

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 村上 進亮

提出された論文のタイトルは「Material Flow Accounting Framework for Metals (金属マテリアルフロー勘定体系に関する研究)」であり、論文提出者(著者)は、日本国内における金属に関するマテリアルフロー勘定体系の提案を行い、モデルを構築し、分析を行った。マテリアルフローに関する研究は Industrial Ecology と呼ばれる学問分野で盛んになりつつあるが、Industrial Ecology は人間の社会、特に産業活動による物質のフローを生物の代謝に見立て(Industrial Metabolism)、分析を行う学問である。わが国でも、国立環境研究所のグループ等を中心にマテリアルフローの分析が行われつつあるが、わが国の実績は世界的に見て先進国のものとは言えない。また、近年の地球温暖化への関心の高まりから、エネルギー資源についての LCA データの整備は進みつつあるが、金属資源はリサイクリングが古くから行なわれているにもかかわらず、包括的なデータが整備されていないのが現状である。日本国内の金属資源について、そのマテリアルフロー勘定体系を提案し、必要なデータの収集・整理を行い、分析法を確立して、静的モデル・動的モデルを使った分析を行なっている。

論文は、第 1 章「Introduction(背景と目的)」、第 2 章「Model Framework(モデルの概要)」、第 3 章「Estimation Results of the Model for 2000(2000 年のデータを用いた推定結果とその分析)」、第 4 章「Dynamic Model: Closing the Loop(動学的な体系への展開)」、第 5 章「Application: E-Table as an LCA Tool(静学的モデルの LCA のインベントリ勘定への応用)」、第 6 章「For Establishing the JUNKANGATA-SHAKAI(動学化されたモデルの応用と循環型社会実現へ向けての提言)」、第 7 章「Concluding Remarks(結論)」から構成されている。

著者はまず本研究の動機と背景を明らかにしている。すなわち、地球環境問題・循環型社会への関心が高まる中で、エネルギー資源についてはデータの整備が進んでいるものの、長いリサイクリングの歴史を持つ金属資源について、基礎資料の不足、データ整備の遅れがあることを指摘している。すなわち、経済統計で言えば SNA (System of National Account: 国民経済計算)を中心に包括的に体系化されているのに対し、金属に関する物量統計は、資源・鉄鋼統計年報などによって物量の流れを断片的にとらえることはできるものの体系化はなされていない。そこでより俯瞰的で且つ使用しやすい形式のデータの整備が求められている。SNA などの経済統計と連動する形でマテリアルフローに関する統計を整備する動きがあるものの、その多くは LCA 用のエネルギー消費に関するものか、金属を一括して扱うなどのマクロ的な視点からのものが多い。後者では、金属の特性が反映されないため、リサイクリングあるいは循環型社会構築に必要な政策提言の基礎資料を提供できないと、現状を指摘している。

著者は次に、投入産出表(IO)形式の提案を行なうが、その特長は、IO 形式を用いながら、マテリアルフローをマテリアル製造プロセスとそれ以降の製造業のプロセスの 2 つに分割し、前者には E 表 (Extraction Table)と呼ばれるサブモデルを、後者には M 表 (Manufacturing Table)と呼ばれる通常の IO 形式のサブモデルを対応させている。金属マテリアルの製造プロセスは多くの結合生産を含むため、通常の IO 形式の枠組みで捉えることは難しいが、E 表-M 表のサブモデルを導入することにより、リサイクル・リユースも含めた分析が行えるようになっていく。

著者は続いて、提案したモデルと 2000 年のデータを用いて、19 種の金属マテリアルについて静学的な分析を行っている。その結果、各種製品の金属含有量、スクラップの含有率などを得ている。そして、「日本は資源輸入国であり製品輸出国である」という古くから言われる事実を、金属マテリアルフローという観点から定量的に確認している。また、金属マテリアルのバランスは輸入超過であって蓄積が進んでいることも明らかにしている。

著者はさらに、静学的モデルを動学的モデルに展開し、将来予測を試みている。動学的なシミュレーションを行うためには、何らかの予測値を外生的に与える必要があるが、動学的な産業連関モデルを選んで需要予測を行い、その結果をマテリアルフローモデルに与えている。これらにより、金属の日本国内における蓄積量・再生率・商品中の再生資源含有率・国産率等が計算されている。

最後に著者は、動学的モデルを使って、リデュースとリサイクルのシミュレーションを行なった。すなわち、金属は既に長いリサイクルの歴史を持っており、これを今後、大規模に進めることは難しいと考えられるので、リデュースが一つの有望な代案と考えられる。しかし一方で、製品寿命を延ばす形のリデュースは新規財への需要を減少させる恐れがあり、経済に対して負の影響を与える可能性を持っている。土木建設物・構造物の長寿命化について分析を行なったところ、大規模に処女資源投入量を減少させるため、経済への負の効果をあたえるが、資源生産性を指標にとると、総合的には正の影響を与えると結論している。

本研究によって、中古財の輸出入に関するデータ、リユースに関するデータが推定では補えないレベルで不足していることが明らかとなった。また、各種財の寿命に関する資料も必要になるが不足がちであることがわかった。これらも本研究の成果の一つを考えることができる。

著者の研究は、野心的で新規性に富み、循環型社会の要求にこたえるものであり、実用上の価値も評価できる。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。