

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 Kheawhom, Soorathep

化学製品を生産するプロセスの設計時には、従来のように経済性の観点ばかりではなく、環境影響を考慮することが求められている。本論文は” Robust and environmentally benign process design through multi-criteria optimization” (和題「多目的最適化による環境影響を考慮したロバストプロセス設計手法の研究」)と題し、環境影響と経済性を考慮し、かつ運転時の様々な変動に対してもロバストであるような化学プロセスの設計手法の構築を目的としたものである。分子設計からプロセス設計までの統合、不確実性の取り扱いまでを含む、複数の目的関数を持つ設計問題の最適化フレームワークをケーススタディによる実証を行いながら提案したもので、全8章からなっている。

第1章では、緒言として、プロセス設計および環境影響評価に関わる既往の研究を整理し、本論文の背景、目的、方針について述べている。

第2章では、プロセス設計の目的を論理的に整理し、プロセスの設計や合成に関して既往の統合的手法を挙げながら解決すべき課題を述べている。

第3章では、プロセス設計のために開発した多目的最適化フレームワークを提案している。プロセス設計時に経済性や環境負荷に加えロバスト性を評価するための二つの新たな指標を提案している。Failure probabilityによって、プロセスの制御性の評価ができる。この指標の評価にはプロセスの静的モデルだけを用いるため、少数回の繰り返し計算で評価可能であり、実行可能領域と実行不能領域を明示することができる。Deviation ratioによって、プロセス運転性が評価できる。これらのロバスト性指標を経済性と環境負荷と同時に評価することにより、パレート集合から最もパフォーマンスの高い解を選ぶ手法を開発した。この手法を膜分離による揮発成分回収プロセスの設計に適用し、有効性を示している。

第4章では、分子レベルのマイクロスケールの設計問題とプロセスレベルのマクロスケールの設計問題を統合した新たなマルチスケールフレームワークを提案している。環境負荷の小さい原料や溶媒への変更、分離方法の変更のような新たなプロセスシステムの開発というスケールの異なる環境負荷削減手法を統合するものであり、個別の改善より環境負荷を低減したプロセスの開発を可能とする。設計問題を定式化して解くためには先験的アプローチを適用する必要があるが、経験に基づくルールと熱力学の知識を適用する経験的アプローチを導入することによって、先験的アプローチの複雑さと設計問

題の巨大化を軽減することに成功している。この手法をフェノール回収プロセスにおける共沸蒸留のための第3成分選択問題に適用し、グループ寄与法による物性推算を用いた分子設計とプロセス設計を統合して解くことによって、適切な第3成分とプロセスを同時に設計している。

第5章では、不確実性を伴うプロセス設計のための多目的最適化フレームワークを提案している。このフレームワークは二つのレイヤーから構成されるアルゴリズムであり、外側のレイヤーの中では、設計問題は多目的最適化問題として定式化され、設計変数と関連したプロセスパフォーマンスを考慮し、内側のレイヤーの中では単一の目的関数で表される問題の最適化を行うことによって、たとえばプロセス運転時に決まる操作変数のような不確実性を持つ変数の変動に対するプロセスパフォーマンスを考慮する。ここで、変数が既知の複数の値をとりうるというような決定論的不確実性変数は、有限個の定数パラメタによって表現可能であり、変数の取りうる値が分布を持つというような確率論的不確実性変数は、確率分布関数という形で表されている。膜分離プロセス設計における流量や膜面積などの設計変数や操作変数の属性を分類し、これらの不確実性を考慮した設計を行うことにより、従来の方法では得られなかった高いパフォーマンスを示すプロセスを設計している。

第6章では、本論文において開発した手法が、商用プロセスシミュレーションソフトウェアと本手法のために開発したソフトウェアを統合することによって実現され、容易に実行可能であることを論証している。

第7章では、本論文の結論として、一連の研究についての総括を行い、プロセスシステム工学における位置付けを考察している。

第8章では、今後の課題と展望について記している。

以上要するに、本論文は多目的最適化手法を用いた新たなプロセス設計手法を提案し、環境影響と経済性を考慮し、かつ運転時の様々な変動に対してもロバストであるようなプロセスの設計を可能とする統合的なフレームワークを構築、実装し、さらに今後求められる持続性を考慮したプロセス設計の方向性を示したもので、化学システム工学およびプロセスシステム工学に貢献するところ大である。

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。

## 最終試験の結果の要旨

論文提出者氏名 Kheawhom, Soorathep

審査委員会は、平成15年2月2日に論文提出者に対し、学位請求論文の内容及び専攻分野に関する学識について口頭による試験を行った結果、本人は博士(工学)の学位を受けるに十分な学識と研究を指導する能力を有するものと認め、合格と判定した。