

廃棄物分析用の地域間産業連関勘定体系の提案*

Inter-regional Input-Output Accounts for Waste Analysis*

加河茂美**・稲村肇***・森口祐一****

By Shigemi KAGAWA**・Hajime INAMURA ***・Yuichi MORIGUCHI****

1. はじめに

アイサードモデル，チェネリー・モーゼスモデル，レオンテフ・ストラウトモデルとしばしば呼ばれている地域間産業連関勘定体系が各地域の均衡産出高を計測する上で重要な役割を果たしているということは言うまでもないであろう。それらのモデルが提案されてから今日まで約40年から50年の年月が経とうとしている。

その長い年月の間，実に様々な応用分析が試みられてきた。紙面の都合上その全てを挙げる訳にはいかないが，今日においてもなお，古典的な分析方法としてそして経験科学としての地域研究のあり方等において強い光を放っているのが，1958年にエコノメトリカに受理されたChenery & Watanabe¹⁾の研究と1970年にアメリカン・エコノミック・レビューに受理されたPolenske²⁾の研究である。これらの研究は，各国・各地域の要素含有量の違いを実際に計測し，国別・地域別の生産構造の違いを経験的に明らかにした点で先駆的であった。また理論的な貢献で言えば，前述したモデルを一つの族として体系的に整理したOosterhaven³⁾の仕事も忘れてはいけないうであろう。

最近では，地域間産業連関モデルの構造決定要因がより深く掘り下げられているだけでなく，国際経済学，地域経済学，環境経済学等の専門分野においては計測方法の工夫や実践が数多く試みら

れている。現在，理論的にもおもしろいトピックとして議論されているものの一つが再輸出構造をモデルの中でどのように記述するかということである。これについては，Jackson⁴⁾とLahr⁵⁾がおもしろい議論をしているので参照されたい。実証分析については，特に国際経済学の分野で，Leamer⁶⁾やTrefler⁷⁾らによる比較優位説に関する議論に加えて，国際間の取引構造の変化が各国の産出や労働生産性に与える影響の分析などの応用分析が試みられている。読者は，地域間産業連関勘定体系を用いた最新の分析方法及び分析結果をLahr & Dietzenbacher⁸⁾から学ぶことができるであろう。

しかしながら，従来の体系は不幸にも重要な観点が欠けていると言わざるを得ない。それは中間財としての産業廃棄物の地域内・地域間フローと最終廃棄物の地域内・地域間フローの取り扱いである。従来のフレームワークはこれらのフローを一切考慮していない。ではなぜ，これらの取り扱いが重要なのでしょうか？

ある地域における廃棄物管理政策について考えて見て下さい。それはリサイクル促進策でも最終処分量削減策でも構いません。いずれにせよ，政策決定者が思うように自在に廃棄物量をコントロールすることは極めて難しいであろう。それは我々が相手にしている廃棄物は，建設廃材であれ，廃プラスチックであれ，鉄屑であれそれらは結合生産物であるからである。つまり，東北地方における廃プラスチックの発生量を固定的な生産技術の下でコントロールするためには，その廃プラスチックが関東地方における自動車生産を一体どのくらい内包しているのかを正確に知る必要がある。さらに，廃棄物の輸出入構造を考えると問題はより一層難しくなる。

このような問題意識の下，本論文では廃棄物分析用の地域間産業連関勘定体系を提案し，中間財としての産業廃棄物の地域内・地域間フローを評

*Key Word：環境計画

** 正会員 博(学) 国立環境研究所

****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,

Tel. 0298-50-2843, E-mail. kagawa.shigemi@nies.go.jp,

moriguti@nies.go.jp)

***フェロー会員 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06, Tel. 022-217-7497, E-mail. inamura@plan.civil.tohoku.ac.jp)

表-1 主生産物・副次生産物の地域間産業連関勘定(金銭ベース:¥)

		地域 r		地域 s		地域 r	地域 s	輸出	総需要
		商品	産業	商品	産業	最終需要	最終需要		
地域 r	商品		$\mathbf{U}_p^{rr}$		$\mathbf{U}_p^{rs}$	$\mathbf{f}_p^{rr}$	$\mathbf{f}_p^{rs}$	$\mathbf{x}_p^r$	$\mathbf{q}_p^r$
	産業	$\mathbf{V}_p^{rr}$		$\mathbf{V}_p^{rs}$					$\mathbf{g}_p^r$
地域 s	商品		$\mathbf{U}_p^{sr}$		$\mathbf{U}_p^{ss}$	$\mathbf{f}_p^{sr}$	$\mathbf{f}_p^{ss}$	$\mathbf{x}_p^s$	$\mathbf{q}_p^s$
	産業	$\mathbf{V}_p^{sr}$		$\mathbf{V}_p^{ss}$					$\mathbf{g}_p^s$
輸入		$\mathbf{m}_p^r$		$\mathbf{m}_p^s$					
付加価値			$\mathbf{y}_p^r$		$\mathbf{y}_p^s$				
総供給		$(\mathbf{q}_p^r)^T$	$(\mathbf{g}_p^r)^T$	$(\mathbf{q}_p^s)^T$	$(\mathbf{g}_p^s)^T$				

注：ここで， $\mathbf{U}, \mathbf{V}, \mathbf{f}, \mathbf{q}, \mathbf{y}, \mathbf{g}$ はそれぞれ投入行列，産出行列，最終需要列ベクトル，商品別産出列ベクトル，付加価値行ベクトル，産業別産出列ベクトルを表している。また， $\mathbf{x}$ と $\mathbf{m}$ はそれぞれ輸出列ベクトル，輸入行ベクトルを表している。上付記号 r と s は地域 r と地域 s の二地域を表しており，上付記号 rr, rs, sr と ss はそれぞれ地域 r 内における投入産出，地域 r から s への投入産出，地域 s から r への投入産出，地域 s 内における投入産出を表している。上付記号 T は転置を表し，下付記号 p は主生産物・副次生産物を示している。

表-2 廃棄物の地域間産業連関勘定(物量ベース:トン)

		地域 r		地域 s		地域 r	地域 s	輸出	総需要
		商品	産業	商品	産業	最終処分	最終処分		
地域 r	商品		$\mathbf{U}_w^{rr}$		$\mathbf{U}_w^{rs}$	$\mathbf{f}_w^{rr}$	$\mathbf{f}_w^{rs}$	$\mathbf{x}_w^r$	$\mathbf{q}_w^r$
	産業	$\mathbf{V}_w^{rr}$		$\mathbf{V}_w^{rs}$					$\mathbf{g}_w^r$
地域 s	商品		$\mathbf{U}_w^{sr}$		$\mathbf{U}_w^{ss}$	$\mathbf{f}_w^{sr}$	$\mathbf{f}_w^{ss}$	$\mathbf{x}_w^s$	$\mathbf{q}_w^s$
	産業	$\mathbf{V}_w^{sr}$		$\mathbf{V}_w^{ss}$					$\mathbf{g}_w^s$
輸入		$\mathbf{m}_w^r$		$\mathbf{m}_w^s$					
調整項			$\mathbf{y}_w^r$		$\mathbf{y}_w^s$				
総供給		$(\mathbf{q}_w^r)^T$	$(\mathbf{g}_w^r)^T$	$(\mathbf{q}_w^s)^T$	$(\mathbf{g}_w^s)^T$				

注：表記法は基本的に表-1 に従う。違いは，廃棄物のマテリアルバランスを考慮するため，最終焼却や最終埋立等の最終処分列ベクトル $\mathbf{f}$ と調整項行ベクトル $\mathbf{y}$ が設けられていることである。下付記号 w は廃棄物を表している。

価する上で重要な役割を果たすいくつかの地域経済乗数を導くことを目的とする。

2. 二地域モデル

本節では，廃棄物分析用の二地域モデルを定式化する。Kagawa, Inamura & Moriguchi⁹⁾に従うとき，主生産物・副次生産物及び廃棄物に関する地域間産業連関勘定表は表-1, 2のように表される。表-1と2を連動させることによって，モデルの定式化がなされる。まず表-1から，主生産物・副生産物の利用バランスを考えてみよう。そのとき，

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{U}_p^{rr} & \mathbf{U}_p^{rs} \\ \mathbf{U}_p^{sr} & \mathbf{U}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rr} \\ \mathbf{f}_p^{sr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rs} \\ \mathbf{f}_p^{ss} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p^r \\ \mathbf{x}_p^s \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{g}_p^r \\ \mathbf{g}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rr} \\ \mathbf{f}_p^{sr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rs} \\ \mathbf{f}_p^{ss} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p^r \\ \mathbf{x}_p^s \end{bmatrix} \quad (1) \end{aligned}$$

ここで，

$$(\mathbf{B}_p^{rr})_{ij} = (\mathbf{U}_p^{rr})_{ij} / (\mathbf{g}_p^r)_j$$

$$(\mathbf{B}_p^{rs})_{ij} = (\mathbf{U}_p^{rs})_{ij} / (\mathbf{g}_p^s)_j$$

$$(\mathbf{B}_p^{sr})_{ij} = (\mathbf{U}_p^{sr})_{ij} / (\mathbf{g}_p^r)_j$$

$$(\mathbf{B}_p^{ss})_{ij} = (\mathbf{U}_p^{ss})_{ij} / (\mathbf{g}_p^s)_j$$

$$\mathbf{e} = (\mathbf{1} \quad \mathbf{1} \quad \cdots \quad \mathbf{1})^T$$

が成り立つ。地域 r と s における産業と商品の数を m とすると， $\mathbf{B}_p^{rr}$ ， $\mathbf{B}_p^{rs}$ ， $\mathbf{B}_p^{sr}$ ， $\mathbf{B}_p^{ss}$ はそれぞれ地域 r から地域 r への投入を表す $(m \times m)$ 型投入係数小行列，地域 r から地域 s への投入を表す $(m \times m)$ 型投入係数小行列，地域 s から地域 r への投入を表す $(m \times m)$ 型投入係数小行列，地域 s から地域 s への投入を表す $(m \times m)$ 型投入係数小行列を表している。このとき，単位ベクトル $\mathbf{e}$ は $(m \times 1)$ 型の列ベクトルを表していることが理解できよう。

次に，主生産物・副生産物の産出バランスを考えてみよう。そのとき，

$$\begin{bmatrix} \mathbf{g}_p^r \\ \mathbf{g}_p^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{V}_p^{rr} & \mathbf{V}_p^{rs} \\ \mathbf{V}_p^{sr} & \mathbf{V}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{sr} \\ \mathbf{D}_p^{rs} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで、

$$(D_p^{rr})_{ij} = (V_p^{rr})_{ij} / (q_p^r)_j$$

$$(D_p^{rs})_{ij} = (V_p^{rs})_{ij} / (q_p^r)_j$$

$$(D_p^{sr})_{ij} = (V_p^{sr})_{ij} / (q_p^s)_j$$

$$(D_p^{ss})_{ij} = (V_p^{ss})_{ij} / (q_p^s)_j$$

が成り立つ。式(2)は暗黙の内に産業技術仮定を仮定している。もちろん、商品技術仮定を仮定して定式化することもできる。日本の場合を考えると、後者を想定して話を進める方がより現実的であるという批判もあると思うが、定式化のプロセスにおいて大きな違いはないことから、前者を想定して以降の定式化を行う。加えて、この技術仮定の選定については、サーベイデータとしての技術行列と理論値としての技術行列の比較分析を慎重に行うべきであり、アプリオリに前者及び後者の技術仮定を選定することは理論的な欠陥及び技術振動的な影響を及ぼしかねないということを述べておきたい。

話を本題に戻し、式(2)を式(1)に代入してみよう。そのとき、

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rr} \\ \mathbf{f}_p^{sr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_p^{rs} \\ \mathbf{f}_p^{ss} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p^r \\ \mathbf{x}_p^s \end{bmatrix} \\ &\equiv \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_p^r \\ \mathbf{F}_p^s \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

が成り立つ。式(3)からも容易に理解できるように、この均衡方程式は $[\mathbf{q}_p^r \ \mathbf{q}_p^s]^T$ について解くことができ、 $[\mathbf{F}_p^r \ \mathbf{F}_p^s]^T$ が内包する主生産物・副次生産物の中間投入必要量を推計することが可能である。しかしながらこのままでは、我々が今主題としたい廃棄物の中間投入を勘定することは不可能である。

この地域間廃棄物勘定モデルの定式化するために、二つの工夫がなされている。その一つ目は、廃棄物の利用バランス式を

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_w^r \\ \mathbf{q}_w^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{U}_w^{rr} & \mathbf{U}_w^{rs} \\ \mathbf{U}_w^{sr} & \mathbf{U}_w^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_w^{rr} \\ \mathbf{f}_w^{sr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{f}_w^{rs} \\ \mathbf{f}_w^{ss} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{x}_w^r \\ \mathbf{x}_w^s \end{bmatrix} \\ &\equiv \begin{bmatrix} \mathbf{B}_w^{rr} & \mathbf{B}_w^{rs} \\ \mathbf{B}_w^{sr} & \mathbf{B}_w^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_w^r \\ \mathbf{F}_w^s \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、

$$(B_w^{rr})_{ij} = (U_w^{rr})_{ij} / (g_p^r)_j$$

$$(B_w^{rs})_{ij} = (U_w^{rs})_{ij} / (g_p^r)_j$$

$$(B_w^{sr})_{ij} = (U_w^{sr})_{ij} / (g_p^r)_j$$

$$(B_w^{ss})_{ij} = (U_w^{ss})_{ij} / (g_p^s)_j$$

と定式化することである。従って、表-1, 2 から理解でき

るように、 $\mathbf{B}_w^{rr}$, $\mathbf{B}_w^{rs}$, $\mathbf{B}_w^{sr}$, $\mathbf{B}_w^{ss}$ は廃棄物の中間投入量(トン)を主生産物・副次生産物の産出量(¥)で除すことによって得られるハイブリッド型技術係数を表しており、トン/¥という単位を持つことになる⁽¹⁰⁾。このささいな定義付けが後の複雑な構造モデルを決定づける。

式(4)において既に、 $[\mathbf{F}_w^r \ \mathbf{F}_w^s]^T$ がモデルの外生変数となる準備は出来てはいるもののこのままでは不幸にも解くことが出来ない。何について解くかが問題になるのだが、表-1, 2 に示されるフレームワークからも分かるように、 $[\mathbf{q}_p^r \ \mathbf{q}_p^s]^T$ と $[\mathbf{q}_w^r \ \mathbf{q}_w^s]^T$ について解くことが求められる。そこで本研究では、

$$\begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi^r & \mathbf{O} \\ \mathbf{O} & \Phi^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_w^r \\ \mathbf{q}_w^s \end{bmatrix} \quad (5)$$

で表されるようなインターフェース構造を設ける。これによって表-1 に示される価値的システムと表-2 に示される物量的システムを結び付けている。これが二つの工夫である。

式(3), (4), (5)から $[\mathbf{q}_p^r \ \mathbf{q}_p^s]^T$ について解いてみよう。式(5)を式(3)の右辺に代入して得られる

$$\begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi^r & \mathbf{O} \\ \mathbf{O} & \Phi^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_w^r \\ \mathbf{q}_w^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_p^r \\ \mathbf{F}_p^s \end{bmatrix} \quad (6)$$

の右辺にさらに式(4)を代入することによって

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi^r & \mathbf{O} \\ \mathbf{O} & \Phi^s \end{bmatrix} \cdot \\ &\quad \left(\begin{bmatrix} \mathbf{B}_w^{rr} & \mathbf{B}_w^{rs} \\ \mathbf{B}_w^{sr} & \mathbf{B}_w^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_w^r \\ \mathbf{F}_w^s \end{bmatrix} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

と変形する。式(7)を $\mathbf{q}_p = [\mathbf{q}_p^r \ \mathbf{q}_p^s]^T$ について解くと、

$$\mathbf{q}_p = \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi (\mathbf{I}_{2m} - \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi)^{-1} \mathbf{F}_w \equiv \mathbf{L}_p \mathbf{F}_w \quad (8)$$

が得られる。ここで、 $\mathbf{I}_{2m}$ は $(2m \times 2m)$ 型の単位行列を表している。同様に、 $\mathbf{q}_w = [\mathbf{q}_w^r \ \mathbf{q}_w^s]^T$ について解いてみよう。式(4)を式(3)の右辺に代入して得られる

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_w^r \\ \mathbf{q}_w^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{B}_w^{rr} & \mathbf{B}_w^{rs} \\ \mathbf{B}_w^{sr} & \mathbf{B}_w^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_p^r \\ \mathbf{q}_p^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_w^r \\ \mathbf{F}_w^s \end{bmatrix} \\ &\quad \left(\begin{bmatrix} \mathbf{B}_p^{rr} & \mathbf{B}_p^{rs} \\ \mathbf{B}_p^{sr} & \mathbf{B}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{D}_p^{rr} & \mathbf{D}_p^{rs} \\ \mathbf{D}_p^{sr} & \mathbf{D}_p^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi^r & \mathbf{O} \\ \mathbf{O} & \Phi^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_w^r \\ \mathbf{q}_w^s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F}_p^r \\ \mathbf{F}_p^s \end{bmatrix} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

を $\mathbf{q}_w = [\mathbf{q}_w^r \ \mathbf{q}_w^s]^T$ について解くと

$$\mathbf{q}_w = (\mathbf{I}_{2m} - \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi)^{-1} \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{F}_p \equiv \mathbf{L}_w \mathbf{F}_p \quad (10)$$

が得られる。

式(8)を用いることによって、各地域の最終廃棄物処分が内包する地域別産業別中間投入必要量を計測することが可能となる。具体的には、東北地

方における廃プラスチックの最終処分量(トン)が計画されたとき、関東地方における各産業の誘発産出量(¥)をどれくらいに設定すればよいか推計することができる。なぜこのような分析視野が必要なのかと言うと、関東地方における自動車生産、電気製品生産が東北地方におけるプラスチック製品の生産を誘発し、その結果として廃プラスチックが排出しそして最終埋立・最終焼却されるかもしれないからである。生産技術をリサイクル型へ誘導し最終処分量をコントロールするという方策は少なくともこの観点から見れば妥当ではあるが、前述したような経済循環を通したモノの流れを眺めることによってその方策の妥当性をより一層明確に示すことが可能となる。

式(10)は、各地域の最終需要が誘発する地域別産業別廃棄物投入必要量を計測する上で役に立つ。これは別の見方をすれば、リサイクル財の地域別産業別中間投入必要量を計測することに相当するであろう。各地域の政策担当者は、我が国のスローガンである「循環型社会システムの構築」という言葉を励みに、リサイクル事業を後押しし、地域社会を循環型へと誘導させようと様々な施策を講じようとしている。しかしながら、我々が忘れてはいけないことはリサイクル事業を後押しする助成等を考える前に、「リサイクルされる廃棄物」がそこになればリサイクル事業はうまく行かないということである。その「リサイクルされる廃棄物」は結合生産という工程を得て排出されるということを考えると、その結合生産相手の需要を喚起しないかぎり廃棄物は生み出されない。式(10)はこのような問題意識を実際に数字として表すのに役に立つ。具体的には、関東地方における自動車生産、電気製品生産が東北地方における廃プラスチックの排出にどれだけ寄与するのか数量的に表すことができる。

通常の産業連関分析が持つメリットとして、誘発効果を直接効果と間接効果とに分解することが可能であるが、本モデルにおいてもこの手法を取り入れることが可能である。式(8)と式(10)をNEUMANN級数展開すると、

$$\mathbf{q}_p = \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi \mathbf{F}_w + \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi \mathbf{G} \mathbf{F}_w + \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi \mathbf{G}^2 \mathbf{F}_w + \dots \quad (11)$$

$$\mathbf{q}_w = \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{F}_p + \mathbf{G} \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{F}_p + \mathbf{G}^2 \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{F}_p + \dots \quad (12)$$

が成り立つ。ここで、 $\mathbf{G} = \mathbf{B}_w \mathbf{D}_p \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p \Phi$ 。更に以下のような地域経済乗数が役に立つ。

$$\begin{bmatrix} \alpha^r \\ \alpha^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_w^{rr} \mathbf{F}_p^r}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{rr} \mathbf{F}_p^r} & \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_w^{sr} \mathbf{F}_p^r}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{sr} \mathbf{F}_p^r} \\ \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_w^{rs} \mathbf{F}_p^s}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{rs} \mathbf{F}_p^s} & \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_w^{ss} \mathbf{F}_p^s}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{ss} \mathbf{F}_p^s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \lambda^{rr} & \lambda^{sr} \\ \lambda^{rs} & \lambda^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} \beta^r \\ \beta^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_p^{rr} \mathbf{F}_w^r}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{rr} \mathbf{F}_p^r} & \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_p^{sr} \mathbf{F}_w^r}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{sr} \mathbf{F}_p^r} \\ \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_p^{rs} \mathbf{F}_w^s}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{rs} \mathbf{F}_p^s} & \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{L}_p^{ss} \mathbf{F}_w^s}{\mathbf{e}^T \mathbf{Q}_p^{ss} \mathbf{F}_p^s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \mu^{rr} & \mu^{sr} \\ \mu^{rs} & \mu^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

ここで、

$$\mathbf{Q}_p = (\mathbf{I}_{2m} - \mathbf{B}_p \mathbf{D}_p)^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_p^{rr} & \mathbf{Q}_p^{rs} \\ \mathbf{Q}_p^{sr} & \mathbf{Q}_p^{ss} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L}_p = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_p^{rr} & \mathbf{L}_p^{rs} \\ \mathbf{L}_p^{sr} & \mathbf{L}_p^{ss} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{L}_w = \begin{bmatrix} \mathbf{L}_w^{rr} & \mathbf{L}_w^{rs} \\ \mathbf{L}_w^{sr} & \mathbf{L}_w^{ss} \end{bmatrix}$$

この乗数の説明ならびに数値実験の内容及び結果については発表当日にさせて頂きたい。

3. おわりに

本論文では廃棄物分析用の地域間産業連関勘定体系を提案し、産業廃棄物の地域内・地域間フローを評価する上で重要な役割を果たす地域経済乗数の定式化を行った。

参考文献

- 1) Chenery, H. B. & Watanabe, T. : International comparison of the structure of production, *Econometrica*, Vol. 26, pp. 487-521, 1958.
- 2) Polenske, K. R. : An empirical test of interregional input-output models: estimation of 1963 Japanese production, *American Economic Review*, Vol. 60, pp. 76-82, 1970.
- 3) Oosterhaven, J. : A family of square and rectangular interregional input-output tables and models, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 14, pp. 565-582, 1984.
- 4) Jackson, R. W. : Regionalizing national commodity-by-industry accounts, *Economic Systems Research*, Vol.10, pp. 223-238, 1998.
- 5) Lahr, M. L. : Reconciling domestication techniques, the notion of re-exports and some comments on regional accounting, *Economic Systems Research*, Vol. 13, pp. 165-179, 2001.
- 6) Leamer, E. D. : The Leontief paradox, reconsidered, *Journal of Political Economy*, Vol. 88, pp. 495-503, 1980.
- 7) Trefler, D. : International factor price differences: Leontief was right!, *Journal of Political Economy*, Vol. 101, pp. 961-987, 1993.
- 8) Lahr, M. L. & Dietzenbacher, E. : Input-output analysis: frontiers and extensions, New York: Palgrave, 2001.
- 9) Kagawa, S., Inamura, H. & Moriguchi, Y. : The invisible multipliers of joint-products, *Economic Systems Research*, Vol. 14, pp. 185-203, 2002.
- 10) Kagawa, S. & Inamura, H. : A structural decomposition of energy consumption based on a hybrid rectangular input-output framework: Japan's case, *Economic Systems Research*, Vol. 13, pp. 339-363, 2001.