

審査の結果の要旨

氏名 菊地恵美

本論文は、「**Practical Framework for Chemical Risk Management based on Process Design** (和訳：プロセス設計に基づく化学物質リスクのための実践的フレームワーク)」と題し、サプライチェーンの川中に位置する産業で使用される化学物質のリスクをプロセス設計段階において適切に評価し、リスク削減対策の意思決定を行うためのリスク管理フレームワークの構築を目的とした研究である。全6章より構成されている。

第1章は、緒言であり、本研究の背景及び目的を述べている。化学物質リスク管理が持続可能な産業活動を実現するために不可欠であることを述べ、リスク管理を支援するためにライフサイクルアセスメント(LCA)やリスクアセスメント(RA)をはじめとする評価手法や、環境配慮型製品・プロセス設計手法の提案を行った既往研究を紹介している。化学品を製造する化学プロセスは研究の対象となってきたが、溶剤などの化学品を利用する川中産業は化学物質の大きな排出源であるにもかかわらず、リスク管理手法の検討が行われてこなかったことを明らかにしている。これらの背景を受け、川中産業におけるリスク管理を支援するための、実践的フレームワークの構築を本論文の目的としている。

第2章では、実際のプロセスを対象として川中産業の特徴と現状のリスク管理における問題点を分析したうえで、構築すべきリスク管理フレームワークの概念設計を行っている。ケーススタディとして産業洗浄プロセスを取り上げ、リスク削減を目的としたプロセス変更の問題事例を分析している。分析結果に基づき、リスク管理のためのプロセス設計における意思決定要素を定義し、プロセスの評価において適切な知識やツールがメカニズムとして必要であること、意思決定においては機能や経済的な制約を適切に管理することが必要であることを示している。

第3章では、第2章の結果を受け、プロセス評価のためのメカニズムとして、技術情報の体系化とリスク解析手法、及び、リスク解析のためのプロセスモデルの構築が行われている。技術情報に関しては、製造現場から収集した経験的知識を科学的・工学的知見に基づいて解析を行うことで、プロセスへの制約とそれに応じて適用可能な技術との関係を明らかにしている。また、空間的・時

間的性質の異なる化学物質リスクを、LCA と RA を統合的に用いて解析する手法を提案している。さらに、リスク解析に必要なプロセスモデルを構築するために、従来モデリングが困難であった開放系プロセスを対象として、産業用実機による実験を実施し、溶剤排出メカニズムの解析を行っている。

第 4 章では、プロセスの評価結果に基づき意思決定を行う際の、制約の管理手順の構築を行っている。プロセス改善の成功事例の意思決定プロセスを解析することで、リスク削減に伴う機能低下やコスト上昇が発生する場合の制約の変更手順を検討している。機能低下の許容可能性を判断するためには、関連する制約の決定権の所在を明らかにしたうえでステークホルダーとのコミュニケーションを行う必要があること、また、コスト上昇の許容可能性を判断するためには、代替案の費用対効果を評価する必要があることを示している。

第 5 章では、第 2 章から第 4 章で得られた知見をもとに、リスク管理フレームワークをアクティビティモデリング手法により記述している。リスク管理に必要な作業の主体を明確にしたうえで、異なる主体間の情報の流れと連携を明確にした複数視点のモデルを提案している。加えて、構築したフレームワークの適用可能範囲を考察している。製品製造で使用される化学物質を製品への含有の有無により分類し、フレームワークが製品に含有されないプロセスで使用される化学物質に由来するリスク管理に有効であることを示している。さらに、産業洗浄以外の例として印刷プロセスを取り上げ、作成したアクティビティモデルに沿ったリスク削減対策の導出が可能であることを示し、フレームワークの適用可能性の検証を行っている。

第 6 章は終章であり、本論文で提案する化学物質リスク管理のためのフレームワークにより、プロセス変更に伴うリスクトレードオフや品質影響、経済的影響などの川中産業のリスク管理における問題を解決することができると述べている。産業の特徴を反映し、プロセス設計という産業活動に沿ったフレームワークを構築したことで、リスク評価から意思決定に至るまでのリスク管理のための一連の作業が支援される。加えて、川中産業のリスク管理における今後の研究課題についても展望している。

以上要するに本論文は、川中産業のプロセス設計においてリスク管理を実践するための方法論を実際のプロセスを対象としたケーススタディによって明らかにし、具体的なフレームワークを提案している。これらの成果は、産業の持続可能性の達成に極めて有用なものであり、プロセスシステム工学、ライフサイクル工学、及び化学システム工学に大きく貢献するものと考えられる。

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。