

地域間相互依存を考慮した地域LCAに関する研究*

A study on region-based LCA considering interdependence between regions*

李一石**・布施正暁***・玄地裕****

By Ilseuk YI**・Masaaki Fuse***・Yutaka Genchi****

1. はじめに

持続可能な社会構築に向けての国、地域、企業、個人の連携および各々の役割分担を明確にすることが求められる。中でも、中央政府の政策方針に基づき、かつ地域特色を生かすような地域施策を担う自治体の役割への関心は高まっている。近年、「循環型社会形成推進基本計画」、「地域地球温暖化対策推進計画」など持続可能な社会構築に向けての各地域の取り組みが進められている¹⁾。その具体的な数値目標の達成には、地域政策を策定する際、経済および環境に与える影響のバランスは勿論のこと、直接的な影響に加え、ライフサイクル的な思考に基づいての間接影響も考慮に入れることが重要である。

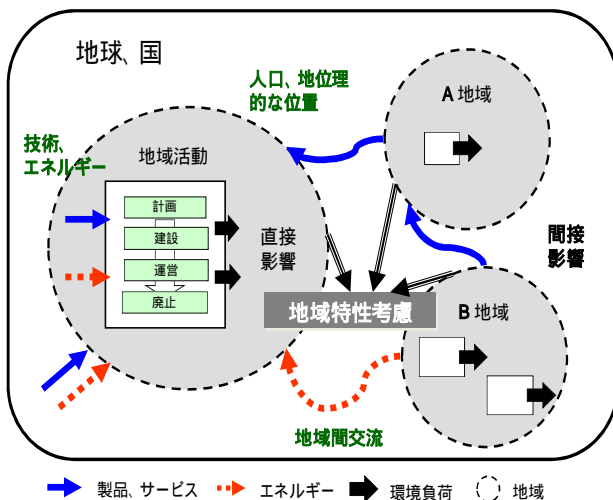


図1. 地域アクティビティの評価におけるバウンダリーと地域特性

図1には、地域アクティビティのLCA評価における考慮すべきバウンダリーと地域特性を示す。地域のアクティビティは自地域への直接影響だけではなく、自地域及び他地域（海外を含む）への経済、環境面の間接影響を及ぼす。また、直接ないし間接の影響地域とその影響量は、各地域の構造的な特徴（産業やエネルギー消費、地域間交流など）や環境的な特徴（地理的条件、気候、自然や人口など）によって異なる²⁾。したがって、直接及び間接影響に対する地域特性の考慮は、地域状況を反映した評価を行うために不可欠である。直接影響の地域特性に関しては、エコタウンや地域リサイクルシステムなど、地域情報と最適化手法を組み合わせた多方面におけるLCA評価(以下、地域LCA)が行われている³⁾。しかし、既存地域LCAでは、地域間相互依存に伴う間接影響の地域特性については殆ど考慮されていない。そこで、本研究では、間接影響の地域間依存性を分析するための基礎データとして、47都道府県における各産業の地域間物質フローを明らかにすると共に、地域間の相互依存影響量の定量化やそれに伴うLCA評価への影響を検討することを目的とする。

2. 地域・産業間物質フローマトリックスの作成方法

地域の生産・消費および地域間交流から生じる間接影響の因果関係や地域間影響の依存関係を把握するための基礎的情報である地域・産業間物質フローマトリックスの作成を行った。

(1) 作成における前提条件

地域・産業間物質フローマトリックスの作成において、以下を前提条件として与えた。

- 地域の定義は行政単位である都道府県レベルとする。
- 地域の生産・消費、地域間交流、産業構造、エネルギー消費、などの地域特性を反映する。
- 経済活動中で扱われるすべての産業に対する地域・産業間物質フローを対象とする。
- 間接的なモノの流れを誘発させる電力やサービス業も対象とする。

*キーワード：地域評価、物質フロー、地域間影響依存、ライフサイクルアセスメント

**非会員、博士（工学）、産業技術総合研究所
（茨城県つくば市小野川16 1, ilseuk-i@aist.go.jp）

***非会員、博士（工学）、産業技術総合研究所
（茨城県つくば市小野川16 1, m-fuse@aist.go.jp）

****非会員、博士（工学）、産業技術総合研究所
（茨城県つくば市小野川16 1, y.genchi@aist.go.jp）

以上の前提条件に対応するため、本研究では産業連関分析法の理論フレームを採用し、産業分類は全国産業連関表の産業分類に合わせて分析を行った。よって、47都道府県で整備される地域産業連関表から、各地域の生産と消費、地域間交流に起因する地域・産業間物質フローの基礎情報を入手した。また、産業連関表では財やサービスの流れを金額ベースで同時に把握しているため、サービス産業も評価範囲に含めた。

(2) 作成方法

平成12年度を対象に47各都道府県の地域産業連関表を収集し、そのデータを取り入れることで、作成される地域・産業間物質フローマトリックスの地域特性の反映度や精度の向上を図った。また、各地域の輸出入データを加えて、地域産業における海外との交流状況も把握できるように考慮した。ただし、47各都道府県の地域産業連関表産業連関の基本分類データの収集が困難であったため、平成18年度では小分類(約186分類)に統一してデータ作成を行った。

本研究では、表1に示した47都道府県の産業連関表と各種既存統計を元に、モデルを用いて地域・産業間物質フローマトリックスを作成した。その手順は、a) 地域・産業別生産額の推計、b) a)の結果をベースに地域・産業別消費額の推計、c) 地域別の移輸出および移輸入の推計、d) 産業別の地域間交流特性係数の抽出、e) a) からd) で推計された地域別の生産額、消費額、移輸出及び移輸入、地域間交流特性係数とモデルを用いた地域間交流額推計の順である。以下、a) からe) について簡単に述べる。

a) 地域・産業別生産額の集計・推計

47都道府県から産業連関表を収集し、各地域の生産額を用いた。しかし、12地域については、粗い産業分類(中分類:104分類程度)の産業連関表しか入手できなかった。そこで、基本とする186の産業分類に合わせるため、12地域の産業連関表から得られる生産額に関しては、産業の中分類から小分類へ拡張を行った。拡張方法として、詳細な産業分類での生産額が入手可能な工業統計など、表1の産業関連の統計を用いて、各地域の産業連関表の整合性を確認しながら、統計から得られる産業割合を用いて案分した。

b) 地域・産業別消費額の推計

地域・産業別消費額の推計には、地域産業連関表の地域内需要額を用いた。産業の分類の拡張が必要である12地域における産業・地域別消費額は、Isardにより提案された地域商品均衡法(Regional commodity balances techniques)⁴⁾と多重回帰分析を組み合わせて推計を行った。当該地域での*i*産業の消費額 RC_i は、当該地域の生産に投入される中間消費額 R_i と民間や公共機関での最終消費額 RC_{fi} の合計として得られる。中間消費額 R_i は、地域の産業構造と密接に関係するため、a)から得られる*j*産業の生産額 RX_j に技術係数 A_{ij} (*j*産業の単位生産に投入される*i*産業からの投入額)を乗じて求めた。また、最終消費額 RC_{fi} は、生産額 RX_i と中間消費額 R_i と全産業の最終需要額 T_{fi} に対する各産業の最終需要額 TC_{fi} の割合の関係式から推計した。この際、技術係数や関係式のパラメータは、該当地域が属している9地域産業連関表の地域ごとの値を用いた。

表1. 地域・産業間物質フローマトリックスの作成における各推計段階での使用統計およびモデル

作成段階	推計手法	使用統計
地域・産業別生産額	産業分類対応集計 (482産業分類に集計後、186産業分類に統合)	農林水産統計、工業統計、商業統計、サービス業基本調査、木材需給表、設計工事受注動態統計、石油等消費構造統計、ガス事業生産動態調査、全国水道施設調査、陸運統計・物流センサス、テレコムデータブック、物流センサス、本邦鉱業の趨勢、電力需給の概要、人口統計、 47都道府県の産業連関表、9地域産業連関表
地域・産業別需要額	地域商品均衡法 多重回帰分析	国民経済計算、47都道府県の産業連関表、9地域産業連関表
地域・産業別の移輸出、移輸入	多重回帰分析	47都道府県産業連関表、9地域産業連関表の移・輸入比率、移・輸出比率
産業別交流特性係数	エントロピー極大化モデル	物流センサス(農林水産、製造業)、交通量調査(サービス)、電力は別途計上
産業別の地域間交流額	<ul style="list-style-type: none"> エントロピー極大化モデル 人口加重配分 	自給分を除いた移入と移出だけを産業別交流特性により配分(47都道府県間)

c) 地域別移輸出、移輸入の推計

47都道府県の地域産業連関表の中で、20地域の産業連関表では移入と輸入、移出と輸出が統合されており、直接にはそれぞれの情報が得られない状況であった。そこで、この20地域に関しては、輸入額と輸出額は直接推計し、移入額と移出額は移輸入額と移輸出額から、推計した輸入額と輸出分額を除いて求めた。輸入額と輸出額は、9地域産業連関表の各産業の地域別の生産額と中間需要額、最終需要額を用いた多重回帰分析などから推計した。以上の方法で推計される移入額と移出額を用い、お互いの全国合計を一致させ、かつa)からc)までで推計された各地域の生産額と消費額との整合性が取れるように調整を行った。

d) 産業別交流特性係数の抽出

e)のエントロピー極大化モデルでは産業別地域間交流額を推計するために、地域間の交流抵抗(本研究では地域間距離に対する交流の行われにくさ)を表わす産業別の地域間交流特性係数(以下、交流特性係数)を既存の統計から抽出する必要がある。

農林水産業、鉱工業、商業、運輸業の地域間交流量は、物流センサスから得ることが可能である⁵⁾。しかし、物流センサスの地域間交流のデータを利用する際には、品目(79分類)を基本としており、産業連関表の産業分類との対応が困難であること、発地と着地の定義が本研究の生産地と消費地に一致しないこと、該当産業と無関係な品目の出荷データが含まれていることが問題点である。そこで、物流センサスの調査票レベルのデータ(47都道府県、150産業分類)をもとに、上記の問題に対応した修正および補正を行うことで、本研究の目的に合わせたデータを作成した。一方、サービス業については地域間交流に対する情報が存在しない。そこで、サービス消費と人の日常生活の行動との関係性に着目し、交通量センサスのデータ中、移動目的が日常生活に関係がある移動量だけを用いて抽出を行った。ただし、エントロピー極大化モデルは、自地域内での交流(以下、自給分)に対する適切な推定が困難であるため、c)で得られる自給分を除いた状態で交流特性係数の抽出を行った。

e) 産業別地域間交流額の推計

a)からd)で推計された各産業の地域別生産額、地域別消費額、移入額、交流特性係数をエントロピー極大化モデルにインプットする。各産業の地域別の生産額や消費額が一致するように繰り返し計算を行い、移入額を各地域に配分した地域間交流額をもとめた。最終的に、地域ごとの自給分と移出入、輸出入を合わせて地域・産業間物質フローマトリックスを完成させた。ただし、電力の場合は、発電所の場所やその消費地域が固定してい

るため、電力会社の発電所地域からの消費地域への交流額を、既存統計から直接求めた。

3. 地域・産業間物質フローマトリックスの整合性および地域の影響依存分析

(1) 地域・産業間物質フローマトリックスの整合性

本研究では、地域・産業間物質フローマトリックスの整合性について検討するため、9地域産業連関表から得られる地域別産業別の中間需要、最終需要、移輸出、移輸入、生産額との比較を行った。表2は、47都道府県の物質フローデータを9地域に統合し、9地域産業連関表の値との差を示した結果である。全体的に見ると、東北など差が大きい地域は存在するものの全国では高い整合性が確認できる。また、項目別にみると、輸出の東北が32%と大きな差を示しているが、その他の地域では10%以下であり、全国合計から見ると5%以下の整合性が得られている。一方、移出と移入の場合、その差が大きく、全国合計から見ると34.6%となっている。これは、9地域産業連関表と比較する際に47都道府県の移出入額を単純に集計したため、本来自給分に含まれるものも移出入に加算されていることが原因であり、低い整合性を意味するものではない。さらに、186産業別に整合性を検討した結果、5つの項目に対して数値の差はあるものの、多くの産業が80-120%の整合性で推計されていることが確認できた。

表2. 地域・産業間物質フローマトリックスの整合性

	(A-B)/A X 100 単位(%)						
	中間	最終	移出	輸出	移入	輸入	生産額
北海道	0.0	-0.3	-0.1	0.0	-0.7	0.2	0.4
東北	10.4	5.5	9.5	31.8	14.0	9.9	7.6
関東	1.5	-1.4	79.2	-8.8	91.2	-3.9	0.9
中部	6.9	7.9	2.6	5.2	12.5	-0.6	5.4
近畿	0.2	-3.3	21.3	2.4	22.3	-12.1	-0.5
中国	0.3	1.5	-0.9	10.8	-1.6	5.8	2.0
四国	9.0	-4.1	-7.2	-0.6	-5.6	-5.4	2.1
九州	9.7	-2.2	25.5	-10.5	12.0	-0.7	4.2
沖縄	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	0.5
全国合計	3.3	-0.2	34.6	-0.9	34.6	-3.1	2.0

A:9地域産業連関表値、B:本推計値(47地域推計)

(2) 地域産業における影響依存性の比較

本研究で作成された地域・産業間物質フローマトリックスに基づいて、地域(国内と海外への輸出分)や産業ごとの移入地域や自給率など、地域特性の差に対する検討を行った。図2-4.2に、その例として、セメントと熱間圧延鋼材に対する地域間依存の結果を示す。

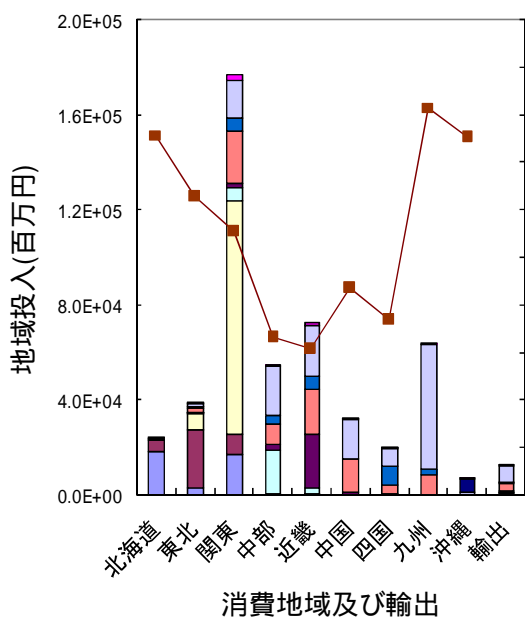


図2 1. セメントの地域間依存

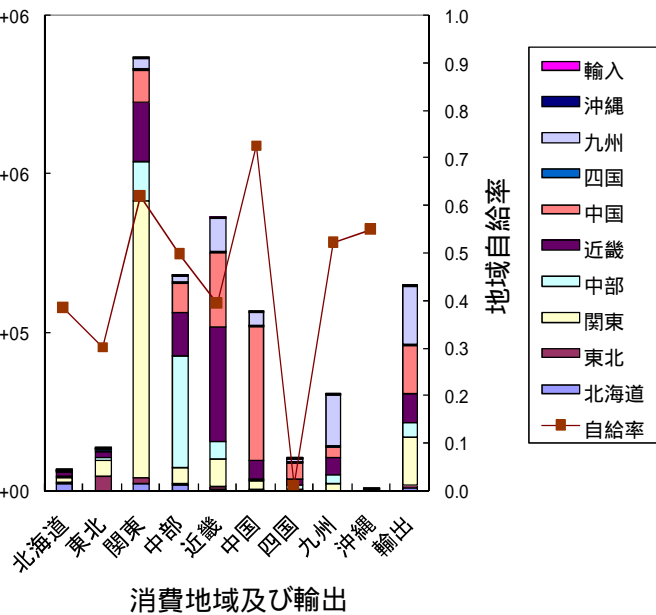


図2 2. 熱間圧延鋼材の地域間依存

棒グラフは地域消費に対する各地域（自地域包含）からの移入や輸入額、実線は各地域の産業の自給率（右軸）を表している。まず、地域によって、モノの消費量と自給率、それに伴う移輸入地域とその大きさが異なる。例えば、セメントの場合、九州地域で消費されるセメントは80%以上自給される。それに対して近畿地域の場合30%だけが自給され、残りは外から補われている。また、外への依存地域やその依存量も各地域によって異なった。さらに、産業間の比較をすると、移動距離に対する移動量の差があり、地域消費における依存地域も、セメントは近隣地域から補い、熱間圧延鋼材は比較的遠い地域からの依存傾向が確認できた。

図2-1,2の結果のように、地域や産業の特性によって、影響の依存地域とその依存量が異なり、その結果として生じる輸送やエネルギー消費を通じて最終的な環境影響に大きな影響を及ぼすことが考えられる。したがって、地域のアクティビティーに対する評価において、地域間物質フローに起因する影響依存の反映の必要性について改めて確認できた。

4. おわりに

本研究では、都道府県産業連関表と各種既存統計を元に、モデルによる地域、産業間の物流フローを明らかにし、地域ごとの影響依存に関して検討を行った。今回作成した地域・産業間物質フローマトリックスは、国内186分類の産業間、都道府県間と都道府県内の取引による生産から消費に至る物流の数値情報を提供する初のデータベースである。網羅的な地域、産業間の物質フローを

知ることができるだけでなく、地域内や地域間、海外との物質フローもあわせて把握することができる点がその特徴である。また、既存の地域評価では定量的に考慮することができなかった都道府県間の環境影響の相互依存関係を定量的に示すことも可能になった。さらに、図1で示した地域評価の間接影響における地域特性考慮、すなわち、地域・産業間物質フローと地域別の環境負荷係数、被害係数を用いることで、間接影響に対する地域特性の反映を可能にする地域評価モデルへの進展も期待される。このことにより、本研究の地域・産業間物質フローマトリックスの作成は、実態に近い環境影響を定量化し、それに基づいた政策の検討を可能にするという観点でその意義は大きい。

参考文献

- 1) 李一石, 伊坪徳宏, 稲葉敦, 松本幹治: 間接効果の地域特性を考慮した地域LCA手法, 日本LCA学会誌, Vol. 2, No.1, pp.42-47, 2006.
- 2) 井村秀文, 森下兼年: 地域からの地域温暖化対策, 環境研究, No. 141, pp. 65-71, 2006.
- 3) 楊翠芬, 志水章夫, 菱沼竜男, 玄地裕: ライフサイクルでの環境面と経済面を考慮した生ごみ再資源化技術評価, 日本LCA学会誌, Vol.2, No.4, pp.370-378, 2006.
- 4) Isard, W.: Regional Commodity Balances and Interregional Commodity Flows, The American Economic Review XL, pp.167-180, 1953.
- 5) 国土交通省: 全国物流純流動調査, 第7回 2000年度調査