

氏名（本籍）	か がわ しげ み 加 河 茂 美 （栃 木 県）		
学位の種類	博 士（学術）		
学位記番号	学術（情）博第10号		
学位授与年月日	平成13年3月26日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
研究科，専攻	東北大学大学院情報科学研究科（博士課程）人間社会情報科学専攻		
学位論文題目	ハイブリッド型 SNA 産業連関モデルに基づくエネルギー利用構造の 分解分析		
論文審査委員	（主 査）		
	東北大学教授 稲村 肇	東北大学教授 森杉 壽芳	
	東北大学教授 佐々木 公明	東北大学教授 宮本 和明 (工学研究科)	
	東北大学教授 栗山 規矩	東北大学助教授 安藤 朝夫 (経済学研究科)	

論 文 内 容 要 旨

1 序論

地球温暖化問題等のグローバルな環境問題に対する意識の高まりとともに、ライフサイクルアセスメント(LCA)の重要性がますます高まっている。LCAとは、その言葉の意味からも容易に想像がつくように、ある製品の生産から最終廃棄されるまでの生涯を考え、その総合的な環境影響評価を行うことを言う。つまり、商品の「ゆりかごから墓場(From the cradle to the grave)」までの環境負荷発生過程を総合的に診断することを意味する。本研究の視点は、LCAの中においても最も分析的な作業を要するインベントリー分析の手法開発にある。

特に、国民経済を構成するあらゆる財・サービスの迂回的な中間分配過程を供給サイドから積み上げることによって、内包化された財やサービスの投入量、労働投入量、資本投入量等理論的に算出することができる産業連関モデルは、このインベントリー分析にも採用されている。実際に、我が国では、マクロ経済分析の代表である産業連関モデルが環境分析の枠組みに応用され、国民経済を構成する400部門以上の財・サービスの内包型エネルギー原単位及び内包型CO₂排出原単位が推計されている。また、これらの原単位は、個別の商品（例えば、ペットボトル、道路等）を対象とした分析にも幅広く用いられており、内包型エネルギー

一必要量や内包型 CO₂ 排出量を推計する上で決定的な役割を果たしている。

また、近年においては、産業連関モデルの構造分解分析(Input-Output Structural Decomposition Analysis)がインベントリ分析に応用され、生産技術構造の変化や最終需要構造の変化が内包型エネルギー必要量や内包型 CO₂ 排出量に与えるインパクトを推計する分析手法が開発されている。

しかしながら、このような産業連関モデルを応用した従来の環境分析を概観するとき、いくつかの本質的な問題点及び改良点が浮かび上がる。まず、第一点目はエネルギー価格の問題である。エネルギー価格の産業横断的な変動が物量ベースの投入構造に不整な影響を与えるということである。第二点目は、プロダクトミックスの仮定のもとでアクティビティー分割原則の建前を取る伝統的な産業連関モデルの制限についてである。プロダクトミックスの仮定があるため、副次製品や屑・副産物等の結合生産物を内生化することができないという問題である。この問題は、特に廃棄物循環構造に着目したインベントリ分析を行う上で大きなネックとなるであろう。第三点目は、I-O SDA の改良についてである。従来の I-O SDA は、基本的には、産業連関システムの外側で独立変数として取り扱われる生産技術構造と最終需要構造の時系列的な変化が環境に対してどのような影響を与えるのかを定量評価するものである。ある産業連関サブシステムをフィードバックループに持つ構造階層化手法と I-O SDA を接合させることによって、より複雑な経済事象と環境との相互依存関係を定量評価することができるであろう。

このような問題意識のもと、本研究は 4 つの目的を持つ。まず、産業横断的なエネルギー価格の問題及びプロダクトミックスの問題を解決するため、SNA 産業連関システムに基づくハイブリッドモデルを提案すること、第二に、本ハイブリッドモデルに非エネルギー生産技術構造をフィードバックループに持つ構造階層化システムを適用することによって、エネルギー需要構造と非エネルギー生産技術構造の相互依存関係を定量的に評価するための分析手法を提案すること、第三に、ハイブリッド型 SNA 産業連関モデルに基づく I-O SDA を提案すること、そして最後に、構造階層化システムの導入による内部構造分解と I-O SDA による外部構造分解を接合させることにより、エネルギー需要構造の内部分解を行うための分析手法を提案することである。本研究は、前述の 4 つの目的を達成するために成されたものである。

2 産業連関分析と環境影響評価に関する従来研究

本章は産業連関分析と環境影響評価に関する従来研究であり、従来の研究を概観し、その特徴、学問的貢献、問題点を明らかにした上で、一連の研究分野の発展経緯を概説した。また、現状の克服すべき学問的な課題を示した。まず体系の違いから、従来研究を通常産業連関モデルに関する研究 (Leontief タイプ) と SNA 型産業連関モデルに関する研究 (SNA タイプ) とに大きく 2 つに分けた。さらに、通常産業連関モデルに関する研究を拡張産業連関モデルに関する研究、ハイブリッドモデルに関する研究、I-O SDA に関する研究、社会資本整備の環境影響評価に関する研究と 4 つに、SNA 型産業連関モデルに関する研究を技術諸仮説の導入に関する研究、拡張 SNA 産業連関モデルに関する研究と 2 つに分類分けし、それぞれについて概説を行った。

3 SNA 産業連関システムに基づくハイブリッドモデルの開発

本章においては、エネルギー価格の産業横断的な変動が物量ベースの投入構造に与える不整な影響を弱めるため、金銭ベース (¥)、熱量ベース (Tcal) の両方で評価された投入係数行列、産出係数行列を再定義することにより、ハイブリッド型 SNA 産業連関モデルの構築を行った。これによって、エネルギー価格によ

る悪影響を抑えるだけでなく、従来のモデルが抱えていた結合生産の問題も理論的に解決することが可能となった。ケーススタディーとして、本ハイブリッドモデルに1985年と1990年の基本データを適用した結果、このわずか5年間に内包型エネルギー原単位及び総エネルギー必要量が大きく変動していることが明らかとなった。また、本ハイブリッドモデルに非エネルギー生産技術構造をフィードバックループに持つ構造階層化システムを適用することによって、この変動をエネルギー需要構造と非エネルギー生産技術構造の相互依存関係の観点から詳細に分析するための分析手法を提案した。これにより、各非エネルギー生産波及段階において必要とされる内包型エネルギー必要量を推計することができるようになり、財・サービス別の固有のエネルギー集約過程を監視することが可能となった。エネルギー需要構造と非エネルギー生産技術構造の相互依存関係を分析した結果、エネルギー波及構造形が大きく3タイプに分類分けできることが明らかとなった。

4 ハイブリッドモデルに基づくI-O SDAの開発

本章においては、第3章で観察された内包型エネルギー原単位及び総エネルギー必要量の変動の主要な経済要因を識別するため、本ハイブリッドモデルに基づくI-O SDAモデルを開発した。本SDAモデルの特徴は、経済構造が①エネルギー需要構造、②非エネルギー投入構造、③非エネルギープロダクトミックス構造、④非エネルギー生産技術代替性、⑤非エネルギー生産技術加工度、⑥非エネルギー最終需要構造の6つのマクロ経済諸量に構造分解されており、それぞれの構造変化による内包型エネルギー必要量へのインパクトが推計できる点にある。本SDAモデルによる観察の結果、非エネルギー生産技術代替性及びエネルギー需要構造の変化が総エネルギー必要量を押し上げている一方で、非エネルギー生産技術加工度及び非エネルギープロダクトミックスの変化によって大きく節減されていることが分かった。また、非エネルギー最終需要構造の変化による影響効果が非エネルギー生産技術構造変化による影響効果の約12倍と実に膨大であることが分かった。非エネルギー最終需要構造については、輸出構造、家計消費支出構造等の各項目別だけでなく、レベル変化、パターン変化等の構造特性にも焦点が当てられ詳細な分析が行われた。その結果、家計消費支出構造及び民間固定資本形成のレベル変化による影響が極めて大きいことが明らかとなった。また、日本のエネルギー利用構造を節減型に導く鍵となる商品は、経済システムにおける直接間接的な経済取引に密接に関係し、内包型エネルギー必要量を押し上げている鉄・粗鋼と有機化学基礎・中間製品であることが明らかとなった。

5 エネルギー需要構造の内部構造分解

本章においては、構造階層化システムによる内部構造分解とI-O SDAによる外部構造分解とを接合させることによって、エネルギー需要構造の内部状態の変化が内包型エネルギー必要量に与える影響効果を推計するための分析手法を提案した。実証分析の結果、商品全体を通して、非エネルギー生産技術の変化がエネルギー需要構造の内部で省エネルギーの方向に働いていることが明らかとなった。その一方で、エネルギー生産技術の変化はライフサイクルの観点から、エネルギー利用増の方向に働いていることが示された。

従来の研究では、エネルギー需要構造自身の解釈が曖昧であったが、本研究では、非エネルギー生産技術構造をフィードバックループに持つ構造階層化システムとI-O SDAを接合させることにより、エネルギー需要構造の解釈に一定の定義式を与えることができた。

6 結論

本研究全体を通して結論を述べると、以下のようにまとめられる。

- (1) 産業横断的なエネルギー価格の問題、プロダクトミックスの問題を解決するため、SNA 産業連関システムに基づいたハイブリッドモデルを提案することができた。
- (2) エネルギー需要構造と非エネルギー生産技術構造の相互依存関係を詳細に観察するため、ハイブリッドモデルに非エネルギー部門に関するフィードバックループを持つ構造階層化システムを適用した内部分解分析手法を提案することができた。
- (3) マクロ経済諸量の構造変化が内包型エネルギー原単位及び総エネルギー必要量に与える影響効果を推計するための I-O SDA を提案することができた。
- (4) (2)で提案された内部分解分析手法と(3)で提案された I-O SDA を接合させることによって、非エネルギー生産技術構造の変化がエネルギー需要構造の内部にフィードバックされることによる影響効果を推計するための分析手法を提案することができた。

ここで、これらの結論を踏まえ今後の課題を述べておく。

本研究においては、結論の(1)に示されるように、プロダクトミックスの問題を重要視し、SNA 型産業連関モデルを採用した訳であるが、その理由は屑・副産物等の結合生産物の循環過程を新たに追加できる可能性を秘めているからである。また、産業連関モデルのハイブリッド化についても、本研究では産業横断的なエネルギー価格の問題が大きくクローズアップされているが、市場価値を持たないつまり金銭評価できない屑・副産物の取り扱いに関して大きなヒントを与えることを期待している。

Gigantes(1970)は、商品技術仮定と産業技術仮定をミックスした混合技術モデルを提案し、屑・副産物の循環過程を内生化した産業連関モデルを提案している。しかしながら、Gigantes(1970)の枠組みでは、屑・副産物として金銭評価された有価物だけに焦点が置かれており、例えば、家計部門から排出される古新聞、古雑誌、ペットボトルなどの無価物が市場に再度利用される中間投入については考慮することができない。このような再循環プロセスに関しては、ハイブリッド化された結合生産モデルが必要になるであろう（具体的には、無価物についてはトンベースで表されたハイブリッドモデルが提案されるべきである）。

論文審査の結果の要旨

近年、産業連関構造分解分析(I-O SDA)がライフサイクル・インベントリ分析に応用され、生産技術や最終需要の変化が内包型エネルギー必要量や内包型 CO2 排出量に与える影響効果を推計するための分析手法が開発されている。

しかしながら、このような産業連関モデルを応用した従来の環境分析にはいくつかの本質的な問題点及び適用上の制約がある。

本論文は、従来のモデルが持つ諸問題を解決するために、新しい枠組みであるハイブリッド型 SNA 産業連関モデルを提案し、生産技術構造とエネルギー利用構造との相互依存関係を明らかにし、経済構造の変化が内包型エネルギー必要量に与える効果を詳細に識別するものである。論文は全編 6 章からなる。

第 1 章は序論である。

第 2 章は従来研究の概説である。

第 3 章では、エネルギー価格の問題、プロダクトミックスの問題を回避するため、金銭ベース(¥)、熱量ベース(Tcal)で評価されたハイブリッド型 SNA 産業連関モデルを提案する。また、本モデルに非エネルギー生産技術をフィードバックループに持つ構造階層化システムを適用することによって、エネルギー需要構造と非エネルギー生産技術の相互依存関係を詳細に分析するための分析手法を開発している。これらの研究は学術的に高く評価される。

第 4 章では、本ハイブリッドモデルに基づく I-O SDA モデルを提案している。本 SDA モデルの特徴は、経済構造がエネルギー需要構造、非エネルギー投入構造、非エネルギープロダクトミックス、非エネルギー生産技術代替性、非エネルギー生産技術加工度、非エネルギー最終需要の 6 つに分解されており、それぞれの構造変化による内包型エネルギー必要量への影響を推計できる点である。これは学術的に大きな成果と言える。1985 年から 1990 年における実証分析の結果、非エネルギー生産技術代替性の変化がエネルギー必要量を増加させている一方で、非エネルギー生産技術加工度及び非エネルギープロダクトミックスの変化が省エネルギーの方向に導いていることが明らかとなった。これは技術進歩の性質の違いによって、エネルギー利用構造に与えるインパクトが全く違うということを示唆しており、社会的に重要な知見である。

第 5 章では、構造階層化システムと I-O SDA を接合させることによって、エネルギー需要構造の内部状態の変化が内包型エネルギー必要量に与える影響を推計するための分析手法を提案している。このような内部構造分解モデルの提案はもちろん世界で初めてであり、独創的な成果といえる。

第 6 章は結論である。

以上要するに本論文はハイブリット型 SNA 産業連関モデルという新しい枠組みを導入してエネルギー利用構造を分解分析するためのインベントリ手法を提案し、環境分析の分野に有用な知見を与えたものであり、土木計画学、経済学といった情報科学の学際分野の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(学術)の学位論文として合格と認める。