

日本全国の都道府県における物質循環評価手法に関する研究

天野耕二¹・戸辺勝俊²・長谷川聖洋³

¹正会員 工博 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科（〒525-8577草津市野路東1-1-1）

²立命館大学大学院理工学研究科

³日本電気株式会社

日本全国の都道府県単位で、産業構成に着目した物資フロー分析を行い、循環型社会構築に向けた物質循環評価を試みた。全国平均では、1円の生産額に対して約1gの廃棄物を発生させる評価結果となったが、都道府県ごとに見ると、1円の生産に対して0.4gの廃棄物発生で済む地域から2g以上の廃棄物を発生させる地域まで、大きなばらつきがあった。第2次産業における業種間比較まで踏み込んだ分析を行った結果、GDPや生産額等の経済効用指標を組み込んだ物質投入や廃棄物発生を評価することにより、地域（都道府県）単位で循環を評価する場合と、さらに産業単位に分類して評価する場合に分けながら、物質循環指標のあり方を提示することができた。

Key Words : regional material balance, industrial cross-section, urban metabolism indicator, physical distribution

1. はじめに

今日の大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会経済活動により成り立っている地域社会を持続可能な状態に保つためには、社会システム全体を循環・共生型に転換しなければならない。すなわち、資源やエネルギーの循環度を高め、資源採取から廃棄に至る各段階での環境負荷を低減するとともに、人間の活動に伴う物質の移動を自然界の循環に適合させることが求められる。このような循環・共生型社会の実現は、産業・空間利用・ライフスタイルの各方面で、その技術・制度・価値観を変革することで達成されるが、変革のための計画を検討するには、現状を整理し計画の効果を評価する指標が必要である。ここで言ういわゆる「循環指標」とは、持続可能な循環・共生型社会の構築の重要な指針となるべきものである。

大量の物資に特徴づけられた今日の経済社会と環境問題との関係を分析する上では、自然環境と経済活動の間、および様々な経済主体間の物資やエネルギーの流れを定量的に把握することが不可欠であり、そのための新しい環境評価手法としてマテリアルフロー分析^{1),2)} (Material Flow Analysis/Accounting) が提唱されている。マテリアルフロー分析とは、対象

とする系での物質の流れを定量的に分析し、その値から環境への負荷を評価する方法であり、その対象とする系としては、国、地域、産業部門、事業所、生産工程などさまざまな単位が考えられる。

一方で、地域を対象とした循環の評価については、都道府県を領域とした物質代謝に関する分析^{3),4),5),6)}が進められている。物流関係の統計資料から物質・水・エネルギーの収支を求めることで、都道府県という「地域規模」における代謝の全体像を描くことができる。さらに、地域や都市における物質代謝を産業の活動状況ごとに分割した上で、廃棄物の排出量を代表とする環境負荷との関係をフロー分析から整理する⁷⁾ことも、地域や産業の循環度を詳細に評価することになる。すなわち、地域ごとの産業構成に起因する資源と廃棄物の循環、製品の流通形態の違いを適切に表現できているかについて、物質フローの比較・評価を通じて検証することが総合的な地域循環指標の作成につながることになる。循環・共生の視点で評価する項目として産業廃棄物の発生量を用いることが多いが、GDPや生産額等の経済効用指標を組み込みながら地域や産業ごとの物質循環を評価する意義についても実証しなければならない。

GDPを増やしながらwaste（廃棄物）を減らすには、「waste/flow（物質フロー量当たりの廃棄物

量)」が少ないことや「*flow*/GDP（GDP当たりの物質フロー量）」が少ないことが求められると言える。地域（都道府県）単位で評価する場合と、さらに産業単位に分類して評価する場合に分けて、物質循環指標のあり方を問う場合、上記のような単純な比率から循環・共生度を評価することが第一歩となる。本研究の目的は、日本全国の都道府県単位で産業構成に着目した物質循環を評価する基本的な手法を提示することである。また、このような評価体系が、地域ごとの産業活動に起因する資源と廃棄物の循環、製品の流通形態の違いを適切に表現できているかについて、物質フロー分析を通じて考察し、総合的な地域循環評価指標のあり方を考える。

2. 物質フローの推計方法および使用したデータ

本研究は、「第6回物流センサス（平成7年全国貨物純流動調査1995）」⁸⁾（以下、物流センサス）の「年間調査」期間である「1994年1月から12月」における日本国内の都道府県を評価対象範囲としている。フロー種類に関する用語の定義としては、

- ・発量：都道府県から出荷された貨物重量
- ・着量：都道府県へ入荷された貨物重量
- ・内部流動量：都道府県内で出荷され同一都道府県へ入荷された貨物重量

を基本用語としている。また、内部流動については、出荷側を内部流出、入荷側を内部流入と分けて表す。さらに、都道府県の境や国境を越える流動と、県域または国内での流動とを区別するため以下のような用語を用いる。国内での流動で、都道府県の境を越える流動を純移出（＝発量－内部流動量）と純移入（＝着量－内部流動量）で表す。海外との流動については、輸出（都道府県から輸出された貨物流動）と輸入（都道府県へ輸入された貨物流動）で表し、国内外を問わず、都道府県の境を越える流動として、純流出（＝純移出＋輸出）と純流入（＝純移入＋輸入）という用語を用いる。本研究では、上記の用語定義に基づき、都道府県や産業業種ごとの総流入（純流入に内部流入を加えたもの）を「物質フロー」の評価対象としている。すなわち、系外との出入りである「純流動」だけでなく、系内のフローも含んだ「総流動」全体をとらえることが現実的な「フローの評価」になるものとする。業種ごとの詳細な廃棄物統計データ整備状況が都道府県により異なるため、都道府県単位では40、製造業単位およ

び建設業単位では32、鉱業単位では25の都道府県を最終的な評価対象とした。

まず、国内の物流量を示すデータとして、物流センサスの「集計表I-3-3 都道府県間年間流動量（品別）-重量-〔年間調査・3日間調査〕」を基本データ^{3),4)}として用いる。この集計表における品別合計の都道府県間流動量は、「年間調査」の出荷先都道府県別出荷量を集計したものである。また、品別別の都道府県間年間流動量は、「年間調査」から求めた品別合計の都道府県間流動量を「3日間調査」から求めた品別構成比（都道府県間別）で配分したものである。次に、都道府県別8品別入荷量・出荷量および内部流動量を76品目に按分するためのデータとして、「物流センサス 表 -2 都道府県間流動量（品目別）-重量-〔3日間調査〕」を用いた。総流出量の按分には各品目・各都道府県の発都道府県合計量を、総流入の按分には着都道府県合計量を、内部流動量の按分には同一県内での出入荷量をそれぞれ用いた。

入荷・出荷別に品目ごとに得られた重量を産業単位に按分するデータとしては、「物流センサス 表 -3-1 発産業業種・品別品目別流動量 -重量-〔3日間調査〕」および「物流センサス 表 -3-5 着産業業種・品別品目別流動量 -重量-〔3日間調査〕」を用いた。これらのデータは全国平均値に等しい意味を持つため、そのままでは各都道府県の産業構成や取引状況などの特徴が無視されることになる。そこで、「平成7年 工業統計表 産業編」⁹⁾の「製造品出荷額等」と「原材料使用額等」を用いて配分率の補正を行った。補正の対象産業は製造業中分類業種であり、この補正により、各都道府県において、実際の製造業種構成や取引状況を反映した品別品目ごとの出荷量と入荷量の収支を評価することができる。出荷側の按分データである「表 -3-1 発産業業種・品別品目別流動量」の補正には、都道府県別業種別製造品出荷額等を用い、入荷側の按分データである「表 -3-5 着産業業種・品別品目別流動量」の補正には、都道府県別業種別原材料使用額等を用いた。具体的には、都道府県ごとに、ある業種からの出荷量合計が都道府県別業種別製造品出荷額等による重み付けされた値に補正され、入荷量合計が都道府県別業種別原材料使用額等による重み付けされた値に補正されることになる。

さらに、物流データからは把握できない、原材料としての水利用についてのデータを「平成7年 工業統計表 用地・用水編」¹⁰⁾から得て算定に加えた。すなわち、工業統計表用地用水編「第2部 事業所

表-1 物質フロー分析の基本となる5品類56品目の内訳．

品目5分類	食料	燃料	原料・資源		加工品	その他
対象品目 (56品目)	麦	薪炭	綿花	セメント	産業機械	廃棄物
	米、雑穀、豆	石炭	その他農産品	生コンクリート	電気機械	取合わせ品
	野菜、果物	原油	原木・製材・その他木材	ガラス類	輸送機械	
	羊毛	重油	樹脂類	陶磁器	その他機械	
	その他畜産品	石油製品	鉄鉱石	その他窯業品	書籍・印刷物・記録物	
	水産品	コークス	その他金属鉱物	化学薬品	がん具	
	砂糖	その他石炭製品	砂利、砂、石材等	化学肥料	日用品	
	その他食料工業品		石灰石	染料、塗料、合成樹脂、その他化学工業品	木製品	
	飲料		りん鉱石	紙、パルプ	ゴム製品	
			原塩	糸・織物・繊維工業品	その他製造工業品	
			その他非金属鉱物	金属くず		
			鉄鋼	くずもの		
			非鉄金属	動植物性製造飼肥料		
			金属製品	輸送用容器		

数，水源別工業用水量及び用途別工業用水量 表3 都道府県別，産業中分類別統計表」の「原料用水-淡水」と「原料用水-海水」に基づき，各都道府県の製造業中分類別原料用水量を算定した．本研究の物質フロー分析における原料用水データの意味については，後述の「フロー量あたりの廃棄物発生量比率」評価の際にも考察するが，産業廃棄物発生量中の污泥系廃棄物の扱いと関連している．地域あるいは産業単位で廃棄物発生量を重量単位で積み上げる場合には，污泥系廃棄物の含水比に注意しなければならない．廃棄物統計データの出所により，污泥系廃棄物の発生量が湿重量で公表されているケースと乾燥重量で公表されているケースがあるが，一般的に発生污泥量としてカウントされるときは，湿重量が想定されている．したがって，総物質フローからみた廃棄物発生を評価する際に，原材料のフローに原料用水を含めることが適切と考えて，業種別の原料用水量を積み上げた．なお，民生部門における上水利用については，公共下水処理等からの下水処理污泥を廃棄物発生としてカウントしていないため，考慮しなかった．

輸出入によるフローとして利用するデータについては，1995年度物流センサス「年間調査」の調査期間である1994年1月から12月に対応させるため，「港湾統計(年報)1994」¹¹⁾から「第3表(2) 品種別都道府県別表(輸移出入)」を輸出入のデータとして用いた．この表からは，都道府県別・9品類54品目(うち1品類1品目は，「分類不能のもの」)の輸出入量・輸入量が得られている．最終的には，物流センサスでの調査品目と港湾統計での調査品目を統合して，5品類56品目(表-1)として物質フロー分析を集約した．一般廃棄物に関するデータについては，都道府県別の一般廃棄物発生量を「一般廃棄物処理事業実態調査・平成7年度実績調査データ」¹²⁾から得た．一般廃棄物の総発生量を用いるため，「市町村ごみ収集関係の各都道府県合計値」の「総ごみ量」を各都道府県の一般廃棄物発生量とした．ここ

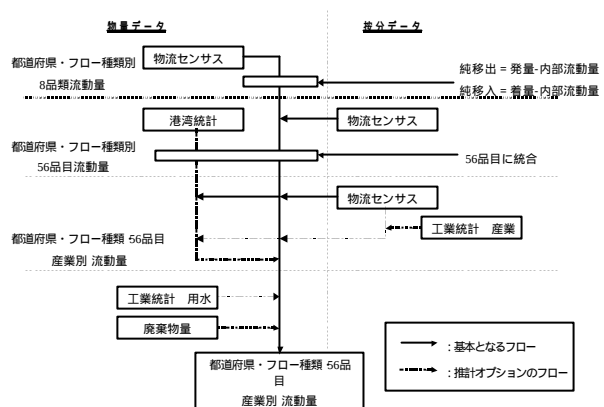


図-1 物質フロー分析の手順

での「総ごみ量」は「ごみ(除く粗大)収集量」，「直接搬入ごみ量」，「粗大ごみ収集量」の合計値であり，「生活系一般ごみ」と「事業系一般ごみ」の合計値と等しくなる．産業廃棄物量に関するデータは，各都道府県の産業廃棄物処理計画¹³⁾に記載されている利用可能なデータを用いた．今回の物質収支評価では，主に処理区分における「発生量」または「排出量」を扱っている．各都道府県における産業の活動量の示す指標としては，「平成6年度 県民経済統計年報」¹⁴⁾の経済活動別県内総生産を用いた．図-1に本研究で行った物質フロー分析の手順を示す．

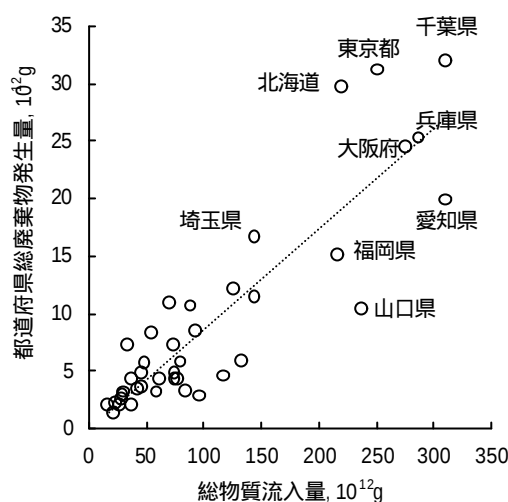


図-2 全国40都道府県ごとの総物質流入量に対する総廃棄物発生量

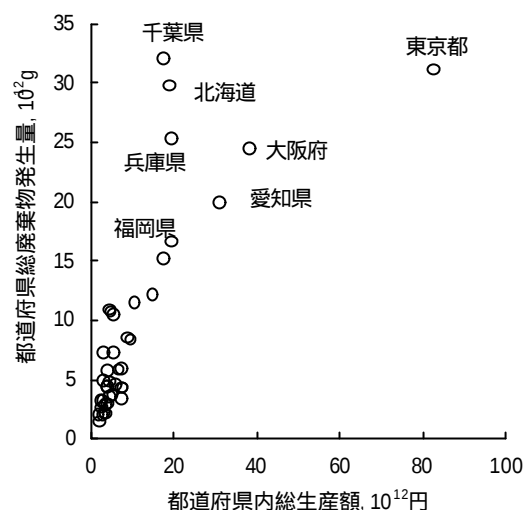


図-3 全国40都道府県ごとのGDP（都道府県内総生産額）に対する総廃棄物発生量

3. 都道府県単位の物質循環評価

図-2は、全国40都道府県ごとの総物質流入量に対する総廃棄物発生量（一般廃棄物と産業廃棄物の合計）の散布図である。総物質流入量とは、地域（各都道府県内の領域）に外部から流入する物質量に加えて内部流動量（地域内で流動する物資など）を含んでおり、先に述べたように、系外との出入りである「純流動」だけでなく、系内のフローも含んだ「総流動」全体をとらえることが現実的な物質フロー（waste/flowにおけるflow）評価になると考える。図中の線形回帰直線の傾きは0.09すなわち、約10%を示しており、この直線上にある場合、地域内に流入する物資の総重量に対して、約10%に相当する重量の廃棄物が発生するということになる。総フロー量の積み上げの際にも述べたが、産業単位で廃棄物発生を評価する際の汚泥の扱いを考慮して、工業用水としての原料用水量を総物質流入量に含めている。このため、窯業・土石関連業種において大量の海水を原料用水として投入している山口県では、総物質流入量の55%が原料用水量となっている。

図-3は、全国40都道府県ごとのGDP（都道府県内総生産額）に対する総廃棄物発生量の散布図である。全国平均では、1円の生産額に対して約1gの廃棄物を発生させる計算になるが、都道府県ごとに見ると、1円の生産に対して0.4gの廃棄物発生で済む地域から2g以上の廃棄物を発生させる地域まで、大きなばらつきがあることがわかる。

図-4は、全国40都道府県ごとのGDPに対する総物

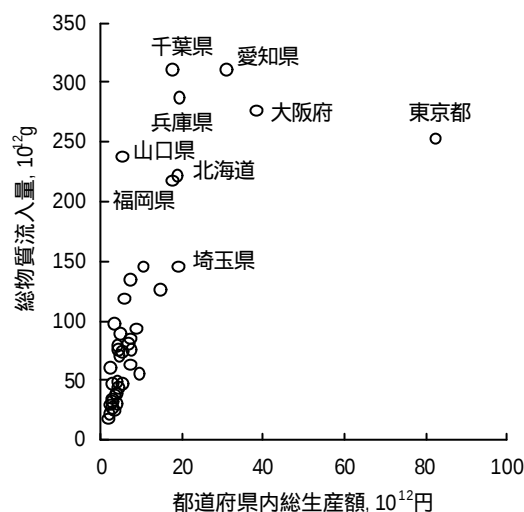


図-4 全国40都道府県ごとのGDP（都道府県内総生産額）に対する総物質流入量

質流入量の散布図である。やはり、生産額1円に対して3g程度の物質流入で済む地域から、43gもの物質流入を伴う地域まで様々なケースがある。GDPに対する総物質流入量の割合を「産業活動における省資源度」とすると、地域内総生産額に占める第3次産業の割合の高い地域ほど「直接の資源投入の少ない産業経済」として省資源度が高いという定量的な評価も考えられよう。

以上のような「地域の循環度」を表す指標の全国基礎統計を表-2にまとめる。総物質流入量あたりの

廃棄物発生量（*waste/flow*）は、全国平均で約0.09となり、先に述べたように、流入した物質重量の1割ほどの割合で廃棄物が発生する計算になる。しかし、地域（都道府県）により最小0.03から最大0.21までのばらつきにも注意しなければならない。総物質流入量とGDPとともに同様の大きな値を持ちながら、廃棄物発生量に差が見られる千葉県と愛知県については、GDPの主力となっている製造業の業種構成の違いが目立っている。千葉県では、製造業全体の総生産額において化学工業や鉄鋼業など素材系製造業の占める比率が29%であることに對して、愛知県では素材系製造業は8%である。一方で、機械系製造業の占める比率が千葉県では21%に對して、愛知県では60%にも達している。

さらに、総物質流入量における原料用水の割合が最大で57%に達している県があることも考慮すべきである。分析対象の40都道府県の平均では、総物質流入量における原料用水の割合は12%であったが、窯業・土石部門や化学工業部門における海水利用量が大きい県では、50%前後になるケースも見られた。

GDPあたりの廃棄物発生量（*waste/GDP*）、および、GDPあたりの総物質流入量（*flow/GDP*）についても、地域ごとの「廃棄物発生からみた生産効率」や「省資源の観点からみた生産効率」には大きなばらつきがあることを示している。このようなばらつきの要因を説明するひとつの視点として、都道府県ごとの産業構成（総生産額に占める第1次・2次・3次産業の割合）と各種循環評価の関係を次節で考察する。

4．産業構成と地域の物質循環評価との関係

図-5は、各都道府県における「総生産額に占める第3次産業の割合」と「都道府県GDPあたりの一般廃棄物発生量」の関係を示している。廃棄物発生を、特に、一般廃棄物に限定してGDPあたりの比率にして評価してみると、地域内の第3次産業活動の割合が高い地域ほどこの比率が高くなるのがわかる。ただし、東京都に関しては、大企業の本社機能その他極めて生産集約度の高いサイトを数多く持つことなどから、都道府県GDPあたりの一般廃棄物発生量の割合が他地域と比較して非常に小さい値となっている。一方で、GDPあたりの一般廃棄物発生量の値が大きいところには、観光地型の一般廃棄物発生特性をうかがうことができる。一般廃棄物の起源は家庭系ごみと事業系ごみに分けられるが、ここでは地

表-2 「地域の循環度」指標の全国基礎統計。

	Waste/flow	Waste/GDP	flow/GDP
単位	-	g/円	g/円
都道府県数	40	40	40
平均値	0.09	1.03	12.75
最小値	0.03	0.38	3.05
最大値	0.21	2.31	42.96
標準偏差	0.04	0.49	6.90
変動係数	0.41	0.48	0.54

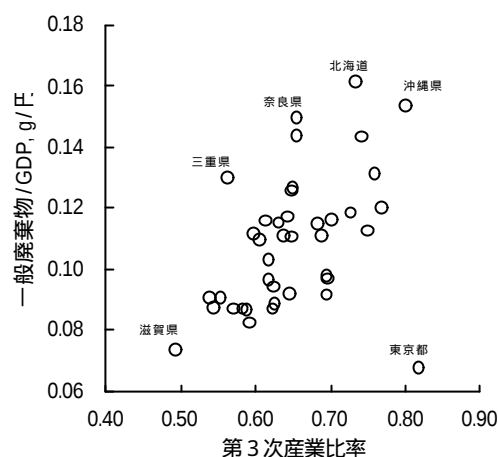


図-5 各都道府県における「総生産額に占める第3次産業の割合」と「都道府県GDPあたりの一般廃棄物発生量」の関係

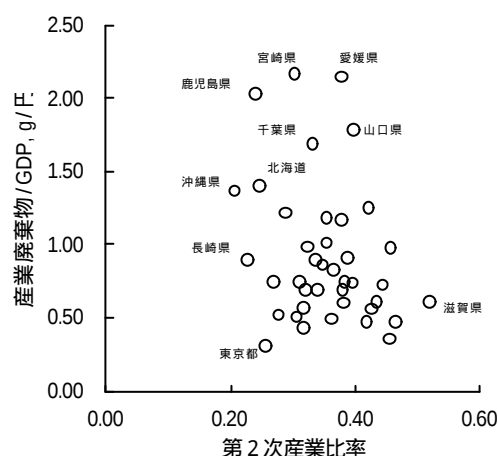


図-6 各都道府県における「総生産額に占める第2次産業の割合」と「都道府県GDPあたりの産業廃棄物発生量」の関係

域における消費活動活性の結果としての廃棄物発生を評価対象として、両起源の和である一般廃棄物総量をとらえている。廃棄物統計としても、家庭系ごみにおける事業系からの混入が自治体の地域特性や政策特性により異なる¹⁵⁾という問題もある。したがって、第3次産業生産額比率で表されるような「サービス産業に関連した消費活動の活性」と「GDPあたりの一般廃棄物総量」の関係を通して、一般消費活動から見た地域の循環度は評価可能と考える。

次に、図-6に各都道府県における「総生産額に占める第2次産業の割合」と「都道府県GDPあたりの産業廃棄物発生量」の関係を示す。前述の、第3次産業と一般廃棄物の関係とは異なり、第2次産業のシェアが必ずしも産業廃棄物の発生と単純な関係にはないことがわかる。GDPあたりの産業廃棄物発生量が大きい宮崎県と鹿児島県は第1次産業由来の廃棄物の影響が強く、宮崎県では産業廃棄物発生の56%、鹿児島では61%が畜産関連であった。また、同様にGDPあたりの産業廃棄物発生量が大きい愛媛県では、製紙・パルプ関連業種を中心とする製造業からの汚泥が産業廃棄物発生の66%を占めていた。他の都道府県についても、業種によっては生産活動拡大に伴って廃棄物排出量を増大させざるを得ない部門もあれば、製品デザインや製造システムに関わる技術革新により廃棄物排出量を増やすことなく生産活動拡大につなげられる分野もある。今後は、同じ第2次産業でも、このような「地域社会の循環度」における位置付けを考えながら業種ごとの生産性を論じていく必要がある。

そこで、次節では、第2次産業に属する代表的な産業分類である、製造業、建設業、鉱業について、各産業単位での総物質流入量、産業廃棄物発生量、総生産額を用いて、それぞれの循環度を比較・評価し、地域物質循環評価における産業単位の循環評価のあり方を考える。

5. 第2次産業の代表3業種における物質循環評価

都道府県ごとの製造業、建設業、鉱業について、
 (図-7) 各産業に投入される総物質流入量 (flow) に対する各産業から発生する産業廃棄物量 (waste)、
 (図-8) 各産業の生産額 (product) に対する各産業からの産業廃棄物発生量 (waste)、
 (図-9) 各産業の生産額 (product) に対する各産業への総物質流入量 (flow)、という3つの物質

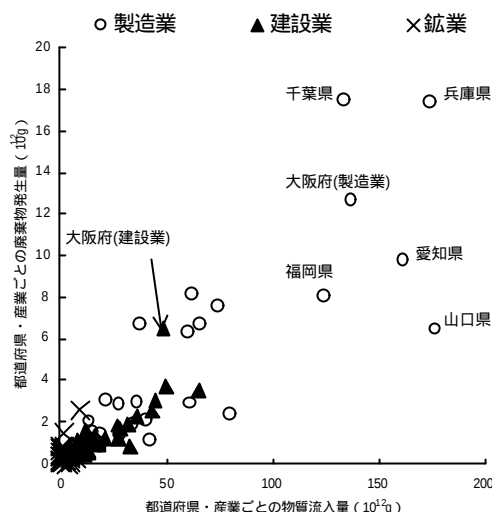


図-7 都道府県・第2次産業業種ごとの総物質流入量に対する総廃棄物発生量

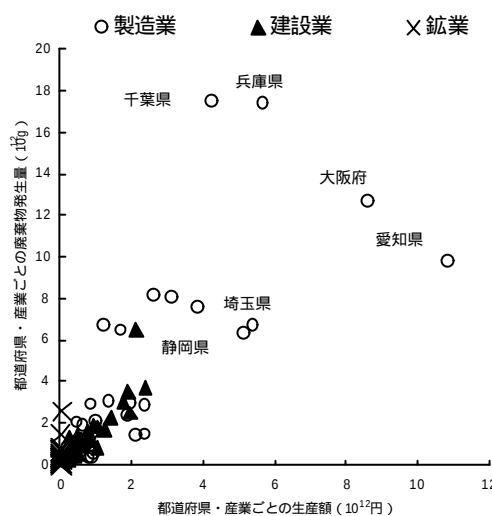


図-8 都道府県・第2次産業業種ごとの生産額に対する産業廃棄物発生量

循環評価結果を示す。さらに、これら3つの物質循環評価指標の全国基礎統計を表-3にまとめる。

については、産業ごとの「資源有効利用率」の評価という解釈もできるが、「waste/flow」の平均値で見ると、製造業0.08、建設業0.07となっており、両産業に投入された資源の10%弱にあたる廃棄物が発生していることになる。他方、鉱業では、0.42と資源投入量の約40%にあたる産業廃棄物が発生して

表-3 都道府県・第2次産業業種ごとの物質循環指標の全国基礎統計。

	Waste/ flow (-)			Waste/GDP (g/円)			flow/ GDP (g/円)		
業種	製造業	建設業	鉱業	製造業	建設業	鉱業	製造業	建設業	鉱業
都道府県数	32	32	25	32	32	25	32	32	25
平均値	0.08	0.07	0.42	2.03	1.90	32.72	29.56	29.45	117.29
最小値	0.03	0.02	0.00	0.35	0.75	0.08	8.00	15.64	36.52
最大値	0.18	0.13	2.13	5.53	5.26	97.61	103.27	64.00	324.26
標準偏差	0.04	0.03	0.49	1.28	0.84	28.00	24.03	9.06	73.45
変動係数	0.48	0.43	1.14	0.63	0.44	0.86	0.81	0.31	0.63

いることになり、同じ第2次産業でも、製造業、建設業とは約4倍の開きがある。さらに、全国統計でみた場合の変動の大きさからも、鉱業の場合は評価結果のばらつきが際だって大きいことがわかる。ただし、都道府県単位の考察においても問題となった「原料水の扱い」にも注意しなければならない。山口県の製造業における物質流入量のおよそ半分は、窯業・土石関連部門の海水投入である。同様に、福岡県の製造業においても、物質流入量の4分の1近くが化学工業部門の海水利用になっている。これら原料水としての大量の海水投入量に対する污泥系廃棄物の発生内訳を考慮した「waste/flow」の評価も求められる。

つぎに、については、地域ごとの各産業における「廃棄物発生から見た生産効率」を評価しているとも言えよう。製造業、建設業では、1円の生産額に対して平均約2gの産業廃棄物を発生する計算である。しかし、鉱業では、生産額1円に対して、平均約30円余りと他2業種と比較して約15倍の生産効率の違いが見られる。さらに、は、地域ごとの各産業の「省資源の観点からみた生産効率」を評価していることになる。これによると、製造業、建設業では、1円の生産額あたり平均約30gの資源投入が必要ということを示す。また、鉱業では生産額1円に対して、平均約120gの資源投入が必要となり、やはり他2業種と比較して約4倍の生産効率の違いが示されている。

以上のように、同じ第2次産業においても、鉱業は、製造業や建設業と比較して、生産効率・資源有効利用効率などで見た循環度評価が比較的低く、地域によるばらつきも大きいという結果が得られた。鉱業という産業を考えると、天然資源など1次産品を扱う産業であることから、資源採掘場所によって鉱物の品位が様々であり、生産量に対する含有量が異なることが考えられる。また、鉱物資源は、金属鉱石と非金属鉱石に大別できるが、その種類によって市場価格が様々である。特に、非金属鉱石は、安

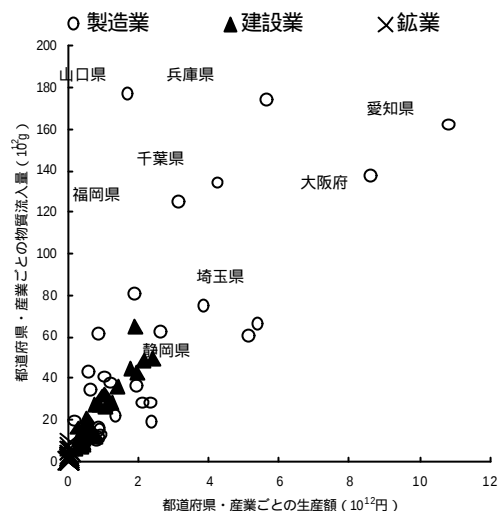


図-9 都道府県・第2次産業業種ごとの生産額に対する物質流入量

定した市場価格をもって流通することは比較的少なく、価格が一般的に廉価である上に、鉱石そのものの価値よりも、鉱床の立地、採掘条件、とくに需要地までの輸送条件などが価格に強い影響を与えている。

製造業では、基礎素材型産業、加工・組立型産業、生活関連型産業等、重工業から軽工業まで、投入する資源・原料や産出する製品と廃棄物の種類が多様であるため、産業の規模、組合せ等によって、評価結果のばらつきが出てきている。建設業については、対象とした3業種の中で最も物質循環に関わる効率が高く評価されており、しかも、ばらつきも比較的少なかった。これは、製造業、鉱業と比較して、動脈側・静脈側ともに投入資材の品質が比較的安定していること、建設という産業プロセスが全国的にどちらかと言うと画一化されていること、すなわち、業種内の物質フローからみたばらつきが小さいこと

によるものと考えられる。建設業における地域間のばらつきについては、建設プロジェクトの規模、建造物の種類、更新時期の違いなどによる発生廃棄物の種類が影響するものと考えられる。

一方で、産業単位の分析結果から、都道府県ごとの主力産業の生産効率や廃棄物発生特性の比重が重要な意味を持つこともよくわかる。県全体及び製造業、建設業、鉱業のすべての集計単位で産業廃棄物発生量のデータが利用可能であった23の地域のうち、19地域で製造業由来の産業廃棄物発生量が建設業および鉱業由来の廃棄物発生量を上回った。しかし、山梨県、石川県、奈良県、沖縄県においては、上記第2次産業3業種の中では建設業由来の廃棄物発生が最も大きいという結果も得られた。

6. まとめ

本研究では、日本全国の都道府県単位で物質フロー分析を行った上で、産業構成にも着目した比較や評価を行い、さらには、第2次産業における業種間比較まで踏み込んだ考察を試みた。このように、産業単位で見た物質循環に関わる諸特性が地域の物質循環にどのように影響するかを考えることにより、都道府県ごとの主力産業の生産効率や廃棄物発生特性の比重が重要な意味を持つことが明らかとなった。GDPや生産額等の経済効用指標を組み込んだ物質投入や廃棄物発生を評価することにより、地域（都道府県）単位で循環を評価する場合と、さらに産業単位に分類して評価する場合に分けながら、物質循環から見た地域循環度の評価体系を整理することができた。汎用性のある地域循環指標として一般化するまでには多くの課題が残るが、地域単位と産業単位の基礎データを積み上げる意義は明確に議論できたと考える。

今後の課題としては、まず、総物質フローにおける水の扱いを厳密に検討することがあげられる。本研究では、地域単位のフローを産業単位に分割する観点で、工業用水としての原料用水までは積み上げたが、主として民生部門での水収支の基礎となる上水道データは扱わなかった。産業部門においても、排水処理汚泥と排水処理水の整合性を保持しながら水収支をとらえていく必要がある。また、産業ごとのより詳細な物質循環特性を具体的に「地域社会の循環度」に的確に反映させるためにも、物質の品類、品目、産業廃棄物の種類にまで集計単位を分割した精密フロー分析へと進展させていく必要がある。さ

らには、物資の輸送距離と重量を考慮した輸送トンキロ（ $t \cdot km$ ）という数値を改めて評価することにより、「循環の輪の大きさ」という新たな評価項目を導入することなどが考えられる。

謝辞：本研究の一部は平成12年度文部省科学研究費補助金（基盤研究(C)）の交付を受けておこなわれたことを記し、謝意を表します。また、基本統計データの収集に際して詳細なヒアリング調査および資料閲覧にご協力頂いた関連各種協会団体ならびに株式会社三菱総合研究所の皆様にご感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Albert Adriaanse, Stefan Bringezu, Allen Hammond, Yuichi Moriguchi, Eridc Rodenburg, Donald Rogich, Helmut Scutz: *Resource Flow -The Material Basis of Industrial Economies-*, World Resources Institute (WRI), 1997.
- 2) 森口祐一：マテリアルフロー分析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.
- 3) 守田優，大川将也，新行内彰夫：物流データによる東京の物質収支に関する研究，環境システム研究，Vol.25，pp.403-408, 1997.
- 4) 守田優，田淵勲，佐藤祐介：東京における物質代謝のフローについて，環境システム研究，Vol.26，pp.377-382, 1998.
- 5) 天野耕二，長谷川聖洋，原田正雄，太田浩也：物流データによる滋賀県の物質収支に関する研究，第10回廃棄物学会講演集，pp.107-109，1999.
- 6) Koji Amano, Masahiro Hasegawa, Katsutoshi Tobe, Norifumi Osako: Material Flow Analysis on Japanese Seven Prefectures, *Proceedings of the 4th International Conference on EcoBalance*, pp.373-374, 2000.
- 7) 藤江幸一，胡洪堂，迫田章義，金谷健，後藤尚弘：地域ゼロエミッションをめざした物質収支の解析と物質循環モデル，環境科学会誌，Vol.11(2)，pp.246-247，1998.
- 8) 運輸省，建設省：第6回物流センサス平成7年全国貨物純流動調査1995，財団法人運輸経済研究センター刊，1997.
- 9) 通商産業省大臣官房調査統計部：平成7年工業統計表産業編，1997.
- 10) 通商産業省大臣官房調査統計部：平成7年工業統計表用地・用水編，1997.
- 11) 運輸省大臣官房情報管理部統計課：港湾統計年報1994，1996.
- 12) 社団法人全国都市清掃会議：一般廃棄物処理事業実態調査・平成7年度実績調査データ(CD-ROM)，1999.

- 13) 各都道府県産業廃棄物処理計画，1991-1997．
- 14) 経済企画庁経済研究所：平成11年県民経済統計年報，1999．
- 15) 天野耕二，渥美史陽：一般廃棄物処理における事業系ごみ混入の影響評価に関する研究，環境システム研究論文集，Vol.28，pp.1-8，2000．

EVALUATION METHOD OF REGIONAL MATERIAL BALANCE ON JAPANESE PREFECTURES

Koji AMANO, Katsutoshi TOBE and Masahiro HASEGAWA

This study analyzed the mass-flow of material and waste in individual industrial regions to evaluate a material flow model encompassing the larger industrial area. The regions included 25-40 Japanese prefectures in 1994. We used the emission rate of total or industrial waste as an environmental loading item, in order to create an indicator capable of evaluating regional sustainability. Generation of industrial waste was also compared in each industrial category. The relationships between total waste volume and the total material input of the objected prefectures imply that total waste corresponds to nearly 10% of the total material input generated in every prefecture.