

IV-7

北海道における廃棄物—経済
会計システムに関する研究

北海道大学大学院

千葉 暢

同 上 正 員 宮 田 讓

同 上 正 員 山 村 悦 夫

1. はじめに

近年、深刻化している環境問題において、世界的にもいかに経済的な繁栄を犠牲にせずに環境を保護していただけるかというのは南北を問わず重要な関心事となっている。また、日本において最も身近な環境問題である廃棄物の問題が近い将来重大な危機をもたらすことが予想されており、廃棄物の減量化、リサイクル社会の創造、処理処分のあり方の見直しが求められている。今日の資本主義経済においては、これらの問題を経済原理と切り放して論じることは、非現実的であり、環境の保全と経済的繁栄という一見背反する制約条件下で、最大多数の最大幸福を希求する姿勢が求められると思われる。

そこで本研究では、(1)社会会計行列(SAM)を応用し、廃棄物除去活動と経済活動の相互作用を評価し得るモデルをつくり、政策的シミュレーションへ応用する(2)両活動間の経済的波及のプロセスを把握するにSAMを用いた逆行行列分解法が有効であることを確認することを目的としている。

本研究では、昭和60年度の北海道を対象としているが、得られる情報に制限が大きいので、幾つかの数値を独自に推計しなければならなかった。特に廃棄物除去活動のコストに関する数値と、廃棄物の発生及び除去量に関しては、現実の数字と幾らか開きがあるかも知れない。

本研究は経済系と廃棄物系をマクロ的に評価分析し得る汎用的なモデルを提案することに主眼を置いており、更に高い精度で分析を行うことが今後の課題となっている。

表 1 昭和60年度北海道廃棄物—経済会計行列

		生産活動		制度		資本財		資本財		廃棄物除去活動		廃棄物除去活動		海外		合計
		1	2	政府	民間	資本	労働	政府	民間	1	2	3	4	政府	民間	
生産活動	1	225181	1121284	22222	0	201222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225181
	2	273228	1120048	1120048	0	123222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	3	202222	1120048	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
制度	政府	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	民間	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	資本	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
資本財	政府	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	民間	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	労働	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
廃棄物除去活動	政府	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	民間	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	資本	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
海外	政府	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	民間	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
	資本	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222
合計		212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222	212222

2. 社会会計行列(SAM)

1) 社会会計行列の見方

表 1 は昭和60年度の北海道の社会会計行列の例である。本研究では、廃棄物除去活動に関する取引及び、廃棄物の発生、除去量(物量表示)を経済活動の中で特別な位置づけで盛り込んでいるため、これを廃棄物—経済会計行列と呼ぶことにした。単位は一番下の廃棄物量の項目がtで、その他は百万円である。

この表は従来の産業連関表と同様に、左上端から横方向に支払い側の経済主体が並び、縦方向に同じ順番で、受取側の経済主体が並ぶ。経済主体は、大きく分けて7つのセクターからなる。まず、生産活動は一般

的な産業連関での内生部門にあたり、本研究では第1次～第3次産業に大別している。制度部門は所得を受け取り、消費する主体で、政府と民間に分かれ家計はこれに含まれる。要素部門は生産要素（資本、労働）を提供し、報酬を受け取る。資本調達部門は資本減耗の引当や貯蓄等を原資として資本形成を行う主体で、制度部門同様政府と民間に分かれる。

廃棄物除去活動部門は、第1次～第3次産業内の自己処理を行う部門と廃棄物処理業（廃処）とに分かれる。例えば第二次産業に分類される企業が、自社のもつ廃棄物処理部門の提供する除去サービスに対して投入を行い、且つ外部の廃棄物処理業者に除去を委託する場合などが考えられる。廃棄物処理業とは、民間及び公営の廃棄物処理業者で、産業廃棄物の委託処理、自治体による一般廃棄物処理等を含む。

ちなみに、本研究で定義する除去活動には、廃棄物の収集運搬、中間処理、最終処分、及び有効利用、再（生）利用のための活動が含まれる。

道外部門には、他都府県と、外国が含まれている。

以上の各セクターの支払いは常に受取に一致することに注意しなければならない。

廃棄物量の項目は、上述の除去活動により除かれた廃棄物量がマイナスで計上されている。したがって、右端の廃棄物残量には、なんら処理処分されることなく保管されている量または、不法投棄量が含まれる。

2) 取引係数

まず、簡単のため右表、2のような4行4列の社会会計行列を考える。ここで、 $s_{ij} = x_{ij} / X_j$ とみると、産業連関表で言うところの投入係数と同様な比例定数 s_{ij} が得られる。しかし社会会計行列の場合は、中間投入に限らず、各セクターの取引の総額に対する特定のセクターへの支払い額の比を表しており、本研究ではこれを取引係数と定義する。表、3は取引係数 s_{ij} を行列形式で並べたものであり、この表をもとにして分析を行うことになる。

表、2 数値行列 計

x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_1
x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_2
x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_3
x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_4
計	x_1	x_2	x_3	x_4

表、3 取引係数行列

s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}
s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}
s_{31}	s_{32}	s_{33}	s_{34}
s_{41}	s_{42}	s_{43}	s_{44}

3) SAMの逆行列分析法

家計内生化モデルのように、完全なクローズドモデルに一步近づいたモデルであっても、従来の産業連関分析の基本であるレオンティエフ逆行列分析法を応用して、外生最終需要額を代入することによって分析することが可能であるが、同様にしてSAMにおいても最終需要部を内生部門と外生部門とに分けることによって、分析することができる。何を内生化し、あるいは外生化するかは、分析の目的によって弾力的に決定することができるが、慣例的には資本勘定、政府、対外部門を外生化することが多い。

上表、3において第4行（第4列）のセクターを外生として扱うと、以下の等式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = (I - S)^{-1} \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $S \equiv \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{pmatrix}$ 、 $\begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix}$: 第4セクターの最終需要ベクトル

これにより、第4セクターの需要による第1～第3セクターの取引の誘発額を求めることができる。

本研究では、道外、除去資本調達、民間（生産）資本調達を外生化したモデルを用いて分析を行う。したがって、まずこれらのセクターの行・列共に取り除いた取引係数行列（S）を作る必要がある。下表、4はその取引係数行列である。各セクターには便宜上①～⑯の番号を付してある。

表. 4 取引係数行列

	Sector	生産活動			制度		要素		資本調達	廃棄物除去活動			
		1	2	3	政府	民間	資本	労働	政府	1	2	3	廃材
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
生産活動	1	0.1170253	0.0833827	0.0029727	0	0.0137446	0	0	0	0	0	0	0
	2	0.1145849	0.1918172	0.0789776	0	0.1843096	0	0	0.9795301	0.2015613	0.1434768	0.1388486	0.1117810
	3	0.0844030	0.0964757	0.1658201	0.2848248	0.4592795	0	0	0.0204698	0.0837473	0.3637495	0.1595623	0.0970848
制度	政府	0.008793	0.0245212	0.0250892	0	0.1926763	0	0	0	0	0	0	0.0138761
	民間	0	0	0	0.3553468	0	0.9910799	0.9645960	0	0	0	0	0
要素	資本	0.2936727	0.0506798	0.1524680	0	0	0	0	0	0.2001419	0.0235737	0.0233306	0.0818902
	労働	0.0905697	0.1382953	0.3686796	0	0	0	0	0	0.3562810	0.1517898	0.2809130	0.6225620
資本調達	政府	0	0	0.0149844	0.0371786	0	0	0	0	0	0	0	0
	民間	0.0005781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
廃棄物除去活動	1	0	0.0079488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0.0022278	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
廃材	Q2	0.0000426	0.0013409	0.0000294	0.0061457	0	0	0	0	0	0	0	0

3. SAMの逆行列分解分析法

ここでは、レオンティエフ逆行列分析法の応用である逆行列分解分析法について説明する。

まず、表. 4における12のセクターを以下の2つのグループに分ける。

Aグループ：①～⑧、生産活動、制度、要素、政府資本調達。

Bグループ：⑨～⑫、廃棄物除去活動。

すると、行列Sは下式(2)のように4つのブロックからなり、加法的にD、P2つの行列に分解できる。

DはSの主対角線上に位置するブロック

AA、BBからなり、主対角ブロック行列

と呼ぶ。これは、同グループ内の取引のみ

を表している。Pは副対角成分からなる副

対角ブロック行列で、異グループ間の取引

を表す。

$$\begin{array}{cc|cc} & & A & B \\ \hline A & \begin{array}{|c|c|} \hline AA & BA \\ \hline \end{array} & = & \begin{array}{|c|c|} \hline AA & 0 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & BA \\ \hline \end{array} \\ B & \begin{array}{|c|c|} \hline AB & BB \\ \hline \end{array} & & \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & BB \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|} \hline AB & 0 \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

$$S = D + P \quad (2)$$

グループの分け方は、研究の目的によって任意に選ぶことができるが、本研究では生産活動と除去活動の経済的相互作用を把握するために以上のようなグループ分けをした。但し、本研究におけるブロックBBは廃棄物除去活動主体間の取引がないために、零行列となる。

次に、上式(2)を以下のように変型する。

$$I - S = I - D - P = (I - D) \{I - (I - D)^{-1}P\} \quad (3)$$

ここで $Q \equiv (I - D)^{-1}P$ とおくと、 $I - (I - D)^{-1}P = I - Q$

$I - Q = (I + Q)^{-1} (I - Q^2)$ であるから、(3)式に代入して、

$$I - S = (I - D) \{I + (I - D)^{-1}P\}^{-1} [I - \{(I - D)^{-1}P\}^2]$$

故に $(I - S)^{-1} = [I - \{(I - D)^{-1}P\}^2]^{-1} \{I + (I - D)^{-1}P\} (I - D)^{-1}$

$$= M3 \cdot M2 \cdot M1 \quad (4)$$

(4)式はさらに、別の分解法により次のように変型できる。

$$(I - S)^{-1} = M3 \cdot M2 \cdot M1$$

$$= I + (M1 - I) + (M2 - I) M1 + (M3 - I) M2 M1$$

$$\equiv I + N1 + N2 + N3$$

$$(5)$$

(4)式は、逆行列の乗法的分解と呼ばれ、例えば、外生初発需要FがAAブロックに向けられたとすると、まずM1によってAAブロック内の取引の乗数効果を捉えることができる。次にM2によって、AAブロックへの需要Fの効果がABブロックへ及ぼす効果を捉えることができ、M3によって例えば、AA→AB→BB→BA→AAという、効果の回転方向への波及過程を捉えることができる。

(5)式は、逆行列の加法的分解と呼ばれ、Niは対応するMiのそれ自身の持つ純粋な効果を表すことができる。

4. 逆行列分解法を用いた波及効果分析のシミュレーション

この章では、前章で説明した逆行列分解法を用いて、初発外生最終需要 f による効果の波及過程を追うことにより、その有用性を確認する。そこで、最終需要 f 1000000 (千円) が、2次産業の生産活動に向けられたとすると、そこから3つの段階を経て経済に波及していく様子を下図、1～3に示す。ここでいう3つの段階とは次の通りである。

第一段階．．M1fで求められた取引誘発額を分配。(図. 1)

第二段階．．M2M1fで求められた取引誘発額を分配。(図. 1と図. 2)

第三段階．．M3M2M1fで求められた取引誘発額を分配した波及の最終帰結形。(図. 3)

第一段階に特有な取引関係は実線で、第二段階に特有な取引関係は点線で示しており、異種の線同士は立体交差しているものとする。

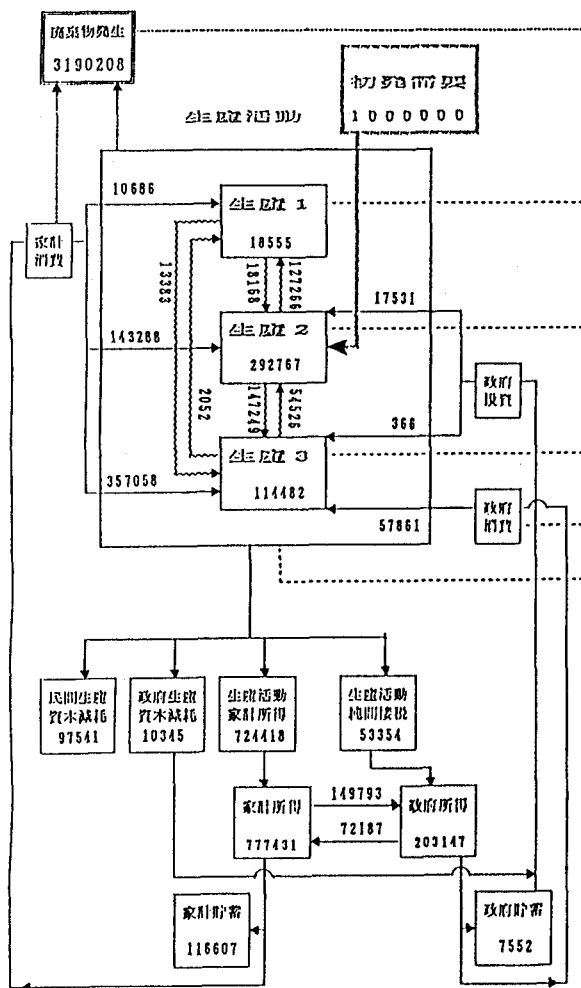


図. 1 第一段階の波及

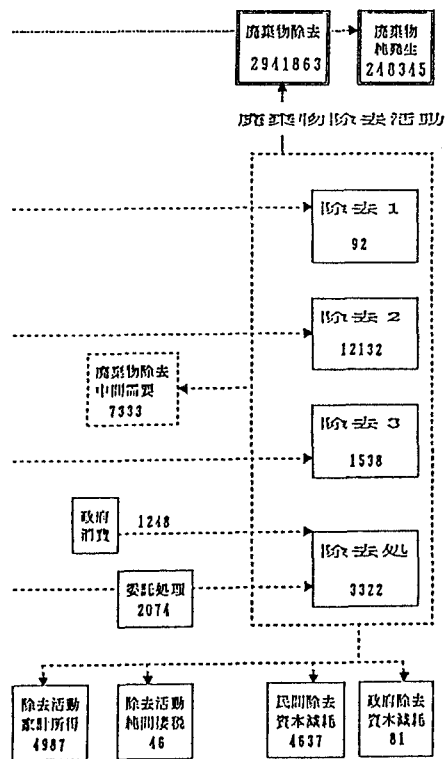


図. 2 第二段階に特有な波及
※第二段階は第一段階を経由して波及が起きているので図. 1と合わせて第二段階での全ての波及を表す。

第三段階では、
廃棄物除去活動より派生した中間需要等から喚起される生産、その生産に必要な除去サービスの需要、除去サービス生産者の投入．．という形

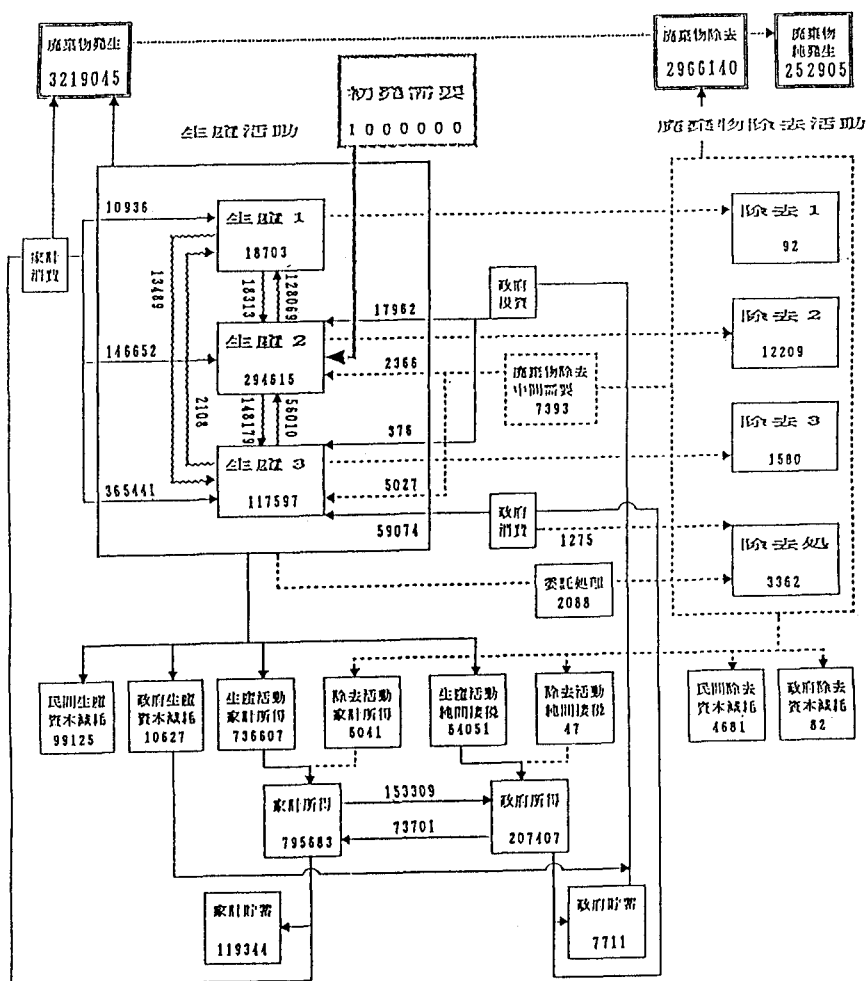


図. 3 第三段階の波及

で次々に波及していき、最終的に帰結した額が表示されている。したがって、第三段階の全ての数値は、対応する第一および第二段階の金額よりも幾分大きくになっている。

5. リサイクル導入モデルを用いた波及効果のシミュレーション

係数行列の数値を変化させることによって、様々なケースを想定した分析を行うことができる。本研究では、以下の前提に従って上表、1の数値を変更し、第2章で示した手法で波及効果分析を行った。表、6にその結果を示す。また比較のため表、5に基準値として前章のシミュレーションで求められた波及効果の結果を示す。故に、このシミュレーションでも外生最終需要は10000000（千円）である。

【シミュレーションの前提】

- リサイクル活動により第1～3次産業の第2次産業への中間投入額を現状より5%削減できると仮定。
○中間投入の削減分を営業余剰、雇用者所得という要素所得に上乗せする。

○家計所得の増分を最終消費支出、政府への経常移転に振り分ける。

表. 5 第二次産業への民間投資10億円による波及効果(基準モデル)

		生産活動			制度		要素		資本調達		廃棄物除去活動				廃棄物除去資本調達		道外	合計
		1	2	3	政府	民間	資本	労働	政府	民間	1	2	3	廃処	政府	民間		
生産活動	1	18703	128069	2108	0	10936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159816
	2	18313	294615	56010	0	146652	0	0	1962	1000000	19	1752	219	378	0	0	0	1535917
	3	13489	148179	117597	59074	865441	0	0	375	0	8	4441	252	326	0	0	0	709182
制度	政府	-1405	37663	17793	0	153309	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	207406
	民間	0	0	0	73701	0	246859	475323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	795683
要素	資本	46934	93199	108128	0	0	0	0	0	0	18	288	37	275	0	0	0	248879
	労働	14475	212410	261461	0	0	0	0	0	0	33	1853	444	2093	0	0	0	492769
資本調達	政府	0	0	10627	7711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18337
	民間	18028	34959	46128	0	119344	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218469
廃棄物除去活動	1	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
	2	0	12209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12209
	3	0	0	1580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1580
	廃処	7	2060	21	1275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3382
廃棄物除去資本調達	政府	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	0	0	0	82
	民間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3875	628	163	0	0	0	4680
道外		31182	572545	87731	65645	0	2220	17448	0	0	0	0	0	0	0	0	0	776769
合計		159816	1535917	709182	207406	795683	248879	492769	18337	1000000	92	12209	1580	3382	0	0	0	6185232

表. 6 第二次産業への民間投資10億円による波及効果(リサイクル導入モデル)

		生産活動			制度		要素		資本調達		廃棄物除去活動				廃棄物除去資本調達		道外	合計
		1	2	3	政府	民間	資本	労働	政府	民間	1	2	3	廃処	政府	民間		
生産活動	1	18587	126804	2150	0	11289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158829
	2	17289	277119	54259	0	151380	0	0	8346	1000000	19	1734	224	377	0	0	0	1520742
	3	13408	146715	119904	60478	877224	0	0	383	0	8	4397	257	327	0	0	0	723099
制度	政府	-1397	37290	18142	0	158252	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	212335
	民間	0	0	0	75453	0	253528	490410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	819389
要素	資本	47339	96728	111085	0	0	0	0	0	0	18	285	38	276	0	0	0	255768
	労働	14600	220449	268812	0	0	0	0	0	0	33	1835	453	2099	0	0	0	508080
資本調達	政府	0	0	10835	7894	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18729
	民間	17916	34623	47033	0	121243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220816
廃棄物除去活動	1	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
	2	0	12088	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12088
	3	0	0	1611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1611
	廃処	7	2039	21	1305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3372
廃棄物除去資本調達	政府	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	0	0	0	82
	民間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3837	640	163	0	0	0	4655
道外		30990	566888	89452	87205	0	2241	17670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	774447
合計		158829	1520742	723099	212335	819389	255768	508080	18729	1000000	92	12088	1611	3372	0	0	0	6234134

リサイクル活動により供給される再利用品への需要が高まる一方で、中間財需要の低下を招き、産業全体にマイナスの影響を及ぼすことが予想されたが、このシミュレーションにより、1・2次産業の総供給額の減少が見られた。しかしその一方で要素所得の増加が見られ、それに伴って民間の最終消費支出も増加している。3次産業は1・2次産業からの中間需要が低下したものの、民間・政府からの最終需要の高まりにより総供給額は増加している。これに顕著に現れているように、全体の需要構造は中間需要の比重が、最終需要へとシフトしている様子がうかがえる。1・2次産業では産業廃棄物の発生量が減少し、リサイクルを行うことと合わせ、最終処分量は大幅に減少すると推計される。したがって、リサイクルの導入により、廃棄物が減少し且つ消費水準が高まることで道民の厚生水準が高まったと言えることができるであろう。

以上の結論は、前述の前提条件のもとで成立する。即ち、リサイクル活動のコストが、同量の投入を行うよりも、安価であるという場合に限る。それとは逆にこのモデルでリサイクル活動を行うことによって追加的にコスト負担を強いられるケースを想定することもできる。もちろん、その場合も本研究の第二章で述べたように産業だけでなく、家計や政府といった経済主体が及ぼし合う影響を観察することができるであろう。

6. まとめ

本研究では、SAMを応用して廃棄物系と経済系の相互作用の分析を試みた。同様な方法で、廃棄物に限らずエコロジカルな分析等に広範に応用できる可能性が大きい。またSAMは家計、政府等の所得・消費の活動を内生化できるという点で、従来の産業連関分析に比べ更に有効な分析手段であることが確認できた。今後は、逆行列分解法を用いた政策的シミュレーションを行い、このモデル・手法の用途を広げていきたいと考えている。