

## 審査の結果の要旨

氏名 大内田 弘太朗

本論文は、「Systemic Intensification of Agriculture and Industry in Plant-Derived Production（和訳：植物資源由来生産における農業と工業のシステミックな強化）」と題し、植物資源由来生産において生じているシステミックな問題を克服しながら、農業と工業を相乗的に強化する方法論の構築を目的とした研究である。全7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。植物資源は、化石資源からの脱却を目指す上で重要な再生可能資源であり、その利活用にあたっては、工業分野における技術開発に終始するのではなく、川上にある農業から受ける原料の供給制約といった、化石資源由来生産にはない特徴も考慮する必要があることを説明している。その上で、システムの設計や強化に関する既往の研究を紹介し、いずれも農業、工業それぞれの分野のみの解析、及び設計に留まっていることを明らかにしている。これらの背景を受け、農業と工業を統合的に設計していくための方法論の構築を本論文の目的として示している。

第2章では、植物資源由来生産において、農業と工業の間の性質の違いに由来するシステミックな問題を、要素間の関係を完全に解明することが困難な複雑問題として説明し、具体的な問題事例の紹介と論理構造の分析を行なっている。明らかになった問題の論理構造に基づき、それを解決しながらシステム全体の強化に導くための新たなアプローチとして、「システミックな強化」という概念を提案している。さらに、これを実践的に行なっていくための要素として、農工を横断した定量的な議論を可能とするモデル、そのモデルを用いてシナリオを計画する手法、及びそれらを産業現場の視点で整備、活用していくためのフレームワークが必要であることを説明している。

第3章では、前章での提案を受け、サトウキビ由来生産をケーススタディとして取り上げ、農業プロセスと工業プロセスの統合的なモデリングによる、代替案生成の可能性を検証している。まず、サトウキビ産業現場の調査、専門家へのヒアリング調査、及び文献調査を行い、収集した知識やデータを元にした回帰式によるモデリングや物理化学的/化学工学的な現象に基づくモデリング、

及び現場の経験則の適用を通して、プロセスモデルを構築している。加えて、モデルを用いることにより、農業と工業それぞれからの技術オプションを考慮したシステム性能の解析や、新規技術の導入効果分析、サトウキビ産業外からの要求を考慮することによる代替案生成などが可能になることを示している。

第 4 章では、前章で生成されたシステム代替案を実践する上で、オプション間の時間的スケールの違いやモデルの内外の不確実性に由来する障壁が残ることを指摘し、それらの克服のために、モデルを用いたシナリオ計画手法を提案している。実際に、製糖の産業現場でモデルを用いたシナリオ計画会議を実施し、シナリオ計画案の策定、代替案の採択した場合の導入障壁の抽出、及びそれに対する解決策の提案が可能であることを確認している。これらの検証を通して、提案する手法が、農工それぞれの課題と技術オプションを考慮しながらシナリオを計画する上で有用であることを示している。

第 5 章では、第 3 章から第 4 章で得られた知見をもとに、システミックな強化に向けたシナリオ計画のフレームワークを、工業を含むコンソーシアムを主体とした機能モデリング手法により記述している。各業務間でやりとりをすべき情報やツールを明示することで、サトウキビ由来生産以外のケースにおける業務の再現を可能としている。

第 6 章では、前章で構築したフレームワークの適用可能範囲を分析している。まず、植物資源由来生産を、農業と工業の関係性から 3 つのタイプに大別している。次に、サトウキビ由来生産が属さない残り 2 つのタイプのケーススタディとして、米ぬか由来生産と植物工場を取り上げ、タイプの違いに由来する相違点を考察しつつ、構築したフレームワークが、いずれのタイプにおいても応用可能であることを議論している。

第 7 章は、終章であり、システミックな強化のためのフレームワークにより、要素間の関係を完全に解明することが困難な複雑問題を含む植物資源由来生産に対して、そのシステミックな形で工学的な解決策を設計、分析できること述べている。加えて、システミックな強化を産業現場に実装していく上での今後の研究課題と応用可能性について展望している。

以上要するに本論文は、植物資源由来生産におけるシステミックな問題を克服しながらシステム全体を強化するための方法論を、実際の産業現場を対象としたケーススタディを通して開発し、その実践的な手順をアクティビティモデルによる構造化されたフレームワークとして提案している。これらの成果は、農業と工業の相互関係によって生じるシステムの脆弱性を克服しつつ、植物資源の利活用を推進する上で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。