dynamic Optimization of Reactive Distillation Processes 反応蒸留プロセスの合成と動的最適化

論文調査委員 (主 査) 教 授 橋 本 伊 織 教 授 谷 垣 昌 敬 教 授 田 門 肇

論 文 内 容 の 要 旨

反応蒸留は、複合型の単位操作であり、それぞれの単位操作を別々に行う場合に比べ、効率の良い反応分離が行える可能性を有している。しかしながら、正逆反応が生じる領域や蒸留境界線による分離可能領域等、様々な制約を同時に考慮する必要があるため、系統だった設計法や操作法が確立しているとはいえない。本研究はそのような反応蒸留について、連続反応蒸留に対するプロセス構造の合成問題とバッチ反応蒸留に対する動的最適操作に関する研究をまとめたもので、全5章からなる。序論である第1章に続き、第2章で連続蒸留に対する与えられた条件を満たすプロセス構造をシステムティックに合成する手法を提案している。そして、第3、4章において、種々の構造を有するバッチ反応蒸留塔のモデルとその動的な最適操作手法についてまとめている。第5章は結論である。各章の内容は、以下の通りである。

第1章は序論であり、実社会における反応蒸留の適用例、本研究の動機および本論文の構成についてまとめている。

第2章は、連続反応蒸留プロセスの合成法に関する研究をまとめている。まず、塔段数無限大、塔内気液流量無限大という理想的な状態を仮定することにより、反応蒸留を反応と蒸留に分離して考察できることを明らかにしている。そして、このような仮定下で、与えられた原料組成に対して最大の反応率と製品組成および反応蒸留に用いるべき段を簡便に導出する手法を提案している。また、提案した手法を用いて得た結果と、プロセスシミュレータを用いた詳細なシミュレーション結果とを比較することにより、導入した仮定および提案した手法の妥当性を確認している。

次に、提案した手法を種々の原料組成に適用することにより、分離という観点から同一の特徴を持つ反応蒸留塔出力組成領域と原料組成領域の対応関係を得られることを示している。そして、この対応関係を利用して、分離という観点から原料組成領域をいくつかの領域に分類できることを明らかにしている。更に、この原料組成領域の分類法が、様々な熱力学的特性を有する3成分系および4成分系プロセスに適用可能であることを、蒸留境界線のパターンの違う様々な対象や不活性ガスが存在する対象に提案した手法を適用することで明らかにしている。

プロセス全体を考えたとき、反応蒸留塔1塔では一般に原料から与えられた条件を満たす製品を得ることができない。反応蒸留塔の出力が上記の手法によって分類された1つの組成領域に属する場合、同一の構造の蒸留塔を追加することにより、制約を満たす最終製品を得ることができる。このことを利用し、製品スペックが与えられたとき、その条件を満たす多塔からなる分離プロセス構造を、原料組成の全領域に対して導出する手法を提案している。そして、様々な対象に対して、提案した手法に基づいて具体的なプロセス構造を求めている。

第3章では、バッチ反応蒸留に関する種々のモデルを提案している。具体的には、濃縮部型塔、回収部型塔、中間貯槽を有するバッチ反応蒸留塔および原料を連続的に供給するセミバッチ反応蒸留塔を対象に、詳細度の異なる3種類のモデルを提案している。そして、フィード組成や還流比、炊き上げ熱量が反応蒸留過程に与える影響について、シミュレーションにより検討している。

第4章では、バッチ反応蒸留に対する動的最適操作に関してまとめている。具体的には、最適化の時間刻みやモデル詳細

度の違いが、導出した動的最適操作に与える影響、反応に関与する箇所の違いが塔の性能に与える影響、評価指標の違いが最適プロファイルに与える影響等について、種々の系を対象に、また種々の構造を有するバッチ反応蒸留塔を対象に考察している。

第5章は結論であり、本研究で得られた成果を総括すると共に、今後の研究課題についてまとめている。また、付録として、本研究で扱った対象の物性データをまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、複合型単位操作である反応蒸留プロセスに対して、与えられた条件を満たすプロセス構造をシステムティックに合成する手法と、回分式に運転される反応蒸留塔の動的な最適操作手法について検討した結果を取りまとめたものであり、得られた主要な結果は以下の通りである。

1. 全ての原料組成領域に対して、最大の反応率と製品組成をシステムティックに導出する手法を開発した。提案した手法では、まず塔段数無限大、塔内気液流量無限大という理想的な状態を仮定し、与えられた原料組成に対する最大の反応率と製品組成を簡便に導出する手法を示した。また、上述した仮定下で得られた結果を、プロセスシミュレータを用いた詳細なシミュレーション結果と比較することにより、導入した仮定および提案した手法の妥当性を確認した。続いて、開発した手法を原料組成領域全体に対して適用することによって得られる製品組成が、分離という観点から同一の特徴を持ついくつかの領域に分類できることを利用し、原料組成領域の分類法を示した。

2. 連続反応蒸留に対するプロセス構造の合成法を提案した。全ての原料組成領域に対して反応蒸留塔の出力組成を導出できるという、前項で示した手法の特徴を生かし、製品スペックが与えられたとき、その条件を満たす多塔からなる全ての分離プロセス構造をシステムティックに導出する考え方を示した。そして、提案した手法をいくつかの具体的な問題に適用し、その有効性を検証した。

3. バッチ反応蒸留を対象とした動的最適操作導出システムを構築した。まず、濃縮部型塔、回収部型塔、中間貯槽を有するバッチ反応蒸留塔および、セミバッチ反応蒸留塔に対して、詳細度の異なるモデルを導出した。そして、それらのモデルに対して、還流量および加熱量の動的な最適操作パターンを導出するシステムを構築した。構築したシステムを用いて、様々な分離対象に対する最適操作を導出することにより、モデル精度が最適化の結果に与える影響を解析すると共に、系の熱力学的特徴により適切なプロセス構造や反応蒸留を行うべき段が異なることを明らかにした。

以上要するに、本論文は連続反応蒸留プロセスに対して最適な原料組成の選定をも含めたプロセス構造の導出法を、またバッチ反応蒸留プロセスに対して装置の構造の選定をも考慮した動的な最適操作法を示したもので、その成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年1月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。