

論文の内容の要旨

論文題目 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)

氏名 村上 進亮

昨今、環境問題への関心は高まりつつあり、これに伴い環境関連の研究も増加しつつある。その中で、必要とするデータが存在しない、もしくはあるとしても非常に使いづらい形式であるといった、データに関する問題が常に障害となってきた。つまり一貫性のある使用しやすい形式でのデータの蓄積は急務であると言える。

本論文においては、日本国内における金属に特化したマテリアルフロー勘定体系の提案を行い、分析を行った。マテリアルフロー分析は通常、インダストリアルエコロジーと呼ばれる分野の研究者によってなされることが多い。インダストリアルエコロジーにおいては、全てのマテリアルフローは、人間社会、特に産業の代謝であるとして捉えられ、全てのフローは等しく扱われ、勘定される。本論文において提案される体系においても、この考えに従い、全てのフローは、可能な限り平等に扱われる。

本論文の提案する体系は、最終的には日本国内の金属に関する中核的な統計を提供できるようなものを目指している。例えば経済統計にはその中心となりうる SNA (System of National Account: 国民経済計算) と呼ばれるものがある。今まさにこの SNA に対するサテライト勘定として SEEA (Satellite System for Integrated Environmental and Economic Accounting) と呼ばれる環境に関する体系が作成されつつあるが、これは対象がよりマクロで集計的なものあるかわりに、可能な限り全てのフローを計上しようとする。本研究は各種の金属を個別に扱おうとしているので、より詳細でかつ限定的な体系を目指している。

金属マテリアルフロー勘定における最大の困難は、常にその勘定が動的に行われる必要がある点である。すなわち金属とはリサイクル可能な資源であり、金属を含有する全ての廃棄物が潜在的な資源となる。これが、一度使用したら元の燃料に戻すことがほぼ不可能であるエネルギーとして用いられる化石燃料資源等との違いである。よって、社会におけるストック、またそこからの廃棄物についても捉えねばならない。昨今の循環型への移行問題を考えれば、これらのリサイクル、廃棄に関するフローは

非常に重要なものである。

しかしながら、これらの静脈産業に関するデータは、入手困難であった。データの量自体は、こうした意識の高まりから増加しつつあるが、それぞれが個別に集計されたデータであり、複数のものを使用しようとする使いにくいことが多い。本研究で提案する枠組みは、データ収集者に対しては従うべき枠組みを、そして使用者に対しては包括的なデータを提供することを目的としている。

このような目的に従い、本論文の第2章において、論理的な枠組みを提案した。ここでは主として静学的な部分について紹介した。その動学的な展開は4章で行った。

基本的な枠組みはPIOT (Physical Input Output Table:物量投入産出表)と呼ばれる考えに従っている。ただし金属マテリアルの製造プロセスは多くの結合生産を含み、通常の投入産出表の枠組みで捉えることはやや難しい。よって、このマテリアル製造プロセスはそれ以降の製造業のプロセスから区別され、リサイクル、リユースとあわせE表 (Extraction Table)と呼ばれるサブモデルを用いて表現した。これに対して、それ以降のフローに関してはM表 (Manufacturing Table)と呼ぶ通常の投入産出表の形のモデルで表している。

E表は、非常に整理された、主としてデータ使用者のための枠組みであり、そのために勘定用の枠組みを別個に用意した。これはSNA型の産業連関表を雛形に変更を加えたものである。この勘定用の枠組みからE表への変換は、機械的に行うことが出来る。また、この勘定用の枠組みは、LCA (Life Cycle Assessment)への応用が容易である。これに関しては5章で触れている。

M表に関しては、通常の投入産出表形式を取っており、よって金銭単位の産業連関表との接合が容易である。これはモデルを予測目的で使用する場合に大きな利点になる。さらに、金額的なフローと物量フローとの間の関係を知る上でも有用になる。

次に3章において、2000年のデータを用いてまず静学的な分析を行った。ここで計算される係数は、4章以降の動学的な展開において、大きな役割を果たす。分析の結果として、各製品の金属含有量や、スクラップの含有率などが計算された。また、総合的には、日本が資源輸入国であり、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見て確認した。また、金属マテリアルのバランスは輸入超過であり、蓄積は進んでいると言える。

さらに4章で、体系を動学的なものへと展開する上での詳細を示し、将来予測を行った。この動学的な展開があつて、初めてマテリアルサイクルは閉じることが出来る。さらに、現時点で入手不能でありかつ不可欠なデータを明らかにすることが出来た。マテリアルフロー勘定体系は、意志決定機関は持たないモデルであるから、前進方向

への動学的なシミュレーションを行う際には何らかの予測値を外生的に与える必要がある。そこで、動学的な産業連関モデルを選び需要予測を行い、その結果をマテリアルフローモデルに与えた。この結果、金属の日本国内における蓄積量、再生率、また商品中の再生資源含有率、国産率等、各種のデータが動学的に計算可能になった。

第5章においては、さらなる展開の一例として、E表用の勘定用の枠組みをLCAへ応用する方法を示した。先にも述べたとおり、金属マテリアル生産は多くの結合生産を含む。つまり、一つのプロセスから出る残渣という副産物が、他のプロセスにおける投入物となり、実際にその中に含有される金属が回収される。よって、これに関するLCAを行う際には、これらの間接的につながるプロセスでのインベントリを、どう配分するかという問題が常に生じる。ここでSNA型の産業連関表を雛形にしたこの枠組みは、結合生産を明示的に扱うことが出来るが故に、この問題を機械的に処理することが出来る。具体例としてニッケル金属生産の例を示したが、非常に微量ではあるが、ニッケル金属製造自体では使用されない種類の燃料消費が計上されることを確認した。

最後に、動学的に展開された勘定体系の、予測目的での応用例を示した。具体的には循環型社会に関して良く言われる3Rに関するシミュレーションを行った。対象となるものはリデュースとリサイクルである。金属は既に長いリサイクルの歴史を持っており、これを大規模に進めることはもう難しいと考えられるが故に、リデュースは一つの有望な方法であると考えられる。他方で、製品寿命を延ばす形でのリデュースは、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及ぼしかねない。これについて、循環型社会形成推進基本計画に示された資源生産性の指標を、金属に対して応用することで、分析を行った。その結果、例として取り上げた土木建設物、構造物などの長寿命化は、大規模に処女資源投入量を減少させるために、経済への負の効果を考えても、総合的には正の影響を与えると考えられることが分かった。もし同規模の資源投入量の削減が可能であれば、リサイクルの方がより優れた結果を示すことも確認したが、実現の可能性は低いと考えられる。

最後に、これらのシミュレーションや具体的な勘定を通して、中古財の輸出入に関するデータと、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分かった。また、各種財の寿命に関する資料はこれらを補足する意味で必要になるが、これも不足がちであることが分かった。