

環境SAMの構築と環境政策のCGE分析

指導教授 作間逸雄 先生
研究科 経済学研究科博士後期課程
専攻 経済学専攻
学籍番号 DE03-1003J
氏名 谷口昭彦

目 次

はじめに	1
1. これまでの研究レビュー	2
1-1 環境勘定（日本を中心に）	2
1-2 CGE分析（環境CGEと概略）	3
2. 環境勘定	10
2-1 SAM（社会会計行列）の作成	10
2-2 SEEA（環境・経済統合勘定）	11
2-3 NAMEA（経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定）	15
2-4 貨幣評価をめぐる議論	17
3. SEEA-SAM（環境SAM）の構築	19
3-1 帰属環境費用の推計	19
3-2 環境SAMの作成	20
3-3 モデル分析用SAM	22
3-4 SAMバラランシング	22
4. SEEA JAPAN95 環境モデル	26
4-1 生産要素モデル	26
4-2 副産物モデル	33
5. 環境政策シミュレーション	39
5-1 環境税	39
5-2 排出権取引	40
5-3 二重の配当	41
5-4 経済主体の行動と影響（家計の所得と消費）	42
5-5 生産要素間の代替	42
6. まとめ	42
参考文献	44

はじめに

経済問題に対する経済政策を考える際、考慮されるポイントを挙げるとすれば、

- ①問題は何か
- ②問題の原因は何か
- ③問題について何をなすべきか

の3つに集約されるだろう。

本稿の問題は環境問題である。地球温暖化などの地球規模の環境問題や廃棄物問題などその内容はさまざまである。その問題の原因は、排気ガスの放出であり、汚染した水をそのまま垂れ流し、そして、適切な処理をしないまま放置されている廃棄物などを生じさせた不適切な生産活動であろう。こうした環境に深いダメージを与えてしまう環境負荷の削減・除去が環境問題の解決に望まれることは言うまでもない。

では、この環境負荷をどう把握するべきだろうか。毎年、物量表示の環境関連データが環境省のホームページに記載されている。どれくらいの汚染物質が排出されたのかを簡単に確認することができる。また、環境負荷を物量表示する研究は国立環境研究所などいくつかのシンクタンクでも行なわれている。

しかし、本稿では環境負荷データを物量表示のまま利用することはしない。物量データを積み上げるだけではわれわれ（あるいは政府）が環境問題に対してどう対策を行なうのかを示すことができないし、また、環境政策を考える際、環境問題に対して何をなすべきか、あるいは何ができるのかは、その環境目標を設定するために明確な指標が必要となる。

そこで、本稿では、環境負荷の貨幣評価を含む環境勘定を構築する。環境勘定作成手順は環境負荷の貨幣評価を含む「環境・経済統合勘定」(System for integrated environmental and economic accounting : S E E A) の作成を念頭に置いている。環境負荷の物量表示を含む「経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定」(内閣府, 2004年)の環境負荷データを貨幣評価する。貨幣評価においては、維持費用評価法によって推計を行なった。

これを国民経済計算データに組み込み、それを行列表示にすることにより SEEA-SAM を作成した。維持費用評価法は、ある環境水準を維持するために必要な追加的費用を指す。この帰属環境費用は政府に対して、環境問題に対して何をなすべきかを提示するものである。

本稿では構築した SEEA-SAM を基礎データとして計算可能一般均衡分析 (Computable general equilibrium analysis : C G E 分析) を行なう。政策立案や政策の影響などを知るためのツールとして世界銀行が開発したものである。環境税の導入、排出権取引の効果、環境税収を既存税制のひずみを改善する為に用いる二重の配当、環境税と排出権取引との比較シミュレーションを行なう。本稿の分析では環境勘定をデータベースとする分析であり、より経済実態に即した分析になるだろう。また、帰属環境費用を利用していることも特徴となっている。これは、政府がどれだけの環境規制をしなければならぬか、企業がどれだけの環境対策をしなければならぬかを貨幣額で知るという利点がある。

ある。

本稿はまず、これまでの研究レビューで環境勘定とCGE分析というカテゴリーに分けて研究の経緯や動向などを本稿に関連する研究を中心に簡単にまとめる。2節では、環境勘定についてその特徴を説明し、SEEA（日本版SEEA）、NAMEA（日本版ハイブリッド勘定）の主要内容について紹介する。3節では、帰属環境費用を推計しSEEA-SAMを構築する。4節ではCGE分析のモデル部分について説明する。5節ではシミュレーション結果についてまとめていく。6節では全体のまとめを行なう。

1. これまでの研究レビュー

1-1 環境勘定（日本を中心に）

環境勘定は環境と経済の相互関係を見る上で、物量の環境データを表示する研究が貨幣表示の研究よりも時代的には早く研究されている。その研究には、物質/エネルギー収支と自然資源勘定がある。物質/エネルギー収支の概念と方法論は1970年前後に開発・研究されている。物質/エネルギー収支は自然環境から経済に対して渡される物質の投入、その投入物の経済過程における変換と利用（採取・加工・消費など）、そして、廃物として自然環境に回帰する情報などを提供する。このほか1980年代後半に研究・開発された自然資源勘定は、自然資産のストックおよびストックの変化を扱う。扱われる自然資源は、生物資産、地下資産、水、大気、陸上および水圏の生態系をとまなう土地から構成される。その後、経済活動を記録する1993年国民経済計算体系（System of national accounts：SNA）の改訂から、サテライト勘定としても環境が取り上げられ、開発・研究が行なわれてきた。サテライトとは国民経済計算体系のコア部分（中枢体系）に対する言葉である。サテライト勘定はSNA中枢体系を補足するような体系となっている。こうして、環境勘定も、そのサテライト勘定のひとつとなっている。このほかにも、文化、教育、保健・医療、社会的保護、旅行、研究開発、開発援助、輸送、住宅、および通信などの社会的関心の高い分野にSNA中枢体系に過大な負担を負わせたり、混乱させたりせずに、国民経済計算の分析能力を弾力的に拡張させることが可能である。また、サテライト勘定が中枢体系諸勘定との密接な関係を失っていないということから、マクロ経済勘定、マクロ経済分析を容易にする。このようにサテライト勘定は、分析用具であり、また統計的調整のための用具であるという二重の役割を一般的に果たすことができる。

1993年に国連から、環境・経済統合勘定（SEEA）のハンドブック（国連[6]）が発行され、日本でも独自の推計が行なわれた。これを「日本版SEEA」と呼ぼう。

日本版SEEAの具体的な説明は2節に譲るが、日本版SEEAを含むSEEAは投入産出表形式の勘定表に非金融資産表を組み込んだもので、推計対象や推計方法の違いによって5つの版に区分される。基本行列を示す第I版、SNAの各勘定体系から環境関連項目を分解した第II版、物的勘定（物量表示）と貨幣勘定を結合させた第III版、環境費用を帰属環境費用によって評価した第IV版、生産の境界を拡張した第V版がある。帰属環境費用で

評価する第IV版は、その評価方法によってさらに、市場価格評価の第IV. 1 版、維持費用評価法の第IV. 2 版、仮想的市場評価法の第IV. 3 版の 3 つに区分される。日本版 SEEA は第IV. 2 版に準拠して作成されている。維持費用評価法とは、環境を一定水準に維持する対策をしたら必要となるであろう費用によって環境負荷を間接的に貨幣評価する方法である。

日本版 SEEA は、いくつかの問題点が指摘され、2004 年に内閣府・経済社会総合研究所は、この問題点を回避するため、経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定 (NAMEA) の開発・研究を行なった。これを「日本版ハイブリッド勘定」と呼ぼう。日本版ハイブリッド勘定はオランダ中央統計局のNAMEA¹を参考にしたもので、経済活動の部分は貨幣評価で記録し、環境の部分を物量単位のまま記録するものである。日本版ハイブリッド勘定はオランダ版NAMEAを日本の実情に合うように改良したものである。たとえば、

経済活動関連

- ①最終消費の内訳に政府消費も加え、政府消費からの汚染排出も対象とした
- ②ストック勘定を導入した

環境負荷関連

- ③自然資源勘定に石炭、森林資源、水資源、漁業資源などの項目を追加した。
- ④土地利用勘定を導入した
- ⑤隠れたマテリアルフロー勘定を導入した
- ⑥ストック勘定を導入した
- ⑦海外環境への負荷表を導入した

などの改良点がある。

このほか、日本版 SEEA に関して本稿 3 節とも関連するが、SEEA 完全体系の研究がある。これは日本版 SEEA が行列表示にはなっていないため、環境・経済統合分析のいかなる要請にも対応できる汎用性の高い SEEA 完全体系を有吉[32]は提案している。

SEEA 完全体系は SNA 中枢体系を勘定行列として表章し、SEEA との整合性のため勘定行列の縮約、拡張、環状構造の変更などを行い、SNA 中枢体系を残しながら環境と経済の多角的・総合的分析のための統計システムとして考案された。SEEA 完全体系は SNA 中枢体系を完全なかたちで包含し、かつ環境分析に必要な情報を持つ明快な構造を持つものである。この成果は本稿の 3 節の SEEA-SAM の基礎を形成するものとなっている。

1-2 CGE 分析 (環境 CGE と概略)

CGE と AGE

計算可能一般均衡分析は CGE (Computable general equilibrium) あるいは AGE

¹ Haan・Keuning[28]参照。

(Applied general equilibrium) と呼ばれている。現在、CGE あるいは AGE は同じ意味で用いられている。スカーフが活躍した初期を除けば、パーソナル・コンピュータ (PC) を使って均衡価格を計算し定量分析を行なうという手順は同じだからである。大型コンピュータ (いわゆるメインフレーム) を使わなくとも簡単にシミュレーション分析ができることは PC の技術進歩が大きく影響している。たとえば、8 ビット CPU から 32 ビット CPU への技術進歩、グラフィカルユーザインターフェイス (GUI) の採用と普及で、PC はより一般的な道具へと進化してきた。それにともない、PC でのシミュレーションもより簡単にできるようになった。

しかしながら、CGE と AGE は厳密には異なる研究系譜を持っている。アロー・ドブリューナなどが一般均衡解の存在証明を行い、その均衡を実際に計算するアルゴリズムをスカーフおよびその後継者たちが研究・開発した。均衡をどう導出するかを研究しそのアルゴリズムを開発した中で、政策変更のシミュレーションを行なうようになったのが AGE² の研究系譜である。AGE は特に財政学の分野での研究が多く、税制改革などの税制について吟味する論文が多い。

これに対して、CGE³ は世界銀行が途上国の経済政策、構造調整などの基礎資料として用いるツールとして開発された。世界銀行では途上国の SAM⁴ を作成し、SAM を基本データベースとして政策立案に利用していた時期があった。その方法は産業連関分析などの乗数分析や SAM 乗数分析であった。この方法では、価格固定、線形性制約などの問題をもつという難点があり、これを回避するために CGE が開発された。CGE の特徴はこの SAM をデータベースとして政策シミュレーションを行なうことにある。SAM の S (Social) は、本来、そのデータセットに社会的な意味があることを示唆するものである。事実、80 年代半ばまでの世界銀行の開発戦略は所得分配に焦点が当てられていた。制度部門としての家計は、いくつかの内訳部門 (たとえば、都市家計と農村家計) に分割され、政策変更による内訳部門別の所得分配に及ぼす影響が詳細に分析された。その際、数理計画法を解くソフトウェア GAMS (General Algebraic Modeling System) が開発されている。

日本での CGE あるいは AGE 研究の中で、比較的早い研究は 1980 年代後半の CGE に分類される江崎[75]、江崎[76]である。このほか、SAM の重要性を指摘し CGE 分析を紹介した作間[36]がある。AGE 研究では、先駆的な労作として市岡[19]⁵があり、また小平[78]も AGE の研究系譜に入る。CGE の研究系譜に入る比較的新しい書物は細江・我澤・橋本[25]である。本稿では、CGE と AGE を同じ意味に用いている。引用する際は引用元で使われている表記を用いている。

さらに、日本での CGE 研究の特徴を挙げるならば韓国・中国などの国では SAM あるいは

² Ginsburgh・Keyzer[17] も AGE の研究系譜に入る。

³ Sadoulet・Janvry[13] は CGE の研究系譜に入る。

⁴ Pyatt[1] 参照。途上国の SAM が紹介されている。

⁵ 日本における AGE の最新の研究は鷺田[27] である。

はGDP統計作成機関⁶およびその関連機関⁷でCGE研究が盛んに行なわれているが、日本のCGE研究は経済学研究者を除いてしまうとほとんどのシミュレーションは市岡[19]が、「〇〇シミュレーションと銘打つものである。これらの大部分は、通常、経済学で理解されている本来の意味での一般均衡効果を提示していない。つまり、特定少数の産業あるいは財・サービスのみを対象とする部分均衡分析、主体的均衡のみを取り扱うモデルによるシミュレーション分析、あるいは経済主体の最適行動や財・生産要素の需給の均衡条件を考慮せずに産業連関表を機械的に利用するシミュレーション分析であったりするのである。」と述べているように、部分均衡分析や産業連関表を機械的に利用するシミュレーションが大多数を占めているのが現状だろう。

CGE分析とは

CGE分析について簡潔にその特徴を3点にまとめると、①明示的な供給関数および需要関数が利潤最大化行動を取る生産者と効用最大化行動を取る消費者を反映する。②数量と相対価格とがモデル内で内生的に扱われ、資源配分のパターンがワルラス的一般均衡モデルによって決定する。③モデルは実物経済に焦点を当て、経済のリソースはすべて利用される。

CGEモデルの特徴は非線形性と価格の内生化である。そこで政策変更による価格の変化、財市場、要素市場などの多種多様な市場と企業、家計、政府などのさまざまな経済主体への影響が示される。さらに完全競争モデルだけでなく不完全競争下、数量や価格に制限があるモデルなどが構築でき、その効果も知ることができる。CGE分析は抽象的な議論を排除して具体的な施策の提言を得意としている。政策の変更で何円の所得が変化するのなど、その政策がどう影響を与えるかが一目瞭然で理解できることになる。また、複数の政策を選択する場合でもGDPへの影響、消費、効用水準など具体的な数値での比較が可能となる。CGE分析は政策立案などの政策分析にもっとも適した定量分析のツールである。

CGEモデルはJohansen[14]のノルウェー多部門経済成長モデルから始まる。

CGE分析が活発に行なわれたのは先進国や途上国の区別なく、1970年から1980年代にかけてであった。取り扱われるテーマも税制政策、貿易政策、所得分配、エネルギー問題、自然資源など多岐にわたっている。ショウヴン・ウォーリ[22]は、税制政策や貿易政策に関する先進国24カ国のCGEモデルを吟味している。すべてのCGEモデルを紹介することはできないが、以下では環境に関するCGE分析を紹介する。

排出権取引および環境税について

⁶ 日本では、内閣府の研究として川崎[21]がある。GTAPを使ったシミュレーションを行なっている。

⁷ たとえば、韓国では韓国銀行がGDP統計を作成し、政府系シンクタンクがCGE分析の研究成果を発表している。

排出権取引のしくみについて簡単に説明する。A, B の 2 社に対する排出量の上限值（排出許容枠）が定められたとしよう。このとき、A 社は上限値をクリアし、B 社は上限値をクリアできなかったとする。この場合、A 社が上限値に対する差「余裕枠」を B 社に譲渡することを認めようというのが排出権取引である。また、現在、注目を集めているのが、環境負荷を軽減するような資本設備を途上国に建設するための資本移転を行なうことにより、国際機関の認定により、排出権（国民経済計算上は、非金融無形資産）を取得できるという排出権取引である。

環境問題に排出権取引が用いられたのは 1975 年アメリカ環境保護庁が始めたSO₂排出権取引である。この制度は 1990 年に制度の見直しが行なわれ、現在はNOXを含む酸性雨プログラムとして運用されている。

地球温暖化の議論を経て、排出権取引が京都議定書に盛り込まれた。京都議定書は、気候変動枠組条約に基づき、1997 年に京都市の国立京都国際会館で開かれた地球温暖化防止京都会議（第 3 回気候変動枠組条約締約国会議：COP3）での議決した議定書である。京都議定書で議決された内容は、地球温暖化の原因となる、温室効果ガスのCO₂などについて、先進国における削減率を 1990 年基準として各国別に定め、共同で約束期間内に目標を達成するというものである。たとえば、2008 年～2012 年の間に、日本マイナス 6%、アメリカマイナス 7%、EUマイナス 8%といった削減率を設定している。また、京都メカニズムとして、クリーン開発メカニズム（CDM）、排出権取引、共同実施（JI）、吸収源活動などが盛り込まれた。

環境税は、理論的には社会的限界費用と私的限界費用との乖離を一致させるピグー税を基礎とするが、実際の税体系として導入される場合、環境税を規制的課税と位置づけ、環境政策の観点からその負担を考える場合には汚染者負担の原則が考慮される。汚染者負担の原則は、本来は稀少な環境資源の合理的利用を促進し、且つ国際貿易及び投資における、歪みを回避するための汚染の防止と規制措置に伴う費用の配分について用いられるべき原則であったが、日本では加害者責任を追及する意味として市場メカニズムの利用だけでなく、社会正義、公平の原則として受け入れられている。

二重の配当について

二重の配当とは、環境税を導入するに当たって、環境悪化の要因を抑制することと、環境税収を既存税制の減税に当てることによって、課税によって生じていた歪みを改善することである。

二重の配当について理論的な議論は石田[72]、藤田[24]、Mooij[15]、Bovenberg and Mooij[49]に詳しい。最初に二重の配当という言葉を使ったのが Pearce[65]である。環境税収の使い方について議論していたのが Terkla[68]で、環境税導入の際、なにを第 2 の配当として政策に加えるかについては Parry[66]、Bovenberg and Ploeg[50]、Bovenberg and Ploeg[51]、Bovenberg and Mooij[48]、Bovenberg and Mooij[49]、Bovenberg and

Goulder[47]などの研究がある。

二重の配当の定義は第2の配当を何にするかで複数の定義がある。ここでは Mooij[15]がまとめている弱い意味での二重の配当，強い意味での二重の配当，雇用の二重の配当の3つの定義を紹介しよう。

① 弱い二重の配当 (Weak double dividend)

環境税収を既存税制のひずみを削減することに用いることによって，環境税収を一括移転する場合よりも，コストを削減できる。コストの削減とは，環境以外の視点から見た課税の超過負担を削減できることである。

② 強い二重の配当 (Strong double dividend)

環境税課税前に比べて，環境税課税により環境面の便益および環境以外の面から見た税制の効率性の向上というに二重の配当を実現することができる。

③ 雇用の二重の配当 (Employment double dividend)

環境税課税前に比べて，環境税課税により環境の質を向上させるだけでなく，雇いを拡大することができる

環境CGE分析の概要

CGE分析を基本ツールとして環境政策を論じたものをテーマ別に簡潔に見ていこう。

CGE研究のすべてを紹介することはできないので主要なテーマのものだけを紹介していく。まずは，直接，CGE分析ではないが環境政策について示唆を与えたのが Leontief[63]であろう。投入・産出分析を通じて環境政策を議論している。また，市岡[73]，市岡[74]ではそのAGEへの拡張を試みている。産業連関表を用いた研究は，国立環境研究所，慶応義塾大学産業研究所⁸，電力中央研究所などが環境負荷原単位の推計の研究・開発を行なっている。ただし，この研究は物量単位であって帰属環境費用を求める研究ではない。

CGE分析での主要な研究テーマは環境税導入に関する議論が多い。税制改革はCGE分析の研究が活発に行なわれていることもあって環境税に応用することがたやすいのであろう。環境税だけでなく排出権取引を研究対象にした研究もある。OECD[16]から気候変動のモデルが紹介されたこともあって，気候変動についての研究も存在する。最後に二重の配当についての研究をあげておきたい。本稿での研究対象は環境税と二重の配当の効果，排出権取引と環境税の比較を行うものである。

次に環境税および排出権取引の研究，気候変動に関する研究，二重の配当に関する研究の簡単な紹介を行なう。

① 環境税および排出権取引に関するCGE研究

⁸ 朝倉・早見ほか[3]参照。

Bergman[42] , Bergman [43]が先駆的な研究としてあげられる。スウェーデンの大気汚染削減のシミュレーションを行なっている。Nested CES 生産関数とレオンチェフ生産関数を使って生産技術を記述している。政府が排出権を販売し、これを上限として排出権取引が行なわれる。Jorgenson and Wilcoxon[57],Jorgenson and Wilcoxon [58]ではアメリカの環境規制の有無によって経済成長をシミュレートし排出規制のコストを求めている。Hazilla and Kopp [56]では環境規制にかかわる環境コストを考慮し、環境規制の社会的費用を求めている。Ballard and Medea[41]では生産側のみの議論ではなく、健康へのダメージという家計サイドにも環境への影響が存在するモデルを構築している。

Kim,Tang,Lefevre[59]では韓国を例にして、環境税と排出権取引という 2 種類の環境政策を比較検討している。CO₂排出の規模で環境税と排出権取引を使い分ける政策を吟味している。どちらか一方の政策よりも 2 つのシステムを使い分けるほうが厚生が高いことを主張している。Komen and Peerlings[61]ではオランダを例にして、ユーザーの規模に応じて 2 種類の環境税を導入することによって、環境改善と環境以外の厚生の上昇を確認している。Dellink,Hofkes,Ierland[52]ではabatement cost (環境負荷削減費用)を推計し、これを基礎データとして、シミュレートしている。経済成長はスローダウンとなるが環境負荷削減費用は最適化が図られるとしている。Xie[18]では、自ら中国の環境勘定(本稿で言えばNAMEAタイプ)を作成した。環境負荷は物量表示のままで帰属計算はしていないが、環境税導入のシミュレーションをしている。

② 気候変動に関する研究

Winters,Murgai,Sadoulet,Janvry and Frisvold[70]では穀物輸入国の地球温暖化対策への影響は、所得や生産の損失につながるとしている。Dessus and O'connor[53]ではチリを例にして、20%のCO₂の削減は厚生損失にはならないことを確認している。Bohringer and Rutherford[44], Bohringer and Rutherford[45]では国際的なスピルオーバーを考慮し、環境浄化の技術が途上国に向けられれば途上国の便益は上昇するなどのスピルオーバーの効果を吟味している。Pinto and Harrison[67]では交渉ゲームのシミュレーションを行なっている。プレイヤーがCO₂の排出を制約している国だと均衡を得るのは難しくなると主張している。Nordhaus[23]では、気候変動によるCO₂排出量を予測するモデルを提案している。

③ 二重の配当に関する CGE 研究

Kumbaroglu[62]ではトルコを例にして、環境税導入の二重の配当の存在を確認している。Felder and van Nieuwkoop[54], Felder and Schleiniger[55]ではスイスを例にして、環境税導入と個人所得税を減税すると二重の配当が得られることを示している。Kiuila and Sleszynski[60]ではポーランドを例にして、環境税を含む税制改革を行い、税収を労働税減税に使うことによって経済成長はスローダウンしないことを示した。Wendner[69]

ではアメリカを例にして、環境税収を年金政策に用いた場合、労働需要、消費需要の減少を避ける結果を得ている。Bosquest[46]は二重の配当に関するサーベイ論文の中で139のさまざまなシミュレーションモデルのうち、84%がCO₂削減効果を支持し、73%が二重の配当を支持していると述べ、さらにGDPへの影響は71%が軽微な影響であることを明らかにした。

川瀬・北浦・橋本[77]では日本を例にして、環境税導入と5つの税項目の減税を組み合わせ、二重の配当を検証している。社会保険料引き下げ（労働者の負担分）、労働税減税（会社負担の社会保険料）、資本税減税（法人税など）、所得税減税、消費税減税のシミュレーションのうち一番厚生を上昇させる政策が消費税減税だと論じている。ただし、データセットはSAMを作成しているわけではなく、さまざまなデータソースからモデルに対応したデータセットを作成している。

Park[64]では日本を例にして、1997年産業連関表から、CO₂6%削減にはトン当たり3万円の税率が必要で、経済全体への影響は軽微なものになるとし、労働コストの削減に税収を使えば経済パフォーマンスは若干のプラスになると論じている。

環境に関連するCGE分析のうち、3つのテーマについて、簡単に紹介した。こうした環境CGEから、共通する特徴をまとめておこう。環境負荷をどうモデルに組み込むかという点においては、固定係数を生産財に乗じて環境負荷の発生をモデル化している研究と、環境負荷削減費用を別に推計して、それをモデルに組み込む研究がある。また、CGE分析で使われるデータも環境負荷を物量単位で利用する 경우가ほとんどである。

GAMS⁹

世界銀行によって開発された数理計画法を解くためのソフトウェアである。演算する機能はソルバーと呼ばれる部分が担う。ソルバーという計算エンジン部分には企業、大学などから提供を受けている。たとえば、CONOPTソルバーはARKIという企業が提供したもので、GAMS上で使うためには、ソルバーのライセンスも同時に購入する必要がある。

GAMSはまずインプットファイルを用意して、仕様に従った方法で方程式体系を記述する。これをソルバーが計算しアウトプットファイルが作成される。

AGEでは、アルゴリズムの研究から始まっていることもあって、スカーフアルゴリズムやメルルアルゴリズムをモデラー自らがFORTRAN、Cなどで記述し解を求めている。

GAMSでは準ニュートン法や一般縮小勾配法などのアルゴリズムを持つソルバーによって、最適化問題を解いている。

数値計算はGAMSのほか、表計算ソフトや統計ソフトなどでも可能である。このほか

⁹ GAMSについては<http://www.gams.com/>を参照。

GTAP (Global Trade Analysis Project) が最近良く使われるソフトのひとつである。

2. 環境勘定¹⁰

2-1 SAM (社会会計行列) の作成

図1は環境勘定に関する相互関係を表した図である。まずSAMの説明をし、NAMEA (日本版ハイブリッド勘定)、日本版SEEA、SEEA-SAMの説明を行なう。

環境勘定を作成する前に国民経済計算データ¹¹ (SNA中枢体系に相当) を行列表示にするところから始めたい。国民経済計算データはいくつかの表現方法がある。このうちの行列表示にしたものを、まず、SAM (社会会計行列) と呼んでおこう。

SAMはSNAのマニュアル¹²第20章に記述がある。CGEがSAMベースであることとSAMがSNAマニュアルで説明されていることは偶然ではなく、SNA研究者が世界銀行での仕事としてCGE分析を行なったことに起因している。

SNAマニュアルではSAMを

SNA勘定の行列表示であり、かつ、供給・使用表と制度部門勘定との間の結びつき (リンケージ) を詳細に示したものである。従来、多くの場合、SAMは、経済の構造的特徴と、家計グループ間の所得・支出分布との、相互関係の分析に適用されてきた。しかも、この場合の国民経済計算は、経済における人々の役割に焦点を合わせるというSAMの典型的特徴が、とりわけ、家計部門の追加分類と労働市場の詳細な提示 (すなわち、就業者の種々のカテゴリーを識別すること) に反映されているものでなければならない。(SNA第20章)

と定義している。

国民経済計算データが完全接合体系¹³であるため行列表示が可能となっている。これは形式的定義と呼ばれる。さらに、完全接合体系の実質的定義では記録されるフローが誰のどの勘定から出て誰のどの勘定に入るかが確定されているような勘定体系を言う。SNAマニュアルの定義にもあるように、SAMはその内容に所得分配の要素を含んだものと解釈できる。

なお、本稿のSAMは所得分配のデータが得られなかったため、家計の分割は行なっていない。

表1は、社会会計行列 (SAM) である。SAMの見方は行にある勘定が貨幣を受け取ることになるので「お金の横取り、立て払い」と覚えると都合が良い。勘定名の括弧書き、財・サービス別、活動別、目的別、付加価値項目別、制度部門別などはそれぞれその項目別

¹⁰ 環境勘定にかかわる議論は有吉[32],[33],[34]を参考にしている。

¹¹ SNAに関するわかりやすい説明として作間[8]、浜田[9]がある。

¹² <http://unstats.un.org/unsd/sna1993/toctop.asp>を参照。

¹³ 倉林・作間[5]参照。

の集計値を記入していることを表している。

さて、生産勘定（2行と2列の勘定）から見ていこう。生産勘定では、セル(1,2)の中間消費 431,040.2 を支出してセル(2,1)の 922,938 を産出し、セル(4,2)の総付加価値 458,525 とセル(6,2)の純間接税 33,372.6 とが記録される。所得発生勘定のセル(4,2)の総付加価値 458,525 は、セル(4,8)の固定資本減耗 89,116.9 を差し引いて、セル(4,9)の海外からの雇用者報酬 108.7 を加え、セル(9,4)の海外への雇用者報酬 171.8 を差し引いて、セル(5,4)の国民純所得 369,345 を所得の分配・使用勘定行・所得発生勘定列に記録する。

所得の分配・使用勘定では、国民純所得 369,345 に加えて、セル(5,6)の国内各部門からの各種税の受取り 82,588.3 とセル(5,9)の海外からの財産所得と経常移転 19,372.2 を受け取る。そして、セル(6,5)の所得・富等に課される経常税の支払 48,242.6 とセル(9,5)の海外部門への財産所得・経常移転 15,880.6 が支払われる。さらに、セル(3,5)の最終消費 349,633.2 が支出され、残額のセル(7,5)の 57,549.1 が純貯蓄となる。

蓄積活動勘定の収入として記録されている純貯蓄 57,549.1 は、セル(7,9)の海外からの資本移転 -214.4 とセル(7,1)の統計上の不突合 4,051.6 を加えて、セル(8,7)の純資本形成 51,214.4 となる。その残額である貯蓄投資差額 10,171.8 は、セル(9,7)の海外に対する債権の純増として記録される。セル(8,7)の純資本形成 51,214.4 は、非金融資産勘定によって、セル(1,8)の総資本形成 140,331.3 と固定資本減耗 -89,116.9 に分類して記録される。

最後に、財・サービス勘定では、行項目に需要項目としてセル(1,2)の中間消費 431,040.2、セル(1,3)の最終消費 349,633.1、セル(1,8)の総資本形成 140,331.3 およびセル(1,9)の輸出 45,230.1 を、列項目には供給項目として、セル(2,1)の産出 922,938、セル(6,1)の輸入品に課される税・関税等 973.1、セル(7,1)の統計上の不突合 4,051.6、およびセル(9,1)の輸入 38,272.4 が記録される。

2-2 SEEA（環境・経済統合勘定）¹⁴

SEEA は先述したように 5 つの版がある。表 2a では段階的な構築を表している。SEEA は 4 つの部分からなり、どの部分も SNA の概念を受け継いでいる。しかしながら、その程度は異なる。A の部分では SNA の生産勘定から出発して、SEEA を組み立てるための基本的な枠組みを提示する。そこでは、生産活動と消費活動の記述（供給、用途表）と非金融資産勘定の記述が含まれる。SNA の生産部分は、一定様式の行列分類を持つ投入産出表形式のデータベースを構築している。投入産出表の枠組みは環境と経済の関係を分析するのに適切な枠組みであろう。自然環境からの自然資源フローを経済活動への投入として、生産活動や消費活動から出てくる廃物のフローを自然環境に戻された不要な産出として扱うことができるからである。SEEA の自然資源勘定は、非生産自然資産を含む SNA の非金融資産勘定を出発点としたものである。

環境保護サービスに関連した貨幣データを識別するために、2 種類の環境保護活動を導

¹⁴ SEEAに関する研究ではUno and Bartelmus[2],シュターマー[7]などがある。

入する。ひとつは、環境保護活動における財・サービスにおいて、環境保護のための市場財・非市場財であって、ほかの事業所に引き渡される活動を外部的環境保護活動と呼び、他方は、当該事業所の目的のためにのみ機能する活動を内部的環境保護活動と呼び分類している。

B部分では自然環境と経済の相互作用を物量単位で記述する部分である。この部分は、自然資源勘定や物質／エネルギー収支¹⁵、投入産出表に関する概念や方法を取り入れており、SNAの生産に関する部分から得たSEEAの貨幣単位でのフローと資産の部分が密接に関係している。自然資源勘定や物質／エネルギー収支などは、SNAの概念を変更しないで取り込むことが可能である。

C部分では自然資産使用の帰属環境費用の推計に関する部分である。3種類の方法が提案されている。その3種類の推計方法を列挙しておく、

- ①SNAの非金融資産勘定の概念に基づいた市場評価法
- ②少なくとも現在の自然資産の水準を維持するのに必要な費用を推計する維持費用評価法
- ③自然環境の消費的サービスの価値を推計するのに用いられる仮想的市場評価法

である。

本稿では、このうち維持費用評価法を採用しているが、この方法だと環境政策あるいは環境規制にどれほどの費用が必要かを示すこととなり、環境政策の目標を政策当局に明示することになる。また、当該方法は、持続可能性概念とも関係している。ある環境水準を維持することは、長期的な環境の機能を維持することにもつながるからである。具体的な推計方法は、3節で説明する。

D部分では、SEEAの更なる拡張によって得られる追加的情報を含んでいる。この拡張は特に家計活動に対して適用される。家計活動の詳細な分析は自然環境に与えられる人間活動の影響の背後にある社会的、人口的圧力や、人間の福祉に与える影響を理解するのに重要であろう。また、自然環境の機能を環境サービスの生産として扱うことを検討する部分でもある。最後に内部的および外部的環境保護活動を生産活動として取り扱うことによって、産出についてより広い概念を導入することになる。なお、本稿での環境勘定ではD部分は含まない。

SEEAではそれぞれの部分が別々に存在する体系ではなく、ひとつの共通の勘定体系の拡張および変更として扱われる。拡張の各段階は、評価法が相互に矛盾しない限り前段階のデータを含んでいる。表2bは異なる版の相互関係を表している。

第I版ではSEEAの基本的な勘定体系であり、従来のSNAを適切に再構成、または関連する情報を集めて得られる部分である。第II版ではSNAの中から環境関連の部分を取り出している。第III版では、SEEAのA部分で扱われる貨幣データが環境関連の物量単位の情報に関連付けられる。第IV版は帰属環境費用が情報として加わる。帰属環境費用の推

¹⁵ 国連[6]参照。

計方法によって、市場評価法を第Ⅳ．１版、維持費用評価法を第Ⅳ．２版、仮想的市場評価法を第Ⅳ．３版として分類している。

第Ⅴ版では帰属環境費用の異なる種類の評価方法とともに、SEEAのさまざまな拡張を試み、SEEAの第Ⅴ版を構築する。帰属環境費用の３種類の評価方法に関連した家計生産活動の拡張が第Ⅴ．１版、第Ⅴ．２版、第Ⅴ．３版となる。第Ⅴ．４版と第Ⅴ．５版は環境サービスを自然の生産として扱っている。第Ⅴ．６版は内部的環境費用の外部化を行なっている。本稿では生産の拡張などSNAの概念を拡張させなければ得られないSEEA第Ⅴ版には立ち入らず、帰属環境費用を加えた第Ⅳ版、特に維持費用評価を採用する第Ⅳ．２に焦点を当てる。

表 2cはSEEAの概念に準拠して作成された日本版SEEA¹⁶の簡略版である。帰属環境費用は維持費用評価法を用いてSEEA第Ⅳ．２版に準拠して作成されている。SNA体系との違いをあらためて整理しておこう。

- 活動分類の変更
活動分類および生産物分類が環境関連活動を明示できるよう組みかえられている
- 資産境界の拡張
資産境界が経済資産だけでなくすべての自然資産を含むよう拡張され、かつ環境関連資産が明示されるように組み替えられている
- 国民経済計算データの再編による現実環境費用と環境関連資産額の明示
上記の２つの拡張から国民経済計算データの分割・再編成を通じて、現実環境費用（実際に支出された環境関連支出）と環境関連資産が推計されている
- 維持費用評価法による帰属環境費用の推計
帰属環境費用を維持費用評価法で推計している

表 2c では、太線で囲まれた長方形と正方形がある。

まず正方形で囲まれた部分から説明する。非金融資産の分類を表す第 8 列から第 15 列では、非金融資産の蓄積とストック（第 8 列）が生産される資産（第 9 列）と非生産資産（第 10 列）に分類される。さらに、非生産資産は大気、水、土壌、土地、および地下資源に分類される。第 1 行と第 19 行は環境関連資産を含む各種非金融資産の期首ストックと期末ストックを表している。この 2 つの行に、はさまれた各行には非金融資産の期中フローが記録される。

次に長方形で囲まれた部分を説明する。生産物の使用を表す第 2 行は、現実環境費用を記録するために環境関連の財貨・サービス（第 3 行）とその他の財貨・サービス（第 4 行）に分類される。生産活動分類は、第 1 列から第 4 列で示される。このうち、産業列、政府列は環境保護活動とその他の活動に分類され、産業列の環境保護活動は、さらに、外部的環境保護活動と内部的環境保護活動に分類されるが、表 2c では簡略化されている。

¹⁶ 日本総合研究所[10]参照。

自然資産の使用（第 6 行）では帰属環境費用を記録する。廃物の排出（第 7 行）から自然資産のその他の使用（第 11 行）までには 5 つの環境負荷要因が列挙されている。また、第 2 列から第 4 列、第 6 列と第 7 列には環境負荷を引き起こす活動が並べられ、第 11 列から第 15 列までには環境負荷によって影響を受ける環境媒体が並べられている。

たとえば、廃物の排出（第 7 行）を見ると、廃物の排出とは SOX, NOX による大気汚染, BOD, COD などの水質汚濁および廃棄物の最終処分にとまなう土地汚染を指す。環境負荷は生産活動および消費活動によって引き起こされ、それらは、第 2 列、第 3 列、第 6 列、第 7 列に記録されている。生産活動による環境負荷について、産業による環境負荷が 1,293.5 で、政府による環境負荷が 962.6 で、合計が 2,256.1 となる。また、消費活動については政府による環境負荷が 0.6 で、家計による環境負荷が 1,935.6 となり、合計 1,936.2 となる。

生産活動および消費活動による環境負荷合計は 4,192.3 となる。第 7 行の第 11 列、第 12 列、第 14 列、第 15 列では、環境負荷 4,192.3 が、大気への環境負荷 2,346.1, 水への環境負荷 894.6, 土地への環境負荷 951.6 であったことが負値で示されている。

なお、最終消費支出における現実家計最終消費の「現実」とは政府から社会保障や教育サービスなど無償で受けているサービスなどを含む概念のことである。この概念は 1993 年 SNA の改訂から導入されたものである。

そして、第 12 行の自然資産の復元は、浚渫・導水事業による水環境の復元や土地改良事業による土壌の復元を記録している。ただし、復元は環境負荷とは逆の効果をもつので、環境媒体を記録する 12 列と 13 列には正值で 9.2 と 8.9 が、環境費用を記録する 6 列には負値で -18.1 がそれぞれ記録されている。復元の数値が政府現実最終消費列に記録されるのは復元事業を政府支出で賄っているためである。

第 13 行の帰属環境費用の移項では、セル(7,3)に記録されている政府のし尿処理施設と上下水道に関連する水質汚濁の負荷分 962.6 が、その原因行為を為した産業と家計へ振り分けられるために設けられた勘定である。具体的には、962.6 を移項元としてセル(13,3)に負値で記録し、移項先として 962.6 の産業に起因する分 188.2 をセル(13,2)に記録し、家計に起因する分 774.4 をセル(13,7)に記録する。

第 14 行には、生産活動に関するエコマージンとして -2,865.8 が記録されている。これは、帰属環境費用の列合計に負の符号を付けたものになっている。エコマージンは、生産活動および消費活動による最終的な環境負荷額を表しており、これを国内純生産（NDP）から差し引くと、環境調整済国内純生産（Environmentally adjusted Domestic product : EDP）が得られる。EDPはいわゆるグリーンGDPのことである。グリーンGDPの扱いには若干の注意が必要である。それは、維持費用評価法で推計され帰属環境費用が実際支払われるとすれば、NDP自体が違ったものになるため、EDPの導出は適切ではないとの指摘があること¹⁷や、また、維持費用評価法は 3 節において、具体的な推計方法を説明するが、

¹⁷ 有吉・作間・谷口[71]では、エコマージンを直接規制の下で除去する「普通の経済」モ

1995年の技術ではなく、現在使われている環境技術を前提として推計を行なうかについては、選択の余地がある。さらに、環境負荷が年々増加していても、環境負荷以上にNDPが成長すれば、環境浄化されているとはいえない状況の中でも、EDPの成長が可能となる。したがって、環境と経済の関係について、EDPを指標として用いることは適切な環境政策を妨げる可能性がある。EDPを導出するよりもNDPと環境負荷（帰属環境費用）を併置するなどの工夫が必要だろう¹⁸。

2-3 NAMEA（経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定）

日本版SEEAは、環境負荷が貨幣評価されるため、貨幣額という単一の尺度で経済と環境の関係を把握することが出来る。しかし、環境負荷の貨幣評価に用いられる維持費用評価法については、

- ①想定する対策如何によって評価額に大きな差が出る可能性がある
- ②ゼロエミッション基準で計算しているため評価額が過大となる
- ③環境負荷対策費用の非線形性が考慮されていない

といった問題点が指摘されている。こうした問題を回避するために環境負荷の物量表示を含む日本版ハイブリッド勘定¹⁹の開発・研究が行なわれ、2004年、内閣府によってその成果が発表された。日本版ハイブリッド勘定はオランダNAMEAを参考にして、日本の実情に合わせて改良されている。

日本版ハイブリッド勘定のオランダNAMEAからの改良点を整理しておく、次のようになる。

<SAM関連>

- ①最終消費の変更：家計消費からの汚染物質の排出に加えて、オランダNAMEAで対象とされていなかった政府消費からの汚染排出も対象とした
- ②ストック勘定の導入：環境保護関連資産、社会資本、およびその他の分類で、ストック勘定(非金融資産勘定)を導入

<環境勘定関連>

- ③自然資源勘定の項目追加：エネルギー資源として石炭を加え、エネルギー資源以外の自然資源として森林資源、水資源および漁業資源を導入
- ④土地利用勘定(用途別)の導入：環境問題との関連性に鑑みて導入
- ⑤隠れたマテリアルフロー勘定の導入：資源輸入国として重視し導入

デルを構築した。同モデルでエコマージン＝帰属環境費用を現実の環境費用に置き換えた場合、モデルのGDPがどのように変化するかを検討したところ、生産要素（付加価値）部分に追加された現実環境費用がある場合、変化後のGDP(グリーンドエコノミーGDP)は、グリーンGDPにおおよそ対応する水準になるが、中間投入部分にそれがある場合、基準GDPに近い数値となることがわかった。

¹⁸ 有吉[33],有吉[34]参照。

¹⁹ 日本総合研究所[11]参照。

⑥ストック勘定の導入：環境問題表にストック勘定を導入

⑦海外環境への負荷表の導入：資源輸入国として環境への蓄積表に導入

日本版ハイブリッド勘定は経済活動を貨幣表示で、国民勘定行列（NAM）として表している。本稿でSAMと呼んでいる勘定行列と同じものである。環境データを取扱う環境勘定（EA）は、環境負荷の物量表示を含む勘定である。日本版SEEAはSNAのサテライト勘定として研究・開発されてきたが、SEEAの中に物量表示の第Ⅲ版があることから日本版ハイブリッド勘定はSEEAへ物量データを提供する勘定としても有用となる。

表3aは日本版ハイブリッド勘定を簡略化した縮小図である。左上部に国民経済計算データを行列表記した国民勘定行列（National Accounting Matrix：NAM）を置き、その外側を囲むように物量単位の環境勘定（Environmental Accounts：EA）が配置されている。本稿ではNAMをSAMと表記している。呼び方は違うが同じものである。表3aにあるSAMは勘定を集計して示しているが、表1と同じものである。

さて、環境勘定（EA）では物質勘定、環境への蓄積表、環境問題表から構成され、物質勘定は、汚染物質勘定、自然資源勘定、土地利用勘定、隠れたマテリアルフローからなる。環境への蓄積表は国内および海外の環境への負荷勘定からなり、環境問題表には地球、地域的、自然資源の減少、土地利用、隠れたマテリアルフローに分類される。

表3bは日本版ハイブリッド勘定の簡略化した表である。表3bを見ると、SAMの部分は表1の説明にあるとおりであるので環境勘定を説明していくと、環境勘定部分は、物質勘定（第10勘定）、環境への蓄積表（第X勘定）および環境問題表（第11勘定）から構成されているのがわかる。このうち、SAMを囲むように配置された物質勘定で、A領域には、国内経済による環境負荷（汚染物質の排出や土地利用の変化）と自然資源の復元が記録され、B領域には、国内経済による汚染物質の処理・再生利用や自然資源の採取、あるいは隠れたマテリアルフローが記録される。そして、AからBを差し引いた物質量が、A－B領域の環境への蓄積表（第X列）に、国内（第X1列）と海外（第X2列）に分けて記録される。

国内環境への蓄積表（第X1列）に記録された物質量は、さらに、環境問題ごとにC領域の環境問題表（第11列）へ記録される。汚染物質については、温室効果、酸性化、富栄養化汚染排水、廃棄物などの環境問題別に、各汚染物質の寄与度について変換係数を乗じて計算し記録する。その他の項目については、環境への蓄積勘定に記録された物質量が、そのまま環境問題別に区分して記録される。そして、C領域に記録された列合計の数字が、D領域に環境問題別の指標として記録される。

なお、C領域の環境問題表（第11列）では、ストックとしての記録が可能な項目について、期首ストックおよび期末ストックを記録している。

具体例をあげて説明しよう。大気汚染関連の温暖化物質CO₂は、セル(2,10a)の生産活動から1,015,987と、セル(3,10a)消費活動から194,921の排出があり、これを物質勘定のA領域に記録し、合計1,210,908が国内環境への負荷勘定のセル(10a,X1)に記録される。そして、

この物質量が地球温暖化の温室効果への寄与として環境問題表のセル(10a,11a)に記録される。

CO₂以外の温暖化物質については、N₂O、CH₄、HFC、PFC、SF₆の5つの物質についても推計している。表3bでは、HFC、PFC、SF₆の3種類の物質についてその他(3)として集計し簡略化している。

廃棄物については、セル(2,10i)の生産活動から411,874を、セル(3,10i)の消費活動から34,435がそれぞれ排出され、その合計のうちセル(10i,2)の363,707が処理施設で処理あるいは再生利用される。そして残量の82,602が、セル(10i,X1)の国内環境への蓄積表に記録される。そして、環境問題表の廃棄物の列のセル(10i,11e)に地域的環境問題への寄与として記録され、さらにセル(R,11e)に記録される。

自然資源について、セル(10k,2)の森林資源をみると、22,915が伐採されて生産活動に投入され、セル(8,10k)の自然資源の復元で73,658の自然成長があり、その結果、セル(10k,X1)50,743の純蓄積が確認できる。なお、輸入木材については、それらが海外で伐採され、輸入されることから、セル(10k,9)海外の列に記録される。

土地利用については、どの部門がどのような用途変更を行ったかを示すために、第7行の第10n列と第10o列に、それぞれの変化量が記録されている。

隠れたマテリアルフロー勘定については、地下資源の採取や建設活動などに伴って採取・掘削され、一度も経済的に利用されることなく廃棄される物質フローをいう。その例としては、金属資源の採掘に伴って掘削される表土・岩石、建設活動により掘削される土などである。

表3bでは、隠れたマテリアルフローを掘削面で捉え、セル(10p,2)の国内で発生した1,218と、セル(10p,9)の資源輸入等に伴って海外で発生した2,520を記録し、さらに、それぞれに負の符号をつけた数字を、セル(10p,X1)の国内環境への負荷表とセル(10p,X2)の海外環境への負荷表に記録している。環境問題表のセル(10p,11l)とその下の環境指標のセル(R,11l)には、国内発生分の-1,218だけが記録される。

2-4 貨幣評価をめぐる議論

本稿では維持費用評価法による帰属環境費用を求めて、次節にあるSEEA-SAMを構築している。日本版ハイブリッド勘定のような環境負荷を物量で表す傾向は環境に関するデータを作成している国立環境研究所などのシンクタンクでも活発に開発と研究が行なわれている。ただし、これらのデータは貨幣評価されることはない。

環境資源の物量評価について、吟味している研究として古井戸[40]がある。環境資源の物量表示の最近の研究として、マテリアルフローの研究も紹介し、物量表示を含む勘定を考えてみよう。

まず、古井戸[40]は物量単位の勘定について次のように述べている。

「(物量表示を含む勘定は)²⁰物質保存則以外何も仮定していないので、どんなに社会構造や立木価格が変化しようとも、一貫性のある情報を提供し続けることができる」

物量表示を含む勘定では、時間や場所に関係なく、その情報が変化することはない。また、古井戸[40]の中で、勘定は損益を計算する手段よりも以前に、財産管理を目的として活用されていたことを指摘している。

次にマテリアルフロー分析から、国立環境研究所発行の『環境儀』第14号pp.4-9(2004年10月)²¹の中でマテリアルフロー分析研究者森口祐一氏のインタビューを紹介しよう。彼は次のように語っている。

「産業連関表はあくまで金銭ベースのやり取りをまとめたものです。産業の上流といわれるところは鉱業や伐採業です。統計はそうした産業が採取したモノを次の産業へ売ったところから始まります。ですから、この手法では輸入統計と同様に「隠れたフロー」が出てきません。社会や環境の全体像を見るといった視点から見ると不十分な点が多いのです。ですから、経済部門の間での金銭のやり取りではなく、モノがどのようにやり取りされているかの流れを見通せる物量産業連関表を作ることに最近一番力を入れています。」

マテリアルフロー分析の利点について同様のインタビューから「マテリアルフロー分析から(環境と経済のかかわりを示す)指標を作ることができます。モノがいつごろ廃棄されるかなどはマテリアルフローから推測できます」と述べている。

マテリアルフロー分析は、経済統計で抜け落ちた「隠れたフロー」を捉えることができ、生産過程での副産物が原材料から製品へ、そして廃棄物にいたる一連の流れの中で物量的に把握される。取引された物量以外に廃棄された物量も把握できる。物量表示の意義については、森口氏の説明にあるものが大方の理解だろう。

さて、物量表示を含む環境勘定は帰属環境費用を求める際、推計に必要なデータとなるため、環境負荷の物量データは有用であることは疑い得ない。しかし、物量データをいくら積み上げても政府が政策を行なう指標となり得るか疑問が残る。

貨幣評価をすることについて考えてみよう。先述した日本版 SEEA、後述する SEEA-SAM では、環境負荷を維持費用評価法で貨幣評価している。先述したように、維持費用評価法の問題点が指摘されている。

しかし、作間[38]²²が指摘するように、第IV.2版の維持費用概念は、「持続可能な発展」を実現するための政策当局の環境政策あるいは環境規制の明確なイメージを統計に組み込もうとしたものであり、持続可能な発展をめざす政策当局の強いコミットメントの存在を前提とした指標である。帰属環境費用は、環境を犠牲にすることによって得た付加価値であり、それをゼロにするように直接、間接の規制によって誘導することが持続可能な発展を実現する政策目標となるからである。一方、NAMEA(日本版ハイブリッド勘定)あるいは

²⁰ ()内は筆者が追加したものである。

²¹ 国立環境研究所[35]

²² 作間[37]も参照。

は物量表示の環境負荷データを含めて、そうした強いコミットメントは存在しない。本稿が日本版ハイブリッド勘定をSEEAIV.2版のデータに、つまり、SEEA-SAMを作成し、物量の環境負荷を貨幣評価に変換しようとする理由はこの点にある。

ただし、ここで注意したいことは、SEEAの集計量であるEDP（GDPから固定資本減耗分と帰属環境費用を差し引いたもの：グリーンGDP）は副次的な指標であり、帰属環境費用こそが持続可能性の主要な指標であるという点である。たとえば、GDPとグリーンGDPの成長率を比較することには意味があるが、GDP成長率をグリーンGDP成長率に置き換えて持続可能性の指標として考えることは誤解であり、指標の誤用である。そのような指標の利用は、環境に大きなダメージをもたらす危険性がある。

さらに、企業の環境会計においても維持費用評価は、持続可能性の指標として評価されている。たとえば、国民経済計算調査会議において河野正男教授（中央大学経済学部）は次のように発言している。

「実は企業会計の実務の中で、イギリスの貿易産業省支援のもとに、シグマ計画という計画があり、そのもとでは環境に優しい企業のいろいろな経営のためのガイドをつくっているが、その中にエンバイロメンタル・アカウンティング・ガイドラインというものがある。そこでは、企業が持続可能なためには、税引き後利益から維持費用を引く、企業が排出する負荷物質について、それをゼロエミッションしたときのコスト、ゼロエミッションまでいかなくても、持続可能な排出量まで減らすためのコストを引いたものが持続可能利益として、会計決算書に示し、さらに、単位当たりの負荷物質の削減のための計算レートを記載したものがあつた。既にこの会計計算書を実施している企業も幾つかあつた。これは、企業レベルでも維持費用ということには関心を持っているところが出てきたということの表れである。」（国民経済計算調査会議，第2回体系整備検討委員会議事録より河野正男委員の発言，平成17年6月16日，内閣府・経済社会総合研究所ホームページ）

企業会計でも維持費用概念が重視されていることがわかる。ただし、税引き後利益から維持費用を差引くものを持続可能利益としていることは問題が残る。また、河野[4]では、企業の環境会計というミクロ的な部分と合わせて、一国の環境会計というマクロ的な部分の重要性を指摘している。

3. SEEA-SAM（環境SAM）の構築

3-1 帰属環境費用の推計

表1のSAMに日本版ハイブリッド勘定の物量データを使って帰属計算し日本版SEEAと同じ維持費用評価法で帰属計算をする。SAMに帰属環境費用を組み込んだSEEA-SAMを作成するため、帰属環境費用の推計について説明する。

表4aでは、帰属環境費用の計算方法の概要を示している。維持費用評価法とは、ある環境水準を維持するとしたら必要であろう費用を指し、推計の手順としては費用原単位を

求め、それに排出量を乗じて帰属環境費用を求めている。費用原単位は除去費用を減価償却と維持管理費とを加算したものとし、各環境負荷の除去のために利用している環境装置の処理能力に除去効率を乗じて除去量を求めた。そして、除去費用に除去量を除して費用原単位を求めた。

表 4b は推計に利用した環境装置である。推計の対象となった環境負荷は日本版ハイブリッド勘定で推計されている汚染物質の環境負荷物質に SPM を追加した 13 種類である。

CO₂の帰属環境費用の推計には、企業が発行している環境報告書の投資額、費用額を参考にして推計している。推計に必要な減価償却は投資額からPI法²³を用いて推計した。産業ごとのCO₂帰属環境費用推計には産業区分ごとに主要な企業を選んで、それを産業の平均値として帰属計算した。維持管理費は環境報告書にある費用額を用い、除去量も環境報告書からの数値を採用した。排出量推計では 1990 年基準で 1995 年を考慮した場合、約 9.7%の削減が必要であることから、帰属計算には産業ごと一様に排出量の 9.7%を推計した。

その他の環境負荷の帰属環境費用について、減価償却は各環境装置の累積設備投資額(グロス)に耐用年数を 7 年として定額法で求めている。維持管理費は各環境装置の設備投資額と維持管理費の投資額に対する比率を使って推計している。除去量は環境装置の処理能力に除去効率を乗じて求めている。

非生産資産の帰属環境費用は、表 4a に推計方法を記載した。SEEA-SAM では推計値を記録するが CGE 分析では用いない。

表 4cには帰属環境費用の推計結果を示した。産業別では製造業がもっとも大きく、環境負荷別ではCO₂がずば抜けて大きな数値を示している。ほかの環境負荷を見ると水質汚濁関連、廃棄物などが大きいことがわかる。帰属環境費用と各産業の付加価値との比率は電気・ガス・水道業がもっとも大きいことがわかる。表 4dでは、各環境負荷の費用原単位を示している。CO₂については産業別に費用原単位を示した。建設業の費用原単位が大きいことがわかる。

3-2 環境SAMの作成

表 5 は、SEEA-SAM (環境 SAM) の簡略版である。国民経済計算データを SAM 形式で表示し、これに日本版 SEEA のデータ、帰属環境費用を統合的に組み込むことによって環境 SAM を作成する。

作成の手順としては

- ① 表 1 の SAM
- ② 表 2c の日本版 SEEA のストックデータ
- ③ 表 3b の日本版ハイブリッド勘定の物量の環境負荷データ
- ④ 表 4a の推計方法で推計した表 4c の帰属環境費用

²³ 倉林・作間[5]参照。

となる。②のデータ，③から④の結果を出し，これを①に組入れ SAM 形式の帰属環境費用が追加された SEEA-SAM（環境 SAM）を作成した。日本版 SEEA は投入産出表形式であったが，環境 SAM は SAM 形式を引き継ぐ表形式となっている。

CGE 分析で用いることを考慮して，日本版 SEEA での帰属環境費用の移項は省略している。また，固定資本減耗行は置かずグロスで示している。帰属環境費用は産業起因の排出分のみを記録している。各勘定名の括弧書きは，その勘定項目を集計したことを示している。

環境 SAM の内容について説明していこう。

生産活動勘定行，財貨・サービス勘定列のセル(11,12)に産出 923,911 が記録される。

第 11 列のセル(12,11)には中間消費 407,238.2，セル(1,11)に付加価値 458,525，セル(2,11)に間接税の支払い 34,345.7 がそれぞれ記録される。そして，第 11 列のセル(9a,11)～(9d,11)のセルでは表 4a で示した計算方法で推計された表 4c の帰属環境費用を記録する。セル(9a,11)～セル(9c,11)までの合計をエコマージン勘定のセル(9d,11)に負値で記録する。この 11 列の列合計は常にゼロとなる。

生産活動から生じた付加価値項目は，生産要素勘定（第 1 勘定，第 2 勘定）によって所得の分配・使用勘定行へ分配される。たとえば，セル(1,11)に記録された付加価値と，セル(1,13)の海外からの雇用者報酬が，第 1 列のセル(4,1) 所得分配 458,461.9，セル(13,1) 海外への雇用者報酬 171.8 に記録されているのがわかる。

所得の分配・使用勘定を見ると，セル(4,1)の雇用者報酬などの所得分配 458,461.9，セル(4,2)の各種税の受取 82,588.3 を収入としている。次に列方向に見ると，セル(2,4)の所得税や法人税などの税支払である所得・富に課される経常税 48,242.6 と，セル(5,4)の貯蓄 146,666 と，セル(10,4)の最終消費 349,633.2 と，セル(13,4)の海外からの財産所得および経常移転 15,880.6 が支払項目として記録される。貯蓄は，蓄積勘定の第 5 列にセル(6,5)の資本移転 214.4，セル(7,5)の資本形成 127,238.7，セル(8,5)の非生産資産の形成 13,092.6 に充てられる。セル(10,4)に記録された最終消費 349,633.2 は，財貨・サービス行のセル(12,10)に記録される。

帰属環境費用を記録する第 9 勘定について，これらの勘定では，列に記載事項がなく，したがって，各行において行和＝ゼロとなっている。たとえば，廃物の排出を記録する第 9 行をみると，生産活動に起因する帰属環境費用がセル(9a,11)～セル(9c,11)に記録されている。その合計 86,965.8 はセル(9d,11)に負値で記録され，非生産資産列では逆の符号で記録されている。これはそれぞれの環境負荷が大気汚染や水質汚濁，廃棄物に対してダメージを与えていることを示している。

さて，ここで SEEA-SAM の数値から，EDP（グリーン GDP）を計算してみよう。

先述したように，導出方法は NDP-帰属環境費用である。NDP は産出額 923,911.0 から中間消費 407,238.2 と固定資本減耗 89,116.9 を差引いて求める。これに帰属環境費用 86,965.8 を差引けば EDP である。計算すると 340,590.6 となる。GDP が 516,672.8 で

NDPが427,555.9である。環境を考慮しない経済ではGDP約516兆円となり、環境負荷分を考慮した経済ではEDP約340兆円となる。帰属環境費用がGDPに占める割合は約16%となっている。

本稿では、表5の環境SAMをベースに、CGE分析を行なう。しかし、モデルとデータの整合性を保つためCGE分析用の“データ環境SAM”を作成してシミュレーション分析を行なう。新たに分析用のSAMを作成するのは、CGEの分析手法の特徴であるSAMとモデルとの整合性を図るためである。CGEでは、SAMがモデルを表している場合が少なくないからである。

3-3 モデル分析用SAM

表6には、モデル分析用SAMの概要を示した。具体的な方程式体系は4節以降で述べることにして、ここではSAMを用いてSEEA-SAMの変更部分を確認しよう。

基本形では簡略化したSEEA-SAMを示している。SEEA-SAMでは帰属環境費用は負値のエコマージンと相殺されていたが、モデル分析では明示的に数値を扱う必要がある。このため、エコマージンをどう扱うかが鍵となる。生産要素モデルでは、エコマージンを資本・労働と同様に生産要素として扱う。環境を“Sink”として利用していると仮定している。労働・資本と同様に環境の報酬部分は家計、カンパニー（企業）などの経済主体が受け取る。

副産物モデルでは、生産における副産物としてエコマージンが排出されると仮定している。この余剰は排出できる量が決まっていて、企業はすでにその配分を受けて排出をしているものとする。

SEEA-SAMでは統計上の不突合の勘定が存在するがモデル分析では不必要であるため、これをSAMバランシングによって調整する。

3-4 SAMバランシング

SAMの作成では、行和と列和が一致するように作成するが、一致しない場合、SAMバランシング、行和と列和を合わせるように調整を行なう。もっとも良く利用されている方法がRAS法であるが、本稿ではクロスエントロピー法を用いている。

まずはRAS法²⁴を紹介しよう。ベンチマークではない産業連関表の未知の投入係数を推計する典型的な推計方法である。

投入係数の変化は2つの方向から説明することができる。第1は労働と資本の組み合わせから付加価値率の変化というルートを探り、加工度変化と呼ばれるもので、これは、投入係数の縦列に影響を与えて、その値を変化させるものである。第2のルートは投入される原材料の代替によるもので、これは投入係数の横行を変化させる。

²⁴ 金子敬生[20]参照。

	産業 1	産業 2
産業 1	a11	a12
産業 2	a21	a22

上記の表のように投入係数 a_{ij} を持った産業 1, 産業 2 を考える。ここで代替効果による投入係数の変化があり, 産業 1 が初期の状態から r_1 倍となり, 他方, 産業 2 の同様の変化が r_2 倍されたとすると

	産業 1	産業 2
産業 1	r_1a_{11}	r_1a_{12}
産業 2	r_2a_{21}	r_2a_{22}

となる。加工度変化によって産業 1 の投入が s_1 倍, 産業 2 が s_2 倍になったとすると

	産業 1	産業 2
産業 1	$r_1a_{11}s_1$	$r_1a_{12}s_2$
産業 2	$r_2a_{21}s_1$	$r_2a_{22}s_2$

となる。

$r_i s_j$ が 1 になるまで, 収束計算をする。これが RAS 法の簡単なアイデアである。

RAS 法のフローチャートには, 計算の流れを示した。まず, 投入係数の初期値を A とする。これを使って, 比較時点の産出額ベクトルを X^1 として, この行列の中間投入和 z^1 と中間需要和 w^1 を求める。この結果と比較時点の中間需要和 \hat{z}^1 と中間投入和 \hat{w}^1 から

$$s_j^1 = \frac{\hat{z}_j^1}{z_j^1}, \quad r_i^1 = \frac{\hat{w}_i^1}{w_i^1}$$

を計算し, これらを修正係数として,

$$A^2 = r_i^1 \cdot A^1 \cdot s_j^1 \quad (\text{修正投入})$$

を求め, r_i と s_j がほとんど 1 に近くなる (収束条件) まで繰り返す, この収束条件を満たしたときにすべての近似値が確定する。

SAM の推計も同様に r_i と s_j を 1 に近くなるまで, 計算を繰り返して, 推計する。

RAS法のほかにも基準となるSAMの基準値と推計するSAMの比較値との差を最小化するよう推計する距離最小化法がある。Schneider and Zenios[30], Zenios,Drud and Mulvey[31], 中村[39]では, RAS法だけではなく, 距離最小化法などほかの手法を例示して吟味している。Zenios,Drud and Mulvey[31]では, GAMSファイル²⁵の提供もしながら, 基準値と比較値の差の2乗和を基準値でウェイト付けした式を目的関数として最適化問題を解いている。中村[39]では, バランシング手法による計算結果に大きな差異はないとしながらもRAS法よりも距離最小化法がより実用的であろうと述べている。

クロスエントロピー法²⁶

クロスエントロピー法を説明する前に, 情報理論におけるエントロピーを紹介する。エントロピーとは情報理論における情報量の大きさを表す言葉でもある。この情報量の大きさは, 言い換えれば, どれくらい驚いたかという大きさである。ある事象が起こる確率が小さければ驚く度合いも大きくなるはずである。たとえば, 万馬券がニュースになるのは確率が低い事象が起こったからである。ある事象が起こる情報量はその事象が起こると期待される確率に依存する。情報量はその逆の方向に変化する。情報量は事前確率の減少関数として定義される。すなわち, 情報量 $h(x)$ は

$$h(x) = \log\left(\frac{1}{x}\right)$$

で定義される。

情報量は確実に起こるときはゼロに, 絶対に起こりえないときは無限大になる。ある事象に対して新たな事象が提起された場合を考える。たとえば, トランプを考えよう。スペード

のエースが出現する情報量は $x = \frac{1}{52}$ となるから

$$h(x) = \log 52 = 3.95$$

となる。選ばれるカードがスート(トランプの絵柄)ごとに重ねられて伏せられた52枚のカードの一番上の1枚であるとして, その時, 一番上に重ねられているスートがスペードの札であるという情報が与えられたとしたら, このときのスペードのエースの出現の情報量は, 事後確率 $y = \frac{1}{13}$ となるので

$$h(y) = \log 13 = 1.56$$

となる。この情報量の差は

$$h(x) - h(y) = 1.39$$

となり, トランプ52枚からスペードのエースを選択するという事象に新たにスペードの

²⁵ SAMBALのファイル名でGAMSのモデルライブラリーに収録されている。

²⁶ Golan[12], 森田優三[26], Robinson, Cattaneo, El-Said[29]参照。

カードが重ねて伏せられているという事象が提供されると情報量が減少することがわかる。これは、

$$\text{情報量} = \log \frac{\text{事後確率}}{\text{事前確率}} = \log \frac{y}{x}$$

と定義できる。

次に期待情報量について考える。ある事象が起こる確率を x とすれば、その事象が起こらない確率は $1-x$ で表される。そして、それぞれの情報量は $\log \frac{1}{x}, \log \frac{1}{1-x}$ になる。

このときの期待情報量は

$$\text{期待情報量} = x \log \frac{1}{x} + (1-x) \log \frac{1}{1-x}$$

となる。 $x = \frac{1}{2}$ のとき、期待情報量は最大になる。期待情報量を一般化して n 個の背反事

象 $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を考えよう。それぞれの事前確率を $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$, $\sum x_i = 1$ とする。

このとき背反事象 $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ のいずれかが起こる期待情報量は

$$\begin{aligned} H(x) &= \sum x_i h(x_i) = \sum x_i \log \frac{1}{x_i} \\ &= -\sum x_i \log x_i \end{aligned}$$

と定義できる。

$h(x)$ は非負だから、その平均値となる $H(x)$ も非負である。 $H(x)$ の最小値はゼロで、 x_i のどれかが 1 のとき $H(x) = 0$ である。この $H(x)$ が情報理論のエントロピーである。

ここで、一般的に示そう。新たな事象の提供があり n 個の背反事象 $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ の確率が $y_i (i = 1, 2, \dots, n)$, $\sum y_i = 1$ とする。事前確率は、先の議論と同様に $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$,

$\sum x_i = 1$ とする。このときの期待情報量は、トランプの例と同様に

$$\sum y_i \log \frac{y_i}{x_i}$$

と定義される。 $\sum y_i$ は事象 $E_i (i = 1, 2, \dots, n)$ の起こる確率である。式の意味は、事象の事前確率 x_i が事後確率 y_i の情報を得ることによって、変化した事前確率 x_i の情報量を表す。また、事前確率 x_i と事後確率 y_i がすべて一致していれば、情報量はゼロになる。

ここで、エントロピーの説明を終えて、クロスエントロピー法のアイディアを紹介する。

初期値のSAMの投入係数を q_{ij} として、調整後SAMの投入係数を p_{ij} とする。これまで

の事前確率 x_i と事後確率 y_i の関係式から初期値の q_{ij} ，調整後の値 p_{ij} を考慮して

$$\begin{aligned} & \sum p_i \log \frac{p_{ij}}{q_{ij}} \\ &= \sum p_i \log p_{ij} - \sum p_i \log q_{ij} \end{aligned}$$

となる。

これまでの初期値と調整値が同じであれば、ゼロになる。そこで、初期値のSAMの q_{ij}

と

の差を最小にするような p_{ij} を求めることがクロスエントロピー法のアイデアである。

このアイデアから最適化問題を解くように目的関数と制約式を作成し解を求める。

本稿ではクロスエントロピー法をバランシングの手法として採用した。Robinson, Cattaneo, El-Said[29]などの研究から、RAS法よりも誤差が少ないため、クロスエントロピー法を利用した。

4. SEEA JAPAN95 環境モデル

4-1 生産要素モデル

本稿では分析のためのモデルを2種類用意した。ひとつは生産要素のうちひとつとして環境が“Sink”としての役割を持つと仮定したモデルである。もう一方は生産過程で環境負荷が副産物として排出されるモデルである。

帰属環境費用を推計する主要な目的は、環境政策目標を明らかにすることにある。実際、帰属環境費用を推計することの明白な含意は、政策当局が、推計された帰属環境費用額をゼロにするように行動すべきであるということである。その政策手段には、直接規制とともに環境税などの税制による規制、排出権取引による規制などがある。生産要素モデルでは、環境は、労働と資本という2つの生産要素に付け加えられる3番目の生産要素として取り扱われる。環境は、いわば、“Sink”として機能する。環境という生産要素を使用するためには、「排出権許可証」の価格を支払わなければならない。モデルのクロージャールールでは、資本・労働の生産要素は数量一定の仮定を置き、環境には価格一定の仮定を置く。この取扱いにおいて、排出権許可証の国内均衡価格は維持費用評価法で推計された帰属環境費用のレベルで決定されることが想定されている。実際、維持費用に等しい額の

(現実) 環境保護費用を費やして環境負荷の削減をすることができる企業は、その環境保護費用が排出権許可証よりも低いならば排出権許可証を購入することはないと考えられるからである。

表 7 の S E E A J A P A N 95 環境モデルのチャート図から、生産要素モデルを解説していこう。生産要素モデルでは、資本と労働の混合生産要素を生産する。関数形はCES関数を仮定する。混合生産要素とエコマージンとで国内生産物を生産する。関数形はCES関数を仮定している。国内生産物は中間財とともに国内財 1 を生産する。関数形はレオンチェフ関数である。国内財 1 から輸出財と国内財 2 が生産される。生産関数はCET(Constant Elasticity of Transformation)関数を仮定する。国内財 2 は輸入財とで合成財を生産する。関数形はCES関数である。合成財が最終消費財にまわされる。CES関数、CET関数の代替の弾力性は 1.5 を仮定する。生産要素モデルでは 2 つの派生モデルを含む 3 つのタイプを考慮した。混合生産要素とエコマージンがCES関数で不完全代替するモデルを生産要素モデルAとし、資本とエコマージンがCES関数で不完全代替し混合生産要素が生産され、混合生産要素が労働とCES関数で不完全代替するモデルを生産要素モデルBとし、最後に生産要素モデルCとして、労働とエコマージンがCES関数で不完全代替し混合生産要素が生産され、混合生産要素が資本とCES関数で不完全代替するモデルとした。生産要素モデルのエコマージンが混合生産要素、資本、労働のそれぞれに不完全代替する関係をモデル化してシミュレートしている。エコマージンはCO₂とその他の環境負荷と 2 分割してシミュレートしている。

経済主体は家計、カンパニー、政府であり、家計はコブダグラス効用関数を持つ。カンパニー勘定では消費は行なわず、資本の報酬分とエコマージンの報酬分を受け取り、財産所得と経常移転所得の受取と支払、法人税の支払を行なう。

産業は、農林水産業、鉱業、製造業、建設業、電気・ガス・水道業、卸売・小売業、金融・保険業、不動産業、運輸・通信業、サービス業の 10 産業である。ニューメレールは世界価格としている。生産要素 A の場合の方程式を次に記述していこう。

生産要素モデル

混合生産要素 CES 関数

$$Y_j = b_j \cdot \left(\sum_h F_h^j \beta_j \right)^{\frac{1}{\beta_j}}$$

生産要素需要

$$F_h^j = \left(\frac{b_j^{\beta_j} \cdot p y_j}{p f_h} \right)^{\frac{1}{1-\beta_j}} \cdot Y_j$$

エコマージンと混合生産要素の CES 関数

$$ZZ_i = t_i \cdot \left(\zeta_{ecoa_i} \cdot Ecoa_i^{\rho_i} + \zeta_{ecob_i} \cdot Ecob_i^{\rho_i} + \zeta_{y_i} \cdot Y_i^{\rho_i} \right)^{\frac{1}{\rho_i}}$$

エコマージンCO₂ ($Ecoa_i$) とその他の環境負荷 ($Ecob_i$) 混合生産要素 Y_i の需要関数

$$Ecoa_i = \left(\frac{t_i^{\rho_i} \cdot \zeta_{ecoa_i} \cdot pzz_i}{pecoa} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \cdot ZZ_i$$

$$Ecob_i = \left(\frac{t_i^{\rho_i} \cdot \zeta_{ecob_i} \cdot pzz_i}{pecob} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \cdot ZZ_i$$

$$Y_i = \left(\frac{t_i^{\rho_i} \cdot \zeta_{y_i} \cdot pzz_i}{py_i} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \cdot ZZ_i$$

国内財 1 と中間財の需要関数

$$X_i^j = ax_i^j \cdot Z_j$$

$$ZZ_j = azz_j \cdot Z_j$$

$$pz_j = azz_j \cdot pzz_j + \sum_i ax_i^j \cdot pq_i$$

政府の税収

家計所得税

$$Td = \tau^d \cdot (pf_L \cdot FS_L + pf_k \cdot FS_n^k + ECSNa + ECSNb + TR_n + PT_n - SP - TF_n - PR_n)$$

法人税

$$Tdc = \tau^{dc} \cdot (TR_{CN} + PT_{CN} + FS_{CN}^k + ECSCa + ECSCb - TF_{CN} - PR_{CN} - SC)$$

間接税

$$Tz_j = \tau_j^z \cdot pz_j \cdot Z_j$$

政府の需要関数

$$XG_i = \frac{\mu_i}{pq_i} \cdot \left(FS_G^k + TR_G + PT_G + ECSGa + ECSGb + Td + Tdc + \sum_j Tz_j - (SG + TF_G + PR_G) \right)$$

貯蓄投資

投資需要

$$XV_i = \frac{\lambda_i}{pq_i} \cdot (SP + SG + SC - \varepsilon SF)$$

家計の貯蓄

$$SP = ssp \cdot (pf_L \cdot FS_L + pf_k \cdot FS_n^k + ECSNa + ECSNb + TR_n + PT_n - Td - TF_n - PR_n)$$

政府の貯蓄

$$SG = ssg \cdot \left(pf_k \cdot FS_G^k + TR_G + PT_G + ECSGa + ECSGb + Td + Tdc + \sum_j Tz_j - (TF_G + PR_G) \right)$$

カンパニーの貯蓄

$$SC = ssc \cdot (TR_{CN} + PT_{CN} + FS_{CN}^k + ECSCa + ECSCb - TF_{CN} - PR_{CN} - Tdc)$$

家計の需要関数

$$XP_i = \frac{\alpha_i}{pq_i} \cdot (pf_L \cdot FS_L + pf_k \cdot FS_n^k + ECSNa + ECSNb + TR_n + PT_n - SP - Td - TF_n - PR_n)$$

輸出財，輸入財，国際収支

$$pe_i = \varepsilon \cdot pwe_i$$

$$pm_i = \varepsilon \cdot pwm_i$$

$$\sum_i pwe_i \cdot E_i - SF + TR_{ROW} + PT_{ROW} = \sum_i pwm_i \cdot M_i + TF_{ROW} + PR_{ROW} + FS_{ROW}$$

輸入財と国内財の CES 関数と需要関数

$$Q_i = \gamma_i \cdot (\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

$$M_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \cdot \delta m_i \cdot pq_i}{pm_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} \cdot Q_i$$

$$D_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \cdot \delta d_i \cdot p q_i}{p d_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} \cdot Q_i$$

輸出財と国内財の CET 関数と需要関数

$$Z_i = \theta_i \cdot \left(\xi e_i \cdot E_i^{\phi_i} + \xi d_i \cdot D_i^{\phi_i} \right)^{\frac{1}{\phi_i}}$$

$$E_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \cdot \xi e_i \cdot (1 + \tau^z) p z_i}{p e_i} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} \cdot Z_i$$

$$D_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \cdot \xi d_i \cdot (1 + \tau^z) p z_i}{p d_i} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} \cdot Z_i$$

市場均衡

$$Q_i = X P_i + X G_i + X V_i + \sum_j X_i^j$$

$$\sum_j F_L^j = F S_L + F S_{ROW}$$

$$\sum_j F_K^j = F S_K$$

$$F S_k = F S_n^k + F S_{cn}^k + F S_G^k$$

移転勘定

$$T R_n + T R_{CN} + T R_G + T R_{ROW} = T F_n + T F_{CN} + T F_G + T F_{ROW}$$

財産勘定

$$P T_n + P T_{CN} + P T_G + P T_{ROW} = P R_n + P R_{CN} + P R_G + P R_{ROW}$$

カンパニー勘定

$$T R_{CN} + P T_{CN} + F S_{CN}^k + E C S C = T F_{CN} + P R_{CN} + S C + T d c$$

エコマーシジョン

$$\sum E C S A = \sum E c o a_i$$

$$\sum E C S A = E C S N a + E C S C a + E C S G a$$

$$\sum E C S B = \sum E c o b_i$$

$$\sum ECSB = EC SNb + EC SCb + EC SGb$$

内生変数（添え字の i, j は各産業を表す）

Y_j 混合生産要素

F_h^j ($h =$ 資本 K , 労働 L) 資本と労働の需要

X_i^j 中間財

ZZ_i 国内生産物

$Ecoa_i$ エコマージン CO_2

$Ecob_i$ その他の環境負荷

Z_i 国内財 1

E_i 輸出財

M_i 輸入財

D_i 国内財 2

Q_i 合成財

pf_h 資本および労働の価格

py_i 混合生産要素価格

pz_i 国内生産物価格

pzz_i 国内財 1 価格

pd_i 国内財 2 価格

pq_i 合成財価格

pe_i 輸出財価格

pm_i 輸入財価格

ε 為替レート

XP_i 家計の消費

XG_i 政府の消費

XV_i 投資需要

SP 家計の貯蓄

SG 政府の貯蓄

SC カンパニーの貯蓄

Td 家計所得税額

Tdc カンパニー法人税

Tz 間接税額

$ECSA\ ECSCB$ エコマージン CO_2 とその他の環境負荷の供給

$ECSN\ ECSC\ ECSG$ 各主体のエコマージン報酬 (N=家計, C=カンパニー, G=政府)

a,bの添え字はそれぞれエコマージン CO_2 とその他の環境負荷を表す

外生変数

$FS_h\ FS_n^k\ FS_{cn}^k\ FS_G^k$ (h=資本 K, 労働 L, n=家計, cn=カンパニー, G=政府, なお,

資本は上付きの添え字で書き改めている) 資本と労働の供給

SF 外国貯蓄

pwe_i 世界輸出価格

pwm_i 世界輸入価格

$TR_n\ TR_{CN}\ TR_G\ TR_{ROW}$ (ROW=海外) 各主体への移転所得受取

$TF_n\ TF_{CN}\ TF_G\ TF_{ROW}$ 各主体への移転所得支払

$PT_n\ PT_{CN}\ PT_G\ PT_{ROW}$ 各主体への財産所得受取

$PR_n\ PR_{CN}\ PR_{CN}\ PR_G\ PR_{ROW}$ 各主体への移転所得支払

FSR 海外への雇用者所得の純支払

$peca$ エコマージン価格 CO_2

$pecb$ エコマージンその他の環境負荷価格

パラメータ

b_j 資本労働生産性パラメータ

β_j 混合生産要素代替パラメータ

t_i 混合生産要素とエコマージンの CES 関数の生産性パラメータ

ρ_i エコマージンと混合生産要素代替パラメータ

ζ_{ecoa_i} エコマージンシェアパラメータ

ζ_{ecob_i} エコマージンシェアパラメータ

ζ_{y_i} 混合生産要素シェアパラメータ

ax_i^j 中間財投入係数

azz_j 国内生産物投入係数

τ^d 所得税率

τ^{dc} 法人税率

τ^z 間接税率

μ_i 政府消費財シェアパラメータ

λ_i 貯蓄投資財シェアパラメータ
 ssp 家計貯蓄率
 ssg 政府貯蓄率
 ssc カンパニー貯蓄率
 家計消費シェアパラメータ α_i
 γ_i 輸入財と国内財 2 の生産性パラメータ
 η_i 輸入財と国内財 2 の代替パラメータ
 δm_i 輸入財シェアパラメータ
 δd_i 国内財 2 シェアパラメータ
 θ_i 輸出財と国内財 1 の生産性パラメータ
 ϕ_i 輸出財と国内財 1 との代替パラメータ
 ξe_i 輸出財シェアパラメータ
 ξd_i 国内財 1 シェアパラメータ

4-2 副産物モデル

副産物モデルではエコマーヅンを生産の過程で排出される副産物として取り扱ふ。この副産物は排出権として企業に配分されているものと仮定している。生産要素モデルでの設定と同様に排出権価格は維持費用評価法で推計されたレベルで決定されると仮定する。表 7 のチャート図から、資本と労働で混合生産要素が生産される。関数形は CES 関数を仮定している。混合生産要素と中間財で国内生産物が生産される。関数形はレオンチェフ関数を仮定する。国内生産物からエコマーヅンと国内財 1 が分かれる。関数形は CET 関数を仮定する。国内財 1 は輸出財と国内財 2 の生産に使われる。関数形は CET 関数を仮定する。国内財 2 は輸入財とともに合成財の生産に使われる。ここでは CES 関数を仮定している。エコマーヅンは環境負荷を需給する産業を仮定し、エコマーヅンの取り扱いを行なうと仮定している。

CES 関数、CET 関数の代替の弾力性は 1.5 を仮定している。産業は生産要素モデルと同様に 10 産業である。なお、均衡値が得られない場合があり、エコマーヅンは分割せずに一つの勘定にまとめている。ニューメルールは世界価格である。

副産物モデル

混合生産要素 CES 関数

$$Y_j = b_j \cdot \left(\sum_h F_h^{j\beta_j} \right)^{\frac{1}{\beta_j}}$$

生産要素需要

$$F_h^j = \left(\frac{b_j^{\beta_j} \cdot p y_j}{p f_h} \right)^{\frac{1}{1-\beta_j}} \cdot Y_j$$

中間財需要

$$X_i^j = a x_i^j \cdot Z Z_j$$

$$Y_j = a y_j \cdot Z Z_j$$

$$p z z_j = a y_j \cdot p y_j + \sum_i a x_i^j \cdot p q_i$$

エコマーシジンと国内財 1 の CES 関数

$$Z Z_i = t_i \cdot \left(\zeta eco_i \cdot Eco_i^{\rho_i} + \zeta z_i \cdot Z_i^{\rho_i} \right)^{\frac{1}{\rho_i}}$$

エコマーシジン, 国内財 1 の CET 関数

$$Eco_i = \left(\frac{t_i^{\rho_i} \cdot \zeta eco_i \cdot p z z_i}{p ec_i} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \cdot Z Z_i$$

$$Z_i = \left(\frac{t_i^{\rho_i} \cdot \zeta z_i \cdot p z z_i}{p z_i} \right)^{\frac{1}{1-\rho_i}} \cdot Z Z_i$$

政府の税収

家計の直接税

$$Td = \tau^d \cdot (p f_L \cdot FS_L + p f_k \cdot FS_n^k + TR_n + PT_n - SP - TF_n - PR_n)$$

カンパニー (法人) 税

$$Tdc = \tau^{dc} \cdot (TR_{CN} + PT_{CN} + FS_{CN}^k - TF_{CN} - PR_{CN} - SC)$$

間接税

$$Tz_j = \tau_j^z \cdot p z_j \cdot Z_j$$

政府消費需要

$$XG_i = \frac{\mu_i}{pq_i} \cdot \left(FS_G^k + TR_G + PT_G + Td + Tdc + \sum_j Tz_j - (SG + TF_G + PR_G) \right)$$

貯蓄投資

$$XV_i = \frac{\lambda_i}{pq_i} \cdot (SP + SG + SC - \varepsilon SF)$$

家計貯蓄

$$SP = ssp \cdot (pf_L \cdot FS_L + pf_k \cdot FS_n^k + TR_n + PT_n - Td - TF_n - PR_n)$$

政府貯蓄

$$SG = ssg \cdot \left(pf_k \cdot FS_G^k + TR_G + PT_G + Td + Tdc + \sum_j Tz_j - (TF_G + PR_G) \right)$$

カンパニー貯蓄

$$SC = ssc \cdot (TR_{CN} + PT_{CN} + FS_{CN}^k - TF_{CN} - PR_{CN} - Tdc)$$

家計消費需要関数

$$XP_i = \frac{\alpha_i}{pq_i} \cdot (pf_L \cdot FS_L + pf_k \cdot FS_n^k + TR_n + PT_n - SP - Td - TF_n - PR_n)$$

輸出財，輸入財，国際収支

$$pe_i = \varepsilon \cdot pwe_i$$

$$pm_i = \varepsilon \cdot pwm_i$$

$$\sum_i pwe_i \cdot E_i - SF + TR_{ROW} + PT_{ROW} = \sum_i pwm_i \cdot M_i + TF_{ROW} + PR_{ROW} + FS_{ROW}$$

輸入財と国内財の代替

$$Q_i = \gamma_i \cdot (\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

$$M_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \cdot \delta m_i \cdot pq_i}{pm_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} \cdot Q_i$$

$$D_i = \left(\frac{\gamma_i^{\eta_i} \cdot \delta d_i \cdot pq_i}{pd_i} \right)^{\frac{1}{1-\eta_i}} \cdot Q_i$$

輸出財と国内財の変形

$$Z_i = \theta_i \cdot (\xi e_i \cdot E_i^{\phi_i} + \xi d_i \cdot D_i^{\phi_i})^{\frac{1}{\phi_i}}$$

$$E_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \cdot \xi e_i \cdot (1 + \tau^z) p z_i}{p e_i} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} \cdot Z_i$$

$$D_i = \left(\frac{\theta_i^{\phi_i} \cdot \xi d_i \cdot (1 + \tau^z) p z_i}{p d_i} \right)^{\frac{1}{1-\phi_i}} \cdot Z_i$$

市場均衡

$$Q_i = X P_i + X G_i + X V_i + \sum_j X_i^j + \sum_i Eco_i$$

$$\sum_j F_L^j = FS_L + FSR$$

$$\sum_j F_K^j = FS_K$$

$$FS_k = FS_n^k + FS_{cn}^k + FS_G^k$$

移転勘定

$$TR_n + TR_{CN} + TR_G + TR_{ROW} = TF_n + TF_{CN} + TF_G + TF_{ROW}$$

財産勘定

$$PT_n + PT_{CN} + PT_G + PT_{ROW} = PR_n + PR_{CN} + PR_G + PR_{ROW}$$

カンパニー勘定

$$TR_{CN} + PT_{CN} + FS_{CN}^k = TF_{CN} + PR_{CN} + SC + Tdc$$

内生

Y_j 混合生産要素

F_h^j (h=資本 K, 労働 L) 資本と労働の需要

X_i^j 中間財

ZZ_i 国内生産物

Eco_i エコマージン

Z_i 国内財 1

E_i 輸出財

M_i 輸入財

D_i 国内財 2

Q_i 合成財
 pf_h 資本, 労働の価格
 py_i 混合生産要素価格
 pz_i 国内財 1 価格
 pzz_i 国内生産物価格
 pd_i 国内財 2 価格
 pq_i 合成財価格
 pe_i 輸出財価格
 pm_i 輸入財価格
 ε 為替レート
 XP_i 家計消費
 XG_i 政府消費
 XV_i 投資需要
 SP 家計貯蓄
 SG 政府貯蓄
 SC カンパニー貯蓄
 Td 家計直接税
 Tdc カンパニー法人税
 Tz 間接税
 pec_i エコマージン価格

外生

$FS_h FS_n^k FS_{cn}^k FS_G^k$ (h=資本 K, 労働 L, n=家計, cn=カンパニー, G=政府, なお,

資本は上付きの添え字で書き改めている) 資本と労働の供給

SF 外国貯蓄

pwe_i 世界輸出価格

pwm_i 世界輸入価格

$TR_n TR_{CN} TR_G TR_{ROW}$ (ROW=海外) 各主体への移転所得受取

$TF_n TF_{CN} TF_G TF_{ROW}$ 各主体への移転所得支払

$PT_n PT_{CN} PT_G PT_{ROW}$ 各主体への財産所得受取

$PR_n PR_{CN} PR_{CN} PR_G PR_{ROW}$ 各主体への移転所得支払

FSR 海外への雇用者所得の純支払

パラメータ

b_j 混合生産要素生産性パラメータ

β_j 混合要素代替パラメータ

t_i 混合生産物とエコマージンの CET 関数生産性パラメータ

ρ_i 混合生産物とエコマージンの CET 関数代替パラメータ

ζ_{eco_i} エコマージンシェアパラメータ

ζz_i 国内財 1 シェアパラメータ

ax_i^j 中間財投入係数

ay_j 混合生産要素投入係数

τ^d 所得税率

τ^{dc} 法人税率

τ^z 間接税率

μ_i 政府消費財シェアパラメータ

λ_i 貯蓄投資財シェアパラメータ

ssp 家計貯蓄率

ssg 政府貯蓄率

ssc カンパニー貯蓄率

α_i 家計消費シェアパラメータ

γ_i 輸入財と国内財 2 の生産性パラメータ

η_i 輸入財と国内財 2 の代替パラメータ

δm_i 輸入財シェアパラメータ

δd_i 国内財 2 シェアパラメータ

θ_i 輸出財と国内財 2 の生産性パラメータ

ϕ_i 輸出財と国内財 2 の代替パラメータ

ξe_i 輸出財シェアパラメータ

ξd_i 国内財 2 シェアパラメータ

モデル内の CES 関数から導かれる需要関数については、次のように、ラグランジュ関数を定義して、最適化問題を解く。例として、輸入財と国内財 2 の CES 関数からそれぞれの需要関数の導出を示そう。

$$L \equiv pq_i \cdot Q_i - (pm_i \cdot M_i + pd_i \cdot D_i) + \lambda_i \left\{ \gamma_i \left(\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i} \right)^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i \right\}$$

1 階の条件は次のようになる。

$$\frac{\partial L_i}{\partial Q_i} = pq_i - \lambda_i = 0 \quad (\text{a})$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial M_i} = -pm_i + \lambda_i \cdot \frac{1}{\eta_i} \cdot \gamma_i \cdot \left(\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i} \right)^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \cdot \eta_i \cdot \delta m_i \cdot M_i^{\eta_i - 1} = 0 \quad (\text{b})$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial D_i} = -pd_i + \lambda_i \cdot \frac{1}{\eta_i} \cdot \gamma_i \cdot \left(\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i} \right)^{\frac{1}{\eta_i} - 1} \cdot \eta_i \cdot \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i - 1} = 0 \quad (\text{c})$$

$$\frac{\partial L_i}{\partial \lambda_i} = \gamma_i \left(\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i} \right)^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i = 0 \quad (\text{d})$$

ここで、(d)から $\left(\delta m_i \cdot M_i^{\eta_i} + \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i} \right) = \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i}$ であることに注意すれば、(a)と合わせて

(b),(c)は

$$-pm_i + pq_i \cdot \gamma_i \cdot \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \frac{1-\eta_i}{\eta_i}} \cdot \eta_i \cdot \delta m_i \cdot M_i^{\eta_i - 1} = 0$$

$$-pd_i + pq_i \cdot \gamma_i \cdot \left(\frac{Q_i}{\gamma_i} \right)^{\eta_i \frac{1-\eta_i}{\eta_i}} \cdot \eta_i \cdot \delta d_i \cdot D_i^{\eta_i - 1} = 0$$

となる。これを M_i, D_i について解くとモデルの式となる。

5. 環境政策シミュレーション

5-1 環境税

環境税は、各産業の付加価値とエコマージンの比率に合わせて間接税率に比例的な税率を上乗せする政策を指している。(表 4c 参照)。その上乗せ分としては環境負荷の比率が大きい電気・ガス・水道業 10%とし、そのほかの産業については、製造業を 9%とし、農林水産業 7%、鉱業 3%、建設業 6%、卸・小売業 5%、金融・保険業 4%、不動産業 2%、運輸・通信業 8%、サービス業 1%と設定している。本稿モデルの基準 GDP は 505,474.3 (単位 10 億円) である。環境税導入による GDP への影響は生産要素モデル A が、504,583.6,

生産要素モデル B, C も同様の結果であるため、生産要素モデル A の結果を記載していく。

副産物モデルが GDP 502,700.7 となる。どちらのモデルも環境税導入は GDP を減少に導くことがわかる。ここで環境税収は政府が受取るのみである。

環境税の導入にともなう、産業別のエコマージン (CO₂) の減少は、生産要素モデル A では、農林水産業 1.040%、鉱業が 0.8861%、製造業 0.912%、建設業 0.883%、電気・ガス・水道業 0.640%、卸・小売業 1.16%、金融・保険業 0.99%、不動産業 1.021%、運輸・通信業 0.935%、サービス業 1.068%の減少を示している。生産要素モデル A では環境税導入による労働と資本への影響も減少を示している。財生産 (モデル内では合成財に相当) も全産業について減少しており、卸・小売業で 0.75%、運輸・通信業 0.639%、不動産業 0.538%、金融・保険業 0.505%などの減少となっている。

副産物モデルでのエコマージンの減少は、全産業で約 75%となっている。労働と資本への影響は微小な増加を示している。財生産は全産業について減少し、電気・ガス・水道業では約 17%、運輸・通信業では約 11%、製造業では約 8%の減少となっている。

生産要素モデルと副産物モデルの影響の違いは、財価格の上昇にともなって、財生産は減少するが、エコマージンを生産要素として使っている生産要素モデルと副産物として生産過程で用いない副産物モデルの差が出ているのだろう。

5-2 排出権取引

本稿のモデルでは、エコマージンを明示的な数値としてモデル分析用 SAM に記述しているが、これは、排出権許可証制度が導入される直前の状況として、各企業が排出権取引に関しての対応を完了している状態と仮定しているためである。排出権価格は帰属環境費用に一致すると仮定して、排出権全体の総量変化を見てみよう。京都議定書における規定では 2008 年から 5 年をかけて CO₂ 削減をしなければならない。そこで、シミュレーションでは、5 年間で 1990 年レベルの排出量まで削減するために、帰属環境費用の約 86 兆 9 千億円の 20% を排出量制限として、その影響を見る。

生産要素モデル A (B, C も同様の結果) ではエコマージンのうち CO₂ においては、電気・ガス・水道業でエコマージンが微増となるが、そのほかの産業では鉱業 14%、サービス業 8%の減少となっている。また、そのほかの環境負荷のエコマージンは鉱業 12%、サービス業 6%の減少を示している。労働と資本は鉱業を除いて微増となっている。GDP の変化も確認しよう。エコマージン総量規制では、約 4% の GDP 減少が帰結する。エコマージンを 5 年で削減するように設定した 20% の総量規制では GDP は約 4% 減少するが、持続可能な成長を考えれば、京都議定書が求める期間に 4% 以上の経済成長が必要となる。実現可能性はきわめて低く、日本政府は無理な課題を引き受けたことになるのではないだろうか。

さて、次に京都メカニズムと呼ばれる、途上国への技術移転から排出権を得る CDM (クリーン開発メカニズム) を考えてみよう。海外から排出権を購入するとして、排出権総量が増加した場合をシミュレートしよう。排出権 (=エコマージン) 総量の増加は 10% を想

定している。CO₂のエコマージンは、製造業と電気・ガス・水道業を除いて増加し、鉱業では約 7%の増加を示している。その他の環境負荷のエコマージンは製造業と電気・ガス・水道業を除いて増加している。GDPの変化については、約 514 兆円で 1.7%の増加を示している。排出権をCDMによって途上国から獲得することで排出削減によるGDPの減少はまぬがれるが、エコマージンは増加する。生産要素B、Cの各モデルも同様の結果である。

副産物モデルでは、数量規制によるエコマージンの減少は約 23%である。エコマージンは分割せず一括して示している。労働および資本では鉱業を除き減少している。建設業で約 11%、製造業で約 5%の減少を示している。GDP の変化で見ると、約 504 兆円と 0.2%の減少となっている。

副産物モデルでのエコマージン総量増加(10%増加)は各産業のエコマージンを約 12%増加させている。労働と資本への影響は鉱業を除いて増加している。GDP の変化では約 505 兆 9 千億円と 0.09%の増加を示している。エコマージンの総量変化に対して、副産物モデルは微小な変化に止まることがわかる。

生産要素モデルでは 4%の GDP 減少であったが、副産物モデルで 0.2%の減少を示し、エコマージンの総量変化の影響に違いがあることがわかる。一方では生産要素として資産に使われるエコマージンを仮定し、他方では生産では使われない副産物を仮定している。この差異が結果にも現れているのだろう。

5-3 二重の配当

二重の配当は、環境税率を引き上げた状態で、家計の所得税 9.8%減税、カンパニー（企業）の法人税 14%減税のシミュレーションを行なった。その影響は、法人税を除いて、環境税導入にともなうマイナス幅を和らげていることがわかる。まず、GDP から確認しよう。

基準 GDP が 505,474.3 で、生産要素モデルでは環境税導入で 504,583.6 の GDP となるが、家計の所得税減税では 505,240.6、カンパニー（企業）の法人税減税 504,583.6 という結果を得た。環境税導入では-0.176%であったものが、-0.046%、-0.176%となっている。法人税減税を除いて、GDP が改善され、二重の配当を得ていることがわかる。また、副産物モデルでも環境税導入では 502,700.7 の GDP となるが、所得税減税 502,831.8、法人税減税 502,700.7 という結果を得た。%表示で増減を確認すると-0.523%、-0.549%となる。環境税導入にともなう GDP の減少は-0.549%であるから、法人税減税を除いて GDP の改善が確認できる。生産要素モデル A、B、C および副産物モデルとも二重の配当を得られることがわかる。

産業別にもその影響を確認しよう。家計所得税減税では、財生産への影響が生産要素モデルでは、和らげられていることがわかる。副産物モデルでも概ね改善されている。生産要素モデルの財生産において、卸売・小売業では 0.75%の減少が 0.097%の増加となり、運輸・通信業では 0.63%の減少から 0.035%の増加へと財生産の減少が改善されている。エ

コマージンの減少は環境税導入によって約1%の減少を得ていたが、0.5%以下の減少になっている。エコマージンの減少は存在するものの、若干減少幅が小さくなっている。法人税減税では環境税導入と同じ傾向を示している。二重の配当は法人税減税では得られていない。

生産要素モデルでは、二重の配当が得られることが確認できる。また、副産物モデルでも概ね二重の配当を享受できることがわかる。

環境税収入によって二重の配当を得ることは、可能であることがわかる。ただし、法人税減税はその効果を期待できない。環境税収が家計に対して再分配されるような政策が二重の配当を実現できるものとして確認できる。

5-4 経済主体の行動と影響（家計の所得と消費）

家計への影響を、各シミュレーション結果から見ていくことにしよう。家計の収入については、生産要素モデルでは、労働・資本からの報酬は環境税導入で約0.6%減少、しかし、家計所得税減税では0.017%の減少に止まる効果を得る。法人税減税では効果を楽しむことができないことがわかる。

エコマージンの総量規制では、資本と労働の報酬はそれぞれ-1.4%、-1.6%減少し、エコマージン総量増加では、資本報酬が3.5%、労働報酬が4%の増加となっている。生産要素モデルB、Cも同様な結果である。

副産物モデルにおいて、環境税導入の影響では、資本報酬、労働報酬ともにプラスを示している。家計所得税減税では資本および労働の報酬が、若干の増加を示している。法人税減税では環境税導入と同じ影響となっている。

家計の消費では生産要素モデルA、B、Cにおいて、環境税導入で0.88%の減少から所得税減税で0.4%の上昇へと消費水準の改善が見受けられる。副産物モデルでは、1.37%の減少から2.24%の上昇へと所得を上昇させている。家計は二重の配当の恩恵を受けていることが確認できる。

5-5 生産要素間の代替

本稿での生産要素モデルでは、資本・労働とともにエコマージンは生産要素として扱われる。生産要素間の代替関係をシミュレートした。資本・労働がそれぞれ10%増加した場合、エコマージンは増加している産業もあるがほとんどの産業で減少傾向を示す。資本集約的な産業である電気・ガス・水道業は、資本の増加によってエコマージンも増加させている。また、鉱業では労働増加にともない、エコマージンを増加させている。各産業での影響は生産要素が増加してエコマージンを減少させることが確認できる。

6. まとめ

本稿では、まずSNAデータをSAM形式として示し、当該SAMに推計した帰属環境費

用を組み込むことによって環境 SAM を構築した。帰属環境費用の推計は維持費用評価法に依った。政策指向となる帰属環境費用の意義についても言及した。環境政策が持続可能な成長に寄与する施策となるためには、明確な環境基準が必要であるし、企業もどれほどの企業努力が必要かという明確な目標値が必要だろう。結果的にすべての企業が同じ基準の下で環境政策にコミットすることになり、よりよい持続可能な社会が築けるのではないだろうか。そのためにも帰属環境費用の推計は必要な作業だろう。

CGE 分析での結果は、2 種類のモデルを使って環境税、排出権取引の政策を考慮した。また、その中で、二重の配当についてシミュレーションを行なった。

環境税と排出権取引（エコマージンの総量規制）において、生産要素モデルでは排出権取引でCO₂のエコマージン減少が鉱業の約 14%を最大としている。一方、環境税では卸・小売業の約 1.2%の減少が最大である。副産物モデルでは、環境税が約 75%の減少、排出権取引（エコマージン総量規制）では約 23%の減少となり、環境税の効果が大きい。これは、モデル内でのエコマージンの取扱いによる影響だろう。生産要素モデルではエコマージンは生産要素であり、生産に使われ、資本・労働との代替関係が存在するが、副産物モデルでは生産に関係のない副産物である。生産要素モデルにおいて、環境税と排出権取引のエコマージンへの影響は、その減少だけを考えれば排出権取引のほうが大きいため、排出権取引が有用な施策となるだろう。

しかしながら、排出権取引での排出権取引の総量を変化させたシミュレーション結果を見る限り、生産要素モデルでは、総量規制が 4%の GDP 減少を招く。これは、持続可能な成長を考慮すると 4%以上の成長を維持する必要があり、実現は困難だろう。京都議定書の規定を考えれば、日本は難しい宿題を背負ったことになるだろう。

そして、副産物モデルでは環境税の効果が排出権取引を上回る結果となった。

二重の配当については、これまでの川瀬・北浦・橋本[77]、Park[64]の研究にもあるように二重の配当の存在が確認できた。また、その効果は微小なものではあるが、環境税導入にともなう GDP の減少をいくらか和らげることに成功しているともいえよう。

川瀬・北浦・橋本[77]では、幾通りかのシミュレーションのうち消費税の効果が大きいことを指摘していた。本稿でも家計の所得税減税にその効果が確認できることから、家計に対する再分配政策が二重の配当を機能させるポイントになるのではないだろうか。ただし、本稿では、社会保障などのシミュレーションは行なっていないため、確実視することはできないが、法人税減税の効果が無いことを考慮すると、家計への再分配政策が二重の配当の存在に影響を与えていると考えられるだろう。

本稿の2つのモデルでは、技術のスイッチについて対照的な立場が取られている。生産要素モデルでは、環境政策の効果は、需要や産業構成の変化を通じてのみ起こり、環境政策が誘発する技術のスイッチが考慮されていない。副産物モデルでは、CET 関数の中で環境技術の可能性が考慮されてはいるが、エコマージンの削減に関し楽観的すぎるかもしれない。いずれの場合にも、技術のスイッチや環境技術の進歩がモデルに適切に取り入れ

られているとは言えないであろう。そうした点については、今後のシミュレーションの課題としたい。また、日本だけではなく、途上国との 2 国間モデルや地域別・都道府県別の地域間の環境問題にも挑戦していきたい。

参考文献

書籍

国民経済計算および環境勘定

- [1]Pyatt ,Graham, Jeffery I. Round *Social Accounting Matrices a basis for planning*,World Bank, 1985 年.
- [2] Uno Kimio, Bartelmus Peter *Environmental Accounting in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, 1998 年.
- [3] 朝倉啓一郎, 早見均, 溝下雅子, 中村政男, 中野諭, 篠崎美貴, 鷲津明由, 吉岡完治 『環境分析用産業連関表』慶應義塾大学出版会,2001 年.
- [4] 河野正男 『環境会計—理論と実践—』中央経済社,2001 年.
- [5] 倉林義正・作間逸雄 『国民経済計算』東洋経済新報社,1980 年.
- [6] 国連(経済企画庁経済研究所 国民所得部 翻訳) 『国民経済計算ハンドブック環境・経済統合勘定』1995 年.
- [7] シュターマー,C.編(良永康平訳)『環境の経済計算』ミネルヴァ書房,2000 年.
- [8] 作間逸雄編著 『SNA がわかる経済統計学』有斐閣,2003 年.
- [9] 浜田浩児 『93SNA の基礎』,東洋経済新報社,2001 年.
- [10] (財)日本総合研究所『環境・経済統合勘定の確立に関する研究(平成 12 年度経済企画庁委託調査)』2001 年 3 月.
- [11] (財)日本総合研究所『SEEA の改訂などにもなう環境経済勘定の再構築に関する研究(平成 15 年度内閣府委託調査)』2004 年 3 月.

応用一般均衡分析および環境経済学

- [12]Golan, Amos, Judge, George and Miller,Douglas *Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data*,John Wiley and Sons, 1996年.
- [13]Sadoulet ,Elisabeth and Janvry, Alain, de *Quantitative Development Policy Analysis*, The Johns Hopkins University Press, 1995 年.

- [14] Johansen,L. *A multi-sectoral Study of Economic Growth* North-Holland, 1960 年.
- [15] Ruud A.DE Mooij *Environmental taxation and the double dividend* Elsevier, 2000 年.
- [16] OECD *The costs of cutting carbon emissions : Results from Global Models* OECD,1993 年.
- [17]Ginsburgh, Victor and Keyzer, Michiel *The Structure of Applied General Equilibrium Models*, The MIT Press,1997 年.
- [18]Xie ,Jian *Environmental Policy Analysis A General Equilibrium Approach*, Avebury,1996 年.
- [19] 市岡修 『応用一般均衡分析』有斐閣, 1991 年.
- [20] 金子敬生 『産業連関の理論と適用』,日本評論社,1977 年.
- [21] 川崎研一 『応用一般均衡モデルの基礎と応用一経済構造改革のシミュレーション分析』 日本評論社,1999 年.
- [22] ショウヴン,ジョンB・ジョンウォーリ (小平裕訳) 『応用一般均衡分析 理論と実際』 東洋経済新報社,1993 年.
- [23] Nordhaus, W.D. (室田泰弘,山下ゆかり,高瀬香絵 訳)『地球温暖化の経済学』,東洋経済新報社,2002 年.
- [24] 藤田香 『環境税制改革の研究』 ミネルヴァ書房, 2001 年.
- [25] 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男 『応用一般均衡モデリング』 東京大学出版会, 2004 年.
- [26] 森田優三 『物価指数理論の展開』 東洋経済新報社, 1989 年.
- [27] 鷲田豊明 『環境政策と一般均衡』 勁草書房, 2004 年.

論文

国民経済計算および環境勘定

- [28] Haan,M.D. and Keuning S.J. "Taking the environment into account: the NAMEA approach" *Review of Income and Wealth*,Series 42,Number 2,pp.131-147,1996 年.
- [29] Robinson,S.,Cattaneo, A.El-Said,M. "Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods" *Economic Systems Research*, Vol.13,iss.1,pp.47-64, 2001 年.
- [30] Schneider,M.H.,Zenios,S.A. "A Comparative Study of Algorithms for Matrix Balancing" *Operations Research*,Vol.38,No.3,pp.439-455,1990 年.
- [31] Zenios,S.,Drud,A.,Mulvey,J.M. "Balancing Large Social Accounting matrices with Nonlinear Network Programming" *Networks*,Vol.19,pp.569-585,1989 年.
- [32] 有吉範敏 「SNA 環境・経済統合勘定サテライト体系 (SEEA) の基本的勘定構造に

ついて－勘定行列による SEEA の展開－』『熊本大学教養部紀要 人文・社会科学編』第 29 号,pp.77-118,1994 年.

[33] 有吉範敏 「日本の環境・経済統合勘定体系について」『国民経済計算の新たな展開』西日本理論経済学会編,現代経済学研究第 9 号,pp.98-119,2001 年.

[34] 有吉範敏 「環境・経済統合勘定の展開 日本版 SEEA とハイブリッド勘定」『産業連関－イノベーション & I-O テクニーク』環太平洋産業連関分析学会,Vol.13,No.2,pp.32-41,2005 年.

[35] 国立環境研究所 『環境儀 マテリアルフロー分析』No.14,2004 年 10 月.

[36] 作間逸雄 「改訂 SNA のフレキシビリティ－サテライト勘定を中心に－」『季刊国民経済計算』内閣府・経済社会総合研究所, pp.7-29,1994 年.

[37] 作間逸雄 「わが国における環境・経済統合勘定の開発とその課題」『専修経済学論集』専修大学経済学会 31(3),pp.233~305,1997 年 3 月.

[38] 作間逸雄 「環境費用を統計に組み込むには」『経済セミナー』日本評論社, pp.29-33,1997 年 12 月号.

[39] 中村靖 「Social Accounting Matrix 作成のためのマトリクス・バランシング手法」『エコノミア』横浜国立大学,Vol.43,No.3,pp.19-37,1996 年.

[40] 古井戸宏道 「森林資源とその利用を把握する枠組み－森林資源勘定の研究動向」『林業技術』No.645, pp.11-14, 1995 年 12 月号.

応用一般均衡分析および環境経済学

[41] Ballard,C.L. and Medema,S.G. "The marginal efficiency effects of taxes and subsidies in the presence of externalities A computational general equilibrium approach" *Journal of Public Economics*,Vol.52,pp.199-216,1993 年.

[42] Bergman,L. "General Equilibrium Effects of Environmental Policy: A CGE-Modeling Approach" *Environmental and Resource Economics*,Vol.1pp.43-61,1991 年.

[43] Bergman,L. "Energy and Environmental Constraints on Growth: A CGE Modeling Approach" *Journal of Policy Modeling*,Vol.12,No.4,pp.671-691,1990 年.

[44] Bohringer,C. and Rutherford,T. "Who should pay how much?" *Computational Economics*,Vol.23,pp.77-103,2004 年.

[45] Bohringer,C. and Rutherford,T.

"Carbon Abatement and International Spillovers" *Environmental and Resource Economics*,Vol.22,pp.391-417,2002 年.

[46] Bosquest,B. "Environmental Tax Reform:Does it work?" A survey of the Empirical Evidence" *Ecological Economics*,Vol.34,No.1,pp.19-32,2000 年.

[47] Bovenberg,A.L. and Goulder,L.H. "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes:General Equilibrium Analysis" *The American Economic*

Review, Vol.86, No.4, pp.985-1000, 1996 年.

[48] Bovenberg, A.L. and Mooij, R.A. "Environmental taxes and labor-market distortions" *European Journal of Political Economy*, Vol.10, pp.655-683, 1994 年.

[49] Bovenberg, A.L. and Mooij, R.A. "Environmental Levies and Distortionary Taxation" *The American Economic Review*, Vol.84, No.4, pp.1085-1089, 1994 年.

[50] Bovenberg, A.L. and Ploeg, F. "Green Policies and Public Finance in a Small Open Economy" *Scandinavian Journal of Economics*, Vol.96, No.3, pp.343-363, 1994 年.

[51] Bovenberg, A.L. and Ploeg, F. "Environmental policy, public finance and the labour market in a second-best world" *Journal of Public Economics*, Vol.55, pp.349-390, 1994 年.

[52] Dellink, R., Hofkes, M., Ierland, E. and Verbruggen, H. "Dynamic modeling of pollution abatement in a CGE framework" *Economic Modeling*, Vol.21, pp.965-989, 2004 年.

[53] Dessus, S. and O'connor, D. "Climate Policy without Tears: CGR-Based Ancillary benefits Estimates for Chile" *Environmental and Resource Economics*, Vol.25, pp.287-317, 2003 年.

[54] Felder, S. and van Nieuwkoop, R. "Revenue recycling of a CO₂ tax: Results from a general equilibrium model for Switzerland" *Annals of Operations Research* Vol.68, pp.233-265, 1996 年.

[55] Felder, S. and Schleiniger, R. "National CO₂ policy and Externalities: some general equilibrium results for Switzerland" *Energy Economics* Vol.24, No.5, pp.509-522, 2002 年.

[56] Hazilla, M. and Kopp, R.J. "Social cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis" *Journal Political Economy*, Vol.98, No.4 1990 年.

[57] Jorgenson, D.W. and Wilcoxon, P.J.

"Intertemporal General Equilibrium Modeling Of U.S. Environmental Regulation" *Journal of Policy Modeling*, Vol.12, No.4, pp.715-744, 1990 年.

[58] Jorgenson, D.W. and Wilcoxon, P.J.

"Reducing U.S. Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of Different Instruments" *Journal of Policy Modeling*, Vol.15, No.5, 6, pp.491-520, 1993 年.

[59] Kim, K.S., Tang, J.C.S. and Lefevre, T. "Analysis on Dual System (Carbon tax plus Emission Trading) in Domestic CO₂ Abatement Strategy –CGE Analysis for Korean Case–" *Journal of Economic Research*, vol.9, pp.271-308, 2004 年.

[60] Kiula, O. and Sleszynski, J. "Expected effects of the ecological tax reform for the Polish economy" *Ecological Economics*, Vol.46, pp.103-120, 2003 年.

[61] Komen, M.H.C. and Peerlings, J.H.M. "Energy Taxes in the Netherlands: What are the Dividends?" *Environmental and Resource Economics*, Vol.14, pp.243-268, 1999 年.

- [62] Kumbaroglu, G.S.
 "Environmental taxation and economic effects: a computable general equilibrium analysis for Turkey" *Journal of Policy Modeling*, Vol.25, pp.795-810, 2003 年.
- [63] Leontief, W. "Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach" *The Review of Economics and Statistics*, Vol.52, pp.262-271, 1970 年.
- [64] Park, S.J. "The Double Dividend of an Environmental Tax Reform in Japan-a CGE Analysis based on the 1995 Input-Output Table-" 『京都産業大学論集』社会科学系列第 21 号, pp.137-159, 平成 16 年 3 月.
- [65] Pearce, D. "The role of carbon taxes in adjusting to global warming" *The Economic Journal*, Vol.101, p938-948, 1991 年.
- [66] Parry, I.W.H. "Pollution Taxes and Revenue Recycling" *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol29, pp. s64-s77, 1995 年.
- [67] Pinto, L.M. and Harrison, G.W. "Multilateral negotiations over climate change policy" *Journal of Policy Modeling*, Vol.25, pp.911-930, 2003 年.
- [68] Terkla, D. "The Efficiency Value of Effluent Tax Revenues"
Journal of Environmental Economics and Management, Vol.11, pp.107-123, 1984 年.
- [69] Wendner, R. "An applied dynamic general equilibrium model of environmental tax reforms and pension policy" *Journal of Policy Modeling*, Vol.23, pp.25-50, 2001 年.
- [70] Winters, P., Murgai, R., Sadoulet, E., Janvry, A.D. and Frisvoid, G. "Economic and Welfare Impacts of Climate Change on Developing Countries" *Environmental and Resource Economics*, Vol.12, pp.1-24, 1998 年.
- [71] 有吉範敏, 作間逸雄, 谷口昭彦 「環境 SAM と環境政策上の諸課題に向けられた CGE モデルの構築」『産業連関-イノベーション&I-O テクニーク』環太平洋産業連関分析学会, Vol.14, No.2, pp.30-40, 2006 年 6 月.
- [72] 石田和之 「二重の配当と環境税率:展望」 『徳島大学社会科学研究所』第 15 号, pp.1-14, 2002 年.
- [73] 市岡修 「Leontief 環境経済に関する Stone と Mead の考察」 『専修経済学論集』第 38 巻第 2 号, pp.1-29, 2004 年 1 月.
- [74] 市岡修 「Leontief 環境経済 CGE モデルの構築」 『専修経済学論集』第 39 巻第 3 号, pp.1-28, 2005 年 3 月.
- [75] 江崎光男 「日本経済の CGE モデル」, 林周二・中村隆英 (編) 『日本経済と経済統計』東京大学出版会, pp. 147-167, 1986 年.
- [76] 江崎光男 「石油価格・財政金融政策・構造変化のマクロ・インパクト・タイ経済の一般均衡分析」『東南アジア研究』第 24 巻 3 号, pp.195-208, 1987 年 12 月.
- [77] 川瀬晃弘・北浦義朗・橋本恭之 「環境税と二重の配当 応用一般均衡モデルによる

シミュレーション分析」 『公共選択の研究』 第 41 号,pp.5-23,2003 年.

[78] 小平裕 「応用一般均衡分析の進め方」 『成城大學經濟研究』 113,pp.99-116,1991 年.

謝辞

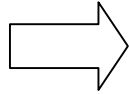
本研究を進めるにあたり終始あたたかいご指導と激励を賜りました専修大学経済学部 作間逸雄先生に心から感謝の意を表します。専修大学経済学部 市岡 修先生には CGE 分析のご指導をいただき、長崎大学環境科学部 有吉 範敏先生には環境勘定のご指導をいただき、静岡産業大学経営学部 牧野 好洋先生には研究へのご指導、ご助言をいただきました。深く感謝いたします。

また、国民経済計算研究会に参加されておられる先生方にも多大なご指導ご助言をいただいております。特に佐藤勢津子さんには、私のつたない報告にアドバイスをいただきました。深くお礼申し上げます。環境負荷データについて情報を提供していただいた(株)エス・アール・シーの宮近秀人さんに深くお礼を申し上げます。

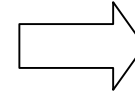
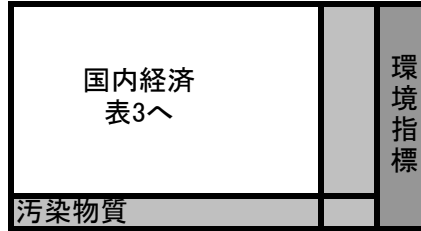
最後に、CGE 分析を始めるきっかけ与えてくださった、大阪大学理事 橋本日出男先生に心よりお礼申し上げます。

図1 環境勘定の相互関係

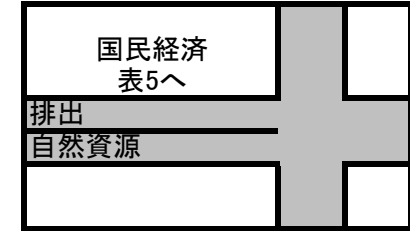
SAM(社会会計行列)



NAMEA(経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定)
(日本版ハイブリッド勘定)



SEEA-SAM(環境SAM)



貨幣データ表示のSN
Aデータから環境負荷
の物量データを追加
した。

日本版SEEA(表2c)
SEEA IV.2版に基づく
維持費用評価法で推計

帰属環境費用推計方法(表4a)
主な環境装置(表4b)
帰属環境費用推計結果(表4c)

SAM Social accounting matrix

NAMEA National accounting matrix including environmental accounts

SEEA System for integrated environmental and economic accounting

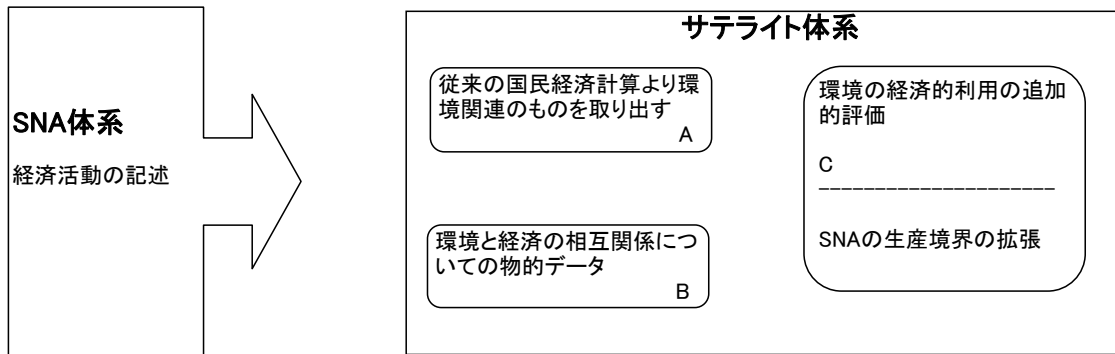
表1 社会会計行列(SAM)

単位:10億円

社会会計行列(SAM) 1995		財貨・サービス勘定 (財・サービス別)	生産勘定 (活動別)	最終消費 (目的別)	所得支出勘定			資本調達勘定		海外勘定
					所得発生 (付加価値項目別)	所得の分配・ 使用(制度部門別)	税勘定	蓄積活動	非金融勘定	
					1	2	3	4	5		6	7	8	9
財貨・サービス勘定(財・サービス別)		1	中間消費 431,040.2	最終消費 349,633.1				総資本形成	140,331.3	輸出 45,230.1
生産勘定(活動別)		2	産出額 922,938.0							
最終消費(目的別)		3			制度別の 最終消費 349,633.2					海外からの 雇用者報酬
所得 支出 勘定	所得発生(付加価値項目別)	4	総付加価値 458,525.0					固定資本減耗	-89,116.9	108.7
	所得の分配・使用(制度部門別)	5	輸入に課される 税・関税等		国民純所得 369,345.0	各種税の受取 82,588.3		海外からの財産 所得および 経常移転		19,372.2
	税勘定	6	973.1	純間接税 33,372.6	所得・富に課される 経常税の支払	48,242.6				海外からの資本移転
資本 調達 勘定	蓄積活動	7	4,051.0	統計上の不突合		純貯蓄 57,549.1				-214.4
	非金融資産	8			海外への財産所得 および経常移転		純資本形成	51,214.4	海外に対する 債権の純増	
海外勘定		9	輸入 38,272.4	海外への雇用 者報酬	171.8	15,880.6		10,171.8		経常対外収支 -10,386.2

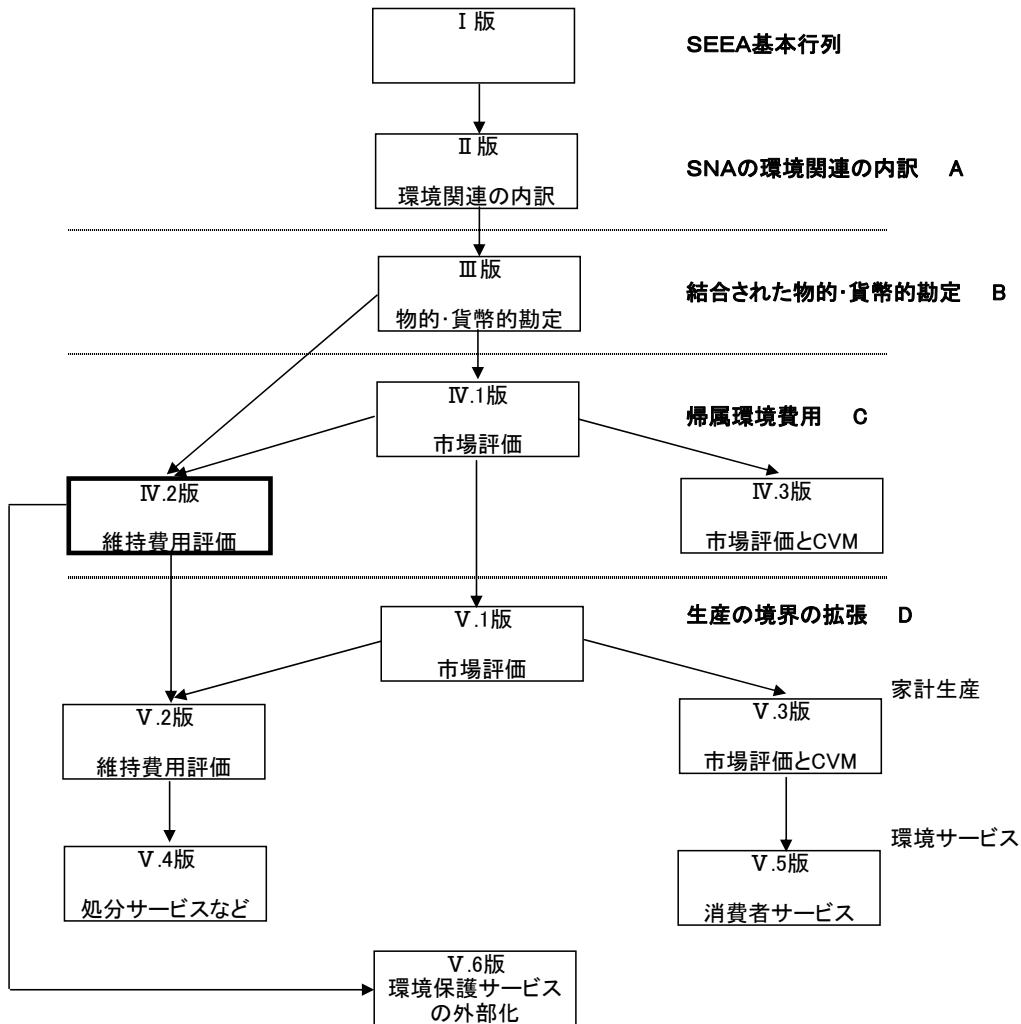
出所 国民経済計算年報:平成16年版 内閣府・経済社会総合研究所

表2a SEEA(環境・経済統合勘定)のサテライト体系



出所 経済企画庁経済研究所国民所得部『国民経済計算ハンドブック 環境・経済統合勘定』

表2b SEEAの各版



出所 経済企画庁経済研究所国民所得部『国民経済計算ハンドブック 環境・経済統合勘定』

表2c 日本版SEEA(1995年)簡略版

(単位: 10億円)

		生産活動 (産業分類)				最終消費			非金融資産							輸 出	輸 入 (控除)	不突合		
		産業	政府	対家計 民間非 営利団 体	支出 (部門別)	政府現実 最終消費	家計現実 最終消費	の蓄積と ストック	生産される 資産	生産されな い 資 産										
											大気	水	土壌	土地	地 下 資 源					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
期首ストック	1	—	—	—	—	—	—	—	#####	1,207,444.2	1,914,680.4	..	..	..	1,914,011.1	669.3	—	—	—	
生産物の使用	2	406,898.4	#####	15,295.9	3,656.1	#####	32,615.9	#####	140,338.6	135,741.0	4,597.6	..	..	..	4,597.6	0.0	45,461.6	#####	24,556.6	
環境関連の財貨・サービス	3	3,173.8	2,628.8	493.0	52.0	5,192.4	4,383.2	809.2	..	—	..	..	..	..	..	..	..	..	..	-1,238.0
その他の財貨・サービス	4	403,724.6	#####	14,802.9	3,604.1	#####	28,232.7	#####	140,338.6	135,741.0	4,597.6	..	..	..	4,597.6	0.0	45,461.6	#####	25,794.6	
生産される資産の使用 (固定資本減積)	5	88,442.3	78,699.8	8,900.8	841.7	—	—	—	-88,442.3	-88,442.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
自然資産の使用 (帰属環境費用)	6	3,640.2	2,677.6	962.6	..	1,936.2	0.6	1,935.6	-5,575.6	0.0	-5,575.6	#####	-894.6	..	-2,333.5	-2.2	..	..	..	—
廃物の排出	7	2,256.1	1,293.5	962.6	..	1,936.2	0.6	1,935.6	-4,192.3	..	-4,192.3	#####	-894.6	..	-951.6	..	..	..	..	—
土地・森林等の使用	8	1,381.9	1,381.9	0.0	..	..	..	..	-1,381.9	0.0	-1,381.9	..	..	..	-1,381.9	..	..	..	..	—
資源の枯渇	9	2.2	2.2	..	..	..	..	..	-2.2	..	-2.2	..	..	..	..	-2.2	..	..	..	—
地球環境への影響	10	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	—
自然資産のその他の使用	11	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	—
自然資産の復元 (帰属環境費用)	12	..	..	..	..	-18.1	-18.1	..	18.1	..	18.1	..	9.2	8.9	..	..	..	..	..	—
帰属環境費用の移項 (環境関連の移転支出)	13	-774.4	188.2	-962.6	..	774.4	..	774.4	—	—	—	—	—	—	—	—	..	..	..	—
環境調査 済国内純 生産 (EDP)	14	-2,865.8	-2,865.8	0.0	0.0	-2,692.4	17.5	-2,709.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
国内純生産(NDP)	15	429,319.6	#####	32,654.3	8,043.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
産出額	16	924,660.3	#####	56,851.0	#####	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
自然資産の蓄積に関する調整項目	17	—	—	—	—	—	—	—	5,920.1	379.1	5,541.0	2,346.1	885.4	-8.9	2,333.5	-15.1	—	—	—	—
その他の調整項目	18	—	—	—	—	—	—	—	-116,346.5	-28,569.2	-87,777.3	..	..	..	-87,777.3	..	—	—	—	—
期末ストック	19	—	—	—	—	—	—	—	#####	1,226,552.8	1,831,484.2	..	..	..	1,830,831.4	652.0	—	—	—	

注1) 本表は、(財)日本総合研究所[10]を簡略化したものである。表中、「—」は概念的に存在しないセルを、「..」は推計できないため数値を計上しないセルをそれぞれ表す。なお、14行には、帰属環境費用の合計にマイナス符号をつけてエコマージンとして記録している。

注2) 18列の不突合は、総資本形成に係る消費税控除額(1,879.5)、帰属利子(24,424.7)、および中間消費と中間投入の推計方法の違いによって生じる誤差(-1,747.6)から成っている。

注3) 15行1列の国内純生産(NDP)は、輸入税(2,859.7)を加え、総資本形成に係る消費税控除額(1,879.5)と帰属利子(24,424.7)を控除すると405,875.1となり、原表と対応する。

表3a 日本版ハイブリッド勘定縮小図 1995

日本版ハイブリッド勘定	財貨・サービス勘定 (財・サービス別)	生産勘定 (活動別)	最終消費 (目的別)	所得支出 勘定	資本調達 勘定	海外勘定	物質				環境への蓄積		環境問題						
							汚染物質	自然資源	土地利用	隠れたマテリアルフロー	国内環境へ	海外環境へ	地球	地域的	自然資源の減少	土地利用	隠れたマテリアルフロー		
							7	8	9	10	11		12						
期首ストック																			
財貨・サービス勘定 (財・サービス別)	1		431,040.2	349,633.1		140,331.3	45,230.1												
生産勘定(活動別)	2	922,938.0						生産者の汚染排出											
最終消費(目的別)	3				349,633.2			消費者の汚染排出											
所得支出勘定	4	973.1	491,897.6				19,480.9												
資本調達勘定	5	4,051.6			146,666.0		-214.4	その他の排出と自然資源の復元											
海外勘定	6	38,272.4			16,052.4	10,171.8													
物質	汚染物質	7		汚染物質の処理・再生利用			海外への汚染排出フロー					環境負荷	環境負荷	環境指標					
	自然資源	8		国内自然資源の採取															
環境指標	9						環境指標												
期末ストック	10																		

貨幣額表示 (十億円)

物量表示

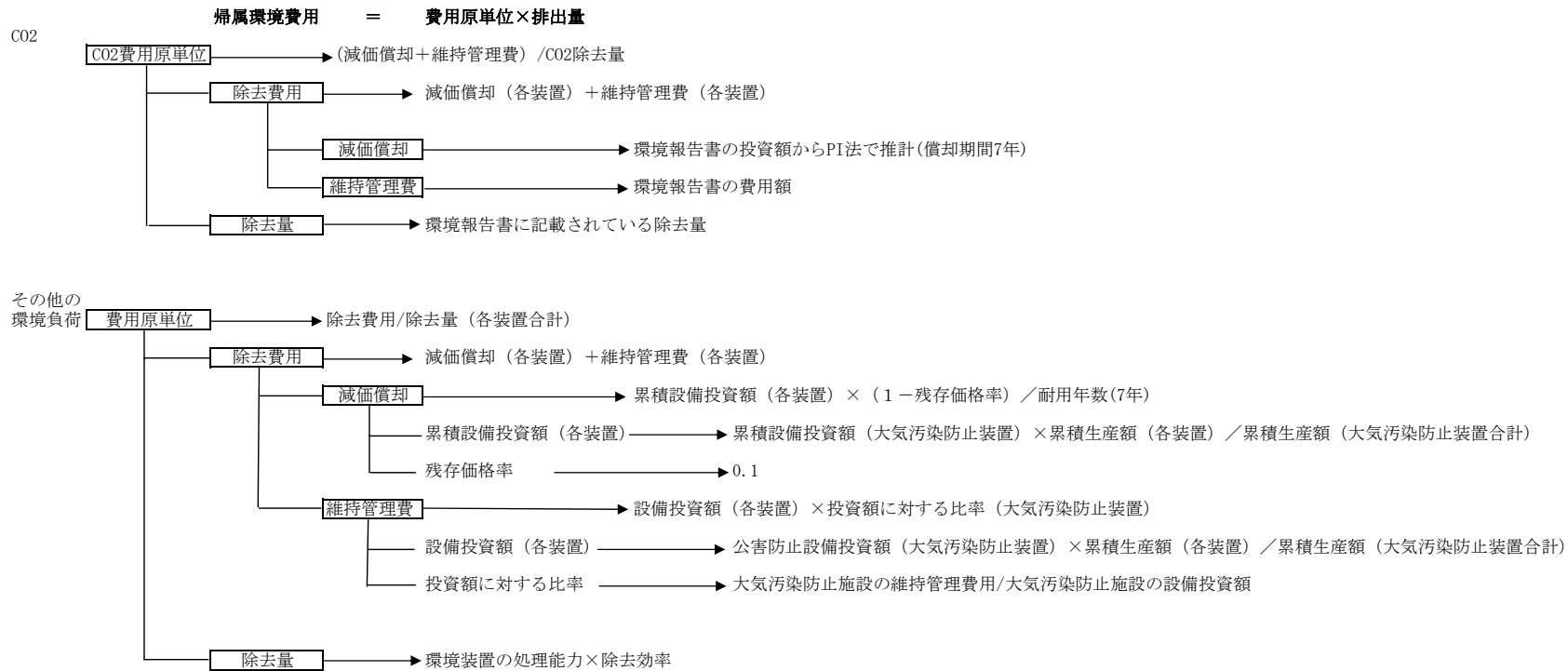
← : 物量フロー

表3b 経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定(日本版ハイブリッド勘定(1995年))

: 国民勘定行列(貨幣単位) (NAM: National accounting matrix)		: 貨幣フロー		: 環境勘定(物的単位) (EA: Environmental Accounts)		: 物質フロー											
勘定(分類)	財・サービス(種類別)	生産活動(活動別)	最終消費(目的別)	所得支出			資本調達			海外							
				付加価値(項目別)	分配・使用(部門別)	税(種類別)	蓄積活動(部門別)	非金融資産(種類別)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9								
期首ストック	OA		3,119,756.2														
財・サービス(種類別)	1	431,040.2	349,633.1			140,331.3	45,230.1										
生産活動(活動別)	2	922,938.0															
最終消費(目的別)	3			349,633.2													
付加価値(項目別)	4	458,925.0					-89,116.9	108.7									
分配・使用(部門別)	5			369,345.0		82,588.3		19,372.2									
税(種類別)	6	973.1	33,372.6		48,242.6												
資本(部門別)	7	4,051.6			57,549.1			-214.4									
非金融資産(種類別)	8						51,214.4										
海外	9	38,272.4		171.8	15,880.6		10,171.8										
物質																	
大気関連																	
温暖化																	
CO2	10a																
N2O	10b																
CH4	10c																
その他(3)	10d																
酸性化																	
NOX	10e																
SO2	10f																
水質																	
T-P&T-N	10g																
汚染排水	10h																
廃棄物	10i		363,707														
エネルギー資源(3)	10j		279				16,246										
森林資源(森林体積)	10k		22,915				89,015										
水資源(水使用)	10l		88,900				0										
漁業資源(水産物)	10m		6,768				6,755										
農用地	10n																
その他(用途別5)	10o																
隠れたマテリアルフロー	10p		1,218							2,520							
調整勘定/環境指標	R						-124,777.7										
期末ストック	CA						3,046,192.9										
単位		10億円															
		千t-CO2	千t-N2O	千t-CH4	千t-CO2	千t-NOX	千t-SO2	千t	千t	千t	千兆J	千m3	百万m3	千t	千ha	千ha	百万t
環境問題																	
地球																	
温室効果	11a																
酸性化	11b																
富栄養化	11c																
汚染排水	11d																
廃棄物	11e																
エネルギー資源	11f																
森林資源	11g																
水資源	11h																
漁業資源	11i																
農用地	11j																
その他(用途別)	11k																
隠れたマテリアルフロー	11l																
国内環境への負荷	X1																
海外環境への負荷	X2																
期首ストック		-	-	-	-	-	-	-	22,597	-	-	-	-	5,170	32,610	-	-
環境指標		1,369,267	2,407	520	19	82,602	-279	50,743	-88,900	-6,768	-40	50	-1,218				
期末ストック		-	-	-	-	-	-	-	22,317	-	-	-	5,310	32,660	-	-	-
単位		千t-CO2	千t-SO2	千t-PO4 ³⁻	千t-PO4 ⁴⁻	千t	千兆J	千m3	百万m3	千t	千ha	千ha	百万t				

注)本表は、経済社会研究所国民経済計算部「新しい環境・経済統合勘定について」(<http://www.esri.cao.go.jp/sna/sateraio/041012/kankyoku.html>)の参考資料1-2を簡略化したものである。

表4a 帰属環境費用の計算方法の概要



各装置とは排煙脱硫装置などの主要な環境装置 (表4b) を指している。

生産され

ない資産 帰属環境費用 (13092.6)

土地開発 (4.36)	帰属環境費用対象の土地利用転換面積 × 土地造成生産額 / 全国の総土地利用転換面積
森林伐採 (0.79)	超過伐採量 (森林の成長良 - 森林の伐採量) × 素材生産額 / 素材生産量
資源の枯渇 (13087.48)	ユーザーコスト法 地下資源の生産額 (R) その資源が枯渇した後の同様の所得 (X) 利子率 (i) 資源の残存年数 (n) ユーザーコスト (R - X) = $[1/(1+i)^n] \times R$

注1: その他の環境負荷の計算方法については、(財)日本総合研究所(1998)『環境経済統合勘定の確立に関する研究(平成12年度内閣府委託調査)』を参照

注2: 減価償却費の推計は定額法で推計されている。その他の環境負荷では7年分の累積減価償却費を7等分している。

注3: CO2は京都メカニズムの基準から9.7%削減を、その他の環境負荷はゼロエミッションで推計している。

注4: 大気汚染防止装置は大気汚染にかかわる環境負荷で、水質汚濁については水質汚濁防止装置となる。

表4b 推計の際に基準とした主な環境装置

環境負荷項目	推計で利用された環境装置
SOX	: 大気汚染防止装置(排煙脱硫装置)
	: 大気汚染防止装置(重油脱硫装置)
NOX	: 大気汚染防止装置(排煙脱硝装置)
SPM	: 大気汚染防止装置(集じん装置)
水質汚濁 (T-P、T-N、 COD)	: 水質汚濁防止装置(産業排水処理)
廃棄物	: 産業廃棄物処理(産業廃棄物処理装置)

排出	大気汚染防止装置
水質汚濁	水質汚濁防止装置
廃棄物	産業廃棄物処理装置

表4c 帰属環境費用推計結果

単位:10億円

		農林水産業	鉱業	製造業	建設業	電気・ガス・水道業	卸売・小売業	金融・保険業	不動産業	運輸・通信業	サービス業	合計	
排出	温暖化	CO2	1,814.996	46.833	49,492.197	1,683.171	7,472.125	56.661	17.772	29.485	331.915	88.269	61,033.422
		N2O	0.224	0.023	4.234	1.211	0.315	1.468	0.546	0.895	0.741	2.058	11.714
		CH4	0.086	0.009	1.622	0.464	0.121	0.562	0.209	0.343	0.284	0.788	4.487
		HFCs	1.683	0.171	31.875	9.114	2.369	11.049	4.114	6.739	5.578	15.493	88.184
		PFCs	0.967	0.098	18.309	5.235	1.361	6.346	2.363	3.871	3.204	8.899	50.653
		SF6	1.407	0.143	26.640	7.618	1.980	9.234	3.438	5.632	4.662	12.948	73.701
	酸性化	NOX	22.999	0.622	53.664	14.400	29.215	1.347	0.104	0.518	4,856.989	4.869	4,984.727
		SO2	5.178	0.042	16.168	0.547	10.315	1.389		0.126	2,225.938	1.937	2,261.640
		SPM	7.090	0.074	10.887	2.582	9.095	0.293	0.020	0.105	28.358	0.919	59.423
水利用	T-P	67.807	6.245	831.989	296.327	96.711	549.888	212.580	433.405	255.862	639.425	3,390.239	
	T-N	51.046	4.701	626.332	223.078	72.806	413.963	160.033	326.273	192.616	481.368	2,552.216	
	汚染排水	20.549	1.892	252.129	89.800	29.308	166.640	64.421	131.341	77.538	193.774	1,027.392	
廃棄物	最終処分	301.368	30.954	3,238.804	1,198.332	310.100	1,610.196	685.092	1,291.091	803.117	1,958.903	11,427.956	
エコマージン		-2,295.399	-91.805	-54,604.849	-3,531.879	-8,035.819	-2,829.036	-1,150.692	-2,229.824	-8,786.802	-3,409.650	-86,965.754	

帰属環境費用と付加価値との比率(%)

農林水産業	20.84
鉱業	4.95
製造業	36.93
建設業	9.15
電気・ガス・水道業	63.26
卸売・小売業	7.40
金融・保険業	5.80
不動産業	4.39
運輸・通信業	28.30
サービス業	3.30

表4d 環境負荷の費用原単位

環境負荷項目		費用原単位	単位
廃物の 排出	温暖化	CO2	
		N2O	47.511 百万円/(万t/年)
		CH4	47.511 百万円/(万t/年)
		HFCs	47.511 百万円/(万t/年)
		PFCs	47.511 百万円/(万t/年)
		SF6	47.511 百万円/(万t/年)
	酸性化	NOX	22.876 億円/千t
		SO2	0.421 億円/千t
		SPM	1.988 百万円/千t
水利用	T-P	120.7 百万円/(t/日)	
	T-N	5.6 百万円/(t/日)	
	汚染排水	2.9 百万円/(t/日)	
廃棄物	最終処分	47.511 百万円/(万t/年)	

注1: N2O, CH4, HFCs, PFCs, SF6については廃棄物処理の際に除去されるため、廃棄物の費用原単位を用いる

CO2原単位	
産業	百万円/千t
農林水産業	552.0
鉱業	209.6
製造業	886.2
建設業	1,044.8
電気・ガス・水道業	216.2
卸売・小売業	33.8
金融・保険業	28.5
不動産業	28.9
運輸・通信業	26.5
サービス業	37.6

表5 SEEA-SAM簡略版 1995

単位:10億円

日本のSAMに日本版SEEAを導入したSEEA-SAMの簡略版。

		生産要素		所得支出		資本移転	生産		環境負荷	最終消費		海外			
		所得の発生	税勘定	統計上の不突合	所得の分配・使用		蓄積勘定	生産される資産		生産されない資産	国内最終消費(目的別)	生産活動(活動別)	財貨・サービス(生産物別)	経常取引	資本取引
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
期首ストック		OA						1,207,444.2	1,914,680.4						
生産要素	所得の発生(付加価値項目別)	1									458,525.0			108.7	
	税勘定	2			48,242.6						34,345.7				
統計上の不突合		3									23,802.0				
所得支出	所得の分配・使用	4	458,461.9	82,588.3										19,372.2	
	蓄積活動(制度部門別)	5		4,051.6	146,666.0										-10,171.8
資本移転		6				214.4									
非金融資産	生産される資産(種類別)	7				127,238.7									
	生産されない資産(種類別)	8				13,092.6									
環境負荷	廃物の排出	9a							-68,568.0			68,568.0			
	水利用	9b							-6,969.8			6,969.8			
	廃棄物	9c							-11,428.0			11,428.0			
	エコマージン	9d							86,965.8			-86,965.8			
最終消費	国内最終消費(目的別)	10			349,633.2										
生産活動(活動別)		11										923,911.0			
財貨・サービス(生産物別)		12		19,750.4				127,238.7	13,092.6		349,633.1	407,238.2		45,230.1	
海外	経常取引	13	171.8		15,880.6								38,272.4		
	資本取引	14					214.4								-10,386.2
経済的要因による量的変化		X1						379.1	-17.3						
市場価格変化による再評価		X2						-28,569.2	-87,777.3						
期末ストック		CA						1,226,552.8	1,831,483.4						

- SEEAデータ 日本版SEEA1995 ((財)日本総合研究所推計)
- SNAデータ(国民経済計算年報:平成16年度版)
- 日本版NAMEAからの推計

RAS法のフローチャート

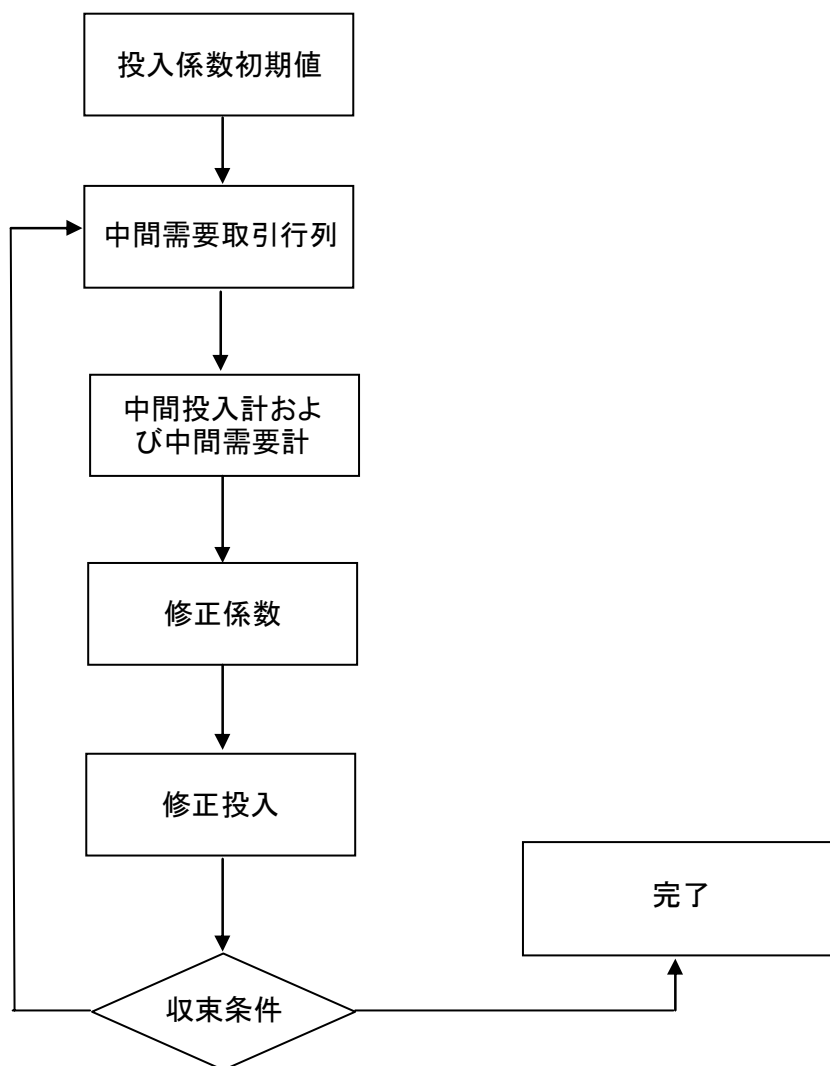


表6 SAM形式のモデルの概要

基本形

		生産要素	環境負荷	制度部門	活動別	海外
		1	2	3	4	5
生産要素	1				資本・労働需要	
環境負荷	2					
制度部門	3	資本・労働の報酬				移転など
活動別	4			消費	中間消費	輸出
海外	5			移転など	輸入	

生産要素モデル

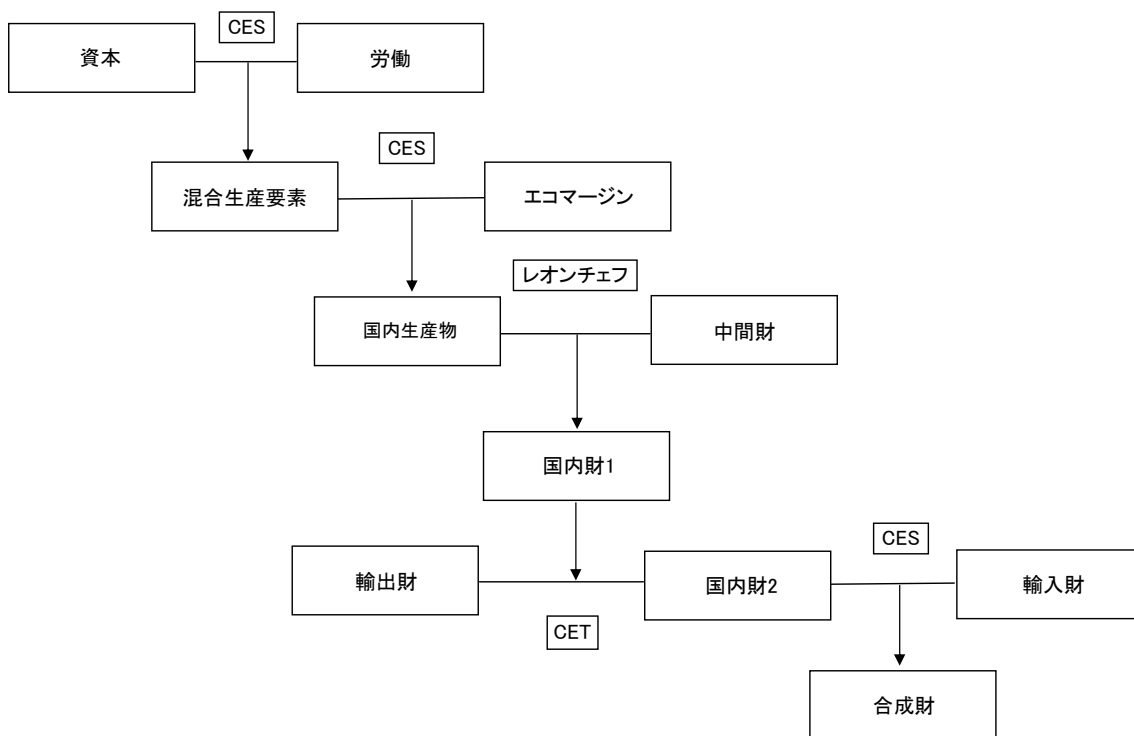
		生産要素	環境負荷	制度部門	活動別	海外
		1	2	3	4	5
生産要素	1				労働・資本から エコマージン分 をマイナス	
環境負荷	2				エコマージン	
制度部門	3	資本・労働の報酬	環境の報酬			移転など
活動別	4			消費	中間消費	輸出
海外	5			移転など	輸入	

副産物モデル

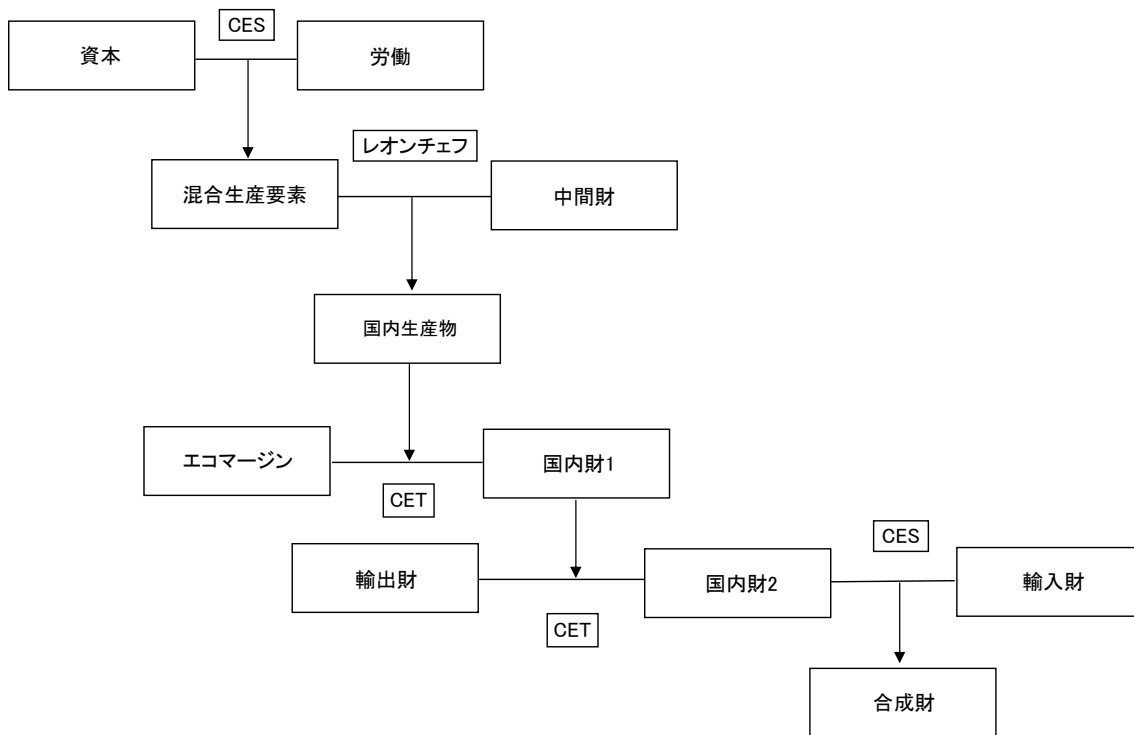
		生産要素	環境負荷産業	制度部門	活動別	海外
		1	2	3	4	5
生産要素	1				資本・労働需要	
環境負荷産業	2				エコマージン	
制度部門	3	資本・労働の報酬				移転など
活動別	4		エコマージン	消費	中間消費	輸出
海外	5			移転など	輸入	

表7 SEEAJAPAN95 環境モデルのチャート図

生産要素モデル



副産物モデル



注 CES、CET、レオンチェフとはそれぞれの関数形を表している。

シミュレーション結果 GDPの変化

単位 10億円

二重の配当	基準GDP	環境税	家計所得税 減税	法人税減税
生産要素モデル A	505,474.3	504,583.6	505,240.6	504,583.6
生産要素モデル B	505,474.3	504,583.6	505,240.6	504,583.6
生産要素モデル C	505,474.3	504,583.6	505,240.6	504,583.6
副産物モデル	505,474.3	502,700.7	502,831.8	502,700.7

単位 10億円

排出権取引	基準GDP	エコマーヅン 総量規制	エコマーヅン 総量増加
生産要素モデル A	505,474.3	485,319.7	514,490.6
生産要素モデル B	505,474.3	485,319.7	514,490.6
生産要素モデル C	505,474.3	485,319.7	514,490.6
副産物モデル	505,474.3	504,374.8	505,936.1

%

二重の配当	環境税	家計所得税 減税	法人税減税
生産要素モデル A	-0.176	-0.046	-0.176
生産要素モデル B	-0.176	-0.046	-0.176
生産要素モデル C	-0.176	-0.046	-0.176
副産物モデル	-0.549	-0.523	-0.549

%

排出権取引	エコマーヅン 総量規制	エコマーヅン 総量増加
生産要素モデル A	-3.987	1.784
生産要素モデル B	-3.987	1.784
生産要素モデル C	-3.987	1.784
副産物モデル	-0.218	0.091

シミュレーション結果 家計の所得と消費

生産要素モデル A

%

経済主体	環境税	家計所得税 減税	法人税減税	エコマー ジ ン 総 量 規 制	エコマー ジ ン 総 量 増 加
家計 資本報酬	-0.665	-0.017	-0.665	-1.442	3.512
家計 労働報酬	-0.635	-0.061	-0.635	-1.645	4.017
家計消費	-0.882	0.408	-0.882	-0.339	0.631

生産要素モデル B

%

経済主体	環境税	家計所得税 減税	法人税減税	エコマー ジ ン 総 量 規 制	エコマー ジ ン 総 量 増 加
家計 資本報酬	-0.665	-0.017	-0.665	-1.442	3.512
家計 労働報酬	-0.635	-0.061	-0.635	-1.645	4.017
家計消費	-0.882	0.408	-0.882	-0.339	0.631

生産要素モデル C

%

経済主体	環境税	家計所得税 減税	法人税減税	エコマー ジ ン 総 量 規 制	エコマー ジ ン 総 量 増 加
家計 資本報酬	-0.665	-0.017	-0.665	-1.442	3.512
家計 労働報酬	-0.635	-0.061	-0.635	-1.645	4.017
家計消費	-0.882	0.408	-0.882	-0.339	0.631

副産物モデル

%

経済主体	環境税	家計所得税 減税	法人税減税	エコマー ジ ン 総 量 規 制	エコマー ジ ン 総 量 増 加
家計 資本報酬	2.054	2.696	2.054	-4.454	1.812
家計 労働報酬	2.024	2.617	2.024	-4.715	1.924
家計消費	1.372	2.241	1.372	-3.147	1.283

シミュレーション結果 産業別の影響

生産要素モデル A 混合生産要素とエコマージンの代替

%

労働増加	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	2.945	-0.823	-2.256	-2.256	-0.362
鉱業	5.479	1.619	0.149	0.149	4.024
製造業	1.916	-1.814	-3.233	-3.233	-1.089
建設業	-6.625	-10.043	-11.343	-11.343	-5.626
電気・ガス・水道業	4.517	0.692	-0.763	-0.763	-0.443
卸売・小売業	0.067	-3.595	-4.989	-4.989	-1.222
金融・保険業	0.329	-3.343	-4.738	-4.740	-1.574
不動産業	3.443	-0.343	-1.784	-1.784	-1.144
運輸・通信業	-0.173	-3.826	-5.216	-5.217	-1.860
サービス業	-1.681	-5.280	-6.649	-6.649	-2.291

%

資本増加	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-4.060	-0.472	-5.036	-5.036	-1.315
鉱業	0.451	4.208	-0.570	-0.571	2.412
製造業	-1.087	2.612	-2.093	-2.093	-0.900
建設業	-3.182	0.438	-4.167	-4.167	-2.843
電気・ガス・水道業	2.001	5.815	0.963	0.963	0.111
卸売・小売業	-2.392	1.258	-3.385	-3.385	-1.135
金融・保険業	-3.666	-0.064	-4.648	-4.646	-1.403
不動産業	-6.336	-2.833	-7.290	-7.288	-1.533
運輸・通信業	0.157	3.902	-0.862	-0.862	-0.320
サービス業	-2.876	0.756	-3.864	-3.864	-1.272

%

環境税	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

所得税減税	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-0.200	-0.222	-0.231	-0.231	0.067
鉱業	-0.492	-0.514	-0.523	-0.522	-0.246
製造業	-0.284	-0.306	-0.315	-0.315	0.189
建設業	-0.047	-0.069	-0.078	-0.078	0.352
電気・ガス・水道業	-0.128	-0.150	-0.158	-0.158	0.034
卸売・小売業	0.008	-0.014	-0.023	-0.022	0.097
金融・保険業	0.150	0.128	0.118	0.120	0.287
不動産業	0.198	0.176	0.166	0.168	0.295
運輸・通信業	-0.086	-0.108	-0.116	-0.116	0.035
サービス業	0.006	-0.016	-0.024	-0.024	0.228

シミュレーション結果 産業別の影響

生産要素モデル B 資本とエコマーシンの代替

%

労働増加	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	2.945	-0.823	-2.256	-2.256	-0.362
鉱業	5.479	1.619	0.149	0.149	4.024
製造業	1.916	-1.814	-3.233	-3.233	-1.089
建設業	-6.625	-10.043	-11.343	-11.343	-5.626
電気・ガス・水道業	4.517	0.692	-0.763	-0.763	-0.443
卸売・小売業	0.067	-3.595	-4.989	-4.989	-1.222
金融・保険業	0.329	-3.343	-4.738	-4.740	-1.574
不動産業	3.443	-0.343	-1.784	-1.784	-1.144
運輸・通信業	-0.173	-3.826	-5.216	-5.217	-1.860
サービス業	-1.681	-5.280	-6.649	-6.649	-2.291

%

資本増加	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-4.060	-0.472	-5.036	-5.036	-1.315
鉱業	0.451	4.208	-0.570	-0.571	2.412
製造業	-1.087	2.612	-2.093	-2.093	-0.900
建設業	-3.182	0.438	-4.167	-4.167	-2.843
電気・ガス・水道業	2.001	5.815	0.963	0.963	0.111
卸売・小売業	-2.392	1.258	-3.385	-3.385	-1.135
金融・保険業	-3.666	-0.064	-4.648	-4.646	-1.403
不動産業	-6.336	-2.833	-7.290	-7.288	-1.533
運輸・通信業	0.157	3.902	-0.862	-0.862	-0.320
サービス業	-2.876	0.756	-3.864	-3.864	-1.272

%

環境税	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

所得税減税	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-0.200	-0.222	-0.231	-0.231	0.067
鉱業	-0.492	-0.514	-0.523	-0.522	-0.246
製造業	-0.284	-0.306	-0.315	-0.315	0.189
建設業	-0.047	-0.069	-0.078	-0.078	0.352
電気・ガス・水道業	-0.128	-0.150	-0.158	-0.158	0.034
卸売・小売業	0.008	-0.014	-0.023	-0.022	0.097
金融・保険業	0.150	0.128	0.118	0.120	0.287
不動産業	0.198	0.176	0.166	0.168	0.295
運輸・通信業	-0.086	-0.108	-0.116	-0.116	0.035
サービス業	0.006	-0.016	-0.024	-0.024	0.228

シミュレーション結果 産業別の影響

生産要素モデル C 労働とエコマージンの代替

%

労働増加	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	2.945	-0.823	-2.256	-2.256	-0.362
鉱業	5.479	1.619	0.149	0.149	4.024
製造業	1.916	-1.814	-3.233	-3.233	-1.089
建設業	-6.625	-10.043	-11.343	-11.343	-5.626
電気・ガス・水道業	4.517	0.692	-0.763	-0.763	-0.443
卸売・小売業	0.067	-3.595	-4.989	-4.989	-1.222
金融・保険業	0.329	-3.343	-4.738	-4.740	-1.574
不動産業	3.443	-0.343	-1.784	-1.784	-1.144
運輸・通信業	-0.173	-3.826	-5.216	-5.217	-1.860
サービス業	-1.681	-5.280	-6.649	-6.649	-2.291

%

資本増加	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-4.060	-0.472	-5.036	-5.036	-1.315
鉱業	0.451	4.208	-0.570	-0.571	2.412
製造業	-1.087	2.612	-2.093	-2.093	-0.900
建設業	-3.182	0.438	-4.167	-4.167	-2.843
電気・ガス・水道業	2.001	5.815	0.963	0.963	0.111
卸売・小売業	-2.392	1.258	-3.385	-3.385	-1.135
金融・保険業	-3.666	-0.064	-4.648	-4.646	-1.403
不動産業	-6.336	-2.833	-7.290	-7.288	-1.533
運輸・通信業	0.157	3.902	-0.862	-0.862	-0.320
サービス業	-2.876	0.756	-3.864	-3.864	-1.272

%

環境税	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

所得税減税	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-0.200	-0.222	-0.231	-0.231	0.067
鉱業	-0.492	-0.514	-0.523	-0.522	-0.246
製造業	-0.284	-0.306	-0.315	-0.315	0.189
建設業	-0.047	-0.069	-0.078	-0.078	0.352
電気・ガス・水道業	-0.128	-0.150	-0.158	-0.158	0.034
卸売・小売業	0.008	-0.014	-0.023	-0.022	0.097
金融・保険業	0.150	0.128	0.118	0.120	0.287
不動産業	0.198	0.176	0.166	0.168	0.295
運輸・通信業	-0.086	-0.108	-0.116	-0.116	0.035
サービス業	0.006	-0.016	-0.024	-0.024	0.228

生産要素モデル A 混合生産要素とエコマージンの代替

%

法人税減税	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

エコマージン数量規制	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	3.268	3.519	-6.093	-4.543	1.467
鉱業	-5.833	-5.604	-14.369	-12.955	-5.792
製造業	9.892	10.159	-0.070	1.580	4.141
建設業	6.034	6.292	-3.578	-1.986	6.595
電気・ガス・水道業	19.156	19.446	8.355	10.144	5.831
卸売・小売業	2.573	2.823	-6.724	-5.185	2.425
金融・保険業	1.561	1.808	-7.648	-6.121	1.979
不動産業	1.653	1.901	-7.561	-6.035	2.300
運輸・通信業	5.848	6.105	-3.747	-2.158	3.218
サービス業	0.937	1.182	-8.213	-6.698	1.879

%

エコマージン数量増加	労働	資本	CO2のエコ マージン	その他環境負荷 のエコマージン	財生産
農林水産業	-1.421	-1.523	2.710	1.956	-0.615
鉱業	2.638	2.532	6.940	6.156	2.649
製造業	-4.093	-4.191	-0.073	-0.806	-1.725
建設業	-2.506	-2.607	1.580	0.834	-2.714
電気・ガス・水道業	-7.384	-7.480	-3.503	-4.211	-2.318
卸売・小売業	-1.069	-1.171	3.078	2.321	-0.995
金融・保険業	-0.635	-0.737	3.528	2.770	-0.798
不動産業	-0.683	-0.785	3.480	2.720	-0.939
運輸・通信業	-2.446	-2.546	1.643	0.897	-1.328
サービス業	-0.353	-0.455	3.823	3.062	-0.751

排出権＝エコマージンと仮定している。

生産要素モデル B 資本とエコマーシンの代替

%

法人税減税	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

エコマーシ数量規制	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	3.268	3.519	-6.093	-4.543	1.467
鉱業	-5.833	-5.604	-14.369	-12.955	-5.792
製造業	9.892	10.159	-0.070	1.580	4.140
建設業	6.034	6.292	-3.578	-1.986	6.595
電気・ガス・水道業	19.156	19.446	8.355	10.144	5.831
卸売・小売業	2.573	2.823	-6.724	-5.185	2.425
金融・保険業	1.561	1.808	-7.648	-6.121	1.979
不動産業	1.653	1.901	-7.561	-6.035	2.300
運輸・通信業	5.848	6.106	-3.747	-2.158	3.218
サービス業	0.937	1.182	-8.213	-6.698	1.879

%

エコマーシ数量増加	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-1.421	-1.523	2.710	1.956	-0.615
鉱業	2.638	2.532	6.940	6.156	2.649
製造業	-4.093	-4.191	-0.073	-0.806	-1.725
建設業	-2.506	-2.607	1.580	0.834	-2.714
電気・ガス・水道業	-7.384	-7.480	-3.503	-4.211	-2.318
卸売・小売業	-1.069	-1.171	3.078	2.321	-0.995
金融・保険業	-0.635	-0.737	3.528	2.770	-0.798
不動産業	-0.683	-0.785	3.480	2.720	-0.939
運輸・通信業	-2.446	-2.546	1.643	0.897	-1.328
サービス業	-0.353	-0.455	3.823	3.062	-0.751

排出権＝エコマーシと仮定している。

生産要素モデル C 労働とエコマーシンの代替

%

法人税減税	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-0.724	-0.709	-1.040	-1.039	-0.459
鉱業	-0.543	-0.529	-0.861	-0.860	-0.267
製造業	-0.596	-0.581	-0.912	-0.912	-0.314
建設業	-0.567	-0.552	-0.883	-0.883	-0.118
電気・ガス・水道業	-0.323	-0.308	-0.640	-0.640	-0.491
卸売・小売業	-0.845	-0.830	-1.160	-1.160	-0.750
金融・保険業	-0.672	-0.657	-0.990	-0.988	-0.505
不動産業	-0.704	-0.689	-1.021	-1.020	-0.538
運輸・通信業	-0.619	-0.604	-0.935	-0.935	-0.639
サービス業	-0.752	-0.737	-1.068	-1.068	-0.484

%

エコマーシ数量規制	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	3.268	3.519	-6.093	-4.543	1.467
鉱業	-5.833	-5.604	-14.369	-12.955	-5.792
製造業	9.892	10.159	-0.070	1.580	4.141
建設業	6.034	6.292	-3.578	-1.986	6.595
電気・ガス・水道業	19.156	19.446	8.355	10.144	5.831
卸売・小売業	2.573	2.823	-6.724	-5.185	2.425
金融・保険業	1.561	1.808	-7.648	-6.121	1.979
不動産業	1.653	1.901	-7.561	-6.035	2.300
運輸・通信業	5.848	6.105	-3.747	-2.158	3.218
サービス業	0.937	1.182	-8.213	-6.698	1.879

%

エコマーシ数量増加	労働	資本	CO2のエコマーシ	その他環境負荷のエコマーシ	財生産
農林水産業	-1.421	-1.523	2.710	1.956	-0.615
鉱業	2.638	2.532	6.940	6.156	2.649
製造業	-4.093	-4.191	-0.073	-0.806	-1.725
建設業	-2.506	-2.607	1.580	0.834	-2.714
電気・ガス・水道業	-7.384	-7.480	-3.503	-4.211	-2.318
卸売・小売業	-1.069	-1.171	3.078	2.321	-0.995
金融・保険業	-0.635	-0.737	3.528	2.770	-0.798
不動産業	-0.683	-0.785	3.480	2.720	-0.939
運輸・通信業	-2.446	-2.546	1.643	0.897	-1.328
サービス業	-0.353	-0.455	3.823	3.062	-0.751

排出権=エコマーシと仮定している。

シミュレーション結果 産業別の影響

副産物モデル

%

労働増加	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	6.393	2.527	-66.694	-5.010
鉱業	11.479	7.429	-67.945	5.612
製造業	1.380	-2.304	-68.083	-9.883
建設業	-5.623	-9.052	-68.394	-7.825
電気・ガス・水道業	5.005	1.189	-66.972	-16.199
卸売・小売業	1.600	-2.091	-68.248	-4.222
金融・保険業	2.121	-1.590	-67.770	-2.592
不動産業	4.941	1.128	-66.054	-1.818
運輸・通信業	1.381	-2.303	-68.435	-12.311
サービス業	0.578	-3.076	-68.364	-2.449

%

資本増加	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	-3.281	0.165	-55.215	-5.806
鉱業	5.149	8.895	-53.738	4.217
製造業	-1.361	2.154	-53.337	-8.136
建設業	-3.989	-0.567	-52.989	-5.597
電気・ガス・水道業	-4.062	-0.644	-54.516	-14.273
卸売・小売業	-2.120	1.368	-53.467	-4.079
金融・保険業	-2.862	0.600	-54.091	-2.840
不動産業	-5.589	-2.225	-56.172	-2.707
運輸・通信業	-1.115	2.408	-53.140	-9.730
サービス業	-1.731	1.771	-53.259	-1.863

%

環境税	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	3.359	3.344	-75.452	-5.435
鉱業	3.509	3.493	-75.450	-0.418
製造業	2.789	2.774	-75.482	-8.842
建設業	2.082	2.067	-75.470	-0.824
電気・ガス・水道業	2.868	2.853	-75.485	-17.450
卸売・小売業	1.452	1.437	-75.431	-3.472
金融・保険業	1.746	1.731	-75.426	-1.178
不動産業	1.529	1.514	-75.423	-0.713
運輸・通信業	2.225	2.209	-75.433	-11.830
サービス業	1.946	1.931	-75.449	-0.116

%

所得税減税	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	3.848	3.808	-72.140	-4.670
鉱業	3.209	3.169	-72.138	-0.556
製造業	3.276	3.236	-72.183	-7.903
建設業	2.691	2.651	-72.168	-0.132
電気・ガス・水道業	3.522	3.482	-72.191	-16.159
卸売・小売業	2.308	2.269	-72.114	-2.468
金融・保険業	2.531	2.491	-72.107	-0.307
不動産業	2.400	2.361	-72.096	0.191
運輸・通信業	2.874	2.834	-72.119	-10.668
サービス業	2.637	2.597	-72.136	0.639

注1 副産物モデルではエコマージンを分割すると均衡解が得られなかったためエコマージンを一括してシミュレーションしている

副産物モデル

%

法人税減税	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	3.359	3.344	-75.452	-5.435
鉱業	3.509	3.493	-75.450	-0.418
製造業	2.789	2.774	-75.482	-8.842
建設業	2.082	2.067	-75.470	-0.824
電気・ガス・水道業	2.868	2.853	-75.485	-17.450
卸売・小売業	1.452	1.437	-75.431	-3.472
金融・保険業	1.746	1.731	-75.426	-1.178
不動産業	1.529	1.514	-75.423	-0.713
運輸・通信業	2.225	2.209	-75.433	-11.830
サービス業	1.946	1.931	-75.449	-0.116

%

エコマージン数量規制	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	-3.889	-4.020	-23.479	-6.076
鉱業	0.496	0.359	-23.693	-0.745
製造業	-4.900	-5.030	-23.561	-8.131
建設業	-11.771	-11.891	-23.658	-12.110
電気・ガス・水道業	-3.892	-4.023	-23.249	-8.801
卸売・小売業	-3.267	-3.399	-23.818	-4.630
金融・保険業	-3.718	-3.850	-23.760	-4.591
不動産業	-3.505	-3.636	-23.575	-4.203
運輸・通信業	-3.647	-3.778	-23.793	-7.686
サービス業	-4.461	-4.592	-23.799	-5.044

%

エコマージン数量増加	労働	資本	エコマージン	財生産
農林水産業	1.510	1.566	11.942	2.674
鉱業	-0.344	-0.289	12.069	0.285
製造業	1.966	2.023	11.994	3.647
建設業	4.940	4.998	12.050	5.156
電気・ガス・水道業	1.558	1.614	11.816	4.172
卸売・小売業	1.324	1.380	12.141	2.036
金融・保険業	1.514	1.570	12.106	1.961
不動産業	1.429	1.485	11.997	1.785
運輸・通信業	1.457	1.513	12.127	3.553
サービス業	1.821	1.877	12.130	2.121

排出権＝エコマージンと仮定している。