

マテリアルバランス表の地域資源循環 施策管理への利用に関する研究

田畑智博¹・井村秀文²

¹正会員 博(工) 名古屋大学助手 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

E-mail: tabata@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²正会員 工博 名古屋大学教授 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

循環型社会に関する行動計画の作成、資源循環施策の策定と実施は、自治体レベルで行われている。資源循環施策を効率的に管理するためには、先ず地域の資源循環構造を把握するとともに、これを分析することで、必要な施策を検討していくことが重要である。しかしながら、このような視点から施策管理を実施している自治体は殆ど見受けられない。そこで本研究では、資源循環施策の管理を体系的に実施するための評価枠組みとして、マテリアルバランス表を用いた分析手法を提案した。これを愛知県に適用し、資源循環構造の特徴を分析するとともに、循環型社会を目指すうえでボトルネックとなっている部門を、デカップリング指標を用いて資源循環面、環境面、経済面から分析した。

Key Words: sound material-cycle society, regional resource circulation, material balance table, decoupling index

1. はじめに

循環型社会に関するマクロな政策体系と政策目標は国レベルで設定されているが、具体的な行動計画¹の策定やこれをもとにした施策の管理は、自治体レベルで行われている。例えば、都道府県で作成されている行動計画をみると、物質フロー指標や3R、最終処分に関する数値目標が設定されているほか、目標達成のために取り得べき資源循環施策が記されている。自治体は、廃棄物処理法により廃棄物処理に関する責務を負っているほか、自地域内の住民や事業者との連携により循環型社会づくりを目指していく立場にある。そのため、自治体が地域の資源循環構造を分析し、これを踏まえた施策を実施していくことは、循環型社会形成の観点から意義が大きいといえる。

地域の資源循環は、他地域間や自然界との物質移動を含め、自地域内の産業や家庭などの部門により構成されて

いる。自治体により効果的な資源循環施策を策定、実施していくためには、先ず、地域の資源循環の構造を把握するとともに、各部門における物質の投入・産出構造を分析することが重要であろう。これにより、例えば、経済活動や施策の実施に伴って資源循環構造がどのように変化してきたか、循環型社会形成を目指していくうえでどの部門がボトルネックとなっているのか、といった分析が可能となり、地域一律ではないきめ細やかな施策の策定が可能となる。しかしながら、現在のところ、地域資源循環の観点から施策の管理を体系的に実施するための分析枠組みはみられず、このような視点から、施策を管理している自治体は殆ど見受けられない。

そこで本研究では、地域資源循環施策の管理を体系的に実施するための評価枠組みとして、マテリアルフロー分析を用いた分析手法を提案する。本稿では、地域資源循環を考慮して物質フロー分析を体系的に実施する手段として、筆者ら²が開発したマテリアルバランス表を利用した。また、愛知県をケーススタディとし、1994年、1999年、2004年の三時点のマテリアルバランス表を作成するとともに、物質フローの三時点比較により資源循環構造の変化やその特徴を分析する。また、デカップリング指標を用いて、自治体が循環

¹ 例えば、「あいち資源循環型社会形成プラン(愛知県)¹⁾」、「京からはじめる循環の暮らし(京都府)²⁾」。また、廃棄物処理計画は、近年は、循環型社会を念頭に入れた計画づくりがなされており、これも行動計画として捉えることができよう。

を用いる。一連の作業によりマトリックスを完成させることで、式(1)、式(2)より地域内での物質の投入総量と産出総量が算出される。投入総量と産出総量はバランスしているという仮定から、物質の投入と産出のフローを、投入表と産出表に計上したデータにより追っていくことで、地域資源循環が物質フローとして記述される。マテリアルバランス表による物質フロー推計では、地域全体を対象とすることはもちろん、一つの部門や一つの物質に着目して物質フロー推計することも可能である。また、産業連関表に類似した分析体系として、物質投入産出分析を提案しているが、紙面の都合上、説明は省略する。

3. 愛知県におけるケーススタディ

本章では、愛知県をケーススタディとし、経済活動や資源循環施策の実施により、資源循環構造がどのように変化してきたかを、1994年、1999年、2004年の三時点比較により分析する。また、デカップリング指標を用いて、自治体が循環型社会をめざすうえでボトルネックとなっている部門を、資源循環面、環境面、経済面から分析する。次項では、マテリアルバランス表の作成方法及びデカップリング指標について述べる。

(1) マテリアルバランス表の作成

マテリアルバランス表で対象とする部門分類及び物質分類は、表-1、表-2に準じる。物質は、その種類によって自治体の公表年度や公表頻度が異なる。今回は、産業廃棄物の公表年度(1994年、1999年、2004年)に合わせてマテリアルバランス表を作成した。なお、1994年と1999年の場合は、

既報³⁾でマテリアルバランス表の作成及び物質フローの推計を行っているため、本稿では2004年におけるマテリアルバランス表の作成及び物質フローの推計を行う。

図-2に、2004年のマテリアルバランス表の作成フローを示す。1994年と1999年の場合でも、使用したデータの年度は異なるものの、作成方法は同じである。バージン原材料や中間・最終製品に関するデータは、産業連関表の金銭データを物量表により物量データに変換することで推計した。廃棄物に関するデータは、愛知県の統計資料を用いた。このような物量データをマテリアルバランス表に計上するとともに、投入と産出に関するバランス調整を行い、マテリアルバランス表を作成した。

以上により作成したマテリアルバランス表から、愛知県の物質フローを推計するとともに、三時点における、各部門の物質の投入量と産出量の増加率を算出した。

(2) デカップリング指標による地域資源循環の分析

デカップリング指標とは、OECD¹⁸⁾が開発した社会の持続性評価のための評価指標であり、環境への圧力をかけない形で経済成長が実現されているかを判断する。循環型社会は、持続可能な社会の一つの形態として捉えることが可能である。ここでは、地域の資源循環が、環境面、経済面からみて持続可能な状態であるかどうか、また、どの部門が循環型社会を目指すうえでボトルネックとなっているかを分析するために本指標を用いた。

デカップリング指標は、次式で表される。

$$DI = \frac{\Delta EP/EP}{\Delta DF/DF} \quad (3)$$

但し、DI: デカップリング指標、EP: 環境圧力(自然資源投

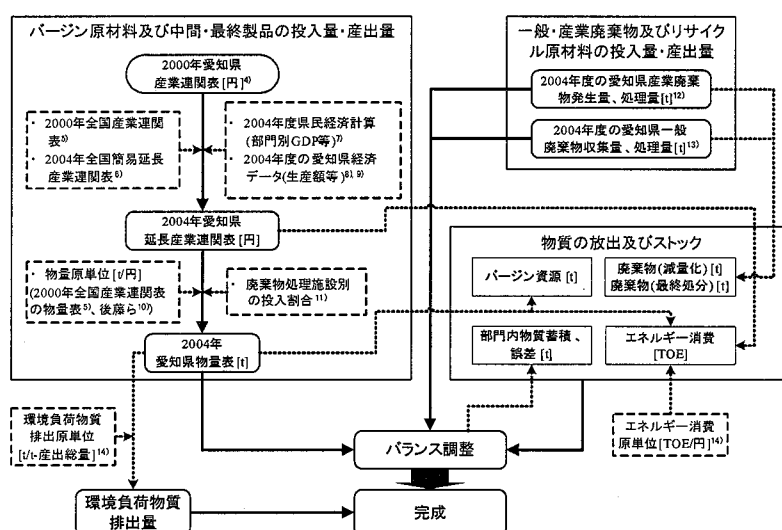


図-2 マテリアルバランス表(2004年表)の作成フロー

入など), DF : 駆動力(GDP など).

林¹⁶⁾によると, デカップリング指標の算定結果は, 表-3 のように判断される. OECD¹⁶⁾では, デカップリング指標の導入方法を幾つか説明している. 例えば, 農業の場合では, 環境圧力を土壌表面の余剰窒素増加率, 駆動力を農業生産の増加率としており, 製造業の場合では, 環境圧力を廃棄物発生量の増加率, 駆動力を付加価値額の増加率としている. これを踏まえ, 本研究では, 三時点間における各部門のデカップリング指標を算出する. 利用するパラメータとして, 駆動力は各部門の経済データ, 環境への圧力はバージン原材料及び中間・最終製品投入量, 廃棄物排出量, CO_2 排出量の 3 種類とした. これらは, バージン原材料及び中間・最終製品投入量は資源利用の抑制という観点から, 廃棄物排出量は排出抑制の観点から, CO_2 排出量は地球温暖化の観点から, それぞれ選定した.

4. 結果

(1) 資源循環構造の変化

図-3, 図-4 に, 産業部門と家庭の各部門における物質の投入量及び産出量の増加率を示す. なお, 繊維業とその他製造業は, 1999 年に対する 2004 年の廃棄物処理量の増加率が, 他部門よりも突出した結果となった. これは, 使用した統計資料による影響が大きかったため, 今回は除外した.

まず, 部門全体の結果をみてみると, 三時点を通してバージン原材料及び中間・最終製品の投入量が増加しており, 資源循環が拡大していることが伺える. また, 廃棄物排出量も増加傾向にある. リサイクル量の増加や最終処分量の減

表-3 デカップリング指標の算定結果の判断

・ $\Delta DFIDF > 0$ かつ $DI < 0$ の場合 駆動力の増加に対して環境圧力が減少しており, 経済成長と自然資源投入の減少が同時に達成されている. このとき, 経済が持続可能な発展に向かっていているといえる.
・ $\Delta DFIDF > 0$ かつ $0 < DI < 1$ の場合 駆動力よりも環境圧力の増加率の方が低く, 経済がより自然資源を節約する方向へ向かっていることを表す. 但し, 自然資源投入量は増加しているため, 持続可能な発展に向かっていているとはいえない.
・ $\Delta DFIDF > 0$ かつ $DI > 1$ の場合 経済成長よりも環境圧力の増加率の方が高いことを示し, 持続可能とは反対方向に向かっていることを示す.
・ $\Delta DFIDF < 0$ の場合 経済の低迷などにより経済成長率がマイナスになっている場合は, 持続可能な発展か否かを判断することができない. この場合は, 駆動力の増加率と環境圧力の増加率から判断する.

少がみられるが, 部門全体でみると排出抑制が実現できていないことがわかる.

次に各部門でみてみると, 1994 年から 1999 年にかけて, リサイクル量の増加率が 1.0 を超えている部門が, 全体の約半数を占めている. また, 大部分の部門において, 最終処分量の増加率がマイナスとなっている. 1999 年から 2004 年にかけては, リサイクル量の増加率が 1.0 を超えている部門は大幅に減少しているが, 全体的には増加傾向にあるため, 三時点を通してリサイクルが活発になっていることが伺える. 最終処分量の減少も同様である. また, 1999 年から 2004 年にかけてリサイクル量が減少している部門が幾つかみられるが, これは廃棄物排出量自体が減少しているために, リサイクル量も減少したと考えられる.

次に廃棄物排出抑制の観点からみてみると, 状況が変わる. 即ち, 1999 年から 2004 年にかけて, 約半数の部門で廃棄物排出量が増加している. 石油・石炭業のように, 増加率の伸びが減少している産業もあるものの, 全体的に排出抑制が効いていない. 特に, 食料品業, 電気機器業, 三次産業は, 廃棄物排出量の増加に加えて, 最終処分量の増加も

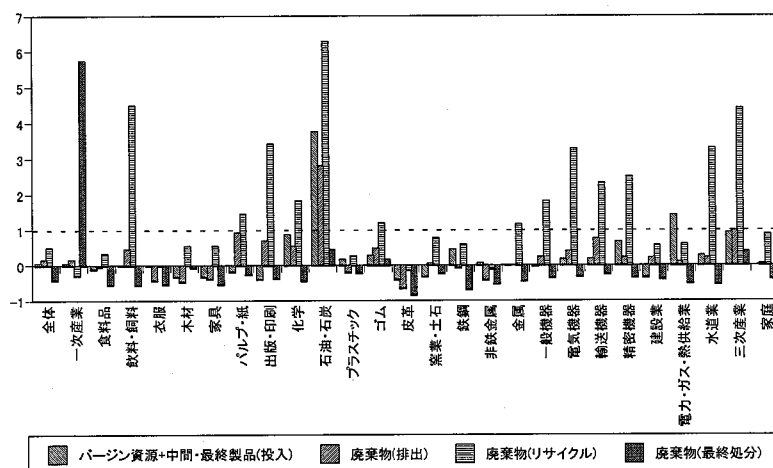


図-3 1994 年に対する 1999 年の各部門における物質の投入量及び産出量の増加率

廃棄物(リサイクル)とは, 各部門で排出された廃棄物のうちのリサイクルされる分を指す. 廃棄物(最終処分)とは, 各部門で排出された廃棄物のうちの最終処分される分を指す.

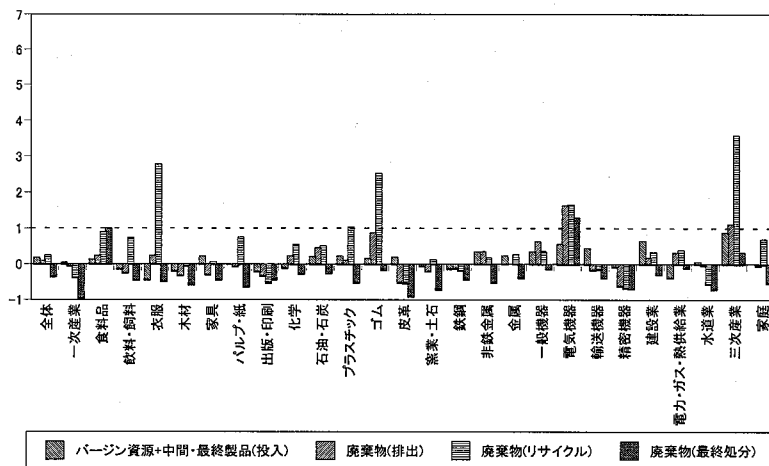


図-4 1999年に対する2004年の各部門における物質の投入量及び産出量の増加率

表-4 1999年に対する2004年の各部門におけるデカップリング指標の結果

	* (1999年に対する 2004年の増加率)	バージン原材料+中 間・最終製品投入量/*	廃棄物排出量/*	CO ₂ 排出量/*
一次産業	-0.11 (生産額)	-0.40	0.40	8.01
食料品	-0.08 (付加価値額)	-1.76	-3.07	7.07
飲料・飼料	-0.33 (付加価値額)	0.40	0.77	-0.48
衣服	-0.44 (付加価値額)	1.00	-0.53	1.94
木材	-0.19 (付加価値額)	1.04	1.70	-3.03
家具	-0.13 (付加価値額)	-1.65	2.27	-3.56
パルプ・紙	-0.16 (付加価値額)	-0.002	0.39	4.53
出版・印刷	-0.46 (付加価値額)	0.46	0.73	-3.11
化学	0.06 (付加価値額)	-1.91	3.91	-15.26
石油・石炭	-0.03 (付加価値額)	-6.53	-14.28	28.37
プラスチック	0.13 (付加価値額)	1.71	0.79	8.05
ゴム	-0.02 (付加価値額)	-6.69	-39.21	25.24
皮革	-0.35 (付加価値額)	-0.55	1.47	2.40
窯業・土石	0.00 (付加価値額)	11.99	59.03	206.27
鉄鋼	0.24 (付加価値額)	-0.57	-3.08	-2.41
非鉄金属	0.24 (付加価値額)	1.42	-0.73	-3.30
金属	-0.09 (付加価値額)	-2.52	0.33	-7.76
一般機器	0.02 (付加価値額)	14.20	25.82	145.14
電気機器	0.18 (付加価値額)	3.07	9.01	4.61
輸送機器	0.19 (付加価値額)	2.29	-0.87	22.66
精密機器	0.05 (付加価値額)	-1.52	-12.96	8.76
建設業	-0.07 (生産額)	-9.36	-2.57	-5.17
電力・ガス・熱供給業	-0.18 (生産額)	2.05	-1.69	5.13
水道業	-0.09 (生産額)	-0.69	0.30	11.01
三次産業	0.04 (生産額)	20.03	25.06	-1.29
家庭	0.03 (県民所得)	1.16	-1.38	1.13

単位: [-]

太字・・・持続可能な状態に向かっているといえる。斜線・・・持続可能な状態に向かっているとはいえない。網掛け・・・持続可能な状態とはいえない。* < 0・・・持続可能か判別不能

みられる。これらの部門では、リサイクルも多く実施されているが、排出抑制や最終処分量を減少させるための施策を実施していく必要がある。

(2) デカップリング指標による結果

表-4に、1999年に対する2004年の各部門におけるデカップリング指標の結果を示す。式(3)の分母として、一次産業、建設業、電力・ガス・熱供給業、水道業、三次産業は生産額、二次産業は付加価値額、家庭は県民所得を用いた。

結果として、まずバージン原材料及び中間・最終製品投入量の場合からみると、化学、鉄鋼業、精密機器業は持続可能な方向に向かっているといえる。反面、一般機器業、電気機器業、輸送機器業、三次産業、家庭などで持続可能な

状態とはいえないことがわかる。持続可能か判断不能部門は、図-4より判断するが、この内食料品業、建設業などはバージン原材料及び中間製品の投入量が増加しており、持続可能な状態とはいえない。これらの部門については、如何に資源利用を抑制していくための施策を実施していくかが重要になると考えられる。

廃棄物排出量からみると、鉄鋼業、精密機器業、家庭などが持続可能な状態に向かっているといえる。反面、一般機器業、電気機器業、三次産業では持続可能な状態とはいえず、特にこれらの産業では廃棄物排出抑制の施策を実施していくことが重要であると考えられる。

CO₂排出量からみると、化学、鉄鋼業、非鉄金属業などが持続可能な状態に向かっているといえる。反面、プラスチッ

ク製造業、一般機器業、電気機器業、輸送機器業などは持続可能な状態とはいえない。CO₂の排出は部門の活動に比例して引き起こされるため、特にこれらの産業では資源利用の抑制や廃棄物排出抑制などの施策を実施していくことが重要であると考えられる。

全体を通してみると、2種類以上で持続可能でないと判断された部門は、プラスチック製造業、一般機器業、電気機器業、輸送機器業、三次産業、家庭などである。これらの部門は、愛知県の基幹産業が含まれており、本県の経済発展において重要なファクターを占めているが、このような部門において資源循環施策を実施していくことにより、愛知県が循環型社会形成を目指していくうえでより効果的な結果を得られると考えられる。

5. おわりに

本研究では、自治体における資源循環施策の管理をより戦略的に実施するため、マテリアルバランス表を用いた分析枠組みを提案した。また、愛知県をケーススタディとし、1994年、1999年、2004年の三時点における資源循環構造の比較分析を行うとともに、デカップリング指標を用いて資源循環面、環境面、経済面からみた分析を行った。これにより、資源循環構造の時系列変化やその特徴を分析するとともに、部門ごとに取り得るべき施策を論じた。

今後は、部門毎に提案した施策を実施することにより、地域資源循環にどのようなインパクトがあるのか、また、これにより循環型社会形成にどのような効果が見込めるか、といったことを定量的に分析することで、マテリアルバランス表を用いた資源循環施策の管理のための分析枠組みを開発する予定である。

謝辞: 本論文を作成するにあたり、愛知県環境部より資料提供にご協力頂いたここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 愛知県: あいち資源循環型社会形成プラン, 2003.
- 2) 京都府: 京都府循環型社会形成計画-京からはじめる循環の暮らし-, 2003.
- 3) 田畑智博, 井村秀文: 循環型地域社会形成支援のためのマテリアルバランス表の開発とその適用に関する研究, 環境科学会誌, Vol.19, No.4, pp.329-343, 2006.
- 4) 愛知県: 平成12年あいちの産業連関表, 2005.
- 5) 総務省: 平成12年産業連関表, 2004.
- 6) 経済産業省経済産業政策局調査統計部編: 平成14年度簡易延長産業連関表, 2003.
- 7) 愛知県: 平成16年度愛知の県民経済計算, 2006.
- 8) 愛知県: 平成17年度愛知県統計年鑑, 2006.
- 9) 愛知県: 平成16年あいちの工業, 2005.
- 10) 後藤尚弘, 内藤ゆかり, 胡洪営, 藤江幸一: 地域ゼロエミッションを目指した愛知県物質フローの解析, 環境科学会誌, Vol.14, No.2, pp.211-219, 2001.
- 11) 田中信寿・松藤敏彦, 廃棄物処理システム評価計算プログラム, <http://wastegr2-cr.eng.hokudai.ac.jp/home/soft.htm>
- 12) 愛知県: 平成16年度廃棄物処理事業実態調査, 2005.
- 13) 愛知県: 平成17年度愛知県廃棄物処理計画策定調査報告書(平成16年度実績), 2006.
- 14) 南齋規介・森口祐一・東野達: 産業連関表による環境負荷原単位データブック. CGER-REPORT, 2002.
- 15) OECD: Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth, 2002.
- 16) 林 岳: 地域における第一次産業の持続可能な発展に関する分析, 農林水産政策研究, Vol.6, pp.1-22, 2004.

STUDY ON UTILIZATION OF MATERIAL BALANCE TABLE TO MANAGE MEASURES FOR REGIONAL MATERIAL CYCLE

Tomohiro TABATA and Hidefumi IMURA

Local government designs action plans for establishing sound-material cycle society and manages measures such as waste prevention and recycling. For effectively managing these measures, it's important to grasp and to analyze the structure of regional material cycle. In this study, we proposed an analytical framework by material balance table that is possible to systematically grasp a material flow. This framework was applied to Aichi prefecture and the material cycle was grasped and analyzed. Then sectors that are bottle neck for establishing sound-material cycle society was investigated by the decoupling index.