

審査の結果の要旨

氏名 哈布爾

使用済み電気電子製品(EoL-EEE)は、価値の高い金属を含有していることから、環境汚染の観点だけでなく資源の観点からも関心を集めている。中国は、世界の電気電子製品の最大の市場として台頭しており、使用済み製品の発生も増加している。現状ではインフォーマルな処理が主体であり、適切に計画された管理システムの構築による汚染の防止や資源利用の向上への貢献が期待されている。こうした背景のもとで本研究では、中国において今後、使用済み電気電子製品がどれだけ発生し、それらにどのような物質が含まれるのか、一方、現在の使用済み製品の管理がどのような状況にあるかを明らかにし、これらを踏まえて今後の処理・リサイクルシステムのシナリオを提案してその資源・環境面での評価を行ったものである。

論文は7章から構成されており、第1章では研究の背景、目的、手法、評価範囲と対象製品、論文の構成について記している。

第2章は文献レビューであり、使用済み電気電子製品の動向、関連する環境汚染や健康影響、資源としての価値、いくつかの先進国、発展途上国における処理の現状など、研究対象に関する文献と、物質フロー分析(MFA)など適用する分析手法に関する文献の両面を適切にカバーしている。

第3章では、物質フロー分析の一種である製品フロー分析(PFA)を用いて、中国における2030年までの5種類の電気電子製品の保有台数と廃棄台数を予測している。都市部と農村部に区分し、世帯あたり保有台数の過去からの推移と設定した飽和水準をもとに、製品別の保有台数をまず推計し、次いでMarket Supply Methodを用いて、保有台数と国内出荷台数から製品寿命を推計し、これらをもとに将来の廃棄台数の予測を行っている。保有水準や製品寿命の不確実性を考慮して、これらが変わった場合に廃棄台数がどのように変化するかにあつての感度分析も行っている。これらの手法と結果は、使用済み電気電子製品の処理・リサイクルシステムの適正規模の設計などへの活用が期待できる。

第4章では、分析対象とテレビ(TV)とパーソナルコンピューター(PC)に絞り込み、元素に着目した物質フロー分析(SFA: Substance Flow Analysis)を用いて、これらの使用済み製品に含まれる16の金属元素の量を推計している。3章で求めた廃棄台数と製品の平均重量とその部位別内訳、部位別の金属元素含有量の文献値を組み合わせることで、ブラウン管TVと薄型TVとの含有量の差異、デスクトップPCとラップトップPCとの含有量の差異、TV、PCの形式別のシェ

アの今後の変化も考慮した推計を可能としている。本研究での分析対象は 2 製品各々 2 形式に限られているが、推計手順は汎用性が高く、さまざまな製品に適用可能な実用的な手法である。4 章までに得られた結果は、6 章で行う資源面、環境影響面での評価に用いられている。

第 5 章では、中国における使用済み電気電子製品の処理状況やその管理に関する制度、リサイクル技術の現状などについて、文献調査や現地調査によって得た知見をまとめ、改善すべき課題を明らかにしている。

第 6 章では、5 章の結果を踏まえて 3 種類の処理・リサイクルシナリオを設定し、これに 3~4 章で得られた定量的な分析結果と、ライフサイクル影響評価(LCIA)手法の文献から得た特性化係数とを組み合わせることで、使用済み電気・電子製品の処理・リサイクルによる資源と環境への影響の分析を行っている。リサイクル技術や処理技術による実際の回収量や環境排出量のデータを得ることが困難なため、製品中の含有量に基づく潜在的な影響に基づく評価ではあるが、資源としての価値と毒性影響の両面から、製品中のどの金属元素を重視すべきかを明らかにしている。また、リサイクルプラントの整備費・運転費と、回収対象となる金属資源の価格をもとにリサイクルによる収支の試算を行い、収益が得られる可能性を示唆している。

第 7 章は結論であり、得られた成果を要約して政策提言につながる知見をまとるとともに、本研究の限界と今後の発展可能性についてまとめている。

これら一連の研究成果は、大量に普及する製品の使用後の廃棄に伴う環境影響を、物質フロー分析を活用して定量的に分析するための汎用性の高い分析手法を提示している点に特徴があり、また、使用済み電気・電子製品の急増により適正な処理・リサイクルシステムの構築が急務となっている新興経済国の政策や技術システム的设计に重要な示唆を与えている点で、実用的にも十分な価値が認められる。

このように、本論文は環境工学の発展に寄与するものであり、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。