

## 第2章 CGE を用いた国内排出権取引制度の定量評価

リサーチ・フェロー 濱崎 博

リサーチ・フェロー 岡川 梓

### 2.1 経済モデルの基本構造と GTAP-E モデル

今回用いる一般均衡モデルの解説は、伴、濱崎、岡川(2004)<sup>1</sup>に詳しい。ここでは、伴、濱崎、岡川(2004)を一部抜粋し、加筆を行った。

温暖化ガス排出を削減する政策は、温暖化ガスの削減だけでなく、経済全体に直接または間接に大きな影響を及ぼす。例えば、化石燃料の利用に炭素税の導入を行うとすれば、まず影響を受けるのは、化石燃料市場であり、化石燃料価格が上昇することで、化石燃料の需要の減退が考えられる。これは化石燃料価格が上昇することで、その利用を節約する方向に価格メカニズムが働くことを意味するが、化石燃料を需要する企業の場合、化石燃料価格の上昇は生産コストの上昇となり、製品価格を引き上げることになる。その結果、その企業の製品に対する需要が減退する可能性がある。また、化石燃料は資本や労働などの生産要素や中間財投入などの生産に必要とされる投入財の一つであるが、化石燃料価格の上昇は、投入構造の変化を引き起こし、他の投入財に対する需要にも影響する。さらに、化石燃料を供給する企業の場合、炭素税が導入されれば、それを転嫁するために化石燃料価格を税額分だけ引き上げる必要があるが、その結果需要が減退することで生産量は縮小する可能性がある。その結果、企業が生産に用いてきた生産要素や中間投入の需要が減ることになる。すなわち、化石燃料市場における炭素税導入は、化石燃料以外の財市場や生産要素市場に大きな影響を与える。一方、炭素税は政府の税収の増加となるが、税収中立の原則にたてば、増加分は政府支出の増加あるいは他の税の減税に回される。いずれの場合も、財市場や要素市場に大きな影響を与える。

#### 2.1.1 経済循環の表し方

経済モデルは、化石燃料市場における炭素税を賦課する制度導入が経済に与える影響を図 2.1-1 で示される経済循環の枠組みで評価する。経済循環を構成する一つが、意志決定を行う経済主体(Agents)とよばれるもので、図 2.1-1 では企業、家計と政府である。

---

<sup>1</sup> 伴、濱崎、岡川(2004)「経済モデルによる分析」、「エネルギー使用合理化取引市場関連調査(排出量取引市場効率化実証等調査)」(東京工業品取引所、平成16年3月)第5章

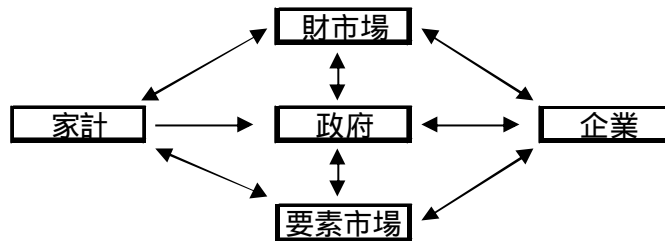


図 2.1-1 経済循環

家計は労働や資本などの生産要素を持ち、それを要素市場に供給して労働所得や資本所得を受取り、所得税を政府に納め、企業が生産する財を財市場で購入する。一方、企業は要素市場で労働と資本を調達し、財市場から中間投入財を購入して生産活動を行い、生産した財を財市場に供給する。政府は、家計や企業から税を徴収し、要素市場で労働を購入し、または財市場で財を購入し、政府サービスを供給する。

図 2.1-1 で表される経済循環を、具体的な数値の流れとして表現したものが社会会計表(Social Accounting Matrix)とよばれる勘定体系である。ここでは、財の区分として化石燃料とその他の財の二つ、生産要素を資本と労働の二つとしている。表 2.1-1 で表される社会会計表の横軸の方向で見れば、財と生産要素がどこで使われるか、所得や税がどこで生じているかを知ることができる。一方、社会会計表を縦軸で見れば、企業が財を生産するために必要とする財及び生産要素の量、支払う税金の大きさなどを知ることができる。さらに、家計や政府がどの財を消費するかについても知ることができる。横軸の合計の各項目と縦軸の合計の各項目は、勘定体系の原則に基づいて一致している。経済モデルは、社会会計表における各要素の大きさがどのように決まるかを方程式体系で記述することである。例えば、炭素税導入で化石燃料生産企業の支払う税金が増加したときに、他の各要素の値がどのように変化するかを、方程式を解くことで数値的に示すことである。経済モデルの重要性は、化石燃料市場における需要と供給の変化だけでなく、それが他の財市場や生産要素市場に影響を与え、さらに税収の変化によって生ずる政府活動の影響も含めて、密接に相互に関連する経済構造に基づいて、影響を評価することができる点にある。このような分析の枠組みは、一般均衡モデル(General Equilibrium Model)とよばれている。これまで、一般均衡モデルは理論的な整合性は高く評価され、経済学の基礎となってきた考え方であるが、その複雑性から実用性に欠けるとの批判がなされていた。しかし、計算アルゴリズムの進歩により、応用一般均衡モデル(Applied General Equilibrium Model)あるいは、計算可能一般均衡モデル(Computable General Equilibrium Model)として、広く用いられるに至っている。特に、貿易自由化や税制の変更など、制度変更が経済に与える影響を評価するためにしばしば用いられてきた。その意味で、温暖化ガス排出削減政策の評価にあたっては、削減

政策が経済全体に大きな影響を及ぼすことから、IPCC などでも重要な分析ツールとして認識されている。

表 2.1-1 社会会計表(Social Accounting Matrix)

		経済活動		生産要素		最終需要		計
		化石燃料	その他	資本	労働	家計	政府	
財	化石燃料	10	30			10	10	60
	その他	20	60			100	20	200
生産要素	資本	10	40					50
	労働	10	50					60
	家計			50	60			110
	税	10	20					30
	計	60	200	50	60	110	30	

## 2.1.2 企業と家計の行動原理

そこで、経済モデルを構成する経済主体である企業と家計の行動原理について説明することでモデルの基本構造を明らかにする。

まず、簡単化のために、化石燃料と資本を用いて生産を行うが、生産する技術が二つ存在し、その中で行動する企業を考える。ここで、二つの生産技術は、生産を1単位行うのに必要となるエネルギーと資本の組み合わせが(2,1)となる技術1と、(1,2)となる技術2の二つとする。 $Q$ ：生産量、 $E$ ：エネルギー、 $K$ ：資本とすれば、二つの生産技術は、

$$Q^1 = \min\left(\frac{1}{2}E, K\right) \quad (2.1)$$

$$Q^2 = \min\left(E, \frac{1}{2}K\right) \quad (2.2)$$

と表すことができる。これはレオンチェフ型生産関数、あるいは固定係数型生産関数とよばれるものである。技術1は資本よりエネルギーを多く使うエネルギー多消費型技術であり、技術2はエネルギーより資本を多く使うエネルギー節約型技術である。このとき、エネルギー価格と資本価格が(0.5,1)であれば、1単位生産にかかる費用は、技術1であれば2となるが、技術2であれば2.5となるので、技術1が優位となる。次に、エネルギー価格と資本価格が(2,1)であるとすれば、1単位生産する費用は、技術1であれば5となるが、技術2であれば4となるので、技術2が優位となる。最後に、エネルギー価格と資本価格が(1,1)であれば、1単位生産する費用は、技術1は3、技術2も3となるので、技術1と技術2の生産費用は同じで、優劣をつけることができない。図 2.1-2 によれば、エネルギー価格が資本価格より安ければ、点線で表される費用曲線の傾きは緩やかとなり、技術1が選択される。一方、エネルギー価格が資本価格より高ければ、費用曲線の傾きは急となり、技術2が選択される。最後に、エネルギー価格と資本価格

が同じであれば、費用曲線は45度線となり、技術1と技術2の両方が選択される可能性がある。

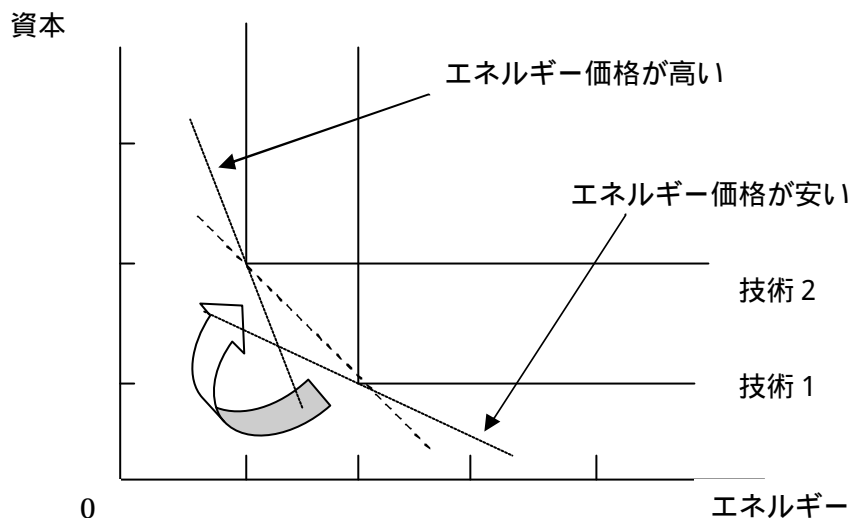


図 2.1-2 エネルギー価格の変化と技術選択

このようなエネルギー価格と資本価格が技術選択に与える影響は、次の最適化問題として定式化することができる。

$$\begin{aligned} \min_{E,K} \text{COST} &= p_E E + p_K K \\ \text{s.t.} \quad Q^i &= \min\left(\frac{1}{a^i} E, \frac{1}{b^i} K\right) \\ Q &= Q^1 + Q^2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

すなわち、 $Q$ の生産を行うのに、二つの技術をどのように組み合わせれば生産費用を最小とすることができるのかの問題に帰着する。ここで、 $p_E$ ：エネルギー価格、 $p_K$ は資本価格である。上記の簡単な数値例で示されるように、エネルギー価格と資本価格の相対的な比が、技術選択に大きな影響を及ぼす。すなわち、エネルギー価格が資本価格と比較して安ければエネルギー多消費型の技術が選択され、高ければエネルギー節約型の技術が選択される。実際には、一つの生産物を生産するための技術は無数に存在するので、エネルギー価格と資本価格の相対比が変化すれば、生産を行うためのエネルギーと資本の量も連続的に変化する。経済モデルでは、この関係を次のような生産関数  $f(E, K)$ <sup>2</sup> という連続関数で表すことが多い。

<sup>2</sup> 経済モデルでは、 $f(E, K)$ の関数形としてCES(Constant Elasticity of Substitution)とよばれるものが使われる。代替弾力性が1であればコブダグラス型生産関数、0であればレオンチェフ型固定係数生産関数となる。

$$\begin{aligned} \min_{E,K} \text{COST} &= p_E E + p_K K \\ \text{s.t.} \quad Q &= f(E, K) \end{aligned} \quad (2.4)$$

経済モデルが(2.4)式で表されるような連続的に変化する生産関数に基づくことから、トップダウン型モデルとよばれることがある。それに対して、一つ一つの技術を明示的に想定し、エネルギー価格と資本価格の相対比の変化に基づいて企業が技術を離散的に選択する様相をモデル化したものをボトムアップ型モデルとよぶことがある。一般に、トップダウン型は、一つ一つの技術よりも相対価格の変化の影響を重視するのに対して、ボトムアップ型は、相対価格の変化による一つ一つの技術選択を重視している。しかし、両者は対立関係にあるモデルではなく、どちらのモデルであれ、エネルギーの価格と資本財の相対価格が変化すれば、選択される技術が変わることに注意を払う。すなわち、同じ量の生産を行うのに必要とされるエネルギー量が、相対価格の変化によって選択される技術が変化することで変わるという関係をモデルに取り入れることである。

ところで、企業が利用可能な技術は、(2.3)式では二つ、(2.4)式では無数に存在するが、利用可能な技術が複数存在することは、エネルギーの節約が必要となる場合には重要である。例えば、二酸化炭素排出を 10%削減する必要が生じた場合、技術が一つであれば、生産量を 10%減少しなければならない。しかし、代替的な技術が利用できれば、生産量の減少は 10%以下とすることができるかもしれない。すなわち、二酸化炭素排出削減が生産量の削減となるかどうかは、代替的な技術の存在に大きく依存する。

同様な選択問題は、家計の消費行動についても言える。家計は、所得制約に基づいて効用（満足の度合い）を最大とするように行動するとされる。今、エネルギー財と非エネルギー財の価格が(1,1)で、消費量が(1,10)であったとする。そのときの予算は 11 である。このとき、エネルギーの価格が 2 に増加すれば、これまで通りの消費をしようとするれば、予算は 12 となり、予算制約をオーバーすることになる。もしエネルギー消費を維持しようとするれば、非エネルギー財の需要を 9 に減少させる必要がある。この場合、エネルギー価格の上昇にも関わらず、エネルギーの需要が減らず、非エネルギー財の需要が低下することになるが、多くの場合は、エネルギーの需要も減ると考えるのが妥当であろう。このような家計の消費行動は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{E,G} U(E, G) \\ \text{s.t.} \quad p_E E + p_G G \leq y \end{aligned} \quad (2.5)$$

とあらわすことができる。ここで、 $U(E, G)$  : 効用関数、 $G$  : 非エネルギー財、 $p_G$  : 非エネルギー財価格、 $y$  : 所得である。

### 2.1.3 経済モデルを構成する方程式

(2.3)~(2.5)式で表される企業や家計の最適化行動から、ゼロ利潤条件、財市場及び生産要素市場における需給均衡条件、所得定義式が得られる。なお、ここでは財の数を  $N$  とし、生産量を  $q = (q_1, q_2, \dots, q_N)$ 、価格を  $p = (p_1, p_2, \dots, p_N)$  とする。また、 $w$  は賃金、 $L$  は労働力である。

ゼロ利潤条件

$$\text{企業} \quad c_i(p_1, p_2, \dots, p_N, w, p_K) \geq p_i \quad (2.6)$$

$$\text{家計} \quad e(p_1, p_2, \dots, p_N) \geq p_U \quad (2.7)$$

ここで、 $c_i(p_1, p_2, \dots, p_N, w, p_K)$  は(2.4)式を一般化したもので、第  $i$  財を 1 単位生産するための最小費用を表し、それが第  $i$  財の価格を下回らないとしている。一方、 $e(p_1, p_2, \dots, p_N)U$  は、効用水準  $U$  を得るための最小支出額が、1 単位の効用の帰属価値である  $p_U$  に効用を乗じた  $p_U U$  を下回らないとしている。両辺に  $U$  があるので(2.7)式となる。なお、ゼロ利潤条件とは、右辺の売上が左辺の費用を上回れば利潤が発生し、生産(あるいは消費)を増加させるインセンティブが生まれるが、売上が費用を下回れば損失が発生し、生産を行わないことから、競争市場を前提とすれば、利潤はゼロとなるという事実から導かれる条件である。すなわち、生産物の価格が、それを生産する費用を上回らないことを意味する。

需給均衡条件

$$\text{財市場} \quad q_i \geq \sum_{j=1}^N \frac{\partial c_j}{\partial p_i} q_j + \frac{\partial e}{\partial p_i} U \quad (2.8)$$

$$\text{効用} \quad U \geq \frac{y}{p_U} \quad (2.9)$$

$$\text{労働市場} \quad L \geq \sum_{i=1}^N \frac{\partial c_i}{\partial w} q_i \quad (2.10)$$

$$\text{資本市場} \quad K \geq \sum_{i=1}^N \frac{\partial c_i}{\partial p_K} q_i \quad (2.11)$$

需給均衡条件は、財市場及び生産要素市場において、需要は供給を上回ることができないことを意味する。例えば、(2.8)式は、第  $i$  財の生産量(供給)が  $N$  財の生産に必要な中間投入需要と消費需要の合計を下回らないことを意味する。同様に、(2.10)式と(2.11)式も、労働及び資本の需要の合計が供給を上回らないことを意味する。(2.9)式は、効用がそれを得るために必要となる実質所得を下回らないことを意味する。需給均衡条件の大きな含意として、需要が供給を下回る場合には、その財の市場価格はゼロとなることがあげられる。例えば、二酸化炭素排出量に制約がなく、無限に使える場合

には二酸化炭素排出価格がゼロとなる。ところが、二酸化炭素排出に制約が課されると、二酸化炭素排出量は制約量と一致することになり、二酸化炭素排出をすることに価格が発生する。経済モデルでは、ベースラインケースでは二酸化炭素排出に制約を設けず、次に制約を設けて計算し、制約を課すことで正の二酸化炭素排出価格が得られるが、それが炭素税又は排出権価格として扱われる。すなわち、経済モデルにおける炭素税又は排出権価格は、最適化計画問題における制約条件を厳しくすることで生じるシャドウプライスとして理解することができる。

最後に、所得定義式は次のように表される。

$$y = wL + p_K K \quad (2.12)$$

ゼロ利潤条件、需給均衡条件と所得定義式で記述される一般均衡モデルの方程式体系を解く問題は、MCP(Mixed Complementarity Problem)問題<sup>3</sup>の解法として知られており、GAMS (The General Algebraic Modeling System)あるいは GEMPACK (General Equilibrium Modeling PACKage)とよばれるソフトウェアで利用することができる。

#### 2.1.4 静学モデルと動学モデル

経済モデルは、時間軸を持たない静学モデルと、時間軸を持つ動学モデルがある。時間軸を持つ場合に重要となるのは、異時点間の経済活動のつながりである。一般均衡モデルは、異時点の財・サービスや経済取引を異なる財・サービス及び経済取引と見なすことで、時間軸を無視し、同一時点と見なすことができるような枠組みを持っている。しかし、異時点間の取引に注目が集まるとともに、さらに各経済主体の意志決定が時間軸で不可逆的な関係にあることを考慮すれば、分析の内容によっては、時間軸を明示的に扱うかどうか、すなわち、静学モデルか動学モデルのいずれを使うかが問題となる。

静学モデルは、時間的視野を考慮する必要がなく、制度変更によるショックが、ベースライン均衡とは異なる別の経済均衡への移行が分析対象である場合には有用である。その場合、静学モデルでは生産要素である資本や労働は一定と仮定されることが多い。もちろん、静学モデルでも貯蓄や投資を財として明示的に扱い、貯蓄財を将来に消費するための財と見なすこともできる。その場合、貯蓄に対応する投資財は最終需要として扱われる。ただ、投資が資本に体化され、生産力の増強となることはない。したがって、制度変更による経済均衡の移行は、労働や資本などの生産要素については一定と仮定される。逆に言えば、資本や労働が一定と考えられる比較的短期間に均衡が移行する場合には十分な枠組みといえる。例えば、エネルギー価格が突然急騰した場合の経済構造の短期的な変化を分析する場合には十分な枠組である。

一方、動学モデルは貯蓄・投資活動を通して異時点間の活動を結びつけることで、人

<sup>3</sup> MCP 問題とは、 $pZ(p) = 0$  を解く問題として知られている。ここで、 $Z(p)$  は超過需要関数  $Z(p) \leq 0$  である。解は、 $Z(p) < 0$  であれば  $p = 0$ 、 $Z(p) = 0$  であれば  $p > 0$  が解となる。

口変動や資本蓄積を通じた影響を分析することができる。一般に、人口変動は外生的に扱われるものの、資本は内生的に決まる。さらに、動学モデルは割引率を用いることで、異時点間の取引を時間軸に添って分析する枠組みを提供する。動学的応用一般均衡モデルでは、Nordhaus の RICE モデルを例に説明すれば、次のようなラムゼイ型最適成長モデルとして定式化される。

$$\max_{c_t} \sum_{t=1}^{\infty} \left( \frac{1}{1+r} \right)^t u \left( \frac{C_t}{L_t} \right) \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} Q_t &= aK_t^b L_t^{1-b} \\ Q_t &= C_t + I_t \\ K_{t+1} &= I_t + (1-d)K_t \\ L_t &= L_0(1+g)^t \end{aligned} \quad (2.14)$$

ここで、 $Q_t$  : 生産、 $C_t$  : 消費、 $I_t$  : 投資、 $L_t$  : 人口、 $K_t$  : 資本、 $b$  : 分配率、 $r$  : 割引率、 $d$  : 減耗率、 $g$  : 人口増加率である。(2.13)式は、現在から将来に至る一人あたりの消費から得られる効用の割引現在価値を評価関数としてそれを最大とする行動を仮定している。次に、(2.14)の第1式は生産関数、第2式は投資(すなわち、貯蓄)の決定式、第3式は資本蓄積、第4式は人口成長式である。

(2.14)式を制約条件として(2.13)を最大にする動学的最適化問題の解を満たすように消費・貯蓄・投資が決まるとすれば、中間投入に関わる部分を除けば、(2.6)式から(2.11)式は次のような追加と修正が加えられる。

ゼロ利潤条件

$$\begin{aligned} c(rk_t, w_t) &\geq p_t \\ p_{K,t} &\geq (1-d)p_{K,t+1} + rk_t \\ p_t &\geq p_{K,t+1} \end{aligned} \quad (2.15)$$

需給均衡条件

$$\begin{aligned} Q_t &\geq C(p_t, Y) + I_t \\ K_t &\geq \frac{\partial c}{\partial rk_t} Y_t \\ L_t &\geq \frac{\partial c}{\partial w_t} Y_t \\ K_{t+1} &= (1-d)K_t + I_t \end{aligned} \quad (2.16)$$

所得定義式

$$Y = p_{K,0} + \sum_{t=0}^{\infty} w_t L_t \quad (2.17)$$



ここで、 $rk_t$  は資本収益率である。静学モデルである(2.6)式から(2.11)式、動学的モデルである(2.15)式から(2.17)式のいずれも、ゼロ利潤条件、需給均衡条件と所得定義式で記述される。これら各式の意味は、静学モデルと同じである。

静学モデルを使うか動学モデルを使うかは、分析の目的と視野に依存するが、時間的視野を持つ分析を、静学モデルで行うこともできる。既に述べたように、動学モデルと静学モデルの違いは、資本や労働などの生産要素を固定して扱うかどうかにある。したがって、静学モデルによる分析で、労働や資本の変化と組み合わせてシミュレーションを行えば動学モデルと同等の分析が可能である。もちろん、資本を増加させるシミュレーションでは、静学モデルの枠組みで得られる貯蓄・投資の増加と整合的な資本増加であることが必要である。ただ、静学モデルの場合、時間的視野を取り入れた異なる均衡の比較は可能であるが、均衡に至る経路については分析できない。その場合には、動学モデルによる分析が必要となる。

#### 2.1.5 地球環境経済モデルによる温暖化ガス削減政策の評価

地球環境経済モデルを用いた温暖化ガス排出削減の経済効果を分析したものとして、IPCC 第三次報告書第三作業部会緩和対策(Climate Change 2001: Mitigation)がある。この報告書をまとめるにあたって用いられたモデルの数は188、延べ519のシナリオ<sup>4</sup>について、ベースラインと排出削減政策を実施した時の影響について詳細に検討されている。報告書では、京都議定書で合意された削減政策の一つである排出権取引制度の評価が行われている。

IPCC 第三次報告書で取り上げられた温暖化ガス削減政策の経済効果分析は、スタンフォード大学で1999年に開催されたエネルギーモデリングフォーラムで検討された研究報告の成果に基づき、第三次報告書削減編に付属する技術要約編にまとめられている。そこで注目される内容は、京都議定書で決められた温暖化ガス排出削減目標を実現する場合に必要な各国の費用とGDP損失の大きさの評価である。表2.1-2と表2.1-3は、代表的な経済モデルで計算された2010年における温暖化ガス削減費用とGDP損失を示している。なお、その他は、カナダ、オーストラリアとニュージーランドである。

表2.1-2によれば、排出権取引をせずに各国が独自に削減目標を達成しようとする、各国の限界削減費用は大きく異なることを示している。傾向として言えることは、日本の限界削減費用が最も高く、次いでヨーロッパで、アメリカとその他のOECD諸国の限界削減費用は相対的に低い。経済的効率性基準からすれば、目標を達成するための費用は各国で均一となる必要があるが、その意味で、日本は過重な目標が課せられていることを意味する。京都議定書は、このような各国間の負担の違いを考慮して、附属書 国(Annex I)の中で排出権取引を容認している。排出権取引とは、限界削減費用

---

<sup>4</sup>検討されたモデルとシナリオは、国立環境研究所でデータベース化され、公開されている。

の高い国が限界削減費用の低い国から排出権を購入することで削減費用を少なくすることができる制度である。排出権取引が行われることで、各国の限界削減費用は均等化する。表 2.1-2 によれば、附属書 国間で排出権取引を行うと、表 2.1-2 に掲載されているすべての国の限界削減費用が低下することが分かる。このことは、表に現れていないロシアやウクライナなどが、排出権の供給国となることを意味する。表 2.1-2 は、世界的な規模での排出権取引が行われると仮定するときの限界削減費用、すなわち排出権価格も示されており、附属書 国間だけでなく、世界的な規模での排出権取引をすれば、排出権価格はさらに低下することが示される。この事実は、排出権取引制度を世界的なレベルに拡張する必要性を示唆している。

表 2.1-2 温暖化ガス限界削減費用(2010 年)

モデル名	排出権取引なし				排出権取引あり	
	米国	日本	欧州	その他	Annex I	世界
ABARE-GTEM	322	645	665	425	106	23
AIM	153	234	198	147	65	38
G-Cube	76	97	227	157	53	20
MERG3	264	500	218	250	135	86
MIT-EPPA	193	501	276	247	76	n.a.
MS-MRT	236	402	179	213	77	27
RICE	132	251	159	145	62	18
SGM	188	357	407	201	84	22
WorldScan	85	122	20	46	20	5
POLES	136	195	135	131	53	18

単位 :1990US\$/炭素トン

表 2.1-3 温暖化ガス削減による GDP 損失(2010 年)

モデル名	排出権取引なし				ANNEX Iで排出権取引			
	米国	日本	欧州	その他	米国	日本	欧州	その他
ABARE-GTEM	-1.96	-0.72	-0.94	-1.96	-0.47	-0.05	-0.13	-0.23
AIM	-0.45	-0.25	-0.31	-0.59	-0.31	-0.13	-0.17	-0.36
G-Cube	-0.42	-0.57	-1.50	-1.83	-0.24	-0.45	-0.61	-0.72
MERG3	-1.06	-0.80	-0.99	-2.02	-0.51	-0.19	-0.47	-1.14
MS-MRT	-1.88	-1.20	-0.63	-1.83	-0.91	-0.22	-0.13	-0.88
RICE	-0.94	-0.78	-0.55	-0.96	-0.56	-0.30	-0.28	-0.54
モデル名	世界で排出権取引							
	米国	日本	欧州	その他				
ABARE-GTEM	-0.09	-0.01	-0.03	-0.04				
AIM	-0.20	0.00	-0.08	-0.35				
G-Cube	-0.06	-0.14	-0.26	-0.32				
MERG3	-0.20	0.00	-0.20	-0.67				
MS-MRT	-0.29	-0.02	-0.03	-0.32				
RICE	-0.19	-0.09	-0.09	-0.19				

単位 :GDP損失比 (%)

表 2.1-3 は、GDP 損失の大きさを評価した温暖化ガス削減費用である。削減が経済に及ぼす影響は、表 2.1-2 に示される限界削減費用に大きく依存するが、GDP の損失

率は一般に想像されているほど大きくない。これは温暖化ガス削減により、化石燃料の価格が限界削減費用に見合って上昇するが、経済は化石燃料を節約する技術を選択することで、経済活動への影響を回避するメカニズムが働くためである。その観点からすれば、表 2.1-3 は、日本は過重な目標を課せられているが、排出権取引制度を用いることで、その影響を回避する可能性のあることを示唆している。

## 2.1.6 GTAP-E モデル

本章では、温暖化ガス排出抑制政策が経済に与える影響を分析する経済モデルとして、最近世界的に広く用いられる GTAP-E モデルによる分析を行う。GTAP-E モデルとは、多国間・多部門間の取引をデータベース化した GTAP データベースを基礎とし、貿易自由化の影響評価で国際的に幅広く用いられる GTAP モデルを、地球環境問題を分析するために拡張したモデルである。二酸化炭素などの温暖化ガス排出を抑制する場合、特定の産業部門に大きな影響が出るのが懸念され、さらに産業の国際競争力に影響することで各国の経済構造も変化させる可能性が高い。その点を考慮した温暖化ガス排出抑制の制度を評価できる経済モデルとして、GTAP-E モデルは優れたツールの一つである。特に、GTAP-E モデルは、データだけでなくモデルが公開されており、分析結果を第三者が容易に再現できることが世界的に高く評価されている。

### (1) GTAP プロジェクト

GTAP-E モデルは、アメリカのパデュー大学の Thomas W. Hertel 教授を中心として、国際貿易が世界各国に与える影響を評価する目的で 1992 年に設立された国際貿易分析プロジェクト (The Global Trade Analysis Project: GTAP プロジェクト)<sup>5</sup>によって開発された応用一般均衡モデルの一つである。エネルギーデータベースと結合することで、温暖化ガス削減政策の経済効果を分析することができることから世界的に広く用いられている。

Hertel 教授によれば、GTAP プロジェクトの開始は彼が 1990 年から 91 年にかけてオーストラリアで、Impact プロジェクトに接したことが大きな動機となっている。このプロジェクトは、オーストラリア政府、モナシュ大学、ラ・トロブ大学とオーストラリア国立大学が共同して推進しており、応用一般均衡モデルを用いたオーストラリアの産業政策の評価に大きく貢献している。Impact プロジェクトセンターは、現在モナシュ大学にあり、1970 年代からオーストラリア政府の産業委員会でも利用されている ORANI モデルの開発を担当している。ORANI モデルは、オーストラリア経済を 56 の地域、112 の産業部門に分割した応用一般均衡モデルで、税制の変更、関税の引き下げ、規制緩和や環境規制の影響を評価するために用いられている。

GTAP モデルのベースとなったのは、オーストラリア政府の産業委員会の進めている

---

<sup>5</sup> Hertel (1997)

SALTER(Sectoral Analysis of Liberalizing Trade in the East Asian Region)プロジェクトである。このプロジェクトで開発された SALTER モデルは、ORNAI モデルを世界モデルとして拡張したものである。このモデルで扱われている国・地域は 16、産業部門は 37 である。

Impact プロジェクト、SALTER プロジェクト、GTAP プロジェクトに共通しているのは、社会会計表に基づくデータベースと応用一般均衡モデルがオープンシステムとして構築されていることである。これまで多くの応用一般均衡モデルが構築されてきたが、オープンな形で公開される例は少なかった。特に、後続の GTAP プロジェクトは、国際産業連関表と輸出入関税をはじめとする税及び補助金に関するデータベースを構築し、定期的にアップデートしている。現在公開されているのはバージョン 6 の版であるが、近々 6 版(正式版)のリリースが行われる。一般に、GTAP と称する場合、GTAP モデルではなく、GTAP データベースを指すことが多いが、現在では GTAP データベースは世界的な公共財としての役割を担っている。もちろん、GTAP プロジェクトは、GTAP データベースと GTAP モデルが車の両輪の役割を果たしており、さらに GEMPACK とよばれるソフトウェアを用いてデータベースとモデル管理を同時に行うことができる。GEMPACK は、オーストラリアのモナシュ大学の Kenneth Pearson 教授を中心とするグループが開発した大規模線形応用一般均衡モデルの解法に適したソフトウェアであり、GTAP 以外にも多くの応用一般均衡モデルの開発とシミュレーション分析に用いられる。なお、GTAP データベース 5 版<sup>6</sup>は、66 国・地域の 57 産業部門について、相互の取引関係をデータベース化しているが、GEMPACK を用いることで分析目的に応じて国・地域や産業部門を柔軟に集計することができる。本章のシミュレーションは、すべて GEMPACK を用いて行われている。

GTAP データベースと GTAP モデルは広く公開されていることから、GTAP プロジェクトだけでなく、GATT および WTO における貿易自由化交渉を進める中でも用いられ、分析ツールとして高く評価されている。わが国でも APEC の貿易・投資の自由化交渉の中で大きな影響力を与えてきた。<sup>7</sup>

## (2) GTAP-E データベース

GTAP データベースは、財とサービスの産業部門間・国際間の取引を記述したもので、地球環境問題を分析するためには、エネルギーデータベースとの結合が必要となる。その際に問題となるのは、物量ベースのエネルギーデータを GTAP データベースにどのように取り入れるかという問題と、物量データを価額ベースに変換するために必要となる価格データの入手の問題がある。これらの問題を解決し、かつ国際的な統一基準に基

<sup>6</sup> Dimaranan and McDougall (2002)

<sup>7</sup> 伴・大坪・川崎他(1998)は、1996 年 11 月の APEC 閣僚会合において合意された「マニラ行動計画: Manila Action Plan」の経済効果を分析するためのタスクフォースメンバーの研究成果である。報告書本体は、APEC 経済委員会の承認を受け、1997 年 11 月のバンクーバーの閣僚会合に提出されている。

づいてデータベースを構築する必要がある。GTAP データベースにエネルギーデータを取り入れた本章のシミュレーションで用いる GTAP-E データベースの作成については、Burniaux, McDougall and Truong (2002)<sup>8</sup>が詳しいが、データの出所は次のようなものである。

エネルギーの物量単位は、IEA(International Energy Association)の『エネルギーバランス表』を用い、GTAP の産業コード分類にしたがって整理する。価格については、同じく IEA の『エネルギー価格と税』を用いる。ただ、価格は OECD 諸国に限定されるので、世界銀行、アジア開発銀行、米国エネルギー省、Ernest Orland Lawrence Berkley National Laboratory などの複数のデータに基づいた作成もしている。

### ( 3 ) GTAP-E モデルにおける生産構造

GTAP モデルをベースとした GTAP-E モデル<sup>9</sup>の特徴は、生産におけるエネルギーの扱いが詳細になっていることである。中でもエネルギーと資本が合成財として扱われているが、地球環境モデルとして著名な GREEN モデル<sup>10</sup>の生産構造に基づいている。図 2.1-3 は、GTAP-E の生産関数の基本構造を表しているが、関数形として「多段入れ子型 CES 関数」が用いられる。ここで、 $\sigma$  は代替の弾力性であり、生産要素又は中間投入財の価格が変化したときの当該生産要素間の代替率の大きさを表している。CES 関数は、 $\sigma = 0$  であればレオンチェフ型固定係数生産関数、 $\sigma = 1$  であればコブダグラス型生産関数となる。

---

<sup>8</sup> Dimaranan and McDougall (2002)の GTAP データベースの説明書第 17 章も参考になる。

<sup>9</sup> Burniaux and Truong (2002)

<sup>10</sup> Burniaux, Martin, Nicoletti and Martins (1992)。

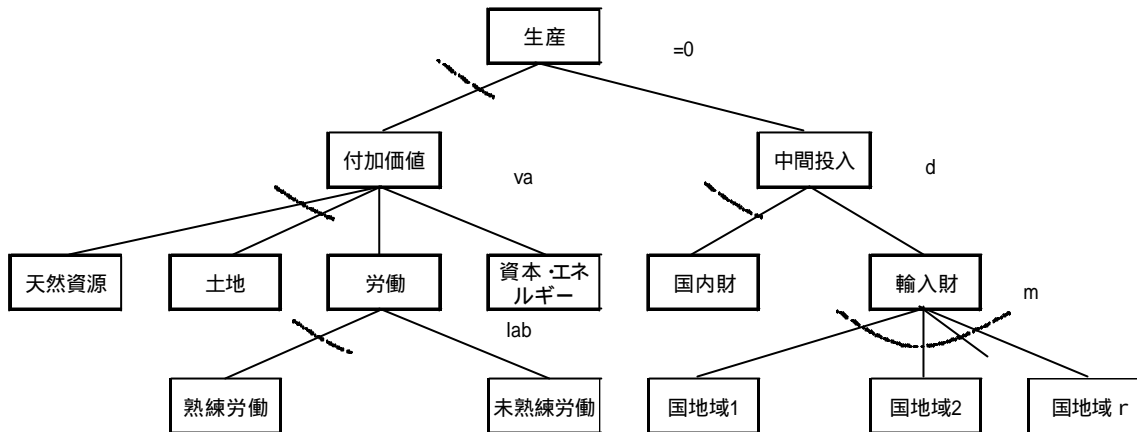


図 2.1-3 GTAP-E の生産構造

図 2.1-3 で示される GTAP-E モデルでは、生産要素として、天然資源、土地、労働と資本・エネルギー合成財が仮定されている。また、労働は熟練労働と未熟練労働に分けられる。一方、最上位の生産は、生産要素が生み出す付加価値と中間投入がレオンチェフ型固定係数生産関数によって行われる。一方、中間投入財は国内財と輸入財に分けられ、輸入財はさらに国地域に分けられる。一つの財を、国内で生産される財と輸入される財に分けたり、輸入財を輸入先毎に分けるのは、アーミントン(Armington)の仮定とよばれ、応用一般均衡モデルでしばしば用いられる考え方である。国際貿易で同じ一つの財が輸出され同時に輸入されることがあるが、生産地によって異なる財と見なすことで相互に流通することを理解する。もちろん、国内価格と輸入価格、あるいは国・地域間の輸入価格が変化すれば、需要はシフトする。アーミントン係数は、相対価格の変化が需要に与える弾力性を、無限大ではなく有限の値とすることで、一つの財が相互に流通する事実を説明する工夫である。

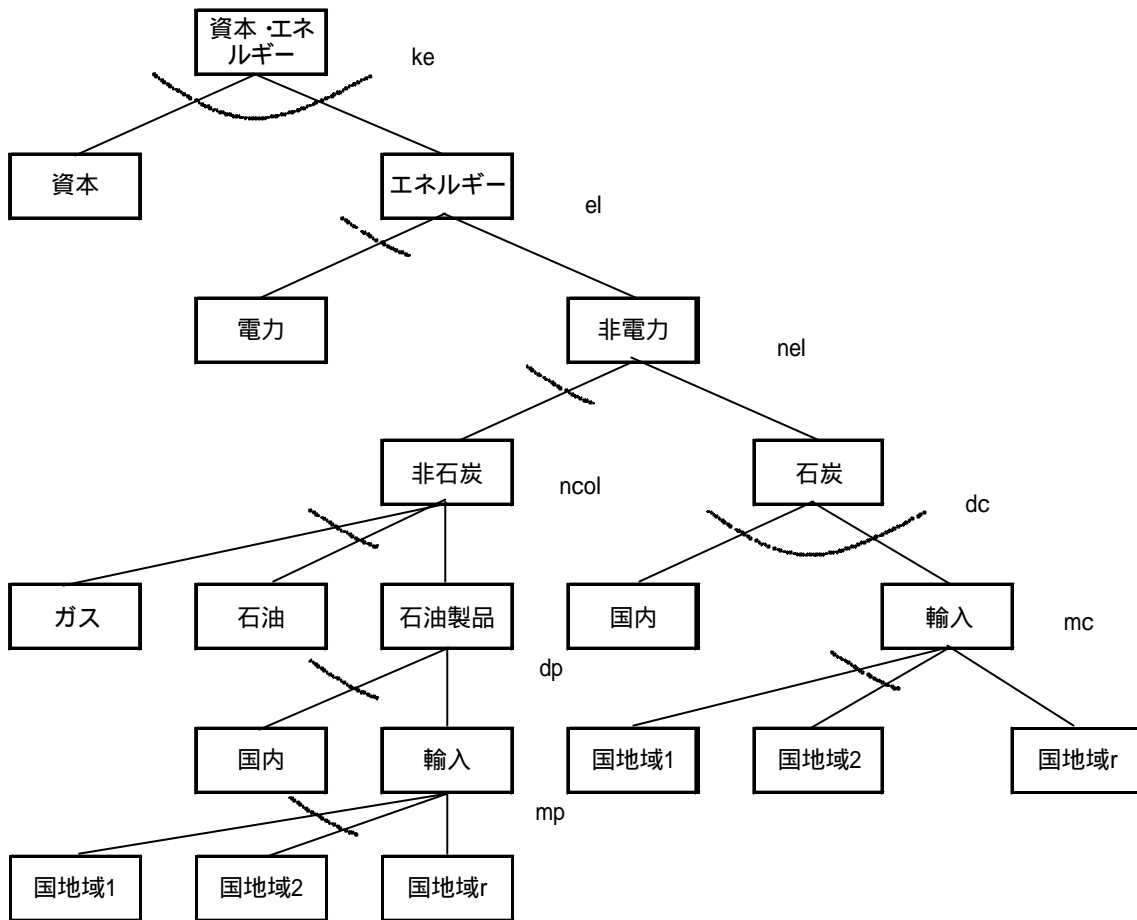


図 2.1-4 GTAP-E モデルにおける資本・エネルギー合成財の構造

図 2.1-4 は、GTAP-E モデルにおける資本・エネルギー合成財の構造を表している。図 2.1-3 の生産構造と同じく、多段入れ子型 CES 関数として定式化されている。入れ子関係をトップから見ると、まず資本とエネルギーが代替関係にある。次に、エネルギーは電力と非電力である化石燃料に分けられる。さらに、化石燃料は石炭と非石炭に分けられる。非石炭は、ガス、石油と石油製品に分けられる。図では省略されているが、ガス、石油も石油製品と石炭と同様に国内財と輸入財に分けられ、輸入財は地域毎に分けられる。図 2.1-3 の各弾力性の値は表、国内財と輸入財のアーミントン係数表 2.1-4 にまとめられている。なお、表 2.1-5 に GREEN モデルで用いられているアーミントン係数が示されている。

表 2.1-4 資本・エネルギー合成財の代替弾力性

産業セクター	資本 エネルギー	電力 非電力	石炭 非石炭	非石炭
石炭	0.0	0.0	0.0	0.0
石油	0.0	0.0	0.0	0.0
ガス	0.0	0.0	0.0	0.0
石油製品	0.0	0.0	0.0	0.0
電力	0.5	1.0	0.5	1.0
鉄鋼	0.5	1.0	0.5	1.0
化学	0.5	1.0	0.5	1.0
その他製造業	0.5	1.0	0.5	1.0
農林水産	0.0	1.0	0.5	1.0
サービス	0.5	1.0	0.5	1.0

表 2.1-5 アーミントン係数

	GTAP-E	GREEN
石炭	2.80	4.00
石油	10.00	
ガス	2.80	4.00
石油製品	1.90	4.00
電力	2.80	0.30
鉄鋼	2.80	2.00
化学	1.90	2.00
その他製造業	2.59	2.00
農林水産	2.47	3.00
サービス	1.91	2.00

#### (4) GTAP-E モデルにおける消費構造

GTAP-E モデルにおける消費主体は政府と家計である。もちろん、政府の収入は税収であり、家計の収入は生産要素から得られる所得である。図 2.1-5 と図 2.1-6 に政府と家計の効用関数が示されている。政府の効用関数は、エネルギー財と非エネルギー財ともに、各々の合成財とされ、代替の弾力性が 0.5 とされる CES 型の関数となる。しかし、エネルギー財及び非エネルギー財は、それを構成する財のコブダグラス型関数として定義されている。すなわち、合成財としてのエネルギー財と非エネルギー財の支出割合は、両者の相対価格の変化により変化するが、エネルギー財を構成する石炭、石油、ガス、製油製品への支出割合は、相対価格の変化にかかわらず一定と仮定されている。同様に、非エネルギー財を構成する各財の支出割合も一定と仮定されている。



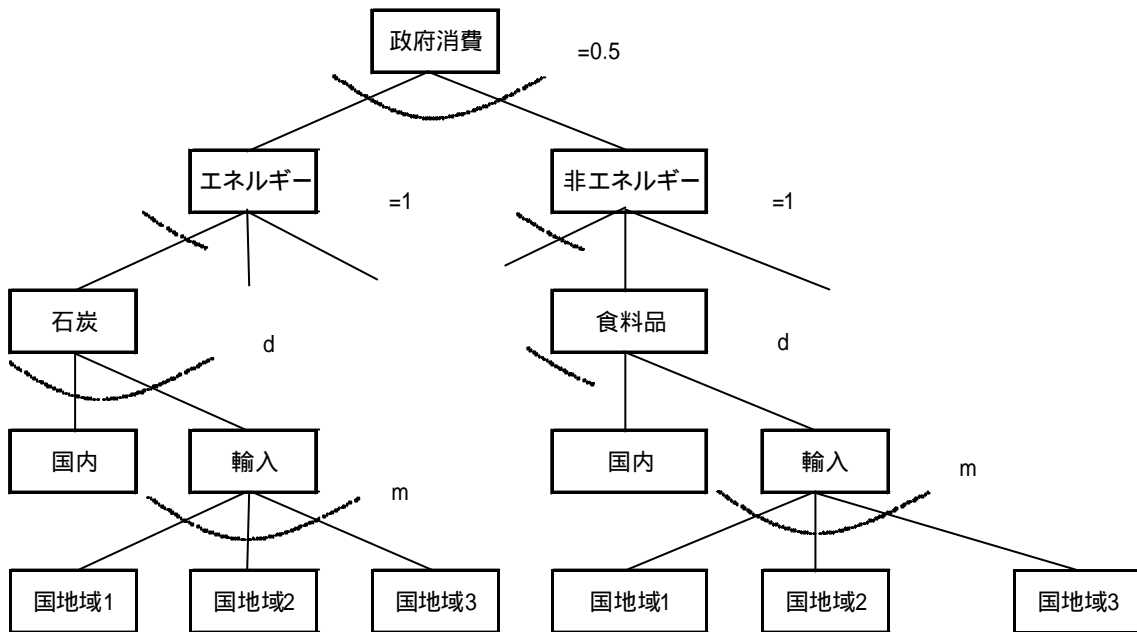


図 2.1-5 政府の消費構造

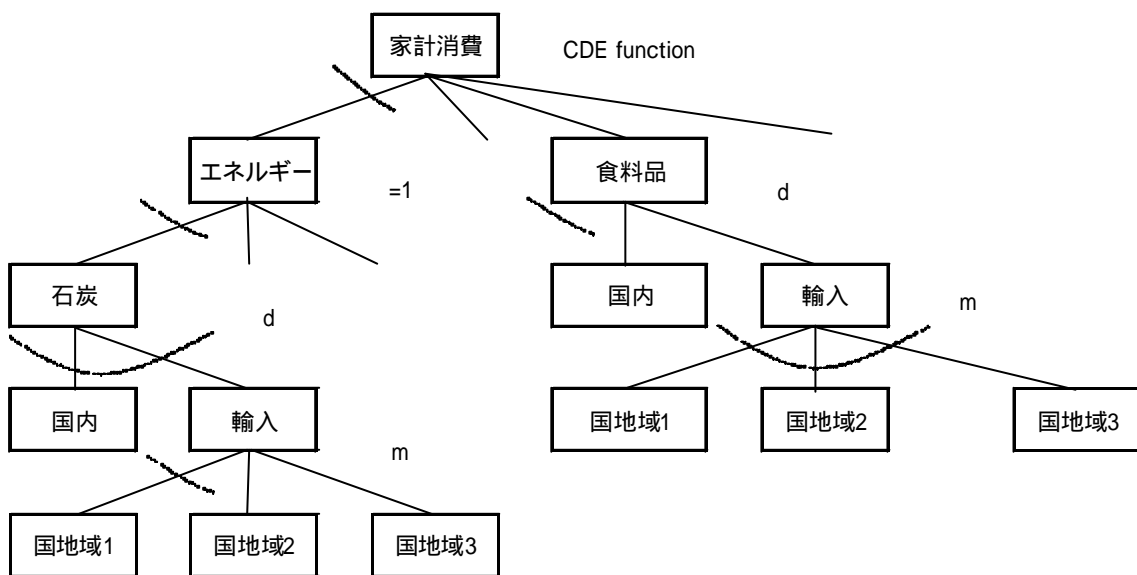


図 2.1-6 家計の消費構造

家計の効用関数は、エネルギー合成財と他の消費財が Constant Difference Elasticity(CDE)関数で表されている。CDE 関数で定義される効用関数は、GTAP モデルで用いられる特徴的な関数であり、各財の代替の弾力性について次のような関係が仮定されている。

$$s_{ij} - s_{ih} = a_j - a_h \quad (2.18)$$

ここで、 $s_{ij}$  は第  $i$  財と第  $j$  財の代替弾力性、 $a_i$  は効用関数のパラメータである。

#### (5) 貯蓄と投資

GTAP-E モデルは時間軸を持たない静学モデルであるが、動学的行動と密接に関係する貯蓄・投資の決定もモデルの中で大きな役割を果たしている。まず、貯蓄は、政府と家計を一つにした地域家計 (Regional Household) が、予算制約下で次のコブダグラス型効用関数を最大化するように決定すると仮定する。

$$U_r = U_{p,r}^a U_{g,r}^b S_r^{1-a-b} \quad (2.19)$$

ここで、 $U_r$  :  $r$  地域の効用、 $U_{p,r}$  :  $r$  地域の家計の効用、 $U_{g,r}$  :  $r$  地域の政府の効用  $S_r$  :  $r$  地域の貯蓄である。効用関数に貯蓄を入れるのは、動学モデルにおける異時点間の効用最大化問題を静学モデルに取り入れる一つの方法である。(2.19)式によれば、貯蓄は政府と家計の予算の一定割合とされる。これは貯蓄率を一定と考えるのと同じである。もちろん、モデルの中で貯蓄率、すなわち、パラメータ  $(1-a-b)$  を内生的に扱うように変更することも可能である。

貯蓄は投資と一致するが、次の二つのケースが考えられる。

$$S_r = I_r \quad (2.20)$$

$$\sum_{r=1}^R S_r = \sum_{r=1}^R I_r \quad (2.21)$$

ここで、 $I_r$  : 貯蓄である。(2.20)式は各地域で貯蓄と投資が一致する。この場合、資本移動はなく、経常収支は均衡する。したがって、資本収益率<sup>11</sup>が各地域で異なることを意味する。それに対して、(2.21)式は、世界総貯蓄と世界総投資が一致する。この場合、資本移動が発生し、経常収支は不均衡となる。さらに、資本収益率は各国で同一となる。なお、投資財は財として独立に扱われるが、生産要素である資本の増加を意味しない。その意味で、GTAP-E モデルは静学モデルである。

#### (6) 静学モデルにおける固定生産要素の取り扱い

静学モデルでは、固定生産要素が  
産業間で即時に移動できる。  
完全雇用される。

<sup>11</sup> GTAP モデルに即して言えば、期待資本収益率である。ここで「期待資本収益率」とは、投資で資本が増加すれば資本収益率が低下すること考慮した資本収益率である。

と仮定される。しかし、労働や資本が産業間を即時に移動できると考えることは非現実的である。したがって、失業や遊休資本が常に発生する。もちろん、それらが一時的な現象であれば、不均衡から均衡へ至る時間を捨象することで均衡だけを考えればよい。ところが、失業率や資本稼働率データを見ると、時間的に十分な期間の経過を考慮しても、完全雇用均衡に至ると仮定すること自体は困難であることが多い。このような問題に対して、GTAP-E モデルでは、スラック変数を取り入れることで、固定的な生産要素が完全に雇用されないケースについても分析することができる。

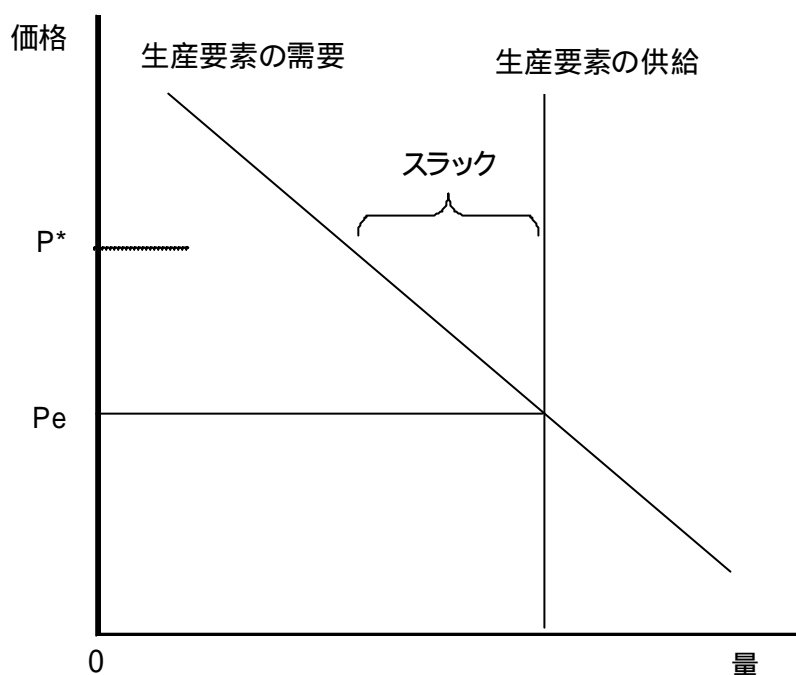


図 2.1-7 スラック変数

生産要素の供給と需要が一致する静学均衡では、要素価格は  $P_e$  となるが、何らかの理由で要素価格が  $P^*$  になるとすれば、供給は需要を上回ることになり、未利用の生産要素が発生する。GTAP モデルでは、それをスラック変数として扱うことで、失業や遊休資産の存在を仮定した分析を行うことができる。

また、固定生産要素の産業間移動に制約がある場合、生産要素の価格、すなわち、賃金や資本収益率が、産業毎に異なる扱いが必要となる。GTAP-E モデルでは、賃金や資本収益率に関して産業毎に異なるケースの分析が可能となっている。固定生産要素の産業間移動は、CET 型変換(Constant Elasticity of Transformation)関数として、次のように定式化されている。

$$\frac{F_{ijr}}{Q_{ir}} = a_0 SLACK_{ir}^{-1} \left( \frac{pf_{ijr}}{p_{ir}} \right)^{-s_{Ti}} \quad (2.22)$$

ここで、 $F_{ijr}$  : r 地域 j 産業で需要される i 固定生産要素、 $Q_{ir}$  : r 地域の i 固定生産要素、 $SLACK_{ir}$  : 地域 r の i 固定生産要素のスラック、 $pf_{ijr}$  : r 地域 j 産業の i 生産要素価格、 $p_{ir}$  : r 地域の i 固定生産要素価格である。(2.22)式は、生産要素価格が産業毎に異なる可能性を許容し、移動の困難さは弾力性パラメータ  $s_{Ti}$  で表される。(2.22)式によれば、生産 1 単位あたりに必要となる各生産要素が、各生産要素価格と生産物価格の比の関数となる。

#### (7) 国・地域と産業区分

本研究で行うシミュレーション分析では、国・地域と産業を表 2.1-6 と表 2.1-7 に基づいて集計している。

表 2.1-6 国・地域区分

国 地域名	記号	備考
日本	JPN	日本
中国	CHN	中国、香港
韓国・台湾	KTW	韓国、台湾
その他アジア	ASA	インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム、バングラディシュ、インド、スリランカ、その他南アジア
オセアニア	ANZ	オーストラリア、ニュージーランド
米国	USA	米国
カナダ	CAN	カナダ
EU	EU	オーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、イギリス、ギリシャ、アイルランド、イタリア、オランダ、ルクセンブルグ、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、その他欧州自由貿易連合
旧ソ連	FSU	ロシア、その他旧ソ連諸国、東欧
その他	ROW	メキシコ、カリブ諸島、中米、コロンビア、ペルー、ベネゼイラ、アルゼンチン、チリ、ウルグアイ、ブラジル、その他南米、トルコ、中東諸国、モロッコ、その他北アフリカ諸国、ボツワナ、マラウイ、モザンビーク、タンザニア、ザンビア、ザンビア、その他諸国

表 2.1-7 産業分類

産業名	記号	備考
農業	AGR	米、小麦、その他穀物、野菜、種油、ビート砂糖キビ、綿花、果物 家畜、その他動物製品、牛乳、養蚕、林業、水産業
石炭	COL	石炭
原油	OIL	原油
ガス	GAS	ガス
ガス供給	GDT	ガス供給
鉱物製品	MIN	鉱物
石油製品	P C	石油製品、石炭製品
電力	ELY	電力
紙・パルプ	PPP	紙製品、出版
化学	CRP	化学、ゴム、プラスチック
鉄鋼	I S	鉄鋼
非鉄金属	MTL	金属、金属製品
輸送機械	VEH	自動車、同部品、輸送機械
その他製造業	OMN	牛肉、加工米、砂糖、食品、たばこ、繊維、アパレル、皮革 木製品、電気機械、一般機械、その他製造業
運輸	TRP	水運、陸運、空運、その他運輸
その他サービス業	SER	水道、建設、流通、通信、金融、保険、対ビジネスサービス 余暇 娯楽、公共サービス、住宅

( 8 ) 排出量取引制度の扱い

ここでは、モデル内における排出権の扱いに関して説明を行う。図 2.1-8 は、GTAP-E モデル内での価格連関を示している。価格には、「市場価格」と「エージェント価格」がある。エージェント価格とは、企業が手にすることができる生産者価格、または家計が手にすることができる生産要素価格であり、エージェント価格に税または補助金を加えたものが市場価格となる。

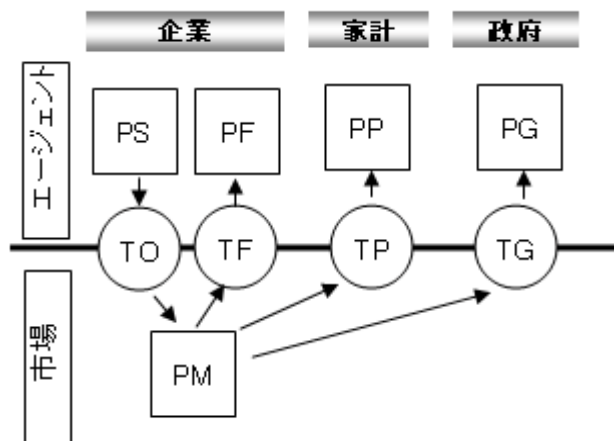


図 2.1-8 GTAP-E 内での価格連関

この関係を式で表すと次のようになる。

$$PS_{i,r} = PM_{i,r} \times TO_{i,r} \quad (2.23)$$

$$PF_{i,j,r} = PM_{i,j,r} \times TF_{i,j,r} \quad (2.24)$$

$$PP_{i,r} = PM_{i,r} \times TP_{i,r} \quad (2.25)$$

$$PG_{i,r} = PM_{i,r} \times TG_{i,r} \quad (2.26)$$

ここで、 $PS_{i,r}$ ：地域 r における財 i の供給価格、 $PF_{i,j,r}$ ：地域 r における j 産業が購入する財 i の価格、 $PP_{i,r}$ ：地域 r における財 i の家計購入価格、 $PG_{i,r}$ ：地域 r における財 i の政府購入価格、 $PM_{i,r}$ ：地域 r における財 i の市場価格、 $PM_{i,j,r}$ ：地域 r における j 産業が購入する財 i の市場価格、 $TO_{i,r}$ ：地域 r における生産財 i への税、 $TF_{i,j,r}$ ：地域 r における j 産業が購入する財 i への税、 $TP_{i,r}$ ：地域 r における財 i の家計購入への税、 $TG_{i,r}$ ：地域 r における財 i の政府購入への税である。

(2.23) 式 ~ (2.26) 式を変化率で表すと以下のようにになる。小文字は変化率を示している。

$$ps_{i,r} = pm_{i,r} + to_{i,r} \quad (2.27)$$

$$pf_{i,j,r} = pm_{i,j,r} + tf_{i,j,r} \quad (2.28)$$

$$pp_{i,r} = pm_{i,r} + tp_{i,r} \quad (2.29)$$

$$pg_{i,r} = pm_{i,r} + tg_{i,r} \quad (2.30)$$

GTAP-E 内では、企業、家計、政府が市場からエネルギーを購入する際に、排出権を保有（つまり排出権価格を負担）しなければならないとしている。負担する費用は、購

入するエネルギーの炭素含有量に比例する。よって、モデル内では、以下の式のように排出権価格負担を盛り込む。

$$tf_{i,j,r} = CTAX \times A_{i,r} \quad (2.31)$$

$$tp_{i,r} = CTAX \times A_{i,r} \quad (2.32)$$

$$tg_{i,r} = CATX \times A_{i,r} \quad (2.33)$$

ここで、 $CTAX$  : 排出権価格 (US\$ /トン・炭素)、 $A_{i,r}$  : 地域 r におけるエネルギー i の平均炭素含有量 (トン・炭素/US\$<sup>12</sup>) である。

なお、二酸化炭素排出の対象となる購入エネルギーは、原油(OIL)、石油製品(P\_C)、ガス(GAS)、石炭(COL)に限定され、電力(ELY)は対象とならない。GTAP-E モデルでは、生産に要する投入財の価格変化が転嫁されるため、電力生産に必要となる原油、石油製品及びガスは、原油、石油製品およびガスの各部門で既に費用負担が生じると考えている。また、原油部門(OIL)での原油(OIL)購入、石油製品部門(P\_C)での石油製品(P\_C)、原油(OIL)の購入、ガス部門(GAS)でのガス(GAS)購入、石炭部門(COL)での石炭(COL)購入は、二酸化炭素排出量算出におけるダブルカウントを避けるために費用負担の対象外としている。

表 2.1-8 費用負担の対象となる産業別エネルギー源

		購入者							
		原油	石油製品	ガス	石炭	電力	その他産業	家計	政府
エネルギー	原油	×	×						
	石油製品		×						
	ガス			×					
	石炭				×				
	電力	×	×	×	×	×	×	×	×

(注) ×は費用負担が生じないことを示している。

排出権取引がない場合の各国の温暖化ガス削減費用は、炭素税を内生化し、二酸化炭

<sup>12</sup> エネルギー市場価格 1US\$ 当たりに含まれる炭素含有量。本章第 2 節で述べたように、物量ベースのエネルギーデータは、IEA「エネルギーバランス表」等を用いて価格データに変換されている。

素排出量を外生的に削減したときの炭素税の大きさを評価する。なお、経常収支は外生とし、炭素税を導入することで生じる貯蓄・投資の不均衡は、投資財需要にスラック変数を追加し、それで吸収する。また、炭素税は GDP デフレータを基準にして実質化する。

排出権取引を行う場合、附属書 国の総排出量を外生とし、附属書 各国の炭素税を共通として内生変数にする。次に、各国の削減目標を与え、現実の排出量との差を排出権取引とし、それに排出権価格を掛けて取引額を算出する。さらに、附属書 国の各国間について、排出権取引額の総計と、経常収支変動の総計が共にゼロとなるように制約を加えてモデルを解く。



## 2.2 取引制度要素

本研究で取り扱う取引制度は表 2.2-1 に示す 24 ケースである。考慮する排出量取引制度要素は、1) 排出量取引対象(上流、下流<sup>13</sup>)、2) クレジット配分方法(有償、無償<sup>14</sup>)、3) 収入還流方法(政府支出増、社会保障費企業負担分軽減、法人税減税)である。

さらに、温室効果ガス削減国・地域として、日本のみが削減、批准国<sup>15</sup>のみが削減、附属書国<sup>16</sup>が削減の3ケースを実施する。

表 2.2-1 対象とする取引制度

対象部門	クレジット配分方法	収入還流方法	削減実施対象国・地域		
			日本	批准国	附属書国
上流	有償	政府支出増			
		社会保障費企業負担分軽減			
		法人税減税			
	無償				
下流	有償	政府支出増			
		社会保障費企業負担分軽減			
		法人税減税			
	無償				

## 2.3 前提条件

本研究では、削減対象国が 2010 年において京都議定書削減目標を満たすとする。各国・地域の 2010 年の予想排出量は、米国エネルギー省エネルギー情報管理局の予測値<sup>17</sup>を用いる。また、吸収源に関してはマラケシュ合意で認められる最大削減量を満たす

<sup>13</sup> 下流の場合には排出量取引対象である産業全体の BAU からの温室効果ガス排出削減率の設定は国全体の京都議定書削減目標を達成するために必要な BAU からの削減率を用いた。よって、下流の場合には国全体としては京都議定書削減目標を満たしていないため、上流との直接的な比較はできない。

<sup>14</sup> クレジットの無償配分(グランドファーザリング)に関しては、政府と企業間の調整、過去の実績をベースにした削減など様々な方法が存在するが、ここでは排出量取引対象となる企業に対して BAU からの同率減分(=国が京都議定書削減目標を達成するのに必要な BAU からの削減率)のクレジットを無償配布するものとする。

<sup>15</sup> 日本(JPN)、カナダ(CAN)、EU(EU)、旧ソ連(FSU)を指す。

<sup>16</sup> 日本(JPN)、カナダ(CAN)、EU(EU)、旧ソ連(FSU)、米国(USA)、豪・NZ(ANZ)を指す。

<sup>17</sup> Energy Information Administration (EIA), US Department of Energy (DOE), "International Energy

と仮定する。

## 2.4 シミュレーション分析の結果と評価

ここではシミュレーション分析の結果を紹介し、各排出量取引制度についての評価を行う。まず京都議定書削減目標を達成する際の日本経済への影響について紹介する。次に、上流型排出量取引制度における排出権初期配分オークションから得られる政府収入を、政府一般財源へ組み入れるケース、社会保障費企業負担分軽減にあてるケース、法人税減税にあてるケースの影響の違いを見る。また、クレジット配分方法（有償配分、無償配分）の違いによる影響についても評価する。最後に下流型排出量取引制度における排出権初期配分オークション収入の還流方法・クレジット配分方法についても同様に評価する。

### 2.4.1 京都議定書削減目標の達成による影響

はじめに京都議定書削減目標達成による日本経済への影響を紹介する。本シミュレーションケースでは、日本を含めた京都議定書批准国<sup>18</sup>が京都議定書によって定められた排出削減目標を達成する。各国の削減目標達成手段は国内政策のみとし、国際排出量取引は行わないものとする。削減目標を達成するために、日本は上流型排出量取引制度を導入する。この制度の下で政府は京都議定書における日本の排出枠に相当する排出権を発行し、国内の産業及び家計、政府に対し、化石燃料を購入する際に排出権の提出を義務付ける。排出権の初期配分はオークションによって行われ、オークションによる収入は一般財源として政府支出に組み入れられる。

#### (1) 排出権価格とマクロ変数

表 2.4-1 は京都議定書削減目標達成による主要な変数への影響を BAU ケース<sup>19</sup>からの変化として表したものである。日本が京都議定書の削減目標を達成する際の国内排出権価格は 110.0 ドル/炭素トンとなり、排出権をオークションで初期配分することによって政府が得る収入は 28,805 百万ドルとなる。この時、消費(C)は 1.25%、投資(I)は 2.16%、輸入(M)は 3.30%減少し、GDPは 0.36%減少する。オークションによる収入が政府支出に入ることから政府消費(G)は 6.14%増加する。排出量取引導入による削減費用の追加的負担により輸出は減少すると考えられるが、ここでは 0.73%増加する。この原因に関しては後述する。

---

Outlook 2004”。

<sup>18</sup> 京都議定書批准国とは日本、EU、カナダ、旧ソ連を指す。なお、削減国が日本だけのケースと、附属書 国のケースのシミュレーション結果については参考資料 6 を参照のこと。

<sup>19</sup> 削減を行わない(Business as Usual)ケース

表 2.4-1 主要な変数への影響<sup>20</sup>

C (%)	-1.25	労働価格 (%)	-0.64
I (%)	-2.16	資本価格 (%)	-1.53
G (%)	6.14	排出権価格 (US\$ / t-C)	110.0
X (%)	0.73	オークション収入 (100万US\$ / t-C)	28805
M (%)	-3.30		
GDP (%)	-0.36		

(注) 労働価格、資本価格は市場価格

### (2) 要素価格

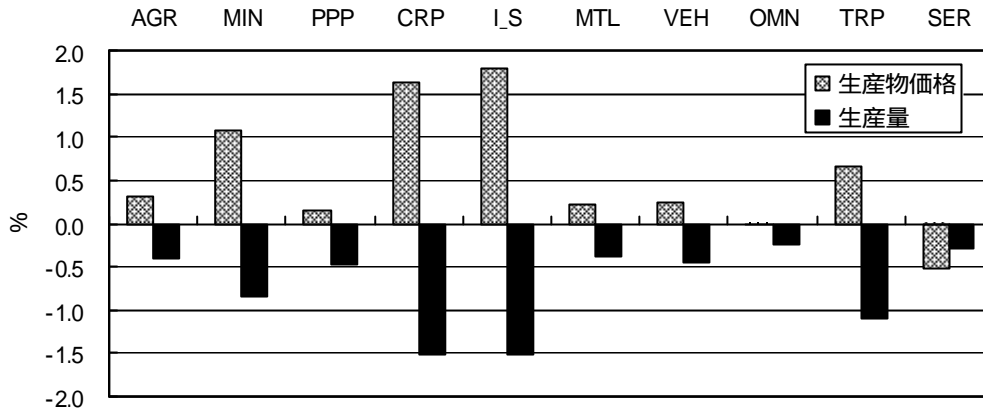
二酸化炭素排出削減を行うと産業の生産量が減少することから、要素に対する需要は減少する。(表 2.4-1) ここでは労働価格、資本価格(いずれも供給者価格)はそれぞれ 0.64%、1.53%下落する。労働価格に比べて資本価格が大きく下落するのは、資本がエネルギーと強い補完関係にあるために、エネルギーの価格が上昇してエネルギー需要が減少すると資本需要を減少せざるを得ないことが理由である。

### (3) 産業

図 2.4-1 は生産物価格と生産量の変化を表している。排出量取引制度導入によってエネルギーコストが上昇することから、生産物 1 単位あたりの生産費用が増加し、生産物価格は上昇する。とくにエネルギー集約産業である鉱物製品(MIN)、化学(CRP)、鉄鋼(I\_S)の上昇率は大きくなる。ただし、その他製造業(OMN)では 0.03%下落し、その他サービス(SER)でも 0.53%下落している。とくにその他サービス(SER)は労働・資本集約財であることから、労働と資本の投入コスト下落を色濃く反映していると言える。

生産物価格が上昇することから需要が減少し、生産量は減少する。減少率が大きいのは価格が大きく上昇する鉱物製品(MIN)、化学(CRP)、鉄鋼(I\_S)、運輸(TRP)といったエネルギー集約産業である。その他製造業(OMN)とその他サービス(SER)は価格が下落するにも関わらず生産量が減少しているが、これは他の産業の生産量が減少することから、中間投入財としての両財に対する需要が減少するためである。

<sup>20</sup> 表中の数値(%)は排出量取引制度導入前(BAU ケース)からの乖離を変化率で示している。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

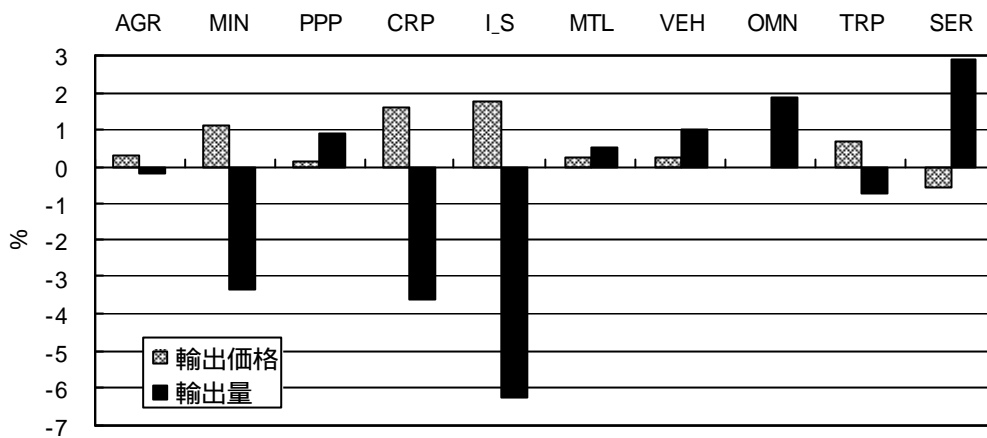
図 2.4-1 産業への影響<sup>21</sup>

#### (4) 国際競争力

図 2.4-2 は各財の輸出価格及び輸出量への影響を表している。農業 (AGR)、鉱物製品 (MIN)、化学 (CRP)、鉄鋼 (I\_S)、運輸 (TRP) は輸出価格が上昇して輸出量は減少する。その他製造業 (OMN) とその他サービス (SER) は輸出価格が下落して輸出量が増加する。紙・パルプ (PPP)、非鉄金属 (MTL)、輸送機械 (VEH) では輸出価格が上昇するにも関わらず輸出量が増加するが、これらの産業では主要輸出相手国である中国やアジア、アメリカへの輸出が増加しているためである。

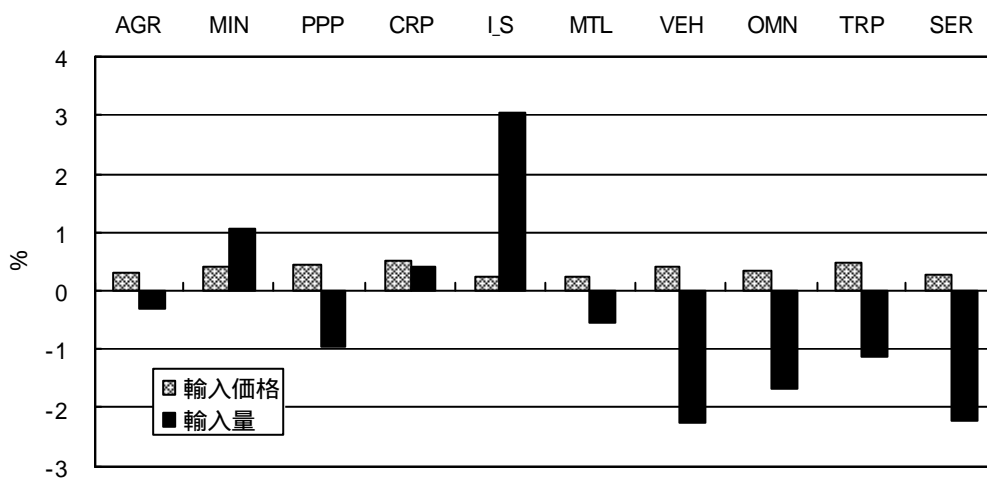
図 2.4-3 は各財の輸入価格及び輸入量への影響を表している。京都議定書批准国で排出削減が行われることから世界価格が上昇し、輸入価格はどの財もわずかに上昇する。エネルギー集約財以外は輸入価格が上昇し輸入量が減少するが、エネルギー集約財である鉱物製品 (MIN)、化学 (CRP)、鉄鋼 (I\_S) は国内価格が輸入価格よりも大きく上昇し、国内財から輸入財へ需要が移るために輸入量は増加する。

<sup>21</sup> 生産物価格は供給者価格。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-2 輸出への影響

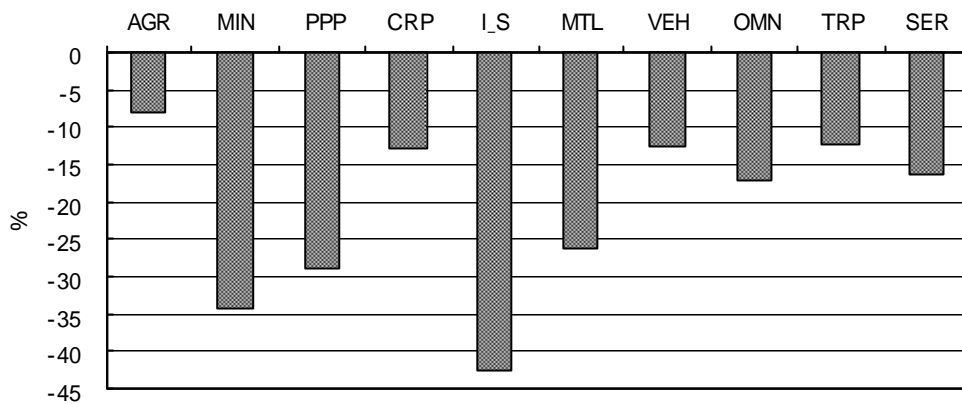


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-3 輸入への影響

### (5) 二酸化炭素排出量

図 2.4-4 は二酸化炭素排出量の変化を表している。二酸化炭素排出削減はエネルギー集約産業を中心に行われる。最も排出削減率が高いのは鉄鋼 (I\_S) で、42.5%の削減となっている。次いで、鉱物製品 (MIN) で 34.2%、紙・パルプ (PPP) で 28.8%、非鉄金属 (MTL) で 26.3%の排出削減が達成される結果となっている。

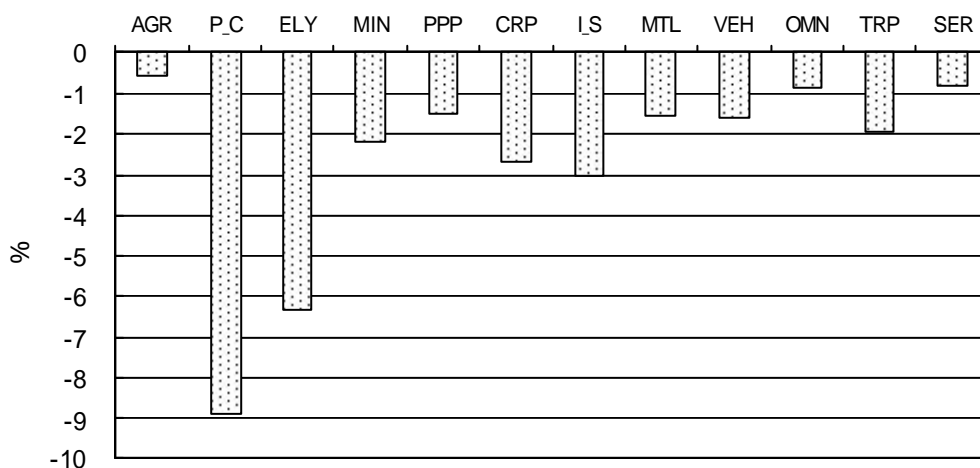


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-4 二酸化炭素排出量の変化

#### (6) 家計の消費行動

図 2.4-5 は家計の消費行動の変化を表している。財価格が上昇するため、家計の消費はどの財においても減少する。とくに石油石炭製品 (P\_C) は排出量取引制度の導入によって直接的に影響を受け購入価格が上昇するため、消費の減少率は 8.9% と大きくなる。また電力 (ELY) 消費も 6.3% と大きく減少する。また、エネルギー集約財は他の財に比べて減少率が大きくなり、鉱物製品 (MIN) で 2.2% 減少、紙・パルプ (PPP) で 1.5% 減少、化学 (CRP) で 2.7% 減少、鉄鋼 (I\_S) 3.0% 減少する。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-5 家計消費行動への影響

## 2.4.2 政府収入還流方法による影響（上流型排出量取引制度）

ここでは上流型排出量取引制度において、排出権オークションによる政府収入を政府支出に用いるケース、社会保障費企業負担分軽減にあてるケース、法人税減税にあてるケースの3種類の還流方法を比較する。

社会保障費企業負担分軽減ケースでは、排出権初期配分オークションによる政府収入の全額を用いて全産業の労働投入コストを一律に下げる。その結果、上流型排出量取引制度導入による総生産費用の上昇が抑えられる上、エネルギーから労働への代替がさらに進むと考えられる。また、法人税減税ケースではオークションによる政府収入の全額を用いて全産業の資本投入コストを全産業で一律に下げる。その結果、社会保障費企業負担分軽減と同様に生産要素間での代替や要素価格の変化を通して生産物価格への影響へと繋がる。

### （1）排出権価格とマクロ変数

図 2.4-6 に各ケースにおける排出権価格を、図 2.4-7 にオークションによる政府収入額を示す。排出権価格は、政府支出増ケースで 110.0 ドル/炭素トン、社会保障費企業負担分軽減ケースで 111.5 ドル/炭素トン、法人税減税ケースで 112.7 ドル/炭素トンとなっている。法人税減税ケースでは生産物価格が大きく上昇することから、排出権価格は上昇する。

図 2.4-8 は 3 種類の還流によるマクロ経済への影響の大きさの違いを、BAU ケースからの変化として示したものである。消費（C）、輸入（M）、GDP はいずれのケースにおいても減少する。法人税減税ケースでは、資本コストを低下させることから投資（I）が 2.27%増加する。政府支出増ケースではオークションによる収入によって政府消費（G）が 6.14%増加する。政府支出増ケースと社会保障費企業負担分軽減ケースでは、輸出（X）がそれぞれ 0.73%、1.85%増加する。これは後に見るようにその他サービス（SER）での輸出が増加するためである。また、輸出価格が大きく上昇する法人税減税ケースでは輸出が大幅に減少している。

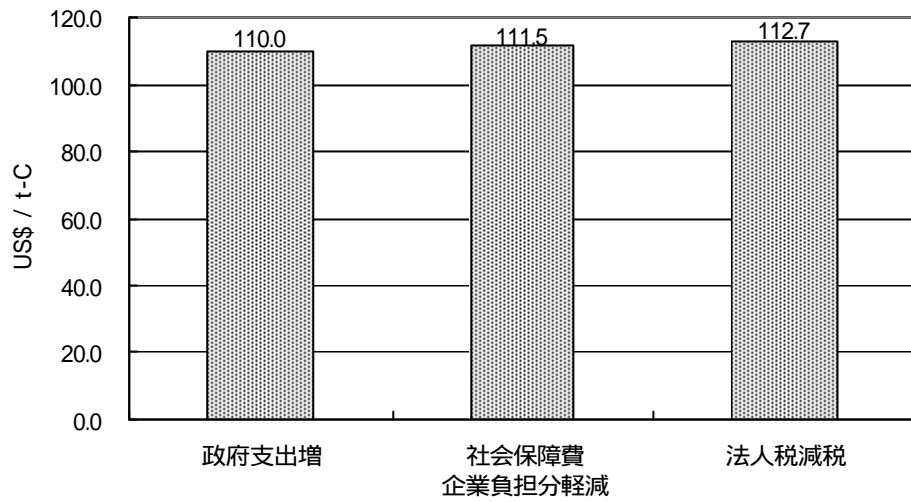


図 2.4-6 上流型排出量取引制度における排出権価格

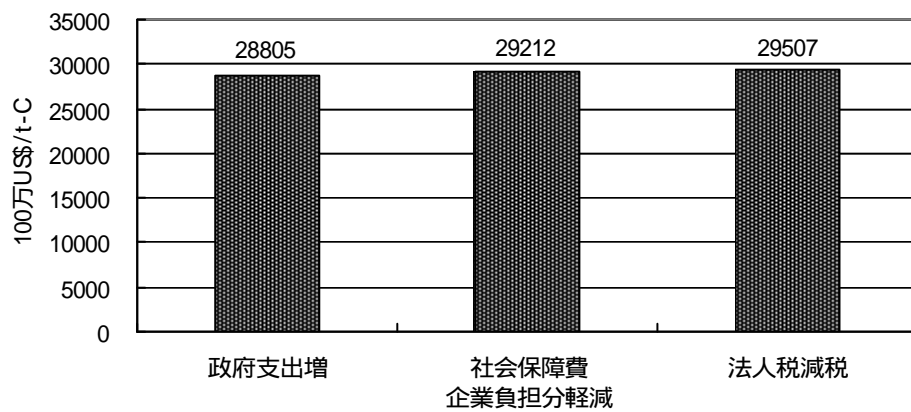
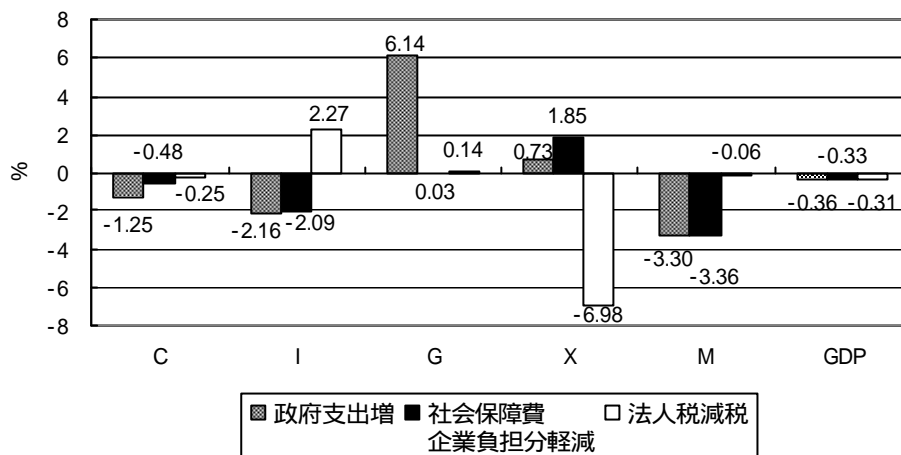


図 2.4-7 上流型排出量取引制度における政府収入



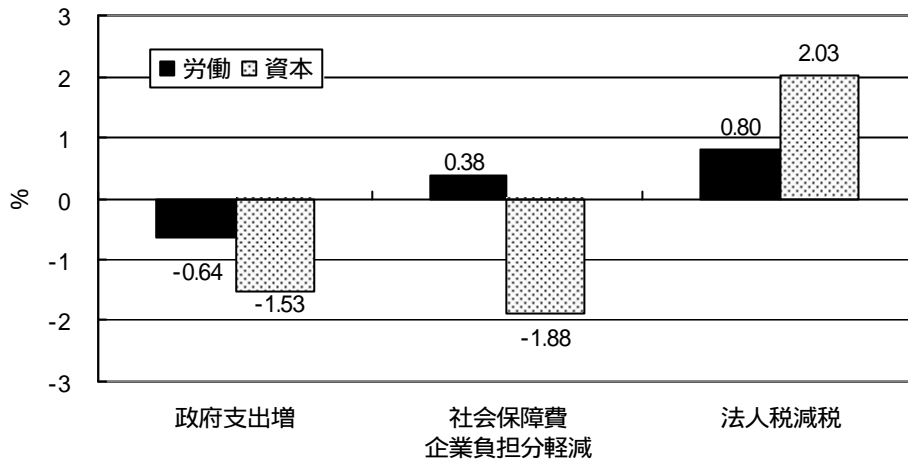


(注) C:消費 I:投資 G:政府消費 X:輸出 M:輸入(いずれも実質)  
BAU ケースからの変化率(%)

図 2.4-8 上流型排出量取引制度におけるマクロ変数への影響

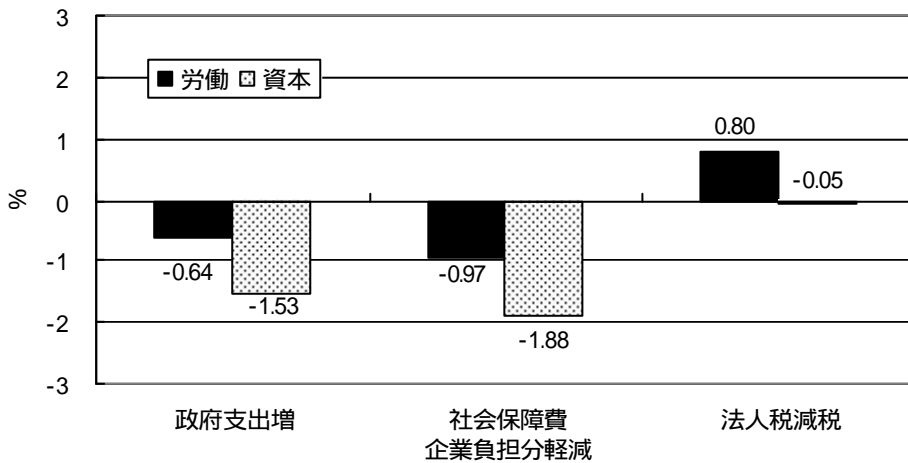
## (2) 要素価格

図 2.4-9 は要素市場価格の変化を、図 2.4-10 は産業の要素投入コストの変化を表している。社会保障費企業負担分軽減ケースでは、企業の労働コストが下がることから労働に対する需要が増加し、労働の市場価格は 0.38% 上昇する。法人税減税ケースでは、資本集約的なその他サービス(SER)の生産が増加する影響から資本需要が全体として増大し、資本の市場価格は 2.03% 上昇する。その結果として、産業の資本コストは上昇した市場価格の影響を受け、政府支出増ケースよりも高くなる。



(注) 数値は BAU ケースからの変化率 (%) を表す。

図 2.4-9 上流型排出量取引制度における要素市場価格の変化



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

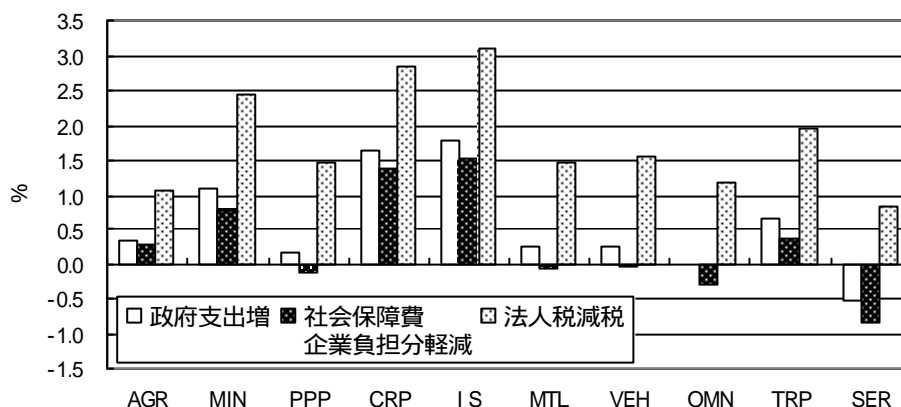
図 2.4-10 上流型排出量取引制度における要素投入コストの変化

### (3) 産業

図 2.4-11 は生産物価格の変化を表す。社会保障費企業負担分軽減ケースでは、政府支出増ケースに比べて労働コストと資本コストが低下することから、生産物価格の上昇

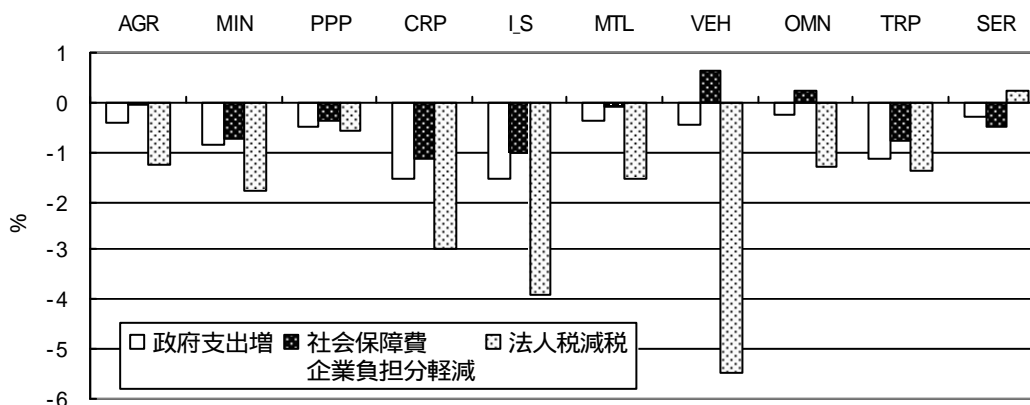
が抑えられる。逆に、法人税減税ケースでは労働コストと資本コストが増加するために価格の上昇が大きくなる。

図 2.4-12 は生産量の変化を表す。社会保障費企業負担分軽減ケースでは、政府支出増ケースに比べて生産量の減少は抑えられる。法人税減税ケースでは、生産物価格の上昇にともなって生産量は大きく減少する。輸送機械 (VEH) では輸入財へ需要が移り、国内生産量は 5.46% と大きく減少する。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-11 上流型排出量取引制度における生産物価格の変化



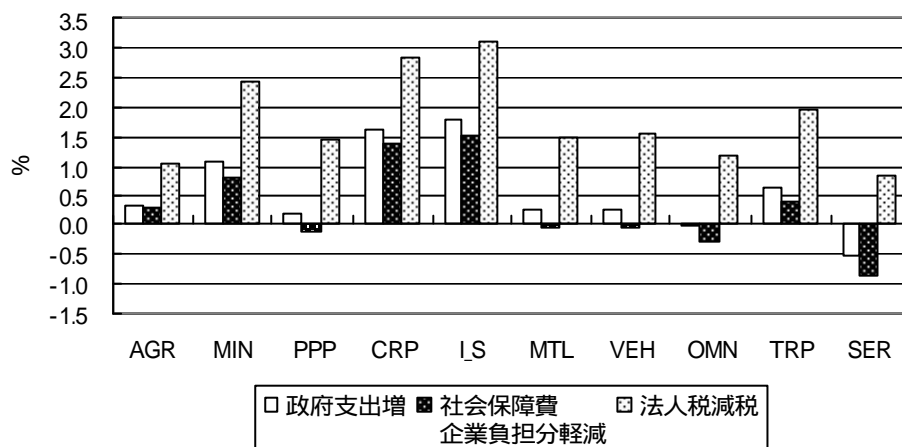
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-12 上流型排出量取引制度における生産量の変化

#### (4) 国際競争力

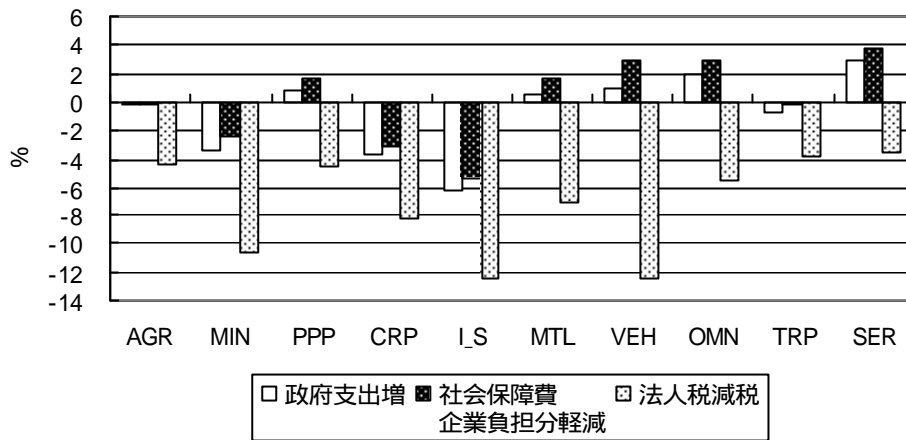
輸出価格の変化を図 2.4-13 に、輸出量の変化を図 2.4-14 に、輸入価格の変化を図 2.4-15 に、輸入量の変化を図 2.4-16 に示す。社会保障費企業負担分軽減ケースでは、政府支出増ケースに比べて輸出価格の上昇が抑えられ、輸出量の減少も抑えられる。法人税減税ケースでは要素コストの増加に伴って輸出価格の上昇は政府支出増ケースよりも大きく、輸出量の減少率も大きい。

日本国内の生産物価格の上昇がわずかながら世界市場へ影響を与えることから、社会保障費企業負担分軽減ケースにおける輸入価格は政府支出増ケースよりも小さくなり、法人税減税ケースでは大きくなる。輸送機械（VEH）で輸入量が 5.60%増加するが、これは国内財と輸入財の価格差に敏感に反応するためである。



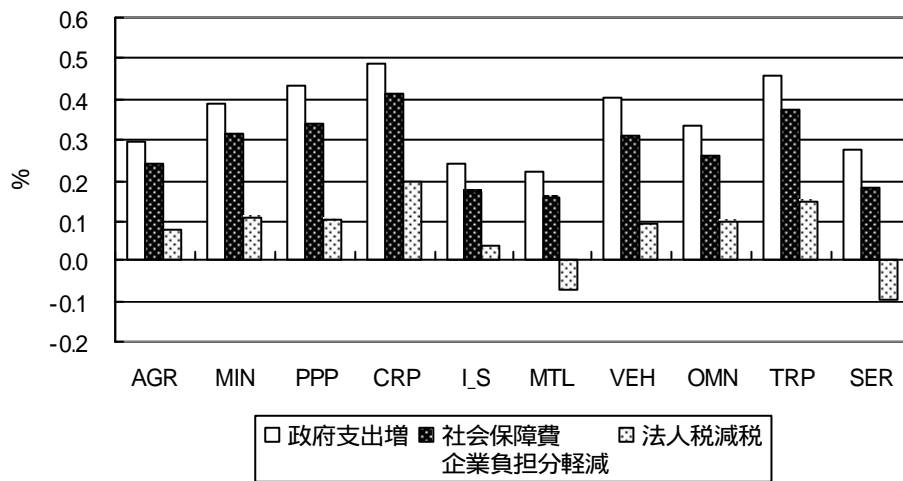
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-13 上流型排出量取引制度における輸出価格の変化



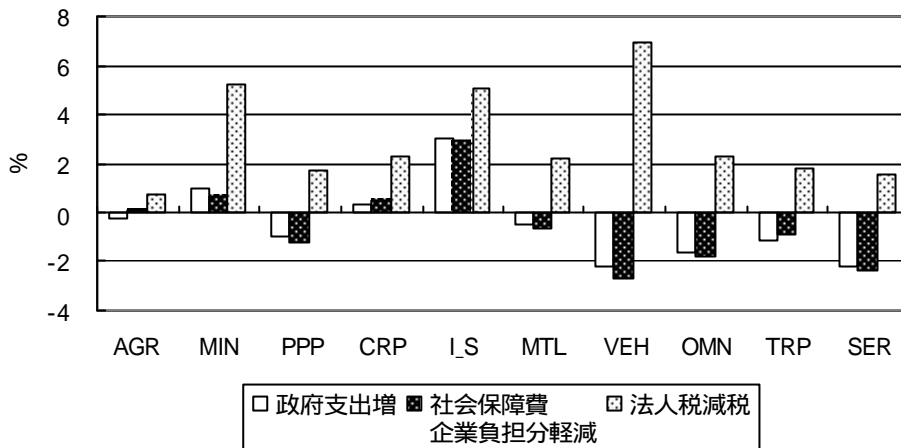
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-14 上流型排出量取引制度における輸出量の変化



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-15 上流型排出量取引制度における輸入価格の変化

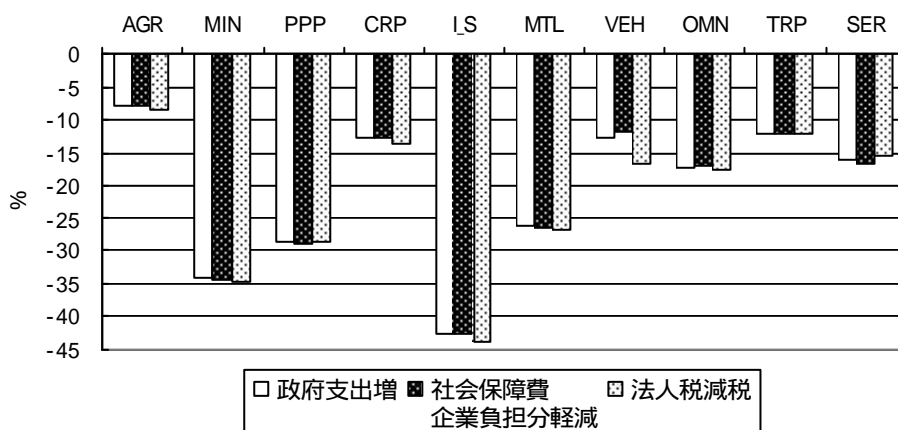


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-16 上流型排出量取引制度における輸入量の変化

#### (5) 二酸化炭素排出量

産業別の二酸化炭素排出削減率は還流方法によってさほど大きな違いはないと言える。(図 2.4-17) 還流方法によって比較的大きな影響を受けるのは輸送機械 (VEH) であり、政府支出増ケースでの削減率は 12.15%、社会保障費企業負担分軽減ケースでは 11.86%、法人税減税では 16.54%となる。輸送機械 (VEH) は法人税減税ケースで国内生産量が大きく減少することから、二酸化炭素排出量の減少も大きくなっている。

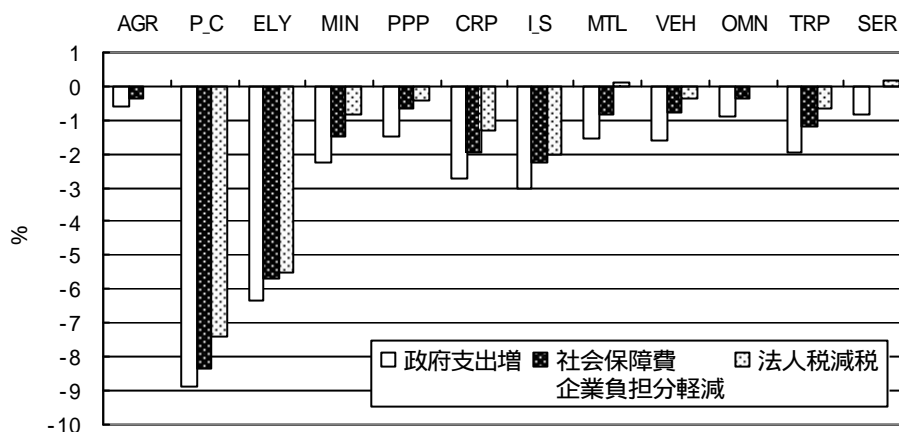


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-17 上流型排出量取引制度における二酸化炭素排出量の変化

## (6) 家計の消費行動

図 2.4-18 は家計の消費行動の変化を表している。社会保障費企業負担分軽減ケースと法人税減税ケースでは政府支出増ケースに比べて要素価格が上昇することから家計の要素所得の減少率が小さくなり、家計消費の減少が抑えられる。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-18 上流型排出量取引制度における家計消費の変化

## (7) 上流型排出量取引制度の政府収入還流方法による影響に関する分析のまとめ

上流型排出量取引制度の導入によって、消費、輸入、GDP は減少する。二酸化炭素の削減はエネルギー集約産業を中心に行われるために、エネルギー集約財の価格は上昇し、生産量は減少する。また社会保障費企業負担分軽減を行うことによって産業への影響を小さくすることができる。法人税減税ケースでは、資本集約的なその他サービスが資本需要を大きく増加させることから資本価格が上昇し、その結果、生産物価格の上昇率が大きくなる。

### 2.4.3 政府収入還流方法による影響(下流型排出量取引制度)

ここでは下流型排出量取引制度のシミュレーション結果を紹介する。下流型排出量取引制度の下では、小規模排出源を多く含む農業(AGR)、運輸(TRP)、その他サービス(SER)、家計、政府を除く7産業における二酸化炭素排出量を京都議定書によって定められた目標量に抑えるため、政府は排出権を発行する。<sup>22</sup>排出権の初期配分はオークションによって行われる。オークションによる政府収入の還流方法は、一般財源と

<sup>22</sup> このため、日本の排出総量は京都議定書における排出枠を超える。したがって、日本は不足する約7.6%の排出枠を海外から購入しなければならないが、本シミュレーションではその購入費用について考慮していない。

して政府支出への組み入れ（政府支出増ケース）、 社会保障費企業負担分軽減（社会保障費企業負担分軽減ケース）、 法人税減税（法人税減税ケース）<sup>23</sup>の3種類である。

（1）排出権価格とマクロ変数

7産業を対象として22.1%の排出削減を行う際の排出権価格は、政府支出増ケースで78.4ドル/炭素トン、社会保障費企業負担分軽減ケースで78.9ドル/炭素トン、法人税減税ケースで78.8ドル/炭素トンとなり、政府収入の還流方法によって排出権価格は大きな影響を受けないと言える。（図2.4-19）また排出権初期配分オークションによる政府収入は、政府支出増ケースで12,499百万ドル、社会保障費企業負担分軽減ケースで12,577百万ドル、法人税減税ケースで12,568百万ドルとなる。（図2.4-20）下流制度のシミュレーションでは、制度の対象となる産業の排出削減率を22.1%として排出権価格を算出している。そのため、家計、政府、農業（AGR）、運輸（TRP）、その他サービス（SER）を含めた日本全体の総排出削減率は各シミュレーションケースにおいて若干異なるが、政府支出増ケースで13.44%、社会保障費企業負担分軽減ケースで13.38%、法人税減税ケースで13.36%となり、還流方法によって大きな差は生じないと言える。（図2.4-21）

図2.4-22は下流型排出量取引制度導入によるマクロ変数への影響を表している。消費（C）はどのケースにおいても減少する。政府支出増ケースでは排出権オークションによる政府収入によって政府消費（G）が3.18%増加する。3ケースとも輸入（M）の減少が大きいのは、ほとんどの産業で生産量が減少するために輸入財への需要が減少するためであるが、とくに化石燃料の輸入の減少が大きく影響している。

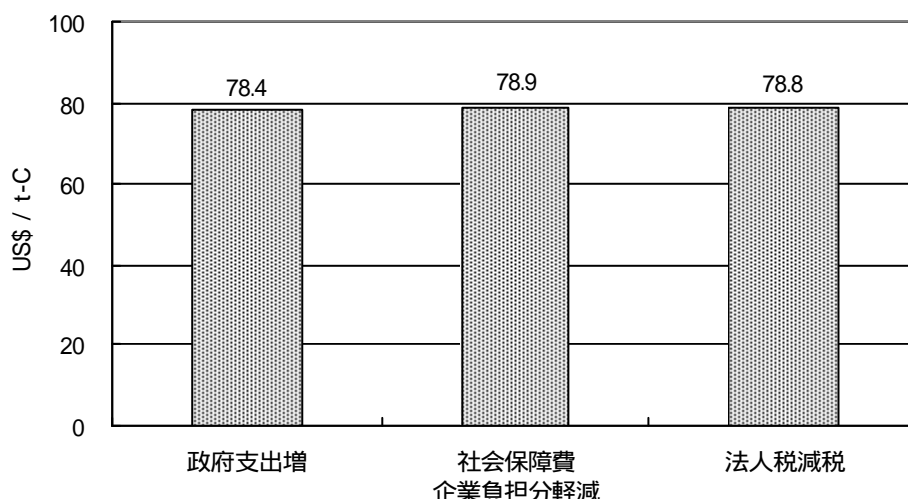


図 2.4-19 下流型排出量取引制度における排出権価格

<sup>23</sup> 社会保障費企業負担分軽減・法人税減税は、排出量取引制度の対象外となる産業に対して一律に行う。



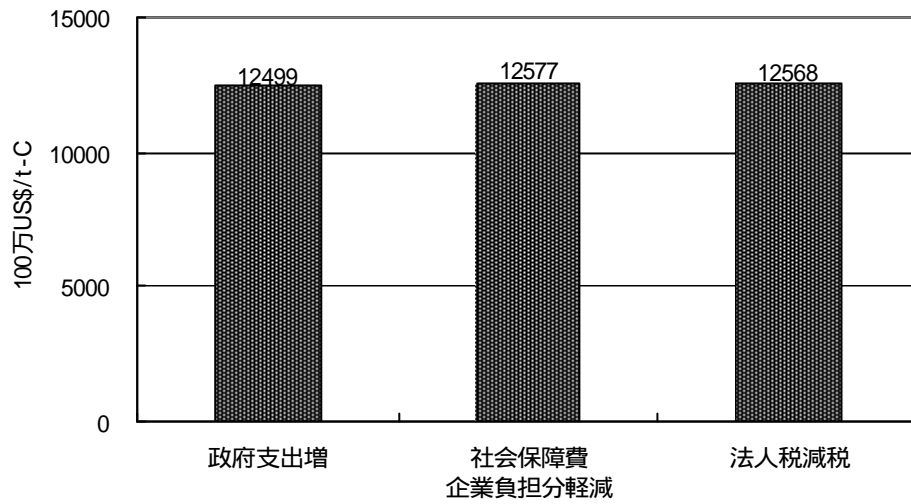
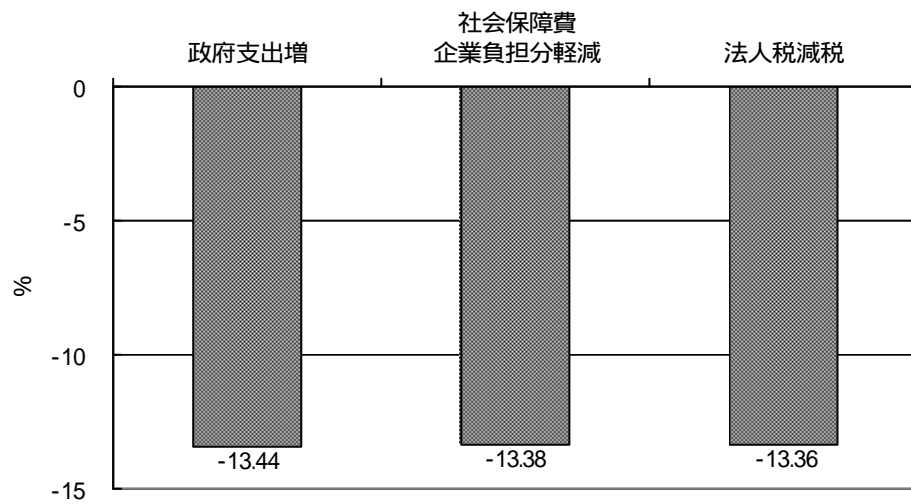
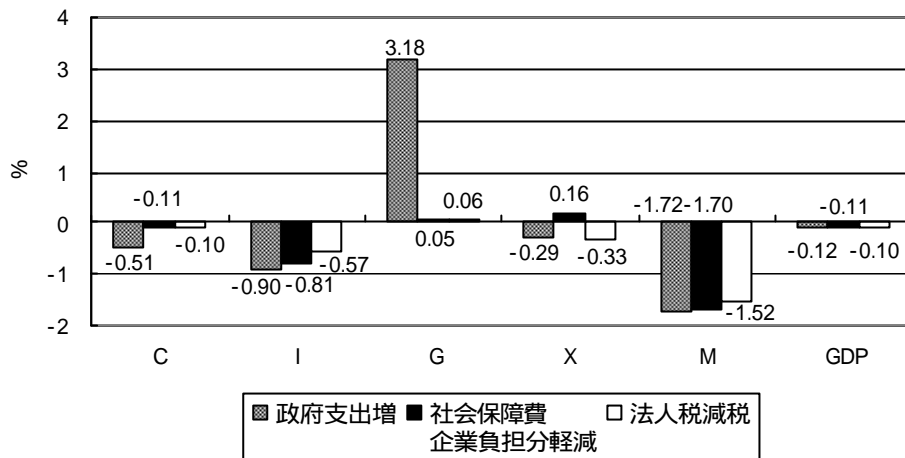


図 2.4-20 下流型排出量取引制度におけるオークション収入



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-21 下流型排出量取引制度における日本の二酸化炭素総削減率



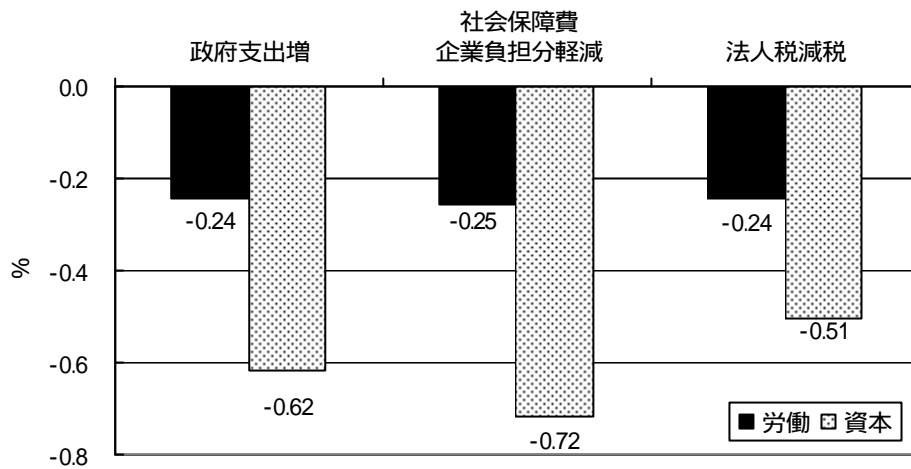
(注) C: 消費 I: 投資 G: 政府消費 X: 輸出 M: 輸入 (いずれも実質)  
BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-22 下流型排出量取引制度におけるマクロ変数への影響

## (2) 要素価格

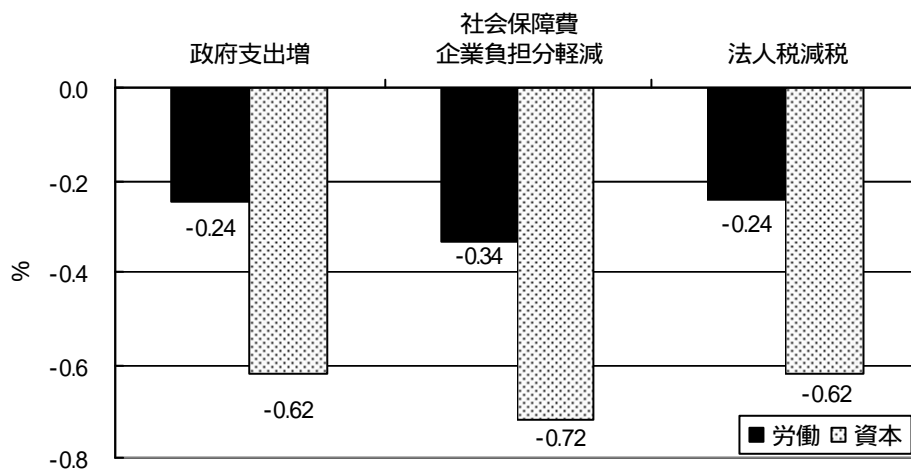
図 2.4-23 は要素市場価格を、図 2.4-24 は産業の要素投入コストを示している。下流型排出量取引の導入によって要素市場価格は下落する。これは産業の生産量が減少することから要素に対する需要が減少するためである。また、労働価格に比べて資本価格が大きく下落しているのは、資本がエネルギーと強い補完関係にあるために、エネルギー価格が上昇してエネルギー需要が減少すると資本需要を減少せざるを得ないことが原因である。

社会保障費企業負担分軽減ケースでは、労働投入コストが下がるために労働需要が増加すると予想されるが、その他サービス (SER) で生産量が減少する影響が大きいことから、労働に対する総需要は増加せず、労働の市場価格は 0.25% と政府支出増ケースと同程度に留まる。また、コストの下がった労働への代替が進むことから資本に対する需要の減少は労働よりも大きく、資本の市場価格は 0.72% まで下落する。法人税減税ケースでは、資本投入コストが下がるために市場における資本価格が 0.51% 減に留まる。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-23 下流型排出量取引制度における要素市場価格の変化



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

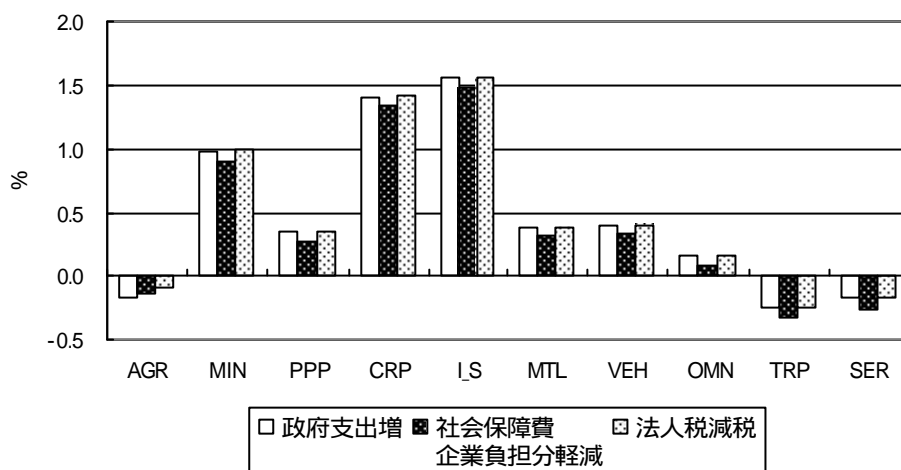
図 2.4-24 下流型排出量取引制度における要素投入コストの変化

### (3) 産業

図 2.4-25 は各財の生産物価格を、図 2.4-26 は各財の生産量の変化を示している。下流型排出量取引制度の導入によって、エネルギー集約財を中心として生産物価格が上昇し、生産量は減少する。排出量取引制度の対象とならない農業 (AGR)、運輸 (TRP)、その他サービス (SER) では価格が下落しているが、これは他の産業で生産が減少する

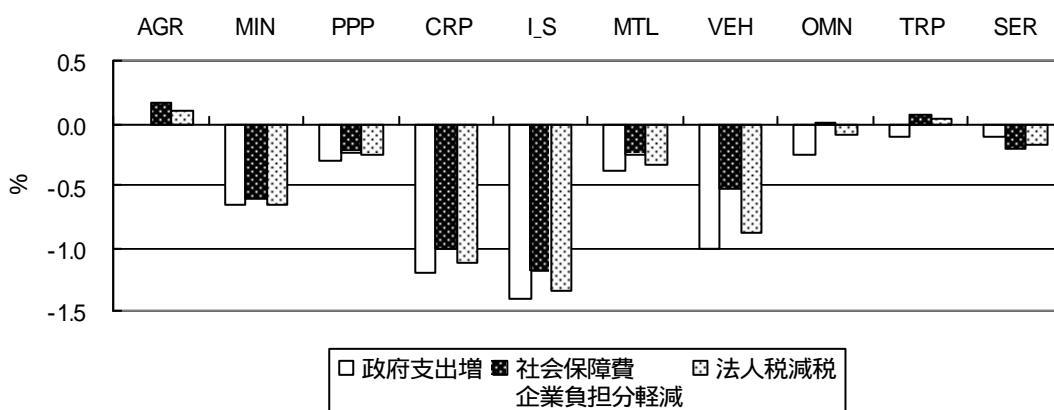
ために中間財としての需要が減少すること、最終消費財としての需要が減少することが原因である。

社会保障費企業負担分軽減によって、生産物価格上昇及び生産量減少は政府支出増ケースより抑えられる。一方、法人税減税の場合には生産物価格と生産量に大きな変化が見られない。これは資本とエネルギーが補完的な関係にあることが原因である。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-25 下流型排出量取引制度における生産物価格の変化



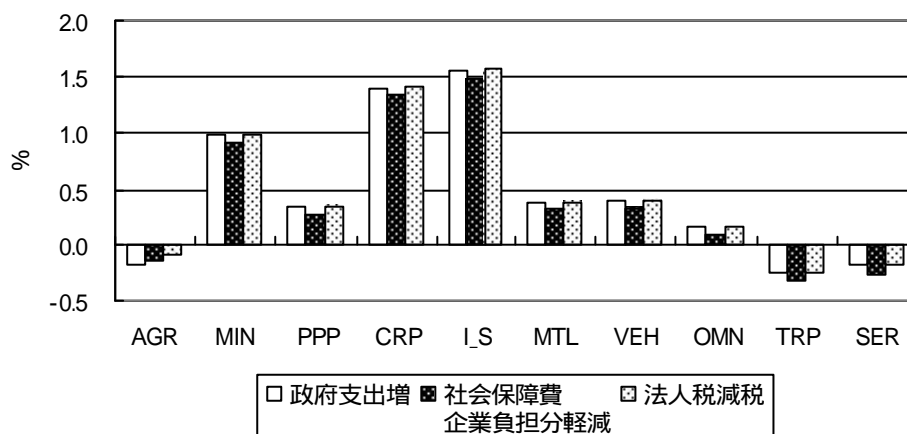
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-26 下流型排出量取引制度における生産量の変化

(4) 国際競争力

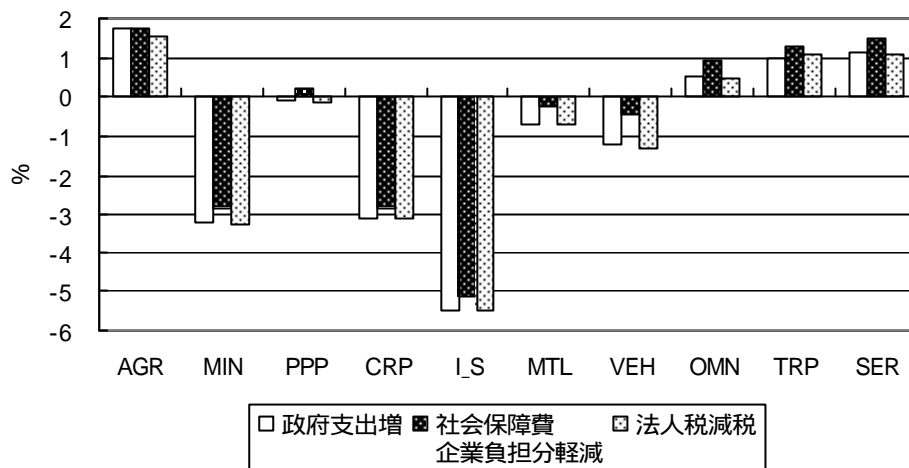
図 2.4-27 は輸出価格の変化を、図 2.4-28 は輸出量の変化を表す。輸出価格については国内生産物価格と同様の変化が見られ、エネルギー集約財を中心に輸出価格は上昇し、輸出量は減少する。輸出価格が下落する産業では輸出量が増加するが、その他製造業（OMN）では国内生産物価格の上昇よりも世界価格の上昇が大きいため、輸出価格が上昇するにも関わらず輸出量は増加する。

図 2.4-29 は輸入価格の変化を、図 2.4-30 は輸入量の変化を表している。京都議定書批准国で排出削減が行われることから世界価格は上昇し、輸入価格はどの財も上昇するため、多くの財の輸入量は減少する。ただし、鉱物製品（MIN）では輸入量は増加している。鉱物製品は輸送機械（VEH）、その他製造業（OMN）、その他サービス（SER）において中間財として多く投入されているが、これらの財の生産量減少は比較的小さく、そのために鉱物製品に対する需要はさほど減少しない。しかし鉱物製品の国内生産量は減少するため、輸入財に頼らざるを得ないことが理由である。また、法人税減税ケースでは輸送機械（VEH）の国内価格と輸入価格との差が大きくなり、輸入量が増加する。



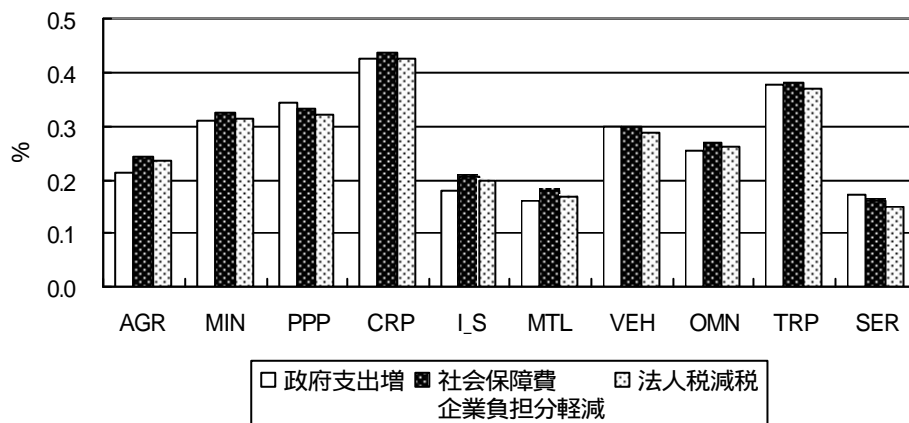
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-27 下流型排出量取引制度における輸出価格の変化



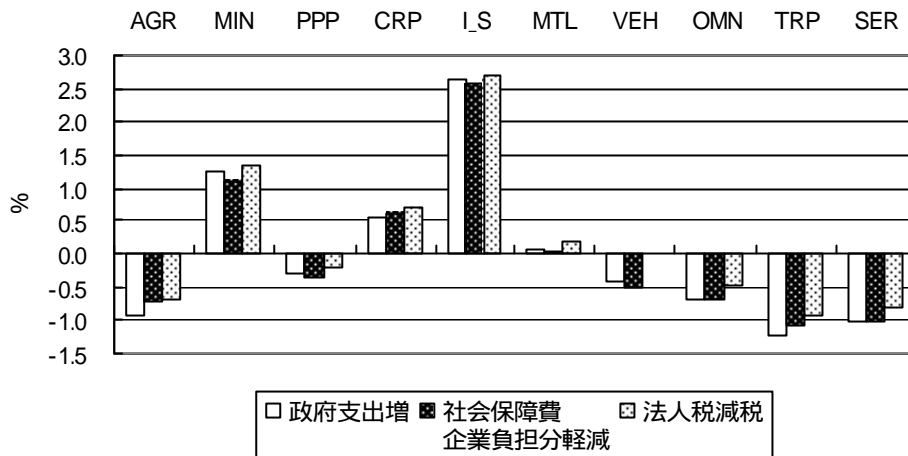
(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-28 下流型排出量取引制度における輸出量の変化



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-29 下流型排出量取引制度における輸入価格の変化

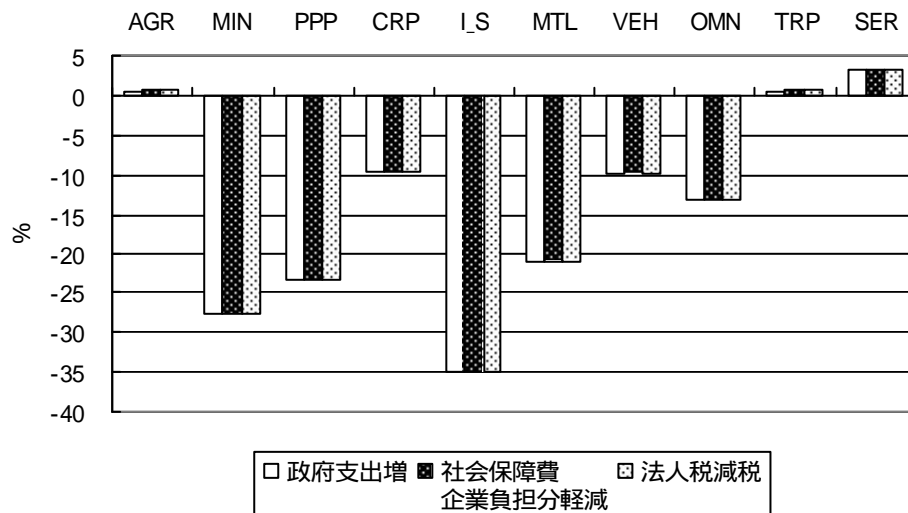


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-30 下流型排出量取引制度における輸入量の変化

#### (5) 二酸化炭素排出量

図 2.4-31 は二酸化炭素排出量の変化を示す。制度の対象となる産業ではエネルギーコストが上がるためにエネルギー需要が減少し、二酸化炭素排出削減が行われる。このため、化石燃料の市場価格は需要が減少することから下落し、対象でない農業 (AGR)、運輸 (TRP)、その他サービス (SER) ではエネルギーコストが下がることとなるために使用量が増加する。

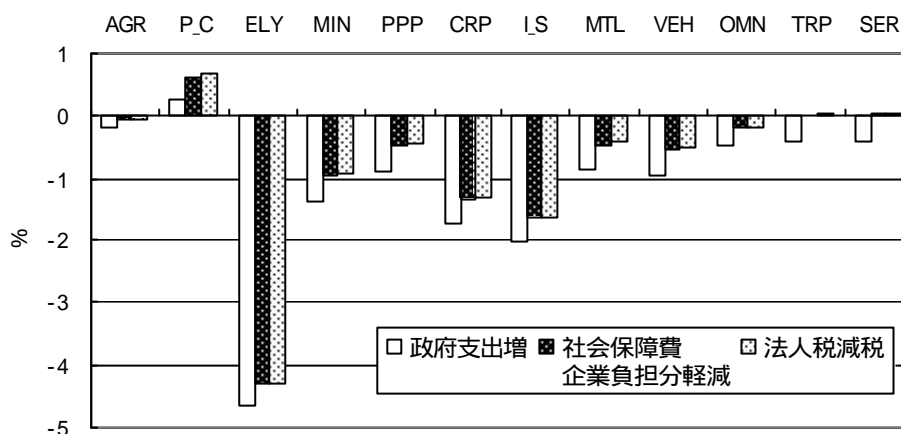


(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-31 下流型排出量取引制度における二酸化炭素排出量の変化

## (6) 家計の消費行動

図 2.4-32は家計消費行動の変化を示す。価格が上昇する財の消費量は減少する。石油石炭製品 (P\_C) では市場価格が下落するため、排出量取引制度の対象ではない家計における消費量が増加する。また、電力 (ELY) の価格は大きく上昇することから消費量の減少も大きい。



(注) BAU ケースからの変化率 (%)

図 2.4-32 下流型排出量取引制度における家計消費行動の変化

## (7) 下流型排出量取引制度の政府収入還流方法による影響に関する分析のまとめ

下流型排出量取引制度の導入によって、消費、輸入、GDP は減少する。二酸化炭素の削減はエネルギー集約産業を中心に行われ、エネルギー集約財の価格は上昇し、生産量は減少する。社会保障費企業負担分軽減を行うことによって産業への影響を小さくすることができるが、法人税減税ケースでは政府支出増ケースと同様の結果となる。

### 2.4.4 クレジット配分方法による影響 (上流型排出量取引制度)

ここでは、上流型排出量取引制度において、排出権配分方法として、オークション (有償)、グランドファーザリング (無償) の2種類の配分方法による影響に関して検討を行った。

有償ケースでは、オークション収入が全て政府支出として用いられると仮定する。無償ケースでは全ての上流企業に対して同率の削減を求めようクレジットの配分を行うとする。通常の GTAP-E では企業間クレジット移転の際の金銭の移動<sup>24</sup>は考慮しないが、本研究ではより現実的な結果を求めるために、クレジット移転に伴う金銭の授受

<sup>24</sup> クレジット購入企業は売却企業に対して支払いを行う。



を考慮した。

### (1) 排出権価格とマクロ変数

図 2.4-33 はクレジット配分方法の違いによるマクロ経済への影響を支出サイドより評価したものである。変化量は BAU からの乖離を示す。GDP は有償・無償の両ケースとも-0.36%である。最も大きな違いは政府支出(G)であり、有償ケースでは 6.14%、無償ケースでは 0.04%である。これは、有償ケースではオークション収入が政府支出として用いられる一方、無償の場合追加的な政府収入は発生しないためである。消費(C)は有償ケースでは-1.25%、無償ケースでは-0.53%。投資(I)は有償ケースで-2.16%、無償ケースで-2.22%である。両ケースとも輸出は増加、輸入は減少する。

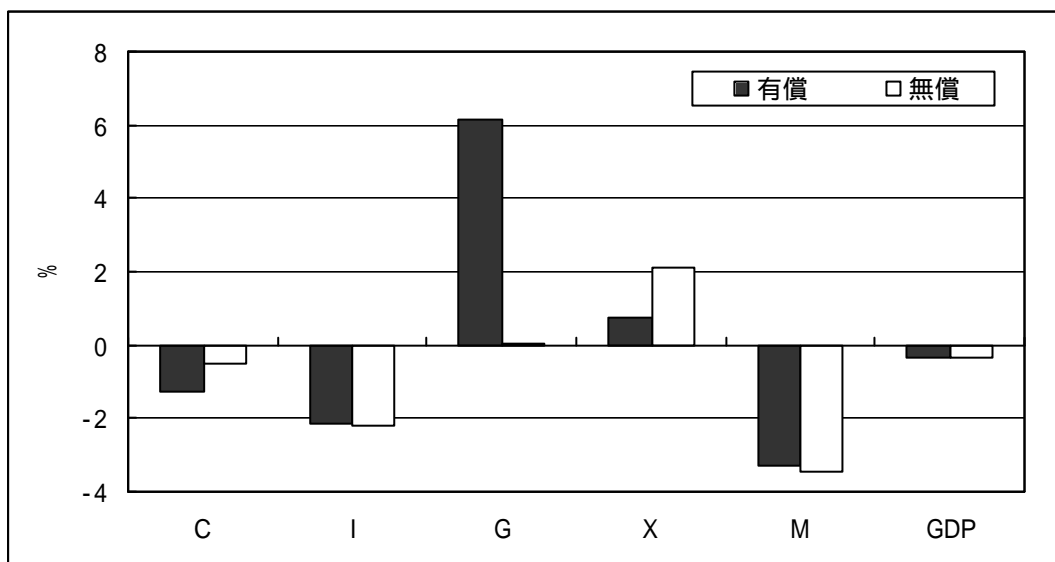


図 2.4-33 マクロ変数への影響<sup>25</sup>

### (2) 生産要素価格

図 2.4-34 は生産要素の市場価格変化を示す。労働価格及び資本価格ともに無償ケースの方が BAU からの低下率が大きい。先ほどのマクロ変数で見たように、有償ケースではオークション収入が政府支出として用いられる。政府支出の大部分はサービス(SER)の購入にあてられ、その結果サービス(SER)の需要が伸びる。サービス(SER)は資本・労働集約産業であるため、サービス需要の増加は資本・労働需要の伸びにつながっているためと思われる。

<sup>25</sup> C：消費、I：投資、G：政府、X：輸出、M：輸入、GDP：GDP

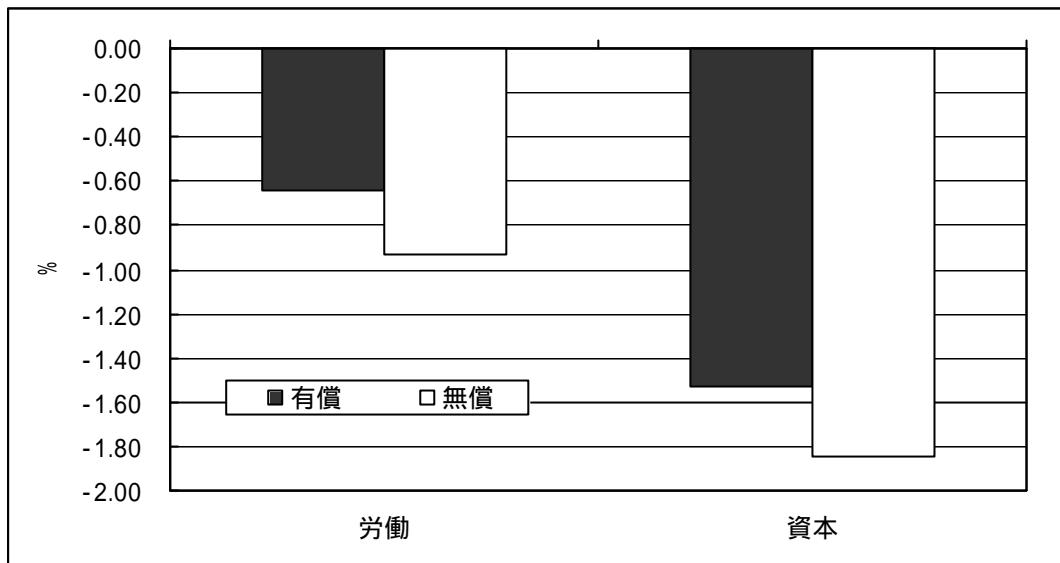


図 2.4-34 要素価格（市場価格）の変化<sup>26</sup>

### (3) 産業

図 2.4-35 は生産財の価格変化を示す。農業（AGR）を除く全ての産業において有償の方が無償と比較して価格は低い。無償ケースの方が、労働・資本価格の低下が大きいと思われる。

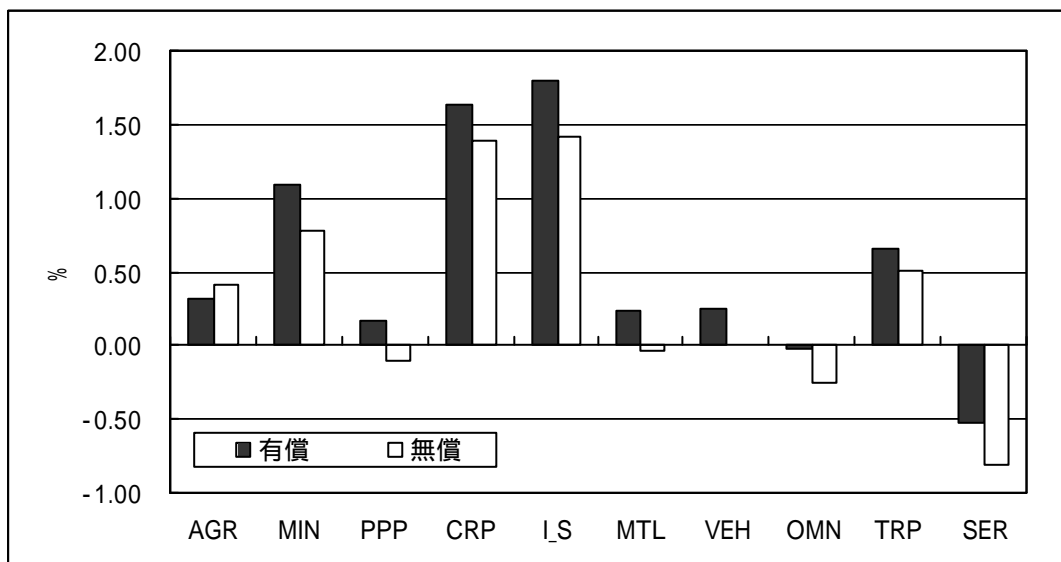


図 2.4-35 生産物価格<sup>27</sup>の変化

<sup>26</sup> ここでの価格変化はエージェント価格でなく市場価格の変化を示す。

<sup>27</sup> 市場価格

図 2.4-36 は生産量の変化を示す。サービス（SER）を除いて、全ての産業において無償ケースに比べて有償ケースでは生産量への影響が大きい。図 2.4-36 に示したように生産財の価格が有償ケースの方が高いため、国内消費の減少、輸出の減少が生じている。サービス（SER）に関しては、有償ケースではオークション収入は政府支出として用いられると仮定しており、政府支出の大部分はサービス購入であるためサービス（SER）の生産量への影響は政府収入増が生じない無償ケースと比較して抑えられる。

無償ケースでは、輸送機械（VEH）、その他製造業（OMN）では逆に生産量が増加している。原因としては既に述べたように無償ケースでは資本・労働価格が大きく低下したため、労働・資本集約産業ではエネルギー使用に伴う追加費用負担がオフセットされたためである。事実、輸送機械（VEH）、その他製造業（OMN）の生産財価格は 0%、-0.26%BAU と比較して変化する。

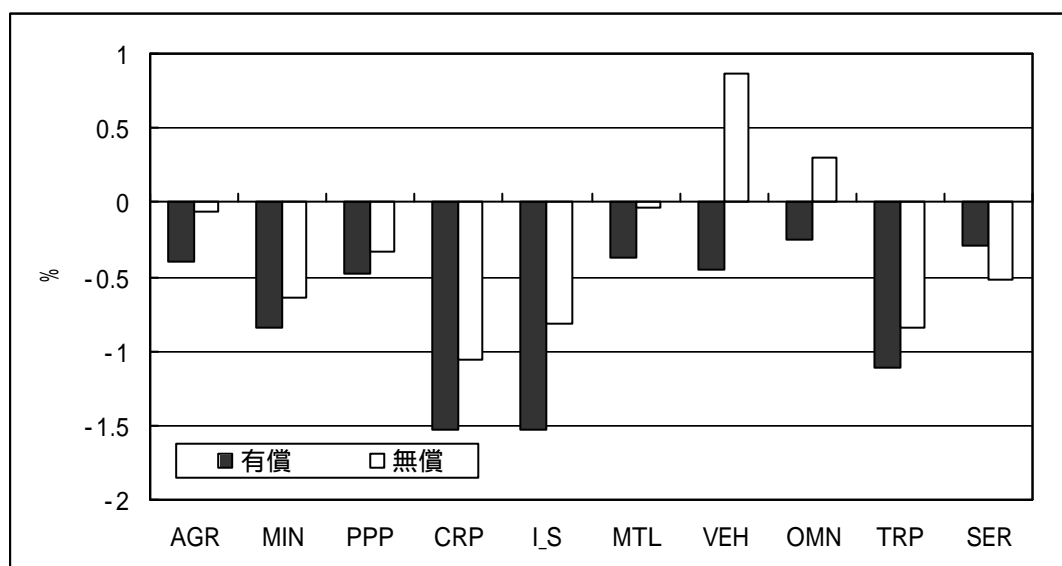


図 2.4-36 生産量の変化

#### (4) 国際競争力

輸出価格の変化を図 2.4-37 に、輸出量の変化を図 2.4-38 に、輸入価格の変化を図 2.4-39 に、輸入量の変化を図 2.4-40 に示す。生産財別の輸出価格変化を見ると、農業（AGR）を除いて全ての生産財において有償ケースと比較して無償ケースの方が価格の上昇が抑えられている。これは既に述べたように、無償ケースにおいて労働・資本価格が低下するためである。その結果、輸出量が無償ケースの方が有償ケースと比較して増加する。

無償ケースにおいて逆にいくつかの産業においては輸出価格が低下する。サービス（SER）、その他製造業（OMN）、紙パルプ（PPP）、その他金属（MTL）では、輸出

価格がそれぞれ 0.81%、0.26%、0.11%、0.05%低下する。その結果これらの産業では輸出は増加する。

輸入に関しては、全ての輸入財価格が増加する。無償ケースの方が輸入価格の上昇幅は大きい。輸入価格が上昇するにもかかわらず、鉄鋼（L\_S） 化学・ゴム・プラスチック（CRP） 鉱物製品（MIN）では輸入量が増加する。鉄鋼（L\_S） 化学・ゴム・プラスチック（CRP） 鉱物製品（MIN）はいわゆるエネルギー多消費産業であるため、輸入価格以上に我が国での生産価格の増加の方が大きく、その結果輸出の減少、輸入の増加につながっている。

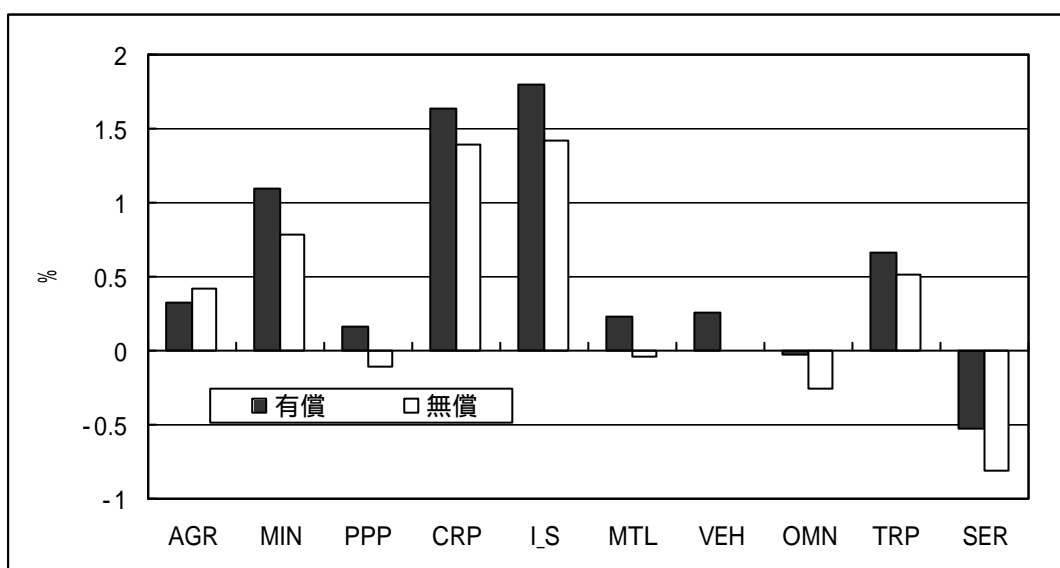


図 2.4-37 輸出価格の変化

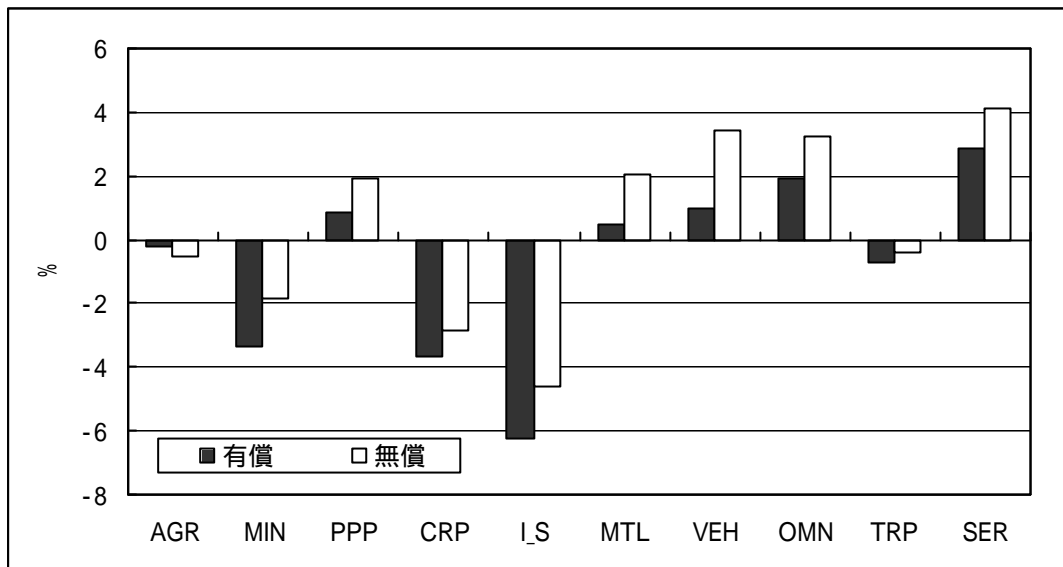


図 2.4-38 輸出量の変化

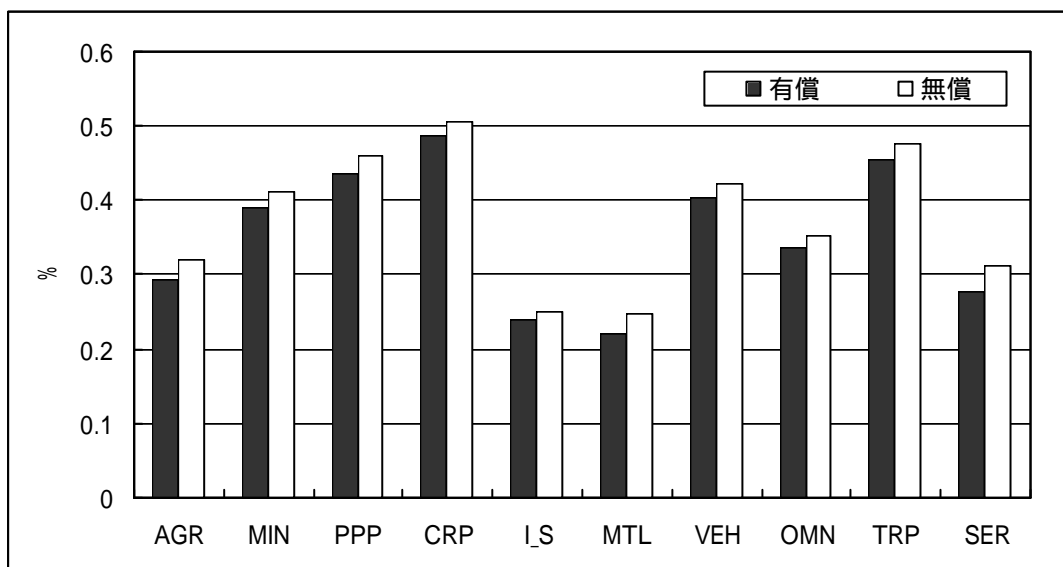


図 2.4-39 輸入価格の変化

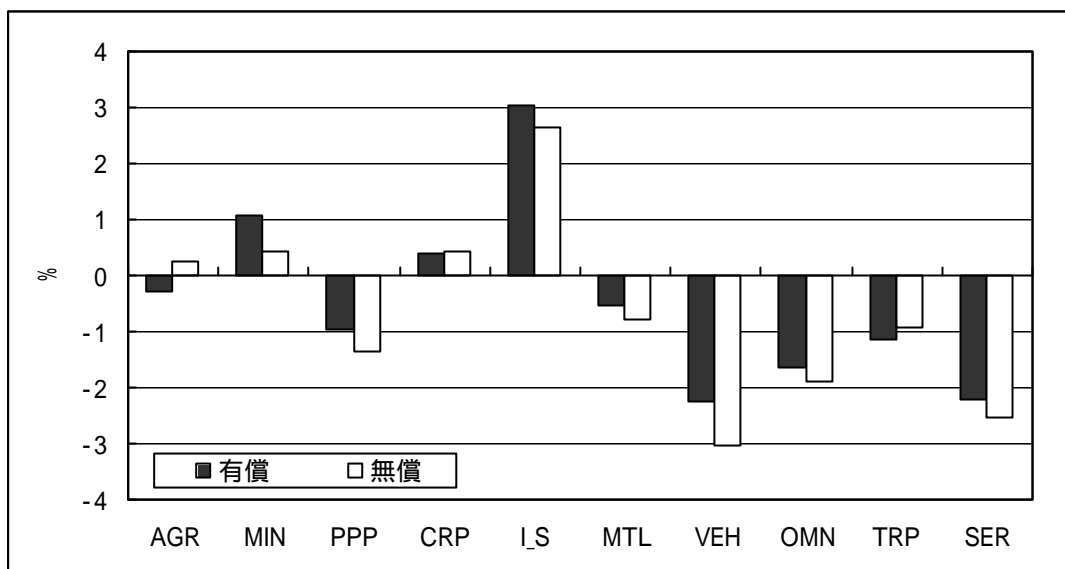
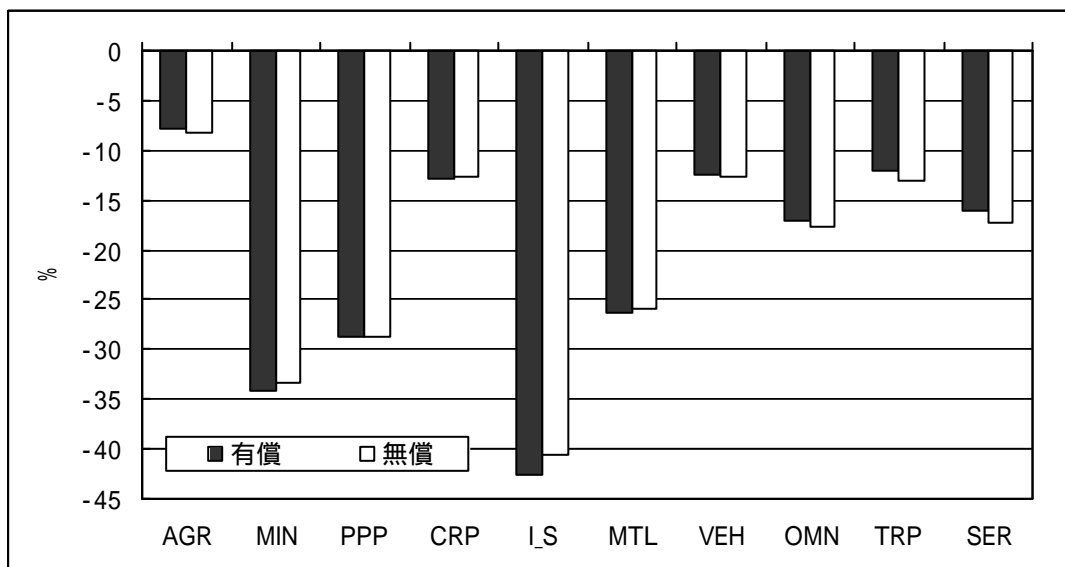


図 2.4-40 輸入量の変化

(5) 二酸化炭素排出量

図 2.4-41 は産業別二酸化炭素排出量の変化を示している。クレジット配分方法間で大きな違いはない。

図 2.4-41 産業別二酸化炭素排出量変化



(6) 家計の消費行動

図 2.4-42 は家計の消費行動の変化を示している。ガス供給 (GDT)、石油製品 (P\_C)、電力 (ELY) といったエネルギー財の消費の落ち込みが大きい。

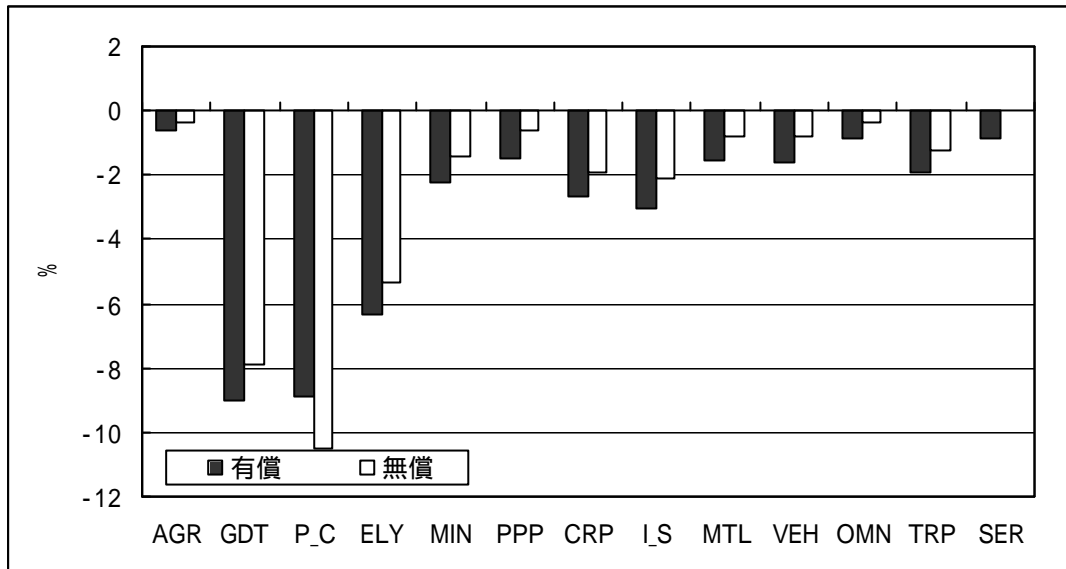


図 2.4-42 家計消費の変化

(7) 上流型排出量取引制度のクレジット配分方法に関する分析まとめ

有償タイプの排出量取引では生じるオークション収入を全て政府支出として用いる。政府支出の大部分はサービス(SER)購入に当てられるため、サービス(SER)への影響は他の産業と比較して低い。有償での排出量取引はエネルギー多消費産業からサービスへの資金移動と言える。

またサービス(SER)は労働・資本集約産業であるため政府によるサービス常用の増加は労働・資本の需要の増加となる。このため、有償ケースでは無償ケースと比較して労働・資本価格の下落は少ない。

2.4.5 クレジット配分方法による影響(下流型排出量取引制度)

ここでは下流型排出量取引制度においてクレジット配分方法を有償(オークション)で行ったケースと無償(グランドファーザリング)で行ったケースに関して比較を行う。今回の下流排出量取引制度では、小規模排出者を多く含む農業(AGR)、運輸(TRP)、サービス(SER)、家計、政府を除く7産業において排出量取引を実施する。有償ケースにおいて生じるオークション収入は政府支出増に用いられる。

(1) マクロ変数

図 2.4-43 は GDP を支出側より分解したものである。まず GDP について見てみる。クレジット配分方法による影響は非常に小さく、有償ケースで-0.12%、無償ケースで-0.10%である。クレジット配分方法で大きく異なる要素は政府支出(G)である。これは、有償ケースではオークション収入が発生し、発生したオークション収入は政府支出

に用いられるためである。輸出 (X) は有償ケースではマイナスであるが、無償ケースではプラスである。原因に関しては後述する。

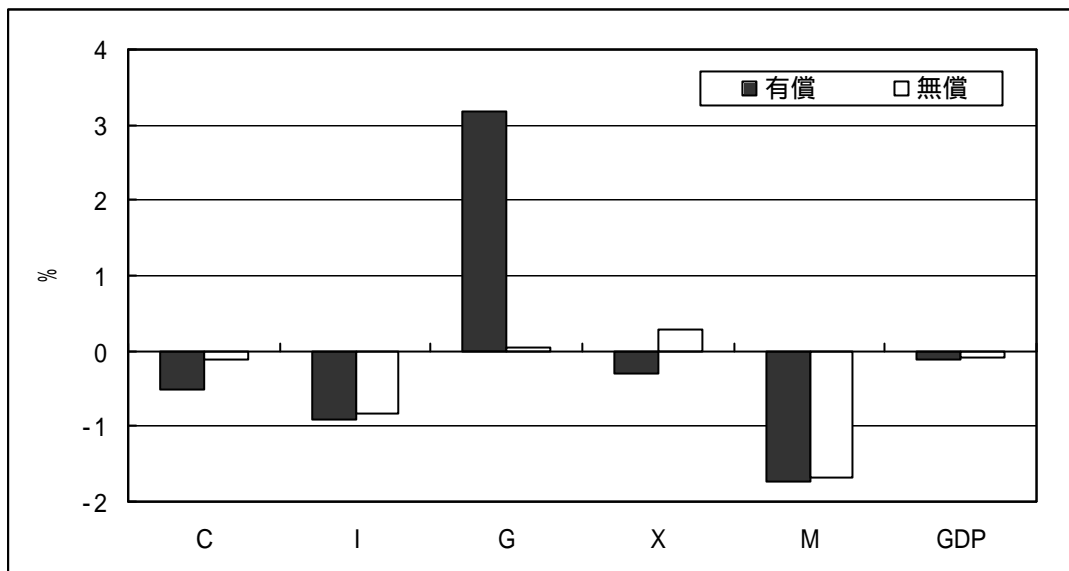


図 2.4-43 マクロ変数への影響

## (2) 要素価格

図 2.4-44 は労働と資本価格の変化を示している。労働・資本共に無償ケースの方が有償ケースと比較して価格が低下している。理由としては、先ほどのマクロ変数で見たように、有償ケースではオークション収入が政府支出として用いられる。政府支出の大部分はサービス (SER) の購入にあてられ、その結果サービス (SER) の需要が伸びる。サービス (SER) は資本・労働集約産業であるため、サービス需要の増加は資本・労働需要の伸びにつながっているためと思われる。



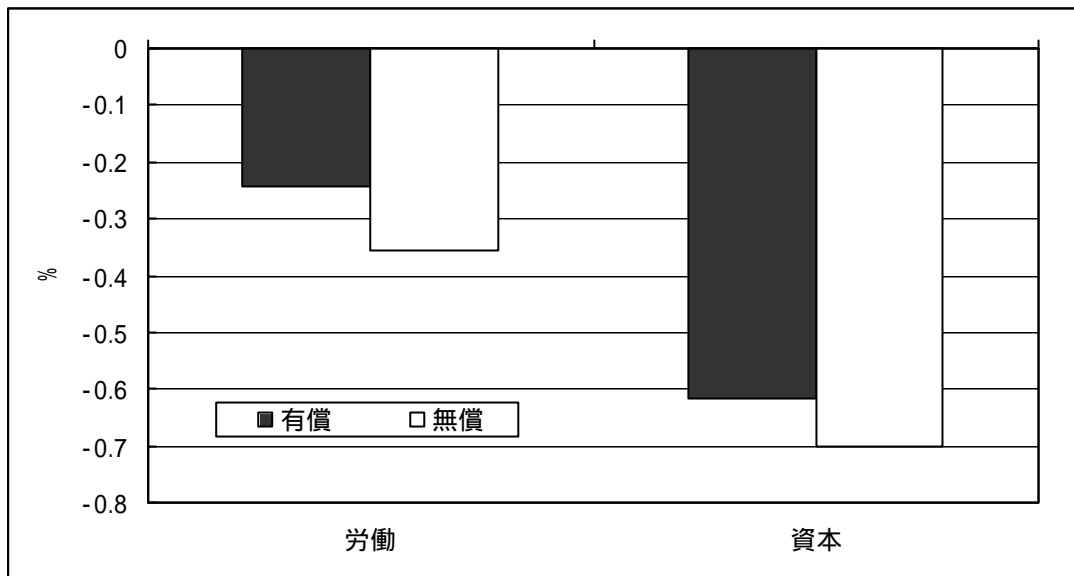


図 2.4-44 労働・資本化格変化

### (3) 産業

図 2.4-45 は各生産財の生産物価格、図 2.4-46 は生産量の変化を示している。有償・無償に共通する傾向としては、鉄鋼 (I\_S)、化学・ゴム・プラスチック (CRP)、鉱物製品 (MIN) といったエネルギー多消費産業では価格は上昇する。一方、生産要素に占めるエネルギー消費のシェアが低く、逆に労働・資本のシェアが高いサービス (SER) では、労働・資本価格の低下によりエネルギー価格の上昇をオフセットし、その結果生産価格は低下する。有償ケースの方が無償ケースよりも生産財価格は高い。要因としては既に述べたように労働・資本価格が無償ケースの方が大きく低下するためである。生産量に関しても、農業 (AGR) を除いて生産物価格の高い有償ケースの方が抑えられる結果となる。

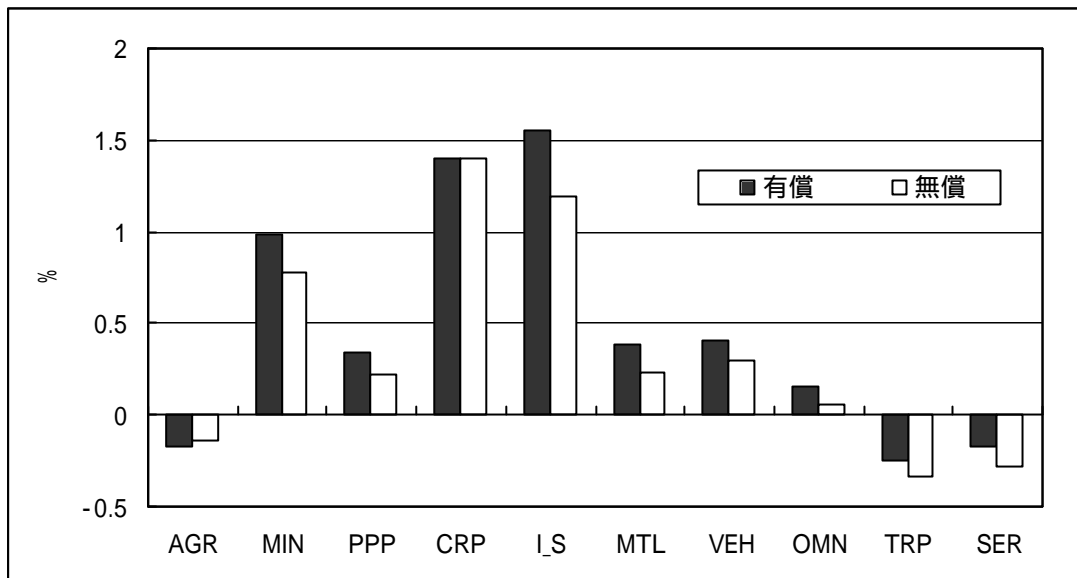


図 2.4-45 生産財価格変化

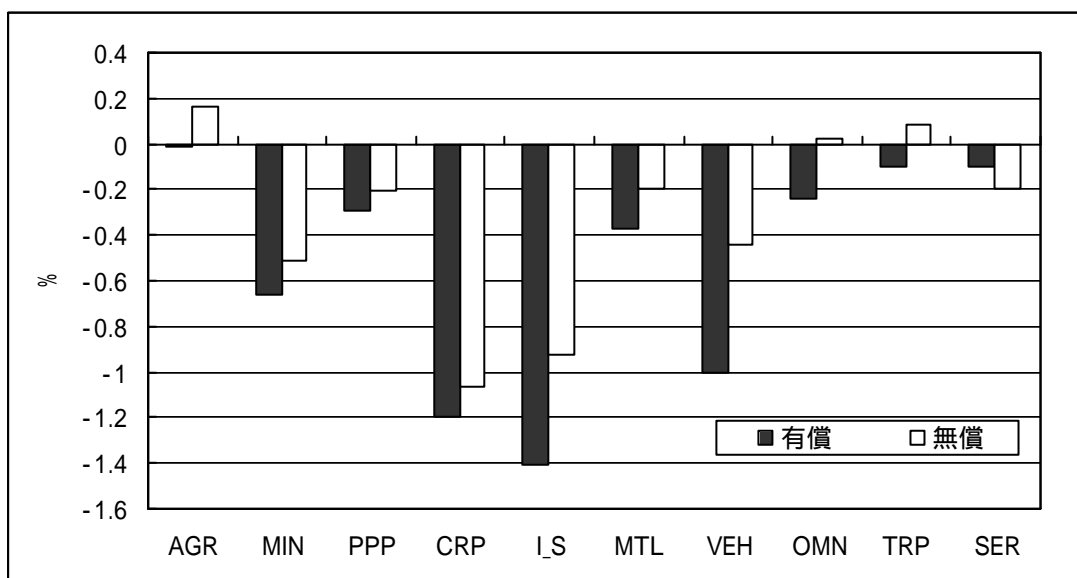


図 2.4-46 生産量変化

#### (4) 国際競争力

輸出価格の変化を図 2.4-47 に、輸出量の変化を図 2.4-48 に、輸入価格の変化を図 2.4-49 に、輸入量の変化を図 2.4-50 に示す。生産財別の輸出価格変化を見ると、農業 (AGR) を除いて全ての生産財において有償ケースと比較して無償ケースの方が価格の上昇が抑えられている。これは既に述べたように、無償ケースの方が大きく労働・資本価格が低下するためである。その結果、輸出量は無償ケースの方が有償ケースと比較

して増加する。

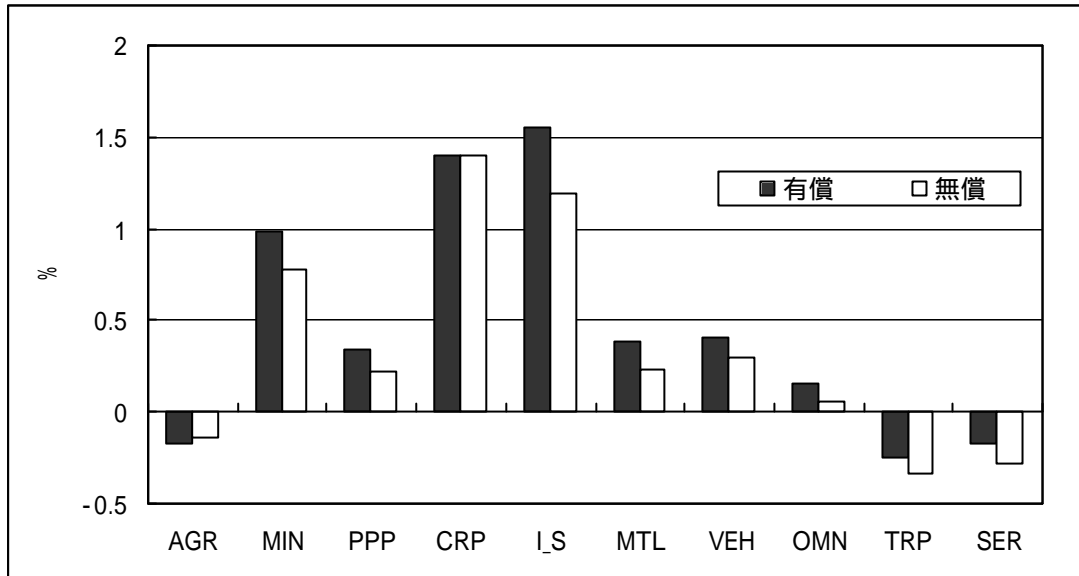


図 2.4-47 輸出価格変化

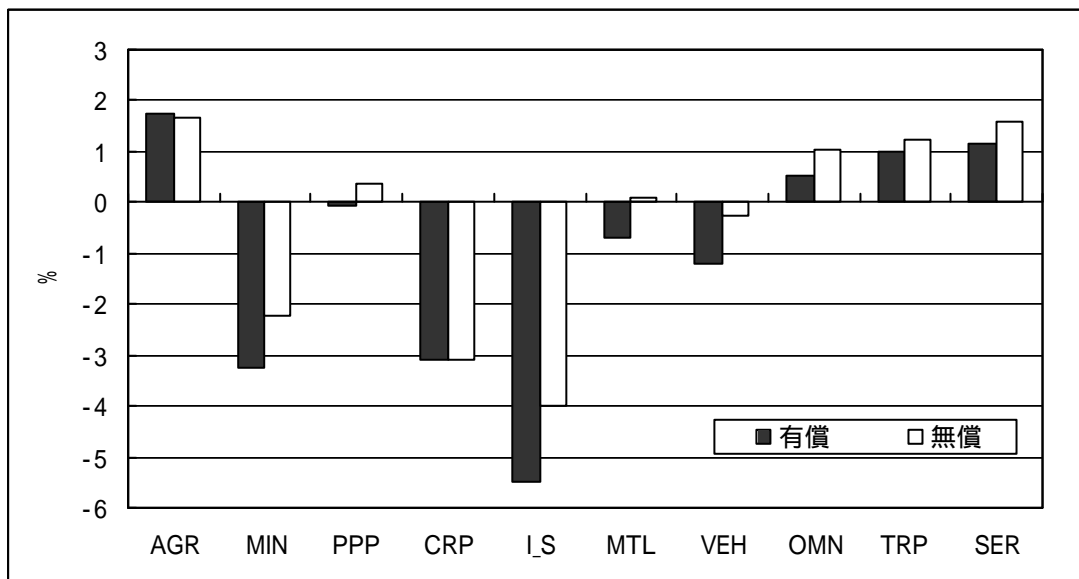


図 2.4-48 輸出量変化

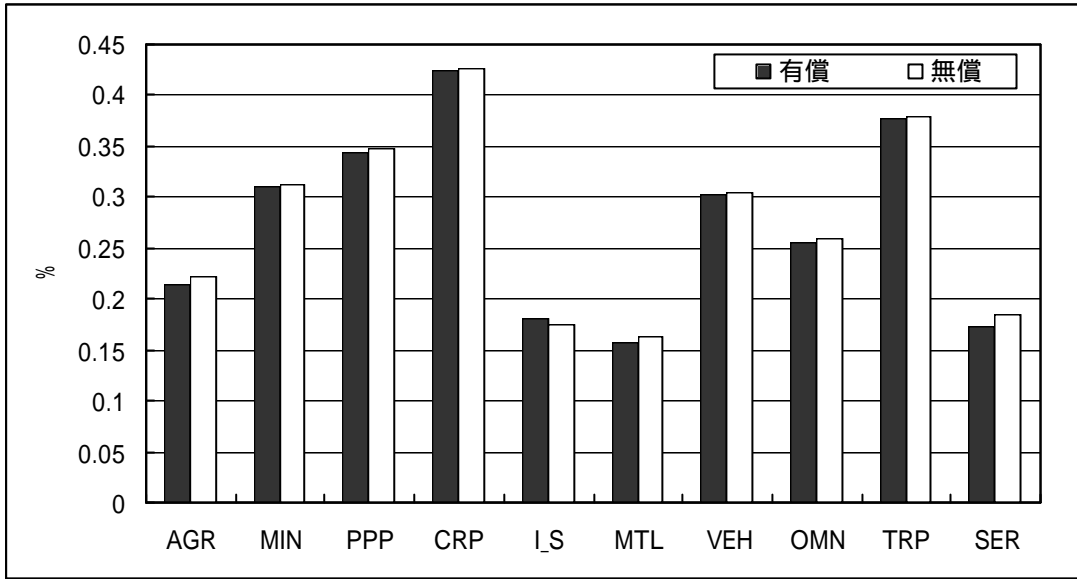


图 2.4-49 输入价格变化

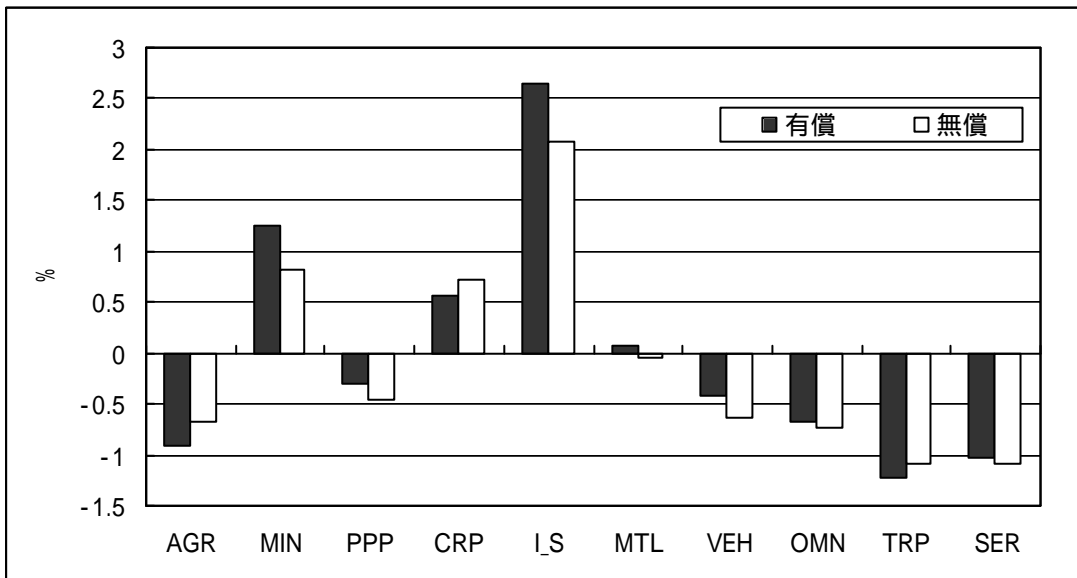


图 2.4-50 输入量变化

( 5 ) 二酸化炭素排出量

図 2.4-51 は産業別の二酸化炭素排出量変化を示す。クレジット配分方法の違いによる影響は少ない。

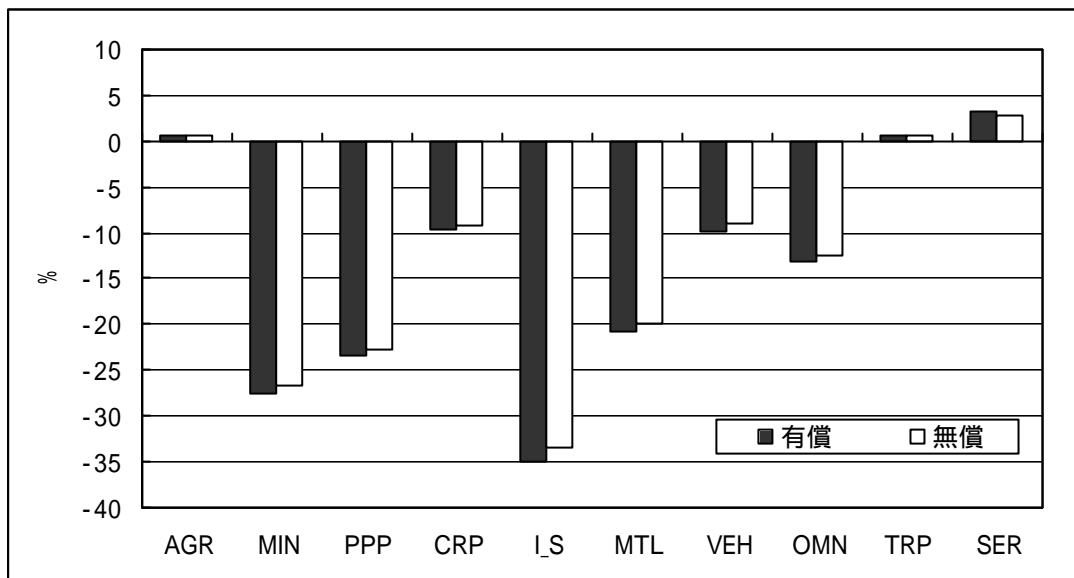


図 2.4-51 産業別二酸化炭素排出量の変化

( 6 ) 家計の消費行動

図 2.4-52 は家計消費行動の変化を示す。

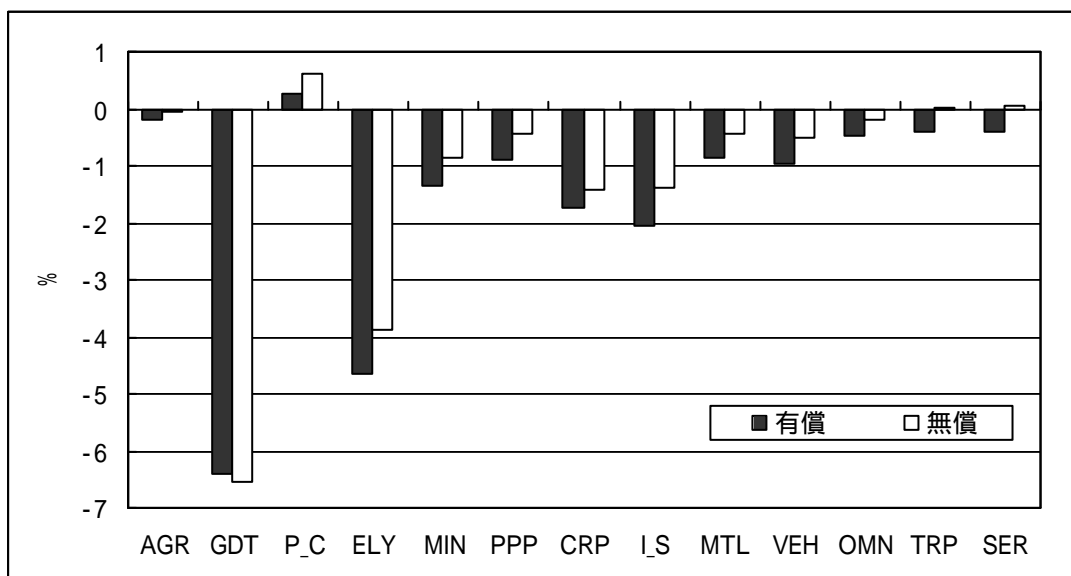


図 2.4-52 家計の消費変化

#### (7) 下流型排出量取引精度のクレジット配分方法に関する分析まとめ

有償タイプの排出量取引では生じるオークション収入を全て政府支出として用いる。政府支出の大部分はサービス(SER)購入に当てられるため、サービス(SER)への影響は他の産業と比較して低い。有償での排出量取引はエネルギー多消費産業からサービスへの資金移動と言える。

またサービス(SER)は労働・資本集約産業であるため政府によるサービス常用の増加は労働・資本の需要の増加となる。

このため、有償ケースでは無償ケースと比較して労働・資本価格の下落は少ない。

#### 2.4.6 政府収入還流方法の比較

4種類の政府収入還流方法を、GDP、家計、輸出産業、投資に与える影響の違いから評価する。

GDPの減少が小さく抑えられる還流方法は、上流型排出量取引制度では法人税減税、社会保障費企業負担分軽減、政府支出増、排出権無償配布の順となる。下流型制度においては、法人税減税及び排出権無償配布、社会保障費企業負担分軽減、政府支出増の順となる。

家計への影響は労働や資本から得られる要素所得と消費について見る。雇用者所得が最も高いのは、上流型排出量取引制度では要素需要が大きく増加する法人税減税ケースとなり、社会保障費企業負担分軽減ケース、政府支出増ケース、排出権無償配布ケースと続く。下流型排出量取引制度においては、法人税減税ケースが最も高く、次いで政府支出増ケース、社会保障費企業負担分軽減ケース、排出権無償配布ケースとなる。資本所得が最も高くなるのは上流型排出量取引制度では法人税減税ケースとなり、政府支出増ケース、排出権無償配布ケース、社会保障費企業負担分軽減ケースの順となる。下流型排出量取引制度では、法人税減税ケース、政府支出増ケース、排出権無償配布ケース、社会保障費企業負担分軽減ケースの順となる。雇用者所得と資本所得は家計の消費にまわされる。家計消費の減少が抑えられる還流方法は、上流型排出量取引制度では法人税減税、社会保障費企業負担分軽減、排出権無償配布、政府支出増の順となり、下流型排出量取引制度では法人税減税及び排出権無償配布ケース、社会保障費企業負担分軽減、政府支出増の順となる。

国際競争力への影響は、とくに日本の輸出で主力となっている輸送機械(VEH)とその他製造業(OMN)にとって重大な関心事であると考えられる。上流型排出量取引制度では社会保障費企業負担分軽減を行うことで両産業の輸出価格の上昇は小さくなる。また、輸出量の減少が抑えられるのは排出権無償配布ケースであり、この2ケースで国際競争力の低下が抑えられると言える。下流型排出量制度では、排出権無償配布ケースにおいて両産業における輸出価格上昇・輸出量減少が最も抑えられている。

資本収益率が最も高くなり、投資が大きくなるのは法人税減税ケースである。法人税減税ケースでは資本コストが下げられるため、その他サービスでの資本需要が増大し、資本

の市場価格が上昇する。その結果、純資本収益率が上昇し投資が増加する。

以上まとめると、排出権を有償で配布する政府支出増ケース、社会保障費企業負担分軽減ケース、法人税減税ケースでは、各主体が排出権購入に充てる資金が政府収入になる。政府支出増ケースではその資金が最終需要の増加を通して産業へまわり、社会保障費企業負担分軽減ケース、法人税減税ケースでは要素投入コスト低下という形で全産業へ戻されるが、これら3ケースでは結果的に化石燃料集約産業から労働・資本集約産業へ資金が移転されることとなる。一方、過去の実績排出量に応じて排出権を無償で配布するケースでは、初期配分の非効率という問題はあるものの、労働・資本集約産業へ資金がまわらないことから資本・労働需要は大きく増加せず、要素価格は大きく低下する。そのため生産物価格の上昇が抑えられ、排出権価格は低い値となる。また国際競争力の点からしても、化石燃料集約産業だけでなくわが国の輸出において主力となっている輸送機械やその他製造業にとって、輸出量の減少が最も抑えられるという意味では排出権無償配布を行うことが望ましいと言える。雇用者所得は労働への需要が高まる法人税減税ケースにおいて高くなり、このとき実質消費の減少も最も抑えられる。また、資本家にとっても資本価格の下落が小さい法人税減税ケースが最も望ましいだろう。このように、還流方法によって国内の経済主体が受ける正負の影響やその大きさは様々であることが示された。

表 2.4-2 政府収入還流方法による経済主体への影響（上流型排出量取引制度）

	有 償			無 償	
	政府支出増	社会保障費 企業負担分軽減	法人税減税		
GDP	-0.36	-0.33	-0.31	-0.36	
雇用者所得	-0.64	0.38	0.80	-0.93	
資本所得	-1.53	-1.88	2.03	-1.85	
家計消費	-1.25	-0.48	-0.25	-0.53	
輸出価格	輸送機械	0.25	-0.04	1.56	0.00
	その他製造業	-0.03	-0.30	1.17	-0.26
輸出量	輸送機械	0.98	2.91	-12.41	3.45
	その他製造業	1.90	2.96	-5.40	3.23
純資本収益率	-2.04	-2.13	1.89	-2.15	
投資	-2.16	-2.09	2.27	-2.22	

（注）BAU ケースからの変化率（％）

雇用者所得は労働の市場価格、資本所得は資本の市場価格によって評価する。

表 2.4-3 政府収入還流方法による経済主体への影響（下流型排出量取引制度）

	有 償			無 償
	政府支出増	社会保障費 企業負担分軽減	法人税減税	
GDP	-0.12	-0.11	-0.10	-0.10
雇用者所得	-0.24	-0.25	-0.24	-0.36
資本所得	-0.62	-0.72	-0.51	-0.70
家計消費	-0.51	-0.11	-0.10	-0.10
輸出価格	輸送機械	0.40	0.32	0.30
	その他製造業	0.15	0.08	0.05
輸出量	輸送機械	-1.21	-0.47	-0.26
	その他製造業	0.52	0.95	1.04
純資本収益率	-0.95	-0.99	-0.77	-0.92
投資	-0.90	-0.81	-0.57	-0.84

（注 1）BAU ケースからの変化率（％）

雇用者所得は労働の市場価格、資本所得は資本の市場価格によって評価する。

（注 2）日本の必要削減率 22.1％に対し、下流各ケースの削減率は、13.44％（政府支出増）、

13.38％（社会保障費企業負担分軽減）、13.36％（法人税減税）である。



## 2.5 リークージ評価

京都議定書を批准した附属書 国における温室効果ガス削減が、削減目標のない国での温室効果ガス排出増加を誘発するいわゆるカーボンリークージは、京都議定書自体の温室効果ガス削減の効率性を検討するうえで重要な指標である。カーボンリークージ率 (Carbon Leakage Rate)<sup>28</sup>の計算は数多くのモデル分析により行われてきた。Paltsev (2000)によると、一般的にカーボンリークージ率は5%~35%である。これは、温室効果ガス削減をおこなう国・地域において削減が行われた温室効果ガスの5~35%、温室効果ガス削減を実施しない国において増加することを意味する。よって、仮に100トン・炭素削減したとしても世界レベルで見た場合、65~95トンしか削減されていないこととなる。EMF (the Energy Modelling Forum) (2000)によると、主要なモデルのリークージ率は、8% (G-Cubed)、9% (GTEM)、11% (Gemini-E3)、14% (WorldScan)、26% (MS-MRT)、34% (MERGE4)であり、モデル間でばらつきがある。

これらの多くの研究は、全ての附属書 国が京都議定書削減目標を達成することを仮定しており、最大の温室効果ガス排出国であり京都議定書からの脱退を表明した米国を含んだものとなっている。しかし、ブッシュ大統領は昨年再選を果たしたことを考えると、米国が少なくとも第一約束期間(2008-2012年)での京都議定書への復帰は期待できないことを考慮すると、現実的なシナリオとして、米国・豪州など実質的に京都議定書から脱退した国を除く京都議定書を批准した附属書 国でのみ京都議定書削減目標を達成すると想定する必要がある。

### 2.5.1 リークージのメカニズム

ここでは、カーボンリークージが生じるメカニズムに関して説明を行う。カーボンリークージの生じるルートは大きく分けて以下の二つのルートに分類が出来る。

Path 1: 削減目標を有する国に存在する企業は、化石燃料使用時にその炭素含有量に応じて費用負担を行うことになり、生産財価格を上昇させる結果となる。特に、エネルギー多消費産業では生産財価格の上昇は激しく国際競争力を失うこととなる。よって、削減目標を持つ国にあるエネルギー多消費企業は削減目標のない国へ生産拠点を移すこととなる。また、削減目標を持たない国にあるエネルギー多消費企業はその生産を増加させることとなる。

Path 2: 全世界レベルで見た場合、エネルギー需要は下がるため、特に炭素含有率の高

---

<sup>28</sup> カーボンリークージ率は、温室効果ガス削減目標のない国・地域における温室効果ガス排出増加量を温室効果ガス削減目標のある国・地域において削減された温室効果ガスを除いたものである。

いエネルギーの世界価格が低下する。このため、温室効果ガス削減目標を持たない国に存在する企業、特にエネルギー多消費企業の生産財は国際競争力をより一層持つこととなりその生産量を増加させる。

## 2.5.2 シミュレーション設定

本研究では、GTAP-Eを用いるが、税収（オークション収入）還流による影響を排除するため、Lump-Sum に税収は還流されるとする。また、二次エネルギー生産に伴う二酸化炭素排出量は生産者ではなく、使用者の排出に含める。

京都議定書削減目標をベースラインとし、日本、EU、カナダの各国が個別で追加的に1%～10%追加削減を行った際の限界でのリーケージを測定する。

### (1) シミュレーション1：日本における温室効果ガス削減によるリーケージ

京都議定書削減目標をベースとして、日本の削減率を1990年比6%から16%まで1%刻みで変化させる。

### (2) シミュレーション2：EUにおける温室効果ガス削減によるリーケージ

京都議定書削減目標をベースとして、EUの削減率を1990年比8%から18%まで1%刻みで変化させる。

### (3) シミュレーション3：カナダにおける温室効果ガス削減によるリーケージ

京都議定書削減目標をベースとして、カナダの削減率を1990年比6%から16%まで1%刻みで変化させる。

## 2.5.3 シミュレーション結果

まず今回用いたモデルの特性を評価するために、他のモデルと同様に附属書 国全てが京都議定書削減目標を達成した場合のリーケージレートを算出した。本モデルによって算出されたリーケージレートは18.8%であり、他のモデルの結果が5～35%であるのと比較すると特段特異な結果ではない。

本モデルを用いて行った米国・豪州が脱退したケースでのリーケージレートは、56.3%であり、米国・豪州脱退により温室効果ガス削減の効果は大きく低減しているといえる。

### (1) 日本のケース（シミュレーション1）

最初に日本のみが京都議定書の削減目標<sup>29</sup>から追加的に1～10%（1990年比）削減を

---

<sup>29</sup> 1990年比6%減

行った際のリーケージに関して検討を行う。

図 2.5-1 は、日本が京都議定書の削減目標から追加的に削減を行った際の、日本の追加削減量に対する削減目標を持たない国における追加二酸化炭素排出増加量の割合を示している。仮にある国におけるリーケージ率が 10% の場合、日本で 10 トン・炭素削減した場合、当該国において二酸化炭素が 1 トン・炭素増加することを示す。日本が追加削減を行うことによって生じるリーケージ率は 49.5% ~ 50.7% である。このことより、我が国における削減のうち 50% 程度は削減目標を持たない国・地域での二酸化炭素増加を引き起こしていることとなる。

次にリーク先国ごとでリーケージ率を産出する。その他国・地域 (ROW) を除くと、最もリーケージ率が高い国は米国 (USA) であり、リーケージ率は 11.2 ~ 11.3% である。中国 (CHN) へのリーケージも生じやすく、9.7 ~ 10.5% である。米国が京都議定書を脱退したことは、日本における二酸化炭素削減の世界レベルでの削減への寄与を低下させているといえる。

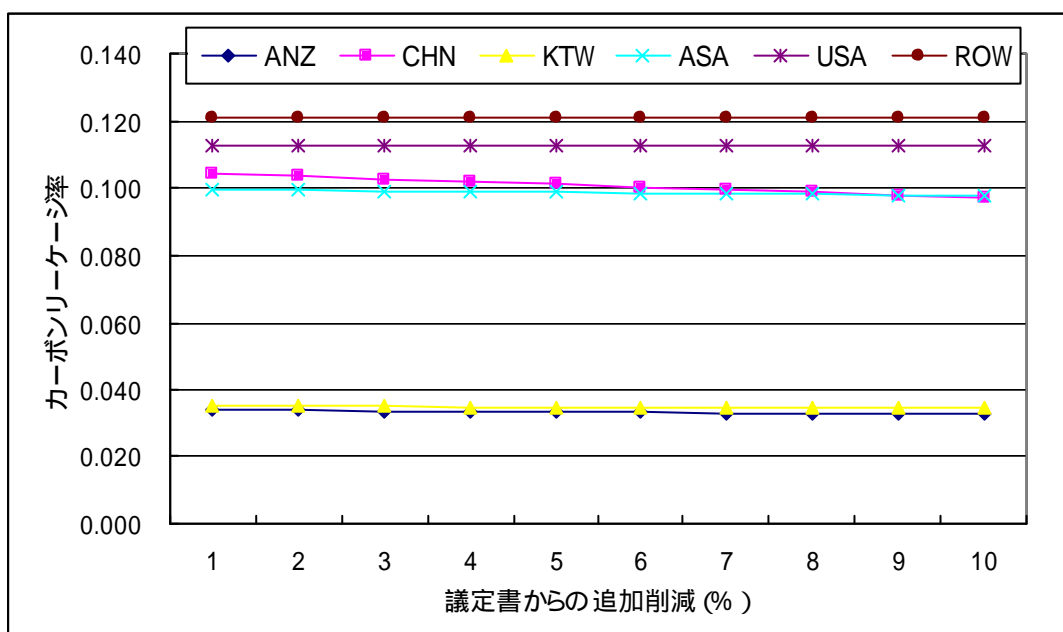


図 2.5-1 カーボンリーケージ率

図 2.5-2 はカーボンリーケージ率でなく削減目標を持たない国での二酸化炭素の追加排出量を示している。米国（USA）へのカーボンリーケージが多く、中国（CHN）、その他（ASA）地域が続く。

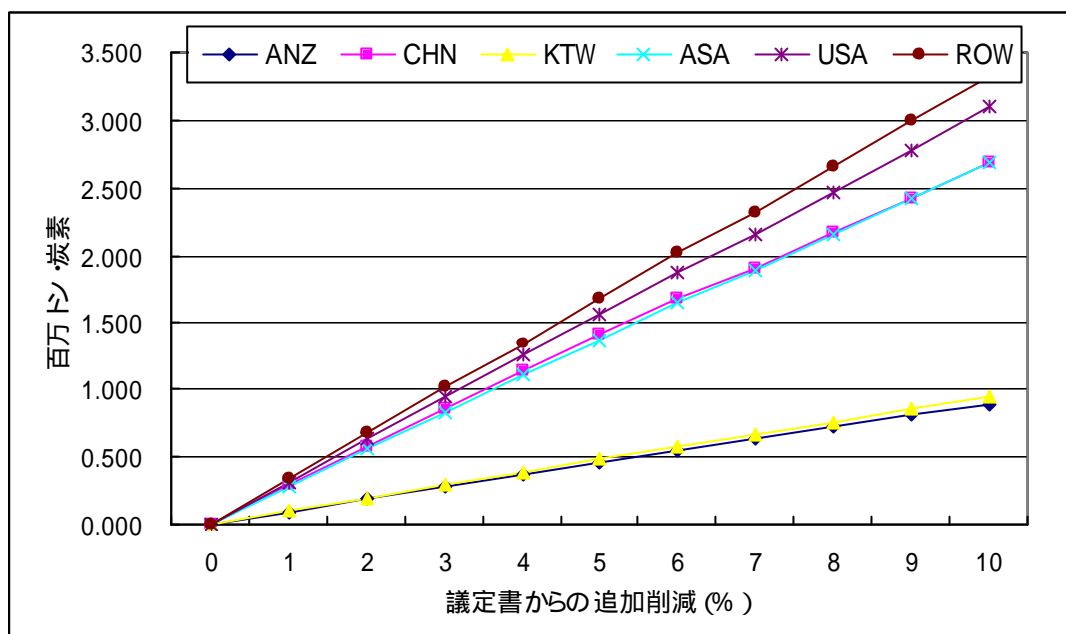


図 2.5-2 国別二酸化炭素排出量

さらに、カーボンリーケージの生じやすい米国（USA）、中国（CHN）、その他アジア（ASA）に関して、どの産業においてカーボンリーケージが生じているのかについて産業部門ごとに検討を行う。

図 2.5-3 は、我が国の最大のリーケージ先である米国（USA）における産業別の二酸化炭素排出量の変化量を示している。サービス業（SER）、運輸部門（TRP）、化学・ゴム・プラスチック（CRP）における排出量の増加が高い。他の国へのリーケージに関しては後述するが、米国へのリーケージに関してはサービス業（SER）、運輸部門（TRP）といういわゆるサービス分野での二酸化炭素排出量増加が顕著である。

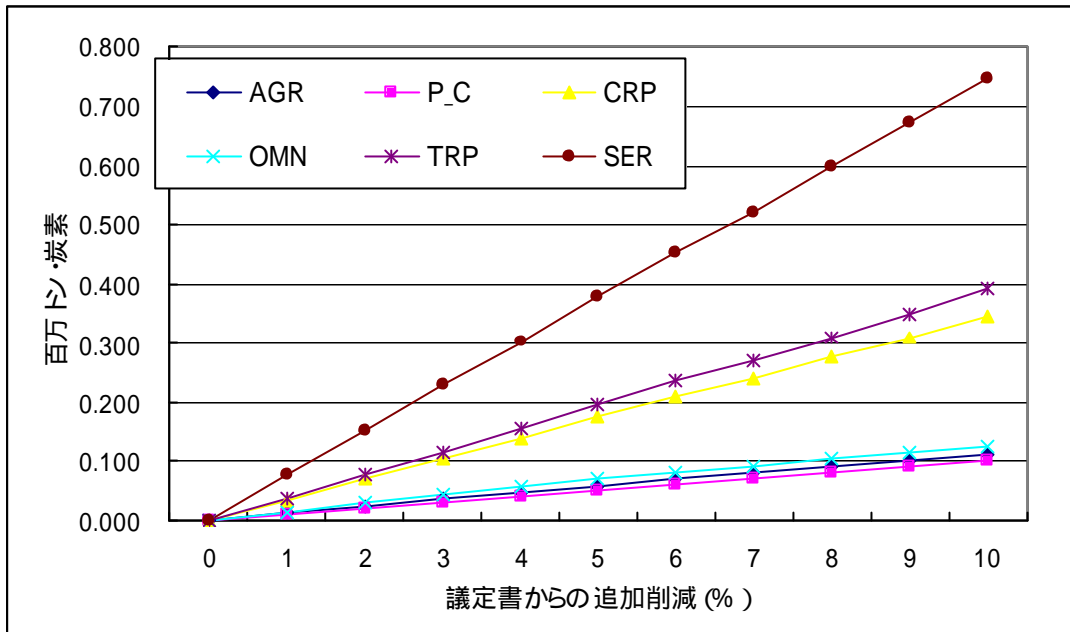


図 2.5-3 米国における主要産業別温室効果ガス排出量変化

図 2.5-4 は、米国全体での排出増加量に占める各産業での二酸化炭素排出増加量の割合を示す。サービス業 (SER) での二酸化炭素排出量の増加は米国全体での排出量全体の 24.1~24.3% を占める。運輸業 (TRP)、化学・ゴム・プラスチック (CRP) も米国排出量への寄与は大きく、それぞれ 12.0~12.7%、11.0%~11.1% である。

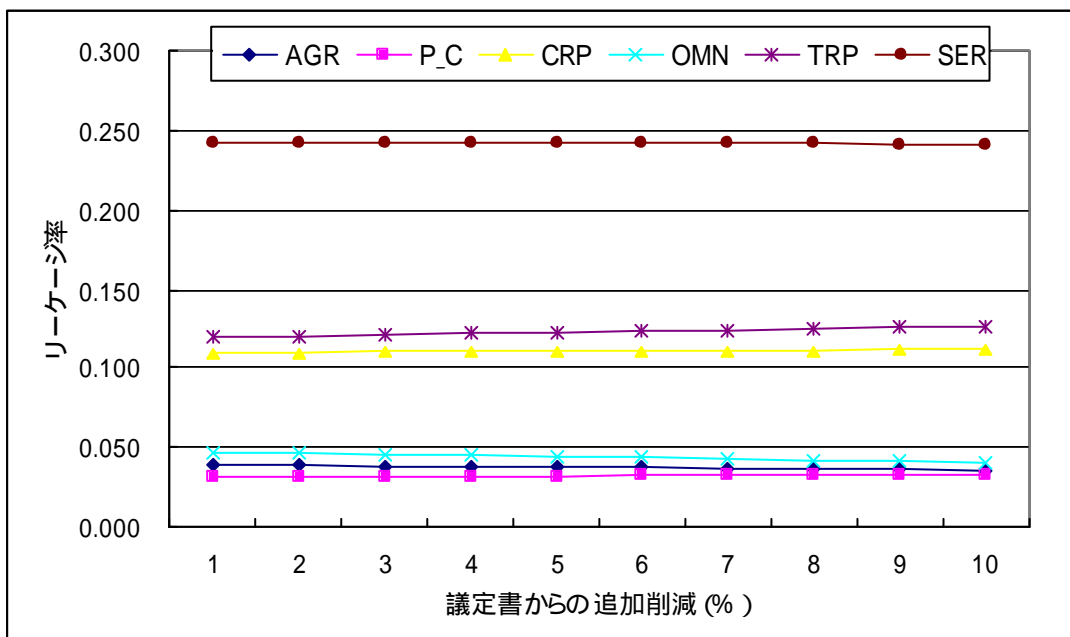


図 2.5-4 米国全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合

次に、中国（CHN）における産業別の二酸化炭素排出量の変化を見る（図表 2.5-5 参照）。二酸化炭素排出量増加の多い順で、化学・ゴム・プラスチック（CRP）、鉱物製品（MIN）、鉄鋼（I\_S）である。米国との違いとして、米国へのリーケージは主にサービス部門において生じるのに対して、中国では、いわゆる二次産業での温室効果ガス排出量増加が顕著である。

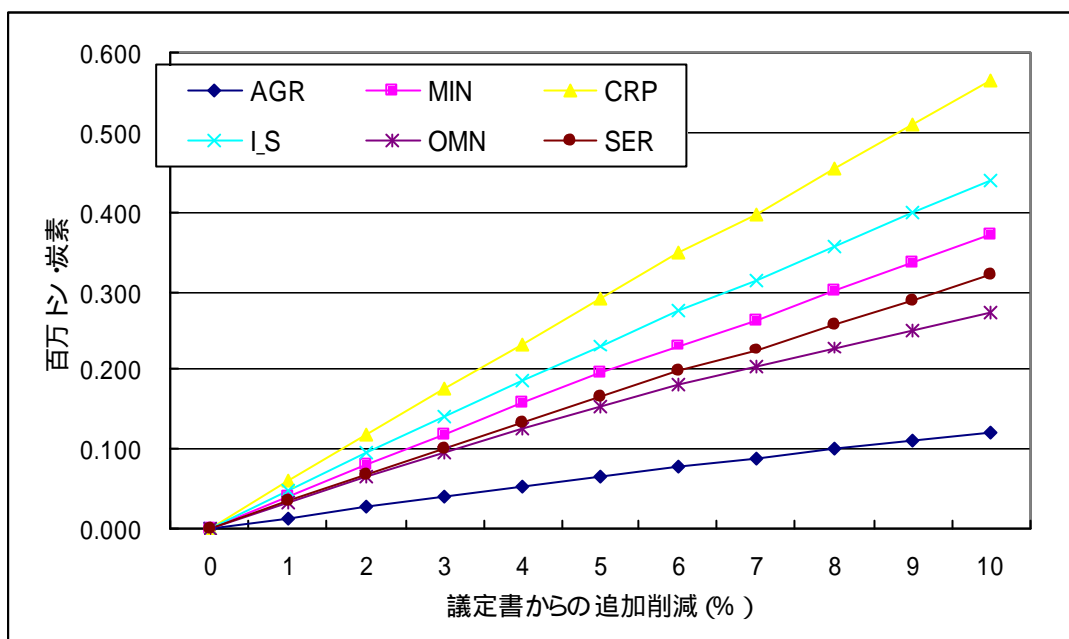


図 2.5-5 中国における主要産業別温室効果ガス排出量変化

図表 2.5-6 は、中国（CHN）における各主要産業での二酸化炭素排出増加量の中国全体での排出増加量に占める割合を示している。最もシェアの高い産業は、化学・ゴム・プラスチック（CRP）であり、20.4～21.0%である。10%を超えるのは、鉄鋼（I\_S）、鉱物製品（MIN）、サービス業（SER）、その他製造業（OMN）であり、国全体での排出量増加全体に占める割合は、16.4%、13.8%、11.7～12.0%、10.2～11.2%である。

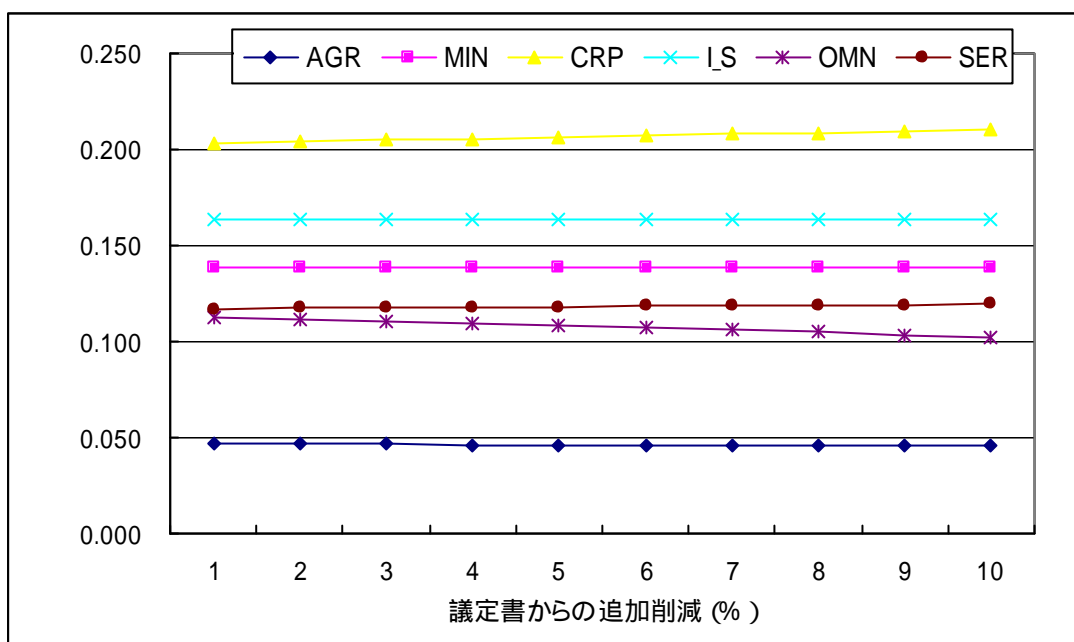


図 2.5-6 中国全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合

次に、その他アジア（ASA）への二酸化炭素のリーケージを産業レベルで評価する。図 2.5-7 は、その他アジア（ASA）における産業単位での二酸化炭素排出量変化を示している。最も排出量が多いのは、その他製造業（OMN）であり、サービス（SER）、化学・ゴム・プラスチック（CRP）が続く。

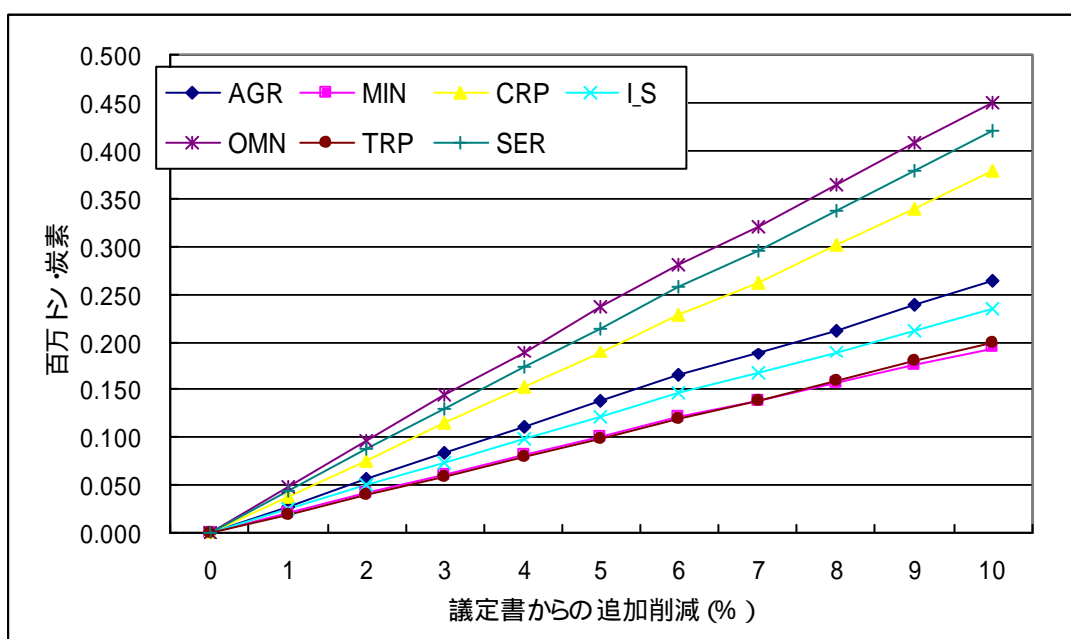


図 2.5-7 その他アジアにおける主要産業別温室効果ガス排出量変化

図 2.5-8 は、その他アジア (ASA) における各主要産業での二酸化炭素排出増加量のその他アジア全体での排出増加量に占める割合を示している。もっとも地域全体での排出増加量に占める割合の高い産業はその他製造業 (OMN) である。その占める割合は、16.8~17.5% である。サービス業 (SER)、化学・ゴム・プラスチック (CRP) が続き、地域全体の排出増加量に占める割合はそれぞれ 15.6~15.7%、13.6~14.1% である。

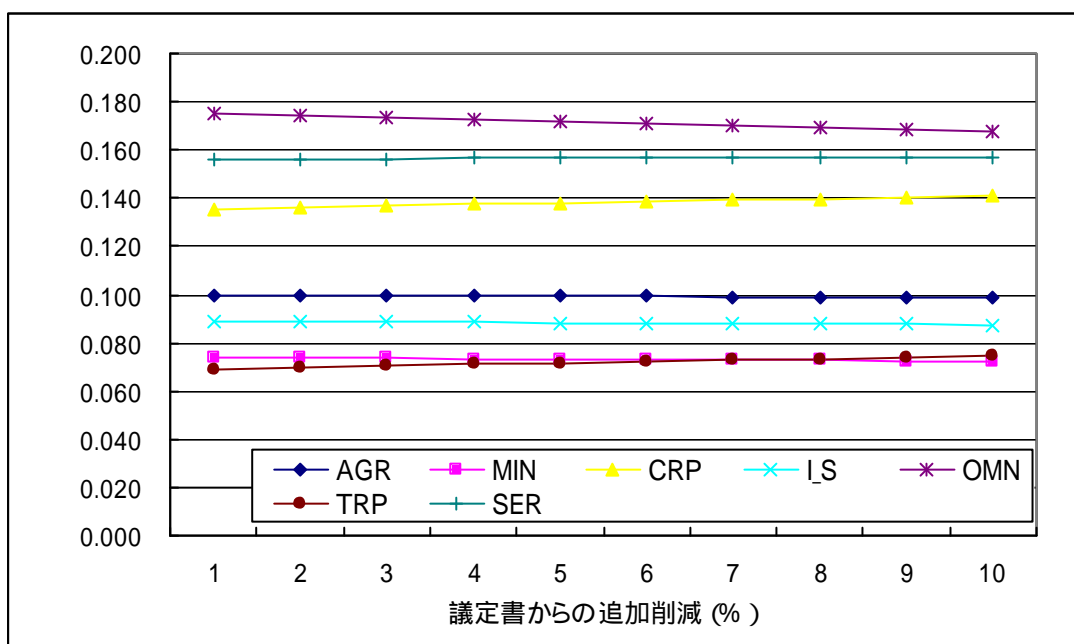


図 2.5-8 その他アジアにおける主要産業別温室効果ガス排出量変化

## (2) EU のケース (シミュレーション 2)

次に EU での削減によって生じるリーケージに関して検討を行う。EU において追加削減を行うことによって生じるカーボンリーケージ率は、32.5%~33.6% である。これは、日本 (49.5%~50.7%) と比較すると小さい。

図 2.5-9 は EU においてのみ議定書削減目標から追加的に二酸化炭素を削減した際の削減義務を持たない国におけるカーボンリーケージ率を示している。その他国・地域 (ROW) を除くと最も EU からのカーボンリーケージが生じるやすいは米国 (USA) であり、8.2~8.6% である。次に高い国は、中国 (CHN)、その他アジア (ASA) で、それぞれリーケージ率は、2.5~2.9%、2.7%~2.9% である。米国の議定書からの脱退が EU の削減による世界全体での削減効果を大きく低下させる結果となっている。



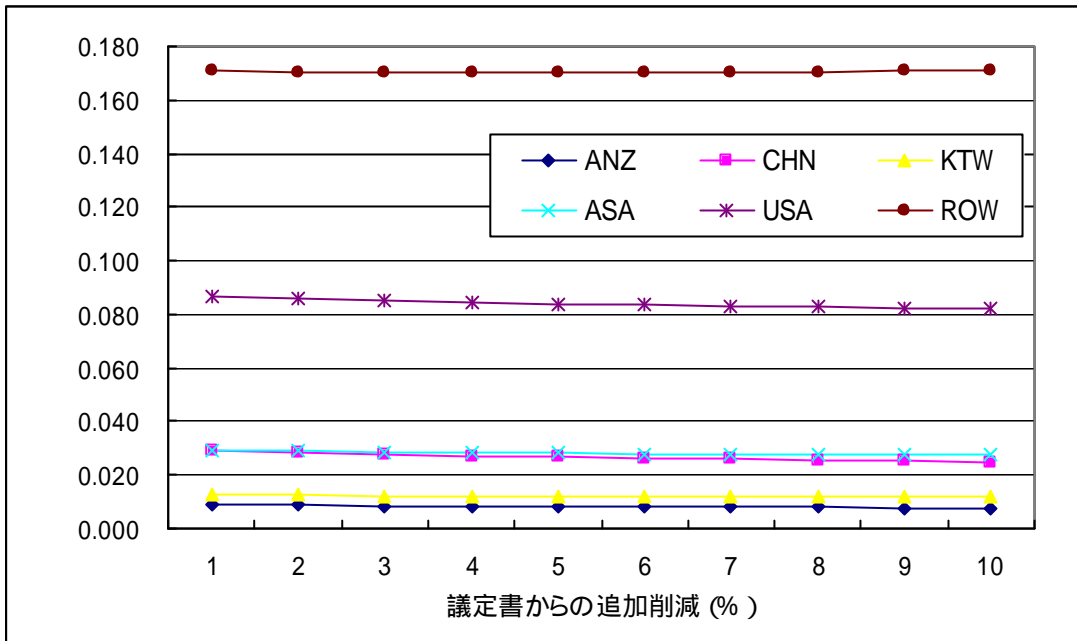


図 2.5-9 カーボンリーケージ率

図 2.5-10 は、EU が追加的に二酸化炭素排出量を削減した際の二酸化炭素削減義務を持たない国における二酸化炭素増加排出量（京都議定書削減目標からの乖離量）を示している。

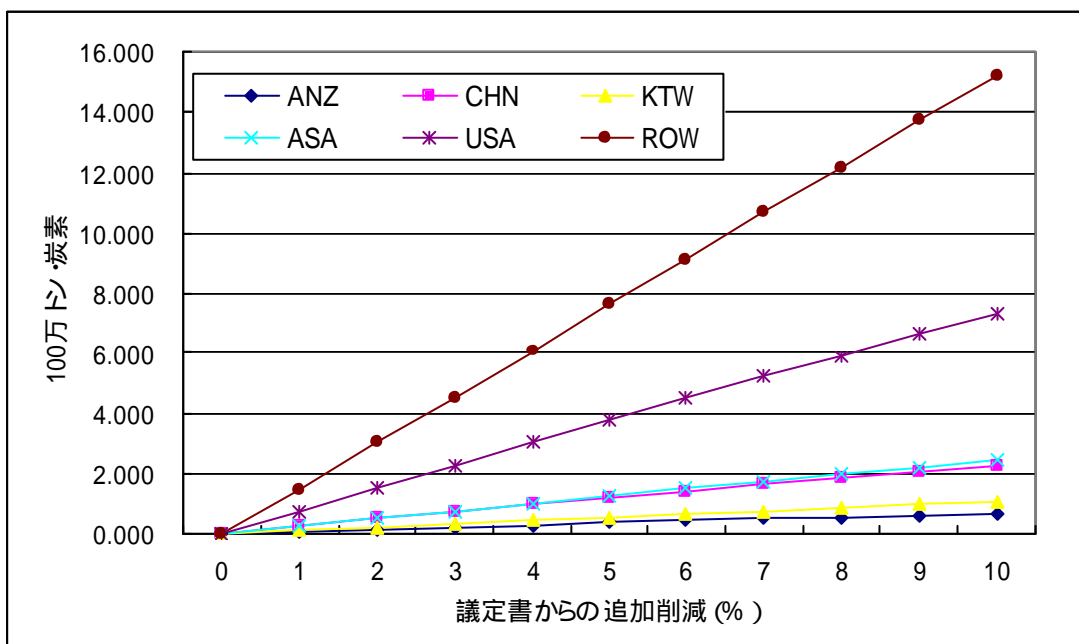


図 2.5-10 国別温室効果ガス排出量変化

さらに詳細に米国（USA）、中国（CHN）、その他アジア（ASA）の産業別での二酸化炭素排出増加量を見る。

まずは、最も大きなリーケージ先である米国（USA）での産業別での二酸化炭素排出増加量を見る。最も排出増加量が高いのは、サービス業（SER）で、それに化学・ゴム・プラスチック（CRP）、運輸業（TRP）が続く。

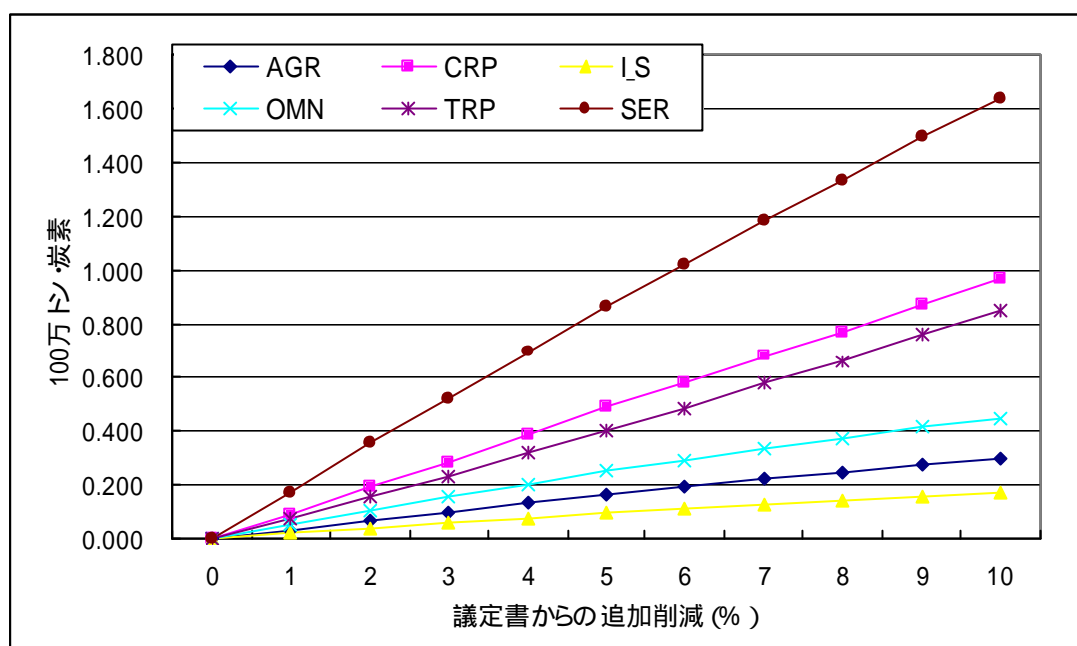


図 2.5-11 米国の主要産業における二酸化炭素排出量変化

図 2.5-12 は、米国全体での二酸化炭素排出量に占める産業別二酸化炭素排出量の割合を示している。サービス業(SER)のシェアが最も大きく 22.4~23.5%である。化学・ゴム・プラスチック(CRP)、運輸業(TRP)が続き、それぞれのシェアは 12.6~13.2%、9.9~11.6%である。

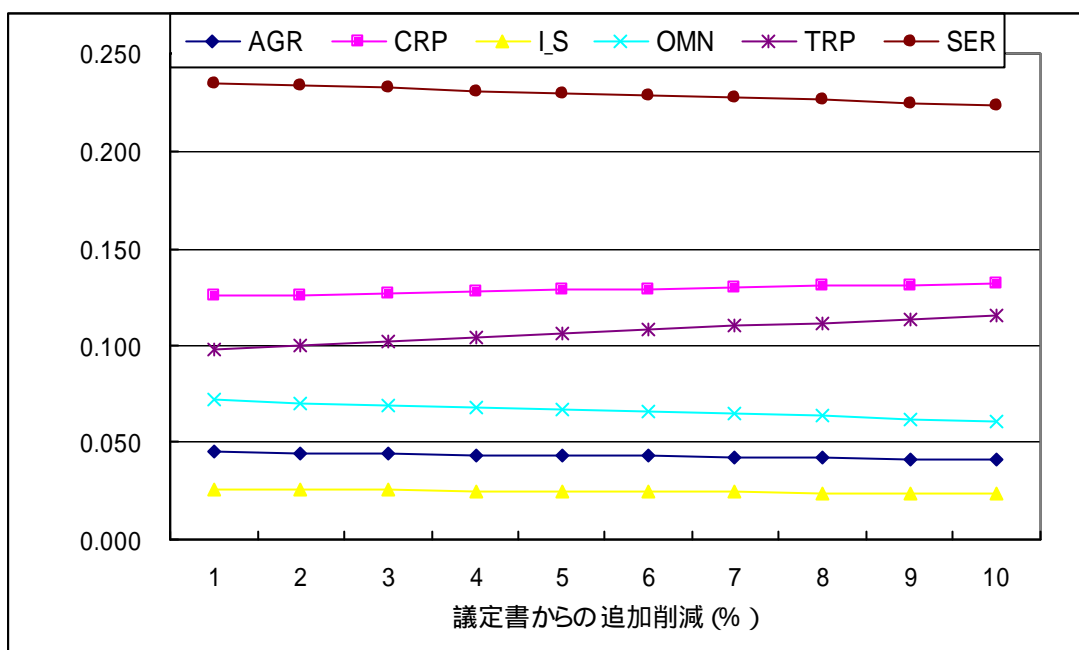


図 2.5-12 国全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合

次に、中国（CHN）での産業別の二酸化炭素排出増加量を見る。化学・ゴム・プラスチック（CRP）における二酸化炭素排出量増加が他の産業と比較すると顕著である。鉱物製品（MIN）、鉄鋼（I\_S）での排出量増加が化学・ゴム・プラスチック（CRP）に続く。

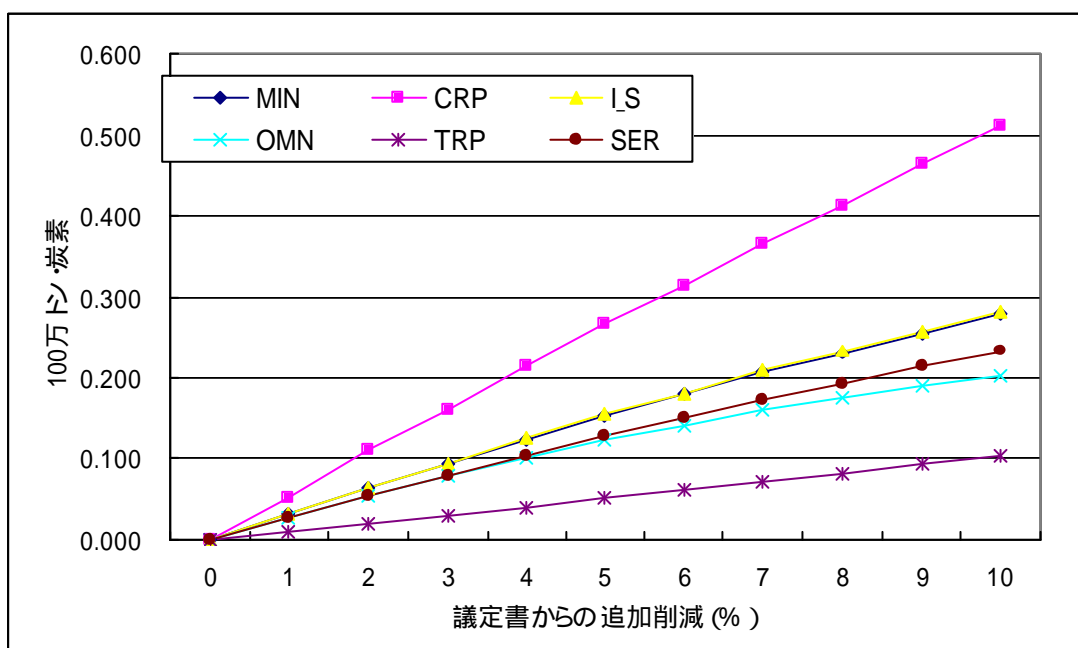
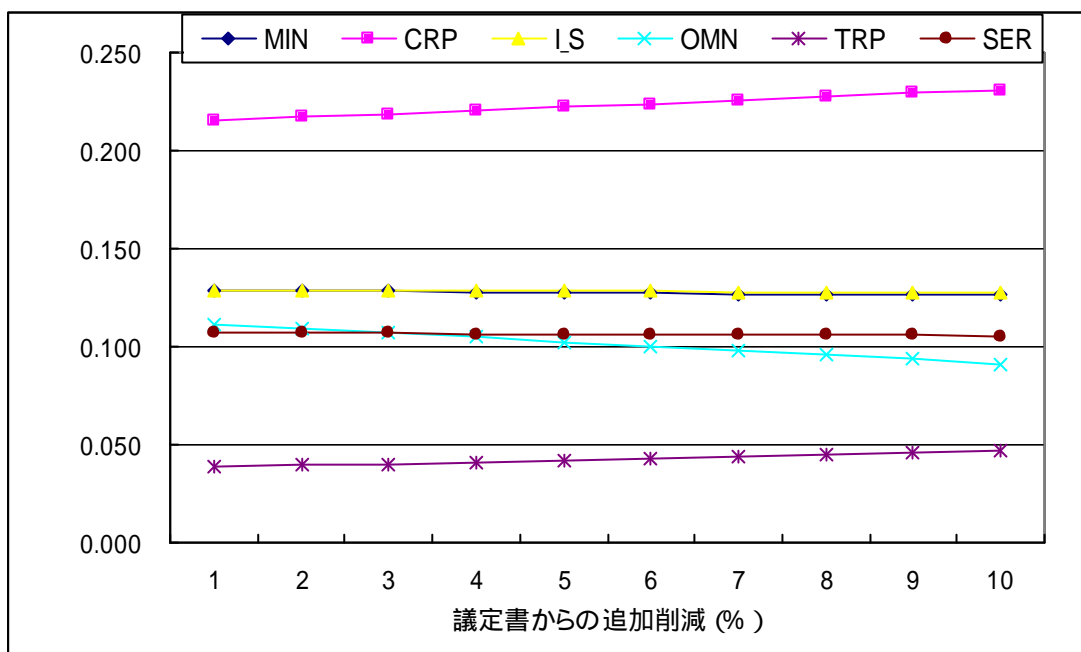


図 2.5-13 中国の主要産業における排出変化量

図 2.5-14 は中国（CHN）における二酸化炭素排出増加量に占める産業別二酸化炭素排出量の比率を示している。化学・ゴム・プラスチック（CRP）の占める割合が最も高く 21.6～23.1%である。鉄鋼（I\_S）、鋳物製品（MIN）が続き、シェアはそれぞれ 12.6～12.9%、12.7～12.9%である。いわゆるエネルギー多消費産業<sup>30</sup>における温室効果ガスの増加が中国全体の排出増加量の 47.3～48.4%を占める。

図 2.5-14 中国全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合



次にそのアジア（ASA）における産業別二酸化炭素排出量変化を見る。その他製造業（OMN）での排出量増加が大きく、運輸業（TRP）、化学・ゴム・プラスチック（CRP）、サービス業（SER）が続く。

<sup>30</sup> ここでは、化学・ゴム・プラスチック（CRP）、鉄鋼（I\_S）、鋳物製品（MIN）を指す。

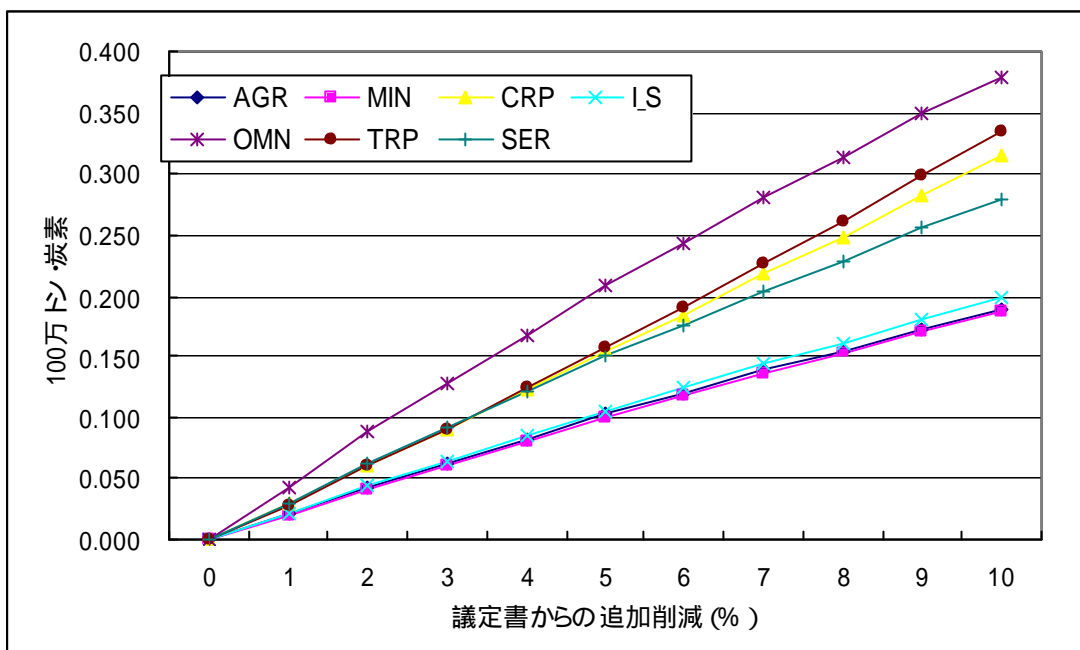


図 2.5-15 その他アジアにおける主要産業二酸化炭素排出増加量

図 2.5-16 は、その他アジア地域における二酸化炭素排出増加量に占める産業別排出増加量の割合を示している。その他製造業の割合が高く 15.6~17.3%である。運輸業 (TRP)、化学・ゴム・プラスチック (CRP) が続き、それぞれ割合は 11.5~13.7%、11.6~12.9%である。中国とは異なり、サービス業 (SER) の割合も高く 11.5~12.3%である。

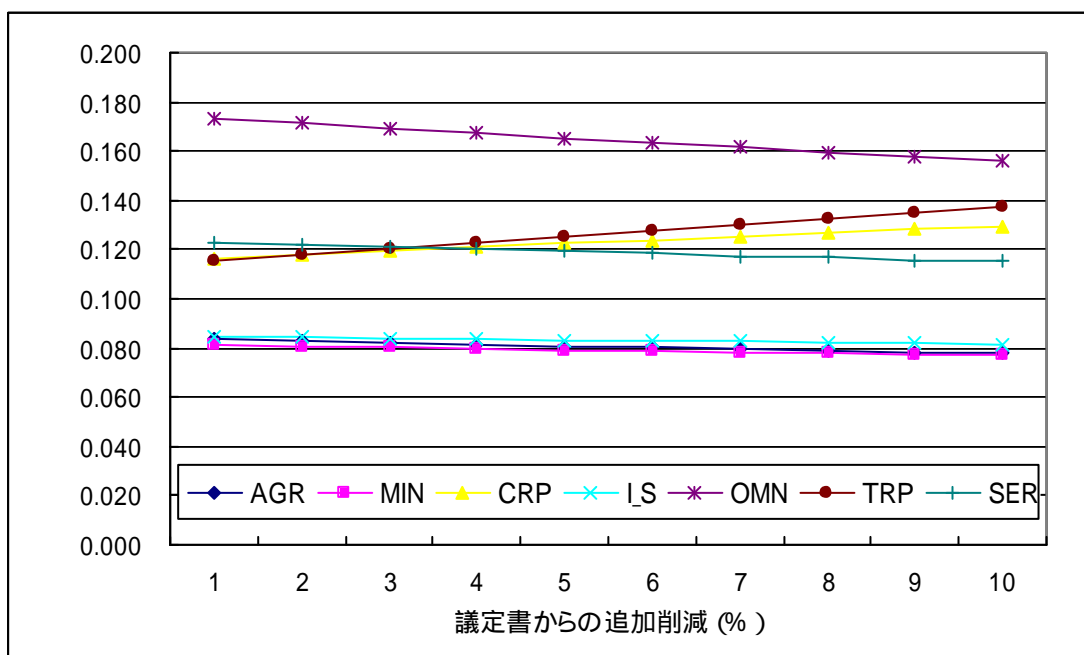


図 2.5-16 その他アジア全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合

### (3) カナダのケース(シミュレーション3)

カナダでの追加削減によって生じるカーボンリーケージに関して検討を行う。日本、EUのケースと同様に、京都議定書削減目標をベースとしてカナダにおいてのみ追加的に二酸化炭素削減を行うと仮定する。図 2.5-17 は削減目標を持たない国におけるカーボンリーケージ率を示している。今まで議論してきた日本、EUのケースと大きく異なる点としては、複数の国にリークするのではなく、カナダの場合米国(USA)へのリーケージが非常に大きく 54.0~54.7%である。次に高いリーケージ率を示すリーケージ先はその他地域(ROW)、中国(CHN)であり、リーケージ率は 9.7~9.9%、4.1~4.2%である。カナダのトータルでのカーボンリーケージ率が 74.6~75.3%と日本(49.5~50.7%)、EU(32.5~33.6%)と比較して非常に高いが、米国へのリーケージを除くと 20.5~20.7%であり、米国の京都議定書からの脱退はカナダにおける二酸化炭素排出削減の世界規模での削減への寄与を著しく低減させることとなる。

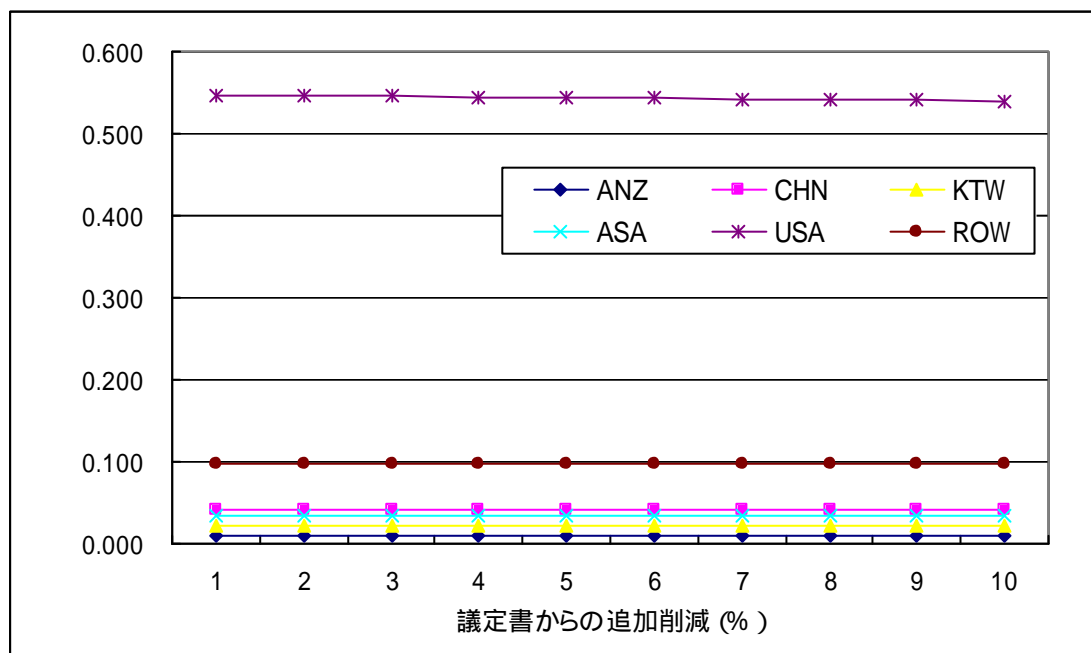


図 2.5-17 国別リーケージ率

さらに、リーケージ率ではなく、排出削減義務を持たない国での絶対量での排出増加量を示したのが図 2.5-18 である。

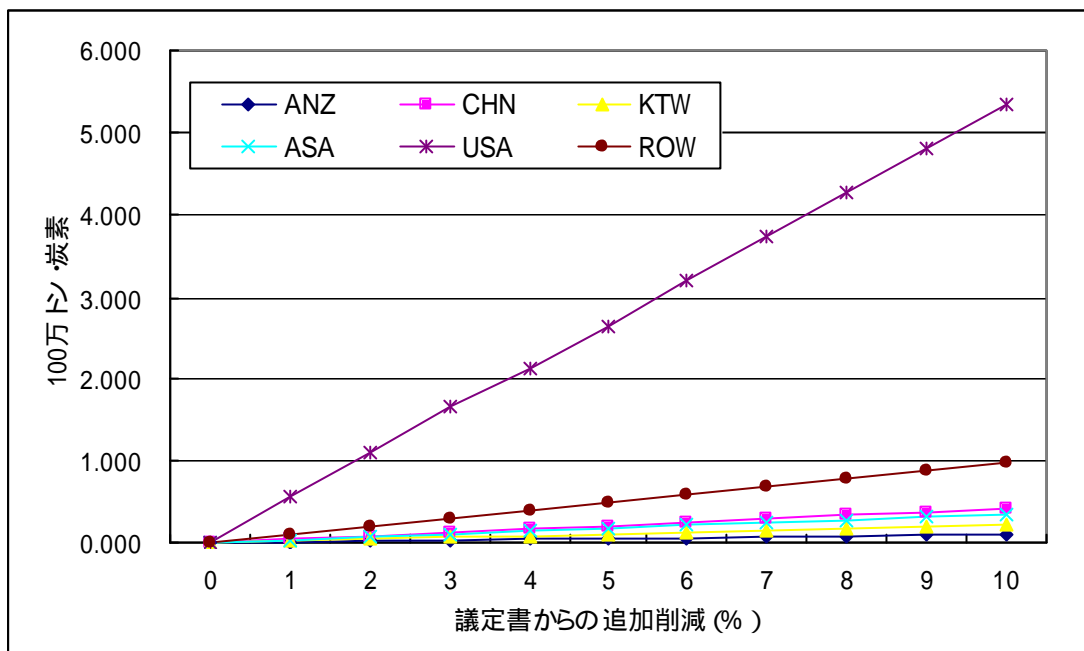


図 2.5-18 国別二酸化炭素排出量変化

カナダの追加的削減によるリーケージの大部分が生じる米国（USA）に関して産業単位での排出量の変化を見る。図 2.5-19 は、米国における主要産業二酸化炭素排出量の変化量を示している。サービス（SER）における排出量増加が最も大きく、化学・ゴム・プラスチック（CRP）が続く。

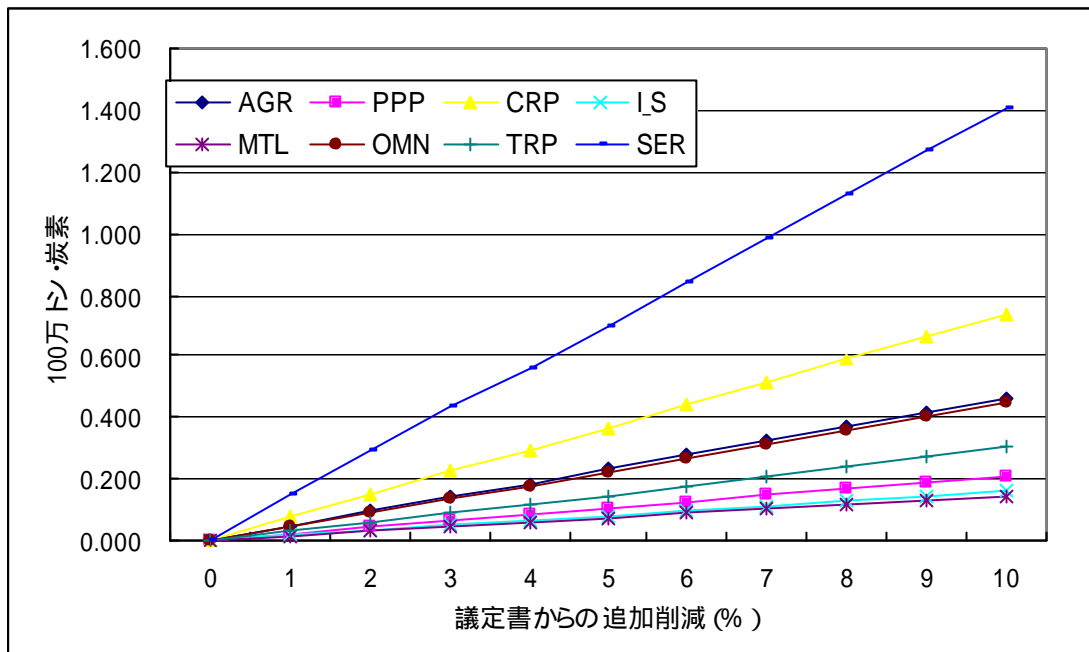


図 2.5-19 米国における主要産業二酸化炭素排出変化量 (100万トン・炭素)

次に米国における二酸化炭素排出量増加に占める各産業での排出増加量の比率を示したものが図 2.5-20 である。サービス業 (SER) の占める割合が高く、26.3~26.5% である。化学・ゴム・プラスチック (CRP) が続き、13.7~13.8% である。

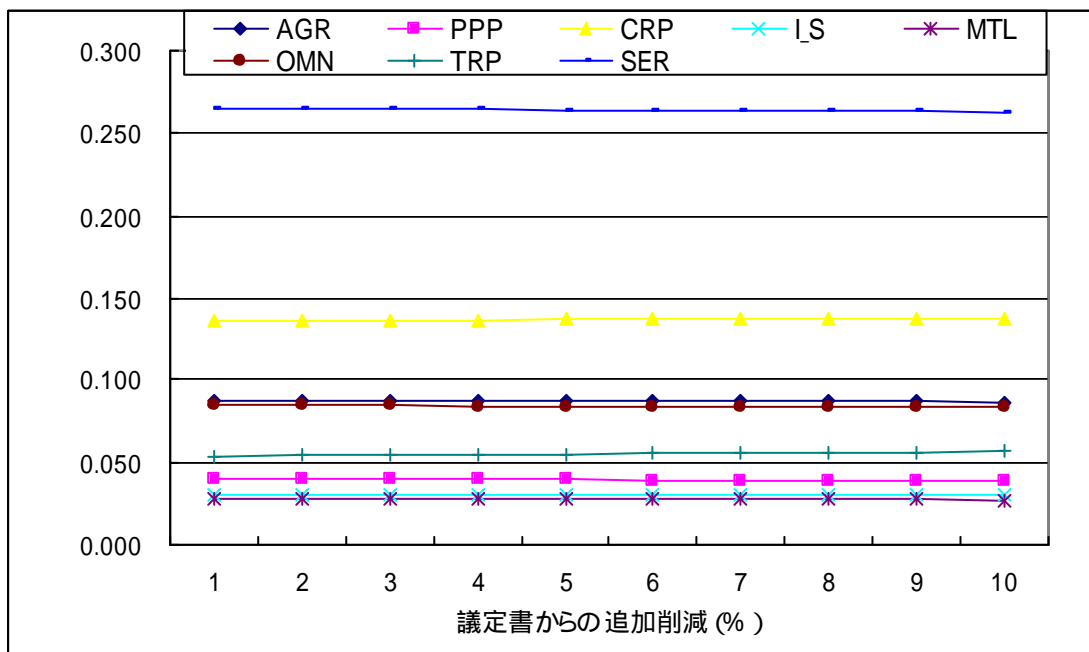


図 2.5-20 米国全体での排出増加量に占める各産業での増加量の割合



#### (4) リークージ分析まとめ

まずは国・地域レベルでリークージに関して議論を行う。図 2.5-21 は、議定書を批准した附属書 国が各々追加的に二酸化炭素削減を行った際に、削減目標を持たない国・地域へのカーボンリークージ率を示している。最も大きなカーボンリークージが生じているのは、カナダ (CAN) 米国 (USA) 間であり 54.0%である。これは、カナダにおいて追加的に温室効果ガスの削減を実施したとしても、その 54.0%は米国において排出が増加することを示す。その他地域 (ROW) へのリークージを除くと次に大きなリークージは、日本 (JPN) 米国 (USA) であり 11.2%である。日本 (JPN) その他アジア (ASA)、日本 (JPN) 中国 (CHN)、EU (EU) - 米国 (USA) が続き、カーボンリークージ率は各々9.8%、9.7%、8.2%である。

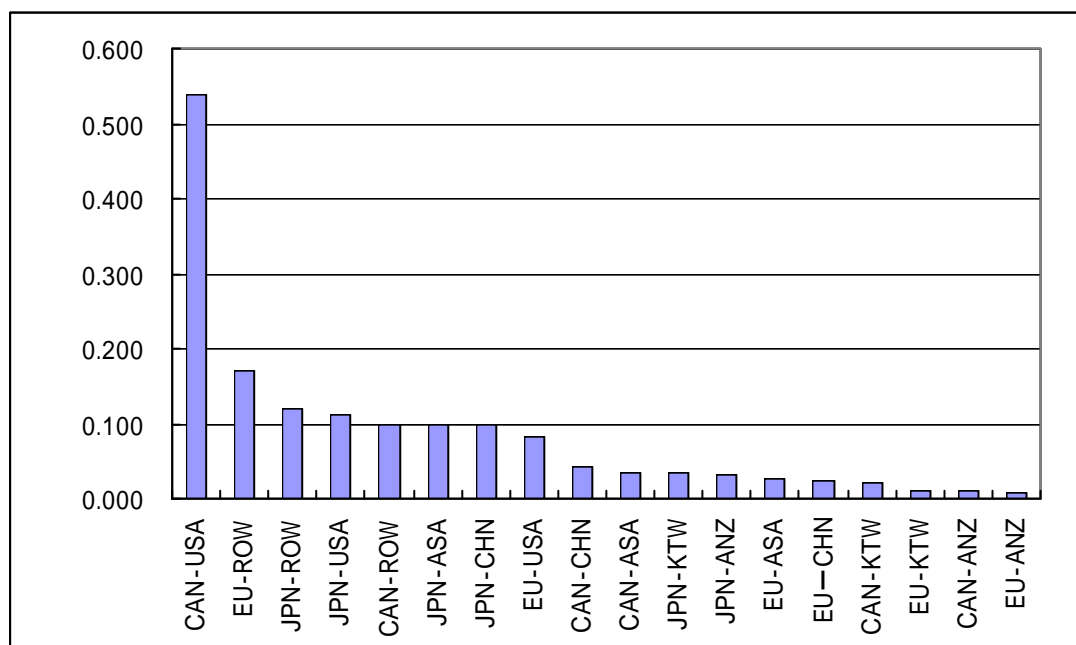


図 2.5-21 国間カーボンリークージ率<sup>31</sup>

<sup>31</sup> 議定書を批准した附属書 国 (日本 (JPN)、EU (EU)、カナダ (CAN)) の各々が単独で議定書削減目標から追加的に 10% (ベースライン排出量比) 削減を実施した際の、削減目標を持たない国・地域毎のカーボンリークージ率 (= 議定書目標を持たない国・地域での追加排出増加量 / 議定書批准附属書国における追加削減量)

次に、リーク先からリーケージ率をみる。米国（USA）へのリークが他の国・地域と比較すると高いことがわかる。米国の脱退がカーボンリーケージを誘発していることがわかる。米国にとってカナダからのリークが最も高く 54.0%、日本（JPN）、EU（EU）が続き、それぞれリーケージ率は 11.2%、8.2%である。中国も大きなリーク先であり、日本での削減が最も中国へリークしやすく、リーケージ率は 9.7%である。カナダ（CAN）、EU（EU）からのリーケージ率は、4.1%、2.5%である。

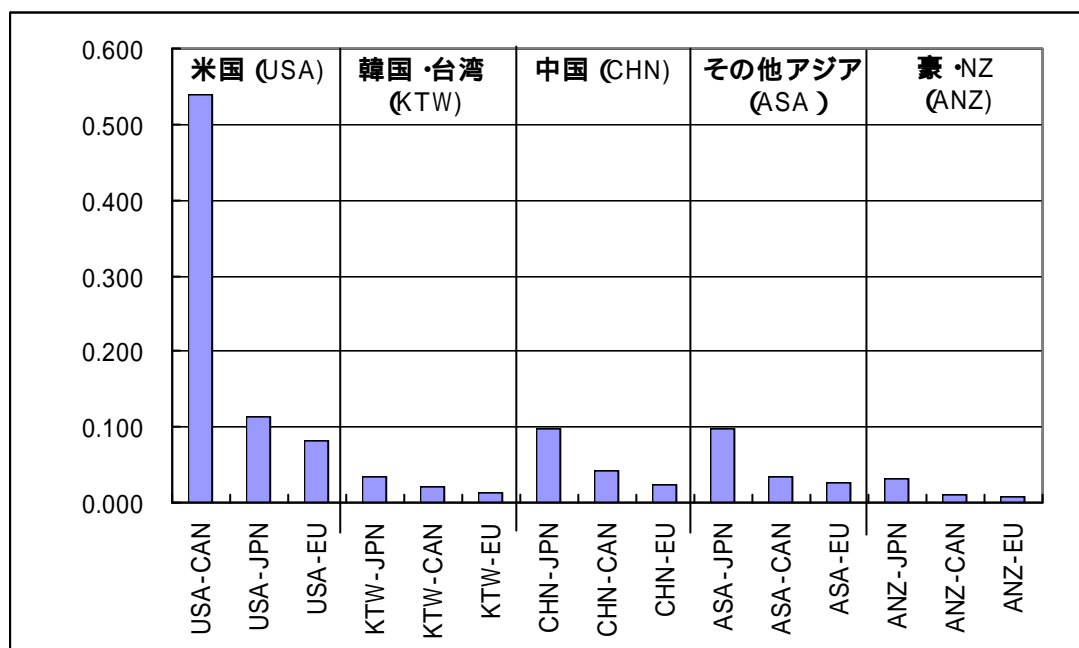


図 2.5-22 リーク先別カーボンリーケージ率

以上まとめると、米国（USA）へのリーケージが非常に高いことがわかる。特にカナダでの削減の 54.0%は米国において排出量が増加しており、米国の京都議定書からの脱退が大きな京都議定書の地球規模での温室効果ガス排出量削減効果を大きく損なっている。

## 2.6 シミュレーション分析の結言

### (1) 上流型排出量取引制度の政府収入還流方法による影響に関する分析のまとめ

上流型排出量取引制度の導入によって、消費、輸入、GDP は減少する。二酸化炭素の削減はエネルギー集約産業を中心に行われるために、エネルギー集約財の価格は上昇し、生産量は減少する。また社会保障費企業負担分軽減を行うことによって産業への影響を小さくすることができる。法人税減税ケースでは、資本集約的なその他サービスが資本需要を

大きく増加させることから資本価格が上昇し、その結果、生産物価格の上昇率が大きくなる。

#### (2) 下流型排出量取引制度の政府収入還流方法による影響に関する分析のまとめ

下流型排出量取引制度の導入によって、消費、輸入、GDP は減少する。二酸化炭素の削減はエネルギー集約産業を中心に行われ、エネルギー集約財の価格は上昇し、生産量は減少する。社会保障費企業負担分軽減を行うことによって産業への影響を小さくすることができるが、法人税減税ケースでは政府支出増ケースと同様の結果となる。

#### (3) 上流型排出量取引制度のクレジット配分方法に関する分析のまとめ

有償タイプの排出量取引では生じるオークション収入を全て政府支出として用いる。政府支出の大部分はサービス (SER) 購入に当てられるため、サービス (SER) への影響は他の産業と比較して低い。有償での排出量取引はエネルギー多消費産業からサービスへの資金移動と言える。

またサービス (SER) は労働・資本集約産業であるため政府によるサービス常用の増加は労働・資本の需要の増加となる。このため、有償ケースでは無償ケースと比較して労働・資本価格の下落は少ない。

#### (4) 下流型排出量取引制度のクレジット配分方法に関する分析のまとめ

有償タイプの排出量取引では生じるオークション収入を全て政府支出として用いる。政府支出の大部分はサービス (SER) 購入に当てられるため、サービス (SER) への影響は他の産業と比較して低い。有償での排出量取引はエネルギー多消費産業からサービスへの資金移動と言える。

またサービス (SER) は労働・資本集約産業であるため政府によるサービス常用の増加は労働・資本の需要の増加となる。このため、有償ケースでは無償ケースと比較して労働・資本価格の下落は少ない。

#### (5) カーボンリーケージ分析

最も大きなカーボンリーケージが生じているのは、カナダ (CAN) 米国 (USA) 間であり 54.0%である。これは、カナダにおいて追加的に温室効果ガスの削減を実施したとしても、その 54.0%は米国において排出が増加することを示す。その他地域 (ROW) へのリーケージを除くと次に大きなリーケージは、日本 (JPN) 米国 (USA) であり 11.2%である。日本 (JPN) その他アジア (ASA) 日本 (JPN) 中国 (CHN) EU (EU) - 米国 (USA) が続き、カーボンリーケージ率は各々9.8%、9.7%、8.2%である。

リーク先からリーケージ率をみる。米国 (USA) へのリークが他の国・地域と比較すると高いことがわかる。米国の脱退がカーボンリーケージを誘発していることがわか

る。米国にとってカナダからのリークが最も高く 54.0%、日本（JPN）、EU（EU）が続き、それぞれリーケージ率は 11.2%、8.2%である。中国も大きなリーク先であり、日本での削減が最も中国へリークしやすく、リーケージ率は 9.7%である。カナダ（CAN）、EU（EU）からのリーケージ率は、4.1%、2.5%である。

以上まとめると、米国が最大のリーケージ先となっており米国の脱退は京都議定書の削減効果を大きく損なう原因となっている。特に米国との経済的つながりの強いカナダの削減の 50%以上は米国へリークする。また、中国も大きなリーク先となっている。

## 参考文献

- Burniaux J.M., and T.P. Truong ( 2002 ), GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model, GTAP Technical Paper 16, Purdue University
- Burniaux, Jean-Marc and Joaquim Oliveria Martins (2000), “Carbon Emission Leakages: General Equilibrium View”, Economic Department Working Paper No.242, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Burniaux, J.M., J.P.Martin, G. Nicoletti and J.O. Martins ( 1992 ) , GREEN A Multi-Sector, Multi-Region General Equilibrium Model for Quantifying the Costs of Curbing CO2 Emissions, OECD Working Paper 116, OECD.
- Dimaranan, B.V. and R.A. McDougall eds., 2002, Global Trade, Assistance and Production: The GTAP5 Database, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Hertel, T.W. ed., 1997, Global Trade Analysis: Modeling and Applications, Cambridge University Press
- Nordhaus W.D., and J. Boyer, 2000, Warming the World: Economic Models of Global Warming, The MIT Press.
- Paltsev, Sergey V. (2000), “The Kyoto Agreement: Regional Contributions to the Carbon Leakage”, Discussion Papers in Economics, Working Paper No.00-05, Center for Economic Analysis, Department of Economics, University of Colorado at Boulder.
- 川崎研一、1999、応用一般均衡モデルの基礎と応用 経済構造改革のシミュレーション分析、日本評論社
- 総合資源エネルギー調査会総合部会/需給部会、2001、今後のエネルギー政策について - 報告書
- 東京工業品取引所(2004)、「エネルギー使用合理化取引市場設計関連調査(排出削減量取引市場効率化実証等調査)」、平成 16 年 3 月
- 伴・大坪・川崎他、1998、応用一般均衡モデルによる貿易・投資自由化と環境政策の評価、経済分析 156 号、経済企画庁経済研究所