

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 Mendes Mara Regina

都市の廃棄物管理は先進国、発展途上国の両者において重要な課題となっている。従来はこのような廃棄物管理の問題はひとえに地域の問題にとらえられてきたが、埋め立て地から発生するメタンガスが地球温暖化の原因になるなど、廃棄物の管理は地球環境へも影響を与える問題であることが近年認識されてきた。一方、廃棄物管理にはさまざまなオプションが提案されている。これらのオプションはそれぞれ長所と短所を有している。これらの技術の適用に当たっては多くの環境側面を地域規模および地球規模で同時に評価することが必要とされ、特にライフサイクルアセスメント（LCA）の手法は有効である。しかしながら、この手法を用いて様々な廃棄物管理のオプションを評価した研究は未だ十分には行われていない。

本論文はこのような背景の元に行われたもので、「A comparison of the environmental impact of municipal solid waste management options by life cycle assessment（ライフサイクルアセスメントによる都市廃棄物管理オプションの環境影響比較分析）」と題し、11章からなる。

第1章は序論であり、研究の背景を示した上で、LCAによる廃棄物管理の評価の必要性を示すと共に、研究の焦点を示している。

第2章は既往の研究についてのレビューである。この章では、LCAについての基本的事項、廃棄物管理へ適用する際の問題、不確実性など、本研究で取り上げる項目に絞って既往の研究成果をレビューしている。

第3章は研究の方法に関する章である。本研究で用いるLCAのシステム境界の設定の仕方、またインベントリ解析の方法などについて述べている。

第4章は廃棄物処理の代替案についてである。本章では、本研究において検討の対象とする廃棄物処理のそれぞれの方法について述べている。すなわち、焼却、コンポスト化、メタン発酵、埋め立て、ガス化溶融、溶融、れんが製造、浸出水処理などであり、このそれぞれのプロセスについての本章での詳細の検討が次章以下のLCAの信頼性の基礎となっている。

第5章はサンパウロについてのケーススタディである。サンパウロのごみの組成、電力の電源構成など、重要な地域特性を組み込んだ上でLCAを行っている。この章では、合計で11種類の技術オプションのそれぞれについて、地球温暖化、酸性化物質、栄養塩の各インパクトカテゴリー毎に環境負荷を算出している。サンパウロを対象にしてこのように廃棄物処理のオプション毎に環境負荷をLCAとして算出した本研究の結果はきわめて貴重なものである。

第6章は東京についてのケーススタディである。サンパウロの場合と同様の方法を用いつつ、ごみの組成や電源構成については東京のデータを用いている。ここで得られる結果から、現状の廃棄物管理の改善の可能性についても言及している。

第7章は前記2都市のケーススタディの比較であり、両都市の間で違いが生じる要因について解析を行っている。その要因の一つは廃棄物の組成であり、分別の有無によって焼却時のプラスチック由来の二酸化炭素の発生量が異なる。もう一つの大きな相違は電源構成の違いであ

る。サンパウロでは水力発電が主力となっているため、発電に伴う二酸化炭素の発生はきわめて低い。一方東京においては、その炭素強度はさほど高くないものの、二酸化炭素の発生を伴う。この相違が、廃棄物の焼却発電による電力の代替効果に影響を与える。すなわち、東京の方が廃棄物発電による二酸化炭素排出削減効果が大きいのである。これらの比較は、同一の技術であってもそれが適用される都市によって環境負荷が異なること、従って望ましい技術の選択に当たっては都市ごとの解析が必要であることを、実際の解析結果を元に示すものである。

第8章は不確実性の解析である。LCAにおける大きな問題はその計算値の不確実性である。また、本研究の場合には様々なプロセスを組み合わせた代替案を想定しており、各技術の効率などを仮定している。本章では、これらの様々な仮定や不確かさが最終的なLCAにどの程度の影響を与えるか、という点を評価している。

第9章は将来の変化による影響である。この章では、将来電源構成や廃棄物の量、組成が変化した際に、それぞれの廃棄物管理オプションの環境負荷がどのように変化するかをシナリオ的に比較したものである。このような比較を行うことにより、それぞれの地域の条件によってLCAの結果がどの程度影響されるかという点、またそのような変化を意図的に政策として導入した際の効果を評価することができる。このようなLCAの使い方は新たなものであり、LCAをより積極的に用いる方向として評価されるべきものであろう。

第10章は他の都市への応用であり、中国広州市へ比較的簡易な形でこの方法を適用した例を述べている。この市の電源構成では石炭の比率が高いため、ごみ発電の利点が大きく出るなど、前述のサンパウロ、東京都とは異なる状況になっている。

第11章は結論である。

本研究は廃棄物管理という複雑なシステムに対してLCAの手法を適用したものである。本研究の独創的な点は、廃棄物管理によって生じる環境影響がそれぞれの都市がおかれた状況や廃棄物組成などによって異なることを定量的に示した点、またLCAによって得られる環境影響の値の不確実性についても検討を加えている点、さらに将来の状況変化によってどの程度環境影響が異なるかを示している点、であるといえよう。

以上、廃棄物管理をLCAによって評価することに焦点を当てた本研究において得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。