

H-9 環境勘定・環境指標を用いた企業・産業・国民経済レベルでの持続可能性評価手法の開発に関する研究

(2) マテリアルフロー勘定を用いた環境・資源効率指標の開発に関する研究

独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究領域	森口祐一・寺園淳
循環型社会形成推進・廃棄物研究センター	南齋規介
名古屋大学大学院環境学研究科	井村秀文
熊本大学法学部	有吉範敏
同志社大学経済学部	和田喜彦

(平成13、14年度は札幌大学経済学部)

〈研究協力者〉 名古屋大学大学院環境学研究科 奥田隆明・森杉雅史・岡村実奈
財富士総合研究所 松井重和・高木重定

平成13-15年度合計予算額 53, 179千円

(平成15年度当初予算額 17, 838千円)

[要旨]

本研究は、産業部門という活動単位を捉え、部門相互間のマテリアルフローを体系的に捉えることにより、各部門の活動が直接、間接に引き起こす資源の消費や環境への負荷を定量化することによって、環境効率指標や資源生産性指標を算定するための情報基盤の構築を目的とする。このため、OECDなど国際機関との連携を図りながら、先行研究から一貫して進めてきた物量単位の環境勘定、とくにマテリアルフロー勘定の手法開発とこれを用いた指標開発を行った。多次元物量投入産出表(MDPIOT)について、貿易による国際連関を通じた問題の記述など、枠組みの改良を行うとともに、実証データとして、1995年表を化石燃料、金属鉱物、非金属鉱物、バイオマスの4資源分類について作成した。これら一連のデータを、部門分割・統合など柔軟な表示が可能な表計算ソフトウェアに格納した上で、最終需要により波及的に生ずるマテリアルフローを分析するツールを構築し、消費(需要)パターンと、経済内部および経済と環境との間でのマテリアルフローを包括的に分析する手法として完成させた。また、作成に時間を要するMDPIOTの短所を補うため、SNA型産業連関表の部門ごとに資源投入量データを結び付けた時系列分析用データを作成し、産業ごとの資源生産性、需要構造の変化、投入資源における再生資源の割合、の各々の要因が、国全体の資源生産性の変化に与える影響を明らかにした。その成果は循環型社会形成推進基本計画における資源生産性の数値目標設定に生かされた。一方、代表的な環境勘定体系であるSEEA2003、NAMEA、本研究で開発中のMDPIOTなどをとりあげ、各々の特徴の整理と比較、勘定体系相互間の互換性について検討するとともに、エコロジカル・フットプリント指標について、その適用可能性を再検討した。さらに、さまざまな産業・経済活動のスケール、レベルの経済主体ごとに、その活動の環境面での持続可能性の度合いを計測するための手法を開発するため、有機資源や地域のマテリアルフローに着目した事例研究を行った。

[キーワード] 環境勘定、投入産出表、マテリアルフロー、資源生産性、エコロジカル・フットプリント

1. はじめに

アジェンダ21の第8章における環境資源勘定体系開発の重要性の明記、1993年の国民経済計算体系(SNA)改訂における環境経済統合勘定(SEEA)の導入などを契機として、環境資源勘定体系およびこれに基づく持続可能な発展の指標の開発は、世界的な重要課題とされてきた。一方、「持続可能な発展」や「環境政策と経済・産業政策の統合」は概念としては広まったものの、その具体的な意味の共通理解は不十分なままであり、その実現への具体的道筋は未だに明らかではない。従来の国レベルの経済指標や生産性指標、企業の経営指標は、地球環境保全を考慮した意思決定には不十分であり、各経済主体の活動が、持続可能な方向に向けられているかを判断するための尺度が必要である。

これまでの地球環境研究総合推進費による研究により、物量勘定の分野では、マテリアルフローの総量に着目した指標の提案とその国際比較などについて成果を挙げてきた。こうした成果の蓄積を意思決定に活用していくためには、経済活動により生じる資源消費や環境負荷について、わかりやすく示す指標を開発するとともに、信頼しうる指標の算定の基盤となる物的な環境勘定を構築することが急務である。また、これまで主に対象としてきた一国全体についての勘定や指標を、よりミクロな経済活動単位に適用していくことが課題となっている。

2. 研究目的

そこで、本研究課題は、環境勘定(環境会計)や環境指標の手法を用いて、製品や個々の企業、経済活動を構成する産業部門、ならびに国民経済全体というさまざまなレベルの経済主体ごとに、その活動の環境面での持続可能性の度合いを計測するための手法を開発することにより、産業・経済活動のより持続可能な方向への転換に資することを目的としている。本サブテーマは、このうち、主として産業部門単位に着目し、部門相互間のマテリアルフローを体系的に捉えることにより、各部門の活動が直接、間接に引き起こす資源の消費や環境への負荷を定量化するとともに、これをもとに環境効率指標や資源生産性指標を算定するための、情報基盤の構築手法と実証データの開発を目指す。併せて、さまざまな環境勘定の枠組みにおけるマテリアルフロー勘定の役割の検討、地域や特定の資源を対象とした事例研究による有効性の検討、マテリアルフローと並んで利用されることの多いエコロジカル・フットプリント指標の利用動向についての検討を行う。これらについては、3.(2)以降において、研究目的の記載を補足した。

3. 研究方法・結果・考察・引用文献

本研究は、国立環境研究所および3つの大学が分担して実施した。以下、機関ごとに研究内容および成果をまとめる

(1) 国レベルのマテリアルフロー勘定の構築と環境・資源効率指標の算定

本研究は国立環境研究所が担当した。

① マテリアルフロー分析とその活用に関する内外の動向調査と研究協力の実施

先行研究において構築した、ヴッパタール研究所(ドイツ)など欧米の研究機関とのマテリアルフロー分析に関する研究協力や、OECD(経済協力開発機構)などの国際機関における環境指標・

環境勘定手法の検討作業への貢献を、本研究においても維持し、最新の国際的な情報収集と成果の発信を行った。

OECDでは、環境政策委員会傘下において、廃棄物発生抑制指標の開発や、環境パフォーマンスのレビューのために、マテリアルフロー勘定に基づく指標の活用が検討されてきたのに加え、統計局が「持続可能な発展の計測のための勘定フレームワークに関するワークショップ」を主催するなど、環境勘定、環境指標を用いた持続可能な発展の計測手法の開発が進められてきた。とくにマテリアルフロー勘定に関しては、2004年4月に「マテリアルフローと資源生産性に関する理事会勧告」が採択されたが、それに至る過程で、本研究が大きく貢献している。

国際的な研究の広がりに関しては、欧州を中心とするマテリアルフロー分析の専門家の研究ネットワークであるConAccountが主導的な役割を果たしてきたことから、その研究集会において、各国におけるマテリアルフロー勘定の開発・利用状況について情報収集するとともに、本研究費による一連の研究成果について報告した。一方、近年設立された産業エコロジー国際学会(ISIE)においても、さまざまな分野でのマテリアルフロー勘定に関する研究成果の報告が多数行われており、MFAがこの分野の主要手法の一つとして確立しつつある。2002年に米国で開催された「産業エコロジーに関する第3回Gordon研究会議」では、マテリアルフロー分析が中心テーマと位置付けられ、チリ、中国などにおける国レベルのMFAが先進国以外にも広がっていることが報告された。

また、企業レベルにおいて、マテリアルフローを物量、コスト両面で把握する手法（マテリアルフローコスト会計）や、企業活動に伴う環境への負荷を、資材調達にまで遡りながら把握する手法の適用が、国内でも行われつつある。さらに、LCA（ライフサイクルアセスメント）分野において、日本では早期から盛んに利用されていた産業連関分析が、欧米においても注目されつつあり、部門単位で経済活動全般を俯瞰できる情報基盤へのニーズが高まっているといえる。これらの動向調査から、本研究の意義と重要性が再確認された。

② 多次元物量投入産出表(MDPIOT)の枠組みの拡充と実証データ構築

ア MDPIOTの枠組み構築

MDPIOTとは、先行研究で設計に着手し、本研究でその枠組みの確立を進めた多次元物量投入産出表(Multi-Dimensional Physical Input Output Tables)の略称である。MDPIOTは環境と経済活動部門の間、および異なる経済活動部門の間におけるあらゆる物質のフローを物量単位で記述することにより、経済活動を物的側面から俯瞰し、自然資源の消費や汚染物質・廃棄物の発生と経済活動の関わりを分析を支援することをねらいとしている。すなわち、産業連関表の枠組み自身を広義に解釈し、「環境」を経済主体になぞらえて活動部門として扱うとともに、資源のみならず汚染物質や廃棄物を財貨に準じて扱い、その部門間の移動を投入産出表の枠組み上に記帳することにより、環境問題や資源・エネルギー問題と経済との関わりを分析するための汎用性の高い情報基盤を構築しようとするものである。

MDPIOTでは、従来の2次元(行列)での産業連関(投入産出)表では描写しきれないマテリアルフローを描写するため、複数の次元(「IO区分」、「産物」、「使途」、「資源」)を導入しており、それが「多次元(MD)」と呼ぶ所以である。

これらの次元の概要は以下のとおりである。

- (ア) IO区分：IO区分には「投入」と「産出」の2種類が存在する。
- (イ) 産物：産物は、従来の産業連関表における財貨・サービス (Goods and Service) あるいは生産物 (Products) の概念に対応するが、いわゆる副生物、屑、廃棄物、汚染物質などを含む広い概念である。それゆえ「生産物」ではなく「産物 (output)」という呼称を用いる。MDPIOTでは、産物を大きく「主産物」、「副生物」、「蓄積中間財」、「散布・自然還元」、「排出物」、「天然資源」、「国内の隠れたフロー」に分類している。また、投入と産出のバランスを取るための項目として「不突合・水分等取込」を用意した。
- (ウ) 使途：使途は産物の投入または産出に関わる主体を示す。これには、生産活動、消費・蓄積活動、輸出と輸入、環境が含まれる。生産活動は、従来の産業連関表における生産技術を単位とした内生部門のアクティビティ概念に相当する。環境は、さらに「資源供給者としての環境 (環境ソース)」と「排出物受容者としての環境 (環境シンク)」に分類される。
- (エ) 資源：資源は対象の産物に含まれる物質のルーツを示す。経済活動で扱われるすべての有形財は、もとは環境ソースから取り出されたものである。「資源」はその資源の由来を表現するために用いる。MDPIOTでは「資源」の分類を以下のようにした。

表1.1 資源の分類

資源	産物
化石燃料	化石燃料、プラスチックなど
金属鉱物	鉄鋼や非鉄金属など
非金属鉱物	窯業用鉱物や建設用鉱物など
バイオマス	農作物、畜産物、林産物、水産物

MDPIOTは一つの投入ないし産出の事象が一つのレコードに記録されているようなデータベースの構造を有している。例えば、LNGが電気事業者に100トン投入されるとともに燃焼のための酸素が300トン消費され、その結果、二酸化炭素が270トン、その他の排出物が240トン排出されたとすると、これは表1.2のように記述される。

表1.2 多次元物量投入産出表のデータベースの構造 (例)

IO区分	産物	使途	資源	物量
投入	LNG	電力	化石燃料	100
投入	酸素	電力	化石燃料	300
産出	CO ₂	電力	化石燃料	270
産出	その他の排出物	電力	化石燃料	240

このデータは「多次元データウェアハウス」と呼ばれる機能が備わっているソフトウェアに格納され操作される。多次元データウェアハウスはデータベース活用技術の分野で近年注目されて

いる概念であり、MDPIOTはこの概念に基づいて設計されている。多次元データウェアハウスでは表1.2のような形式のデータを多次元の立方体として捉える。各次元の交差する位置はセルと呼ばれ、そこに数値データが配置される。多次元データウェアハウスでは、数表の形式は固定されず表頭、表側、奥行きに配置する次元を選択することで、様々な角度からデータを眺めることができる。この操作の概念を図1.1に示す。

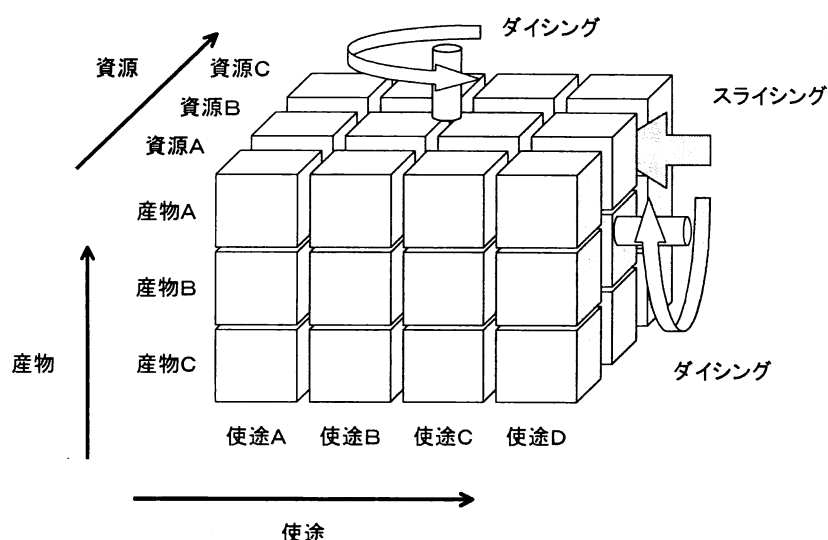


図1.1 MDPIOTにおける視点変更のイメージ

上述のように、MDPIOTは様々な形式の表示が可能であるが、産業連関表に慣れ親しんだ者にとって直感的に理解し易い次元配置は、表頭に活動（用途）、表側にIO区分と産物、奥行き方向に資源という配置であると思われる。以後、この表示形式を「標準型」と呼ぶことにする。標準型の表示イメージを表1.3に示す。この表を眺めると、環境から取り出された物質が、どのような形態の産物に形を変え、経済のどのような活動を経て、最後にどこに行きつくのかを追跡することが可能となる。

MDPIOTに資源の次元が存在することによる利点の一つに、部門間の物質フローの内訳を詳細に記述できることがある。すなわち、中間製品や最終製品の部門間の取引とともに、その製品に含まれる物質の移動を記述できる。例えば、自動車を家計部門が購入した際、鉄、プラスチック、ガラスなど自動車を構成する材料のマテリアルフローは、表1.3において対応する資源表（各々、金属、化石燃料、非金属鉱物）に記述される。これによって、家計部門に対して、どのような製品を経由して、どれだけの資源が投入され、後に、どのような物質を含む廃棄物が生じるかが把握できる。最終財中にリサイクル可能な物質がどれだけ含まれているかを知る、というような分析目的では、実際に「含有」されている物質量を追跡する必要がある、上述のような記述方法はこうした用途を想定したものである。

表1.3 多次元物量投入産出表の表示イメージ（標準型）

【資源】 【IO区分】×【産物】		【使途】	生産活動							消費・蓄積			輸出	輸入	環境		隠フロー（国外）	
			農林水産	鉱業	製造	建設	電力・ガス・水道	その他サービス	廃棄物処理	消費	固定資本形成	在庫純増			環境ソース	環境シンク	隠れたフロー（入）	隠れたフロー（出）
投入	主産物	農林水産	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		鉱物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		製造	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		建設	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		電力・ガス・水道	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		その他サービス	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		廃棄物処理	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	(-)	(+)
		副産物	化石系副産物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	..
	非金属鉱物系副産物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	..	..
	金属系副産物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	..	..
	バイオマス系副産物	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	..	..	..	..
	天然資源	化石燃料資源	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	..	..	..	..	B(-)	..	..	..
		非金属鉱物資源	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	..	..	..	..	B(-)	..	..	..
		金属資源	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	..	..	..	..	B(-)	..	..	..
		バイオマス資源	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	..	..	..	..	B(-)	..	..	..
	不適合・水分等取込		(+,-)	(+,-)	(+,-)	(+,-)	(+,-)	(+,-)	(+,-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	隠れたフロー（国内）		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	..	..	..	..	..	B(-)	..	..	..
産出	主産物	農林水産	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		鉱物	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		製造	..	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		建設	..	..	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		電力・ガス・水道	..	..	..	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		その他サービス	..	..	..	..	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		廃棄物処理	..	..	..	..	..	..	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..
		副産物	化石系副産物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..
	非金属鉱物系副産物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..	
	金属系副産物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..	
	バイオマス系副産物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..	
	蓄積中間財		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	B(+)	..	..	..	..	..	..	..	..
	散布・自然還元		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	排出物	最終処分物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	..	B(+)	..	..
		二酸化炭素	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	B(+)	..	..
		その他排出物	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	B(+)	..	..
		隠れたフロー（国内）		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	..	..	..	..	..	B(+)	..	..
列計		B(0)	B(0)	B(0)	B(0)	B(0)	B(0)	B(0)	B(+)	B(+)	B(+)	B(+)	B(-)	B(-)	B(+)	B(-)	B(+)	

注) “.”は概念上数値の入らないセル。(+)は必ず正値で記述されるセル。(-)は必ず負値で記述されるセル。(+)は符号が限定されないセル。(0)は概念上必ず“0”が入るセル。
“B”は収支を計算するセル。

イ 貿易に伴うマテリアルフローのMDPIOTにおける取扱い

先行研究では、経済活動に関連して海外で引き起こされるマテリアルフローの重要性を指摘しながらも、MDPIOTでは、一国の内部における勘定に主眼をおいてきた。しかし、とりわけ自然資源を大量に輸入するわが国については、資源輸入の背後で資源産出国において生じる環境負荷にまで辿れる情報整備が求められる。また、資源だけでなく、輸入される製品の背後にも、同様の

問題が存在する。

そこで、MDPIOT上での国外におけるマテリアルフローの記述方法の検討を行い、以下のような選択肢について、その枠組みと実証データの整備の可能性について検討した。

(ア) 国際産業連関表を環境面について拡張した枠組みを適用すること、すなわち、世界各国について物量産業連関表を作成すること。これによって、世界各国のマテリアルフローの全体像を記述できるようにすること。その上で、この表をもとに輸入に対する誘発分析を行い、ある国への輸入に伴って国外で発生するマテリアルフローを算定し、それをMDPIOT上に明示すること。

(イ) 化石燃料や鉱物資源など、日本に輸入される主要な品目について、その物量フローをMDPIOT上に明示するとともに、相手国での生産プロセスに関する勘定を別表としてリンクし、相手国で発生する環境への負荷を計算した結果を、MDPIOT上に明示すること（この場合、例えば輸入した中間財や最終財の製造のために海外で発生するCO₂なども概念上は含まれる）。

(ウ) 先行研究における国際共同研究で算定した「隠れたフロー」の範囲、すなわち鉱物や金属地金など、加工度の低い資源の輸入に伴い、これらの資源を環境から採取する際に発生する廃棄物などに限って記述すること（この場合、採掘や製錬に要する化石燃料消費量やそこから発生するCO₂は含めない）。

上記のうち、(ア)の国際産業連関表による枠組みを用いれば、最も体系的な記述が可能であることはいうまでもないが、日本以外の国々についての統計の制約から、実証データの作成は極めて困難である。そこで、日本への輸入資源が背負った環境負荷の記述にまず重点をおき、当面の枠組みとしては(イ)を採用することが適切と判断した。但し、実証データに関しては、ライフサイクルアセスメントなど、関連研究による成果を収集したとしても、現時点では、海外での生産プロセスに関する勘定はごく一部しか作成できない。そこで、本研究の範囲では、実証データのMDPIOTへの組み入れは(ウ)の範囲に留めることとした。先に示した表1.3の枠組みはこれに沿ったものである。

(イ)や(ウ)の枠組みは、輸入相手国における経済活動のうち、日本への輸出品に関わる主要部分のみを切り取って記述したものであり、相手国の勘定としては閉じていない。隠れたフローの把握は、その産業自身による直接的な環境負荷の度合いが大きいものから着手しており、こうした部分的な勘定でも十分意義のあるものであるが、勘定としての整合性、分析境界の任意性などの問題解決は今後の検討課題として残されている。

ウ MDPIOTの実証データ構築

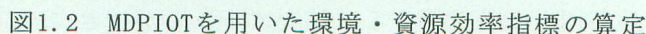
こうして設計したMDPIOTについて、各種の統計資料と推計を組み合わせ実証データを試作した。当初、1990年表を試作したが、本研究実施時点で最新であった産業連関表の年次に合わせて1995年を対象とし、4つの資源表（化石表、金属表、非金属鉱物表、バイオマス表）について試作を行った。なお、表1.1に示したこれら4つの資源種のうち、バイオマスについては、水分の扱い等において、他の資源種にない困難な点が多く、本研究期間の終了時点では、他の3種と比較して完成度の低いものにとどまった。

これらの各資源表を試作するにあたっては、産物のフローを物量で捉える必要があるが、統計として捕捉できる項目は限られている。そこで主産物の重量単位の販路構成が統計等から重量単位が捕捉することができる部門を上流部門とし、捕捉することができない部門を下流部門として

③環境・資源効率指標算定への活用

貨幣表記の産業連関表とMDPIOTを組み合わせた情報基盤から、環境効率指標の算定に必要なデータがどのように得られるかを模式的に表したものを図1.2に示した。指標の算定においては、分母、分子が捉えるシステムの範囲（システム境界）を明確に設定することが重要である。その点において、経済活動が部門ごとに分割され、過不足なく記述されている投入産出表を用いることの利点が生かされる。また、投入産出モデルにより、部門ごとの直接の環境負荷や資源消費だけでなく、原材料消費などを通じた「間接的・波及的な」環境負荷や資源消費の算定に利用できる点でも、大きな利点を有している。

但し、統計資料および推計手法の限界から、現在日本で作成されている約400部門の産業連関表



に対応したMDPIOTを作表することは実際には困難である。そこで、投入産出表を用いた同様の枠組みに基づく環境効率算定のための実証データとして、エネルギー消費量・大気環境負荷量(CO₂, SO_x, NO_x, PM)に着目した詳細なデータベース構築を別途進めてきたが、先行研究で着手していた1995年産業連関表に対応したデータベースのとりまとめを完了した。約400部門別の詳細な推計手法および推計結果に関する情報を精査し、データブックおよびホームページから3EID (Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables)として全面的に公開した。このデータベースは、サブテーマ(1)および(3)でも活用されている。

④マテリアルフロー誘発分析システムの構築

内包エネルギー分析や二酸化炭素の排出構造分析で用いられてきたのと同様に、いわゆるレオンチェフ逆行列を適用することによって、ある最終需要が生じた場合に誘発されるマテリアルフローを分析することができる。この種の分析の従来の主な着眼点は、ある財の最終需要によって、波及的に生じるエネルギー消費の総量や、波及的に生じる二酸化炭素・大気汚染物質排出量などの総量の分析にあり、上記の3EIDはその成果を集大成したものである。しかし、MDPIOTを用いた分析では、さらに、経済活動の内部、すなわち部門相互間のマテリアルフローについても追跡することが可能となる。

上述したMDPIOTの試作表に、この誘発分析の計算過程を組み入れ、汎用の表計算ソフトウェア上で一連の計算を行う機能開発を完了した。図1.3にその模式図を示す。これにより、家計消費や

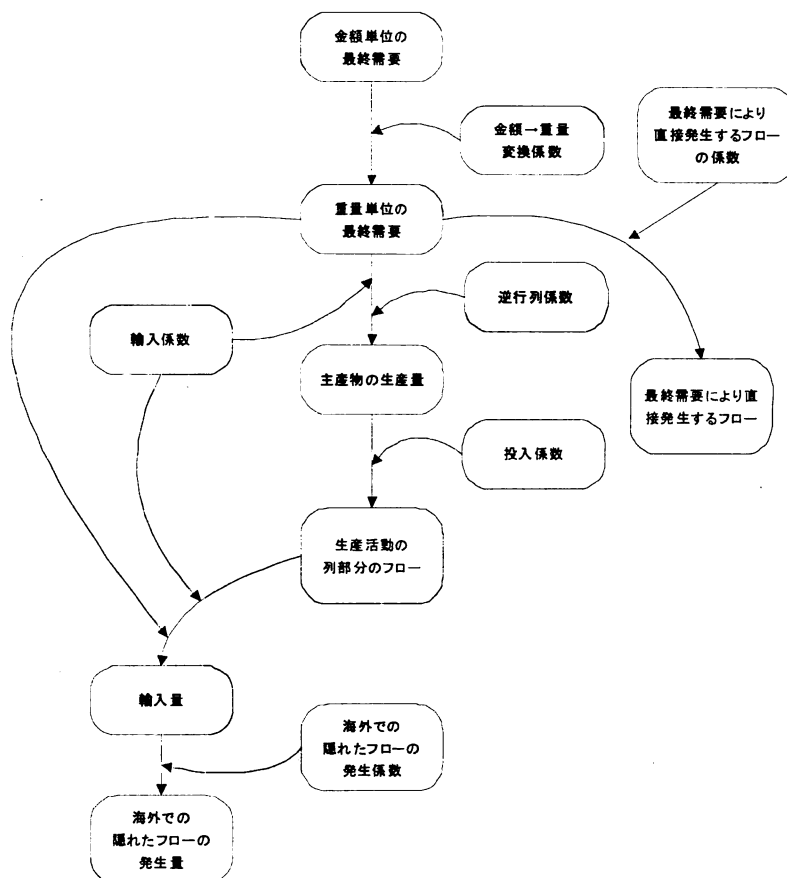


図1.3 マテリアルフロー誘発分析システムの計算フロー

表1.4(a) MDPIOTによるマテリアルフローの全体像の記述 (バイオマスを除く)

合計: 数値		使途3 1.生産活動		使途4 2.消費・蓄積活動												7.増れたフロー (出) (入)		統計							
産物4	産物3	10区分	01.農林 02.鉱業 水産業	03.石油・石炭 製品	04.窯業・土石 製品	05.金属 製品	06.機械 製造	07.その 他の製 造	08.建設 業	09.電 力・ガス・水道 業	10.商 業・金 融・不 動産	11.運 輸・通 信・放 送	12.その 他の サービス	13.建 築・修 繕・改 修	14.消費 支出	15.国内 総固定 資本形 成	16.在庫 増減	3.輸出 17.輸出	4.輸入 18.輸入	5.環境 (ソース) (シンク)	6.環境 (シンク) (ソース)	7.増れたフロー (出) (入)	統計		
1.主産物	01.農林水産業		-3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0		
	02.鉱業		0	-1122	297	489	174	0	21	572	100	0	0	1	0	0	0	9	5	-547	0	0	-2113	2113	
	03.石油・石炭製品		6	0	-284	5	58	4	57	25	36	5	70	19	1	42	0	-3	17	-61	0	0	0	0	
	04.窯業・土石		1	0	0	-438	7	17	7	377	1	1	0	5	0	9	0	1	19	-7	0	0	0	0	
	05.金属製品		0	0	0	2	-130	55	7	51	0	1	0	2	0	1	1	1	26	-18	0	0	-418	418	
	06.機械製造		0	0	0	0	0	-75	0	2	0	0	1	6	0	12	34	1	26	-6	0	0	0	0	
	07.その他の製造		2	0	1	1	1	9	-57	5	0	2	1	12	0	17	2	0	14	-11	0	0	0	0	
	08.建設業		0	0	0	1	1	1	2	-1090	4	11	2	6	0	0	1060	0	0	0	0	0	0	0	
	09.電力・ガス・水道		0	0	0	0	1	1	2	0	-15	1	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	
	10.商業・金融・不動産		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	11.運輸・通信・放送		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12.その他のサービス		0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	3	-22	0	12	0	0	0	-1	0	0	0	0	
	13.廃棄物処理		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.副産物	2101.副生エネルギー		0	0	0	0	0	0	-3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
	2102.副生エネルギー		0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2104.回収硫黄		0	0	-2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2105.廃プラスチック		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	2106.焼却灰		0	0	0	4	0	0	-1	1	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	
	2201.がれき類		0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
	2301.鉄屑		0	0	0	0	23	-6	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
	2302.非鉄金属屑		0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	2303.スラッグ		0	0	0	17	-33	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	
	2304.ダスト		0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2305.スラッジ		0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3.蓄積中間財	3001.建設補修		0	0	0	-1	-1	-2	-1	-4	-11	-2	-6	0	31	0	0	0	0	0	0	0	-2	
	4.排出物	3002.自動車・機械修理		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	-1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3003.その他の蓄積中間財			0	0	-1	0	-1	-2	-2	0	0	-2	-2	-6	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	
4002.酸化炭素			-21	-2	-33	-106	-197	-15	-110	-18	-332	-19	-224	-73	-15	-152	0	0	0	0	0	1317	0	0	
4003.水蒸気・水			-7	0	-21	-18	-59	-6	-48	-7	-190	-7	-88	-32	-6	-61	0	0	0	0	0	551	0	0	
5001.酸素			21	1	43	44	146	16	120	19	406	20	241	81	16	165	0	0	0	0	-1339	0	0	0	
5101.原油			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	
5102.石炭			0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6	0	0	0	
5103.天然ガス			0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	
5201.石灰石			0	199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-199	0	0	0	
5202.その他の商業原料鉱物			0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-28	0	0	0	
5203.砂利・果石			0	351	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-351	0	0	0	
5204.砕石			0	534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-534	0	0	0	
5301.鉄鉱石			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5302.非鉄金属鉱物		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0		
5303.その他の非金属鉱物		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0		
7.不適合	7000.不適合		0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
8.増れたフロー	8000.増れたフロー	1.投入	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-40	0	0	0	0
	2.産出		0	-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
合計			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	1098	9	108	-451	-2502	1908	-2531	2531	77	

表1.4(b) 民間消費支出を満たすために誘発されたマテリアルフローの計算結果（バイオマスを除く）

合計：数値		便益4 便益3														総計	
産物4	産物3	10区分	生産活動														7 隠れたフロー 23 隠れたフロー たフロー たフロー (出) (入)
			01 農林水産業	02 鉱業	03 石油・石炭製品	04 窯業・土石製品	05 金属・土石製造	06 機械製造	07 その他の製造	08 建設	09 電力・ガス・水道	10 商業・金融・不動産	11 運輸・通信・放送	12 その他のサービス	13 廃棄物処理	14 消費支出	
1_主産物	01 農林水産業		-2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
	02 鉱業		0	-51	115	39	21	0	9	1	60	0	0	0	0	0	-195
	03 石油・石炭製品		5	0	-110	1	8	1	20	0	21	3	32	8	0	41	-32
	04 窯業・土石		1	0	0	-33	1	3	4	14	0	1	0	3	0	8	-2
	05 金属製造		0	0	0	0	-16	9	4	3	0	0	0	0	1	1	-3
	06 機械製造		0	0	0	0	0	-13	0	0	0	0	0	0	3	12	-2
	07 その他の製造		2	0	0	0	0	2	-22	1	-18	3	10	2	2	15	-5
	08 建設		0	0	0	0	0	0	0	1	0	-11	0	0	2	7	0
	09 電力・ガス・水道		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 商業・金融・不動産		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	2	0
	11 運輸・通信・放送		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
	12 その他のサービス		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	-10	0	6	0
	13 廃棄物処理		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2_副産物	2101 副産物炭化水素油		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2102 副産物コークス		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2104 回収硫黄		0	0	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2105 廃プラスチック		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2106 焼却灰		0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0
	2301 鉄屑		0	0	0	0	2	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2302 非鉄金属屑		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2303 スラッグ		0	0	0	1	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2304 ダスト		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2305 スラッジ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3001 建設補修		0	0	0	0	0	0	-1	0	-3	-10	-2	-2	0	18	0
	3002 自動車・機械修理		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	2	0
	3003 その他の蓄積中間財		0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-2	-1	-2	0	7	0
4_排出物	4002 二酸化炭素		-17	0	-13	-11	-25	-3	-50	-1	-195	-12	-102	-31	-5	-150	0
	4003 水蒸気・水		-6	0	-6	-2	-8	-1	-21	0	-112	-5	-42	-14	-2	-60	0
5_天然資源	5001 酸素		17	0	15	5	20	3	54	1	238	13	112	35	5	162	0
	5101 原油		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5102 石炭		0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5103 天然ガス		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5201 石灰石		0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5202 その他の窯業原料鉱物		0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5203 砂利・採石		0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5204 砕石		0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5301 鉄鉱石		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5302 非鉄金属鉱物		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7_不適合	7000 不適合		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8_隠れたフロー	1_投入	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2_産出	0	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総計			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	-239
																	-738
																	901
																	-601
																	601
																	-2

固定資本形成などの最終需要が1単位発生した場合、主要資源が環境からどれだけ採取され、経済部門間をどのように取引されて製品となり、どの部門からCO₂や廃棄物がどれだけ発生するかを、マスバランスを保持しながら分析することが可能となった。

表1.4(a)、(b)に誘発分析システムによる計算例を示す。(a)は、MDPIOTで記述されているマテリアルフローの全体像、(b)はこのうち民間消費支出によって誘発された量を示している。これらの例では全部門の需要合計による資源総量を表示しているが、「民間消費支出」による「自動車」の購入に伴う「金属資源」のマテリアルフローのみを抽出して表示する、というような分析が可能である。但し、先に述べた実証データの整備上の問題から、ここでの分析例はバイオマスを除いた数値としている。

⑤SNA型産業連関表による資源投入構造の時系列分析

ア 分析用データ構築

MDPIOTは、経済活動によるマテリアルフローを体系的かつ緻密に分析できる利点があるが、貨幣単位の産業連関表など、多くの統計資料から推計を行っており、作成に時間を要するという問題がある。とりわけ、元となる産業連関表の刊行が対象年次から約4年遅れとなることから、本研究の期間(2001年～2003年度)では1995年表の試作が最新であり、技術革新や社会の構造変化に追従できないのではないかと、との懸念がある。また、作成間隔が5年おきという点も課題である。

そこで、迅速かつ長期にわたる時系列的な分析を可能とするため、内閣府経済社会総合研究所によるSNA型産業連関表(68SNA産業連関表)を用い、その部門ごとに資源投入量データを結び付けた時系列分析用データを表1.5のような枠組みで構築した。年次は1980および1985～1998年の計15時点とした。このデータでは、MDPIOTのように、経済部門間の実際の物量フローは記述できないが、最終需要によって誘発される資源投入量の分析を行うことができ、資源消費量と生産・消費構造の関係の変化の分析に供することができる。

表 1.5 誘発物質投入強度等の算定に利用する産業連関表と付帯表

					中 間 需 要		最 終 需 要		輸 入	産 出 額
					財 1	財 2	国内	輸出		
産業連関表	中間投入	国内財	財 1	円	X^d_{11}	X^d_{12}	F^d_1	E_1	-	Y_1
			財 2	円	X^d_{21}	X^d_{22}	F^d_2	E_2	-	Y_2
		輸入財	財 2	円	X^m_{11}	X^m_{12}	F^m_1	-	$-M_1$	0
			財 2	円	X^m_{21}	X^m_{22}	F^m_2	-	$-M_2$	0
	粗 付 加 価 値 額			円	V_1	V_2	-			
	産 出 額			円	Y_1	Y_2	-			
直接物質投入量	国 内 資 源 投 入			t	U^d_1	U^d_2	-			
	輸入資源等投入	財 1		t	U^m_{11}	U^m_{12}	U^{Fm}_1			
		財 2		t	U^m_{21}	U^m_{22}	U^{Fm}_2			
	合 計			t	U_1	U_2	$\dot{U}^{Fm}$			
循 環 利 用 量				t	R_1	R_2	-			
総 物 質 投 入 量				t	T_1	T_2	T^{Fm}			

注) 二重線の上段は非競争輸入形式の産業連関表、下段は物質投入に関する付帯表。

表 1.6(a) 最終需要の種類と資源消費量の関係の表示例

年次	1998
DMI/RCY	(すべて)
資源名	(すべて)

合計: 値[1000t]	需要区分					
行部門	1. 消費支出	2. 在庫純増	3. 公的資本	4. 民間資本	5. 輸出	総計
01_農林水産業	62,539	-1,966	0	1,557	561	62,690
02_鉱業	37	14,238	0	-5,252	9,136	18,158
03_食料品	114,187	628	0	0	861	115,675
04_繊維	9,668	-978	10	547	1,474	10,721
05_木製品	3,520	1,028	685	5,299	252	10,784
06_パルプ・紙	4,251	-266	0	0	1,827	5,812
07_化学	7,096	-1,097	0	0	25,075	31,075
08_石油・石炭製品	84,086	-1,488	0	0	9,100	91,698
09_窯業・土石製品	17,887	-269	0	0	38,877	56,495
10_金属	1,688	-3,821	-1,010	-4,214	52,863	45,506
11_機械	40,072	2,708	12,967	90,095	95,027	240,870
12_その他の製造業	23,734	-2,563	1,273	3,485	8,421	34,351
13_建築	0	0	35,736	232,570	0	268,306
14_土木	0	0	547,900	173,064	0	720,963
15_電気・ガス	41,314	0	0	0	14	41,328
16_運輸	14,855	43	132	1,101	5,884	22,016
17_他サービス業	212,929	189	1,041	9,414	9,377	232,950
総計	637,862	6,384	598,734	507,666	258,751	2,009,397

表 1.6(b) 最終需要と消費された資源種の関係の表示例

年次	1998
DMI/RCY	(すべて)
需要区分	(すべて)

合計: 値[1000t]	資源名							
行部門	1. 土石	2. 金属	3. 生物	4. 化石製品	5. 石炭燃料	6. 石油燃料	7. ガス燃料	総計
01_農林水産業	1,042	259	57,682	122	397	2,726	463	62,690
02_鉱業	20,702	-124	-10	-1	-617	-522	-1,271	18,158
03_食料品	19,410	3,347	76,554	502	3,543	10,462	1,857	115,675
04_繊維	2,847	519	2,589	281	1,298	2,701	487	10,721
05_木製品	2,581	961	5,966	46	467	647	116	10,784
06_パルプ・紙	1,393	113	2,895	51	471	752	138	5,812
07_化学	10,724	2,049	1,747	1,104	5,340	8,602	1,510	31,075
08_石油・石炭製品	-4,310	119	93	12	2,652	75,187	17,944	91,698
09_窯業・土石製品	53,882	265	208	54	1,175	774	136	56,495
10_金属	4,704	31,766	647	86	6,058	1,888	358	45,506
11_機械	85,397	87,831	12,082	1,980	24,662	24,419	4,499	240,870
12_その他の製造業	19,950	3,043	2,896	1,023	2,551	4,146	741	34,351
13_建築	183,583	24,302	30,076	672	11,173	15,707	2,793	268,306
14_土木	634,076	17,775	16,143	500	34,692	15,143	2,634	720,963
15_電気・ガス	692	431	881	898	12,713	20,963	4,751	41,328
16_運輸	1,844	916	1,556	118	1,477	13,759	2,346	22,016
17_他サービス業	64,733	15,024	49,863	3,261	22,152	66,088	11,829	232,950
総計	1,103,251	188,596	261,868	10,707	130,204	263,439	51,332	2,009,397

イ 最終需要と資源消費の関係

このデータを用いることにより、家計消費、公的資本形成、輸出などの最終需要部門ごとに、どれだけの資源が消費されたかが分析できる。表1.6はその例であり、ここでは資源の総量を表示しているが、表計算ソフトウェア上では、左上に表示された資源名の選択ボタンを切り替えることで、資源種ごとの数表（ここでは化石燃料をさらに4区分に細分化している）も容易に表示することができる。表1.6(a)の表示例では、1998年に消費された約20億トンの資源（ここでは再生資源も加算している）のうち、約3分の1にあたる6.3億トンが消費支出により引き起こされたものであること、土木部門による公的資本形成による資源消費が約5.5億トンと大きな割合を占めること、日本から輸出される機械（自動車など）の生産のために1億トン近い資源が消費されていることなどが読み取れる。また、表1.6(b)は最終需要と消費された資源種の関係を示した例である。

ウ 資源生産性の構造分解分析

先述のとおり、このデータの利点は、詳細なMDPIOTでは現時点で達成できていない時系列分析が可能である点である。ここでは、資源生産性の変化を誘発総物質投入強度の変化や需要構造の変化に帰着させて要因分析を行う方法について検討した結果を示す。なお、ここで用いた資源生産性とは、直接物質投入量（DMI：Direct Material Input）を国内総生産（GDP）で除したものを指す。この分析結果は、2003年3月に閣議決定された循環型社会形成推進基本計画の数値目標設定の基礎として活用されたものでもある。

ここでは、資源生産性の逆数を以下のように分解した。

$$\frac{DMI}{GDP} = \sum_k \sum_i \frac{DMI_k}{DMI_k + R_k} \cdot \frac{DMI_{k,i} + R_{k,i}}{F_i} \cdot \frac{F_i}{F} \cdot \frac{F}{GDP}$$

R : 循環利用量

F : 最終需要

k : 資源の種類を示す添字

i : 財・サービスの種類を示す添字

右辺は4つの項からなり、第1項は、総物質投入量（DMIおよび循環利用される物質の量）に占める、DMIの割合であり、資源リサイクルの効果を表す項である。第2項は、ある最終財を一単位生産するために直接・間接に必要な物質質量（誘発総物質投入強度）を表すもので、主に技術によって決定される。第3項は、最終需要全体に占める、種類*i*の財・サービスの割合を示しており、より物質消費量の少ない財・サービスへと需要がシフトすることによって、経済社会全体の資源生産性が向上する効果を表現している。第4項はGDPに対する輸入の比率で決まるものである。実際の事象をこれら各項と厳密に1対1に対応させることはできないが、第1～3項は、各々、国内経済全体における循環資源の利用の度合い、生産技術、需要（消費）構造を主に表現しており、これらの各々の改善が、資源生産指標全体の向上につながることを示そうとしている。

これらのうち、資源生産性の向上に最も大きく寄与したのは第2項、すなわち産業ごとの資源生産性の向上であり、次に第3項、すなわち需要構造の変化が寄与していた。第2項について、

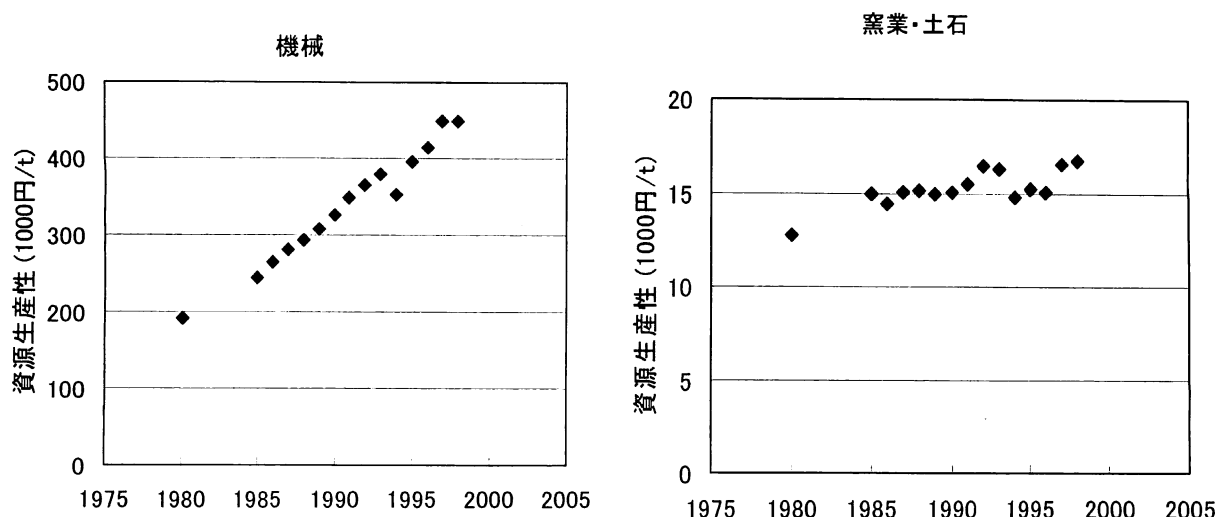


図1.4 最終財の生産部門と資源生産性変化

産業部門ごとの資源生産性の変化をみると、図1.4に示すように、最終財の種類ごとに大きな差異が見られた。

⑥国レベルのマクロMFAの実証データの再検討

先行研究で取り組んだ一国の物質収支総量に基づくDMI (Direct Material Input) 等の指標算定の基礎データは、環境白書や循環型社会白書における定期報告のデータとして活用され、経常的に更新されている。本研究では、財務省「貿易統計（磁気データ）」を利用した貿易フローの推計方法の検討、近年の公的統計の簡素化・再編を踏まえた推計法の検討、国産鉱物量の把握や鉱石の精錬に伴う物質収支の計算法の精査を行い、これに基づいて、過去に遡ってデータの見直しを行った。

（２）環境勘定体系とくに物量勘定体系の構造解明と相互比較

本研究は熊本大学が担当した。その目的は次の４点に集約される。

第１は、SEEA2003¹⁾ 物量勘定体系の解明である。これによって、マテリアルフロー勘定の理論的基礎が確認されるとともに、SEEA2003において貨幣・物量統合勘定（ハイブリッド勘定）として中心的な役割を演ずるNAMEA (National Accounting Matrix including Environmental Accounts)²⁾ が、SEEA2003物量勘定体系と同じ勘定構造を持つことが明らかにされる。

第２の目的は、NAMEAの勘定構造の解明と日本版NAMEAの構築に向けたNAMEAの改良である。そこでは、たとえばNAMEAに隠れたマテリアルフロー勘定を導入することによって、貿易による国際的環境連関を明示するほか、NAMEAに土地利用勘定を導入することによって、エコロジカル・フットプリント分析との比較を可能にする、等々の開発が行われる。

第３の目的は、これまでにわが国で開発されてきた各種環境勘定の相互連関の解明である。SNA (国民勘定体系) の行列表示であるNAM (国民勘定行列) を中心に、SEEA93³⁾、MDPIOT⁴⁾、NAMEA、

あるいは企業環境会計といった環境勘定の相互関連を、勘定構造の観点から明示する。また、こうした勘定間の相互関連によって、各勘定から算出される環境指標の間の相互関連も同時に保証されることの指摘が行われる。

第4の目的は、中間処理明示型NAMEAの提示である。NAMEA等の貨幣・物量統合勘定では、処理業者による廃棄物の処理過程を記録することができなかったが、本研究では、物量勘定としての中間処理勘定を新たに導入することによって、廃棄物の処理過程だけでなく、汚染物質の事業所内部での処理過程も併せて詳細に明示可能となることが示される。

本研究では、SEEA93をはじめ、NAMEAやMDPIOT、さらにはそうした勘定をNAMと結びつけるGAMEE⁵⁾といった様々な勘定体系の構造を詳細に把握し、これに経済と環境の実態を適切に表示できるよう勘定構造の観点から積極的に改良を加え、相互に関連付けることによって、上記の目的を満たす研究を行った。以下に結果と考察を項目ごとに述べる。

① SEEA2003物量勘定体系の解明

本研究ではまず、現在最終草案が公表されているSEEA2003第3章の物量勘定について詳細な検討を行った。そこでは、SEEA2000物量勘定における領域分類（国内経済、国内環境、海外経済、海外環境）や物質分類（生産物、自然資源、生態系投入物、廃物）、あるいは勘定ルールを含む行列表示の方法等について整理・考察を行い、物質フローの基本勘定行列から供給・使用表(Supply and Use Table)やマテリアルフロー勘定(Material Flow Account)が導出される過程やそれらの基本的特徴等について明らかにした。さらに、この考察を通じて、上記のように展開されるSEEA2003物量勘定は、これに若干の変換を加えることによって、SEEA2003で貨幣・物量統合勘定として中心的役割を担うNAMEA形式の勘定となることを解明した。

② NAMEAの解明とその改良

次に、本研究では、NAMEAの勘定構造をNAM(国民勘定行列)とEA(環境勘定)に分けて詳細に分析し、その特徴を明らかにするとともに、日本版SEEAの構築を念頭に置き、NAMEAの修正案の提示を行った。そこでは、NAMへの社会資本ストック勘定の導入や、EAへの土地利用勘定や隠れたマテリアルフロー勘定の導入、あるいは環境問題勘定への環境負荷ストック勘定の導入といった新たな提案がなされた。これによって、たとえば、土地利用勘定における用途別土地利用面積の記述は、エコロジカル・フットプリント分析との比較を可能にし、また、隠れたマテリアルフロー勘定は、貿易に伴う国際的な環境負荷の様子を明示するのに役立つと期待される。

③ 環境勘定の相互関連の解明⁶⁾

本研究課題では、(独)国立環境研究所を中心に、内閣府経済社会総合研究所および(独)産業技術総合研究所が、それぞれの役割分担の下で、持続可能な発展を計測するための環境勘定と環境指標の開発を担ってきた。各研究所による個々の研究の進展が重要であることは言うまでもないが、その一方で、これら3つの研究機関における研究内容の相互関係の確立は、さらに一層の重要性を持つと考えられる。

一般に、持続可能な発展指標の研究開発は、経済、環境および社会の各領域に関するおびただしい数の指標をもたらす。そのため、しばしば、それらの指標は、相互の関係を失い、ユーザーに

体系的な情報をもたらさない可能性がある。たとえば、経済領域における小さな変化は、経済の他の領域に影響を及ぼすと同時に、環境や社会領域にも何らかの影響を及ぼすと考えられる。したがって、経済、環境および社会の各領域に関する指標は、現実におけるこうした影響の連鎖を適切に反映するよう、相互に関連付けられていることが求められる。この要求を満たすためには、経済、環境および社会各領域の相互関係を適切に表現し、各指標の基礎情報システムとしての機能を果たす、共通の勘定体系が必要となる。そうした共通勘定体系は、指標相互の整合性や信頼性あるいは比較可能性を高め、持続可能な発展状況の把握と政策の立案に有益な情報を提供すると考えられる。

本研究は、もとより、国民経済、産業および企業の各レベルにおけるに共通の環境勘定体系の構築と、そこから導かれる環境指標体系の開発を目的としている。図2.1は、本研究が取り組んできた様々な勘定や指標の間の相互関係を整理して示したものである。図中、行方向の最上段には貨幣勘定が配置され、以下、下段に向かって、貨幣勘定およびハイブリッド勘定（貨幣・物量統合勘定）、物的勘定、および企業会計の順にさまざまな勘定が配置されている。また、列方向では、真ん中の列にコア勘定体系が配置され、その両サイドに、投入・産出タイプとNAMEAおよびSAMタイプの勘定が、そして、両端には各勘定から導出される主要な指標がそれぞれ示されている。以下、各勘定とその相互関係について順次見ていくことにしよう。

ア NAM：図2.1の中央に示されているのが、SNA全体を行列形式で表示したものとしてのNAM（National Accounting Matrix：国民勘定行列）である。図2.1では、NAMはわが国における勘定・指標体系のコア勘定の役割を果たすものとして位置づけられている。

イ I-O表：NAMの左にI-O表（Input-Output table）が示されている。I-O表は、周知のように、NAMの中の生産と需要の部分を取り出し、詳細に展開したもので、産業間の投入産出構造に関する情報を提示するとともに、マクロ経済への誘発効果などを示す重要かつ基本的な勘定体系である。

ウ SEEA93：図2.1の左上には、SEEA93 version 4.2（維持費用評価アプローチ）が示されている。SEEA93の特徴は、I-O表に非金融資産のストック・フロー表を組み込み、経済活動による環境負荷とそれによる自然環境の減耗・劣化を記録する点にある。図2.1では、環境負荷が、自然資源の利用（input）と廃物の排出（outputまたは負のinput）に分類して示されている。わが国ではまた、日本版SEEA93を地域に応用する調査研究も行われており、今後の展開が期待される。

エ MAFEE：図2.1の中央上方にあるMAFEE（Monetary Accounting Framework for the Environment and Economy）は、コア勘定であるNAMとSEEA93を結びつける、いわば「媒介勘定」（mediate account）の役割を果たすものである。MAFEEは、SEEA93を特徴付ける活動分類や資産分類および環境負荷と環境悪化の表示を、NAMに直接導入することによって作成される貨幣表示の勘定体系である。

オ SAMSEEA：図2.1の右上方には、SEEAを含む社会会計行列（SAMSEEA：Social Accounting Matrix including SEEA）が描かれている。これは、NAMの所得分配面を詳細に展開して作成されるSAMに、SEEA93の環境関連部分を導入するもので、経済、環境および社会（所得分配）の各領域間の関係を詳細に表すものである。現在、SAMSEEAの構築とそれに基づくCGEモデルを用いた政策分析⁷⁾は開発途上の段階にあるが、この研究の進展は、たとえば、環境政策が経済、環境および社会の3領域に及ぼす影響を同時に把握するなどの分析を可能にすることが期待される。

カ NAMEA：NAMの右には、日本版NAMEA が示されている。NAMEAは、貨幣勘定であるNAMに物量勘定のEA（環境勘定）をリンクさせ、さらにその右に環境問題勘定を付加したものである。日本版NAMEAは、オランダ中央統計局のNAMEAを参考に、日本の事情により適合するよう改良を加えたもので、その主な特徴はすでに述べた通りである。日本版NAMEAの調査研究を担当する経済社会総合研究所では、NAMEAがもともと備えている環境問題別寄与度指標に加えて、GDPなどの経済駆動力の変化と各種の環境寄与指標の変化との同調・非同調関係を表すデカップリング指標を計算している。また、本研究プロジェクト代表の森口らが国内外への普及に貢献した資源生産性ないしエコ効率性といった指標についても、NAMEAのデータを用いることによってこれを提示することが可能である。

キ PAFEE：図2.1の中央下部には、PAFEE（Physical Accounting Framework for the Environment and Economy）が置かれている。PAFEEは、NAMを以下で紹介するMDPIOTに結びつける媒介勘定（mediate account）である。PAFEEの基本構造は先のMAFEEと類似しているが、MAFEEが貨幣勘定であるのに対してPAFEEは物的勘定であること、および廃物の排出が負の投入として記帳されることなどに特徴を持っている。PAFEEとMAFEE は、NAMとともに、GAMEE（Global Accounting Matrix for Environment and Economy）と呼ばれるコア勘定体系を構成している。

ク MDPIOT：PAFEEの左には、MDPIOT（Multi-Dimension Physical Input Output tables）が置かれている。MDPIOTは、本研究プロジェクト代表の森口を中心に開発されたもので、多国間物質フローの記述をはじめとする様々な用途への勘定の拡張や、誘発フロー分析をはじめとするI-O分析への適用にすぐれた利便性をもつ勘定体系である。今後の研究の更なる進展が大いに期待されるものであり、以下のような特徴を持っている。

- ・自然環境からの資源の利用や自然環境への廃物の排出だけでなく、物質の種類ごとに産業部門間のマテリアルフローも記録する。
- ・マクロ統計であるI-O表からのトップダウンおよびマイクロ統計である企業データからのボトムアップの2つの方法でデータの編纂が行われる。
- ・メゾ(産業部門)レベルで資源生産性やエコ効率性といった指標が作成・提示される。
- ・日本への輸入によって誘発される隠れたマテリアルフローを明示する形でデータの編纂が行われる。
- ・最終需要によって誘発される部門間マテリアルフローを計算するためのサブモジュールをもっている。

MDPIOTは、もとよりIのI-O表と密接な関係を持ち、また、PAFEEを通じてNAMと連関しているが、加えて、メゾ(産業)ないしマイクロ(企業)の視点をもって企業レベルのデータを利用しようとする点で、次の企業環境会計・環境報告書とも密接な関係を持っている。

ケ 企業環境会計・環境報告書：最後に、マイクロレベルの統計である企業の環境会計や環境報告書が中央および左の下方に描かれている。これらは、企業の内部的意思決定に役立つだけでなく、企業外部への説明責任の観点からも重要な役割を果たしている。とくに、本研究との関連では、MDPIOTを通じて産業部門レベルや企業レベルの資源生産性やエコ効率性を計算するのに必要な情報を提供してくれる。企業環境会計は、環境省による環境会計ガイドラインの公表を受けて、近年、急速に普及しつつあるが、その一方で、企業ごとに表示形式や表示項目等において差異が見られ、そのためメゾレベルないしマクロレベルでの集計に若干の課題を残している。企業環境会計の一層の標準化とそれ

によるデータの集計可能性の向上は、今後の大きな課題といえる。

さて、上記ア～ケの勘定のうち、I-O表（イ）と日本版NAMEA（カ）は、NAMに直接結びついていて、さらに、SEEA93（ウ）とSAMSEEA（オ）はMAFEE（エ）を通じて、またMDPIOT（ク）はPAFEE（キ）を通じて、それぞれ間接的にNAM（ア）に関連付けられている。したがって、これら一連の勘定群は、NAMを中心として1つの大きな環境勘定体系を構成しているとみなすことができる。

このことはまた、各勘定から導出される環境調整済国内生産（EDP）をはじめ、環境問題別環境指標、デカップリング指標、マクロおよびメゾレベルの資源生産性やエコ効率性、等々の様々な指標が、この環境勘定体系を共通基盤として相互に関連をもつ1つの大きな指標体系を構成することを意味している。現時点では、各勘定レベルで使用されているデータに必ずしも十分な相互関連性がないが、今後この点が少なからず改善されるならば、この指標群は1つの統合された指標体系として、データ相互の整合性、信頼性、および比較可能性といった性質を備えることになると考えられる。

④ 中間処理明示型NAMEAの提示

NAMEAについては、②で言及したように、日本版NAMEAの構築に向けた改良を行ったが、本研究では、さらに、今後のより詳細な貨幣・物量統合勘定（ハイブリッド勘定）の構築を目指して、汚染物質の処理過程を明示する中間処理明示型NAMEAの開発を行った。

一般に、NAMEAのようなSNAないしI-O表に基盤を置く勘定体系では、家計や企業から排出される廃棄物の中間処理過程が明示されないという欠点がある。これは、SNAないしI-O表では、廃棄物処理業者（民間・公営）による処理サービスの生産・販売を経済活動として記録の対象とするが、廃棄物そのものは経済財ではないため、これを記録の対象としていないことに起因している。なお、SNAないしI-O表には「屑・副産物」という概念がある。これは、ある財の生産に伴って技術上必然的に生産される別の財を指す概念で、その財を主生産物として生産する部門が別にある場合にはこれを副産物といい、ない場合には屑という。屑・副産物として記録されるのは、経済財として実際に需要された部分であり、もはや経済財として需要されずに中間処理場や最終処分場へ運搬されるいわゆる廃棄物は、この屑・副産物には該当しないことに注意が必要である。

さて、以上の理由から、NAMEAでは廃棄物の中間処理過程が記帳の対象外となっているが、これでは、廃棄物処理の実態が的確に表示されたことにはならず、問題が残る。表2.1は、この問題を解決するために考案された中間処理明示型NAMEAの概要を示したものである。表中、網掛けの部分が新たに導入された中間処理勘定である。この勘定は、廃棄物処理活動という経済領域内の活動を物量単位で記録するものである。表中の数字は、説明のための単純な数値例であり、中間処理に関する数字は太字で表示されている。以下では、太字の部分の説明することによって中間処理明示型NAMEAの概要を示すことにしたい。

表2.1では、一般的生産活動（第4行）から300、最終消費（第7行）から100の廃棄物が出され、その合計の400が廃棄物処理活動（第5列：再資源化、焼却、最終処分場への直接輸送、等々）に投入されることが示されている。廃棄物処理の結果、400のうち250が焼却残渣の形で最終処分場へ排出され、また80がCO₂等の形で大気中に排出される（第5行参照）。このとき、400から250と80を控除した残りの70は、表2.1には明示されていないが、再資源化され経済活動に再投入された量を表す。第14列に記録された最終処分量の250は、あらためて第14行第15列のセルに環境への蓄積として記録される。

表2.1の勘定方式では、廃棄物の中間処理だけでなく、SO_xのような汚染物質が、脱硫装置のような

表2.1 中間処理明示型NAMEA

経済領域														環境指標			
貨幣勘定 (NAM)														物量勘定(EA)			
所得勘定														蓄積勘定		物量勘定	
生産活動														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
一般財														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)		廃棄物最終処分(種類別)	
内部処理サービス														環境負荷物質(種類別)			

事業所内での内部的処理活動を通じて処理されたあと、環境中へ排出される様子を記述することもできる。表2.1では、一般的生産活動（第4行）から500の汚染物質が発生したが、これが脱硫装置による内部処理活動（第6行）に投入され、その結果、50の硫黄が抽出され、残りの450が環境負荷物質として環境中に排出されたことを示している（第6行）。抽出された硫黄分50（第6行・第12列）は、一般的生産活動へ投入される（第4列）。この結果、大気中への負荷物質の排出は530（＝80+450）となり（第13列）、これが、環境指標に変換されて第13行第15列のセルに記帳される。

言うまでもなく、表2.1の各行・各列は、必要に応じて細分化することができるので、このタイプのNAMEAを用いることによって様々な種類の廃棄物に対する様々な種類の中間処理活動だけでなく、様々な環境負荷物質に対する事業所内での様々な内部処理活動も詳細に記録することができる。また、貨幣勘定であるNAM部分のうち、財サービス勘定や生産勘定を物量単位で表示すれば、負荷物質や廃棄物の中間処理を含んだ物的I-O表の構築も期待できるであろう。

⑤ 引用文献

- 1) United Nations : <http://unstats.un.org/unsd/environment/seea2003.htm> (2003), The Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003
- 2) S.J.Keuning, J.van Dalen , and M.de Haan, Structural Change and Economic Dynamics, 10, pp.15-37 (1999) , “Netherlands’ NAMEA: presentation, usage and future extensions”
- 3) United Nations, 182pp. (1993), Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting, Interim version, United Nations
- 4) 森口祐一、南齋規介、寺園淳、加河茂美、橋本征二、松井重和：環境経済・政策学会 2002 年大会 (2002)「環境・資源効率指標のための物量投入産出表の試作」
- 5)N. Ariyoshi: The Fifth Meeting of the London Group on Environmental Accounting: Proceedings and Papers, pp.91-104. (1998) “Global Accounting Matrix for Environment and Economy (GAMEE): A Proposal for the SEEA Revision”
- 6) N. Ariyoshi and Y. Moriguchi, Paper presented at the Workshop for Accounting Frameworks in Sustainable Development, the Chateau de la Muette, OECD, Paris, France 14-16 May 2003, <http://www.oecd.org/home/>, “The Development of Environmental Accounting Frameworks and Indicators for Measuring Sustainability in Japan”
- 7) 作間逸雄、有吉範敏、谷口昭彦：日本地域学会第40回大会 (2003)、「環境SAMのCGE分析」

(3) エコロジカル・フットプリントの算定と他の環境評価手法との相互比較

本研究は札幌大学および同志社大学（担当研究者の異動による）が担当した。

本研究では、国や地域の資源循環に関連した環境負荷を、土地（エコロジカル・フットプリント）をベースとして評価する手法の開発を進めた。すなわち、食料生産のために直接的、間接的に消費される土地、化石燃料起因の二酸化炭素の固定に必要な土地、廃棄物の最終処分に必要な土地などを算定した。これらの結果に基づき、ある国や地域の活動を維持するために、その（地域）内外でどれだけの土地が消費されているかを評価し、その国（地域）の持続可能性を考察した。とくに、欧米における国や自治体での応用例の検討を加え、さらに、他の環境評価手法との整合性、補完性の予備的検討を行った。

このため、欧米のエコロジカル・フットプリント (Ecological Footprint, EF) 普及状況について文献収集を行い、検証を加えた。さらに不明点を解明するために、海外に赴き、研究者、環境NGO、政策実施者からの聞き取り調査を実施した。国内におけるエコロジカル・フットプリントの普及状況の調査分析は、文献調査、インターネット検索、関係者からの聞き取り調査、当該研究者による参与観察などの方法で実施した。以下に結果、考察を示す。

① エコロジカル・フットプリント開発の背景

経済規模の拡大に伴い、人類は「地球の有限性」の壁に突き当たり、地球規模でのオーバーシュートに直面している。言い換えれば、「地球の環境収容力」という限界に激突するという人類史上どの世代も経験したことの無い未曾有の事態を今の世代は経験しつつある。まさに、地球環境における「無限パラダイム」から、「有限パラダイム」へのコペルニクスの転回を経験しつつある。従来のあらゆる政策や制度や国家の目標（＝経済政策、国土計画、産業政策、廃棄物政策、都市政策、運輸交通政策、福祉政策、教育目標など）は、「無限な地球」パラダイムに基づいて策定されていたといっても過言でなかろう。現世代は、様々な制度・政策面を無限パラダイムから、有限パラダイムに立脚したものへと転換していかなければならない。

約500年前の、天動説（プトレマイオス説）から地動説への転換の過程は、極めてスローであり、また、そこには多くの抵抗や迫害という悲劇も発生した。現在我々も、無限から有限パラダイムへの転換プロセスには多くの心理的な拒絶や抵抗、制度的障壁に直面している。これを解決するためには、現実起こっている現象を正確に認識するためのツール、すなわち、経済活動が地球の自然資本の環境収容力と比べてどれだけオーバーシュート（肥大化）しているのか、オーバーシュートの程度を定性的だけでなく、定量的に明示化してくれる認識ツールが必要であった。エコロジカル・フットプリント指標は、1991年カナダのブリティッシュ・コロンビア大学において提案されたが、以上のような時代的要請があったものと考えられている¹⁾。

② エコロジカル・フットプリントとは何か

エコロジカル・フットプリントは、経済活動による生態系への様々な負荷を「面積」という単位で表す指標である。ブリティッシュ・コロンビア大学(UBC)大学院コミュニティー地域計画学研究科のWilliam Rees教授とスイスからUBCに留学していたMathis Wackernagel氏が、1990年からエコロジカル・フットプリントの共同研究を本格的に開始し、1991年にEF指標を開発した。もともと、ふたりは、エコロジカル・フットプリントをappropriated carrying capacity（収奪された環境収容力）という用語を用いていたが、1992年になると、一般の人にも受け入れやすいビジュアルな表現である、ecological footprint（生態系への踏みつけ面積）という表現に換えている。

理論上、ある特定の人口集団のまたはある特定の経済システムのエコロジカル・フットプリントは、「a) 消費されるすべてのエネルギー/および物質を供給するために、b) 排出されるすべての廃棄物を吸収するために、通常の技術を活用しているその人口集団が継続的に必要とするさまざまな種類（農地、牧場、森林等）の生態学的生産力のある土地（と水域）の面積」（”その土地水域が地球上のどこにあらうと問題ではない）と定義される（Wackernagel and Rees (1995[6])²⁾）。言い換えれば、エコロジカル・フットプリント分析は、ある特定の地域の経済活動または、そこに住む人々の生活を無理なく永続的に支えてゆくために、どれだけの生産可能な土地が必要かということを測定し、ヘクタ

ールなどの視覚でとらえやすい面積単位で表現する手法である。このツールは、1990年代半ば以降になるとカナダやアメリカ以外、特にヨーロッパにおいて広く知られるようになった。日本でも1995年に文献で紹介されている³⁾。

③ エコロジカル・フットプリントの技術的改良

1990年代後半になると欧米を中心にエコロジカル・フットプリントの認知度が高くなっていったが、認知度の高まりと同時に、技術的な問題点の指摘も増えていき、改良に向けた議論が活発化していった。とりわけ、欧州連合（EU）の動きは活発であった。1999年には、ヨーロッパ共通指標（ECI）プロジェクトが発足した。このプロジェクトは、統合が進みつつあるヨーロッパの中で各国共通に国レベルや自治体レベルで使える指標を環境、社会、経済のさまざまな分野で開発しようとするものである。持続可能性指標もその中で重要な位置を占めているが、エコロジカル・フットプリント指標が、持続可能性指標の中でとりわけ重要と捉えられ、パイロット研究の対象となった。このパイロット研究の中核を担ったのがオックスフォードにある民間環境研究所ベスト・フット・フォーワード（Best Foot Forward）の主任研究員クレイグ・サイモンズ（Craig Simmons）らのチームである。この研究機関がまとめた報告書⁴⁾と、アメリカの環境研究機関Redefining Progressのワケナゲルらの研究チームの論文⁵⁾等を総合すると以下のような改良点がエコロジカル・フットプリントに加えられていったことがわかる。以下、二点について簡単に解説したい。

ア 土地生産性（収量、Yield, Land Productivity）の差異をどう扱うか

エコロジカル・フットプリント計算にあたって、生産物が実際に生産された土地固有の土地生産性を使うべきか、世界平均土地生産性を使うべきか。議論がある。

（ア） 土地カテゴリーの国毎に異なる土地生産性をどう調整するか。

土地カテゴリー（たとえば農地）の土地生産性は土地毎に異なる。しかし、国内の平均値を出すことは可能である。それでも、国毎の平均土地生産性についても各国ばらばらである。エコロジカル・フットプリントの国際比較を公平に行うためには土地生産性の違いを平準化する必要がある。すなわち、世界平均土地生産性を利用する必要がある。そのために、各国に固有の土地生産性を世界平均生産性に換算するための係数として、収量ファクター（Yield factor、収量係数）が考案された。各国別各年別の収量ファクターを固有の土地生産性に乗じることで、世界平均土地生産性に換算することができる。

しかし、この方法についての問題も指摘されている。この方法では、個々の土地生産性向上のための努力や工夫を無視してしまうという欠点があるという指摘だ。そこで、各国特有の土地生産性を使うのか、世界平均の土地生産性を使うのかは、エコロジカル・フットプリント測定は何のために行うか、その目的によって使い分けるべきであろう。国際比較を行うことが主目的であれば、固有の土地生産性に収量ファクターを掛け合わせ、世界平均値に変換するべきであろう。逆に土地の技術向上努力や工夫の進み具合を見る場合には、土地固有の生産性を用いることが妥当であろう。

（イ） 等価ファクター（等価係数）とグローバル・ヘクタール（gha）

土地の生産性の差は、同一カテゴリー内の差だけではない。たとえ、同一カテゴリー内の生産性を世界平均値に換算したとしても、農地、牧草地、森林地、海洋淡水域のそれぞれ別個の土地カテゴリー生産性世界平均値は異なっている。（例：農地は高く、牧草地は低い）生産能力の違う土地カテゴリー

リー別面積をそのまま加算することに意味があるか。りんご1個と日本みかん1個を足して、「果物2個」と表現したとしても果たして意味があるかという問題がある。この問題を解決する手法として、等価ファクター（Equivalence Factor、等価係数）が考案された。

土地カテゴリー別に算出されたエコロジカル・フットプリントの値に、それぞれの等価ファクターを乗じることにより、グローバル・ヘクタール(global hectare, gha)を得ることができる。

グローバル・ヘクタールとは、地球上に存在する生産性を有する土地・水域の総計（114億ヘクタール）の平均生産性を有する仮想的な土地1ヘクタールを意味する。WWFとRFが発表した、『生きている地球レポート』（2000年版⁶⁾、2002年版⁷⁾）では、このグローバル・ヘクタールという単位が使用されている（2000年版『生きている地球レポート』には、ユニット・エリア（unit area, UA）という用語が使用されているが、基本的に、グローバル・ヘクタールと同義である）。これにより、エコロジカル・フットプリントの国際比較の公平性が格段に高まったと考えられる。

表3.1 収量ファクター（Yield Factor）と等価ファクター（Equivalence Factor）の例

国 カテゴリー	収量ファクターYield Factors（各国別・年度別）						等価ファクター (年度別) Equivalence Factors
	A国	B国	C国	例： ペルー	X国	Y国	
農地（平均）				—			2. 1
農地（肥沃）				0. 9			2. 2
農地（貧）				1. 2			1. 8
牧草地				1. 1			0. 5
森林地				1. 1			1. 4
海域淡水域				3. 4			0. 4
生産能力阻害地				0. 9			2. 2
水力				—			1. 0
二酸化炭素吸収地				1. 1			1. 4

- ・収量ファクター（Yield Factor）＝ 国固有の土地生産性を用いて計算されたエコロジカル・フットプリントを世界平均の土地生産性を用いた場合のエコロジカル・フットプリントに変換するための係数
- ・等価ファクター（Equivalence Factor）＝カテゴリー別土地の間の調整を行い、カテゴリー別の土地の加算を意味のあるものとするための係数。等価ファクターで乗じられたエコロジカル・フットプリントの大きさは、グローバル・ヘクタールで表現できる。グローバル・ヘクタールとは、地球上に存在する生産性を有する土地と水域の平均生産性を有する仮想的な土地1ヘクタールを意味する。

なお、等価ファクターは、世界共通係数であり、毎年土地カテゴリー別に更新される（表3.1を参照）。

イ. コンポーネント法とコンパウンド法のメリット／デメリット⁸⁾

コンポーネント法とは、ある地域のエコロジカル・フットプリントを計測する際、エコロジカル・フットプリントの構成要素（部分＝コンポーネント）を足し上げてゆくアプローチである。従って、まず、財やサービス毎の消費量を把握することが必要である。さらに、個々の財・サービスの単位当たりの投入資源量や廃棄物発生量をLCAを用いて計算することも必要である。このアプローチは、精度に幅が生じやすいため信頼性はコンパウンド法より低いとされる。また、二重加算の危険性が高いことも問題である。

コンパウンド法とは、国（または地域）全体の統計データを用いてエコロジカル・フットプリント

を計算する方法である。この方法では、個々の財ごとのデータを峻別把握しなくても全体量が把握できれば充分である。たとえば、ある国の紙に関するエコロジカル・フットプリントを推計する場合、紙の総消費量がわかればよい。コンポーネント法とは異なり、紙の使用目的などを把握する必要はない。

コンパウンド法では、国全体のEFの総面積を算出しやすい反面、政策別のエコロジカル・フットプリントを出すことが難しい。政策毎のEFを推計するためには、コンポーネント法が適している。すなわち、政策決定者にとっては、どの政策を採用すればエコロジカル・フットプリントが大きくなるか小さくなるか、をコンポーネント法では把握しやすいというメリットがあると指摘されている。Sub-National（国レベルより小さい地理的単位）のエコロジカル・フットプリントを算出するためにも、地域の総資源消費量のデータが入手しにくい場合が多いため、一般的にコンパウンド法が適している⁹⁾。

④ エコロジカル・フットプリントの応用の広がり

ア 英国における地域レベル、政策レベルでのエコロジカル・フットプリント指標の応用例

(ア) 英国の副首相官邸：副首相官邸は、2003年度にエコロジカル・フットプリント指標に関する研究助成費を支給した。英国全体でエコロジカル・フットプリントを計測するかについての検討を加えている。これに引き続き、2004年1月から“Ecological Budget UK” Projectが開始された。これは、英国を12の地域（super-regions）に分けて、マテリアルフロー分析（MFA）、物質バランス分析（MBA）を基礎に、エコロジカル・フットプリント分析を含む大プロジェクトである。政策決定者（行政、官僚）にとって使い勝手が良いコンピューターソフト（FLAT）の構築・改良もその一つ（英国内の自治体に対し無料配布予定）¹⁰⁾。

(イ) 英国ウェールズ議会¹¹⁾、¹²⁾：エコロジカル・フットプリント指標を持続可能性指標のひとつとして採用することがウェールズ議会で承認され、ローディ・モーガン主席大臣（First Minister）は「我々は、エコロジカル・フットプリント指標をウェールズ内の資源消費量を測定する指標として採用する」と宣言した（2002年4月17日）。2003年3月には、300万ポンド（約6000万円）のプロジェクトが開始。カーディフ市とバンガー市の2つでのパイロット・プロジェクトである。2つの都市において政治家、政府が、環境NGO/シンクタンクや研究機関（WWF, BFF, SEI-Yなど）、大学の学者などとパートナーシップ（運営委員会＝steering group）をつくって(i)エコロジカル・フットプリント測定、(ii)指標に対する理解向上（学びのプロセス）と、(iii)測定技術の人材養成＝「キャパシティ・ビルディング」の三つの目的を達成しようとしている。他の自治体の行政官や市民、NGOに対する情報提供も将来的に計画している。

(ウ) ロンドン市のエコロジカル・フットプリント測定結果報告書：「City Limits London」2002年9月¹³⁾。ヨハネスブルク・サミットでも評判になった。（計測は3回目）その他、ヨーク市、リバプール市、ワイト島（Isle of Wight）、ジャージー島などの計測がなされている。

(エ) スコットランド政府内閣：「スコットランド内のすべての自治体は、持続可能な発展の達成へ向けての貢献度を何らかの指標によって明示的に情報公開する義務を負う（法的義務）」（2003年）。エコロジカル・フットプリント指標もその選択肢のひとつとして推奨されている。いかにエコロジカル・フットプリントを下げるかというシナリオ・コンペも計画されている（ノース・ラネクシャー市、アバディーン市、2003年から）¹⁴⁾。

(オ) スコットランド：5つの都市（エジンバラ市など）、アンガス郡、ブレッケン村（2003年）アンガス郡、ブレッケン村のプロジェクトは、小中学生を巻き込む環境教育的側面も併せ持っていた¹⁵⁾。

(カ) エコ・ツーリズム：旅行のエコロジカル・フットプリントを知るためのパソコン・ソフトウェアがイギリスで開発されている（Holiday Footprinting- A Practical Tool for Responsible Tourism (WWF-UK)）¹⁶⁾。

(キ) 住宅供給に関するエコロジカル・フットプリント：テムズ河の下流域、これは、ロンドンの東側に広がる地域であるが、テムズ・ゲートウェイと呼ばれている。この地域はロンドンの通勤圏でもあり、今後15年間に約70万人の人口増加が見込まれている。そのため大規模な住宅地域建設計画が持ちあがったが、持続可能性への市民意識の高まりから、環境共生型の住宅都市地域とすべきとする研究報告書が2001年に出版され、話題となった（ファルコーナー卿がこのためのイニシアティブを取った）。その後、この報告書の理念を具体化するために、より具体的な計画検討報告書が2003年に出版されている¹⁷⁾。この報告書では、持続的なコミュニティ計画とするために、エコロジカル・フットプリント指標により、さまざまな住宅タイプ・都市密度別・交通モード別のシナリオの環境負荷を測定して比較している。

イ 日本での応用例

日本語の「エコロジカル・フットプリント」をインターネットのサーチ・エンジンで検索すると、ヒット件数は、326件であった（‘google’を使用、2004年5月29日時点）。しかし、英語の‘ecological footprint’を同じ条件で検索すると、88,800件のヒットがあった。このことから、海外でのこの指標の広がり、日本での認知度のギャップがいかに大きいかが予想できる。

しかし、日本の環境省は、早い段階からエコロジカル・フットプリントの有用性に注目していた。環境省が編集統括する『環境白書』では、1996年（H8年）に最初にこの指標を取り上げている（当時はまだ環境庁）。その後、1999年（H11年）に取り上げられ、2001年（H13年）以降は、世界のエコロジカル・フットプリント計算結果を毎年紹介、引用している。

環境省は、2001年度に「貿易自由化の環境影響評価に関する検討会（座長・山光恒慶応大学教授）」を立ち上げ、貿易の自由化にともなう環境影響を評価する手法について検証を行った。この検討会は三菱総合研究所が実施を補佐し、2001年度と2002年度の2年間継続された。その間当該研究者は委員として参加し、エコロジカル・フットプリントが貿易自由化の環境影響評価手法として有用であると主張した。しかし、この点についての議論と理解は深まらず、最終報告書¹⁸⁾に盛り込まれることはなかった。2003年には同検討会は、「経済連携協定と環境に関する懇談会（座長・山光恒慶応大学教授）」に昇格した（実施補佐は、引き続き三菱総合研究所）。この懇談会で最終的に開発された評価手法は、国際連関分析表を利用したものであったが、二酸化炭素と二酸化硫黄のGDP単位当たりの排出量のみが評価軸とされ、多面的な環境影響を総合的に評価できる手法を開発できたのだろうかという疑問が残った（個人的意見）。

国土交通省は、2003年度に「資源消費水準あり方検討委員会（座長・植田和弘京都大学教授）」を立ち上げ、全国版（1980年、1990年、1995年、2000年）および都道府県版（1995年、2000年）のエコロジカル・フットプリントを算出した⁷⁾。富士総合研究所が実務を補佐した。この検討会には当該研究者が委員として参加した。国土交通省は、計測結果と計測手法を今後どのように国土計画、土地政策、都市・運輸交通政策へ応用してゆくべきかを検討中である。（なお、海洋は国土交通省の管轄範囲に

含まれていないという事情により、海産資源のエコロジカル・フットプリントは計算されながらも、報告書では合計値から除外されて表現されている。当該研究者の考えではこれは妥当ではない。）。

東京都は、2000年の『東京都環境白書2000』¹⁹⁾において、東京都の資源消費が必要としているエコロジカル・フットプリントの大きさを推計している。それによると、東京都のエコロジカル・フットプリントは都の全面積の125倍の面積との数値が示されている。しかし、これは、日本人一人当たりのエコロジカル・フットプリントと東京都民の一人当たりのエコロジカル・フットプリントが等しいという仮定のもとに計算がなされているだけで、実際の東京都民の資源消費量から求められたものではない。因みに、上記の国土交通省の推計では、東京都の2000年におけるエコロジカル・フットプリント面積は、都の総面積の276倍、国土面積の1.62倍に当たることが判明した。一人当たりでは、5.01ヘクタールと算出され、全国平均は3.87ヘクタールであるので、都民のエコロジカル・フットプリントは、全国平均の1.29倍に達している（以上の数値は、海洋のエコロジカル・フットプリントも含めた数値である）²⁰⁾。

自治体レベルの応用については、愛知県額田郡幸田町『環境基本計画2003-2022』²¹⁾にエコロジカル・フットプリントの表現があり、簡単な説明がなされている。

メディアでの取り扱いという点では、2000年に放送されたNHK-BS1『地球白書』²²⁾が注目に値する。これは、日本のNHKと米国のワールドウォッチ研究所、CNNの共同制作であるが、この8回シリーズ(プロローグとエピローグを含む)において、エコロジカル・フットプリントが3回も登場している。この番組は、英語、フランス語その他の言語に翻訳されて世界各地で放映された。

環境教育分野での応用もゆっくりと広がっている。2001年には、兵庫県三田市で行われた「環境教育ネットワーク」千刈キャンプにおいて、エコロジカル・フットプリントに関するワークショップが日本で初めて開かれた。2002年には、神奈川県川崎市の中原市民館でエコロジカル・フットプリント計測についての講座が開かれた。2003年には、北海道札幌市の社会教育NGOである「さっぽろ自由学校・遊」のスローライフに関する市民講座の中に、この指標のセッションが設けられている。

特殊な応用例としては、消費生活アドバイザー資格試験（2002年度）にエコロジカル・フットプリントの意味を問う問題が出題されている。

⑤欧州に比べ日本においてEF指標の認知が限定されている要因

エコロジカル・フットプリントが欧米を中心に広く受け入れられてきているのとは対照的に、日本での応用は限定されている。その要因は何であろうか。

ア 日本語文献が限られていること

ひとつには、日本語で書かれた文献が少ないことが考えられる。エコロジカル・フットプリントの概念や手法の説明を記述した概説書は、マティース・ワケナゲルとウィリアム・リースの*Our Ecological Footprint*のであるが、訳書の出版が予定より遅れている（2004年7月出版予定）²³⁾。エコロジカル・フットプリントそのものがテーマではないが、多くをエコロジカル・フットプリントについて割いている日本語書籍が2冊存在する。ハーバート・ジェラルドの*Creating Sustainable Cities*の塚田幸三訳²⁴⁾が2003年5月に出版され、プーサン・デサイとスー・リドルストーンによる*Bioregional Solutions for Living on One Planet*が塚田幸三と宮田春夫によって翻訳され、2004年4月に出版された²⁵⁾。これらが広く読まれることが期待される。

イ 環境NGO（研究機関）と政治家・行政とのパートナーシップの欠如

エコロジカル・フットプリントの浸透度は、その概念を諸政策に浸透させることに意欲を示す環境NGO、または民間環境研究機関が存在するか否かによって大きく差が開いていると考えられる。さらに言えば、環境NGO/環境研究機関と政治家と行政の三者の良好な信頼関係（パートナーシップ）が確立されているか否かも大きく作用していると考えられる。英国を訪ねて驚かされた事象は、WWFやBFFのような環境NGO/環境研究機関の研究者や活動家が、EFの政策への応用のために極めて大きい役割を演じているということであった²⁶⁾。また、そうした人材の生活を支える財政的支援が豊富であることも確認できた。実際、EFの計算や研究だけで生活を成り立たせている民間人が、英国に10人程度存在している。さらには、そうした民間NGOの人間が政治家や行政担当者と対等に話し合いができる「社会的インフラ」がそこには存在している。信頼関係や対等な人間関係、これらのような目に見えにくく、しかし重要な社会的関係を「ソーシャル・キャピタル」と呼ぶ社会学者が最近増えている。この用語を借用すれば、英国には、民間NGOのヒューマン・キャピタル（人的資本）とソーシャル・キャピタルの両方が同時に十分に存在し、EFの普及に貢献していると言えそうだ。環境NGO/環境研究機関の財政基盤の充実と、環境NGOと政治家・行政の持続的な信頼関係の樹立が日本でも求められていると言えよう。

ウ 日本人の自然観との乖離？

エコロジカル・フットプリント概念は、日本人の自然観とは相容れないものであるという批判も存在する。同志社大学の社会的共通資本研究センターでのワークショップ²⁷⁾で、当該研究者がエコロジカル・フットプリントの概念と手法を概説したところ、多様な土地形態と土地利用の実態を通約可能な指標で一元的に評価するというのは適切でないという批判が出席していた数人から出された。アミニスティックな自然観を継承している日本人は、それぞれの土地に固有な種々の自然形態を想定しており、さらに土地ごとの伝統的な土地管理形態が存在する。多様な自然と人間の間関係を無理やりひとつの物理的な指標に一元的に還元することには感覚的にも違和感があり、受け入れ難いという主張である。

しかし、人間の経済活動による自然所得への需要量が、地球生態系の環境収容力を超過する状況下においては、共通指標により自然所得への需要量を計測し、個々の責任の大きさを公平に査定することが急務である。このことは、デイリーなどのエコロジー経済学者たちが以前から主張してきたことである²⁸⁾。エコロジカル・フットプリントはそのための有用なツールであると、欧米では理解されている。日本の研究者たちが主張する個別の多様な伝統的な自然-人間関係は、確かに重要である。しかし、地球生態圏と人間経済の供給-需要関係をマクロ的に捉えることの重要性が増している時代状況にあって、環境収容力に関するマクロ的な分析手法と通約性を軽視する議論は、狭量で一面的なものと言えよう。

さらに、エコロジカル・フットプリントは土地面積および土地が持つ生物物理学的な生産性（バイオ・キャパシティー、biocapacity）に着目し、それを共通単位としているが、このバイオ・キャパシティーは、経済学がこれまで依拠してきた金額ベースによる環境影響評価と比較するとメリットが大きい。生物物理的な土地生産性は、土地が持つ多様な能力の総合力を示すものである。この総合力は、生態系がもつintrinsic（本来持っている）価値であり、人間の思惑や都合によって左右されるものではない。その意味で、エコロジカル・フットプリント指標による評価は、金額ベースの価値評価と比べ客観的であり、より本質的であるといえる。この議論は、Wackernagel and Rees (1995[6])²⁹⁾、Wada

(1999) ³⁰⁾に詳しい。

⑥ まとめ

以上見てきたように、エコロジカル・フットプリントは、誕生から14年余りを経た今、欧米を中心に社会に浸透し、応用範囲も広がっている。また、広く浸透するということは、多くの人々から客観的な評価がなされることになる。中には批判もあり、それを受けて計算手法の検討と改良が加えられてきた。

しかしながら、エコロジカル・フットプリントの計測手法については、さらなる改善が必要と考えられる。数値計算の根拠にはあいまいな点も残されている。マテリアルフロー分析 (MFA)、物質バランス分析 (MBA)、ライフサイクルアセスメント (LCA)、森林等の生態系の炭素吸収能力などの研究成果を積極的に取り入れることにより、数値の信頼性をさらに向上させてゆく必要がある。これらの分野における日本の研究は世界的にも最先端であることを鑑みると、多くの日本人研究者がエコロジカル・フットプリント研究に参入することが求められていると考える。

本邦におけるエコロジカル・フットプリント指標の普及のために、環境NGO (環境研究所) の重要性、さらには、環境NGOと政治家・行政の信頼関係樹立と連携強化の必要性を再度指摘したい。

⑦ 引用文献

- 1) 和田喜彦。1998年。「地球の環境収容能力」 堀内行蔵編『地球環境対策 - 考え方と先進事例』有斐閣、pp. 111～129。
- 2) Wackernagel, M. and W. E. Rees. 1995[6]. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, B. C., Canada: New Society Publishers.
- 3) 和田喜彦。1995年。「‘エコロジカル・フットプリント’ 分析の考え方と日本への適用結果 - 日本人の資源消費水準は永続的か?」『産業と環境』第24巻、12号。pp. 58～63。
- 4) Lewan, L. and C. Simmons. 2001. “The Use of Ecological Footprint and Biocapacity Analyses as Sustainability Indicators for Sub-national Geographical Areas: A Recommended Way Forward.” European Common Indicators Project EUROCITIES/Ambiente Italia 27th August 2001.
- 5) Monfreda, C. M. Wackernagel, and D. Deumling. 2004. “Establishing National Natural Capital Accounts Based on Detailed Ecological Footprint and Biological Capacity Assessments.” *Land Use Policy*. (In Press, Also Available on line on 2 March 2004).
- 6) WWF, RP, et al. 2000, *Living Planet Report 2000*. Gland, Switzerland: WWF International.
- 7) WWF, RP, et al. 2002, *Living Planet Report 2002*. Gland, Switzerland: WWF International.
- 8) Simmons, C., K. Lewis, and J. Barrett. 2000. “Two Feet-Two Approaches.” *Ecological Economics*. 32, 375-380.
- 9) Personal Communication with John Barrett on November 28, 2003.
- 10) Barret, J. and Simmons, C. 2003. “An Ecological Footprint of the UK: Providing a Tool

to Measure the Sustainability of Local Authorities.” Stockholm: Stockholm Environment Institute.

- 11) Personal Communication with Stuart Bond on November 27, 2003.
- 12) Bond, S. 2002. “Ecological Footprint: A Guide for Local Authorities.” Surrey: WWF-UK.
- 13) Best Foot Forward. 2002. “City Limits: A Resource Flow and Ecological Footprint Analysis of Greater London.”
- 14) Personal Communication with Elizabeth Leighton on November 25, 2003.
- 15) Personal Communication with Rosie Manson on November 25, 2003.
- 16) WWF-UK. 2002. “Holiday Footprinting: A Practical Tool for Responsible Tourism.” Surrey: WWF-UK.
- 17) James, N. and P. Desai. 2003. “One Planet Living in the Thames Gateway-A WWF-UK One Million Sustainable Homes Campaign Report.” WWF-UK: Surrey, UK.
- 18) 貿易自由化の環境影響評価に関する検討会。2002年。「貿易自由化の環境影響評価に関する調査報告書」東京：環境省。
- 19) 東京都。2000年。『東京都環境白書2000』。
- 20) 国土交通省国土計画局（受託者富士総合研究所）。2004年。「自然界の物質循環への負荷の少ない社会を目指した資源消費水準のあり方検討調査・報告書」
- 21) 愛知県額田郡幸田町。2003年。『環境基本計画2003-2022』
- 22) NHK-BS1。2000年。『地球白書』シリーズ。
- 23) マティース・ワケナゲル、ウィリアム・リース著、和田喜彦監訳、池田真里訳。2004年近刊。『エコロジカル・フットプリント：地球環境持続のための実践プランニングツール』合同出版。
- 24) ハーバート・ジェラルデ著。塚田幸三訳。2003年。『ぐるぐるめぐりの創造的まち育て』千葉：特定非営利活動法人・千葉まちづくりサポートセンター。
- 25) プーラン・デサイ、スー・リドルストーン著、塚田幸三、宮田治夫訳。2004年。『バイオリージョナリズムの挑戦ーこの星に生き続けるために』群青社。
- 26) Personal Communication with Elizabeth Leighton, Nicky Chambers, Craig Simmons, and Stuart Bond on November 25-27, 2003.
- 27) 和田喜彦。2003年。「エコロジカル・フットプリントと永続可能性」同志社大学「社会的共通資本研究センター」・ワークショップにおける発表（2003年12月5日・京都市）。
- 28) Daly, H. and J. B. Cobb, Jr. 1989. *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Boston: Beacon Press.
- 29) Wackernagel, M. and W. E. Rees. 1995[6]. op. cit.
- 30) Wada, Y. 1999. "The Myth of 'Sustainable Development': The Ecological Footprint of Japanese Consumption." PhD dissertation. Vancouver, BC: The University of British Columbia School of Community and Regional Planning.

（４）産業・経済活動のスケール、経済主体のレベル別の評価手法

本研究は名古屋大学が担当した。

将来に向けて持続可能な社会を構築していくための一つの手段は、現状における産業・経済活動の持続可能性の度合いを計測することで、これらの活動を今後どのように転換していくべきかを議論することである。これを実施する手法としては、マテリアルフローの把握手法、環境を加味した勘定体系、環境指標等を用いることが考えられる。但し、産業・経済活動には産業や家庭等さまざまなレベルの経済主体が絡んでいる。更にこれら活動は、国や都道府県、市町村など、さまざまなスケールで行われている。これより、経済主体のレベル、産業・経済活動のスケールを加味した手法の開発が、持続可能な社会を構築していくうえで重要であると考えられる。そこで、環境勘定や環境指標の手法を用いて、さまざまな産業・経済活動のスケール、レベルの経済主体ごとに、その活動の環境面での持続可能性の度合いを計測するための手法を開発することにより、産業・経済活動をより持続可能な方向への転換に資することを、本研究の目的とする。

対象とした分野は、①日本における産業・社会活動と土地利用、農業生産と土地利用の環境効率性評価、②愛知県、名古屋市における廃棄物処理計画の実施による循環型社会の形成度合いの評価、③都市の有機物資源循環の評価、④紙資源のカスケードリサイクルの有効性に関する評価、である。各分野においてマテリアルフローの把握手法、環境を加味した勘定体系、及び環境指標等の開発を行い、持続可能性の評価を行った。以下、分野ごとに方法、結果、考察を述べる。

① 日本における産業・社会活動と土地利用、農業生産と土地利用の環境効率性評価

ア エコロジカル・フットプリントによる評価

近年、必要土地資源面積により、人間活動の持続可能性を評価するエコロジカル・フットプリント（EF）が注目を集めている。ここでは日本における産業・社会活動と土地資源の結びつきについて、EFを用いて分析・評価する。具体的には、産業部門ごとの土地利用データと産業連関表の組み合わせにより産業部門別の土地利用原単位を推計し、これにより日本のEFを計算する。

エコロジカルフットプリントの計算は、Wackernagel et.al.¹⁾、Bicknell et.al.²⁾等により、様々な方法が提案されている。ここでは日本の食料の海外依存が大きいことを考慮するため、国際産業連関表を用いて、日本が食料を輸入している地域ごとに原単位を推計し、土地資源利用の相互依存分析を行う。また農地、森林、製造業用地を代表的な土地資源として取り上げ、それぞれが農業、林業、各製造業によって直接利用されているものとする。分析は農地、森林、製造業用地とに分けて行い、産業別、土地用途別に原単位を求める。その原単位に産業連関表中の国内最終需要額を乗じ、土地資源内包量を求めることで、EFが求まる。結果として、表4.1に部門別の土地利用原単位と内包面積を示す。国内最終需要に対する土地資源（農地、森林、製造業地）の内包量は、林業（860万ha）、建設業（530万ha）、食料品（370万ha）の順に多くなった。

イ 包絡分析法（DEA）を用いた評価

増加する食料需要を満たすため、農産物のさらなる増産の必要性が世界中で叫ばれている。しかしながら、農業生産は農業機械や化学肥料の投入を伴うため、環境に及ぼす影響は大きく、土地資源が本来持つ再生能力が失われるという危険性も含んでいる。EFは、人間生活の持続可能性を示す指標として有力だが、より実用性を持たせるためには土地以外の要素が与える影響も考慮する必要がある。ここでは包絡分析法（DEA）を用いることで、複数の生産要素を考慮した上での農業生産性を評価し、

表 4.1 土地利用原単位及び内包面積

産業部門		直接利用 面積 (ha)	原単位 (ha/1億円)			国内最終 需要 (億円)	内包面積 (ha)			
8分類	40分類		農地	森林	製造業 用地		農地	森林	製造業 用地	計
農林 水産業	農業	5,388,600	50.70	2.91	0.01	32,318	1,638,630	94,083	438	1,733,151
	林業	25,146,000	0.33	2096.46	0.01	4,078	1,360	8,549,824	27	8,551,011
	漁業	0	0.49	1.09	0.01	5,838	2,890	6,376	77	9,343
鉱業	鉱業	0	0.02	1.43	0.01	-53	-1	-76	-0	-78
	石炭	0	0.03	12.19	0.01	3	0	36	0	36
	原油・天然ガス	0	0.01	1.26	0.01	8	0	10	0	10
製造業	食料品	12,083	9.34	4.20	0.05	272,115	2,541,264	1,142,678	13,169	3,697,110
	繊維製品	5,935	0.61	2.71	0.08	60,170	36,613	163,028	4,957	204,597
	パルプ・紙・木製品	9,783	0.06	111.89	0.09	19,144	1,074	2,138,146	1,680	2,140,899
	出版・印刷	1,281	0.02	14.50	0.03	15,920	339	230,911	474	231,723
	化学製品	16,513	0.13	5.57	0.10	29,703	3,824	165,306	2,914	172,044
	石油・石炭製品	5,506	0.01	0.29	0.06	26,210	166	7,681	1,475	9,322
	プラスチック製品	5,357	0.04	3.10	0.10	6,140	270	19,059	594	19,923
	ゴム製品	1,753	1.57	2.56	0.09	4,240	6,665	10,854	365	17,884
	なめし革・毛皮・同製品	213	0.84	10.92	0.04	7,388	6,170	80,684	327	87,181
	窯業・土石製品	11,577	0.03	3.41	0.14	4,491	118	15,315	650	16,083
	鉄鋼	18,143	0.02	1.15	0.18	-1,094	-18	-1,257	-192	-1,467
	非鉄金属	5,518	0.02	1.69	0.13	1,839	33	3,108	235	3,376
	金属製品	8,450	0.02	1.64	0.10	10,787	180	17,742	1,125	19,047
	一般機械	13,252	0.04	1.37	0.09	139,615	4,896	190,846	12,579	208,321
	電気機械	13,726	0.03	2.05	0.06	191,138	5,185	391,202	11,035	407,422
	輸送機械	15,794	0.06	1.43	0.10	124,986	7,621	178,474	12,077	198,173
	精密機械	1,399	0.03	1.92	0.06	18,986	627	36,528	1,199	38,354
	その他の製造業	1,545	0.88	7.70	0.06	29,786	26,252	229,360	1,704	257,316
建設	建設	0	0.10	6.47	0.03	800,295	77,997	5,180,673	26,002	5,284,672
	電力	0	0.01	0.96	0.01	46,126	600	44,455	290	45,345
	ガス・熱供給	0	0.02	1.36	0.01	10,534	187	14,356	70	14,612
電気・ガス ・水道等	水道・廃棄物処理	0	0.02	1.16	0.01	34,217	651	39,576	271	40,497
	商業	0	0.02	1.56	0.00	631,679	11,137	982,512	2,477	996,126
	金融・保険	0	0.01	1.33	0.00	75,960	781	100,865	264	101,910
運輸	不動産	0	0.01	0.52	0.00	535,389	3,364	280,328	1,019	284,711
	運輸	0	0.01	1.55	0.01	142,770	2,080	221,935	1,376	225,391
	通信・放送	0	0.07	1.08	0.00	52,807	3,614	56,937	187	60,738
	公務	0	0.03	1.47	0.01	257,555	8,788	378,565	2,192	389,545
	教育・研究	0	0.05	1.36	0.00	226,918	12,211	307,643	932	320,786
	医療・保健・社会保険	0	0.34	2.01	0.02	352,719	119,082	707,672	6,489	833,243
	その他の公共サービス	0	0.03	3.35	0.01	35,065	1,151	117,545	274	118,970
	対事業所サービス	0	0.04	1.74	0.01	130,216	4,864	226,285	1,423	232,573
	対個人サービス	0	1.55	2.85	0.01	510,042	791,868	1,454,064	4,846	2,250,778
	その他	0	0.06	14.38	0.02	226	13	3,243	5	3,261

農産物取引との関係について考察する。

DEAは、比率尺度によって事業体の効率性を相対比較する手法である。同種の投入要素と産出物を持つ複数の事業体のうち、より少ない投入でより大きな産出をしているものが、より高い生産性を示していると考えられる。

ここで、DEAで用いられているCCRモデルについて説明する。事業体数を n とする。 m 個の投入項目と s 個の産出項目が選定され、 DMU_j の投入（入力）データを $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}$ 、産出（出力）データを $y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj}$ とする。各活動のデータを縦に並べて行列を作り、入力データ行列 X と出力データ行列 Y とする。それらは次のような行列で表される。

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{s1} & \cdots & y_{sn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

n 個の活動それぞれについて比率尺度で効率性を測定していくが、効率性を計算している事業体を記号 o とする。以下、記号 o は $1, 2, \dots, n$ のどれかを指すものとする。入力につけるウェイトを $v_r (r=1, \dots, m)$ 、出力につけるウェイトを $u_r (r=1, \dots, s)$ として、その値を次の分数計画問題を解くことによって定める。

$$\begin{aligned}
\max \quad & \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \cdots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \cdots + v_m x_{mo}} \\
s.t) \quad & \frac{u_1 y_{1j} + \cdots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \cdots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \\
& v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0
\end{aligned} \quad (2)$$

制約式の意味は、ウェイト v_i 、 u_r による仮想的入力と出力の比を全ての活動について 1 以下に押さえるということである。その上で、当該の活動の比率尺度 θ を最大化するように、 v_i 、 u_r を決める。したがって、最適な θ の値は高々 1 である。この分数計画問題を解くために、次の線形計画問題を考える。

$$\begin{aligned}
\max \quad & u^T y_o \\
s.t) \quad & v^T x_o = 1 \\
& -v^T X + u^T Y \leq 0 \\
& v \geq 0, \quad u \geq 0
\end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 v は入力のウェイトベクトルを、 u は出力のウェイトベクトルを表す。分数計画問題と線形計画問題とは同値である。この線形計画問題は、実数 θ とベクトル $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$ を変数とする次の双対問題からも解が求められる。

$$\begin{aligned}
\min \quad & \theta \\
s.t) \quad & \theta x_o - X\lambda \geq 0 \\
& y_o - Y\lambda \leq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned} \quad (4)$$

式(3)、(4)はCCRモデルと呼ばれる。このモデルでは、規模の経済性に関して収穫一定を仮定している。すなわち、事業体は各投入要素を2倍に増やすことで2倍の産出を得る。

各国農業の生産要素として、農地面積、化学肥料投入量、エネルギー消費量を考える。産出項目には産業連関表中の農業部門の生産額を取ることで、DEAによって効率値を求める。ここでは、この効率

表 4.2 各国農業の環境効率と農産物取引との関係

		(1000US\$)									
農産物取引	環境効率	輸入国									
		インドネシア	マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ	中国	台湾	韓国	日本	アメリカ
輸出国	インドネシア	0.30	74617	13879	117156			8600	32568	145475	
	マレーシア	0.09		14903	79333				9823	19252	
	フィリピン	0.55							24215	180706	
	シンガポール	1.00			203					12310	
	タイ	0.18	1325	35733	2814	69931	4404	33846	30841	99067	
	中国	0.13	59669	94952	5884	98294		4065	313832	614884	
	台湾	-		3817	6534	11281			12363	127792	
	韓国	0.61				3446				32140	
	日本	1.00									
	アメリカ	0.21	372959	245404	303478	33217	136941	1264777	1292463	1060983	4507522

値は資源消費、環境負荷に対する生産効率性という点で、一つの環境効率性指標として位置付ける。分析結果を表4.2に示す。環境効率性を見てみると、シンガポール、日本が効率的と判断され、続いて韓国、フィリピンの効率値が高くなっている。次に農産物取引を見てみると、これらの国は農産物を輸入していることがわかる。逆にタイ、中国、アメリカなど、農産物輸出国の環境効率は低くなっている。これらの国々では資源消費、環境負荷から見て必ずしも効率的な生産が行われているとは言えない。生産効率に影響を及ぼす要因としては、まず生産技術や要素技術の違いが考えられる。

② 愛知県、名古屋市における廃棄物処理計画の実施による循環型社会の形成度合いの評価
 ア マテリアルフロー勘定表による評価

持続可能な社会の形態の一つとして、近年循環型社会が注目されている。循環型社会の形成に関する計画は、主に都道府県や市町村といった地域で作成されている。計画の実施による循環型社会の形成度合いを定量的に評価・分析する手段としては、地域の経済システムを構成している経済主体間における資源循環の流れをマテリアルフローとして定量的に把握し、これを評価していくことが考えられる。ここでは産業連関表や廃棄物等の資源循環に関わる物量資料を統合し、資源循環構造をマテリアルフローとして記述・分析可能なマテリアルフロー勘定表(マテリアルバランス表)を作成した。またこれを愛知県に適用することで、本県におけるマテリアルフローの推計、廃棄物処理計画の実施による循環型社会の形成度合いについて評価・分析した。

マテリアルバランス表の表体系を、SNA産業連関表³⁾を利用することで作成した(図4.1)。愛知県において1994年と1999年におけるマテリアルバランス表を作成し、マテリアルフローの二時点比較を行った。

		物質			活動主体			移輸出	ストック	総計
		原材料	製品	廃棄物	産業部門	消費支出部門	廃棄物処理部門			
物質	原材料	バージン リサイクル	 投入表 活動主体への物質の投入						①	
	製品	中間 最終								
	廃棄物	一般 産業								
活動主体	産業部門	A B	 産出表 活動主体からの物質の産出						②	
	消費支出部門	家庭 自治体								
	廃棄物処理部門	市町村 民間								
移輸入		①			②					
ストック										
総計										

図4.1 マテリアルバランス表(SNA産業連関表を利用)

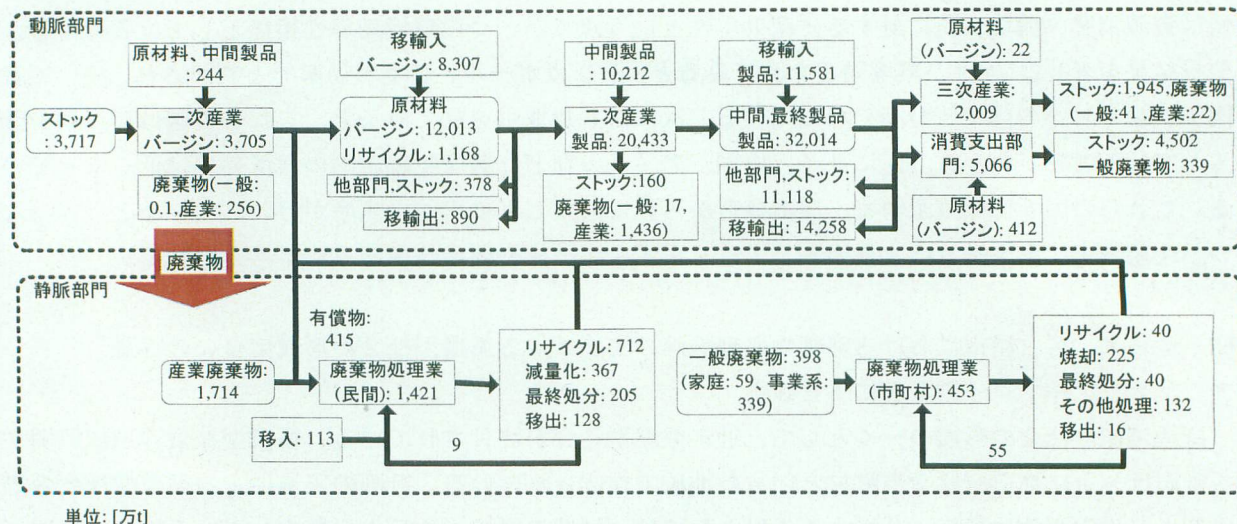


図4.2 マテリアルフローの推計結果(1999年)

表4.3 循環型社会形成度合いの評価指標

		1994年	1999年	伸び率
資源生産性*1	[万円/t]	24.969	28.075	1.124
循環利用率	[-]	0.035	0.089	2.502
最終処分率	[-]	0.228	0.133	0.582
廃棄物産出割合	[-]	0.055	0.060	1.087

*1: 1994年度の県内総生産額は323,543[億円]、1999年度は337,254[億円](市場価格)

資源生産性: 域内に投入される原材料(バージン)の量に対する、地域内総生産額(県内総生産額や市内総生産額など)の割合

循環利用率: 域内に投入される原材料(バージン, リユース, リサイクル)の量に対する、原材料(リユース, リサイクル)の量の割合

最終処分率: 産出された廃棄物量に対する、廃棄物の最終処分量の割合

廃棄物産出割合: 活動主体に投入される原材料(バージン), 中間・最終製品量に対して、産出される廃棄物量の割合

結果を図4.2、表4.3に示す。結果として、1994年に対して1999年においては廃棄物のリサイクル量の増加、最終処分量の減少が見られ、また循環型社会の形成度合いの評価指標においても改善が見られた。しかしながら原材料(バージン)と製品の投入量が増加している、廃棄物の排出量が増加している等の問題点も見られた。今後愛知県が循環型社会を目指すために、これらの問題点を改善するための計画を作成し、実施していくことが重要である。

イ 貨幣勘定表による評価

次に資源循環に関わる経済主体間での貨幣の流れを評価が可能な貨幣勘定表(マネーバランス表)を作成した。ここでは名古屋市の「ごみ非常事態宣言」以降の一般廃棄物処理計画について、マテリアルバランス表とマネーバランス表を組み合わせたハイブリッド評価を行い、本市の循環型社会の形成度合いについて評価・分析することとした。

図4.3に示す表体系として、マネーバランス表を作成した。同時にマテリアルバランス表についても、マネーバランス表と同表体系に拡張している。これを名古屋市の「ごみ非常事態宣言」前後である1998年と2001年に適用し、マテリアルフロー、マネーフローの二時点比較を行った。結果を図4.4に示す。名古屋市の分別やリサイクルの推進による一般廃棄物処理政策は、本市の循環型社会の形成に大いに

寄与しているといえる。しかし経済的には廃棄物処理コストが増加する等の問題点が見られた。循環型社会の構築を目指すためには、物量からの評価のみでなく、その経済性についても評価することで、合理的な形から循環型社会を目指していくことが重要であることが示唆された。

		物質		活動主体			ストック	輸出	総計
		名古屋市	全国	名古屋市	全国	リサイクル協会			
物質	名古屋市	原材料							①
		製品							
		廃棄物							
		付加価値							
	全国	原材料							
		製品							
		廃棄物							
		付加価値							
活動主体	名古屋市	産業部門							②
		消費支出部門							
		廃棄物処理部門							
		リサイクル部門							
	全国	産業部門							
		消費支出部門							
		廃棄物処理部門							
		リサイクル部門							
リサイクル協会									
ストック									
輸入									
総計		①		②					

図 4.3 二地域間マテリアルバランス表、マネーバランス表の表体系

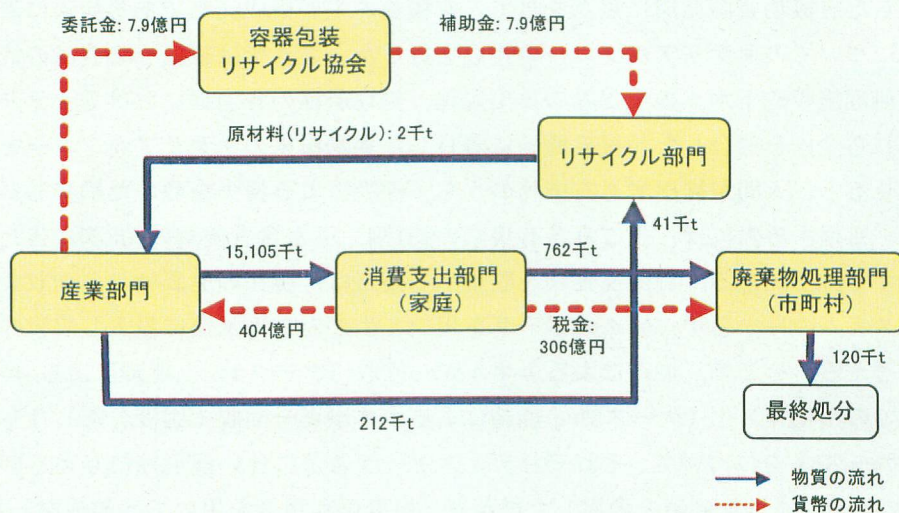


図4.4 マテリアルフロー、マネーフローの推計結果(2001年)

③ 都市の有機物質資源循環の評価

都市等の地域スケールにおけるマテリアルフローは、人間の生活(家計の衣食住、余暇)を支えるためのフローと産業の生産活動を支えるためのフローに大別される。ここでは前者について、特に食生活に付随した有機物質資源循環に関連したマテリアルフローに着目し研究を行った。具体的には、名古

屋市を対象とし、市民の食生活をめぐるマテリアルフローを体系的に把握するため、家庭への食品としての流入、食事、有機廃棄物の発生・中間処理・再資源化、廃棄物の最終処理、といった各ステージについてマテリアルフローを定量化する。また、各ステージにおいて、人間にとって必要なサービスを供給するために、直接的、間接的に資源がどれだけ消費され、環境負荷が発生しているかを評価した。

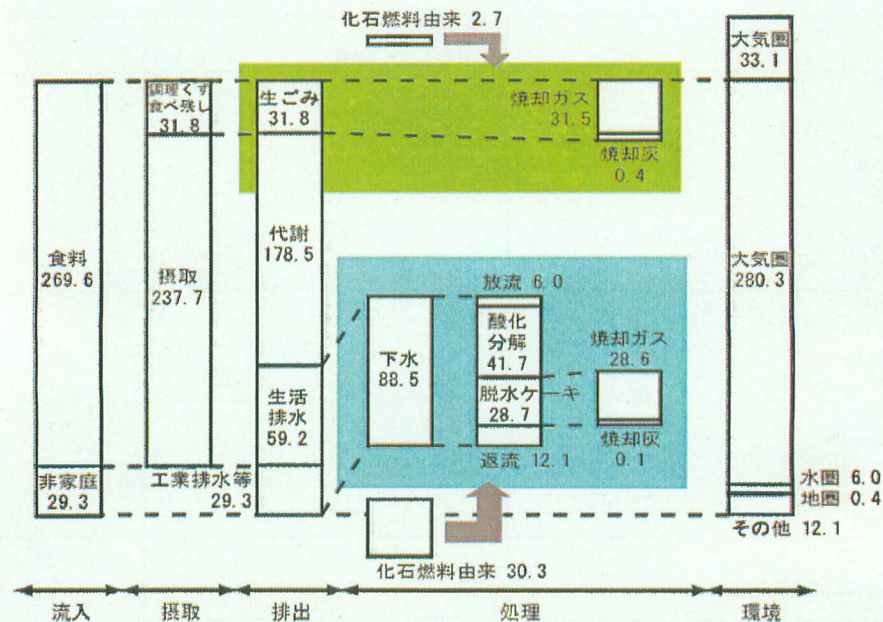
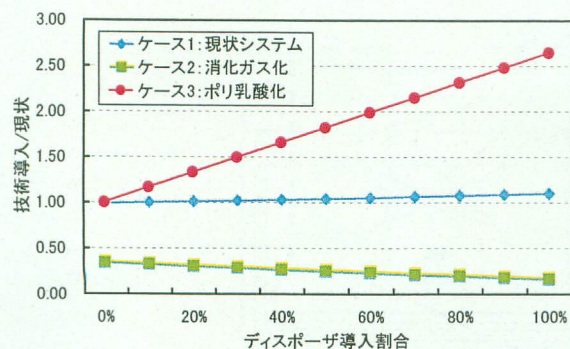
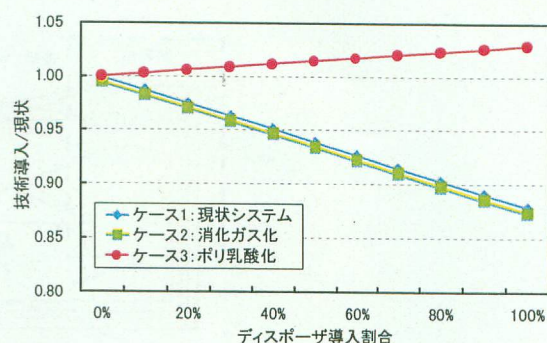


図4.5 炭素元素のマテリアルフロー

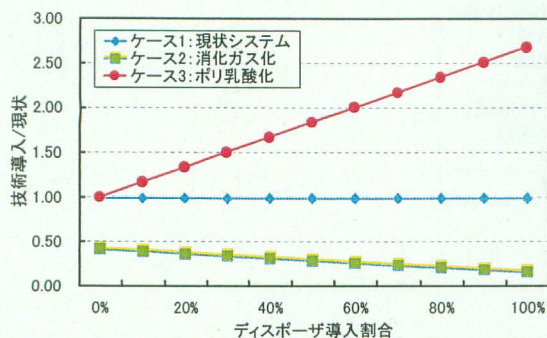
食生活に付随した有機物資源循環に焦点を当て、有機物の主要構成元素である炭素に着目した市民1人1日当たりについてのマテリアルフローの作成を行った。ここでは家庭への食品の流入過程、摂取過程、廃棄物処理施設や下水道への生ごみの排出過程、処理過程の各過程におけるマテリアルフローを定量化し、これら全体を統合した。炭素原子に着目した食物由来のマテリアルフローを図4.5に示す。炭素循環から見ると、人間が排出する有機物のうち、呼吸による損失を除いた約45%が資源化可能量の上限であり、処理するには、生ごみ含有炭素の約1割、下水含有炭素の約3割に当たる量の炭素を外部から投入する必要がある。有機廃棄物を収集する経路は、現在の廃棄物の分別収集および下水道で収集するシステムのみならず、ディスポーザを用いて生ごみを下水道に投入し収集経路を一元化するシステムを考える。そこで、焼却によるエネルギー回収（ケース1）、焼却によるエネルギー回収＋下水処理場での消化ガス化（ケース2）、焼却によるエネルギー回収＋固液分離した有機性廃棄物のポリ乳酸化（ケース3）をについて、それぞれディスポーザ普及に伴い環境等に与える影響をエネルギー消費量、埋立処分量、付加価値を考慮した燃料費、炭素再利用度を用いて比較検討した。図4.6に分析結果を示す。結果として、現状システムにディスポーザを導入した場合、100%導入時には、廃棄物収集量は約7割に減少し、下水処理側では全ての処理過程で負荷が増加した。またディスポーザを導入し有機廃棄物の資源化技術をシステムに組み込んだ場合、下水汚泥から消化ガスを回収するシステムは、現状システムおよびポリ乳酸化システムに比べて環境負荷の削減効果が大きく、効率的であった。



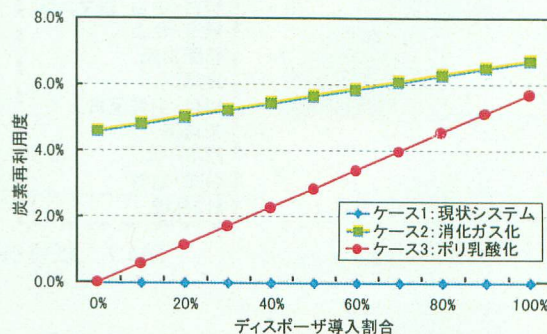
(a) エネルギー消費量



(b) 埋立処分量



(c) 付加価値を考慮した燃料費



(d) 炭素再利用度

図4.6 分析結果

④ 紙資源のカスケードリサイクルの有効性に関する評価

環境指標である資源有効利用度を向上させる手段として、カスケードリサイクルにより資源を最大限有効利用することが考えられる。資源の種類によりカスケードリサイクルが実施されているものの、必ずしも有効性が十分に引き出されているとはいえない。ここでは仮想地域におけるカスケードリサイクルを考慮した紙資源のリサイクルシステムをモデル化し、資源有効利用度及び経済性からみたカスケードリサイクル実施の有効性について評価した。

対象とする紙製品及び古紙の品種を設定し、回収不能分や残渣を除き、紙製品が消費されて古紙となり、再び紙製品の原料となるという流れを考慮した、図4.7に示す紙資源のリサイクルシステムを想定した。ここではシステムを①紙製品製造段階、②古紙発生段階、③古紙リサイクル段階、の三段階に分割した。各段階における紙製品の製造量、古紙の発生量、コストに関する定式化を行うことで、リサイクルシステムのモデル化を実施した。また紙製品や古紙の輸送コストについても考慮した。図4.7で、カスケードリサイクルによる紙資源の循環を考慮した場合の、リサイクル回数ごとの紙製品製造量、古紙発生量、コストに関する定式化も行った。カスケードリサイクルの有効性についても評価するため、環境指標として資源有効利用度、経済性を作成した。

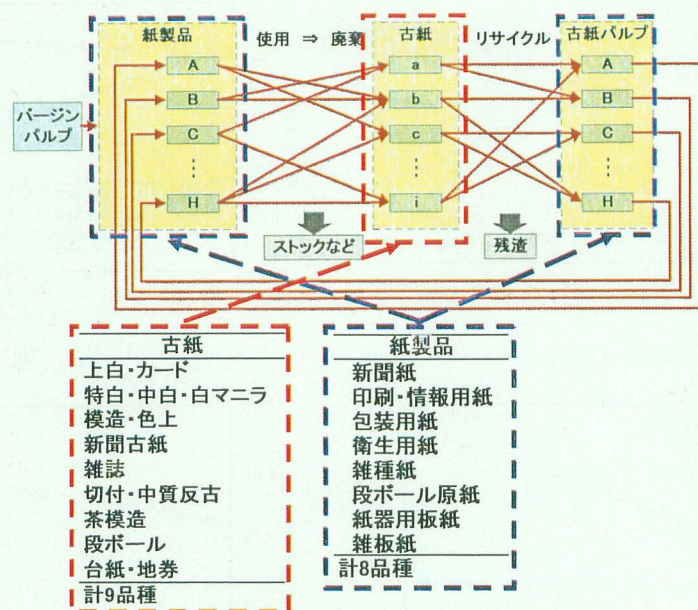


図4.7 紙資源のリサイクルシステム

次に紙資源のリサイクルが域内で完結する仮想地域を設定し、現在実施されているカスケードリサイクルを行う場合(シナリオ0)、資源の有効利用を最大限に行う場合(シナリオ1)、利益を考慮する場合(シナリオ2)の3つのシナリオを立て、古紙から紙製品への品種配分を変化させることで、カスケードリサイクルの有効性に関する分析を実施した。結果を図4.8、図4.9に示す。図4.8の資源有効利用度に関する評価において、資源の有効利用を最大限に行う場合、利益を考慮する場合は、現在実施されているカスケードリサイクルを行う場合に比べて約1.3倍高い値を示している。また図4.9の経済性に関する評価においても、利益を考慮する場合は現在実施されているカスケードリサイクルを行う場合と比べて高い値となっている。以上のことから、現在実施されているカスケードリサイクルはその有効性が低い結果となった。古紙から紙製品への品種配分の仕方を変更させることによって、カスケードリサイクルの有効性を今以上に高めることが可能であることが示唆される。

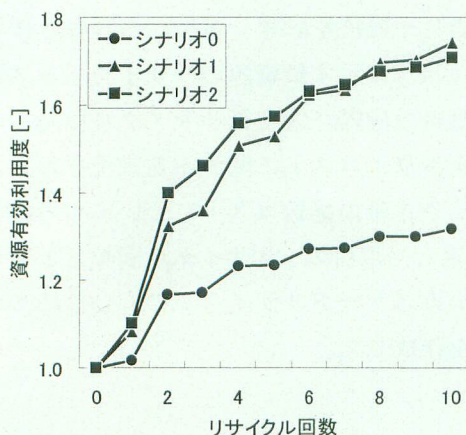


図4.8 リサイクル回数ごとの資源有効利用度

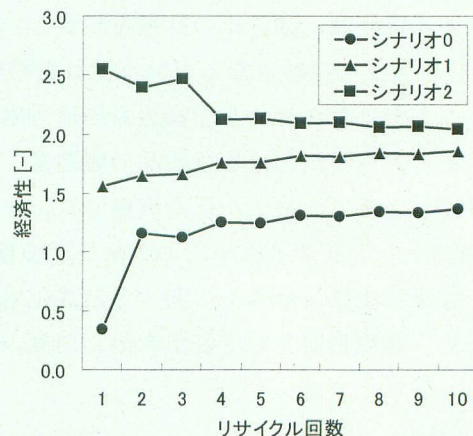


図4.9 リサイクル回数ごとの経済性

⑤ 引用文献

- 1) Wackernagel, M. et al.: National natural capital accounting with the ecological footprint concept, *Ecological Economics* 29 (1999), pp.375-390, 1998.
- 2) Bicknell, K. B. et al.: New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy, *Ecological Economics* 27 (1998), pp.149-160, 1997.
- 3) 経済企画庁経済研究所: 93SNA推計手法解説書(暫定版), 2000.

4. 本研究により得られた成果

- ・先行研究で作成に着手していた多次元物量投入産出表(MDPIOT)について、環境勘定の新たな国際標準となるSEEA2003との整合性の向上、「隠れたフロー」など貿易による国際連関を通じた問題の記述のための枠組を改良するとともに、1995年表を化石燃料、金属鉱物、非金属鉱物の実証データを構築した。
- ・最終需要を与えることにより、波及的に生ずるマテリアルフローを、天然資源の経済活動への投入量や二酸化炭素などの環境への排出量だけでなく、隠れたフローや、産業部門間のマテリアルフローまで含めて分析するツールを構築し、消費(需要)パターンと生産部門におけるマテリアルフローの関係、さらには環境との間での資源や排出物の出入りを包括的に把握する手法として完成させた。
- ・SNA型産業連関表の部門ごとに資源投入量データを結び付けた時系列分析用データを作成し、過去約20年間について、産業ごとの資源生産性の変化、需要構造の変化、投入資源における再生資源の割合の変化の各々が、国全体の資源生産性の変化に与える影響を分析できることを示した。の小さい産業もみられた。
- ・SEEA2003の物量勘定およびNAMEAに代表される貨幣・物量統合勘定(ハイブリッド勘定)の勘定構造を解明したことによって、本研究で取り組まれた各種勘定の理論的基礎が与えられた。この理論的基礎の確立は、今後の研究で各種勘定の一層の改良・開発を行う上でも重要な役割を果たすと考えられる。
- ・オランダNAMEAを日本の事情に即して大幅に改良を加え、隠れたマテリアルフローの記述や、エコロジカル・フットプリント分析との比較分析を可能にした。NAMEAは、欧州を中心に広く普及した勘定体系であり、共通の勘定基盤と独自の要素を兼ね備えた日本版NAMEAの構築は、欧州各国との比較分析を可能にするだけでなく、各国が自国のNAMEAを開発する際の模範としても重要な役割を担うと考えられる。
- ・本プロジェクトを中心にわが国で開発されつつある各種の環境勘定が、勘定構造の観点から相互に関連付けられた。企業、産業および国民経済の各レベルで開発される環境勘定は、それぞれ用途に応じて独自の勘定構造と持続可能性を評価するための指標群をもつが、これらが相互に関連付けられることによって、環境と経済に関する総合的な把握・分析が可能となる。
- ・廃棄物の中間処理過程が記述できないというNAMEAの根本的な欠点を補うべく、中間処理明示型NAMEAを開発した。これは、廃棄物の中間処理過程を詳細に記述するだけでなく、環境に直接排出されるCO₂などの汚染物質の事業所内での処理過程についても同時に記録できるよう考案されており、今後の貨幣・物量統合勘定の充実・発展に大きく寄与すると考えられる。
- ・エコロジカル・フットプリント分析の手法上の改善課題を明らかにするとともに、内外での活用状

況の調査から、こうした指標の政策支援への活用を促進するための課題を明らかにした。

- ・産業・経済活動のスケールや経済主体のレベルには大小があるため、産業・経済活動のスケールや経済主体のレベルを加味して評価手法の開発、環境指標の作成を実施することが、より良い方法であることを示した。
- ・とくに、国レベル、地域レベル、都市レベルにおける経済主体がそれぞれ異なる分野を設定し、それらについての手法の開発を行い、評価を実施した。これにより得られた結果は、各分野で更に研究を実施していくうえでのベースとなりうるものであると示唆される。

5. 国際共同研究等の状況

(1) マテリアルフロー勘定に関するもの

- ① 総物質収支に関する日独比較研究（日独環境保護パネルによる二国間協力）
- ② SCOPE（環境問題に関する科学委員会）/MFAStorM共同研究への参加
- ③ OECD環境政策委員会環境情報・アウトルック作業部会および廃棄物発生抑制・リサイクル作業部会、ならびにOECD統計委員会における持続可能な発展の指標のための勘定の枠組み検討への貢献
- ④ 米国National Research Councilにおけるマテリアルフロー分析検討部会への貢献

(2) エコロジカル・フットプリント分析に関するもの

① 「日米都市エコシステム研究プロジェクト」（国連大学高等研究所／東京大学先端技術研究センター共催）、Dr. Peter Marcotullio（国連大学）・日本。アジア、欧米、ラ米などの都市の持続可能性をテーマに第一線級の研究者を世界各国から集め実施されている研究プロジェクトであり、2004年11月ニューヨークでの最終ワークショップを経て、研究成果が英文書籍として出版される予定である。当該研究者も発表枠を1つ確保している。

② 英国におけるエコロジカル・フットプリント指標の自治体への応用研究 Dr. John Barrett, Dr. Tomas Wiedmann, Ms. Nia Cherrett（ストックホルム環境研究所York支所(SEIY)）・英国。英国では国レベルのみならず自治体レベルにおいてもエコロジカル・フットプリント指標を実際に応用しようとしている。それらの事例について情報収集し、日本における応用状況について情報提供した。この分野におけるSEIYの研究は国際的にも高く評価されている。

③ 英国ウェールズにおけるエコロジカル・フットプリント指標の自治体への応用研究、Mr. Stuart Bond（WWFカーディフ）、Dr. Andrew Flynn, Dr. Andrea Collins（カーディフ大学・経営関係/説明責任/持続可能性/社会研究所）・英国。ウェールズでは、ネーション・レベルかつ自治体レベルでエコロジカル・フットプリント指標を実際に応用しようとしている。それらの事例について情報収集し、日本における応用状況について情報提供した。

④ 英国スコットランドにおけるエコロジカル・フットプリント指標の自治体への応用研究、Ms. Elizabeth Leighton（WWFスコットランド）・英国。スコットランドでも、ネーション・レベルかつ自治体レベルでエコロジカル・フットプリント指標を実際に応用しようとしている。それらの事例について情報収集し、日本における応用状況について情報提供した。

⑤ 英国自治体におけるエコロジカル・フットプリント指標応用に関する研究、Ms. Nicky Chambers, Mr. Craig Simmons（Best Foot Forward）・英国。エコロジカル・フットプリント計算のパソコン・ソフトなどについての情報を収集し、日本における応用状況について情報提供した。

⑥ エコロジカル・フットプリント計算の国際標準の研究、Dr. Mathis Wackernagel (グローバル・フットプリント・ネットワーク研究所)・米国。この研究所では、エコロジカル・フットプリント計算の世界標準化を目指して研究を進めている。発足したのは2004年3月であり、日が浅くまだ実質的な動きはないが、当該研究者もこの国際的な研究者間のネットワークに加盟し、意見交換に参加する予定である。

6. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

- ① 福田篤史、森杉雅史、井村秀文：環境システム研究論文集、Vol. 29、197- 206(2001)
「日本のエコロジカルフットプリントー土地資源に着目した環境指標に関する研究」
- ② 和田喜彦：『水資源・環境研究』第14号、pp. 36-44. (2001)
「問題認識・解決ツールとしての‘エコロジカル・フットプリント’指標 - ‘オーバーシュート’を感知する新パースペクティブ」
- ③ 有吉範敏：現代経済学研究、9、98-119(2002)
「日本の環境・経済統合勘定について」
- ④ 宮田譲、福岡克也、有吉範敏、劉勤：地域学研究、32、1、115-137(2002)
「農業・林業の環境機能評価と環境・経済統合勘定」
- ⑤ K. Nansai, Y. Moriguchi and S. Tohno: Environ. Sci. Technol., 37, 2003-2015 (2003)
“Compilation and Application of Japanese Inventories for Energy Consumption and Air Pollutant Emissions Using Input-Output Tables”
- ⑥ 林岳、山本充、有吉範敏：環境経済・政策学会年報、8、82-93(2003)
「公共事業評価勘定による公共事業の評価」
- ⑦ 福田篤史、中村英佑、園田益史、森杉雅史、井村秀文：環境システム研究論文集、Vo. 31、91-99 (2003)
「土地利用と農業生産から見た環境効率性評価に関する研究」
- ⑧ 田畑智博、岩本薫、奥田隆明、森杉雅史、井村秀文：環境システム研究論文集、Vo. 31、287-296(2003)
「地域廃棄物管理のためのマテリアルバランス表の作成」
- ⑨ 田畑智博、辻岡信也、森杉雅史、井村秀文：環境システム研究論文集、Vo. 31、297-306(2003)
「資源有効利用度及び経済性からみたカスケードリサイクルの評価に関する研究」

<学術誌 (査読なし)>

- ① Y. Moriguchi: Population and Environment, 23(1), 105-115, (2001)
“Rapid Socio-Economic Transition and Material Flows in Japan”
- ② 市江達也、馬籠信之、森杉雅史、井村秀文：環境システム研究講演集、Vol. 29、183-189, (2001)
「有機物資源循環を目指した都市環境インフラシステムの設計に関する研究」
- ③ 和田喜彦：廃棄物学会誌『C & G』第6号、pp. 40-43. (2002)
「エコロジカル・フットプリントと持続可能な経済」
- ④ 和田喜彦：日本エネルギー学会誌、Vol. 82, No. 1. pp. 36-41. (2003)

「エコロジカル・フットプリント指標によるトマト生産の持続可能性評価：ハイテク農業は食糧問題解決の切り札か」

- ⑤ 松野裕,森口祐一:季刊環境研究、130,18-27,(2003)
「循環基本計画の物質フロー目標－指標選定と目標水準決定の経緯－」
- ⑥ 森口祐一:、廃棄物学会誌、14,242-251,(2003)
「循環型社会形成のための物質フロー指標と数値目標」
- ⑦ 山本充、林岳、有吉範敏:商学討究(小樽医科大学)、54、1、223-248(2003)
「マクロ環境勘定による環境便益の評価手法に関する研究」
- ⑧ 有吉範敏:計画行政、26、1、59-61(2003)
「日本計画行政学会第25回大会(日本学術会議環境会計小委員会主催)ワークショップ報告:環境・経済統合勘定の開発と展望」
- ⑨ 有吉範敏:計画行政、27、1、101-103(2004)
「日本計画行政学会第26回大会(日本学術会議環境会計小委員会主催)ワークショップ報告:ミクロ・メゾ・マクロ環境勘定(会計)の相互連関と統合可能性」

<書籍>

- ① R. Ayres and L. Ayres ed.: A Handbook of Industrial Ecology, Edward Elgar, 680pp., 79-90, (2002)
“Material flow analysis (S. Bringezu and Y. Moriguchi)”
- ② R. Ayres and L. Ayres ed.: A Handbook of Industrial Ecology, Edward Elgar, 680pp., 301-310, (2002)
“Material flow analysis and industrial ecology studies in Japan (Y. Moriguchi)”
- ③ 南齋規介・森口祐一・東野達編著:地球環境研究センターシリーズ, CGER-D021-2002, (2002)
「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)-LCAのインベントリデータとして-」
- ④ 中村直美、岩岡中正編:時代転換期の法と政策、成文堂、313-344(2002)
「第Ⅱ部第6章 わが国における環境・経済統合勘定体系の展開とその課題(執筆担当:有吉範敏)」
- ⑤ Y. Kurabayashi, K. Koike and N. Yamamoto (eds.): Progress in Environment and Resource Accounting Approach-A Principle to the Global Environmental Issues-, Imai Shuppan Co., Ltd., 17-41, (2003)
“Chap.3 Complete SEEA: An Extension of the SEEA to the International Environmental Problems (N. Ariyoshi),”
- ⑥ マティース・ワケナゲル、ウィリアム・リース著、和田喜彦監訳、池田真里訳、『エコロジカル・フットプリント:地球環境持続のための実践プランニングツール』 原題 *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, 合同出版, (2004), 2004年7月出版予定。
- ⑦ 和田喜彦・水谷広編『生物環境科学』(第4章), (2004), 森北出版より2004年9月出版予定。
「環境への負荷を比較する(執筆担当:和田喜彦)」

<報告書類等>

- ① 科学研究費補助金(平成11~14年度:基盤研究(B(1)課題番号11430003研究代表者:有吉範敏)研究

成果報告書:環境・経済統合勘定に基づく環境CGEモデルの開発と環境政策のシミュレーション
分析、103-128、129-149(2003)

「包括的環境・経済統合行列(GAMEE)の開発 (有吉範敏)」

「環境SAMのCGE分析 (作間逸雄、有吉範敏、谷口昭彦)」

② 環境省委託調査・環境と貿易に関する調査(2003)

「環境と貿易と開発に関する国際協力(キャパシティ・ビルディング、技術協力)に関する調査,
(古沢広祐、和田喜彦、佐久間智子、足立治朗)」

③ 日本のGPI研究グループ(大橋照枝、中野桂、牧野松代、和田喜彦),「日本のGPI(真の進歩指標)
の計測結果」,NPO法人フューチャー500,(2003)

④ 平成15年度内閣府委託調査:SEEAの改訂等にもなう環境経済勘定の再構築に関する研究報告書、
財団法人日本総合研究所、197-210、(2004)

「環境経済勘定のフレームワークの推移と今後の課題 (有吉範敏)」

(2) 口頭発表

① Y. Moriguchi: Inaugural meeting of International Society for Industrial Ecology,
Nordwijkerhout, (2001)

“Lessons from Japanese MFA”

② Y. Moriguchi: EcoDesign 2001: Second International Symposium on Environmentally Conscious
Design and Inverse Manufacturing, Tokyo, (2001)

“Material Flow Accounting as a Tool for Industrial Ecology”

③ 和田喜彦経済産業省委託調査・環境調和型事業活動導入促進調査・分科会(ワーキンググループ
1)(2001)

「エコロジカル・フットプリント分析とは」

④ 和田喜彦: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講演会
(2001)

「エコロジカル・フットプリント分析研究の現状と今後の課題」

⑤ 和田喜彦:北海道大学農学部講演会(2001)

「資源消費のエコロジカル・フットプリント:永続可能な経済構築のための指針」

⑥ 福田篤史、森杉雅史、井村秀文:環境システム研究論文集、Vol.29、197-206(2001)

「日本のエコロジカルフットプリントー土地資源に着目した環境指標に関する研究」

⑦ Y. Moriguchi: 3rd Gordon Conference on Industrial Ecology, New London (NH), (2002)

“Accounting for material flows and their underlying structures - Empirical results from
international and intersectoral flow studies”

⑧ Y. Moriguchi: Committee on Material Flows Accounting of Natural Resources, Products and
Residuals, National Academy of Science, September 16 (2002)

“Overview of MFA studies in Japan - Focusing on environmental implication of international
flows- “

⑨ K. Nansai, Y. Moriguchi, and S. Tohno, SETAC Europe 12th Annual Meeting, (2002).

“Compilation of the embodied energy and emission intensity database for Japan using

Input-Output tables”

- ⑩ S. Bringezu and Y. Moriguchi: Proc. 5th International Conference on EcoBalance, 673-676, (2002)
“The life-cycle-perspective and the industrial metabolism: -Shuffling the analytical tool box -“
- ⑪ 森口祐一、松井重和、南齋規介、寺園淳、加河茂美、橋本征二：環境経済・政策学会2002年大会、194-195, (2002)
「環境・資源効率指標のための物量投入産出表の試作」
- ⑫ 森口祐一・松井重和：第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集、54-56、(2002)
「循環資源のマテリアルフロー分析のための物量投入産出表の設計」
- ⑬ 和田喜彦：滋賀大学産業共同研究センター主催「環境フォーラム」(2002)
「エコロジカル・フットプリント指標：持続的な社会経済システム構築のための指針」
- ⑭ 大橋照枝・木内孝・中野桂・牧野松代・和田喜彦：NPO法人フューチャー500・第4回国際シンポジウム(2002)
「真の進歩を示す指標G.P.I. 算定の中間報告」
- ⑮ 岡村実奈、井村秀文：環境システム研究講演集、Vol. 30、249-257(2002)
「都市の有機物資源循環構造のモデル化と将来予測シミュレーションに関する研究」
- ⑯ N. Ariyoshi and Y. Moriguchi: OECD workshop on accounting frameworks to measure sustainable development. (2003)
“The Development of Environmental Accounting Frameworks and Indicators for Measuring Sustainability in Japan”
- ⑰ Y. Moriguchi.: ConAccount Workshop, Wuppertal, (2003)
Recent experiences in national numerical targeting of material flow indicators and methodological progress to better meet the policy demands
- ⑱ Y. Moriguchi: Int. Workshop on Design of Sustainable Social System, 21st Century COE program, Toyohashi, (2004)
Material Flow Analysis as a Tool of Industrial Ecology
- ⑲ Y. Moriguchi., H. Imura, H. Tanikawa,: 2nd ISIE Conf., Ann Arbor, (2003)
Meso-scale MFA for filling the gap between MFA in nation-wide- economy and MFA in micro-economy -Sectoral decomposition and spatial decomposition
- ⑳ 森口祐一：日本計画行政学会第26回全国大会（日本学術会議環境会計小委員会主催ワークショップ）、仙台、(2003)
「マテリアルフロー勘定の相互関連と物量IO表による統合可能性」
- ㉑ 森口祐一：地域施策へのLCAの新たな展開シンポジウム、東京、(2003)
「産業エコロジーにおける地域の視点」
- ㉒ 森口祐一、第3回環境技術の研究開発に関する講演会－環境技術立国に向けて－、東京、(2003)
「産業エコロジー」
- ㉓ 古沢広祐、和田喜彦：環境省地球環境局主催「環境と貿易に関する勉強会」（2003），
「エコスペースとエコロジカル・フットプリント」

- ㉔ M. Makino, K. Nakano, and Y. Wada : Canadian Society for Ecological Economics (2003)
“GPI in Japan: A Long-Term Estimation 1955-2000.”
- ㉕ 和田喜彦：同志社大学「社会的共通資本研究センター」ワークショップ（2003）
「エコロジカル・フットプリントと持続可能性」
- ㉖ 田畑智博、井村秀文：環境科学会 2003 年会、98-99(2003)
「地域の資源循環構造分析評価のためのマテリアルバランス表の開発」
- ㉗ Y. Wada: 国連大学高等研究所・東京大学先端技術研究センター共催「日米都市エコシステム研究プロジェクト」中間ワークショップ, (2004)
“Applications of Ecological Footprint in the United Kingdom (Cases from Wales and Scotland): Lessons for Japan and Asia.”
- ㉘ 和田喜彦: エントロピー学会関西セミナー（2004）
「バイオマス環境指標としてのエコロジカル・フットプリント」
- ㉙ 和田喜彦: エントロピー学会東京セミナー（2004）
「エコロジカル・フットプリント指標とエントロピー理論(仮題)」
- ㊚ 有吉範敏、森口祐一：西日本理論経済学会第125回例会(2004)
「わが国における環境・経済統合勘定の展開」
- ㊛ 中山絵理、田畑智博、奥田隆明、井村秀文：土木学会中部支部研究発表会、591-592(2004)
「循環型社会形成支援のための物質面・金銭面から記述可能なデュアルフロー表の提案」
- ㊜ T. TABATA and H. IMURA: Proceedings of ENVIR004 Convention & Exhibition, CD-ROM (2004)
“Development of the Material Balance Table to Support the Establishment of Recycling-based Society in Region”

（３）出願特許

特に記載すべき事項はない。

（４）受賞等

特に記載すべき事項はない。

（５）一般への公表・報道等

- ・朝日新聞(2003. 4. 25報道) 「循環型社会へ指標研究－G 8 環境相会合声明案」

7. 成果の政策的な寄与・貢献について

（１）マテリアルフロー勘定関係

- ・OECD環境情報・展望作業部会(WGEIO)、廃棄物発生抑制・リサイクル作業部会(WGWPR)への貢献
- ・2003年3月に閣議決定された循環型社会形成推進基本計画におけるマテリアルフロー勘定に基づく指標、数値目標策定への貢献
- ・G8環境大臣会合(2003. 4)におけるマテリアルフロー勘定国際共同研究提案への貢献
- ・2004年に4月に採択された「物質フローと資源生産性」に関するOECD理事会勧告起草への貢献

（２）エコロジカル・プリント分析関係

- ・『環境白書』における記述に、エコロジカル・フットプリント指標の紹介が平成11年以降毎年のように紹介されているが、当該研究担当者から欧米におけるエコロジカル・フットプリント指標の応用動向についての情報提供を行った。
- ・環境省「貿易自由化の環境影響評価に関する検討会」における国際貿易と環境保全の両立に関する検討において、本研究成果であるエコロジカル・フットプリント指標の概念および応用動向についての分析を提示し、検討会の議論に貢献した。
- ・国土交通省の「資源消費水準あり方検討委員会」における持続可能性指標の国土計画や政策への応用に関する検討において、本研究成果であるエコロジカル・フットプリント指標の欧米での技術的手法開発状況および応用動向についての分析を提示し、「検討委員会」の報告書作成に貢献した。