

平成 31 年 1 月 27 日

豊橋技術科学大学長 殿

環境・生命工学 専攻
学位審査委員会
委員長

岩佐 精二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	DUNUWILA MUDIYANSELAGE PASAN THARUKA DUNUWILA		学籍番号	第 123430 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 環境・生命工学 専攻	
博士学位 論文名	Integration of Process Analysis and Decision-Making Tools for the Sustainability Improvements in Raw Rubber Manufacture (天然ゴム製造における持続可能性改善のためのプロセス分析と 意思決定ツールの統合)			
論文審査の 期間	平成 31 年 1 月 17 日 ~ 平成 31 年 2 月 21 日			
公開審査会 の日	平成 31 年 2 月 8 日	最終試験の 実施日	平成 31 年 2 月 8 日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	岩佐 精二			
委員	後藤 尚弘			印
	小口 達夫			印
	大門 裕之			印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本研究では、環境、経済および社会的責任に配慮した「持続可能」な製造業を目指して既存の生産プロセスを分析し、改善する手法を開発した。対象は熱帯プランテーションの典型的な労働集約型製造業であるスリランカの天然ゴム製造工場とした。

環境、経済性を評価する手法は次の3つのステップから成り立つ。

- 1) 製造現場の物質・エネルギー収支を調査し、マテリアルフロー分析 (MFA)、マテリアルフローコスト会計 (MFCA) および環境ライフサイクルアセスメント (ELCA) を用い、物質の流れ、廃棄物、金銭的損失、環境負荷 (温室効果ガス、廃棄物、排水等) を評価する。
- 2) 評価に基づき様々な分析 (パレート分析、What-if 分析、費用便益分析等) を用いて、複雑な製造プロセスの中から環境影響、経済影響が大きなプロセスを探索し、抽出する。
- 3) 分析に基づき改善案を提案し、上記1) と2) のステップを繰り返すことによって、改善案の有効性を割引キャッシュフロー分析や温室効果ガスペイバックタイム分析等によって経済性を検証する。

本手法を複数の天然ゴム工場に適用することによって、いくつかの事実を明らかにすることができた。例えば、ある工場では水・化学物質の過剰な使用が金銭的損失に大きな影響を及ぼす一方、電力は温室効果ガス排出に大きな影響を与えていることが判明した。また、別の工場では金銭的損失は無視できるが、薪の使用が温室効果ガス排出量に大きく影響した。これらの工場における実行可能な改善オプションは、例えば、水の再利用システム、乾燥ゴム容量の再設定、太陽光パネルの導入を提案することができた。

さらに、環境・経済分析では評価できない社会的影響について社会ライフサイクルアセスメント (SLCA) を導入した。SLCA は新しい研究分野であり、確立された方法はないため、本研究では階層分析法をベースに SLCA を行う方法を開発した。本手法は正負の両方の社会的影響の定量化と社会的側面における改善を予測することができ、天然ゴム工場の労働者に対する社会影響を推定した。結果によると、労働者の健康と安全が負影響を受けていることが判明した。

本研究で開発した手法は様々な製造業に適用することが可能である。本研究によって製造業の持続可能性を高めることが可能であり、途上国の環境、経済、社会的側面の発展に貢献することができる。

審査結果の要旨

「持続可能な開発」が叫ばれて久しく、最近では持続可能な開発目標 (SDGs) という概念が提唱されているが、途上国の環境問題は未だに深刻である。環境負荷の大きい途上国の製造業において「持続可能な開発」を考慮する場合、環境面だけでなく、経済面、社会面についても配慮する必要があり、難しい課題となっている。

これまでの研究は環境、経済、社会のそれぞれに焦点を絞った研究が多く、それらを統合したものは少ない。また、統計資料を用いたマクロ研究も多く、製造現場との乖離から有効でないものであった。

本研究は、途上国における製造プロセスを環境、経済、社会の多次元から評価し、新しい製造業を提案するものである。製造プロセスの物質・エネルギー収支に着目し、詳細なデータを積み上げることによって、定量的な裏付けを確かなものとしている。さらに、それらを分析することによって、複雑な製造プロセスから環境影響、経済影響が大きな問題点を探索し、抽出することができる。

本手法で用いている個々の分析方法はすでに研究されたものであるが、高い効果を上げるために MFA の全体を俯瞰する特長、MFCA の経済的評価ができる特長、ELCA の環境負荷を評価ができる特長など、それぞれの研究の特長を生かし、欠点を補う形で連携させることによって、複雑な製造プロセスの問題点をいち早く探索できる。このような統合システムは学術的に価値があり、評価を受けている。さらに、調査に協力してくれた工場の中には本手法を導入して成果を上げているところもある。

今後は、本手法が途上国社会に広く普及することが期待でき、途上国の製造業の発展に大きく貢献することが期待される。以上により、本論文は博士 (工学) の学位論文に相当するものと判断した。