

国内経済が内包する 廃棄物の需給構造分析

森川貴史¹・加河茂美²・稻村 肇³・森口祐一⁴

¹正会員 修(情報) 大成建設株式会社 (〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1新宿センタービル)

²正会員 博(学) 東北大学助手 情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06)

³フェロー会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉06)

⁴正会員 博(工) 国立環境研究所 (〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2)

本論文では、屑・副産物仮定を採用し、ハイブリット型結合生産モデルを提案し、LPG、コークス、鉱滓、古紙、鉄くずの5品目に着目した実証分析を行った。本研究の主要な発見は以下の通りである。建設・建築用金属製品部門からの鉄くずの誘発発生原単位の変化に代表されるように、生産技術の変化によって直接的にくずの発生量を削減している一方で、間接的に発生量を増加させている部門が存在していることが明らかとなった。この分析結果は明らかにゼロエミッションの本来の精神に反する。また、民間・公的資本形成の変化が土木・建築部門に密接に関係する鉄くず、鉱滓のみならず、あまり関係のないように見える古紙のような屑・副産物の需給についても間接的に大きな影響を与えていていることが判明した。

Key Words : hybrid rectangular input-output model, joint-production, by-products, wastes

1. はじめに

産業の生産活動や家計の消費活動から結合的に発生する屑・副産物(廃棄物)を取り巻く環境・エネルギー問題そして経済問題に対して、我が国では、古紙や鉄くずのマテリアルリサイクルや廃プラスチックのサーマルリサイクルに代表されるような循環型社会経済システムの構築に向けた生産活動が本格的に取り組まれるようになってきた(本来ならば屑と副産物を明確に識別し、前者を廃棄物として定義する必要があるが、実際問題として経済学的に意味のある識別を行うことは困難であることから、本研究では屑・副産物≡廃棄物というスタンスを取らざるを得ない)。このような背景の下、環境及び経済政策担当者は、循環型社会経済システムへの変革が環境や国民経済全体にどのような影響を与えるのか、という質問に対する答えを求められている。

まず環境及び経済への影響効果分析以前の問題として、例えば自動車一台の生産消費活動は、どのような種類の廃棄物をどれだけ内包しているのであるか? 実際、この質問に答えることは容易なことではない。なぜなら、自動車一台を生産するために直接間接的に投入される産業及び家計起源の中間的な屑・副産物を無限に勘定するという気の遠くなる作業が待っているだけでなく、加えて、所得分配・消

費性向を牽引力とする家計起源の直接間接的な屑・副産物投入量も正確に勘定しなければいけないからである。

経済循環の構造を数量的に解明することのできる産業連関理論がこのような分析に適しているということは言うまでもないであろう。実際に、Faye Duchin¹⁾は、Leontief²⁾が開発した環境分析用産業連関モデルに廃棄物処理活動と再生産活動を部門追加することによって、廃棄物の投入産出過程を内生化した拡張産業連関モデルを提案している(以下 Duchin モデルと呼ぶ)。我が国では、例えば、中村³⁾が Duchin モデルを採用して、廃プラスチックのリサイクルシナリオ分析を実行している。現実のデータ制約下ではマイナス投入方式(又は Stone 方式)を応用した Duchin モデルは操作上扱いやすく、実証分析の点においても優れていると言える。しかしながらその一方で、Lager⁴⁾が主張するような技術選択の欠如の問題やリサイクル技術の分離性及び安定性の問題など理論的、実証的に難しい問題を抱えているのも事実である。

このような研究状況を踏まえ、結城ら⁵⁾は技術選択に一定の解釈を持ちしかも負の技術係数を伴わない混合技術モデルを採用し、廃棄物投入産出構造の変化がエネルギー需要に与えた影響効果を識別している。最近では、Kagawa ら⁶⁾が従来から識別問題の

ため一体的に勘定されてきた屑・副産物の中間投入量を、「非市場的な屑」と「市場的な副産物」の中間投入量に分離するための勘定モデルを提案している。これによって、廃棄物循環に関する分配メカニズムの根本的な要点は整理されたと考えている。しかしながら、実証モデルとしての性格を考えるとき、様々なデータ制約上の問題を抱えており、現時点では実証性に欠けるモデルであると言わざるを得ない。

以上を踏まえ、本研究では、Ten Raa ら⁷⁾によって提案されている屑・副産物仮定（当該屑・副産物が主生産物の産出量と比例的に発生するものと仮定）を採用し廃棄物分析用の結合生産モデルを提案することを一つ目の目的とする。これによって前述した従来のモデルが抱える問題点を解決するとともに、実証分析にも耐えうるフレームワークを提供することが可能となる。また、従来の混合技術モデル等の結合生産モデルでは物量換算が難しい屑・副産物の投入产出構造に対して明確な注意が払われてこなかったが、本モデルでは、加河ら^{8),9)}によって導入されているようなハイブリッド型投入产出行列を拡張することによって、価値的産業連関システムと物量的産業連関システムが明確に結びつく定式化を行っている。

二つ目の目的は、LPG、コークス、鉱滓、古紙、鉄くずの5品目に着目した物量ベースでの廃棄物発生・投入行列(1990年・1995年)を推計し、実際にこの5年間における商品別内包型屑・副産物発生原単位の変化量を明らかにすることである。

最後に三つ目の目的是、需給ギャップ及び主要な牽引要因の観点から、各最終需要項目の変化が内包型屑・副産物発生量・必要量に与えた影響を数量的に明らかにすることである。

2. 結合生産モデルの提案

(1) 基本フレームワーク

まず、金銭単位で表される主生産物・副次生産物に関する産業別産出行列 $V = V_{ij}(i, j = 1, \dots, m)$ と物量単位で表される屑・副産物に関する産業別産出行列 $S = S_{ij}(i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$ を用いて増補された産出行列を考える。ここで、 V_{ij} は産業 i によって生産された主生産物 j あるいは副次生産物 j の産出量を表しており、 S_{ij} は産業 i によって結合的に生産された屑・副産物 j の産出量を表している。今、基本フレームワークの主体として登場する商品（主生産物・副次生産物）と産業の数が等しいと仮定すれば、 V_{ij} は (m, m) 型の正方行列として得られる。その一方で、

追加的な商品と見なせる屑・副産物の数と産業の数を一致させるように部門統合することはデータの制約上困難であることから、 S_{ij} は必然的に (m, n) 型の矩形行列の形を取らざるを得ない。このように定義される V と S から、 $(m, m+n)$ 型の増補産出行列 $[V \ S]$ を定義することができる。

SNA 勘定体系においては、その増補産出行列の逆行列が重要な役割を果たすのだが、前述した矩形行列のままでは逆行列を一意に決めることができない。このような状況の下では、当然勘定モデルの定式化もすることができない。そこで本研究では、モデルの定式化上、産業 i による屑・副産物 j の産出量 S_{ij} と産業 i による主生産物の産出量 V_{ii} とがある技術的な関係を保有していると想定し、 $S_{ij} = \alpha_{ij}^s V_{ii}$ ($i = 1, \dots, m$) という線形関係を仮定する。これは主生産物である自動車の生産に伴う廃プラスチック、廃ゴム、廃ガラスの排出比率が固定されおり、それらの排出量が自動車生産の活動レベルのみに依存していることを意味している。もちろん一般的には、副次生産物の生産活動に伴う排出量も正確に識別して勘定する必要があるが、本研究で対象とする屑・副産物 5 品を分析する上では前述の仮定を先駆的に採用する。なお、この線形同次性の実証的な検証については、Lau¹⁰⁾による検証方法が役に立つと考えている。

家計部門からの屑・副産物 j の産出量についても無視することはできない。この産出量については、生産に関連する国民所得レベル γ と線形関係を持っているものと想定し、 $P = P_j = \alpha_j^s \gamma$ ($j = 1, \dots, n$) として求めよう。ここで、 α_j^s と α_j^s の上付記号 s と k はそれぞれ産業部門と家計部門を表しているので注意されたい。また、これら以外の上付記号 s と k についても同様にそれぞれ産業部門と家計部門として解釈されたい。以上の各産出構造を一体的に考えると、増補された産出行列 \tilde{V} は以下のように定義できる。

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} V & 0 & S \\ 0 & \gamma & P \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 O は成分要素が全て 0 の行ベクトルを表す。

次に、式(1)に示される増補産出構造に対応する増補投入構造を考えてみよう。SNA 勘定体系に従うとき、金銭単位で表される主生産物、副次生産物に関する産業別投入行列は $U = U_{ij}(i, j = 1, \dots, m)$ によって表される。ここで、 U_{ij} は産業 j の生産に必要とされた商品 i の投入量を表している。対応付けにおける重要な問題は、投入サイドにおける家計部門の取り扱いである。これについては、産業連関表の最終需要部門中に通常記載されている家計消費支出ベクトル $H = H_i(i = 1, \dots, m)$ を産業部門の中に内生化する

表-1 廃棄物分析用のSNA勘定体系

	商品	労働	屑	産業	家計	F.D.	T.S.
商品				U	H	f^c	q^c
労働				L	0	f^l	q^l
屑				W	0	f^b	q^b
産業	V	0	S				g^s
家計	O	γ	P				g^k
V.A.				y^s	y^k		
T.D.	(q^c)	q^l	(q^b)	(g^s)	g^k		

注) F.D., T.D., V.A., T.S.はそれぞれ最終需要、総需要、付加価値、総供給を表している。また、上付記号 c, l, b はそれぞれ商品部門、労働、屑・副産物部門を表している。屑・副産物の投入产出に関する物量単位(トン)、主生産物・副次生産物の投入产出に関する金銭単位(百万円)で評価されている。本研究では競争輸入型を想定している。

ことによって対応させている。それに関連して、労働用役の投入構造に関しては、付加価値部門中に記載されている雇用者所得ベクトル $L = L_j (j=1, \dots, m)$ を商品部門中に内生化させている。

屑・副産物の投入構造に関しては、各産業への投入分 $W = W_{ij} (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m)$ のみを考慮した。ここで、 W_{ij} は産業 j の生産に必要とされる中間的な屑・副産物 i の投入量を表しており、従って、 W_{ij} はリサイクル構造と解釈することもできる。なお本研究では、家計部門への屑・副産物投入については考慮していない。以上の投入構造を考えると、増補された投入行列 \tilde{U} は下式(2)のように定義できる。

$$\tilde{U} = \begin{bmatrix} U & H \\ L & 0 \\ W & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

表-1は廃棄物分析用SNA勘定体系を表している。

(2)結合生産モデルの定式化

結合生産モデルの定式化にあたり、表-1に示される投入構造から、中間財及び最終財に関する投入バランスを考えてみよう。そのとき、

$$\tilde{q} = \tilde{U}e + \tilde{f} \quad (3)$$

という関係式が得られる。ここでは、

$$\tilde{q} = \begin{bmatrix} q^c \\ q^l \\ q^b \end{bmatrix}, \quad \tilde{f} = \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix}$$

が成り立ち、それぞれ増補された商品別総生産、最終需要を表している。また、 e は成分要素が全て1の $(m+1, 1)$ 型列ベクトルを表す。上式(2)から、増補投入係数行列を

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} B & h \\ l & 0 \\ w & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

と定義するとき、式(3)の投入バランス式は、

$$\tilde{q} = \tilde{B}\tilde{g} + \tilde{f} \quad (5)$$

と再定式化できる。ここで、

$$\tilde{g} = \begin{bmatrix} g^s \\ g^k \end{bmatrix}$$

である。また、式(4)の右辺に示される B, l, w, h は、それぞれ $B = U\hat{g}^{-s}, l = L\hat{g}^{-s}, w = W\hat{g}^{-s}, h = H\hat{g}^{-k}$ として求めることができ、それぞれ、産業別総生産量1単位に必要とされる主生産物・副次生産物の中間投入量を表す行列、産業別総生産量1単位に必要とされる労働投入を表すベクトル、産業別総生産量1単位に必要とされる屑・副産物の中間投入量を表す行列、そして家計部門が受け取る所得1単位あたりの家計消費を表すベクトルを表している。つまり、 h は限界消費性向ベクトルに等しい。ここで、 \hat{g}^{-s} は g^s の各成分の逆数を対角要素を持つ対角行列を、 g^{-k} は g^k の逆数を表している。特に、 w の次元を考えるとき、読者はこの行列が物量単位/金銭単位という次元からなるハイブリッド型の投入係数行列を表していることに気が付くであろう。これによって、主生産物・副次生産物の価値的均衡式と屑・副産物に関する物量的均衡式が結びつく格好をとっている。

次に産出の二面性を考えてみよう。産出の二面性とは産業によって産出された商品は、必ず中間需要者及び最終需要者に分配されることを意味しており、数学的には、

$$\tilde{q} = e'\tilde{V} \quad (6)$$

が成り立たなければいけない。ここで、上付記号のプライムは転置を表している。式(1)から、増補産出係数行列を

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} C & 0 & \Lambda \\ O & 1 & a^k \end{bmatrix} \quad (7)$$

と定義するとき、式(6)は

$$\tilde{q} = e'\tilde{V} = \tilde{C}\tilde{g} \quad (8)$$

と書くことができる。ここで、式(7)の右辺に示される C は $C = V\hat{g}^{-s}$ として求めることができ、産業別総生産量1単位を構成する主生産物・副次生産物の産出行列を表している。また、 Λ は $\lambda_{ij} = \alpha_{ij}^s C_{ii}$ を成分

要素に持つパラメーター行列であり、主生産物・副次生産物 i の産業別産出量 1 単位あたりの屑・副産物 j の産出量（産出係数）を表している。式(7)の α^k は、 α_j^k を成分要素に持つパラメータベクトルであり、国民所得レベル 1 単位あたりの家計起源の屑・副産物 j の発生量（発生係数）を表している。産出サイドにおいては、 Λ が物量単位/金銭単位という次元を持ち、明らかにハイブリッド型産出係数行列を表している。これによって、屑・副産物の物量的な投入分が産出サイドで調整される格好になる。

今、式(7)は明らかに矩形行列であるのだが、 C と Λ の線形関係及び α^k から、当該の矩形行列の階数が屑・副産物の設定分だけ下がりその結果として、逆行列を $\tilde{q} = \tilde{C}_0^{-1}\tilde{q}$ として求めることができる。従って式(5)は、

$$\tilde{q} = \tilde{B}\tilde{C}_0^{-1}\tilde{q} + \tilde{f} = (I_{m+n+1} - \tilde{B}\tilde{C}_0^{-1})^{-1}\tilde{f} \quad (9)$$

と書ける。あるいは、

$$\tilde{g} = \tilde{C}_0^{-1}(I_{m+n+1} - \tilde{B}\tilde{C}_0^{-1})^{-1}\tilde{f} \quad (10)$$

として産業別の効果も求めることができる。ここで、 I_{m+n+1} は $(m+n+1, m+n+1)$ 型の単位行列を表している。上式(9)と(10)を行列の成分形式で整理すると、

$$\begin{bmatrix} q^c \\ q^l \\ q^b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_m - BC^{-1} & -h & O \\ -lC^{-1} & 1 & O \\ -wC^{-1} & 0 & I_n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} g^s \\ g^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{-1} & 0 & O \\ O & 1 & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_m - BC^{-1} & -h & O \\ -lC^{-1} & 1 & O \\ -wC^{-1} & 0 & I_n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix} \quad (12)$$

として表すことも可能である。ここで、 I_m と I_n はそれぞれ (m, m) 型と (n, n) 型の単位行列を表している。式(11), (12)において、屑・副産物に関する最終処分量 f^b が商品別産出量 q^c , q^l 及び産業別産出量 g^s , g^k に何ら影響を及ぼしていないことに注意されたい。これは現実的に見て、鉄くずを輸出するために自動車を生産しないことからも容易に想像することができよう。

式(11)において、商品の最終需要に内包する直接間接的な屑・副産物必要量に焦点を当てると、生産消費活動が内包する屑・副産物必要量は

$$q^b = \underbrace{wC^{-1}(I_m - BC^{-1} - hIC^{-1})^{-1}f^c}_{\text{生産消費活動が内包する 最終処分量}} + \underbrace{f^b}_{\text{屑・副産物必要量 輸出, 在庫純増}} \quad (13)$$

として定式化できる。さらに式(12)から、

$$\begin{aligned} Q^b &= \begin{bmatrix} \widehat{\Lambda}e & 0 \\ O & \alpha^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g^s \\ g^k \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \widehat{\Lambda}eC^{-1}(I_m - G)^{-1} & \widehat{\Lambda}eC^{-1}(I_m - G)^{-1}h & O \\ a^k lC^{-1}(I_m - G)^{-1} & a^k + a^k lC^{-1}(I_m - G)^{-1}h & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix} \quad (14) \end{aligned}$$

として屑・副産物に関する産業別発生量 Q^b を推計することができる（証明は付録を参照）。ここで、 $G = BC^{-1} + hIC^{-1}$ であり、 $\widehat{\Lambda}e$ は産業別産出量 1 単位あたりの屑・副産物の総産出係数を対角要素に持つ対角行列を表している。また特に、生産消費活動が内包する屑・副産物の総発生量は、直接的な誘発発生量と間接的な誘発発生量とに分解でき、

$$Q^b = \begin{bmatrix} \widehat{\Lambda}eC^{-1}f^c \\ a^k lC^{-1}f^c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \widehat{\Lambda}eC^{-1}G(I_m - G)^{-1}f^c \\ a^k lC^{-1}G(I_m - G)^{-1}f^c \end{bmatrix} \quad (15)$$

直接誘発発生量 間接誘発発生量

として得ることができる。

3. 基本データの適用

前節で提案された結合生産モデルを利用するにあたり、通常の産業連関表をハイブリット型 SNA 産業連関表へと拡張する必要がある。すなわち、主生産物・副次生産物に関しては金銭単位(百万円)、屑・副産物に関しては物量単位(トン)で表したハイブリット型 SNA 産業連関表が必要となる。

(1) 主生産物・副次生産物に関する産出行列及び投入行列の作成

結城ら³⁾は、総務庁が作成している 1990 年及び 1995 年産業連関表基本表(X 表)とその付帯表である 1990 年及び 1995 年産業別商品産出構成表(V 表)を基に、U 表(列 94 × 行 94)と V 表(列 94 × 行 94)を求めていると同時に、U 表サイドに労働投入構造と家計消費構造を内生化させた増補型 U 表(列 95 × 行 95)を推計している^{11),12)}。また重要な点として、加河ら^{8),9)}によつても既に指摘されているエネルギー価格の問題を回避するため、これらの U 表と V 表がエネルギー換算値(Tcal)と貨幣換算値(百万円)の双方を併せ持つ“ハイブリッド U 表”及び“ハイブリッド V 表”に変換されているということを述べておかなければいけない。本研究では、主生産物・副次生産物の投入産出構造としてこのデータを採用した。なおこのデータは、1990 年基準価格で実質化されたものである。従って最終的には、金銭単位(百万円)・物量単位(トン)のハイブリッドではなく、金銭単位(百万

表-2 肩・副産物の需給バランスの内部内訳(千トン)

	総必要量 ①	総発生量 ②	超過需要 ③=①-②	家計消費 ④	輸出 ⑤	輸入 ⑥	在庫その他 ③+④+⑤+⑥
1990年	LPG	2,858	3,925	-1,067	1,067	0	0
	コークス	1,451	1,451	0	0	0	0
	鉱滓	208,301	208,822	-520	0	920	-400
	古紙	11,872	11,260	612	0	22	-634
	鉄くず	34,903	36,253	-1,349	0	382	-785
1995年	LPG	5,306	6,399	-1,094	1,094	0	0
	コークス	593	593	0	0	0	0
	鉱滓	38,057	38,213	-156	0	837	-681
	古紙	13,343	11,264	2,079	0	42	-957
	鉄くず	32,883	33,220	-337	0	1,164	-716

注) 家計外消費支出、公的・民間総固定資本形成から発生する肩・副産物は総必要量から差し引く必要がある。

また、在庫その他は超過需要を基に考えているため、この値が負であるときには在庫純増または処分されている。

円)・熱量単位(Tcal)・物量単位(トン)のハイブリッドモデルを構築することになる。

(2) 肩・副産物に関する産出行列及び投入行列の推計

本研究では、産業連関表との整合性を考え、産業連関表基本表の付帯表である肩・副産物発生及び投入表を基本データとして採用する。肩・副産物発生及び投入表は金銭単位で計上されているため、金銭価値をもたない肩・副産物や最終処分を目的とした廃棄物などは肩・副産物表には計上されていない。当然、このような金銭価値をもたない肩・副産物についても本分析対象に取り入れるべきであるが、現在の肩・副産物(廃棄物)データの整備状況を考えると、それらの無価値物を分析対象に取り入れてもロバストな分析結果を得ることはできないであろう。このことから、本研究においては、肩・副産物表に計上されている肩・副産物のみを取り扱うこととする。読者は、厚生省等で刊行している廃棄物関連データとの融合を即座に想起すると思うが、我々はこれら関連のデータの融合が産業連関理論とうまくマッチするのかどうか不幸にもまだ理解していない。現時点でのこの融合を安易に図り、肩・副産物の識別の問題が中間投入必要量を過大評価・過小評価させてしまうことは賢明でないように思われる。この点については引き続き議論が必要である。

以下に物量ベースの肩・副産物発生及び投入表の推計方法を簡単に述べる。まず、1990年、1995年肩・副産物発生及び投入表より、金銭単位での肩・副産物品目別S表、W表を作成する(表-1を参照されたい)。これについては、付帯表の肩・副産物発生及び投入表を適切に部門統合することによって得ることができる。問題は、金銭単位でのS表、W表を物量単位に変換することである。基本的には、産業連関表物量表の値を投入・産出サイドから読みとり、その値をそのまま計上することが求められる。しかしながら、ほとんどの肩・副産物は物量表においてそ

の物量値が計上されていないのが実状であり、発生量、投入量ともに把握することができない。産業連関表の部門別品目別生産額表を利用して競合する通常商品の単価をもとに物量を推計する方法が考えられるが、そのように推計した物量ベースの肩・副産物を分析対象に取り入れたとしても、それら肩・副産物に関してロバストな分析結果を得ることができない。従って本研究では、物量表に計上されているLPG、コークス、鉱滓、古紙と比較的データ整備の進んでいる鉄くずの5品目を肩・副産物として分析対象に取り入れることとする。

鉄くずに関しては、(社)鉄源協会資料¹²⁾から年度別に自家発生肩の発生量、国内市中肩発生量、電炉・転炉への鉄くず投入量を読みとることができる。ここで、自家発生肩とは鉄鋼生産工場内で発生する鉄くずであることから、銑鉄・粗鋼部門から発生する鉄くずと考えることができる。さらに、電炉・転炉の消費は銑鉄・粗鋼部門への鉄くず投入と考えることができる。これらから物量ベースにおける銑鉄・粗鋼部門からの鉄くず発生量と銑鉄・粗鋼部門への鉄くず投入量を得ることができる。国内市中肩とは、銑鉄・粗鋼部門以外から発生した鉄くずと考えることができる。国内市中肩と肩・副産物表の発生額より鉄くず単価を推計し、これらを基に銑鉄・粗鋼部門以外から発生した鉄くずを金銭ベースから物量ベースへと変換した。

以上により、LPG、コークス、鉱滓、古紙、鉄くずに関して物量単位(トン)でのS表(列5×行95)、W表(列95×行5)を求めることができる。

4. 結合生産モデルによる需給バランスの内訳

肩・副産物の発生分が、すべて中間投入財として再利用される状態では、肩・副産物に関する最終需要(輸出、在庫純増その他)の値はゼロである。この

ことから、屑・副産物に関する最終需要項目がその需給バランスのパロメーターを表していると言える。

式(13)と式(14)に通常商品に関する最終需要 f^* を代入し、各通常商品の生産消費活動が内包する屑・副産物必要量及び発生量を推計し、その総必要量と総発生量から超過需要を求めてことで屑・副産物に関する需給バランス構造を検証することができる。表-2にその推計結果ならびに資料11)～13)から得られた超過需要の内部内訳を示す。これを見ると、LPG、コークス、鉱滓は1990年、1995年で国内外を通して需給均衡が成り立っている。古紙を見ると、1995年で在庫その他を約116万トン切り崩す結果となった。これは、1995年は流通在庫(古紙として回収された在庫)が194万トン存在しており、その在庫からの中間投入が発生したからと考えられる。鉄くずに関しては、1990年にみられるような供給過多による在庫純増が続いたことで、単価下落を招き、在庫分が輸出に転化した。そのため、最近では鉄くず在庫は減少傾向にある。

5. 結合生産モデルによる需給構造分析

(1) 屑・副産物誘発発生原単位の経時比較

屑・副産物誘発発生原単位とは、ある商品1単位の需要を満たすために必要な全ての生産消費活動が内包する屑・副産物の発生量である。この誘発発生原単位は式(13)から推計することが可能である。重要な問題は、商品1単位とは何かということであるが、前節でも述べたように、本研究ではエネルギー商品について熱量単位(Tcal)、その他の商品については金額単位(百万円)で評価されているため、エネルギー商品1単位とは1Tcalを表し、その他の商品1単位とは百万円を表している。従って、ここで推計される屑・副産物誘発発生原単位は、結果的に、kg/Tcal及びkg/百万円という単位を持つことになる。

表-3と表-4がその推計結果である。表-3と表-4の値を比較することで、1990年から1995年にかけた誘発発生原単位の経時変化量を調べることができる。また図-1～図-5は、LPG、コークス、鉱滓、古紙、鉄くずに関する誘発発生原単位の大きい上位5部門の経時変化を表したものである。各屑・副産物品目の誘発発生原単位について以下考察を行う。

a) LPGについて

表-3、表-4から、LPGの直接間接効果は、1990年、1995年ともに有機化学基礎・中間製品(No.32)が最も大きいことが分かる。続いて、合成樹脂(No.33)、化学繊維(No.34)、ゴム製品(No.37)、プラス

チック製品(No.36)が位置し、上位5部門はこの5年間で変わっていないことが示された。図-1は、誘発発生原単位(直接間接分)の上位5部門の経時推移を示している。これを見ると、上位5部門の誘発発生原単位は一律に増加傾向にあると言える。また、1995年の誘発発生原単位から1990年の誘発発生原単位を差し引きその変化量を商品別に比較すると、増加量の大きい上位5部門は、図-1に示す5部門と一致しており、中でも、誘発発生原単位が第1位の有機化学基礎・中間製品の増加量は626kg/百万円と最も大きいことが明らかとなつた。

次に直接効果について見ると、1990年、1995年ともに有機化学基礎・中間製品が702kg/百万円と最も大きく、直接間接効果の約64%を占めていることが分かる。また、合成樹脂、ゴム製品、プラスチック製品は直接的にはLPGを発生しないが、それらの製品生産に有機化学基礎・中間製品を大量に必要とするため間接的にLPGを誘発していることが分かる。

b) コークスについて

表-3、表-4から、コークスの直接間接効果を特にエネルギー商品について見ると、1990年、1995年ともにガス・熱供給(No.6)の直接間接効果が著しく大きいことが分かる。続いて、電力(No.5)、石炭製品(No.4)の順となっている。図-2から上位5部門の経時変化をみると、上位5部門の直接間接効果は1990年から1995年にかけて全体的に大きく減少している。特に、直接間接効果が第1位であるガス・熱供給部門の減少量は6,535kg/Tcalと最も大きい。全体的にLPGと対照的な結果となっている。

c) 鉱滓について

鉱滓の直接間接効果は、1990年、1995年ともに銑鉄・粗鋼(No.43)が最も大きく、続いて鋼材(No.44)、鋳錠・その他鉄鋼製品(No.45)、その他の金属製品(No.49)が位置している。これら5部門に関して順位に変動はないが、原単位は軒並み大きく減少している。図-3を見れば一目瞭然である。また、表-3、表-4における鉱滓の直接効果を見ると、銑鉄・粗鋼を除いてほとんどが直接的に鉱滓を発生していない。銑鉄・粗鋼の直接効果が直接間接効果に占める割合は1990年で約73%、1995年で約71%と大きな変化が見られないことから、鉱滓の誘発発生原単位の大幅な減少の主な要因は、銑鉄・粗鋼の生産過程における鉱滓排出率の大幅な減少であることが分かる。さらに、商品部門No.1～No.6のエネルギー商品の直接間接効果が比較的大きいことが認識できる。

d) 古紙について

表-3、表-4から、古紙の直接間接効果を見ると、1990年から1995年にかけて上位に位置する部門の

順位に変わらないことが分かる。図-4に古紙の直接間接効果の上位6部門についての推移を示す。この図はエネルギー商品とその他商品の原単位を一緒に表わしているのだが、当然前者と後者の単位の異なる大きさを直接比較することはできない。前者同士あるいは後者同士を比較する上で、あるいはそれらの変化量を定性的に評価する上では問題ない。

この図を見ると、ガス・熱供給(No.6), 石炭製品(No.4), 電力(No.5)に減少傾向がみられ、逆に紙加工品(No.28), 出版・印刷(No.29), パルプ・紙製品(No.27)に増加傾向がみられる。これは言い換えれば、商品を生産する過程で直接古紙を発生する部門(例えば、紙加工品や出版・印刷部門)に増加傾向がみられ、商品を生産する過程で直接的に古紙を発生しないが、間接的な生産過程において古紙を発生する部門で減少傾向がみられるということである。特に、エネルギー部門である「ガス・熱供給」、「石炭製品」の誘発発生原単位の減少率がそれぞれ33%, 24%と高い。この結果は、これらエネルギー部門の単位生産あたりの紙加工品や出版・印刷部門の寄与度が低下したためにもたらされたものである。

また興味深い点は、紙製品を間接的に大量に使用して生産される広告(No.84), 調査情報サービス(No.85)といった商品の原単位がほとんど変化していないかった点である。これは紙製品の代用物である情報等の普及がある程度収束し、技術的に古紙の発生量が落ち着きだしたためと考えている。もちろん生産技術とは関係なく、有効需要が増減することにより古紙の発生量は変動する。

e) 鉄くずについて

表-3, 表-4から、鉄くずの直接間接効果をみると、1990年, 1995年ともに銑鉄・粗鋼(No.43)が最も大きく、また1990年, 1995年を通して上位5部門の順位に変わらないことが分かる。図-5を見ると鋼材(No.44), 船舶・同修理(No.59)が増加に転じて一方で、鋳鍛造品・その他鉄鋼製品(No.45), その他金属製品(No.49)は減少傾向にあることが分かる。

上位5部門以外で特に興味深い部門は建設・建築用金属製品(No.48)である。まず、この部門の1990年と1995年における直接効果を比較すると、その差(1995年-1990年)は-22.1kg/百万円であり、直接効果が減少しているのが分かる。これは建設・建築用金属製品部門の何らかの技術変化によって鉄くずの発生量が直接的に抑制されていることを意味する。その一方で、間接効果は+60.5kg/百万円と大きく増加傾向に転じており、不幸にも直接効果の削減達成は無意味なものとなっている。

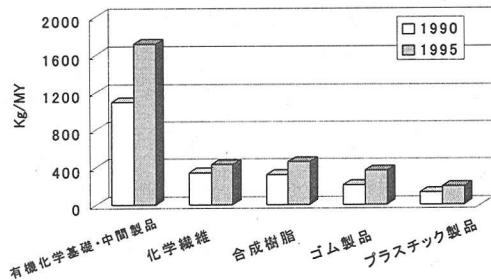


図-1 LPG誘発発生原単位の経時比較(上位5部門)

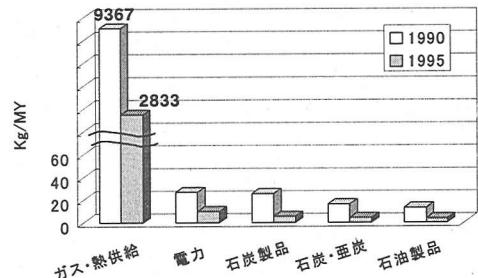


図-2 コ-クス誘発発生原単位の経時比較(上位5部門)

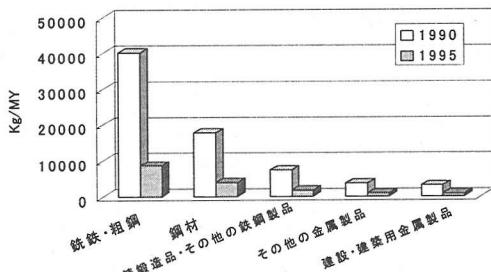


図-3 鉱滓誘発発生原単位の経時比較(上位5部門)

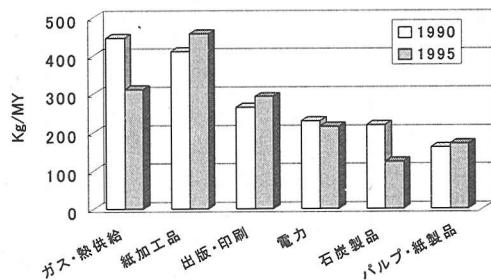


図-4 古紙誘発発生原単位の経時比較(上位5部門)

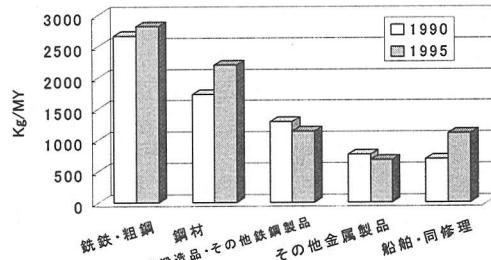


図-5 鉄くず誘発発生原単位の経時比較(上位5部門)

表-3 1990年の国内経済が内包する屑・副産物の誘発発生原単位(kg/Tcal・kg/百万円)

	LPG		コークス		鉱滓		古紙		鉄くず	
	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果
1. 石炭・亜炭	38.0	0.0	16.2	0.0	1424.7	0.0	139.9	34.1	258.1	13.3
2. 原油・天然ガス	16.6	0.0	7.5	0.0	441.0	0.0	61.8	13.0	98.6	5.1
3. 石油製品	5.6	0.0	12.6	0.0	686.4	0.0	105.3	4.3	159.8	1.7
4. 石炭製品	60.3	0.0	25.7	0.0	1938.3	0.0	218.1	7.3	377.8	2.9
5. 電力	58.0	0.0	26.8	0.0	1442.4	0.0	228.8	26.2	350.4	10.3
6. ガス・熱供給	131.5	0.9	9367.8	9066.6	2057.6	0.0	445.8	66.2	520.2	25.9
7. 耕種農業	10.0	0.0	2.0	0.0	70.2	0.0	22.1	0.8	18.3	0.3
8. 畜産・養蚕	12.4	0.0	3.6	0.0	130.9	0.0	33.4	1.4	34.3	0.5
9. 農業サービス	21.6	0.0	5.4	0.0	168.5	0.0	62.7	10.6	46.5	4.1
10. 林業	14.7	0.0	5.8	0.0	194.8	0.0	48.7	9.4	53.9	3.7
11. 漁業	12.1	0.0	4.0	0.0	207.8	0.0	34.2	6.8	55.6	2.6
12. 金属鉱物	23.3	0.0	5.8	0.0	218.9	0.0	49.0	13.4	58.1	5.2
13. 非金属鉱物	11.8	0.0	4.2	0.0	229.8	0.0	35.4	6.2	59.3	1.5
14. と畜	12.4	0.0	3.9	0.0	144.3	0.0	35.6	0.9	38.0	0.3
15. 畜産食料品	21.2	0.0	5.7	0.0	197.3	0.0	57.2	3.6	50.9	1.4
16. 水産食料品	16.5	0.0	4.9	0.0	209.5	0.0	45.7	3.2	54.7	1.2
17. 精穀・製粉	10.6	0.0	3.0	0.0	98.5	0.0	32.0	0.7	26.2	0.0
18. 農産保存食料品	20.0	0.0	7.7	0.0	184.0	0.0	52.1	4.6	47.6	1.8
19. その他の食料品	18.4	0.0	8.2	0.0	209.1	0.0	63.2	11.3	57.3	4.4
20. 飲料	18.6	0.1	5.4	0.0	398.6	0.0	43.8	3.1	89.8	1.2
21. 飼料・有機質肥料	17.9	0.1	4.9	0.0	176.4	0.0	43.3	1.8	45.5	0.7
22. たばこ	8.7	0.0	1.4	0.0	45.4	0.0	16.6	2.0	12.3	0.8
23. 繊維工業製品	80.7	0.0	7.7	0.0	191.2	0.0	55.7	6.3	52.5	2.4
24. 衣服・その他の繊維製	37.8	0.0	6.5	0.0	193.9	0.0	57.7	7.3	53.1	2.8
25. 製材・木製品	17.2	0.0	5.9	0.0	235.8	0.0	49.5	5.4	60.8	1.8
26. 家具・装備品	23.2	0.0	6.4	0.0	801.0	0.0	56.3	7.8	145.5	0.5
27. パルプ・紙製品	29.8	0.0	7.4	0.0	191.1	0.0	160.7	84.4	50.2	1.2
28. 紙加工品	26.6	0.1	6.5	0.0	176.5	0.0	409.3	325.6	47.8	2.6
29. 出版・印刷	21.5	0.0	7.3	0.0	166.8	0.0	264.7	176.2	47.3	3.6
30. 化学肥料	39.0	2.6	8.3	0.0	183.7	3.4	42.3	3.9	46.9	1.8
31. 無機化学基礎製品	37.7	0.0	8.0	0.0	206.9	0.0	40.2	4.1	56.7	0.1
32. 有機化学基礎・中間製	1089.1	702.1	6.7	0.0	206.2	1.1	37.8	2.3	50.4	0.5
33. 合成樹脂	341.3	0.0	6.5	0.0	196.0	0.4	39.6	2.8	48.0	0.0
34. 化学繊維	314.3	19.4	6.2	0.0	204.7	0.3	49.0	4.9	53.7	2.4
35. 化学最終製品	107.8	0.0	6.9	0.0	213.8	0.0	54.5	3.9	54.3	1.4
36. プラスチック製品	132.3	0.0	6.3	0.0	214.4	0.3	40.1	4.2	46.5	0.0
37. ゴム製品	205.8	0.0	7.1	0.0	331.6	0.0	45.4	6.8	71.4	2.3
38. なめし革・毛皮・同製	32.0	0.0	5.6	0.0	204.6	0.0	50.4	6.6	53.0	2.1
39. ガラス・ガラス製品	10.9	0.0	12.1	0.0	195.1	0.4	48.8	6.3	49.1	2.1
40. セメント・セメント製	13.3	0.0	5.2	0.0	678.6	0.0	44.2	5.1	103.1	2.1
41. 陶磁器	14.4	0.0	8.4	0.0	252.2	0.5	64.9	10.5	57.7	0.0
42. その他の窯業・土石製	33.2	0.2	5.9	0.0	415.1	0.0	45.9	6.9	74.0	0.0
43. 鋳鉄・粗鋼	10.7	0.0	5.3	0.0	40272.7	29342.8	42.0	2.0	2658.6	1914.8
44. 鋼材	10.2	0.0	7.0	0.0	17710.7	0.0	37.8	2.7	1726.8	864.9
45. 鋳鍛造品・その他の鉄	11.3	0.0	6.8	0.0	7284.2	0.0	42.2	6.1	1285.3	622.5
46. 非鉄金属製錬・精製	14.6	1.1	4.7	0.0	149.2	0.0	36.2	2.5	41.3	0.0
47. 非鉄金属加工製品	19.4	0.1	5.9	0.0	193.7	0.7	35.1	4.4	36.0	0.0
48. 建設・建築用金属製品	13.6	0.0	6.3	0.0	3077.5	0.0	43.9	7.5	480.9	79.5

	LPG		コークス		鉱滓		古紙		鉄くず	
	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果
49. その他の金属製品	13.9	0.0	7.3	0.0	3624.4	0.0	48.8	9.0	765.3	335.6
50. 一般産業機械	15.1	0.0	6.2	0.0	1999.9	0.0	46.0	6.7	353.6	64.0
51. 特殊産業機械	16.8	0.0	5.7	0.0	1645.6	0.0	43.1	6.4	414.8	151.0
52. その他の一般機器	14.0	0.0	6.1	0.0	2344.0	0.0	46.3	8.7	327.3	13.6
53. 事務用・サービス用機	24.2	0.0	6.0	0.0	672.5	0.0	50.4	4.8	154.7	26.6
54. 民生用電気機械	29.8	0.0	6.0	0.0	743.1	0.0	51.8	4.6	193.2	61.5
55. 電子・通信機器	19.4	0.1	5.6	0.0	341.6	0.0	44.5	4.0	69.8	0.0
56. 重電機器	19.0	0.0	5.9	0.0	1245.0	0.0	46.9	6.9	207.7	22.6
57. その他の電気機器	21.5	0.0	6.2	0.0	907.8	0.0	46.8	6.4	199.3	57.0
58. 自動車	27.8	0.0	6.7	0.0	1090.2	0.0	47.1	3.7	260.9	50.8
59. 船舶・同修理	20.2	0.0	7.0	0.0	2585.8	0.0	49.2	7.3	685.0	315.1
60. その他の輸送機械・同	21.5	0.0	6.3	0.0	1585.0	0.0	48.8	6.0	431.6	150.9
61. 精密機械	21.3	0.0	6.2	0.0	484.0	0.2	52.5	8.1	123.1	32.8
62. その他の製造工業製品	33.3	0.0	5.9	0.0	410.0	0.0	54.3	5.5	87.9	9.2
63. 建築	14.8	0.0	6.5	0.0	1022.9	0.0	47.5	8.6	155.6	3.4
64. 建設補修	17.9	0.0	6.2	0.0	1079.4	0.0	47.1	6.6	267.3	89.3
65. 土木	15.8	0.0	5.8	0.0	885.6	0.0	46.8	9.2	143.1	13.5
66. 水道	15.5	0.0	5.4	0.0	208.4	0.0	36.5	7.1	52.7	2.8
67. 廃棄物処理	16.2	0.0	8.3	0.0	198.3	0.0	60.7	20.9	58.4	8.2
68. 商業	13.0	0.0	6.6	0.0	185.7	0.0	58.0	15.9	53.4	6.2
69. 金融・保険	11.6	0.0	6.1	0.0	151.5	0.0	54.9	13.7	45.0	5.4
70. 不動産仲介及び賃貸	5.8	0.0	3.8	0.0	84.6	0.0	24.4	6.9	24.3	2.7
71. 住宅賃貸料	2.8	0.0	1.1	0.0	81.0	0.0	9.1	0.3	20.4	0.1
72. 鉄道輸送	10.7	0.0	5.3	0.0	257.8	0.2	43.1	7.2	60.6	0.0
73. 道路輸送	14.1	0.0	7.3	0.0	216.5	0.0	60.0	18.9	61.1	7.4
74. 水運	11.7	0.0	6.1	0.0	277.5	0.0	48.5	8.0	75.0	3.1
75. 航空輸送	11.1	0.0	5.9	0.0	252.8	0.0	48.3	7.9	65.0	3.1
76. 倉庫	12.0	0.0	5.6	0.0	178.8	0.0	46.8	12.2	49.5	4.8
77. 運輸付帯サービス	12.0	0.0	6.0	0.0	277.8	0.0	53.7	9.9	57.8	3.9
78. 通信	10.8	0.0	5.8	0.0	143.0	0.0	48.2	14.1	42.5	5.5
79. 放送	12.6	0.0	5.6	0.0	160.1	0.0	46.7	8.7	45.2	3.4
80. 教育	16.7	0.0	9.6	0.0	226.0	0.0	71.4	24.5	66.9	9.6
81. 研究	18.7	0.0	7.8	0.0	199.0	0.0	68.0	14.7	56.3	5.7
82. 医療・保健・社会保障	31.7	0.0	8.8	0.0	194.2	0.0	58.0	13.8	55.1	5.4
83. その他の公共サービ	16.4	0.0	8.0	0.0	210.1	0.0	74.1	16.8	59.1	6.6
84. 広告	16.1	0.0	6.5	0.0	166.5	0.0	117.9	5.5	47.7	2.2
85. 調査・情報サービス	12.1	0.0	6.0	0.0	159.1	0.0	52.8	12.6	46.4	4.9
86. 物品貿易サービス	7.4	0.0	2.9	0.0	137.2	0.0	24.9	2.9	35.3	1.1
87. 自動車・機械修理	22.2	0.0	6.4	0.0	583.6	0.0	50.5	9.2	133.7	3.6
88. その他の対事業所サー	12.8	0.0	6.2	0.0	168.7	0.0	57.1	14.8	49.3	5.8
89. 娯楽サービス	10.0	0.0	4.4	0.0	130.5	0.0	35.9	7.1	35.6	2.8
90. 飲食店	13.6	0.0	9.8	0.0	196.8	0.0	50.0	10.2	53.1	4.0
91. 旅館・その他の宿泊所	12.6	0.0	9.7	0.0	173.7	0.0	46.0	9.0	47.3	3.5
92. その他の対個人サービ	13.5	0.0	8.5	0.0	159.2	0.0	43.5	12.2	44.5	4.8
93. 分類不明	32.3	0.0	5.7	0.0	401.1	0.0	42.1	1.2	73.6	0.5
94. 公務	17.1	0.0	8.5	0.0	301.6	0.0	70.5	21.7	84.6	8.5

注) 部門番号 No.1～No.6 の単位は Kg/Tcal であり、その他部門の単位は Kg/百万円である。

表-4 1995年の国内経済が内包する屑・副産物の誘発発生原単位(kg/Tcal・kg/百万円)

	LPG		コークス		鉛滓		古紙		鉄くず	
	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果
1. 石炭・亜炭	34.5	0.0	4.1	0.0	263.4	0.0	90.8	21.2	206.1	6.8
2. 原油・天然ガス	17.1	0.0	2.2	0.0	94.5	0.0	47.2	8.4	84.0	2.7
3. 石油製品	0.0	0.0	3.6	0.0	137.2	0.0	77.2	2.6	126.8	0.8
4. 石炭製品	62.8	0.5	5.6	0.0	304.5	0.1	121.8	5.3	251.9	1.8
5. 電力	71.9	0.0	9.5	0.0	360.9	0.0	213.4	18.3	352.0	5.9
6. ガス・熱供給	98.9	0.0	2832.7	2764.7	458.4	0.0	310.9	47.9	466.0	15.3
7. 耕種農業	13.6	0.0	0.7	0.0	13.8	0.0	20.5	0.7	14.5	0.2
8. 畜産・養蚕	12.7	0.0	1.0	0.0	21.9	0.0	24.3	0.9	23.0	0.3
9. 農業サービス	30.2	0.0	1.9	0.0	34.7	0.0	62.3	10.9	39.2	3.5
10. 林業	12.5	0.0	1.4	0.0	26.7	0.0	29.0	6.8	29.7	2.2
11. 渔業	13.2	0.0	1.2	0.0	45.0	0.0	26.1	4.9	54.5	1.6
12. 金属鉱物	15.1	0.0	0.7	0.0	21.5	0.0	16.4	4.1	21.3	1.3
13. 非金属鉱物	10.5	0.0	1.1	0.0	28.1	0.0	23.1	5.6	38.0	2.2
14. と畜	13.4	0.4	1.2	0.0	25.9	0.0	28.1	0.7	27.5	0.2
15. 畜産食料品	29.2	0.1	2.0	0.0	40.2	0.0	53.5	3.1	41.2	1.0
16. 水産食料品	22.7	0.1	1.7	0.0	43.0	0.0	39.4	3.6	46.5	1.1
17. 精穀・製粉	13.4	0.1	1.0	0.0	18.8	0.0	28.3	0.6	20.3	0.2
18. 農産保存食料品	27.7	0.1	2.5	0.0	34.8	0.0	49.5	5.7	37.1	1.8
19. その他の食料品	20.5	0.0	3.2	0.0	34.9	0.0	46.0	6.1	37.3	1.9
20. 飲料	25.4	0.1	2.2	0.0	87.8	0.0	40.3	2.6	77.0	0.8
21. 飼料・有機質肥料	19.4	0.1	1.6	0.0	31.3	0.0	32.9	1.2	32.2	0.4
22. たばこ	9.3	0.0	0.4	0.0	8.4	0.0	12.5	1.7	8.7	0.5
23. 繊維工業製品	124.2	0.0	3.0	0.0	33.0	0.0	42.5	5.9	36.3	1.5
24. 衣服・その他の綿維製	61.8	0.0	2.4	0.0	36.8	0.0	48.0	6.3	40.1	1.9
25. 製材・木製品	21.2	0.0	2.0	0.0	47.6	0.0	40.1	4.6	48.7	1.6
26. 家具・装備品	31.6	0.0	2.3	0.0	231.6	0.0	50.7	6.2	162.8	0.0
27. パルプ・紙製品	37.4	0.0	2.4	0.0	34.3	0.0	168.5	98.7	36.0	0.9
28. 紙加工品	36.5	0.1	2.3	0.0	34.4	0.0	457.0	368.1	37.7	1.8
29. 出版・印刷	26.0	0.0	2.5	0.0	31.5	0.0	292.1	207.3	35.8	2.5
30. 化学肥料	41.5	0.0	2.2	0.0	35.1	0.2	35.5	2.9	36.7	1.1
31. 無機化学基礎製品	9.3	0.0	2.5	0.0	41.8	0.0	29.6	2.6	40.8	0.0
32. 有機化学基礎・中間製	1715.0	1123.4	2.3	0.0	43.4	0.1	30.8	1.7	42.7	0.6
33. 合成樹脂	427.8	0.0	1.9	0.0	34.5	0.0	28.4	2.2	34.3	0.1
34. 化学繊維	453.9	26.8	1.8	0.0	36.5	0.1	38.5	4.5	38.2	1.2
35. 化学最終製品	138.6	0.0	2.2	0.0	39.1	0.0	44.4	2.6	39.0	0.9
36. プラスチック製品	193.1	0.0	2.4	0.0	49.3	0.0	36.3	3.0	44.7	0.1
37. ゴム製品	362.4	0.0	3.1	0.0	81.7	0.0	46.0	7.1	72.5	2.0
38. なめし革・毛皮・同製	43.6	0.0	1.9	0.0	42.3	0.0	43.5	6.3	43.2	1.7
39. ガラス・ガラス製品	32.9	0.0	5.1	0.0	37.2	0.0	41.4	4.8	37.4	1.0
40. セメント・セメント製	13.8	0.2	1.6	0.0	134.5	0.0	35.8	4.8	97.0	1.7
41. 陶磁器	15.0	0.1	4.3	0.0	48.9	0.1	56.1	7.5	42.6	0.0
42. その他の窯業・土石製	42.8	0.4	1.9	0.0	79.7	0.0	35.6	4.7	63.7	0.0
43. 鋼鉄・粗鋼	10.5	0.0	1.5	0.0	8610.6	6071.3	30.3	1.6	2815.1	1973.1
44. 鋼材	10.1	0.0	2.2	0.0	3894.2	0.0	28.2	2.5	2195.4	1720.7
45. 鑄鐵造品・その他の鉄	11.8	0.0	2.8	0.0	1667.5	0.0	32.7	4.8	1136.5	399.5
46. 非鉄金属製錬・精製	14.7	2.0	1.3	0.0	14.9	0.0	21.6	1.6	27.6	0.9
47. 非鉄金属加工製品	23.7	0.0	2.0	0.0	30.8	0.2	27.1	3.5	25.6	0.0
48. 建設・建築用金属製品	14.9	0.0	2.3	0.0	744.7	0.0	34.5	5.5	519.3	57.4

	LPG		コークス		鉱滓		古紙		鉄くず	
	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果	直接間接	直接効果
49. その他の金属製品	15.5	0.0	2.7	0.0	827.7	0.0	40.2	7.4	678.9	173.6
50. 一般産業機械	20.4	0.0	2.3	0.0	460.8	0.0	40.7	5.7	352.5	40.6
51. 特殊産業機械	21.9	0.0	2.0	0.0	390.5	0.0	36.7	5.5	383.3	107.2
52. その他の一般機器	16.9	0.0	2.2	0.0	551.0	0.0	40.1	7.7	371.3	19.6
53. 事務用・サービス用機	28.1	0.1	1.8	0.0	139.8	0.0	38.1	3.4	122.5	13.4
54. 民生用電気機械	29.4	0.0	1.6	0.0	138.1	0.0	36.7	3.5	154.5	48.0
55. 電子・通信機器	22.4	0.0	1.6	0.0	56.0	0.0	32.7	3.6	48.7	0.0
56. 重電機器	25.4	0.0	2.2	0.0	265.2	0.0	41.4	6.4	199.2	18.6
57. その他の電気機器	27.8	0.0	2.3	0.0	180.0	0.0	37.0	3.9	172.4	40.8
58. 自動車	36.5	0.0	2.3	0.0	232.3	0.0	38.7	3.3	233.2	37.4
59. 船舶・同修理	31.8	0.0	3.2	0.0	808.4	0.0	52.2	6.7	1102.6	495.5
60. その他の輸送機械・同	26.9	0.0	2.5	0.0	299.7	0.0	45.4	7.2	362.7	121.6
61. 精密機械	27.3	0.1	2.3	0.0	102.5	0.0	43.2	6.3	108.0	25.4
62. その他の製造工業製品	47.3	0.1	2.2	0.0	91.7	0.0	49.9	4.6	78.4	4.4
63. 建築	18.4	0.0	2.4	0.0	213.2	0.0	44.0	9.0	154.2	2.9
64. 建設補修	22.8	0.0	2.5	0.0	248.6	0.0	47.0	9.4	243.6	58.4
65. 土木	18.5	0.0	2.1	0.0	184.0	0.0	41.7	9.3	137.4	8.7
66. 水道	15.9	0.0	1.4	0.0	37.9	0.0	26.6	5.2	38.0	1.6
67. 廃棄物処理	22.6	0.0	3.4	0.0	44.1	0.0	56.0	18.0	51.2	5.8
68. 商業	12.4	0.0	2.0	0.0	31.2	0.0	44.5	12.8	36.4	4.1
69. 金融・保険	10.0	0.0	1.5	0.0	23.2	0.0	38.2	8.9	27.5	2.8
70. 不動産仲介及び賃貸	6.0	0.0	1.3	0.0	18.3	0.0	20.6	5.4	20.6	1.7
71. 住宅賃料	2.3	0.0	0.3	0.0	14.0	0.0	6.2	0.3	14.0	0.1
72. 鉄道輸送	10.5	0.0	1.5	0.0	48.8	0.0	32.1	4.6	47.1	0.0
73. 道路輸送	17.4	0.0	2.6	0.0	47.3	0.0	56.5	18.4	54.2	5.9
74. 水運	12.2	0.0	2.1	0.0	63.9	0.0	42.7	7.3	76.6	2.3
75. 航空輸送	10.6	0.0	1.7	0.0	35.1	0.0	35.8	6.6	37.2	2.1
76. 倉庫	11.2	0.0	1.6	0.0	32.3	0.0	36.5	10.2	36.1	3.3
77. 運輸付帯サービス	15.2	0.0	1.9	0.0	49.1	0.0	43.3	8.0	45.8	2.6
78. 通信	8.0	0.0	1.3	0.0	20.7	0.0	28.8	7.2	24.1	2.3
79. 放送	13.2	0.0	1.8	0.0	31.8	0.0	40.0	7.4	35.7	2.4
80. 教育	18.2	0.0	3.1	0.0	44.3	0.0	60.8	21.9	52.7	7.0
81. 研究	21.0	0.0	2.6	0.0	37.0	0.0	58.2	14.5	43.2	4.7
82. 医療・保健・社会保障	40.6	0.0	3.2	0.0	39.4	0.0	51.9	13.0	45.1	4.1
83. その他の公共サービ	18.8	0.0	2.7	0.0	41.1	0.0	68.3	15.8	47.0	5.1
84. 広告	17.6	0.0	2.0	0.0	31.1	0.0	115.0	5.0	35.6	1.6
85. 調査・情報サービス	12.0	0.0	1.7	0.0	26.7	0.0	41.8	9.9	31.3	3.2
86. 物品賃貸サービス	6.6	0.0	0.8	0.0	18.4	0.0	16.8	2.4	19.4	0.8
87. 自動車・機械修理	34.7	0.0	2.3	0.0	124.3	0.0	44.7	8.3	117.5	2.6
88. その他の対事業所サ	15.6	0.0	2.2	0.0	35.8	0.0	53.7	14.8	42.5	4.7
89. 娯楽サービス	11.7	0.0	1.5	0.0	26.3	0.0	32.9	6.4	28.9	2.1
90. 飲食店	16.5	0.0	5.1	0.0	42.1	0.0	46.1	9.3	45.5	3.0
91. 旅館・その他の宿泊所	15.5	0.0	4.8	0.0	35.6	0.0	41.6	8.4	39.2	2.7
92. その他の対個人サービ	15.5	0.0	3.1	0.0	31.9	0.0	37.8	11.0	35.9	3.5
93. 分類不明	13.8	0.0	1.0	0.0	61.5	0.0	24.4	0.8	46.8	0.2
94. 公務	17.3	0.0	2.5	0.0	56.1	0.0	55.3	16.2	63.6	5.2

注)部門番号No.1～No.6の単位はKg/Tcalであり、その他部門の単位はKg/百万円である。

(2) 最終需要の変化による影響

前節では屑・副産物の誘発発生原単位を求め、各屑・副産物発生量の増減に技術的に貢献している部門を示すことができた。表-3と表-4からも明らかのように、誘発発生原単位は1990年から1995年にかけて大きく変化しているにも関わらず、表-2に示される国内需給バランスは両年とも比較的安定している。これは外生部門である最終需要の変化が屑・副産物の誘発必要量及び誘発発生量に大きな影響を与えていたからである。よって本節では、1990年と1995年での最終需要構造の変化が誘発必要量及び誘発発生量にどのような影響を与えていたのかを調べてみよう。

通常商品に関する最終需要 f^c を、輸出 f_{exp}^c 、家計外消費支出 f_{hoe}^c 、公的総固定資本形成 f_{pub}^c 、民間総固定資本形成 f_{pri}^c 、生産者製品在庫純増、半製品・仕掛品在庫純増、流通在庫純増からなるその他最終需要 f_{etc}^c の5つの構造に分解し、それぞれの最終需要構造を式(13)と(14)に代入することによって、各構造変化の影響を推計している。図-6～10がその推計結果である。図中のexp, hoe, pub, pri, etcはそれぞれ前述の5つの構造に対応している。

a) LPGについて

図-6の最終需要の変化がLPGに与える影響について見ると、輸出構造の変化による影響が全必要量変化の約50%、全発生量変化の約63%を占めており、LPGの需給構造に最も大きな影響を与えていたことが分かる。

b) コーカスについて

コーカスはこの5年間で必要量、発生量とともに858千トン減少している。つまり、発生量の減少分がそのまま消費量の減少分となって表れている。図-7を見ると、その必要量、発生量変化に大きな影響を与えたのは民間総固定資本形成と輸出構造の変化であることが分かる。

c) 鉱滓について

鉱滓の発生量は、1990年から1995年にかけて急速に減少している。これは民間・公的資本形成の大きな落ち込みが主な原因であり、鉱滓リサイクルを生産活動に持つ産業は鉱滓の利用量を必然的に低下させざるを得ない。このことが鉱滓の必要量の減少をもたらしている。鉱滓需要の管理をするためには、民間・公的資本形成ならびに輸出構造の監視が必要であることが分かる。

d) 古紙について

1990年、1995年で古紙の総発生量はほぼ横這いであるが、総必要量が約147万トン増加している。図-9を見ると、必要量に大きな影響を与えたのは民間

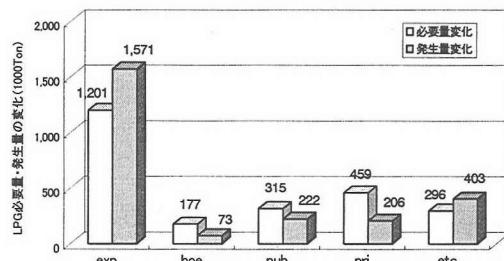


図-6 最終需要の変化による影響(LPG)

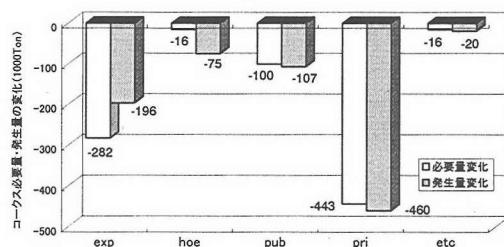


図-7 最終需要の変化による影響(コーカス)

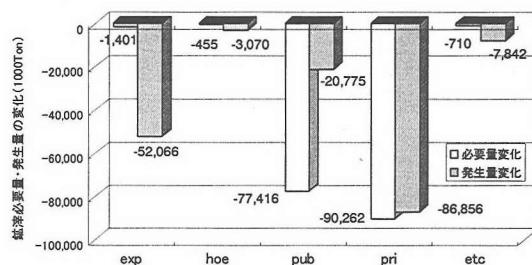


図-8 最終需要の変化による影響(鉱滓)

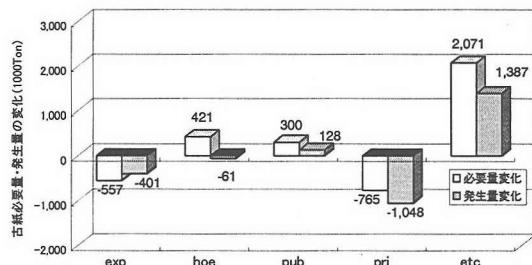


図-9 最終需要の変化による影響(古紙)

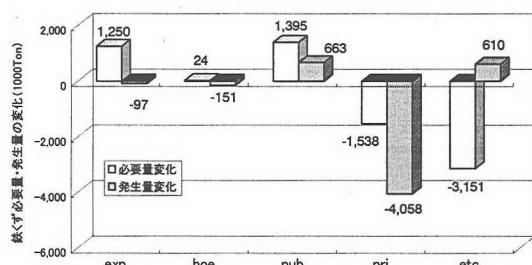


図-10 最終需要の変化による影響(鉄くず)

総固定資本形成とその他最終需要構造の変化であることが分かる。また横這いであった古紙の総発生量も民間総固定資本形成やその他最終需要構造の変化により大きな影響を受けていることが分かる。

e) 鉄くずについて

鉄くずは総必要量、総発生量ともに減少傾向がみられる。総必要量の減少に大きな影響を与えたのは、民間総固定資本形成とその他最終需要構造の変化である。また、鉄くずの発生量の減少は民間総固定資本形成の変化による影響が他に比べとても大きいことが分かる。逆に、公的総固定資本形成の変化は、必要量、発生量ともに増加しており、民間総固定資本形成、公的総固定資本形成の変化と対照的な結果となっている。

6. 議論

読者の中には、なぜこのような分析が必要なのか、という疑問を持つ者がいるかもしれない。理由は後述するが、このような分析は廃棄物政策を評価する上で必要不可欠である。本論文の冒頭でも述べたように、我が国では「循環型社会システムの構築」という言葉をスローガンに様々な施策が講じられようとしている（平成13年版循環型社会白書¹⁴⁾を参照されたい）。例えば、資源の有効な利用促進などはその中でも代表的なものである。その重要な問い合わせて、どのような資源をどのように促進するのかという問題が即座に提起される。

しかしながら、特に廃棄物リサイクルの促進に関して言えば、そこに廃棄物がなければそもそも促進などあり得ない。促進させるべき廃棄物がそこにあることが前提となる。実はここに重要な問題が隠されている。例えば廃棄物処理サービスを売る産業（例えばセメント産業など）にとっては廃棄物の発生要因を識別し発生量を推定することが将来の生産計画を立てる上で極めて重要な問題となってくる。つまり、どのような廃棄物をどのように促進するのか、という問い合わせの前に、どのような廃棄物がどの要因によってどれくらい発生するかという問い合わせを持つことによって、企業は戦略的に対象物を定め廃棄物処理技術の革新に邁進することができる。更には、これが企業育成にも繋がってくるものと考える。促進策とはこれら企業努力を助けるものであるべきである。

本研究はこの廃棄物発生メカニズムが生産活動と消費活動と密接な関係を持っていることを明確に定式化し、前述した要因分析への要請に応えようとし

ている。もちろん、ごく限られた有価物のみに焦点が当てられていることや単純な要因分解分析などは拡充がなされるべきであることは言うまでもない。有価物の範囲を可能な限り広げることや無価物を研究対象に取り入れることが重要であると認識している。特に、何が有価物で何か無価物かという問題は根本的であり、言葉上の容易な定義付けだけでなく実際どのように識別してデータサーバイして行くのかが問われている。このような詳細なサーバイデータを本モデルに適用することにより、有価物の循環と無価物の循環との性格の違いを数量的に把握することができるであろう。

本研究成果だけを持って具体的な政策提言をすることは不幸にも危険を伴うのだが、前述した詳細なサーバイデータを用いた経験分析が、ライフスタイル、生産技術、地域間交易関係（国際間）の変化と廃棄物循環の関係を明らかにし、廃棄物管理政策と運輸政策間の橋渡し役になることを期待したい。（例えば、Kagawa et al.^{15), 16)}を参照してください）。

7. 結論

本研究では、これまで取り扱うことが困難であるとされてきた屑・副産物を発生行列及び投入行列としてSNA産業連関表に増補することにより、その経済循環を取り扱うことのできる結合生産モデルの開発を行った。また、本結合生産モデルに、1990年、1995年の基本データ及び屑・副産物データを適用し、モデルの検証を行うとともに、生産消費活動に内包化する屑・副産物誘発発生原単位及び屑・副産物誘発必要量・発生量を推計し、商品別・時系列比較及び変動要因分析を行った。

本研究の主要な発見は以下の通りである。

- (1) 建設・建築用金属製品(No.48)の鉄くずの誘発発生原単位の変化に代表されるように、生産技術の変化によって直接的にくずの発生量を削減したとしても間接的には発生量を増加させている部門が存在している。これはゼロエミッഷョンの観点から重要な示唆を与えている。それは、1工場内で発生する廃棄物の再利用率を高めた結果、間接的な廃棄物発生量を逆に高めてしまう危険性があるということである。直線的に言えば、廃棄物集約的な原材料をしっかりと識別し、選択可能な範囲で別な生産技術フロンティアを再考することも必要である。
- (2) 廃棄物の需給管理をする上で公的・民間資本形成が重要な役割を果たしていることが明らかと

なった。これは土木・建築部門に關係する鉄くず、鉱滓のみならず、あまり關係のないように見える古紙のような屑・副産物についても同じことが言える。事実、公的・民間資本形成の変化によって古紙の発生量は約 105 万トンも減少している。

謝辞:高知工科大学で開催された第 24 回土木計画学研究発表会の発表では、武藤慎一先生(岐阜大学)から貴重なコメントを頂きました。ここに心より感謝の意を表します。

付録

式(14)の証明は以下の通りである。

$$\begin{bmatrix} g^s \\ g^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{-1} & 0 & O \\ O & 1 & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_m - BC^{-1} & -h & O \\ -lC^{-1} & 1 & O \\ -wC^{-1} & 0 & I_n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C^{-1} & 0 & O \\ O & 1 & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (I_m - G)^{-1} & (I_m - G)^{-1}h & O \\ lC^{-1}(I_m - G)^{-1} & 1 + lC^{-1}(I_m - G)^{-1}h & O \\ wC^{-1}(I_m - G)^{-1} & wC^{-1}(I_m - G)^{-1}h & I_n \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C^{-1}(I_m - G)^{-1} & C^{-1}(I_m - G)^{-1}h & O \\ lC^{-1}(I_m - G)^{-1} & 1 + lC^{-1}(I_m - G)^{-1}h & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f^c \\ f^l \\ f^b \end{bmatrix}.$$

なお、産業連関表を用いた産業間所得分配乗数の詳しい説明については例えば、宮沢¹⁷⁾の第 5 章を参考にしてください。

参考文献

- 1) Duchin, F.: The Conversion of Biological Materials and Wastes to Useful Products, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol.1, No.2, pp.243-262, 1990.
- 2) Leontief, W.: Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach, *Review of Economics and Statistics*, Vol.52, No.3, pp.262-271, 1970.
- 3) 中村慎一郎: 廃棄物産業連関モデル～広域処理と廃プラスチック高炉還元への応用～, 第 10 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.100-103, 1999.
- 4) Lager, C.: Prices of 'goods' and 'bads': an application of the Ricardian theory of differential rent, *Economic Systems Research*, Vo.10, No.3, pp.203-222, 1998.
- 5) 結城拓児, 加河茂美, 稲村肇: 廃棄物循環に着目した構造分解分析, 土木計画学研究・講演集, No.23, No.1, pp.231-234, 2000.
- 6) Kagawa, S., Inamura, H. & Moriguchi Y.: The Invisible Multipliers of Joint-Products, *Economic Systems Research*, Vo.14, No.2, pp. 185-203, 2002.
- 7) Ten Raa, T., Chakraborty, D. & Anthony Small, J.: An alternative treatment of secondary products in input-output analysis, *Review of Economics and Statistics*, Vol.66, No.3, pp.88-97, 1984.
- 8) 加河茂美, 稲村 肇: ハイブリッド型 SNA 産業連関モデルに基づくエネルギー利用構造の分解分析, 土木学会論文集, No.674/IV-51, pp. 17-33, 2001.
- 9) 加河茂美, 稲村 肇, Gloria P. Gerilla: エネルギー需要構造の内部分解分析, 土木学会論文集, No.695/IV-54, pp. 17-29, 2002.
- 10) Lau, L. J.: Profit functions of technologies with multiple inputs and outputs, *Review of Economics and Statistics*, Vol.54, No.3, pp.281-289, 1972.
- 11) 総務庁: 平成 2 年(1990 年)産業連関表係数編(1), (2), 1994.
- 12) 総務庁: 平成 7 年(1995 年)産業連関表係数編(1), (2), 1999.
- 13) (社) 鉄源協会: 鉄源需給基礎情報.
- 14) 環境省: 平成 13 年版循環型社会白書, 2001.
- 15) Kagawa, S., Moriguchi, Y. & Tachio, K.: An empirical analysis of industrial wastes embodied in the 1995 Japanese economy, *discussion paper No.302*, 2003.
- 16) Kagawa, S., Inamura, H. & Moriguchi, Y.: A Simple Multi-Regional Input-Output Account for Waste Analysis, forthcoming in *Economic Systems Research*, Vol.16, 2004.
- 17) 宮沢健一: 産業連関分析入門, 日本経済新聞社, 2002.

(2002. 6. 14 受付)

A SUPPLY AND DEMAND ANALYSIS OF WASTES EMBODIED IN DOMESTIC ECONOMY

Takashi MORIKAWA, Shigemi KAGAWA,
Hajime INAMURA and Yuichi MORIZUCHI

This paper provides a joint-production model, based on a hybrid rectangular input-output framework, to estimate direct and indirect by-products embodied in the domestic economy. The model enables us to investigate a supply and demand structure of the by-products from industries and households. The empirical analysis between 1990 and 1995 reveals that there exists some sectors such as "metal products for construction and architecture" whose direct and indirect effects were positive and negative, respectively, because of technological changes. This is obviously inconsistent with the spirit of the well-known zero-emission. Furthermore, the results show that the historical changes in private and public capital formation largely influenced not only the embodied scrap iron and slag related to the construction sector but also to other by-products such as scrap papers.