

産業連関表などの経済・生産統計を用いたマテリアルフローとストックに関する解析手法の開発

中村太陽¹・松岡 譲²・藤原健史²

¹ 工修 京都大学大学院 工学研究科都市環境工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

現 ㈱日本総合研究所 (〒550-0013 大阪市西区新町 1-5-8)

² 正会員 工博 京都大学大学院 工学研究科都市環境工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

本論文では、循環型社会の構築に寄与する情報の提供を目的として、マテリアルフローとストック量を総合的に推計する手法を提案した。さらに、その手法に基づいてわが国の近年におけるこれらの諸量の推計を行なった。取り上げた例は、1970年から1995年における日本全体を対象としたもので、総務庁が構築している多年次の産業連関表および物量表を長期的な時系列比較ができるように加工し、木材、鉄、骨材の3つの物質に関するフローとストック量を推計したものである。ストック量の経年変化の推計結果からは、木材のストック量は伸びがゆるやかになっているのに対し、骨材のストック量は依然高い伸びを示していることが明らかになった。鉄はこれらの中間の傾向を示した。また、マテリアルフロー推計の結果、各産業におけるそれぞれの物質の投入量・産出量・廃棄物量などが把握できた。

Key words : recycle-based society, input-output table, material flow, stock

1. はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会によって引き起こされる環境問題は深刻なものとなっている。これを解決するために、日本では「天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができるかぎり低減される社会」である循環型社会の構築が急務となっている。平成13年には、循環型社会形成促進基本法が施行され、それに関連して廃棄物処理法の改正、容器リサイクル法や家電リサイクル法の施行などの法整備も進んでいる。環境省は、循環型社会白書¹⁾などで、循環型社会のイメージやその構築のためのシナリオを示すとともに、マテリアルフローに関する数値目標を設定して、その達成の度合いを評価することを決めた。そのためには、マテリアルフロー全体を把握し、経済活動とマテリアルフローの関係を明らかにすることが重要となる。そこで、本研究では、個々の物質(素材)を対象とし、その物質ごとのマテリアルフローを経済・生産統計などから総合的に推計する方法を提

案し、わが国に適用した。

2. 本手法の概要

本研究では、経済活動において取引される様々な財のうち素材として含まれる物質について、物質ごとのマテリアルフローおよび社会への蓄積量を関連諸統計に基づきながら総合的に推計する手法を開発した。提案する手法の全体像を図-1に示す。

この手法では、まず、(1)入力データとして多年次の産業連関表などを用いるが、そのとき生じる年次ごとの部門概念・定義・範囲の違いを統一して、時系列比較が可能な新しい部門分類を作成した。さらに、(2)この新しく作成した部門分類に基づいて、産業間での財・サービスごとの取引額、各産業における財・サービスの生産額、産業間で取引される財の物量を推計する。次いで、

(3)それらのデータを用いて物質収支を整合させ、物質ごとの各産業間のマテリアルフローを推計する。(4)最

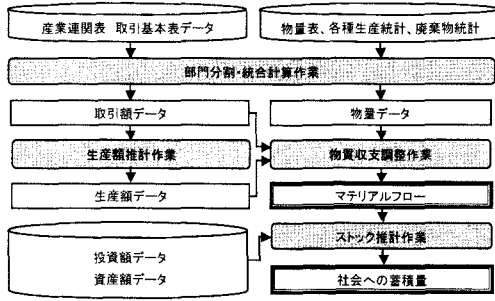


図-1 手法の全体像

後にマテリアルフローのうち、耐久消費財や建築物、土木構造物など、ストックとして社会に蓄積される財に含まれる物質量を推計する。これらの作業のうち、(1) 部門分割・統合、(2) 生産額推計、(3) 物質収支調整は、産業連関表編纂の年次について行い、(4) ストック推計作業は、対象期間の全年について行なう。

3. 各調整推計作業の説明

ここでは、上で説明した各調整推計作業の説明を行う。

(1) 部門分割・統合計算作業

総務庁の産業連関表の部門概念は、年次によって変化し、また1部門内でも複数の財・サービスを含む場合が多い。このため、マテリアルフローを多年度にまたがり追跡するには、部門構成を調整し直す必要がある。そこで、本研究では、1) 産業連関表の各部門を、工業統計表などを基により詳細な構成財・サービスまたは産業部門に分割し、2) マテリアルフローを追跡し易い部門構成に再統合する。

部門を細分割する前の産業連関表を O とし、細分割した細部門構成の産業連関表を S 、また S を新しい部門分類に組み直した産業連関表を N とする。各産業連関表 Z ($Z=O, S, N$) について、以下の式(1)、式(2)、式(3)を定義しておく。

$$a_{i^Z, j^Z}^Z = \frac{X_{i^Z, j^Z}^Z}{CT_{j^Z}^Z} \quad (1)$$

$$CT_{j^Z}^Z = \sum_{i^Z} X_{i^Z, j^Z}^Z \quad (2)$$

$$CT_{i^Z}^Z = \sum_{j^Z} X_{i^Z, j^Z}^Z \quad (3)$$

ここに、 i^Z : 産業連関表 Z における行部門 (付加価値を含む)、 j^Z : 産業連関表 Z の列部門 (最終需要、輸入を含む)、 X_{i^Z, j^Z}^Z : 産業連関表 Z において財・サービス i^Z が列

部門 j^Z へ投入されときの投入額、 a_{i^Z, j^Z}^Z : 産業連関表 Z の列部門 j^Z において生産物・単位を生産するのに必要な財・サービス i^Z の投入量 (投入係数)、 $CT_{j^Z}^Z$: 産業連関表 Z における列部門 j^Z の生産額、 $CT_{i^Z}^Z$: 産業連関表 Z における財・サービス i^Z の需要合計額、である。式 (1) ~ (3) をベースとして、産業連関表 S を求めるため、以下の式(4)~(7)を連立させ X_{i^S, j^S}^S を算出する。

$$CT_{i^S}^S = \sum_{j^S} X_{i^S, j^S}^S, \quad CT_{j^S}^S = \sum_{i^S} X_{i^S, j^S}^S \quad (4)$$

$$X_{i^O, j^O}^O = \sum_{i^S \in i^O, j^S \in j^O} X_{i^S, j^S}^S + X_{i^O, j^O}^O \cdot \varepsilon_{X_{i^O, j^O}^O}^{OS} \quad (5)$$

$$a_{i^O, j^O}^O = \frac{X_{i^S, j^S}^S}{CT_{j^S}^S} + a_{i^O, j^O}^O \cdot \varepsilon_{A_{i^O, j^O}^O}^{OS}, \quad i^S \in i^O, j^S \in j^O \quad (6)$$

$$w_X^{OS} \cdot \sum_{j^S} \left(\sum_{i^S} \left| \varepsilon_{X_{i^O, j^O}^O}^{OS} \right| \right) + w_A^{OS} \cdot \sum_{i^S} \left(\sum_{j^S} \left| \varepsilon_{A_{i^O, j^O}^O}^{OS} \right| \right) \rightarrow \min \quad (7)$$

ここに、 $\varepsilon_{X_{i^O, j^O}^O}^{OS}$: 産業連関表 O と産業連関表 S にお

る取引額の補正係数、 $\varepsilon_{A_{i^O, j^O}^O}^{OS}$: 産業連関表 O と産業連関

表 S における投入係数の補正係数、 w_X^{OS} 及び w_A^{OS} : 式 (5)

及び式 (6) の確度に応じあらかじめ定めた重み、 $i^S \in i^O$ および $j^S \in j^O$ の表記は、 i^S, i^O がそれぞれ j^S, j^O を分割して作成された部門のうちの一つであることを表すものとする。なお、式 (4) 左辺の $CT_{i^S}^S$ 、 $CT_{j^S}^S$ はあらかじめ

生産統計等に基づき与えられる既知数であり、 X_{i^S, j^S}^S 、

$\varepsilon_{X_{i^O, j^O}^O}^{OS}$ 、 $\varepsilon_{A_{i^O, j^O}^O}^{OS}$ は、本作業で求める未知変数である。ま

た、年次間の実質化については、 S での詳細部門毎にインフレーターを求め調整した。さらに、式(8)、式(9)、式(10)によって、産業連関表 S をマテリアルフロー追跡に都合よい統合部門分類に組み直して、産業連関表 N を作成する。

$$X_{i^N, j^N}^N = \sum_{i^S \in i^N, j^S \in j^N} X_{i^S, j^S}^S \quad (8)$$

$$CT_{i^N}^N = \sum_{j^S \in j^N} CT_{i^S}^S \quad (9)$$

$$CT_{j^N}^N = \sum_{i^S \in i^N} CT_{j^S}^S \quad (10)$$

ここで、 $i^S \in i^N$ および $j^S \in j^N$ の表記は、 i^S, j^S がそれぞ

れ i^N, j^N に統合される部門であることを意味する。

(2) 生産額推計作業

総務庁産業連関表A表などは商品×商品表と称しているが、列部門は必ずしも商品分類ではなくアクティビティ分類であるため、このままでは産出関係を追跡することが出来ない。そこで、各需要部門（列部門）単位の収支条件と財・サービス種単位の収支条件から、列部門 j からの財・サービス種 i の生産額 Y_{ij} を推計する。屑、副産物取引を総務庁表のように発生額あるいは投入額と記述する場合、以下の式(11)、式(12)、式(13)より未知数 Y_{ij} を求めることにする。

$$\sum_i (X_{i,j}^0 + X_{i,j}^2 + X_{i,j}^4 + X_{i,j}^6 + X_{i,j}^7) \cdot (1 + \varepsilon_{COM,i}) + VAD_j = \left\{ \sum_i (Y_{i,j} + (X_{i,j}^3 + X_{i,j}^5) \cdot (1 + \varepsilon_{IND,i})) \right\} \quad (11)$$

$$\sum_j \left\{ Y_{i,j} + (X_{i,j}^3 + X_{i,j}^5) \cdot (1 + \varepsilon_{IND,i}) \right\} + IM_i = \left\{ \sum_j (X_{i,j}^0 + X_{i,j}^2 + X_{i,j}^4 + X_{i,j}^6 + X_{i,j}^7) \cdot (1 + \varepsilon_{COM,i}) + FD_i + XP_i \right\} \quad (12)$$

$$w_{COM} \cdot \sum_i |\varepsilon_{COM,i}| + w_{IND} \cdot \sum_j |\varepsilon_{IND,j}| \rightarrow \min \quad (13)$$

ここで、 i ：行部門（財・サービス）の種類、 j ：列部門の種類、 X_{ij}^0 ：一般の財・サービス i の列部門 j への中間投入、 X_{ij}^2 ：屑として計上されている財 i の列部門 j への投入、 X_{ij}^3 ：屑として計上されている財 i の列部門 j からの発生、 X_{ij}^4 ：副産物として計上されている財 i の列部門 j への投入、 X_{ij}^5 ：副産物として計上されている財 i の列部門 j からの発生、 X_{ij}^6 ：列部門 j における商業マージン、 X_{ij}^7 ：列部門 j における国内貨物運賃、 VAD_j ：列部門 j における付加価値、 Y_{ij} ：列部門 j における財・サービス i の生産（但し、第 j 部門が明らかに財 i を生産していない場合は0とする）、 IM_i ：財・サービス i の輸入、 FD_i ：財・サービス i の最終需要、 XP_i ：財・サービス i の輸出、 $\varepsilon_{IND,j}$ ：列部門 j の屑・副産物補正係数、 $\varepsilon_{COM,i}$ ：財・サービス i の補正係数、 w_{COM} あるいは w_{IND} ： j 部門収支あるいは i 財の市場収支の報告確度に応じ、あらかじめ定めた重み、である。式(13)を最小化することにより未知変数である補正係数 $\varepsilon_{IND,j}$ と $\varepsilon_{COM,i}$ が求まるが、マトリックスバランシングが行なわれている産業連関表を使用する場合には、それらの補正係数はほぼ0となる筈であり、実際、後述する実際計算ではそうだったが、それ以外の時には作業工程及び産業連関表の検討に戻ることになる。

なお、本作業で求めた $Y_{i,j}$ を本作業では直接的に使用していない各種生産統計と比較し、その妥当性を検討する

ことも必要である。両者間に無視し得ない相異がある場合には、上述のような作業工程、産業連関表の検討、あるいは式(11)～(13)に加えて $Y_{i,j}$ を規定する条件式を追加する必要がある。

(3) 物質収支調整作業

物質収支調整作業とは、物質のフローを考慮しマネータームの収支とマテリアルタームの収支を調整する作業である。この作業の中心となる概念は「物質密度」 d_{mi} であり、1単位額の第 i 財に含まれる第 m 物質（素材）の重量と定義する。ここで物質とは、その種類分けをマテリアルフロー追跡作業上、マスバランスの概念等が適用可能かつ有意義であるように区分したものを想定している。このように区分した各物質に関し、以下の式(14)～(17)を用いて、物質 m ごとに $d_{m,i}$ の最適解を求めるのが、収支調整作業の中心である。式(14)は、第 j 部門に財・サービス i 経由で投入される物質 m の重量である M_{mij} がなんらかの情報から得られる場合、その値になるべく整合した推計量とする関係式である。式(15)は環境から市場を通さずに列部門 j に投入される物質量の観測式である。式(14)、(15)はいずれも対応する報告値が存在するときのみ意味を持つ。式(16)は列部門 j の物質収支を示す。左辺は列部門 j へ投入される財に含まれる物質 m の重量であり、燃料投入分は除去している。右辺第1項は、列部門 j から産出される財に含まれる物質 m の重量を表しており、産品、副産物及び屑と、加工などによって m 以外の物質分類に変わって産出するものの重量を表す。第2項は廃棄物として排出する物質 m の重量を表す。式(17)は廃棄物の報告値との整合性を保つ関係式である。

$$d_{m,i} \cdot (X_{i,j}^0 + X_{i,j}^2 + X_{i,j}^4) = M_{m,i,j} (1 + \varepsilon_{m,i,j}) \quad (14)$$

$$e_{m,j} = E_{m,j} \cdot (1 + \varepsilon_{E,m,j}) \quad (15)$$

$$\sum_i \left\{ d_{m,i} \cdot (X_{i,j}^0 + X_{i,j}^2 + X_{i,j}^4) \cdot \text{NONBURN}_{i,j} \right\} + e_{m,j} = \left\{ \sum_i \left\{ (d_{m,i} + d_{m,i}^{\text{aut}}) \cdot (Y_{i,j} + X_{i,j}^3 + X_{i,j}^5) \right\} + \sum_p d_{m,p}^{\text{wst}} \cdot \text{wst}_{p,j} \right\} \cdot (1 + \varepsilon_{m,j}) \quad (16)$$

$$\sum_{j \in q} \text{wst}_{p,j} = \text{WST}_{p,q} \quad (17)$$

$$\sum_j w_{m,j} \cdot |\varepsilon_{m,j}| + \sum_i \left\{ \sum_j w_{m,i,j} \cdot |\varepsilon_{m,i,j}| \right\} \rightarrow \min \quad (18)$$

ここに、 m ：物質の種類、 $d_{m,i}$ ：財 i の単位額あたりに含まれる物質 m の重量（物質密度）、 M_{mij} ：第 i 財として列部門 j に投入される物質 m の重量（報告値）、 ε_{mij} ：報

告値 M_{mij} の補正係数, e_{mj} : 列部門 j が環境中から取り込む物質 m の重量 (推計値), E_{mj} : e_{mj} に対応する報告値, ε_{Eij} : 報告値 E_{mj} の補正係数, $NONBURN_{ij}$: 列部門 j へ投入される財 i の非燃料率 (報告値), $d_{m,i,j}^{out}$: j 部門の生産段階で物質種 m がその種別を変えて (例えば, 木材からパルプ, あるいは骨材からセメントなど) 産出物 i に含まれるときの物質濃度 (報告値に基づき与える), wst_{pj} : 列部門 j からの廃棄物種 p の排出量, ε_{mj} : 物質 m の列部門 j における物質収支の補正係数, WST_{pq} : 廃棄物排出量報告部門 q からの廃棄物種 p の排出量, $d_{m,p}^{wst}$: 廃棄物種 p に含まれる物質 m の重量, である。式(18)を最小化することにより, 未知変数である補正係数 ε_{mij} , ε_{mj} が求まり, 同時に式 (14) ~ (17) の未知変数 $d_{m,i}$, e_{mj} , wst_{pj} が求まる。それ以外は関連統計・報告などをもとに調整作業に先立ち既知数として代入する数である。また, 最終消費として家計に投入される各物質の重量は次式を用いて推計する。

$$MCONS_{m,i} = d_{m,i} \cdot CONS_i \quad (19)$$

ここに, $CONS_i$: 財 i の家計消費支出金額, $MCONS_{m,i}$: 家計に投入された財 i に含まれる物質 m の重量。

(4) ストック推計作業

ストック推計作業では, ストックとして社会に蓄積されている物質の重量を年ごとに推計する。

ストックへ追加される物質 m の重量を式(20)に表す。

$$AS_{m,i}^t = d_{m,i}^t \cdot INV_i^t \quad (20)$$

t : 年, $AS_{m,i}^t$: t 年に財 i としてストックへ追加される物質 m の重量, INV_i^t : t 年における財 i の投資額

ストックへ追加される物質の重量をもとに, 年ごとの社会全体における物質のストック量を推計する。本研究では, 基準年 (推計作業開始年) における物質のストック量を何らかの方法で推計した上で, 以下の式(21)から, 社会における物質の蓄積量を推計する。

$$STK_{m,i}^t = STK_{m,i}^{t_0} \cdot f_i(t - t_0 + T_i) + \sum_{t_1=1}^{t-t_0} AS_{m,i}^{t-t_1} \cdot f_i(t) \quad (21)$$

ここに, t_0 : 基準年, $f_i(t)$: 財 i の使用開始後 t 年における残存関数, $STK_{m,i}^t$: t 年におけるストック財 i に含まれる物質 m の量, T_i : t_0 年におけるストック財 i の平均年齢, である。なお, 本作業で求めた $d_{m,i}$, e_{mj} , wst_{pj} を本作業では直接的に使用していない各種生産統計と比較し, その妥当性を検討することも必要である。両者間に無視し得ない相異がある場合には, 上述のような作業工程, 産業連関表の検討, あるいは式(14)~(18)に加えて $d_{m,i}$,

e_{mj} , wst_{pj} を規定する条件式を追加する必要がある。

4. 調整・推計作業の適用

本研究では日本全体を対象として, いくつかの物質に対して 3 で説明した手法を適用した。推計を行った期間は 1970 年から 1995 年までである。また, 3 で示した調整・推計法中の数理計画問題の求解は, GAMS (ソルバー: Cplex 法)²⁾により行なった。

また, 以下に示す例は, もっぱら調整・推計作業適用のフィージビリティを検討するために行なったもので, 例えば, 3 で出てきた推計重み w などは, いずれも 1 とし, 入念に検討したものではない。また, 参照した報告値も容易に入手できるものに留め, 悉皆的に集めたものではないことをあらかじめことわっておく。

(1) 産業連関表の部門分割・統合

作業のベースとした産業連関表は, 昭和 45-50-55 年接続産業連関表, 昭和 55-60-平成 2 年接続産業連関表, 昭和 60-平成 2-7 年接続産業連関表³⁾である。但し, 昭和 55-60-平成 2 年接続産業連関表は, もっぱら, 他の二産業連関表を価格基準年である 1995 年に実質化するために使用した。推計期間の全てにわたって, 統一された部門分類で推計をするために, 各接続産業連関表の部門概念・定義及び範囲の統一を行った。その結果, 行部門 472 部門×列部門 380 部門からなる新しい部門分類を作成した。以下では, この新しい部門分類による産業連関表を統合産業連関表と呼ぶ。統合産業連関表の部門分類に統一するために, 昭和 45-50-55 年接続産業連関表(以下では産業連関表 O_1 とする)の行列部門を分割して組み直した。産業連関表 O_1 は行部門 525×列部門 393 であるが, まず, これを行部門 1069×列部門 954 に分割した産業連関表 S_1 を作成した。産業連関表の部門分類のうち, 製造業については工業統計表⁴⁾の項目に基づいており, 他の産業については各種の統計年報^{5)~9)}で補完をした。他の接続産業連関表についても同様の処理を行なった。

(2) 廃棄物排出量の推計

廃棄物データに関しては産業廃棄物及び事業系一般廃棄物を, まず 33 産業分類×19 廃棄物分類 (産業廃棄物対象に使用されている分類) に割り振り使用した。平成 7 年, 平成 2 年については, 厚生省全国産業別廃棄物種別排出量¹⁰⁾, 廃棄物処理事業実態調査統計資料¹¹⁾などのデータを用いた。それ以前の年については, 平成 2 年での割り振り表を, 各産業別及び各廃棄物別排出量データ¹²⁾を行和及び列和として RAS 法¹³⁾によって 26 産業分類×18 廃棄物分類に分割した。

(3) スtock推計作業

本研究では基準年 t_0 を 1970 年とした。1970 年における対象物質のストック量を求めるために、式(22)および式(23)を用いた。

$$STK_{m,i}^{S45} = \sum_t SRV_{m,i}^t \quad (22)$$

$$SRV_{m,i}^t = d_{m,i}^{S45} \times ASS_i^t \quad (23)$$

ここに、 $STK_{m,i}^{S45}$: 1970 年においてストック財 i に含まれる対象物質 m の物量、 $SRV_{m,i}^t$: 1970 年以前の t 年に作られた財 i のうち、1970 年において残存しているものに含まれる対象物質 m の物量、 ASS_i^t : t 年に作られた財 i のうち、1970 年において残存しているものの資産額を 1970 年の価格で評価したもの、である。 ASS_i^t の推計には国富調査¹⁴⁾のデータを用いた。国富調査の部門分類は統合産業連関表での部門分類を統合したものになっていたため、式(24)を用いて補正した。

$$ASS_i^t = \frac{NW_{i,NW}^t \times RT_{i,i}^{NW}}{CVR_i} \quad (24)$$

i^{NW} : 国富調査の資産分類による財の種類、 $NW_{i,NW}^t$: t 年に作られた財 i^{NW} のうち、1970 年において残存している

ものの資産額を 1970 年の価格で評価したもの、 $RT_{i,i}^{NW}$: 財 i^{NW} の資産額に占める財 i の資産額の割合、 CVR_i : 統合産業連関表に対する国富調査のカバー率。 $RT_{i,i}^{NW}$ は、

1970 年において、 i^{NW} に対応する財 i の投資額の和に対する財 i の投資額とした。また、 CVR_i は国富調査における 1970 年の投資額と統合産業連関表の 1970 年における投資額との比とした。

基準年以降の推計年において、産業連関表が編集されていない年次については JIP データベース資産別設備投資系列作成作業報告書¹⁵⁾(以下では JIP データベースと略す。JIP データベースでは、1970 年から 1995 年までの各年において、37 に分類した資産別の投資額の推計を行っている)による補間を行った。補間に用いた式を式(25)に示す。

$$INV_i^t = \frac{JIP_{i,IP}^t}{t_2 - t_1} \cdot \left(\frac{INV_i^{t_1} \cdot (t_2 - t)}{JIP_{i,IP}^{t_1}} + \frac{INV_i^{t_2} \cdot (t - t_1)}{JIP_{i,IP}^{t_2}} \right) \quad (25)$$

ここに、 t_2 及び t_1 ($t_2 > t_1$) は、推計年 t を挟んだ産業連関表が編集された年次であり、 INV_i^t : t 年における財 i の投資額(t_2 及び t_1 年値は産業連関表の値を用いる)、 i^{IP} : JIP データベースの資産分類による財の種類で産業連関表の

表-1 1995 年における木材のマテリアルフロー(100 万トン)

	国内採取量	中間需要量	産出財における含有量	産業廃棄物排出量	パルプへの転換量	家計への投入量	輸入量	輸出量	固定資本形成
農林水産業	14.98	0.08	15.02			0.85	13.44	0.02	
鉱業		0.05							
食料品		0.11							
繊維製品		0.03							
パルプ・紙・木製品		26.35	18.55	4.35	3.37	0.46	9.36	0.06	0.55
化学製品		0.16							
石油・石炭製品		0.00							
窯業・土石製品		0.04							
鉄鋼		0.05							
非鉄金属		0.01							
金属製品		0.10							
一般機械		0.06							
電気機械		0.12							
輸送機械		0.14	0.02			0.01	0.00	0.00	0.01
精密機械		0.01							
その他の製造工業製品		0.51	0.34			0.12	0.06	0.01	0.13
住宅建築(木造)		14.82	13.48	1.34					13.48
住宅建築(非木造)		4.37	3.79	0.58					3.79
非住宅建築(木造)		1.07	1.00	0.07					1.00
非住宅建築(非木造)		2.05	1.81	0.24					1.81
建築補修		1.23	0.98	0.25					
公共工事		0.86	0.68	0.18					0.68
その他の土木建設		0.81	0.66	0.15					0.66
電力・ガス・熱供給		0.12							
水道・廃棄物処理		0.03							
商業		0.37							
金融・保険		0.06							
不動産		0.28	0.26			0.26	0.00	0.00	0.26
運輸		0.63	0.53			0.09			
通信・放送		0.03							
公務		0.11							
教育・研究		0.06							
医療・保険・社会保障		0.06							
サービス		0.59							
その他		0.07							

第 i 行部門を含む財種類, $JIP_{i,mp}^t$: JIP データベースでの t 年における財 i の投資額である。残存関数は、国富調査および財務省の減価償却資産の耐用年数に関する省令¹⁶⁾をもとに一括除去型の関数とし、基準年でのストック平均年齢 (T) は、上記の ASS_t^i 及び残存関数の仮定に基づき算定した。

5. 推計結果と考察

表-1, 表-2, 表-3 に、それぞれ 1995 年における木材、鉄、骨材のマテリアルフロー推計結果を示す。これらの表では、紙面の都合上、部門分類を 35 部門に集約し示している。

木材のマテリアルフローに関し、まず、農林水産業部門において、1498 万トンの国内採取量（環境からの投入）となった。これは、農林水産業に含まれる素材部門が国内の森林を伐採するなどして得た木材の量である。この量に関しては報告値を与えずに推計している。すなわち式 (15) を使用していない。木材需給表¹⁷⁾ による報告値は 1458 万トンであった。次に「中間需要量」とは、各産業から投入される財に含まれる木材の重量であり、パルプ・紙・木製品製造業や住宅建築（木造）業に多くの投

入がある。また、木材がパルプの原料となる場合には、別の物質に変わるとみなした。さらに、「家計への投入」「輸出」「固定資本形成」は最終需要としての項目である。産業連関表の分類に従って、住宅建築は家計への投入に含まれず、固定資本形成に含んでいる。パルプ・紙・木製品製造業からの家計への投入は、46 万トンであり、固定資本となった木材は、住宅建築（木造）で、1348 万トン、その他の部門の合計で、890 万トンとなった。

鉄については、粗鋼を出発点としてマテリアルフローを求めた。すなわち、鉄鋼部門では鉄鉱石中の鉄を中間需要量に含めず、需要された製品中の鉄を中間需要量に計上した。結果は鉄の多くが金属製品、機械類製造業への中間投入となった。家計への投入は、輸送機械が約 422 万トンであり、そのうち、自動車またはその部品が 415 万トン、二輪自動車が 6 万トンであった。また、家計から発生する鉄屑は、835 万トンであると推計され、これを鉄鋼の家計への投入量にマイナスの表記で計上した。

骨材のマテリアルフローに関しては、鉱業部門が 8 億 7126 万トンを国内採取した。窯業・土石製品製造業の中間需要量は 3 億 472 万トンであり、そのうち、2 億 533 万トンがコンクリート・セメントの原料となっていると推計された。

表-2 1995 年における鉄のマテリアルフロー(100 万トン)

	国内採取量	中間需要量	産出財における 含有量	産業廃棄物 排出量	家計への 投入量	輸入量	輸出量	固定資本形成
農林水産業		0.10		0.01				
鉱業		0.08		0.00				
食料品		0.44		0.08				
繊維製品		0.04		0.01				
パルプ・紙・木製品		1.32	1.22	0.05	0.05	0.07	0.01	0.28
化学製品		0.35		0.07				
石油・石炭製品		0.02		0.02				
窯業・土石製品		1.50	1.33	0.03	0.05	0.03	0.01	1.11
鉄鋼		0.11	103.50	0.47	-8.35	21.98	16.01	
非鉄金属		0.10		0.05				
金属製品		27.41	27.04	0.37	0.23	0.27	0.66	0.33
一般機械		17.98	18.57	0.37	0.04	0.55	3.14	8.00
電気機械		6.01	7.22	0.20	0.57	0.38	1.15	1.55
輸送機械		20.12	23.46	0.89	4.22	0.90	6.17	4.68
精密機械		0.47	0.42	0.07	0.00	0.02	0.02	0.06
その他の製造工業製品		1.04	0.43	0.08	0.17	0.10	0.02	0.13
住宅建築(木造)		2.37	2.21	0.16				2.21
住宅建築(非木造)		6.27	6.08	0.19				6.08
非住宅建築(木造)		0.21	0.20	0.01				0.20
非住宅建築(非木造)		8.09	7.85	0.25				7.85
建築補修		2.47	2.32	0.16				
公共工事		11.13	10.89	0.24				10.46
その他の土木建設		10.08	9.89	0.19				9.56
電力・ガス・熱供給		0.12		0.00				
水道・廃棄物処理		0.13		0.04				
商業		0.49		0.49				
金融・保険		0.10						
不動産		0.30	0.14	0.12	0.14	0.00	0.00	0.14
運輸		0.40	0.05	0.08	0.01			
通信・放送		0.05						
公務		0.29						
教育・研究		0.08						
医療・保険・社会保障		0.15						
サービス		0.44						
その他		0.64	0.59	0.05	0.00	0.06	0.00	0.65

表-3 1995 年における骨材のマテリアルフロー(100 万トン)

	国内採取量	中間需要量	産出財にお ける含有量	産業廃棄物 排出量	セメント・コンクリート への転換量	家計への 投入量	輸入量	輸出品	固定資本 形成
農林水産業		0.48							
鉱業	871.26	0.01	871.16	0.11		0.03	21.94	0.74	
食料品		0.27		0.02					
繊維製品		0.02		0.00					
パルプ・紙・木製品		0.35		0.02					
化学製品		0.95		0.09					
石油・石炭製品		16.81	16.73	0.06					
窯業・土石製品		304.72	97.09	0.26	205.33	5.29	2.86	0.76	74.60
鉄鋼		1.69	2.96	0.53					
非鉄金属		0.18		0.02					
金属製品		0.65		0.02					
一般機械		0.63		0.01					
電気機械		1.01		0.01					
輸送機械		0.59		0.01					
精密機械		0.01		0.00					
その他の製造工業製品		0.23		0.33			0.03	0.01	
住宅建築(木造)		18.80	16.73	2.06					16.73
住宅建築(非木造)		20.38	16.56	3.82					16.56
非住宅建築(木造)		2.06	1.86	0.19					1.86
非住宅建築(非木造)		28.35	23.91	4.44					23.91
建築補修		6.54	4.60	1.94					
公共工事		409.12	387.69	21.43					387.69
その他の土木建設		186.04	177.07	8.97					177.07
電力・ガス・熱供給		0.57		0.10					
水道・廃棄物処理		0.48		0.02					
商業		0.42		0.02					
金融・保険		0.08							
不動産		1.28		0.12					
運輸		0.26		0.25					
通信・放送		0.09		0.04					
公務		0.77							
教育・研究		0.54							
医療・保険・社会保障		0.11							
サービス		0.56							
その他		0.53		0.39					

図-2、図-3、図-4にそれぞれ、木材のストック量、鉄のストック量、骨材のストック量の経年変化推計結果を示す。

1995 年における木材のストック量は 5 億 9300 万トンと推計された。その中で住宅建築(木造)は全体の 49.4% となっている。木材の国内生産量、輸入量は年々減少しており、ストック量全体の値は 1990 年頃からはほぼ横ばいとなっている。

1995 年における鉄のストック量は 8 億 5600 万トンと推計される。その中で、建築・土木は 6 億 9900 万トンであり、全体の 81.7% を占める。推計期間を通じて、ストック量全体の値は増加しているが、一般機械においては鉄のストック量が減少している。機械類全般のストック量推計値は、1970 年から一度増加した後に、また減少に転じている。JIP データベースによると、機械類においてはその投資額が 1990 年前後から落ち込むものが多く、その結果ストック量も落ち込んでいると考えられるが、それに加えて、鉄以外の金属が機械類の生産に使用されるようになり、機械類のなかで鉄の占める割合が減少した可能性も否定できない。

1995 年における骨材のストック量は 106 億 2900 万トンと推計される。日本全体にはストックとして木材、金属、非金属など様々な物質が蓄えられているが、骨材の占める割合は非常に高く、その中でも鉄道・電力・電気

通信施設や道路・河川水道・農林関係公共施設にその多くがストックされていると考えられる。

6. おわりに

本研究では、産業連関表、各種生産統計表、廃棄物統計などを利用して日本におけるマテリアルフローとストック量を整合的に推計する計算法を提案し、適用例として、わが国を対象とし、木材、鉄、骨材を取り上げ、それらのマテリアルフローとストックの経年変化を算定した。この方法の特徴は、各種の報告値をその信頼度あるいは確信度に応じ、統一的に取り扱うことができ、また、従来から本格的に整備されている国民勘定や各種の経済・生産統計に含まれている情報を整合的に援用できることにある。

また、いったん MS-ACCESS や GAMS などのソフトウェアでプログラムとして実装すれば、推計作業の再現性、透明性を損なわず、作業をシステムティックに行なうことが可能となるため、マテリアルフロー分析や環境・経済統合研究の遂行を大きく支援する道具となる可能性を秘めており、本方法を、情報前処理過程などに組み込むことによって、経済と環境の係わりに関する各種の定量的検討作業を、透明かつ効率的に進めることが可能となると考えられる。

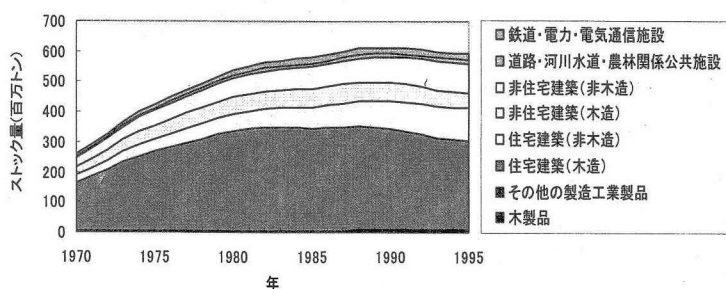


図-2 木材のストック量の経年変化推計結果

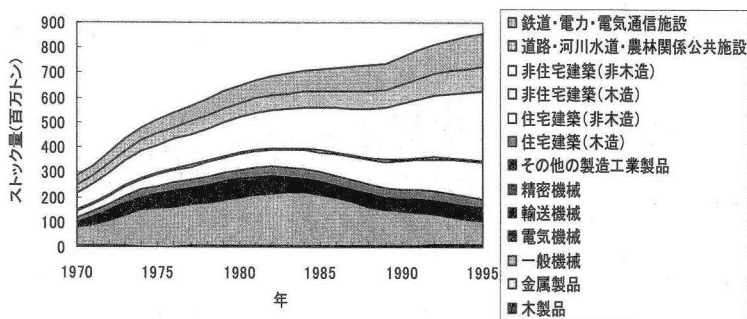


図-3 鉄のストック量の経年変化推計結果

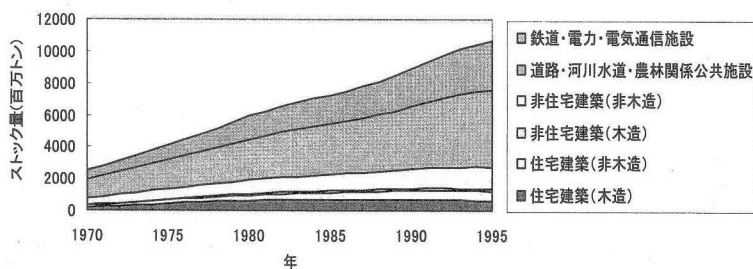


図-4 骨材のストック量の経年変化推計結果

参考文献

- 1) 環境省: 循環型社会白書, 2001, 2002, 2003, ぎょうせい.
- 2) GAMS Development Corporation, GAMS The Solver manuals, 2004.
- 3) 総務庁: 昭和 45-50-55 年接続産業連関表, 1985, 昭和 55-60-平成 7 年接続産業連関表, 1995, 昭和 60-平成 2-7 年接続産業連関表, 2000, 全国統計協会連合会.
- 4) 通商産業省大臣官房調査統計部: 工業統計表 大蔵省印刷局, 各年.
- 5) 通商産業省大臣官房調査統計部: 機械統計年報 通商産業

調査会, 各年.

- 6) 通商産業省大臣官房調査統計部: 化学工業統計年報 通商産業調査会.
- 7) 農林水産省経済局統計調査部: 漁業養殖業生産統計年報, 農林統計協会, 各年.
- 8) 農林水産省経済局統計情報部: 作物統計, 農林統計協会, 各年.
- 9) 農林水産省経済局統計情報部: 生産農業所得統計, 農林統計協会, 各年.
- 10) 厚生省: 全国産業別廃棄物種別産業廃棄物排出量, 各年.
- 11) 全国都市清掃会議: 廃棄物処理事業実態調査統計資料 (一)

- 般廃棄物)、各年。
- 12) 環境省：産業廃棄物排出・処理状況調査, 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課, 各年。
 - 13) United Nations : Handbook of Input-Output Table, Compilation and Analysis, Statistics Division, Department of Economic and Social Affairs, Series F No.74, 1999.
 - 14) 経済企画庁: 昭和 45 年国富調査, 国富調査総合報告, 大蔵省印刷局, 1975.
 - 15) 深尾恭二, 宮川努, 河井啓希, 乾友彦, 村上友佳子, 丸山士行, 奥木佳伸, 中村勝克, 橋川健祥, 奥村直紀, 権赫旭: JIP データベース 資産別設備投資系列作成作業報告書, 内閣府経済社会総合研究所, 2002.
 - 16) 財務省: 減価償却資産の耐用年数に関する省令, (昭和四十年三月三十一日大蔵省令第十五号)。
 - 17) 農林水産省大臣官房統計情報部, 平成 10 年木材需給報告書, 農林統計協会。

A STUDY OF A RECONCILIATION MODEL OF MATERIAL FLOW AND STOCK ACCOUNTS WITH ECONOMIC AND INDUSTRIAL STATISTICS

Taiyou NAKAMURA, Yuzuru MATSUOKA, and Takeshi FUJIWARA

We proposed a reconciliation method in order to estimate material flow and stock for providing information to construct Recycle-based society. Using Input-Output Tables, industrial statistics and waste statistics as input data, this study estimated material flow and stock from 1970 to 1995 in Japan. The models developed here have been applied to three target materials-wood, iron, and gravel/building stone. Based on the estimation, stock of wood has grown gently; On the one hand, stock of gravel and building stone has grown rapidly. That of iron was intermediate. As for the material flow, input, output, waste and stock of target materials by each industry sector were estimated.