

廃棄物産業連関分析を用いた和歌山県の 循環形成評価に関する基礎的研究

久松 利光¹・吉田 登²

¹学生会員 和歌山大学大学院システム工学研究科博士前期過程（〒640-8510 和歌山市栄谷930）

²正会員 和歌山大学システム工学部助教授（〒640-8510 和歌山市栄谷930）

廃棄物発生による地域環境への負荷は地域の特性に規定される産業活動や消費活動、リサイクル状況の違いによって現れる。環境への負荷を総合的に評価する研究は全国を対象に行われているが、適切な環境対策を検討するためには、地域レベルで経済活動と環境負荷との関連を評価、分析する必要がある。本研究では、鉄鋼業など資源多消費型の産業活動に特徴があり、詳細なデータを得ることのできる和歌山県を対象とし、和歌山県の平成7年度及び平成12年度の廃棄物産業連関表を、和歌山県の産業連関表及び和歌山県の産業活動統計等から推計し作成した。この2つの廃棄物産業連関表から和歌山県の動向を比較、考察し、埋立廃棄物誘発量、二酸化炭素誘発量の変化を分析した。

Key Words :Waste input-output analysis,Evaluation of loop-closing

1. はじめに

現在の経済社会活動が大量生産・大量消費・大量廃棄型となり、高度化するにつれ廃棄物量の増大、廃棄物の質の多様化及び最終処分場の残余容量の逼迫等が生じている。また、その廃棄物の発生等による地域の環境への負荷は、地域の立地特性に規定される産業活動や消費活動、リサイクル状況の違いによって現れる。環境への負荷を総合的に評価する試みとして中村¹⁾によって開発された「廃棄物産業連関表・モデル」は、動脈部門・静脈部門との間の財・廃棄物の循環、すなわち投入、産出、排出、処理、処分、再資源化の相互依存関係を数量的に把握できるものであるが、適切な環境対策を検討するためには、さらに地域の資源循環の特性を考慮し、地域レベルで経済活動と環境負荷との関連を分析する必要がある。

本研究では鉄鋼業など資源多消費型の産業活動に特徴があり、詳細なデータを得ることのできる和歌山県を対象とし、環境（廃棄物処理）対策を評価する為の基礎となる、和歌山県の平成7年度、及び平成12年度廃棄物産業連関表を推計した。この2つの廃棄物産業連関分析による最終処分容積誘発量、二酸化炭素誘発量の変化から和歌山県の動向を比較、考察することを目的とする。

		産業(投入)		最終需要	行和
		動脈部門	廃棄物処理		
産業(産出)	[金額]	X_0	X_z	X_F	X
廃棄物	[重量]	W_0	W_z	W_F	W
付加価値	[金額]	V_0	V_z	V_F	V
環境負荷因子		E_0	E_z	E_F	E

環境負荷因子の測定単位等は計上される環境負荷因子ごとに異なる。

図-1 廃棄物産業連関表の一般型

2. 分析の基本モデル

(1) 廃棄物産業連関表の一般型²⁾

本研究で作成する廃棄物産業連関表の一般型を図-1に示す。

再資源化は W_0 の要素が負値を取ることで表される。 W_0 の各要素は廃棄物排出量から再資源化量した廃棄物純排出行列である。 W_z は廃棄物を行に廃棄物処理を行に持つ非正行列であるから、この産業連関表も非正である。これを線形連立方程式系として通常の産業連関モデルと同様に扱うためには、廃棄物と廃棄物処理とを1対1に対応させる必要がある、廃棄物・処理部門活動の1対1でない対応を、処理部門活動の需要・供給の1対1対応に変換するのが、廃棄物産業連関モデルにおける配分行列である。

		産業(投入)		最終需要	行和
		動脈部門	廃棄物処理		
産業(産出)	[金額]	X_o	X_z	X_f	X
廃棄物処理	[重量]	SW_o	SW_z	SW_f	SW
付加価値	[金額]	V_o	V_z	V_f	V
環境負荷因子		E_o	E_z	E_f	E

環境負荷因子の測定単位等は計上される環境負荷因子ごとに異なる。

図-2 廃棄物産業連関表：正方表

		産業(投入)		最終需要	活動量
		動脈部門	廃棄物処理		
産業(産出)		A_o	A_z	X_f	X
廃棄物処理		G_o	G_z	SW_f	Z
付加価値		v_o	v_z	V_f	
環境負荷因子		e_o	e_z	E_f	

図-3 廃棄物産業連関モデル：投入係数・原単位表

図-2 に配分行列 S を用いて正方行列に変換したものを示す。ここで $Z = SW$ は廃棄物処理部門の活動量（廃棄物処理量）を表す列ベクトルである。

(2) 廃棄物産業連関モデルの導出

図-2 で動脈部門列と廃棄物処理列の要素を対応する生産額および廃棄物処理量で除して図-3 の投入係数・原単位表を得る。

ここで、

A_o ：動脈係数部門の投入係数行列， A_z ：動脈部門から廃棄物処理部門への投入係数行列， G_o ：動脈部門からの廃棄物発生係数行列， G_z ：廃棄物処理部門からの廃棄物発生係数行列， e_o ：動脈部門からの環境負荷因子発生係数行列， e_o ：廃棄物処理部門からの廃棄物発生係数行列， X ：動脈部門の生産額ベクトル， Z ：廃棄物処理量ベクトル， X_f ：最終需要額ベクトル， SW_f ：最終需要部門からの廃棄物発生量ベクトル， S ：廃棄物を廃棄物処理に対応させる配分行列

この投入係数・原単位表を用いた生産と廃棄物処理の需要均等式は、式 (1) のように表される。

$$\begin{bmatrix} A_o & A_z \\ G_o & G_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_f \\ SW_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

この式 (1) を X と Z について解いて式 (2) を得る。

$$\begin{bmatrix} X \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_o & -A_z \\ -SG_o & I - SG_z \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X_f \\ SW_f \end{bmatrix} \quad (2)$$

これにより、所与の最終需要 X_f 、最終需要からの廃棄物排出量 SW_f が誘発する生産額および廃棄物排出量

表-1 産業廃棄物種類別再利用率

	和歌山[%]	全国[%]
合計	61	37
紙類	75	48
繊維類	33	21
廃プラスチック類	19	24
金属屑	85	78
ガラス陶磁器屑	85	36
ゴム類	0	15
動植物性残渣(含草)	43	60
煤塵	75	57
焼却灰	0	29
鋳さい	94	79
木くず	72	24
有機汚泥	2	7
無機汚泥	20	
廃油	69	31
廃酸	55	22
廃アルカリ	38	5
建設廃材	90	70
動物のふん尿	100	73
動物の死体	0	28

厚生省資料では汚泥を1種類として計上

が計算でき、これに生産額、廃棄物量あたりの二酸化炭素、埋立容積誘発係数を乗じて、誘発二酸化炭素排出量及び誘発埋立容積量を求めることができる。

3. 和歌山県廃棄物産業連関表の推計

平成7年度³⁾及び平成12年度和歌山県産業連関表⁴⁾を基に廃棄物とその処理を考慮することにより拡張する廃棄物産業連関表の分析枠組みに従って、県廃棄物統計データと産業連関表とを結合する。既存資料^{5) 6)}に基づき廃棄物処理における配分行列、再利用率等を考慮して和歌山県廃棄物産業連関表を推計した。

4. 和歌山県の廃棄物処理状況

表-1に産業廃棄物の再利用率を示す。

和歌山県の産業廃棄物の再利用率は全国値⁷⁾と比較し24ポイント高い結果となっている。これは全国値の特性として、鉄鋼業（鋳さい），建設業（建設廃材），農業（家畜ふん尿）の排出量ウエイトが高い都道府県は、再利用率が高い傾向にあり、和歌山県では大手の鉄鋼業の影響により、その傾向を示している。その他の廃棄物も全国値と比較し再利用率は高いが、廃プラスチック類は5ポイント、焼却灰に至っては29ポイント低く、排出量のうちそれぞれ55%，100%が最終処分にまわされていることから最終処分量の減容化は廃プラスチック及び焼却灰の処理方法に懸かっているといえる。

表-2に現状処理を表す配分行列を示す。

このような結果は、本来可燃物であるプラスチックの直接埋立処理など焼却炉の仕様・収集分別方法等の技術・制度・社会的要因によるところが多い。また分別不徹底の現状も反映されている。

5. 分析

(1) 和歌山県の環境負荷誘発特性(全国値と比較)

和歌山県の誘発最終処分容積、誘発二酸化炭素排出の特性を、既存の平成12年度全国廃棄物産業連関表との比較から明らかにした。

a) 誘発二酸化炭素排出

図-4に誘発二酸化炭素排出係数の和歌山県と全国の比較を示す。

全体的に排出割合は和歌山県と全国であり差がみられなかったが、「飼料・有機質肥料」への最終需要が全国値では二酸化炭素排出を抑制しているのに対し、和歌山県では二酸化炭素排出を誘発する結果となった、これは全国値では「飼料・有機質肥料」へ汚泥、動植物性残渣、動物のふん尿などの有機性廃棄物が大量に投入されることで焼却部門の原単位が-74.19 トン/百万円(和歌山県:-0.47 トン/百万円)となり各部門の焼却誘発を抑制した結果が反映されている。

次に、全体的に和歌山県と全国比較では似た排出傾向がみられた二酸化炭素誘発係数だが、多量排出産業ではないものの全国値と差異がみられた主な産業について表-3に示す。

「林業」「商業」「製材・木製品」など運輸業への依存が高い和歌山県の地域特性を反映した結果となった。

b) 誘発最終処分容積

図-5に誘発最終処分容積係数の和歌山県と全国の比較を示す。

「鉄鉄・粗鋼」「鋼材」は鉄屑、廃プラスチックなどの多投入産業であるが、和歌山県の場合、鉾澤など多量の廃棄物を排出するが県内から排出された鉄屑、廃プラスチックの投入は少量で大部分は県外からの廃棄物の投入で賄われている。一方で「ガラス・ガラス製品」「セメント・セメント製品」「化学肥料」は表-1が示すようにガラス屑、鉾澤、廃油、廃アルカリなどの再利用率が全国と比較し高く、県内排出された廃棄物を大量に投入しているため、最終処分活動を大きく抑制するように機能する等和歌山県の産業構造やリサイクル状況を反映した結果となった。

表-2 現状処理を表す配分行列[一部抜粋](和歌山, 全国)

組成	和歌山		全国	
	焼却	埋立	焼却	埋立
厨芥	0.9	0.1	0.9	0.1
紙類	1	0	0.9311	0.0689
繊維類	1	0	0.9291	0.0709
廃プラスチック類	0.3235	0.6765	0.5904	0.4096
鉄屑	0	1	0.0072	0.9928
非鉄金属屑	0	1	0.0032	0.9968
生き瓶	-	-	0	1
ガラス屑	0	1	0.0349	0.9651
陶磁器類	0	1	0.0953	0.9047
ゴム類	-	-	0.5539	0.4461
動植物性残渣	0.5385	0.4615	0.9777	0.0223
煤塵・焼却灰	0	1	0	1
鉾澤	0.0135	0.9865	0	1
木くず	0.6538	0.3462	1	0
有機汚泥:中間処理後	0	1	0	1
無機汚泥:中間処理後	0	1	0	1
廃油・廃酸・廃アルカリ	1	0	1	0
建設廃材	0.0897	0.9103	0	1
動物のふん尿	1	0	1	0
動物の死体	1	0	1	0

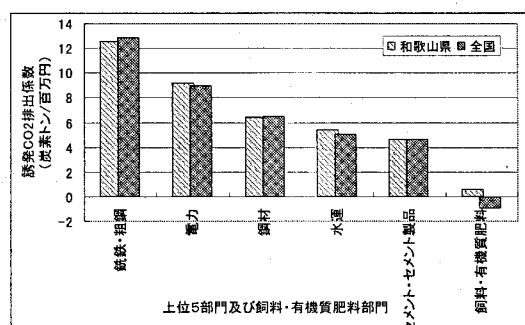


図-4 誘発二酸化炭素排出係数
上位5部門及び「飼料・有機質肥料」

表-3 誘発二酸化炭素排出係数

部門	(t-C/百万円)		
	和歌山県	全国	
4 林業	0.774493	0.394537	96%
72 商業	0.322265	0.19587	65%
77 鉄道輸送	0.281364	0.182015	55%
16 製材・木製品	0.562191	0.414178	36%
46 一般産業機械	0.596041	0.747138	-20%
41 その他の鉄鋼製品	2.731947	3.631986	-25%
42 非鉄金属製錬・精製	0.75254	1.101153	-32%
21 化学肥料	0.782218	1.399955	-44%

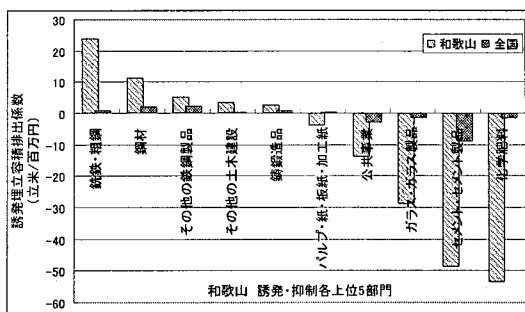


図-5 誘発埋立容積誘発係数 誘発・抑制各上位5部門

表-4 環境負荷誘発係数
(和歌山県平成7年度及び平成12年度)

	二酸化炭素 (t-C/百万円、廃棄物処理:t-C/t)		最終処分 (立米/百万円、廃棄物処理:立米/t)	
	平成7年度	平成12年度	平成7年度	平成12年度
農林水産業	0.87942	0.80046	-1.00403	-0.96439
鉱業	0.46555	0.95762	0.27856	1.16361
食料品	0.54351	0.42885	0.44484	-0.04166
繊維製品	1.16823	0.76793	18.28354	0.13971
パルプ・紙・木製品	0.53380	0.60585	-0.09108	-0.68403
化学製品	1.43801	1.21691	0.01253	-0.18894
石油・石炭製品	1.23161	0.87853	0.05672	0.04119
窯業・土石製品	6.81481	1.66573	-9.04608	-11.25394
鉄鋼	6.57737	6.31135	18.74077	11.07545
非鉄金属	0.81171	0.65088	0.12624	0.30774
金属製品	1.19725	1.44843	3.52566	2.08650
一般機械	0.38903	0.65723	0.67722	0.70623
電気機械	0.59851	0.42014	0.07773	0.14100
輸送機械	0.12558	0.21380	0.22049	0.39067
精密機械	0.41690	0.32405	-0.14690	0.01228
他の製造工業製品	0.69831	0.57574	0.62956	-0.15410
建設	1.82925	0.79448	-2.84230	-3.89720
電力・ガス・熱供給	6.53568	8.45961	2.31269	2.12647
水道	1.07149	0.59983	2.25557	0.54201
商業	0.30132	0.32226	0.10772	0.19546
運輸・通信	1.19406	1.07545	0.13854	0.10941
その他サービス	0.34278	0.21260	0.08658	0.04783
分類不明	1.81773	2.58202	1.73397	3.32572
廃棄物処理	0.07078	0.01516	0.90828	0.77337

(2) 和歌山県の環境負荷誘発係数の変化(平成7年度表と平成12年度表から分析)

表-4に24産業部門に統合した平成7年度及び平成12年度の環境負荷誘発係数を示す。

a) 誘発二酸化炭素排出

「窯業・土石製品」「鉄鋼」「建設」等、16部門で平成7年度に比べ誘発二酸化炭素排出係数が低下している。「窯業・土石製品」が大幅に低下している要因として、多量排出産業である「セメント・セメント製品」の精製技術の向上、また廃プラスチック、汚泥等が平成7年度に比べ多量に再資源化に投入されている為、焼却処分抑制に機能した為である。

b) 誘発最終処分

「繊維製品」「パルプ・紙・木製品」「鉄鋼」等、14部門で平成7年度に比べ誘発埋立係数が低下している。元来、廃棄物多量排出産業である部門で、企業努力等により直接排出量の大幅な低下を導き、廃棄物投入産業である部門では更なる抑制効果がみられる。一方で、少量排出産業では微減または微増の傾向がみられた。

6. 結論及び今後の課題

本研究では、和歌山県の循環形成評価について、地域独自の廃棄物産業連関表を作成し、既存の全国表と、また経年変化から評価を行った。第1に、地域の廃棄物統計データを利用した推計手法を示した。すなわち、地域の廃棄物のフローを排出量、県内処理、処理方法、再資

源化で捉える枠組みを示した。地域の詳細な統計データを用いることにより、地域特性を反映した詳細な分析が可能であると言える。第2に既存の全国表と今回推計した和歌山県平成7年度表及び平成12年度表から、和歌山県の特徴を分析した結果、二酸化炭素誘発では、全国と似た傾向を示したものの、全国に比べ運輸業への依存が高い地域特性を反映した結果に、平成7年度に比べ製造技術の向上、廃棄物処理の拡大を示す結果が得られた。最終処分誘発では、県外からの廃棄物移輸入や再利用率の影響等、産業構造、リサイクル状況を反映した結果となり、また経年変化から、多量排出多量投入産業では積極的な最終処分の抑制を、少量排出産業では、誘発係数は横ばいに推移し二極化の傾向が得られた。

本研究の発展課題として、より一層推計の精度を高めていく必要がある。具体的には分析対象とする廃棄物及び処理方法の細分化、詳細な廃棄物粗排出・粗投入量など統計的不備の改善である。以上の点を改善することにより、今後、より詳細な評価分析(廃棄物処理方法の変化が及ぼす環境・経済への影響分析など)を行うことが可能になると考える。

参考文献

- 1) 廃棄物産業連関表 1995年版：
<http://www.f.waseda.jp/nakashin/wio.j.html>
- 2) 中村 慎一郎：Excelで学ぶ産業連関分析, pp.1-309, エコノミスト社, 2000
- 3) 和歌山県企画部統計課：平成7年和歌山県産業連関表
- 4) 平成12年和歌山県産業連関表：
<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/sangyo/index.html>
- 5) 平成13年度 和歌山県廃棄物実態調査報告書, 和歌山県企画部統計課, 2002
- 6) 平成9年度 産業廃棄物処理計画策定に係る基礎調査業務報告書, 和歌山県, 1998
- 7) 中村 慎一郎：廃棄物経済学をめざして, pp.97-150, 早稲田大学出版部, 2002

EVALUATION OF LOOP-CLOSING OF WAKAYAMA USING WASTE INPUT-OUTPUT ANALYSIS

Toshimitsu HISAMATSU, Noboru YOSHIDA

Loads to local environment due to waste generation is different because of production, consumption and the recycling activities which depend on local characteristic. In this study, we estimated relationship between environmental load and economic activities at a local level to examine appropriate environmental measures.

Here, an attempt was made to estimate waste input-output table of 1995-Wakayama and 2000-Wakayama by using input-output table and industrial activity data of Wakayama. Then we analyzed trends of waste recycling and changes of embodied environmental load in Wakayama by comparing these two waste input-output tables.