

地域を連携した物質代謝を評価する地域間物質フロー作成手法に関する研究 INTER-REGIONAL MATERIAL FLOW ACCOUNTING FOR EVALUATION OF LOCAL COLLABORATION TOWARDS SOUND METABOLISM

吉田登¹・佐々木孝仁²・中村信夫³・金子泰純¹

Noboru YOSHIDA, Takahito SASAKI, Nobuo NAKAMURA and Hirozumi KANEKO

Abstract: In the present paper, an attempt is made to develop inter-regional material flow accounting in order to support evaluation of the effect by local collaboration towards sound metabolism. First, analytical methodology on allocation of inter-regional material transaction is proposed corresponding to the frame of material flow accounting. Second, inter-regional material flow between Wakayama and Osaka, where Wakayama city and south part of Osaka are divided, is calculated using available statistical data. Moreover, eco-efficiency in implementation of recycling waste plastics is evaluated. Finally, further development and application of this material flow accounting is discussed.

Key Words : Material flow, Regional collaboration, Eco-efficiency, Input-Output

1. 地域を連携した循環形成のための資源勘定作成の意義

自由貿易の進展や近年の規制緩和により経済活動は今なお地域、国境を越えて進展している。その過程で、過度の資源採取や物資の輸送に伴う環境負荷が増大してきた。わが国の総物質投入に対して、海外における資源採取に伴う環境改変（隠れたフロー）は、さらにその1.8倍にも達している。¹⁾ 持続可能性の観点からみて、今後は、このような「グローバル化経済と地域経済が相互に補完しあいながら環境保全上望ましい形で展開されるよう各種の取組を進めていくことが、環境効率性の高い経済社会を構築していく上で必要」²⁾であると考えられる。

では環境保全を内在した地域経済をどのように進めてゆけばよいだろうか。地域資源の地域内での利用、循環といったモノの循環を進め、「グローバル化した経済から自立した地域経済まで様々なレベルの圏域が存在する重層構造をもつ経済社会」³⁾を形成していくことが求められる。

このような観点から、地域の循環形成を診断、管理していく上で、鍵となるのは、評価手法の開発である。評価の「ものさし」となる環境指標や「帳簿」となる環境資源勘定の開発が、これまで国レベルで進められてきており⁴⁾、日本での適用も試みられている。⁶⁾ 圏域など地域レベルでの指標検討も進みつつあり⁷⁾、これにあわせた地域資源勘定の開発が求められる。

相互に補完しあいながら循環形成を進めていくための地域経済の単位は、資源の特性や地域経済の繋がりにより異なる。家電リサイクルのように広域で展開されるものもあれば、ゼロエミッション工業団地のように隣接自治体間での連携を基本とするものもある。産業や環境経済などの政策誘導の点からは中核市レベルを基本単位に、場合によっては府県を越えた連携なども模索できる勘定があれば望ましい。しかし、勘定作成に必要なデータの利用可能性、特に地域間の取引データは、金銭ベースでは経済産業省が公表する全国9地域間産業連関表、物量ベースでは、国土交通省が公表する都道府県間単位の物流センサスなど、都道府県以上のレベルに留まらざるを得ない。

そこで本研究では、人口数十万の中核市レベルの自治体に一般的に備わる統計と全国レベルの指定統計を組み合わせて、都道府県レベルよりさらに詳細な中核市を含む地域間物質投入産出のフローを推計する方法を提案し、それを和歌山市と南大阪について適用した。それに合わせて、既存の統計間の整合やデータの利用可能性について検討した。

2. 中核市を含む地域間物質フロー作成方法

(1) 対象地域

府県を越えて隣接する、和歌山市と大阪府の堺以南（以下、南大阪）を含めた、和歌山県、大阪府の

¹和歌山大学システム工学部 Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

²株式会社堀場製作所 HORIBA, Ltd.

³三菱総合研究所 Mitsubishi Research Institute, Inc.

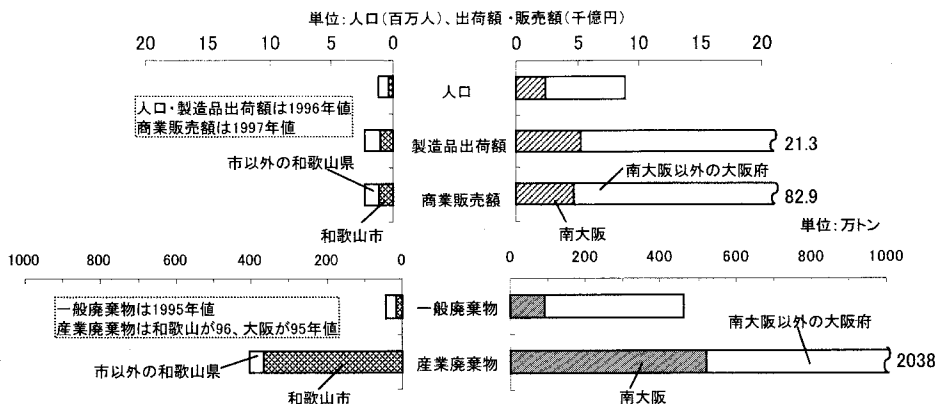


図-1 和歌山と大阪での都市活動量及び廃棄物排出量の比較

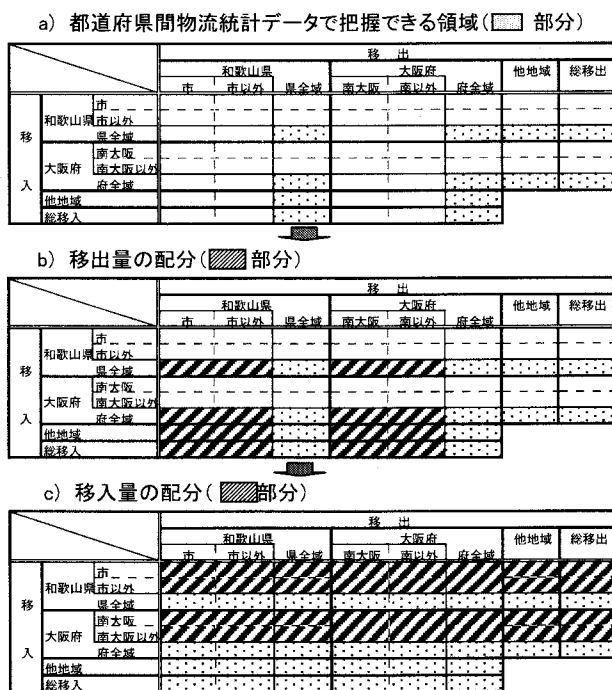


図-2 地域間物質フロー作成の基本的な手順

2府県間取引を取り上げる。和歌山と大阪での都市活動量と廃棄物排出量を比較して図-1に示す。南大阪地域は、和歌山県の2倍を上回る都市活動量を有している。廃棄物の発生量は、和歌山市での大規模事業所集積に伴い、産業廃棄物の発生量が大い。また南大阪での人口集積の高さに起因して、南大阪での一般廃棄物の排出が大いという特徴がある(図-1)。

(2) 地域間物質フロー作成の基本的な手順

地位間物質フロー作成の手順は、図-2に示すとおり、およそ3段階に分けられる。以下に、各段階における推計手法の詳細を述べる。

a) 物流統計データによる府県間物質フローの配分

国土交通省が提供している物流統計データ(物流センサス⁸⁾もしくは貨物地域流動調査⁹⁾により、図中の網がけ部分に相当する、府県相互間輸送トン数を得る。

b) 移出量の配分

移出側から見れば、a)で把握した府県相互間輸送トン数は、ある府県からある府県へ移出した物資のトン数を示す。したがって、移出元の府県において移出物資を産出する産業の活動量(製造品出荷額¹⁰⁾などの移出元府県内での比率から、移出量を、移出元の詳細地域間に配分する。例えば、鉄鋼製品であれば、和歌山県から大阪府への鉄鋼の移出量(移出の和歌山県の行と移入の大阪府の列の交差部分)を、和歌山県内の鉄鋼業の製造品出荷額に対する、和歌山市内と市外の出荷額の比率によ

り配分する(表-1参照)。配分に用いる活動量データについて、貨物地域流動調査で扱う32品目に対して、中核市レベル以上の自治体で凡そ適用可能な統計を対応付けたものを表-2に示す。物流センサスにおいても、これに準じた対応付けが可能である。

表-1 移出量の地域間配分例

品目	流出量	対応業種	活動量規模		出所	比率	流出量
			県	市			
麦	Out1(t)		A+B	a+b	—	(a+b)/ (A+B)	Out1 × (a+b)/ (A+B)
		〇〇業	A	a	農業センサス		
		△△業	B	b	農業センサス		
米	Out2(t)						Out1 × ...
：							

表-2 移出量の配分に用いる統計資料の対応付け
(貨物地域流動 32 品目の場合)

品目	統計資料名
穀物	米生産額(農林水産統計年報)
野菜・果物	野菜・果物合計生産額(農林水産統計年報)
その他の農産物	花卉・工芸・その他作物合計生産額(農林水産統計年報)
畜産品	畜産品生産額(農林水産統計年報)
水産品	漁船総トン数(農林水産統計年報)
木材	林野面積(農林水産統計年報)
薪炭	広葉樹林面積(農林水産統計年報)
石灰	従業員数(事業所統計)
金属鉱	従業員数(事業所統計)
砂利・砂・石材	従業員数(事業所統計)
石灰石	従業員数(事業所統計)
その他の非金属鉱	従業員数(事業所統計)
鉄鋼	鉄鋼業製造品出荷額(工業統計、以下同じ)
非鉄金属	非鉄金属工業製造品出荷額
金属製品	金属工業製造品出荷額
機械	一般機械工業製造品出荷額
セメント	窯業製造品出荷額
その他の窯業品	窯業製造品出荷額
石油製品	石油・石炭工業製造品出荷額
石灰製品	石油・石灰工業製造品出荷額
化学薬品	化学工業製造品出荷額
化学肥料	化学工業製造品出荷額
その他の化学工業品	化学工業製造品出荷額
紙・パルプ	紙・パルプ工業製造品出荷額
繊維工業品	繊維工業製造品出荷額
食料工業品	食料品工業製造品出荷額
日用品	その他工業製造品出荷額
その他の製造工業品	その他工業製造品出荷額
金属くず	その他工業製造品出荷額
動植物性飼料	その他工業製造品出荷額
その他の特産品	その他工業製造品出荷額
その他	その他工業製造品出荷額

c) 移入量の配分

移出側の配分は、供給側であるため、対応する業種は、物資の品目に対してはほぼ1対1対応であった。これに対して、移入側の場合は、需要側であるため、対応する業種は多岐に及ぶ。そこで、ここでは産業連関表の投入係数を活用する。まず物流統計データの品目区分に対応する産業連関表¹⁾の品目区分を特定する(例えば、業種1～20までは品目1に対応する等)。次に、全国産業連関表の投入表から品目別の投入係数を得る(品目との整合から、農産物関係については統合小分類186部門、工業製品等は統合中分類93部門表をそれぞれ用いた。府県毎に中分類レベルの産業連関表が作成されているため、工業製品等については、それらを適用できる)。b)で把握した詳細地域(和歌山市など)ごとの活動量に対して、当該品目の投入係数を乗じたものを合計して、その詳細地域における当該品目の需要量とする。そして、詳細地域を含む府県全体の需要量に対する詳細地域での需要量の割合を移入量に乘じることにより、詳細地域を含む移入量の配分が確定することが

表-3 物流統計品目と産業連関表部門との対応

貨物地域流動	設定部門	産業連関表
穀物	穀物	雑穀
		いも・豆類
野菜・果物	野菜・果物	野菜
		果実
その他の農産物	その他の農産物	その他の食用作物
		非食用作物
		養蚕
畜産品	畜産品	畜産
木材	林産品	林業
薪炭		
水産品	水産品	漁業
石灰	鉱産品	鉱業
金属鉱		
砂利・砂・石材		
石灰石		
その他の非金属鉱		
鉄鋼	鉄鋼	鉄鋼
非鉄金属	非鉄金属	非鉄金属
金属製品	金属製品	金属製品
機械	機械	機械
セメント	窯業・土石製品	窯業・土石
その他の窯業品		
石油製品	石油製品	石油製品
石灰製品	石灰製品	石灰製品
化学薬品	化学薬品	化学薬品
化学肥料	化学肥料	化学肥料
その他の化学工業品	その他の化学工業品	その他の化学工業品
紙・パルプ	紙・パルプ	紙・パルプ
繊維工業品	繊維工業品	繊維工業品
食料工業品	食料工業品	食料工業品
日用品	日用品	日用品
その他の製造工業品	その他の製造工業品	その他の製造工業品
動植物性飼料		
その他		
金属くず	廃棄物	廃棄物
その他の特産品		

できる。

物流統計データの品目に対応する産業連関表の部門を表-3に示す。

3. 地域間物質フローの作成とその応用

(1) 地域間物質フローと投入構造

提案された地域間物質フロー勘定を用いて、実際に、和歌山市と南大阪を含む和歌山県一大阪府間の地域間物質フローを作成した結果として、32品目の個別表を合計した総括表を表-4に示す。これをもとに投入元別の割合で地域ごとに投入構造を比較したものが図-3である。貨幣タームすなわち県内総生産の規模は、大阪府は和歌山県の10倍を超えるが、物質量でみた投入産出の規模は、大阪府は和歌山県の約4倍に相当する程度である。相対的に和歌山はモノの生産、大阪はサービスの生産の比重が高いことを特

表-4 地域間物質フロー総括表（和歌山県・和歌山市・大阪府・南大阪）

		移 出						
		和歌山県			大阪府			他地域
		和歌山市	和歌山市以外	県全域	南大阪	南大阪以外	府全域	
移入	和歌山県	8,506	10,749	19,255	2,053	1,277	3,329	11,020
	和歌山市	10,232	19,710	29,941	872	1,021	1,893	5,149
	和歌山市以外	18,738	30,458	49,196	2,925	2,298	5,222	16,169
	大阪府	928	915	1,843	15,357	40,314	55,671	35,766
	南大阪地域	2,195	1,889	4,085	34,283	89,030	123,314	76,755
	南大阪以外	3,124	2,804	5,928	49,641	129,344	178,985	112,522
移出	府全域	7,028	10,201	17,229	38,527	85,521	124,047	
	他地域	28,890	43,463	72,353	91,092	217,162	308,254	
	総移入							

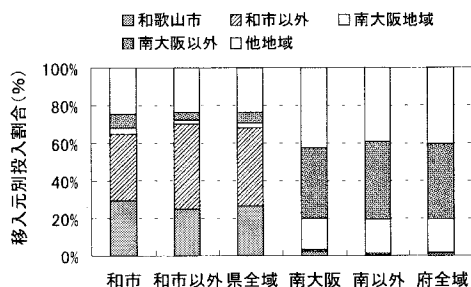


図-3 各地域への投入構造の比較

徹的に示している。府県スケールでの物質代謝の自立度（自区域投入割合）は、大阪府が58%であるのに対して和歌山県は68%あり、和歌山県の物質量でみた自立度は相対的に高い。さらに和歌山県は大阪を合わせた圏域での取引は大阪府に比して約16～17%程度高く、総移入の約8割を占めている。特に、和歌山市以外の県内地域では南大阪からの物量ベースでの投入は2%程度であるのに対して、和歌山市においては、総移入量の5%に相当する量が、南大阪から投入されている。また、大阪府全体への総物質移入に占める和歌山県の寄与は、1.7%程度であるのに対して、南大阪におけるそれは3%ある。基本的に大阪が圏域外に開いた構造を有していることを考慮しても、南大阪との和歌山市との間で物質フロー面での一定の関わりがあることを示している。

図-4は、さらに詳細に、和歌山と大阪の間での品目別の物質投入構造を和歌山県—大阪府間と和歌山市—南大阪間で比較したものである。物質代謝合計での自立度が高い一方で、例えば紙・パルプなどは、和歌山県への物質投入に占める大阪府の寄与が大きい。このことは、紙資源の循環の上では、大阪との連携が必要であることを示唆している。また和歌山県の特徴である穀物や野菜・果物など一次産品においても大阪府の一定の寄与があり、大阪府本来の活動量が大きいことが伺われる。和歌山県への大阪府からの投入割合よりも和歌山市への南大阪からの投入割合が高い品目は認められないが、こうした府県間での物流を利用して、地域間の代謝改善を考えることも必要であろう。一方、大阪府への総物質投入に占める和歌山県からの投入割合が高い品目は、石

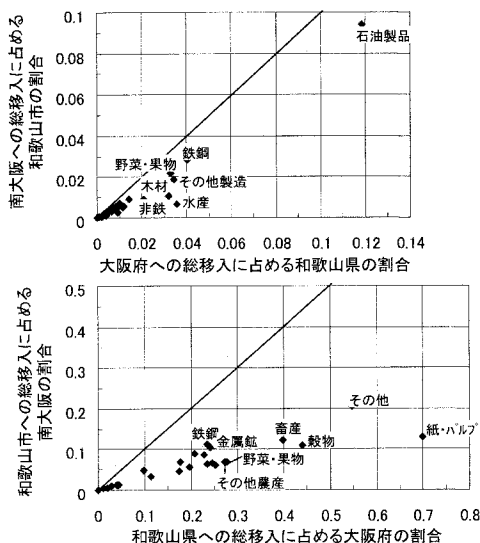


図-4 和歌山と大阪の相互間での投入構造の比較

油製品や鉄鋼などが挙げられ、これらにおいては南大阪への物質投入に占める和歌山市からの投入割合も高いため、これらの製品連鎖に関連する物流資源などを活用して物質代謝の改善を考えていくことは実際的である。

(2) 物資に着目した相互依存関係の抽出

領域細分割した移出入表を作成することにより、物質循環の相互依存関係を高めたい地域に対して、対象とする物質を検討する際の基礎指標を提供することができる。例えば、和歌山市の総移入に対して南大阪からの移入の割合が高い部門や、南大阪の総移入に対して和歌山市からの移入の割合が高い部門などを、抽出することが可能になる。図-5には、和歌山市と南大阪間で移入の相互依存関係が高い物資を抽出したものを示している。これによると、鉄鋼、木材、穀物、金属製品などの移入割合が高い。中でも鉄鋼は、両地域ともに移入割合は上位にあり、相互の経済活動において重要な位置を占める物資であることが伺える。また、図に示すような自区域投入

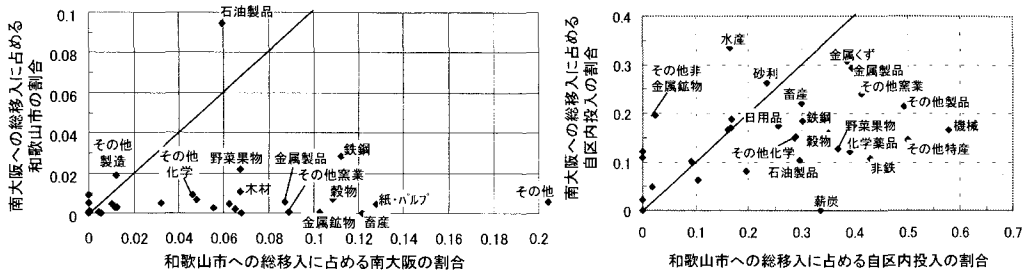


図-5 和歌山市と南大阪との相互投入及び自区域投入の品目別割合

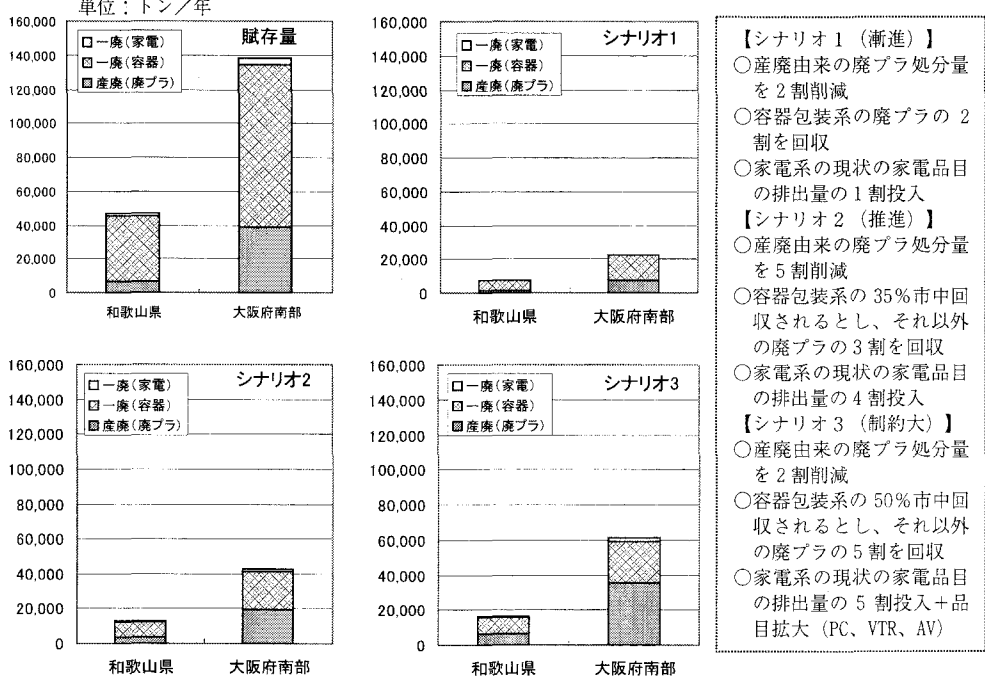


図-6 廃プラスチックの賦存量とシナリオごとの排出量変化

(自立度)の高い物資を核として地域の内発性を重視した代謝形成の戦略を考えることも有効であろう。

(3) 地域連携による循環形成効果の評価

移入における相互依存関係の大きい鉄鋼を例にとる。南大阪で廃プラスチックの排出が相対的に大きいことに着目し、廃プラスチックの高炉還元による循環形成効果の評価をおこなう。

a) 廃プラスチック排出量の推計

図-6に示す排出量結果に至る推計プロセスは以下のとおりである。

産業廃棄物由来について、和歌山県市の値は、和歌山県産業廃棄物に関する調査報告¹²⁾より得た。大阪府については、大阪府産業廃棄物処理実態調査報告¹³⁾により得られる、大阪府全域での廃プラスチック処分量/発生量の比率(製造業、業種別)を大阪

府南部の業種別廃プラ発生量に乗じて推計した。

粗大系以外の一般廃棄物由来の廃プラスチックについては、各府県市の清掃事業データによった。

家電由来については、家電製品リサイクル協会等からの排出量データ¹⁴⁾と製品別廃プラスチック成分比率をもとに全国ベースでの廃プラ排出量を求め、それを人口比率で按分した。

拡大生産者責任に基づく容器包装と家電廃プラの回収の程度、及び産業廃棄物系廃プラにおける最終処分率削減の程度を勘案して3つのシナリオを与え、それぞれの廃プラ回収量を推計した。賦存量ベースではコークス代替として、和歌山市への石炭輸入2900千トンに対して南大阪を含めた廃プラ賦存量185千トンは、輸入の約6%に相当する。これは和歌山県の場合より3倍以上の代替が可能となる量である。

【シナリオ1(漸進)】

- 産廃由来の廃プラ処分量を2割削減
- 容器包装系の廃プラの2割を回収
- 家電系の現状の家電品目の排出量の1割投入

【シナリオ2(推進)】

- 産廃由来の廃プラ処分量を5割削減
- 容器包装系の35%市中回収されるとし、それ以外の廃プラの3割を回収
- 家電系の現状の家電品目の排出量の4割投入

【シナリオ3(制約大)】

- 産廃由来の廃プラ処分量を2割削減
- 容器包装系の50%市中回収されるとし、それ以外の廃プラの5割を回収
- 家電系の現状の家電品目の排出量の5割投入+品目拡大(PC、VTR、AV)

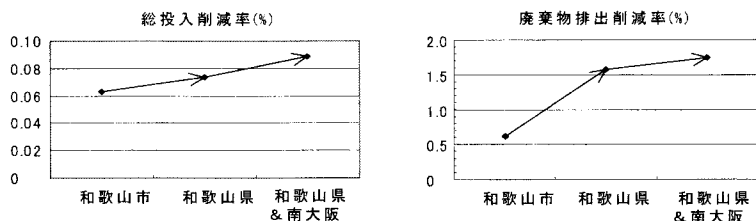


図-7 廃プラのコークス代替に伴うバージン資源投入、廃棄物排出の削減効果

また、廃プラ賦存量19万トンに対してシナリオ1で約3.0万トン、シナリオ2で約5.6万トン、シナリオ3で約7.8万トンというオーダーを把握した。シナリオ2では、和歌山での3000千トン粗鋼生産へのコークス投入の4%（6万トン）と同程度の値となる。現状では、廃プラの投入可能ポテンシャルは、年間約3000千トンオーダーの粗鋼生産に投入されるコークス約1500千トンの4%として、約60千トンあり、地域での廃プラ賦存量のオーダーを遥かに上回る量である。これはコークス炉のみであり、コークス炉への投入増大や高炉への投入により、投入可能量は、この2倍以上になる。

b) 循環形成のエコ効率評価

リサイクルに伴い、生産額の変化をとりあえずないものと仮定すると、同じ生産額に対する物質総投入の割合、廃棄物発生量に対する発生量削減率の変化が求まる。

廃プラのコークス代替効果を例にとると、バージン投入量、廃棄物排出量に対する削減効果は、図-7のとおりとなる。地域への総投入規模が大きいために投入の削減率は0.1%未満のオーダーであるが、地域の連携によるバージン削減の効果は割合としても線形的に向上している。他方、廃棄物排出量の削減効果は%オーダーで表れる。南大阪では投入量に対する廃棄物排出量の割合が大きいために、削減率の限界値（変化割合）は、和歌山市から和歌山県へ拡大する場合に比べると削減率そのものの改善の伸びは鈍化する。

4. 分析から得られた成果と今後の課題

(1) 地域間物質フロー推計上の課題

調査分析から得られた成果及び考察された地域物質循環推計上の課題は、以下のとおりである。

- 地域間の物質流出入を中核市を含む領域で配分する際の情報として、地域間物資流動のデータと、産業連関表その他の都市活動統計がほぼ対応可能であることが確認された。
- 中核市よりさらに詳細な市町村を領域分割に含む物質勘定表作成する場合には、扱う物量の種類に対応した、当該市町村が属する都道府県の統計情報が必要になる。この統計の整備は個別都道府県の地域経営上の事情により異なる場合がある。特に、都道府県域を越えた検討を考えると、圏域レベルで統計データ項目をある程度そろえることが必要である。

- 統計データの整備年が、一次産業と二次産業、産業連関表と物資流動、廃棄物データで違うなどの年度の相違には補正を要する。
- 貨物流動調査では輸出入物資の大半は、直接の投入で除外されると考えられるが、輸入基地から事業所までにある程度の輸送を伴う場合には、統計に計上される可能性がある。

(2) 地域間物質フローの地域連携への応用

地域間物質フローは、中核市など自治体を単位とする都市域間の相互依存や循環形成に向けた連携可能性の検討に応用できる。例えば、エコタウンの立地を工業統計表で指定される工業地区に対応づけると、バイエリアなどでの工業地区間の連携の有効性を評価できる。工業統計表においては工業統計区という単位でも諸活動が観察、計量化されているが、この工業地区は市町村単位の集合体として統計上、組み上げることができる。工業地区間の連携により投入産出のバランスを検討する際にも、このような地域間物質フロー勘定は有効である。

参考文献

- 環境庁編：平成12年版環境白書総説、p.22、ぎょうせい、2000
- 環境庁編：平成11年版環境白書総説、p.157、大蔵省印刷局、1999
- 環境庁編：平成11年版環境白書総説、p.145、大蔵省印刷局、1999
- Moldan, B. and Billharz, S. ed.: Sustainability Indicators, Report of the project on Indicators of Sustainable Development, SCOPE 58., John Wiley & Sons, pp.415,1997
- 藤崎成昭編 森田恒幸分担執筆：環境資源勘定－レビューと今後の展開方向、環境資源勘定と発展途上国、アジア経済研究所、pp.29-59、1994
- 森口祐一：マテリアルフローからみた人間活動と環境負荷、環境システム研究 Vol.25, pp.557-568、1997
- 地球環境関西フォーラム・都市環境部会「広域環境指標研究会」：広域環境管理指針推進（評価手法検討）調査報告書、pp.51、1999
- 運輸省運輸政策局編：全国貨物純流動調査
- 運輸省運輸政策局編：貨物地域流動調査
- 経済産業省：工業統計表
- 総務庁編：産業連関表
- 和歌山県：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、pp.79、1998
- 大阪府：平成7年度 産業廃棄物処理実態調査報告書、pp.140、1998
- 神鋼リサーチ：家電リサイクルビジネスの現状分析と将来展望、pp.163、1999