

審査の結果の要旨

氏名 盧 偉哲

近年、地球環境の保全と資源枯渇の問題を解決するため、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment、LCA) は一つの有効なツールとなっている。LCA は製品の全生涯 (ゆりかごから墓まで) で消費する資源とエネルギー、及び発生する環境負荷物を計算し、さらにそれに伴う環境インパクトを定量的に評価する。

LCAでは、ライフサイクルインベントリ (Life Cycle Inventory-LCI) 分析はLCA評価の主要な部分を占めるが、マトリックス法はこのための一手法である。他のLCI分析法に比べて、マトリックス法は多くのメリットがあるにもかかわらず、これまでのところマトリックス法を利用したLCAケース・スタディーはごく限られたものである。また、商用のLCAソフトウェア・ツールもマトリックス法ではなく積み上げ法に基づくものが多い。マトリックス法が必ずしも広く普及しない原因としては、LCI分析のためのマトリックスを構築する一般的な手順が必ずしも明確になっていないことが考えられる。

そこで、本論文では、マトリックス法の定式化を厳密に行った上で、提案したマトリックス法に基づいて、環境負荷計算から感度分析および不確実性解析までの一連のアルゴリズムを一般化するための提案を行っている。

本論文は全体的に6章から構成され、各章の要旨を以下のようにまとめている。

第一章では、LCA手法を用いた環境影響評価技術の背景とともに、従来のLCA手法に存在する問題点を検討している。また、本論文の目的と構成を示している。

第二章では、まず、従来のLCI分析のためのマトリックス法を調査し、その問題点を明らかにしている。その後、誰もが容易に使える一般性のあるマトリックス法の実用化手順を提案している。その際、「機能フロー」と「過剰フロー」の概念を定義した。ここでは、すべてのインベントリデータを三つのマトリックス:係数マトリックス **A**、環境負荷マトリックス **B** 及び過剰フローマトリックス **C** に整理する。係数マトリックス **A** は各ユニットプロセスにおいて明確に特定される唯一の機能フローから構成されるべきであることを述べこれによりマトリックス正方性が保証されることを示した。この際、配分法に関する検討も行っている。この結果、効率的に正方化することを提案している。、ケース・スタディーにより、従来のマトリックス法と提案するマトリックス法を比較して、後者の有効性を確認し、特徴とメリットを明らかにした。

第三章では、第二章の提案に基づき、マトリックススペースのLCI分析における感度分析と不確実性解析の手法を一般化している。これまでの感度分析で、未着手であった環境負荷マトリックスに対する取り扱いも行い、定式化を完成させた。一方、不確実性簡易評価のために、中心極限定理による評価を明確化している。さらに、モンテカルロシミュレーションに展開する手順もまとめ、不確実性の簡易評価から詳細評価までの一般的な手順を

明確化した。最後は、ケース・スタディーにより、有効性と実効性を確認している。

第四章では、LCA 評価にあたり、マトリックス法と産業連関分析法（IOA 法）を結合することによって評価精度と連動したシステムバウンダリーの決定法を示した。つまり、製品システムの LCA 評価に際し、マトリックス法と IOA 法を結合したハイブリッド法を用いた反復手順行う。マトリックス法による評価の割合を指標とすることにより、要求される精度に到達するまで反復作業を繰り返せばよい。最後に、ケース・スタディーを用いて、製品システムバウンダリーの決定手順の有効性を示している。

第五章では、マトリックスベースの LCA 方法論を用いて、マイクロソフトエクセルのワークシート上で汎用 LCA システム(EMLCA)を構築し、その実用性を示している。EMLCA の特徴としては、すべての計算と処理はマトリックスアルゴリズムに基づき、さらにすべてのマトリックスはワークシート上で実現している。また、EMLCA では、不確実性解析のためのモンテカルロシミュレーションも容易に実現できる。

実用性と適用性の検証のために、複写機の LCA ケース・スタディーを実行した。さらに、鉄道軌道メンテナンスを対象とし、製品のみならずサービスの活動の LCA 評価についても提案したマトリックス法の適用性を調べた。

最後に第六章は、本論文の結論であり、今後の展開可能な研究についてもまとめている。

以上のように、本研究では、マトリックス法による LCA 評価を一般化し、精度評価と連動して評価する手順を示した。この原理に基づいて開発されたシステムの実用性も検証し、今後の幅広い展開が期待される。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。