

審査の結果の要旨

氏 名 グエン・ソン・ホン (NGUYEN, Xuan Hong)

近年、マテリアルセキュリティ (material security) に関して多くの関心が払われている。マテリアルセキュリティにおける問題は、例えば鉱物製品の市場価格の高騰や、エネルギーの安定供給のための“資源争奪戦争”に起因したエネルギー資源の枯渇の問題等である。これまで経済的、物理的なアプローチによる様々な資源枯渇の評価法が提案されてきたが、未だ十分な成果が得られていない。

本研究では、ライフサイクルインパクトアセスメント (LCIA) 手法や、経済の自然環境への依存性の指標であるエコロジカル・フットプリント (EF) の双方に応用できる、熱力学を用いた新たな資源枯渇評価法を提案している。本研究は、実際にどの鉱物資源が枯渇化しているのか、次世代の人々が現在の我々と同様な生活を享受するために資源を利用するためには何をすべきか等の問いかけに対し、熱力学的アプローチによる評価手法を用いることで、明確な解答を与えること目的としており、10章よりなる。

第1章は、緒論であり、研究背景、研究方法についてこれまでの研究と比較しながら概観し、本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は、これまでに行われてきた経済的、物理的なアプローチによる様々な資源枯渇の評価法について検証し、その問題点を列挙し考察している。

第3章は、現在用いられている5つのLCIA法における資源枯渇の評価について記述し、考察を行っている。また、これら5つの方法の問題点を列挙し、より科学的根拠に基づいた評価手法開発の必要性について述べている。

第4章は、鉱物資源を鉱物の質と累積生産量との関係から悲観的な鉱物群と楽観的な鉱物群に分類し、材料設計、利用における資源選択の指針について述べている。

第5章は、本研究で用いる熱力学に基づいたエクセルギー (exergy) 概念について説明し、エクセルギーを指標として用いた持続可能な発展についての検討を行っている。

第6章は、エクセルギー解析を用いた資源枯渇の評価手法と計算結果である。ここで

著者は新たに資源枯渇度の指標としてエクセルギーレント (exergy rent) を鉱物資源の品位低下に伴うエクセルギーの減少量として定義している。事例として 13 の天然鉱物に関するエクセルギーレントを計算している。その結果、エクセルギーレントの値は資源によって大きく異なること、金、銀、ニッケルは比較的高いエクセルギーレントであること、クロム、鉄、マンガンは比較的低いことが判明した。計算されたエクセルギーレントは鉱物の品位、鉱物の組成、鉱物生産量の成長速度の予測の正確性に影響を受けると述べている。

第 7 章は、資源枯渇度の指標としてのエクセルギーレントの LCIA 法への応用について述べている。

第 8 章は、エクセルギーレントの資源枯渇を含んだ EF 分析への応用について述べている。再生不可能な資源におけるエクセルギーレントの値から非生物領域因子を決定するため、資源活用に起因するエクセルギーレントが太陽光放射のエクセルギーに吸収され、化学的エクセルギーに変換されるという仮定に基づき、再生不可能な資源の非生物領域因子を EF 分析で用いられる [gha] (グローバル・ヘクタール) で計算している。算出された再生不可能な資源の非生物領域因子を、EF 法に応用し、マイクロレベル (材料、製品、サービス) とマクロレベル (地域、国家、世界全体) の EF 分析を行っている。その結果、従来 of EF 分析よりも過剰消費はより深刻な問題であると指摘している。

第 9 章は、本研究の天然資源の管理、並びに持続可能な発展との関連性について考察している。

第 10 章は、本研究の総括である。

以上を要するに、本研究は、資源枯渇度の指標として熱力学に基づいたエクセルギーレントを提案した。この手法は従来の LCIA 法や EF 法に応用することが可能で、加えて市場の需給や政治などの主観的要因に影響を受けることのない、新たな科学的手法である。本研究は、天然資源の管理や資源生産性の評価において重要な役割を果たすと考えられ、材料工学の発展に寄与している。

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。