

## H-9 物質フローモデルに基づく持続可能な生産・消費の達成度評価手法に関する研究

## (2) 地域、産業間物質フローによる環境影響の評価手法に関する研究

## 独立行政法人産業技術総合研究所

ライフサイクルアセスメント研究センター	センター長	稲葉敦
ライフサイクルアセスメント研究センター	副センター長	匂坂正幸
ライフサイクルアセスメント研究センター	環境効率研究チーム	田原聖隆
ライフサイクルアセスメント研究センター	地域環境研究チーム	玄地裕

## &lt;研究協力者&gt; 独立行政法人産業技術総合研究所

ライフサイクルアセスメント研究センター	布施正暁
ライフサイクルアセスメント研究センター	李一石

平成16～18年度合計予算額	30,156千円
(うち、平成18年度予算額)	9,080千円)

## [要旨]

平成15年3月に「循環型社会形成推進基本計画」が発表され、物質フローに関する数値目標が盛り込まれた。数値目標達成には、国内の地域レベルでの物質フローを把握すると共にライフサイクル的な思考に基づく環境負荷低減策の設計が不可欠である。そこで本研究では、日本国内を対象に、全産業の都道府県レベルの物質フローを明らかにした。さらに、都道府県レベルの物質フローの解析を基に、地域間での相互依存関係を通じた間接的な影響を重視した地域LCA評価手法の開発を行った。具体的には、まず、47都道府県の産業連関表、各種統計・モデルを駆使して、地域特性を反映した各地域の生産・消費とそれに伴う地域間交流を一括で表わす地域・産業間物質フローマトリックスを作成した。物質フローマトリックスを基に、各地域の消費に起因する地域内外および海外での経済・環境影響を定量化した。また、新たに影響依存指数を提案することで、産業ごとの相対的な経済と環境における他地域への依存傾向や該当産業の地域内での影響度合いを把握した。続いて、作成した地域・産業間物質フローマトリックスを用いて、既存の地域評価では考慮できなかった間接影響の地域特性を考慮した地域LCA評価手法(Life Cycle Region-specific Assessment Method : LCRAM)を提案した。LCRAMは、間接影響地域を特定する拡張型地域間産業連関モデル(Expanded Inter-regional Input Output Method : EIOM)と、地域間交流、産業構造やエネルギー消費構造、地理・気候条件などの環境的な特徴を反映した地域データベースから構成される。そして地域データベースを作成し、地域間の差異とそれに起因する評価結果への影響について検討を行った。さらに、半導体産業の誘致のケーススタディを通して、地域活動の評価において間接影響に対する地域特性を考慮する必要性を明らかにすることと共に、既存統計との比較を通してLCRAMの有用性や信頼性について検証した。

[キーワード] 地域・産業間物質フロー、ライフサイクル分析、地域政策、地域特性、影響評価

1. はじめに

平成15年3月に「循環型社会形成推進基本計画」が発表され、物質フローに基づく資源生産性、循環利用率、最終処分量に関する具体的な数値目標が盛り込まれた。数値目標の達成には、国全体は勿論のこと、地域自治体の連携およびその役割分担を明確にすることが求められる。その中でも、企業や市民と国との関係をマネジメントするなど実地的な役割を担う地域自治体の重要性が増している。地方自治体の役割の一つである地域政策の策定において、政策導入が各地域の経済および環境に与える影響を正確に把握する必要がある。その際、自地域内の経済・環境に対する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他地域に連鎖・波及する間接影響も考慮する視点が重要である。特に、地域の生産・消費と地域間交流から生じる地域・産業間の物質フローは間接影響の因果関係を説明する基礎的情報である。しかし、地域・産業間物質フローの把握、さらに、地域間の相互依存関係を考慮した地域評価手法に関する研究は殆ど行われていないことが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、第一に、物質フロー分析（MFA）手法に関する先行研究の蓄積を発展させて、都道府県を対象に、各産業における地域の生産・消費と地域間交流が一括で把握できる地域・産業間物質フローマトリックスを作成することである。

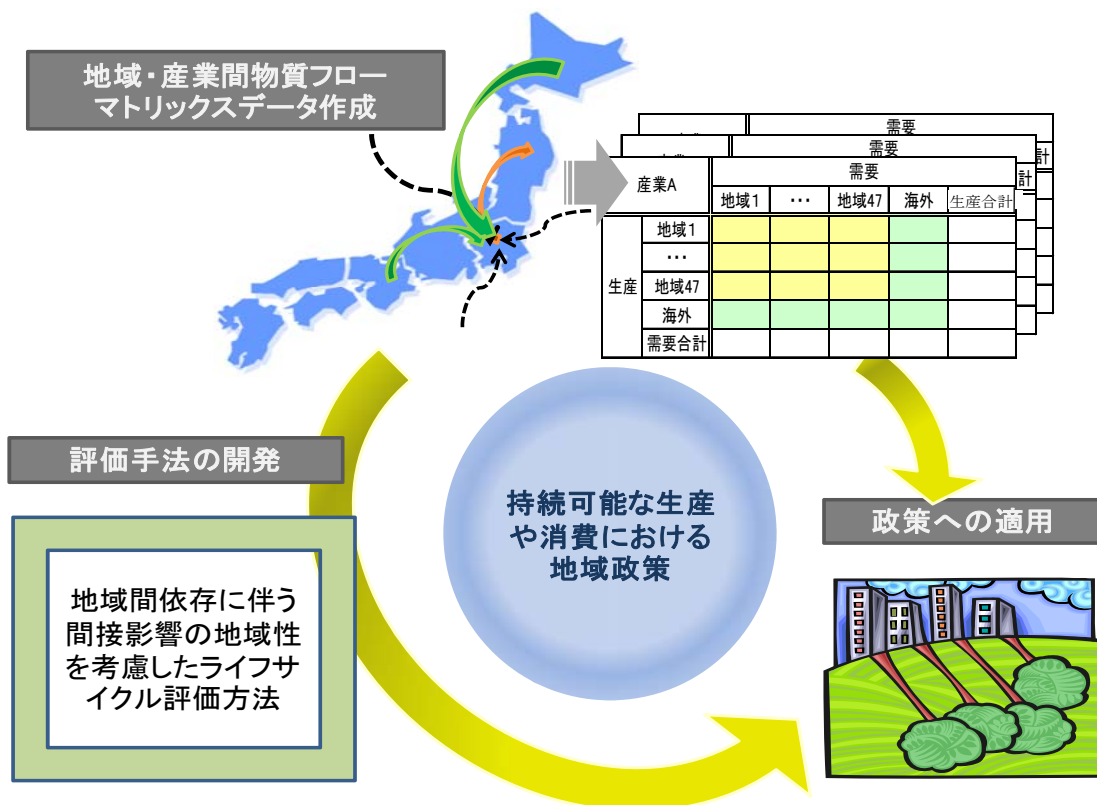


図1. 持続可能な生産・消費を目指した地域政策の策定における本研究の位置づけ

第二の目的は、地域・産業間物質フローマトリックスの解析を基に、地域間の相互依存関係をライフサイクル思考で記述した地域LCA評価手法の開発を行うことである。

以上の地域・産業間物質フローマトリックスと地域LCA評価手法を具体的な地域に適用することで、地球環境と地域環境を考慮した持続可能な生産と消費の達成における実効的な地域政策の策定が期待できる（図1）。

### 3. 研究方法

ここでは、第一の目的に対応して、（1）で、地域・産業間の物質フローマトリックスの作成と地域の影響依存分析の方法について説明する。（2）では、第二の目的に対応して地域・産業間物質フローマトリックスに基づく、地域間の相互依存関係を考慮した地域LCA（Life Cycle Assessment）評価手法を説明する。

#### （1） 地域・産業間物質フローマトリックス作成と地域の影響依存分析の方法

##### 1) 地域・産業間物質フローマトリックス作成の前提条件

本研究では、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、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。

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する。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、地域間交流から成る地域・産業間物質フローの基礎情報を入手した。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ることができる。わが国の産業連関表は「商品」区分で部門が構成されているが、一つの産業は一つの商品を産出すると見なし、以後、部門区分を「産業」として表記する。本研究では「産業」と、その「生産」と「消費」の定義を採用し、産業分類は全国産業連関表で採用する産業分類に合わせた。

##### 2) 地域・産業間物質フローマトリックスの作成方法

平成17年度に、1995年を対象に予備的なマトリックスの作成を行い、平成18年度には、平成17年度で用いた使用データおよび推計方法を見直し、2000年を対象にマトリックスを再作成した。平成18年度の改善点として以下が挙げられる。まず、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、データの精度や地域特性の反映度の向上を行った。また、各地域の輸入出データを地域・産業間物質フローマトリックスに加えることで、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(186分類)に統一してデータ作成

を行った。ここでは、平成18年度の推計方法について説明する。

国内の既存統計の整備状況を調査した結果、詳細でかつ信頼性の高い地域別生産額を得ることが可能であるものの、地域別消費額と地域間交流額の入手は困難であった。そこで、本研究では、表1に示した統計や各種モデルを用いて、図2の手順で地域・産業間物質フローマトリックスを作成した。手順は、a.地域・産業別生産額の推計、b.生産額の推計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.上記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.の詳細について述べる。

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
a. 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
b. 地域・産業別需要額	<u>地域商品均衡法</u> 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
c. 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
d. 産業別交流特性係数	<u>エントロピー極大化モデル</u>	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
e. 産業別の地域間交流額	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>エントロピー極大化モデル</u></li> <li>• 人口加重配分</li> </ul>	自給分を除いた移入と移出分だけを産業別交流特性により配分(47都道府県間)

#### a. 地域・産業別生産額の集計・推計

地域・産業別生産額の集計・推計の方法について説明する。地域特性の反映度やデータ精度を高めるため、地域の生産・消費、自給率などを反映している地域産業連関表の生産額を用いた。ただし、都道府県から産業連関表を収集した結果、12地域において粗い産業分類(中分類:104分類程度)を持つ産業連関表しか入手できなかった。そこで本研究で基本とする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。ただし、工業統計の一部については秘匿部分が存在するため、事業所統計などを用いて補完推計を行うことで対応した。

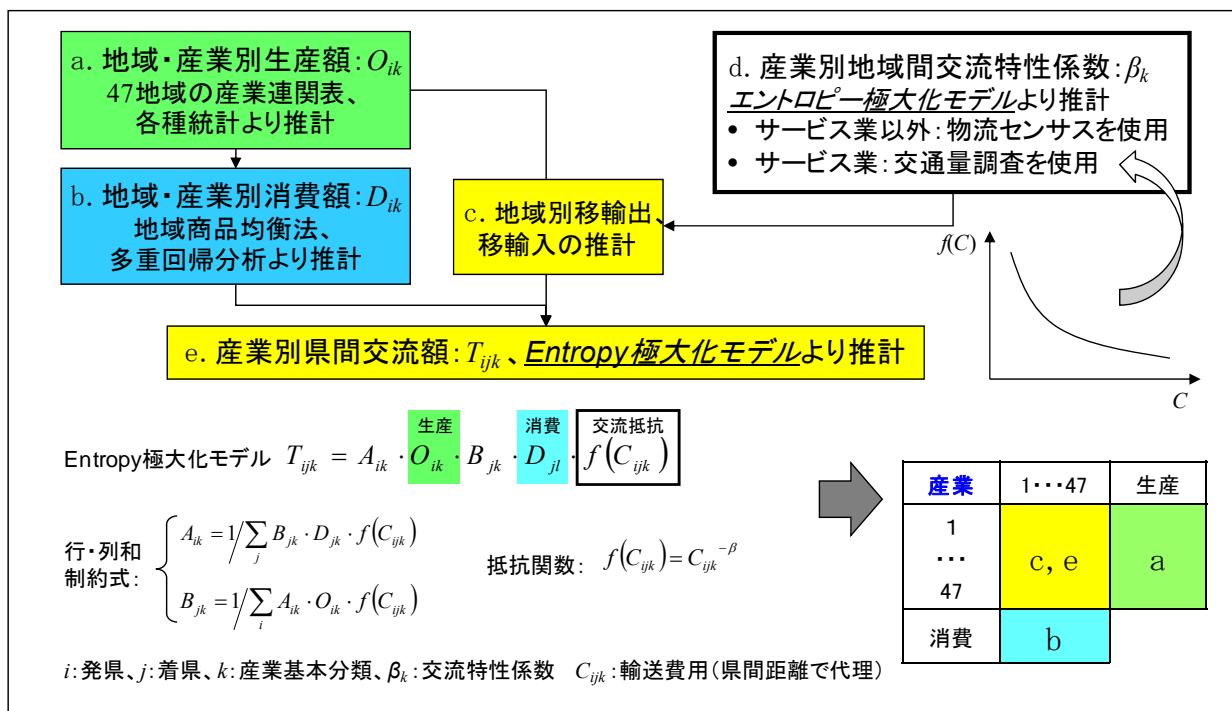


図2.地域・産業間物質フローマトリックスの作成方法の概要

b. 地域・産業別消費額の推計

地域・産業別消費額の推計に関しても、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)<sup>1)</sup>と多重回帰分析を組み合わせ推計を行った。産業連関表の地域内の総生産額＝総消費額概念より、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 $RI_i$ 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(式(1))。中間消費額 $RI_i$ 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(式(2))。この際、技術係数は該当地域が属している総務省の公表する9地域産業連関表の地域ごとの技術係数を用いた。また、最終消費額 $RC_{fi}$ は、生産額 $RX_i$ と中間消費額 $RI_i$ 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((3)式)から推計した。(3)式のパラメータ*a*、*b*、*c*を推定するため、9地域産業連関表の各地域のデータを利用して多重回帰分析を行った。

$$RC_i = RI_i + RC_{fi} \tag{1}$$

$$RI_i = \sum_j A_{ij} \cdot RX_j \tag{2}$$

$$RC_{fi} = a \times RI_i + b \times RX_i + c \times (TC_{fi} / T_f) \tag{3}$$

c. 地域別移輸出、移輸入の推計

産業別地域間交流額を精度よく推計するためには、地域内の各産業の自給率、移入出率、輸入出率を把握することが重要である。さらに、本研究では、地域と海外との依存関係の情報も物質

フローマトリックスに含めるため、地域内外だけではなく国内と国外との区別も必要とする。しかし、本研究で行った47都道府県の地域産業連関表に関する調査から、20地域の産業連関表は移入と輸入、移出と輸出が統合されている状況であった。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、最終需要額を用いて多重回帰分析を行い推計した。ただし、多重回帰分析の結果、相関関係が確認できない産業に対しては9地域産業連関表の輸入率と輸出率を用いて推計した。以上の方法で推計される移入額と移出額は、移入額と移出額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計算を行った。

#### d. 産業別交流特性係数の抽出

本研究で用いる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難さ)を表わす産業別の地域間交流特性係数 $\beta$ (以下、交流特性係数)を既存統計から抽出する必要がある。本研究は、実際の産業の交流特性を反映するため、以下のアプローチより産業別の交流特性係数を抽出した。

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。しかし、物流センサスの地域間交流のデータを利用するには以下の問題点が挙げられる。

- 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。
- 発地と着地の定義が本研究の生産地と消費地と必ずしも一致しない。
- 該当産業と無関係な品目の出荷データが含まれている。

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。

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、サービスの地域間交流は人口移動に比例すると仮定した。そのため、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抽出して推計した。以上の各産業における作成した地域間交流量とエントロピー極大化モデルを用いて交流特性係数を推定した。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)に対する適切な指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<sup>2)</sup>。

#### 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、移入出額、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、移入出額を各地域に配分した地域間交流額を求めた。最終的に、地域ごとの自給分と移入出、輸入出を合わせて地域・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) 地域の影響依存分析の方法

資源やエネルギー使用量を減らして環境への影響を少なくするため、また、環境だけではなく地域の経済と環境のバランスを考慮した地域政策を行うことが求められる。その実現のためには、経済・環境影響の相互依存やそれらの地域格差が発生する要因を把握する必要がある。「京都議定書目標達成計画」に基づく「地域地球温暖化対策推進計画」が進みつつある。その中では、地域ごとにCO<sub>2</sub>に対する削減目標を定め、目標を達成するための様々な検討が行われている。このとき各地域の削減対象となる現状のCO<sub>2</sub>排出量は、当該地域で直接排出される量が基本となる。しかし、各地域の消費はその地域内の生産ですべて賄われる、つまり他地域にまったく依存しないことは考えにくい。地域間の相互依存関係を通じて他の地域に影響を及ぼすため、実際のCO<sub>2</sub>排出削減量の算定には同様の視点から議論する必要があると考える。そこで、本研究では、作成された地域・産業間物質フローマトリックスを用いた地域の影響依存分析の方法として、地域消費に起因する地域内外での経済・環境影響の定量化に適した地域間影響依存度を算定し、さらに、地域、産業ごとの相互依存性の評価に適した地域間影響依存指数を提案する。

地域間影響依存度として経済・環境の地域間影響依存額(量)と地域間影響純依存額(量)を算定した。ここで、地域間影響依存額は地域の移輸入額と移輸出額、及びそれらに伴う環境負荷を意味し、そこから移輸入額と移輸出額の差を取り、その準依存の大きさだけを表したのが地域間影響純依存額(量)である。環境影響として適用可能な環境負荷は多いが、ここではCO<sub>2</sub>排出量を対象とした。また、地域間の相互依存関係に焦点を合わせ、自地域内で生産され自地域内で消費される分、自給分は分析から除外した。各地域の移入および輸入における生産額とCO<sub>2</sub>排出量は、当該地域の消費により他地域・国での発生される影響を意味するためプラス値で示した。一方、移出および輸出における生産額とCO<sub>2</sub>排出量は他地域の消費による当該地域の負担を意味するため、マイナスの値で計上した。また、地域間影響純依存額(量)は、移・輸入分から移・輸出分を差し引いた分であり、経済・環境における地域間依存の大きさを意味する。

地域間影響依存指数(DI)は、分子に純依存量を用いることで他地域への依存傾向やその大きさを表す(式(4))。さらに全地域産業の中で*i*産業が占める影響の大きさを加えることで、地域内の産業間の比較が可能となる。

$$DI_i^{R1} = \frac{I_i^{R1} - E_i^{R1}}{D_{total}^{R1}} \times \frac{S_i^{R1}}{S_{total}^{R1}} \quad (4)$$

ここで、移・輸入を  $I_i^{R1}$ 、移・輸出を  $E_i^{R1}$  とするとR1地域の*i*産業における影響依存指数の算出手順は以下の通りである。まず、R1地域全体の消費(中間需要+最終需要:  $D_{total}^{R1}$ )に対する*i*産業の純依存量 [ $I_i^{R1} - E_i^{R1}$ ] の比率を算出する。さらに、R1地域のプラスまたはマイナスの依存の産業 ( $I_i^{R1} < E_i^{R1}$  or  $I_i^{R1} > E_i^{R1}$  である産業) の合計 ( $S_{total}^{R1}$ ) を求め、それに対する*i*産業の純依存量の比率 ( $S_i^{R1}$ ) を加重値として乗じることで影響依存指数を計算する。

## (2) 地域間の相互依存関係を考慮した地域LCA評価手法

地域・産業間物質フローに基づき、地域間の相互依存関係を考慮した地域LCA評価手法の開発の必要性を論じた後で、その内容について言及する。ここでは、地域政策の実施といった地域活動に対するLCAを地域LCAと言う。

### 1) 地域LCA評価手法開発の必要性

持続可能な開発における環境評価手法としてLCAは注目を浴びてきた。近年、LCAは製品システムの評価だけではなく、エネルギーシステム、廃棄物処理など地域社会システムに対しても適用が進み、環境負荷の小さい地域社会の実現に向けた地域活動の評価に活用されている<sup>3,4)</sup>。一方、地域活動は地域内の直接的な影響に加え、自地域および他地域にも間接的に影響を及ぼし、その影響は地域によって異なる。このため、直接・間接影響に対する地域特性の考慮は、地域の状況を適切に反映した評価を行うために必要である<sup>5)</sup>。しかし、これまでの地域LCAでは、直接影響への地域特性のみ考慮され、間接影響に対する、地域間相互依存性やそれに伴う輸送の影響といった地域特性については殆ど考慮されなかった。よって、地域活動における直接・間接影響の地域特性が考慮できるよう、地域LCAの評価バウンダリーの見直しと地域特性の定義化とそれに対応した評価手法の開発および地域データの整備が求められていた。

### 2) 地域LCA評価手法の内容

#### a. 地域LCA評価手法の評価バウンダリーと地域特性

図3に示すように、地域LCA評価手法における評価のバウンダリーと地域特性を設定した。まず、地域活動の計画、建設、運用、解体・廃棄の各段階における製品やエネルギーの直接使用による事業地域からの環境負荷排出を直接影響と定義する。各段階で使用される製品やエネルギーの生産に起因する各地域からの環境負荷排出を間接影響と定義する。

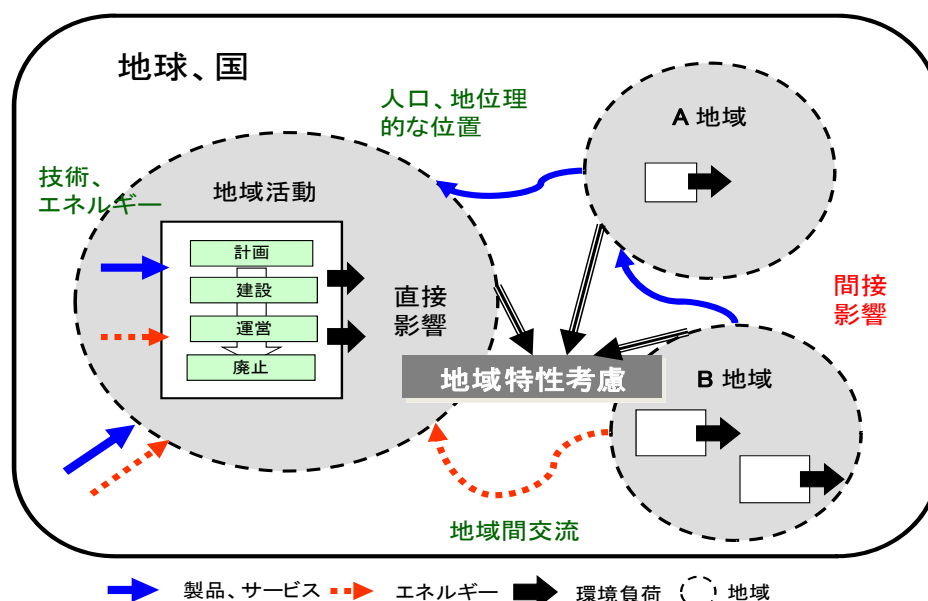


図3. 地域LCA手法における評価バウンダリーと地域特性



以上の直接・間接影響を地域LCAの評価バウンダリーとした。特定地域の活動の評価では、各地域の産業やエネルギー、地域間交流などの構造的な特徴により直接ないし間接の環境負荷量とその排出地域が定まる。また、排出地域によって地理的条件、気候、自然や人口などの環境的な特徴が異なる。これら構造および環境的な特徴の地域による違いを地域特性と定義した。

b. 地域LCA評価手法の枠組み

本研究の第一の目的である地域・産業間物質フローを把握することで既存の地域LCAでは考慮できなかった地域間相互依存による間接影響の地域特性を考慮することが可能になる。しかし、そのためには、すべての間接影響が起きる地域の地域特性を反映した地域データベースを整備する必要がある。そこで、図4で示される地域LCA評価手法を提案し、LCRAM(Life Cycle Region-specific Assessment Method)と名付けた。LCRAMは、間接地域における影響地域を特定するための拡張型地域間産業連関モデル(EIOM: Expanded Inter-regional input Output Method)と、地域データベースによって構成される。地域データベースは、地域・産業間交流を反映する地域・産業間物質フローマトリックス、地域別の産業構造とエネルギー消費構造を反映する地域環境負荷係数、地域ごとの環境的な特徴を反映する地域被害係数よりなる。以下で、EIOMと個別の地域データベースの詳細について説明する。

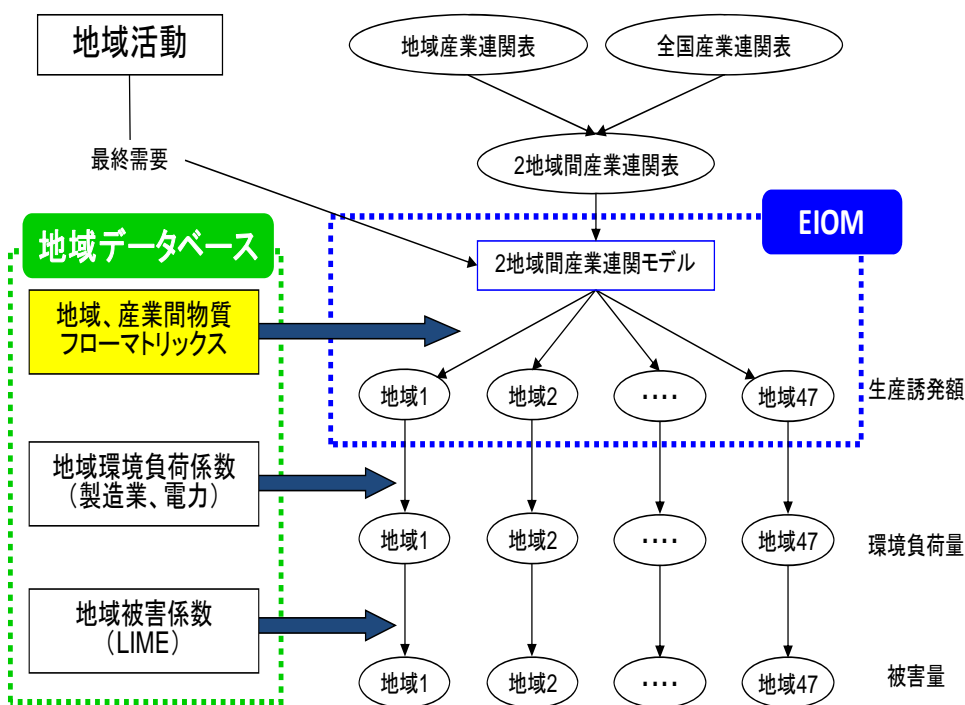


図4. 地域LCA評価手法 (LCRAM) の枠組み

i. EIOM (Expanded Inter-regional input Output Method)

地域間相互作用による各地域の間接影響の分析には地域間産業連関分析の利用が一般的であり、国内でも経済産業省が分析に必要となる9地域間産業連関表を整備している。しかし、本研究で必

要となる詳細産業分類を持つ多地域間産業連関表は存在せず、またその作成を行うことは現実的に困難である。また、地域を活動地域と他地域に分けて分析する2地域間産業連関分析を用いることも考えられるが、自給率が低く他地域からの移入が多い地域の評価では、他地域における地域特性を適切に考慮できない恐れがある。そこで、本研究では、2地域間産業連関分析における他地域への間接影響を、地域・産業間物質フローマトリックスを用いて各地域に再分配できるEIOMを提案した。

EIOMについて簡単に説明する。まず、地域産業連関の作成に広く使用されているチェネリー・モーゼズの地域間産業連関モデル<sup>6)</sup> ((5)式)を用い、活動地域(T地域)と他地域(T地域以外の地域 : S地域)との2地域間産業連関表を作成する。そこで得られた逆行列((6)式)を地域内への波及効果(Intra)、他地域への地域間の拡散効果(Inter)、他地域から自地域への還流効果(Reflux)に分解する((7)(8)式)。さらに、式(13)により導かれる他地域の地域間拡散効果( $X^S_{Inter}$ )だけを取り出し、他地域から活動地域へ(S-T)、他地域から他地域へ(S-S)の影響を分離する。最後に、地域・産業間物質フローマトリックスから得られる地域の移入割合をかけることによって、図5のように47地域間産業連関表で分析した結果と同様に他地域の間接影響を46地域に分配ができる。この分配方法は、モーゼズ・チェネリーモデルでの地域間交流を意味する交易係数で分配することと同じ原理である。

$$\begin{bmatrix} X^T \\ X^S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{TT} & C^{TS} \\ C^{ST} & C^{SS} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A^T & 0 \\ 0 & A^S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^T \\ X^S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C^{TT} & C^{TS} \\ C^{ST} & C^{SS} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F^T \\ F^S \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$= \left( \begin{bmatrix} I - C^{TT} A^T & -C^{TS} A^S \\ -C^{ST} A^T & I - C^{SS} A^S \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} C^{TT} F^T + C^{TS} F^S \\ C^{ST} F^T + C^{SS} F^S \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$= \underbrace{\begin{bmatrix} (I - K^{TS} K^{ST})^{-1} & 0 \\ 0 & (I - K^{ST} K^{TS})^{-1} \end{bmatrix}}_{REFLUX} \underbrace{\begin{bmatrix} I & K^{TS} \\ K^{ST} & I \end{bmatrix}}_{INTER} \underbrace{\begin{bmatrix} (I - A^{TT})^{-1} & 0 \\ 0 & (I - A^{SS})^{-1} \end{bmatrix}}_{INTRA} \times \begin{bmatrix} C^{TT} F^T + C^{TS} F^S \\ C^{ST} F^T + C^{SS} F^S \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$= \begin{bmatrix} X^T_{REFLUX} + X^T_{INTER} + X^T_{INTRA} \\ X^S_{REFLUX} + X^S_{INTER} + X^S_{INTRA} \end{bmatrix} \quad (8)$$

すなわち、

$$X^T_{REFLUX} = \Phi^{TT} (I - \Phi^{TT})^{-1} (X^T_{INTER} + X^T_{INTRA}) \quad (9)$$

$$X^T_{INTER} = K^{TS} (I - A^{SS})^{-1} C^{ST} F^T \quad (10)$$

$$X^T_{INTRA} = A^{TT} (I - A^{TT})^{-1} C^{TT} F^T + C^{TT} F^T \quad (11)$$

$$X^S_{REFLUX} = \Phi^{SS} (I - \Phi^{SS})^{-1} (X^S_{INTER} + X^S_{INTRA}) \quad (12)$$

$$X_{INTER}^S = K^{ST} (I - A^{TT})^{-1} C^{TT} F^T + C^{ST} F^T \tag{13}$$

$$X_{INTRA}^S = A^{SS} (I - A^{SS})^{-1} C^{ST} F^T \tag{14}$$

ここで、 $X^T, X^S$ : 地域T (S) の地域内生産額 (百万円)

$F^T, F^S$ : 地域T (S) の最終需要額 (百万円)

$A^T, A^S$ : 地域T (S) の投入係数

$C^{TT}, C^{TS}, C^{ST}, C^{SS}$ : 地域間交易係数

$$A^{TT} = C^{TT} A^T, \quad A^{SS} = C^{SS} A^S$$

$$K^{TS} = (I - C^{TT} A^T)^{-1} C^{TS} A^S, \quad K^{ST} = (I - C^{SS} A^S)^{-1} C^{ST} A^T$$

$$\Phi^{TT} \equiv K^{TS} K^{ST} \text{ and } \Phi^{SS} \equiv K^{ST} K^{TS}, \quad F^S = 0 \text{ then } C^{TS} F^S = 0 \text{ and } C^{SS} F^S = 0$$

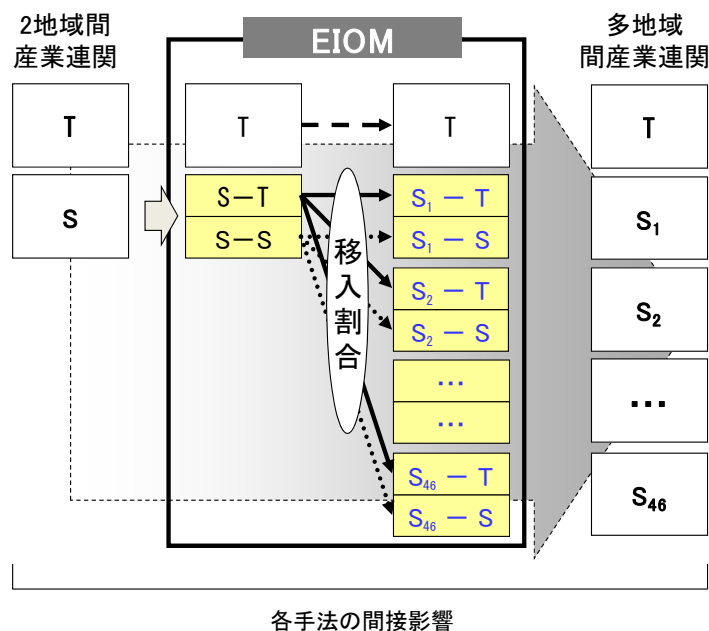


図5. EIOMによる間接影響地域の分配

ii. 地域データベース

LCRAMで考慮する地域特性として生産、消費、地域間交流の構造的な特徴や地理的条件、気候、自然、人口などの環境的な特徴を挙げた。それらを考慮した評価を行うために以下のデータベースを整備した。

地域・産業間物質フローマトリックス:

地域活動の評価において、当該活動による間接的な影響地域やその影響量の大きさを把握するための最も基礎となる情報である。本研究の第一の目的に対応して作成される。

#### 地域環境負荷係数：

既存のLCA研究でも産業構造やエネルギー消費構造などの地域差を考慮した環境負荷係数の必要性について議論されている。しかし、従来のLCAは製品中心的であり、ポテンシャル評価に留まっていることから、環境負荷係数の地域差は殆ど考慮されていなかった。よって、地域や技術の特性上、地域差が大きく表れると思われる産業、例えば、エネルギー消費は環境負荷排出と深い関係があり、その約90%を消費する製造業と電力、輸送については、環境負荷係数の地域差についての検討が必要である。ただし、運輸は輸送機関の分担率に対する地域差はあると考えられるが、関連するデータの入手が困難であるため、機関分担に関わる地域特性については今後の課題とする。そのため、本研究では、製造業(24分類)と電力に対して47地域ごとのCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMの環境負荷排出係数を作成し、地域間の差異とそれによる評価結果に及ぼす影響について検討を行う。データ作成において使用する統計としては、製造業は工業統計と石油等消費構造統計を用い、電力については電力需給の概要を用いる。

#### 地域被害係数：

LCA影響評価における、環境負荷排出を起因とする環境問題から被害を受ける保護対象までの影響を考慮する被害算定型の手法が環境報告書などで幅広く使われるようになってきた。被害算定型は保護対象の被害を比較する影響評価手法であるため、インパクト評価における地域特性の考慮は重要である。特に、同じ環境負荷排出量であっても、排出地域が異なると地域の環境的な特徴によりその影響も異なる。したがって、影響の地域依存性が高いと言われている大気汚染、有害化学物質、重金属などによる保護対象への影響については、その環境負荷の性質や保護対象に関連する地域特性を評価に反映する必要がある。日本では、LCAプロジェクト(製品等ライフサイクル影響評価技術開発1998-2003:経済産業省/新エネルギー・産業技術総合開発機構/産業環境管理協会)を通して、ライフサイクル影響評価手法であるLIME (LIME : Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) が開発された<sup>7)</sup>。本研究では、大気汚染物質であるNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMに対して、LIMEの地域被害係数を引用し、影響評価における地域差について検討を行う。

## 4. 結果・考察

### (1) 地域・産業間物質フローマトリックス作成および地域の影響依存分析の結果

#### 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、47都道府県の産業連関表、各種統計・モデルを駆使して地域の生産・消費・交流から成る地域・産業間物質フローマトリックスを作成した。その作成データ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。まず、全体的に見ると、北海道と沖縄の場合、都道府県レベルの産業連関表を収集する際、9地域産業連関表のデータを用いて調整を行ったのでその差は1%以内である。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。

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)

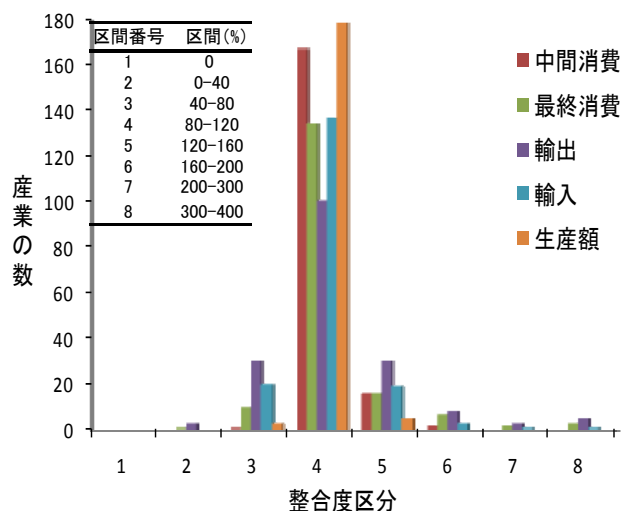


図6. 推計値における産業別の整合性

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。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る。よって集計の必要がない北海道、沖縄の移出と移入では共に1%以内の差になり、高い整合性を確認している。図6に、186産業別に整合性を検討した結果を示した。横軸は全部8区間に分けた整合度の区間であり、縦軸は整合度区間に入る産業の数を意味している。5つの項目に対して数値の差はあるものの、多くの産業が区分4である80-120%の整合性で推計されていることが確認できた。

## 2) 地域の影響依存分析の結果

### a. 経済・環境影響の地域間影響依存度

各地域の年間活動に伴う他地域への経済・環境影響の地域間影響依存度を評価した。図7には、9地域にまとめて行った地域間影響依存額(量)の結果を示し、左のグラフは経済影響、右のグラフは環境影響としてCO<sub>2</sub>排出量を示している。

図7により、経済影響の依存性を見ると、純依存額(量)で見られるように移・輸入と移・輸出との間に大きな偏りは見えない。一方、環境影響であるCO<sub>2</sub>排出の依存性を見ると地域ごとに大きく変動していることが分かる。特に、関東地域の場合、経済面では移・輸出が大きく、他地域から依存される状況であるが、環境面では逆に多くのCO<sub>2</sub>を他地域に依存している状況であることが明らかになった。理由として、関東地域ではCO<sub>2</sub>の排出量が少ないサービスが産業の中心になっており、移出の多くの部分を占めている一方で、CO<sub>2</sub>の排出量が多い製造業に関しては他地域への依存が大きいからである。

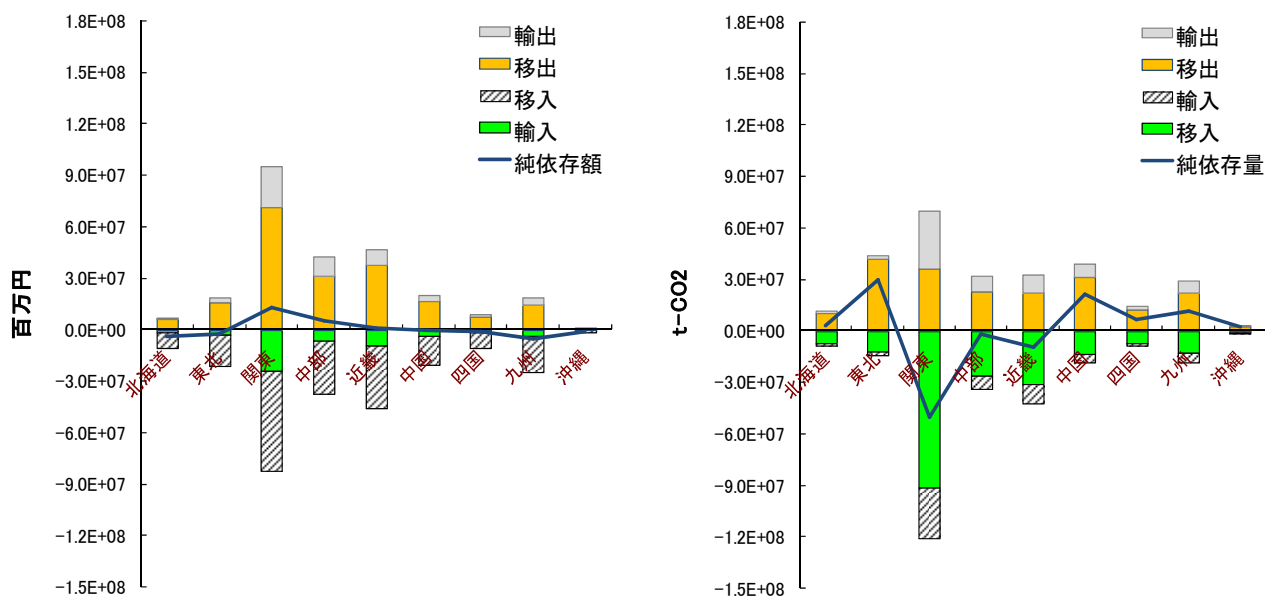


図7. 各地域における経済・環境影響の地域間影響依存度

表3には、図7の結果を踏まえて、地域のCO<sub>2</sub>排出量に対して、地域内の生産を基準とする値と本研究の地域間影響の依存を考慮した地域内の消費を基準とする値の比較結果を示した。関東と近畿地域では生産基準値に対し消費基準値が14%、6%増加し、その他の地域では10%から33%まで減少する結果が得られた。この結果から分かるように、地域のCO<sub>2</sub>排出量における目標削減量を設定する際、当該地域の生産を基準とするか消費を基準とするかでその削減量が大きく変化することが明らかになった。

表3. 地域別CO<sub>2</sub>排出量における生産基準値と消費基準値との比較

		単位(%)									
	単位	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	
地域生産基準CO <sub>2</sub> 排出量(A)	百万トン	29	90	370	103	162	93	43	96	10	
地域生産基準CO <sub>2</sub> 排出量(B)	百万トン	26	61	421	105	171	73	37	84	8	
排出増減率	(%)	-10	-33	14	2	6	-22	-14	-12	-21	

排出増減率: (B-A)/A X 100)

b. 経済・環境影響の地域間影響依存指数

図8には、関東・四国地域を対象とし、式(4)で定義される各産業に対する環境かつ経済の地域間影響依存指数を作成し、地域の影響依存傾向や各産業の依存分布とその大きさを比較した。

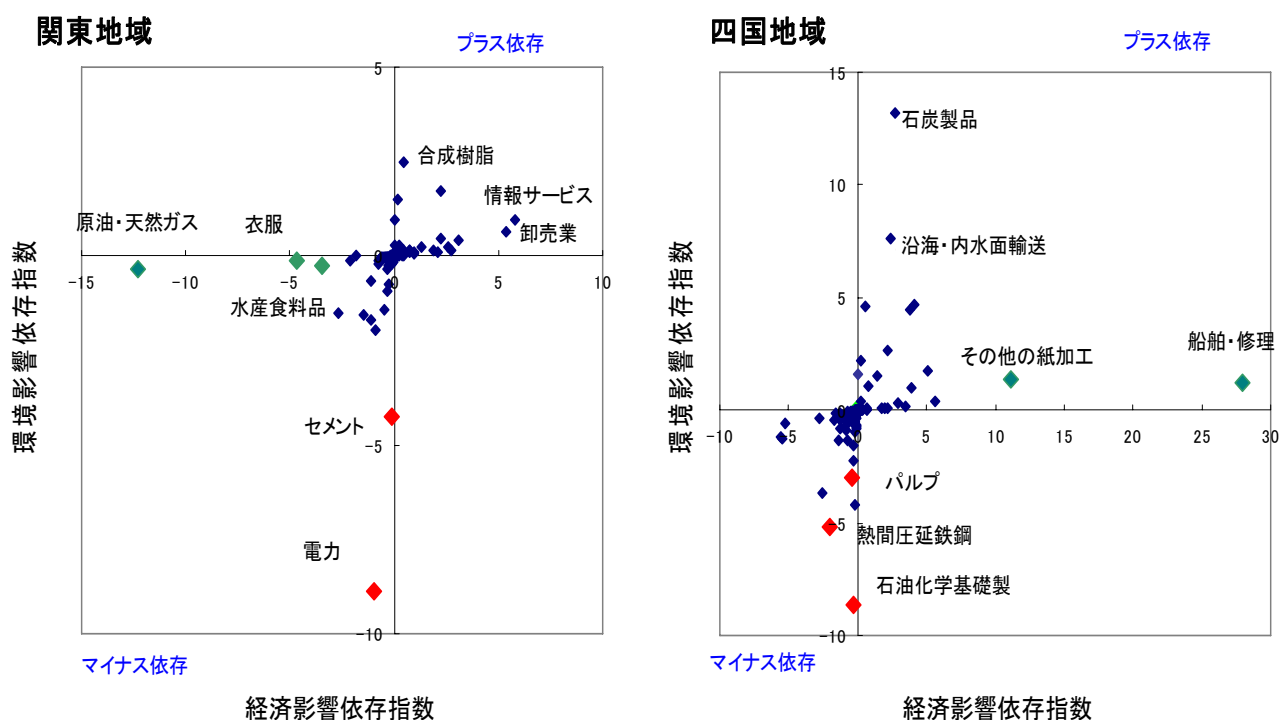


図8. 関東・四国地域に対する経済・環境影響依存指数の分布

まず、横軸は経済影響依存指数、縦軸は環境影響依存指数を示し、該当地域の消費に起因し他地域で影響が起こるのは「マイナス依存」、それに対して、他地域の消費に起因し該当地域で影響が起こるのは「プラス依存」として表した。関東地域は環境影響のマイナス依存の傾向が顕著であり、特に電力やセメントといった産業が大きく寄与している。経済影響では原油や衣服といったマイナス依存が大きい産業が目立つ。一方、四国地域はその他の紙加工や船舶修理といった産業の経済影響のプラス依存の傾向が顕著である。環境のマイナス依存では、石油化学基礎製品や熱間圧延鉄鋼などが高い依存性を示す。したがって、この指数を比較することによって、地域産業に対する各地域の経済・環境影響の地域依存度の傾向や地域内での影響の大きさを容易に把握することが可能である。

## (2) 地域間の相互依存関係を考慮した地域LCA評価手法の開発

### 1) EIOMの信頼性検討

本研究では、47都道府県間産業連関表を作成せず47都道府県の間接影響を特定する方法として、活動地域と他地域の2地域間産業連関を拡張するEIOMを提案した。EIOMが実際の多地域間産業連関分析と比べてどの程度の精度を持っているかは評価全体の信頼性につながる重要な問題である。そこで、経済産業省の9地域産業連関表(9-IO)を用いた9地域の間接生産誘発額の結果と、EIOMの結果との比較により、EIOMの信頼性に対する検証を行った。図9は、中国地域を対象として各産業での100万円の消費活動が起きた場合を想定し、EIOMと9-IOを用いた9地域への間接生産誘発額の計算結果の比較を示す。

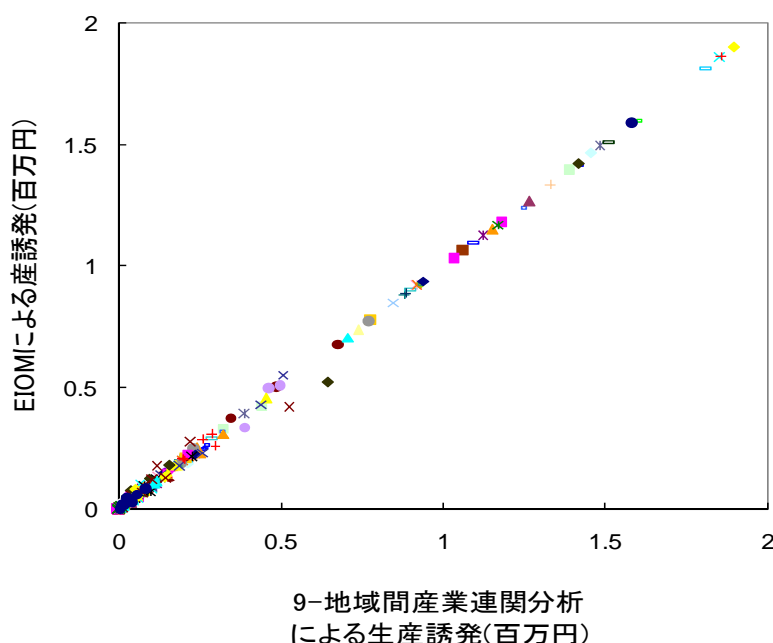


図9. 9地域産業連関表との比較によるEIOMの信頼性の検討結果

その結果、両方法による生産誘発額の結果は、完全一致を意味する対角線に近い結果を示しており、相関係数は0.96となり高い相関関係を示した。さらに、9つの個別の地域に対して同じ条件の評価を行った結果、9つの地域に対するEIOMと9-IOとの相関係数の平均は0.95を示し、EIOMは、9地域間産業連関分析とほぼ同じ結果を得られることが確認できた。

以上より、EIOMは、現実的な制約が多く利用が困難であった多地域間産業連関分析の代わりに、地域の交流特性を反映して間接影響における排出地域を効率的に特定することを可能にした。よって、間接影響地域ごとの地域データを適用することも可能となり、より地域特性反映した評価結果が期待できる。

## 2) 地域データベースにおける地域特性の比較

### a. 地域・産業間物質フローマトリックス

4-(1)では、地域・産業間物質フローマトリックスによる地域の影響依存分析を行った。ここでは、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10-1,2に、セメントと熱間圧延鋼材に対する地域間交流の結果を示す。棒グラフは地域消費に対する各地域からの移入や輸入額、点線は各地域の産業の自給率(図の右側)を表している。

まず、両産業ともに、地域によって消費量と自給率、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%以上自給されるが、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。さらに、産業によって、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も確認できる。

図10-1,2の結果のように、地域や産業の特性によって、依存する地域とその依存量が異なり、結



果として生じる輸送、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、地域活動に対する評価において、地域間交流に起因する影響依存、その反映の必要性について改めて確認できた。

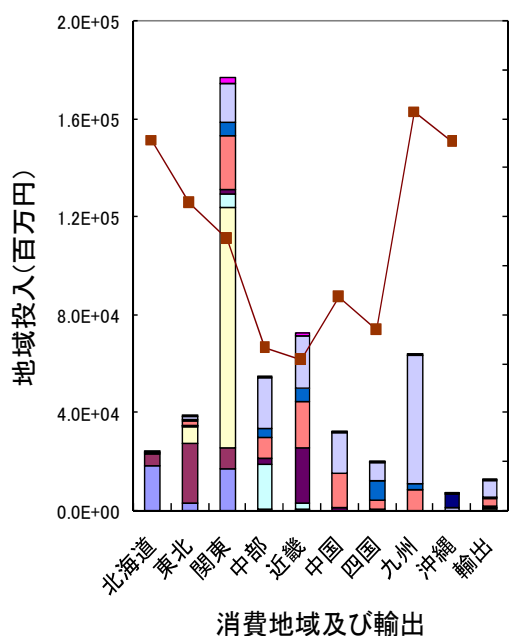


図10-1. セメントの地域間フロー

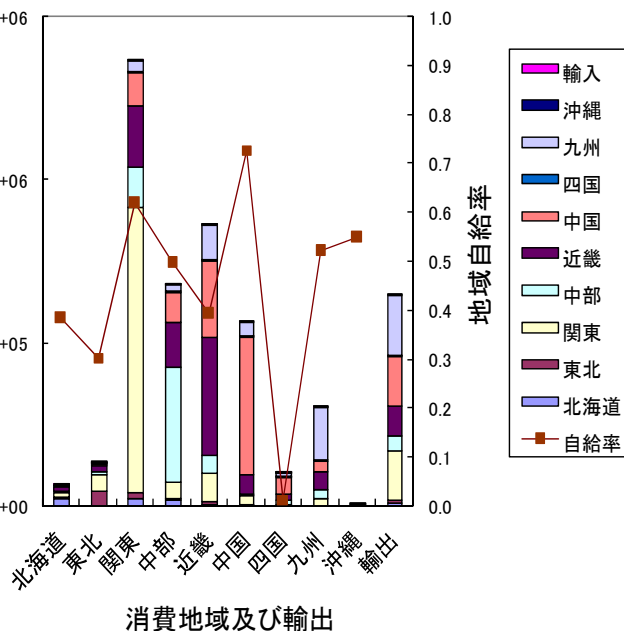


図10-2. 熱間圧延鋼材の地域間フロー

#### b. 地域環境負荷係数

本研究では、製造業（22分類）と電力に対する47地域の環境負荷係数を作成した。各地域の産業構造やエネルギー消費構造による地域差を検討するため、各産業の地域環境負荷係数の分散とその差による地域評価の結果に及ぼす影響を図11に示した。

図11の右の縦軸は各産業の地域別環境負荷係数 $E_{ri}$ を全国平均の環境負荷係数 $E_{mi}$ で割った値に対する標準偏差を求めた結果を示す。図より、一般機械、精密機械、皮革・同製品の産業において、地域のばらつきが大きいことが分かった。理由として、地域の産業構造とエネルギー消費の違いにより、各地域の環境負荷係数が広い範囲で現れることが挙げられる。

さらに、この環境負荷係数の地域差が評価結果に及ぼす影響の大きさを調べる。そこで、上記で計算された標準偏差に各産業の全国平均の環境負荷係数を乗じた、分散影響インデックス(負荷量の差/百万円)を計算した。このインデックスは単位生産当たり環境負荷計数の地域間差が結果に及ぼす影響の大きさを意味する。その結果、比較的に高い標準偏差を見せた精密機械と皮革・同製品などは、産業の環境負荷排出量が他の産業より小さいため分散影響インデックスが小さい。一方、鉄鋼、電力、紙は、分散は小さいが環境負荷係数の地域差による評価結果に及ぼす影響は大きい結果が確認できた。

活動地域が固定されかつ規模が大きい地域のLCA評価では、データの不足や効率的な評価のため、間接の影響評価に産業連関分析を用いた全国平均値がよく利用されている。細かい業種や技術ごとの差はそれほど大きくないかもしれないが産業連関表のようにいくつかの業種が統合される産業分類では、評価結果への影響が大きい産業については、地域の産業やエネルギー特性を考

慮する必要があると考えられる。

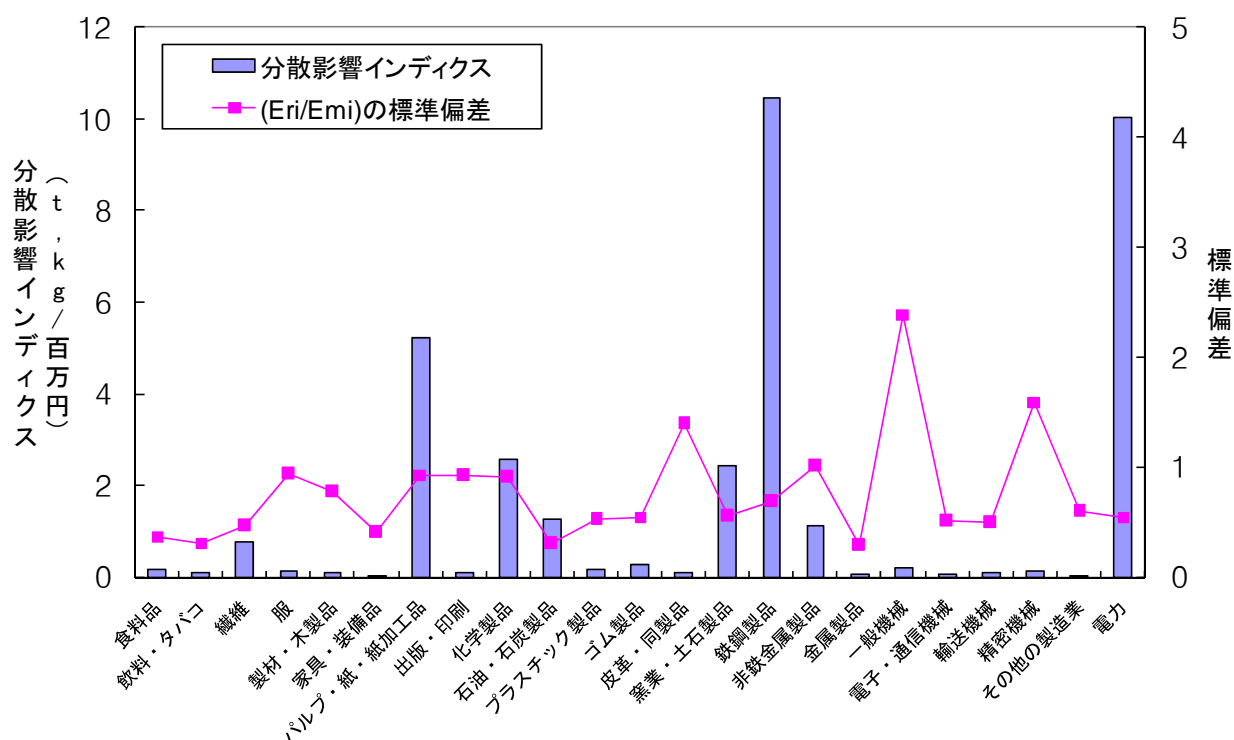


図11. 産業別地域環境負荷係数のばらつきと評価への影響

### c. 地域被害係数

LIMEでは、大気汚染物質であるNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMに対して、人間健康への影響をDALY (Disability Adjusted Life Year) で表す47都道府県ごとの被害係数を設けている。図12に、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMに対して、LIMEの人間健康における47都道府県の被害係数(DALY/環境負荷量)と全国平均の環境負荷係数との比較を行い、その結果を示した。

各地域の被害係数は、環境負荷ごとの特有の性質、各地域の環境的特性を反映して計算されているため、地域によって値も異なる。環境負荷係数別に見てみると、CO<sub>2</sub>に関しては、その被害は地球レベルの地球温暖化による人間健康への影響であり、全国と同じである。それに対して、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMに関しては環境負荷物質の性質や排出地域の風向や人口密度などによってその影響が異なる。以上より、環境負荷の排出地域に合わせた被害係数を使うことでより地域特性を反映したより正確な環境影響の評価が可能になることを提示した。特に、SPMのように影響範囲が狭くて地域性に敏感な環境負荷については、その差を考慮することにより、地域評価の最終的な結果に与える影響は大きいと考えられる。

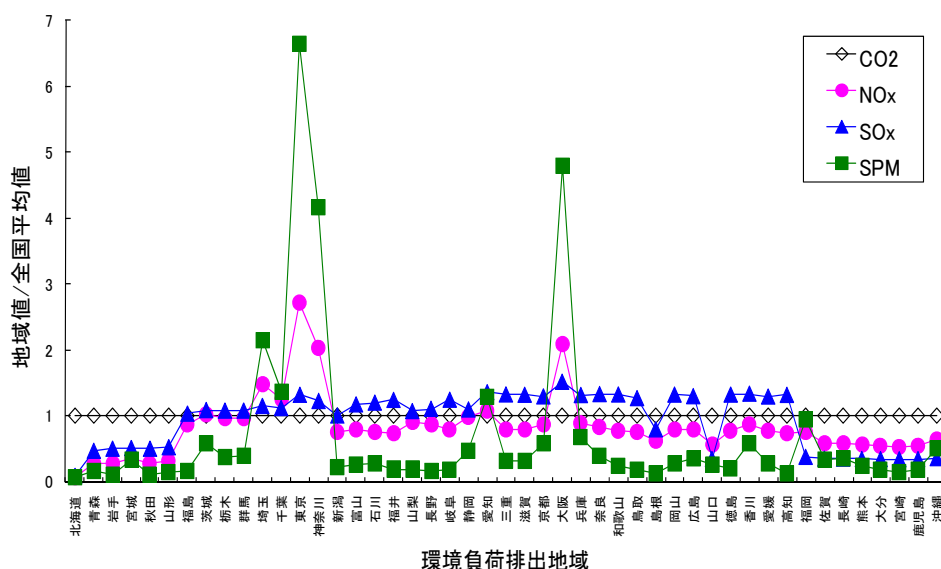


図 12. 被害係数における地域値と全国平均値の比較

### 3) ケーススタディ

ここでは、LCRAMを用いたケーススタディ(半導体産業の誘致)を行う。

#### a. ケーススタディの目的および条件

ケーススタディとして半導体産業の誘致を対象とし、地域活動の評価において、間接影響に対する地域特性を考慮することの重要性について検討することと共に、LCRAMの有用性や信頼性についても検証を行う。

産業誘致の内容としては、年間生産額は30億円で15年間の運用とし、便宜上技術レベルや地域間交流などの変化はないものと想定した。評価対象事業のプロセスは工場建設、運用、補修段階に分けて考慮したが、計画、廃棄段階については除外した。また、LCRAMの信頼性や有効性について検討するために、基準になるデータとして経済産業省の9地域産業連関表を用いた。ただし、9地域産業連関表の9地域と46産業分類に合わせた。また、環境影響については、人間健康に評価対象を絞り、環境負荷物質はCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、SPMについて考慮した。

#### b. ケーススタディの方法

半導体産業を誘致する際に投入される各産業別の消費額に関しては、全国産業連関表の付帯表の資本形成マトリックスを用いて事業の最終消費額を計算する方法<sup>8)</sup>を用いて推定した。また、間接影響の地域性について、考慮しない全国平均値を用いる一般法(N-IO)、活動地域と他地域に区別して考慮する2地域間分析法(2-IO)、本研究で提案したLCRAMに分けて評価を行った。さらに、各方法の評価結果を9地域産業連関分析(9-IO)の結果と比較することで地域活動の評価における地域特性を考慮することの必要性やLCRAMの有効性について検証を行った。ただし、各方法を同じ条件で評価および比較するため、9地域産業連関表を統合して作った2地域間産業連関表や全国産業連関表を、地域間交易係数( $C^{TT}$ ,  $C^{TS}$ ,  $C^{ST}$ ,  $C^{SS}$ )については9地域産業連関表から抽出して使用した。なお、地域の生産における地域環境負荷係数( $E_{ri}$ )は、製造業や電力は本研究の地域データ

ベースを、その他の産業については国立環境研究所の3EID<sup>9)</sup>の原単位と環境負荷係数を46産業分類に統合して使用した。ただし、地域の環境負荷係数については全ての方法とも事業で直接使用されたエネルギーに対してエネルギーごとの排出係数(環境負荷量/エネルギー量)をかけて計算を行った。

### c. ケーススタディの結果

地域の特性を考慮する9-I/Oと全国平均値を使用する一般法(N-I/O)で9地域ごとに評価を行い、その結果の中でCO<sub>2</sub>排出量に対する比較を図13に示した。9-I/Oは、各地域の交易が反映されており、産業誘致による間接影響の環境負荷排出地域の比率が異なる。さらに、排出地域ごとの産業のエネルギー消費構造や産業構造が反映された環境負荷係数が適用されるため、総排出量も事業地域によってすべて異なることが確認できる。それに対して、一般法(N-I/O)では、どの地域で評価を行っても、その結果は等しく、事業実施地域の差異に伴う地域特性の差が評価に反映されていない。地域ごとの環境負荷排出量の差を、一般法の総排出量を基準として見ると、中国と沖縄は全国平均より26%を越える差を、逆に関西は-8%を下回る数値を示した。

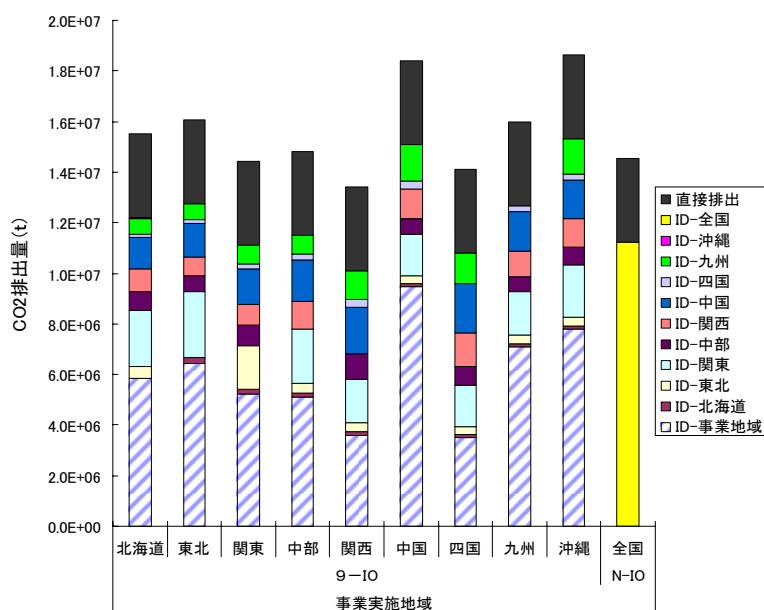


図13. 異なる活動地域における環境負荷排出量の比較 (CO<sub>2</sub>)

よって、同じ事業を行っても事業実施地域によって環境負荷の間接排出量の差は一般法の35%となった。さらに、各地域の産業誘致による環境負荷排出地域の区分を直接排出、産業誘致地域への間接排出、他地域への間接排出の3つに分けて全環境排出量を占める各々の割合を見た。その結果、直接排出量は約20%前後、その他の間接排出と事業地域の間接排出が30-50%であり、間接影響の地域差が直接排出量の約1.4倍となった。よって、今まで反映されなかった間接影響の地域特性の反映することによって、全体の評価結果に及ぼす影響は無視できない量であることを確認できた。

環境負荷排出量と同様に、環境影響による被害量についても事業実施地域の環境条件や環境負荷の性質の違いにより、その結果が異なると考えられる。そこで、CO<sub>2</sub>に加えて、NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPMに対する環境負荷排出量を4つの方法(9-I/O, LCRAM, 2-I/O, N-I/O)により計算した。また、それぞれの結果に地域ごとの被害係数もしくは全国平均の被害係数を乗じて、半導体産業を各地域に誘致した場合に伴う人間健康への被害を比較し、その結果を図14に示した。ただし、排出地域の特定をしない一般法の場合、事業を行う場所によらず全国一律の結果となるため、1つの結果だけを示し、比較のため横の点線で示した。

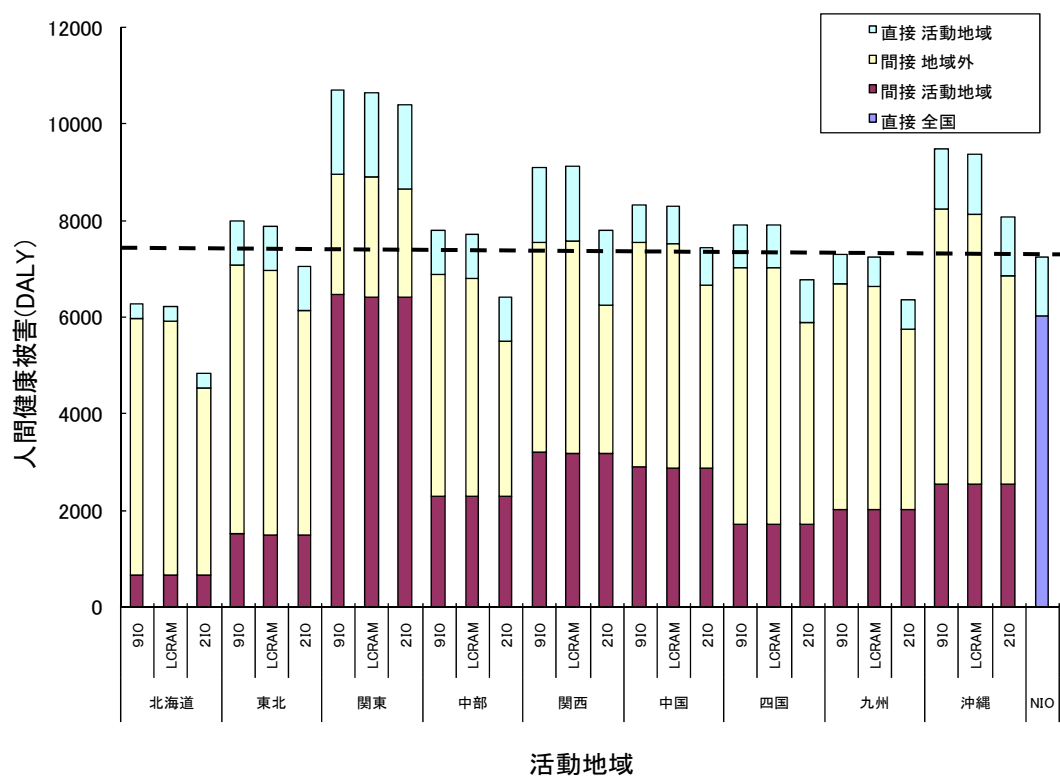


図14. 9地域における各方法のインパクト評価結果と地域特性の反映度

一般法によって地域特性が考慮できる部分は、排出地域が定まっている直接排出のみである。地域ごとによりその差は見えるものの、全影響に比べてその割合は小さく、地域特性を考慮することに対する意味は大きくない。また、9-IOを基準と比べると一般法（N-IO）による評価は、北海道で事業誘致が行う場合19%過大に評価し、関東では36%過小に評価することになり、平均として14%であった。2-IOで評価を行った場合では、間接影響の大きい部分を占めている事業地域の排出部分が特定され、その地域特性が考慮できる。しかし、2-IO法は他地域に関する地域特性を考慮することができず、9-IOとの差は他地域に対する地域特性の考慮の有無に起因する。地域別の結果を9-IOと比べると、北海道を除いて全般的には20%以上の差を見せる地域はなかった。しかし、間接影響に対する地域特性が反映できないことにより、9-IOとの差が大きいことが分かる。全地域の平均の差は、一般法より少しは縮まった結果にはなっているが、地域によってはむしろ一般法より悪い結果となる地域(中部、九州)も見られる。このことから、他地域への間接影響に対する地域特性を考慮することの重要性が確認できた。一方、LCRAMによる評価は、9-IOとの差は平均0.38%であり、地域ごとの差でも2%を越えない結果となり、ほぼ同じ結果が得られた。それは、現実的に作成が難しい多地域間産業連関分析の代わりとして、活動地域により異なる間接影響の地域特性の反映に対するLCRAMの有効性を表した結果である。既存の地域LCAのように直接影響の地域特性だけを考慮する評価結果は、今回の本研究のケーススタディのように間接影響が大きい場合、過大または過小になる恐れがあることが明らかになった。さらに、本研究で提案したLCRAMは、既存のデータ不足やその作成の現実的な難しさにより、地域特性が考慮できなかった問題に対して、効率的かつ有効的に対応できる方法であることが検証できた。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

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、サービスの産業ごとの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知ることができる点が画期的である。本データベースは、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、産業間の物流の推計により作成された。このため、汎用性が高く、最新年度のデータ更新や過去のデータの作成が可能な手法である。また、新たに開発した地域LCA手法は、作成した地域・産業間物質フローマトリックスや地域間産業連関分析の組み合わせ、およびLCI(Life Cycle Inventory)やLCIA(Life Cycle Impact Assessment)の知見を基に、間接影響地域の特定やその地域特性を反映した間接影響の評価を可能にした。このことは、いままで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せることを意味し、より地域の実態に近い環境影響の評価と、それに基づいた政策の検討が可能であるという観点で科学的意義が大きい。

### (2) 地球環境政策への貢献

直接影響、間接影響といった、今まで定量的に示す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が可能になったため、国内186分類の産業、サービスに対し、どの県で生産され、どの県で消費され、またそのモノの動きが相互にどのような環境影響を発生しているかというプロセスを明らかにすることが可能となった。この相互環境影響プロセスを解析することによって、各県における生産、消費、地域間交流に関する、より現実的かつ効率的な環境負荷の排出削減シナリオを作成することが可能である。また、地方自治体が産業振興策を立案した場合の環境影響について、当該地方自治体への直接影響だけではなく他の都道府県への間接影響も定量的に示すことができる。したがって、ある地域の政策、例えば、環境影響の改善が他地域の環境影響の増大につながるようないわゆるリバウンド効果を含めた日本全体の環境影響を定量的に議論することが可能である。以上より、本研究で作成・開発したデータベースや評価手法は、より現実的かつ効率的な地球環境政策の策定に貢献することが期待できる。

## 6. 引用文献

- 1) Isard W : The American Economic Review XL, 167-180(1953) “Regional Commodity Balances and Interregional Commodity Flows”
- 2) 杉浦芳夫：朝倉書店,東京,(2003) 「地理空間分析」
- 3) 栗島英明, 瀬戸山 春輝, 玄地 裕, 稲葉 敦: 環境システム研究論文発表会講演集, 32 215-221「地理空間分析」(2004)「施設誘致型の社会基盤整備に対するLCA手法の研究—三重県クリスタルタウンのケーススタディー」
- 4) 志水 章夫, 楊 翠芬, 玄地 裕 : 環境システム研究論文発表会講演集,32,209-213 (2004)「地域のバイオマス資源利用に関するLCI手法開発：千葉県における事例研究」
- 5) 李一石,伊坪徳宏,稲葉敦,松本幹治：日本LCA学会誌, vol.2,No.1, pp.42-47 (2006) 「間接効果の地域特性を考慮した地域LCA手法」

- 6) Moses L: American Economic Review 45 (5) 803-832(1955) “The Stability of Inter- regional Trading Patterns and Input-Output Analysis”
- 7) 伊坪 徳宏, 稲葉 敦, “ライフサイクル環境影響評価手法”, 産業環境管理協会 東京, (2005)
- 8) 栗山 規矩: 産業連関, 11(1), 55-71 (2003) 「情報産業誘致の経済効果」
- 9) 国立環境研究所(2002) 「産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)」

## 7. 国際共同研究等の状況

なし

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表 (査読あり)

- 1) 李一石,伊坪徳宏,稲葉敦,松本幹治: 環境情報科学論文集, vol.19, pp.479-484 (2005)  
「地域LCA手法の開発に向けてのアプローチ～地域特性を考慮した間接効果の検討」
- 2) 李一石, 伊坪徳宏, 稲葉敦,松本幹治: 日本LCA学会誌, vol.2,No.1, pp.42-47 (2006)  
「間接効果の地域特性を考慮した地域LCA手法」
- 3) Ilseuk Yi, Norihiro Itsubo, Atsushi Inaba and Kanji Matsumoto: Int. J. LCA, (2007) DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.06.339>  
“Development of the Interregional I/O Based LCA Method Considering Region-Specifics of Indirect Effects in Regional Evaluation”

### (2) 学会発表 (口頭)

- 1) Ilseuk Yi, Norihiro Itsubo, Atsushi Inaba, Kanji Matsumoto : 6th Int. Conf. Ecobalance, Tsukuba, pp 465-468 (2004)  
” Development of site-specific LCA method using Expanded Interregional Input Output Analysis”
- 2) 李一石,伊坪徳宏,稲葉敦,松本幹治: 第19回環境研究発表会, 東京 (2005)  
「地域LCA手法の開発に向けてのアプローチ～地域特性を考慮した間接効果の検討」
- 3) 李一石,伊坪徳宏,稲葉敦,松本幹治: 第1回日本LCA学会研究発表会, つくば (2005)  
「間接効果の地域特性を考慮した地域LCA手法」
- 4) Ilseuk YI, Masaaki Fuse, Yutaka Genchi : 7 th Int. Conf. Ecobalance, Tsukuba, pp 465-468 (2006)  
” The Study of LCA Method considering Region-specifics of Indirect Effects in Regional Evaluation”

### (3) 出願特許

なし

### (4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

### (6) その他

なし