

## 地球温暖化対策税の税率とその経済影響の試算

AIM プロジェクトチーム

### 1. 目的

本試算の目的は、AIM（アジア・太平洋統合評価モデル）プロジェクト<sup>1</sup>において開発してきた3種類のモデルを用いて、わが国の二酸化炭素排出量削減のための温暖化対策税の税率を推計するとともに、温暖化対策税の導入に伴うわが国経済への影響、及び国際競争力等の国際市場を通じた影響を定量的に評価することである。試算に用いたモデルは、エネルギーサービス需要を駆動力としてエネルギー消費とそのための技術（設備）を同時に積み上げる技術選択モデル（AIM/Enduse モデル）、わが国の経済活動を詳細に表現した国内トップダウンモデル（AIM/Material モデル）、国際市場を考慮してわが国の対策の影響や国際的政策枠組みの効果を評価する世界21地域トップダウンモデル（AIM/Top-down モデル）の各モデルである。対象とする温室効果ガスはエネルギー起源の二酸化炭素に焦点を当てているが、この二酸化炭素以外の温室効果ガス排出についても、簡略な表現ながら一部について取り扱っている。図1-1に本試算に用いた3つのモデルの関連を示す。

技術選択モデルでは、エネルギーサービス需要を前提に、費用を最小とする機器選択を行う。すなわち、費用最小化の観点から最適な技術進歩（技術的効率の改善）が計算される。これに対して、トップダウンモデルでは技術選択モデルで計算した技術進歩を前提に、経済部門間の相互作用や国際市場の影響などのマクロ経済全体の影響を評価することが可能となる。今回の試算の最大の特徴は、ボトムアップとトップダウンの2種類のモデルを組み合わせることで、技術的、経済的に整合性のある推計結果を導いたことにある。

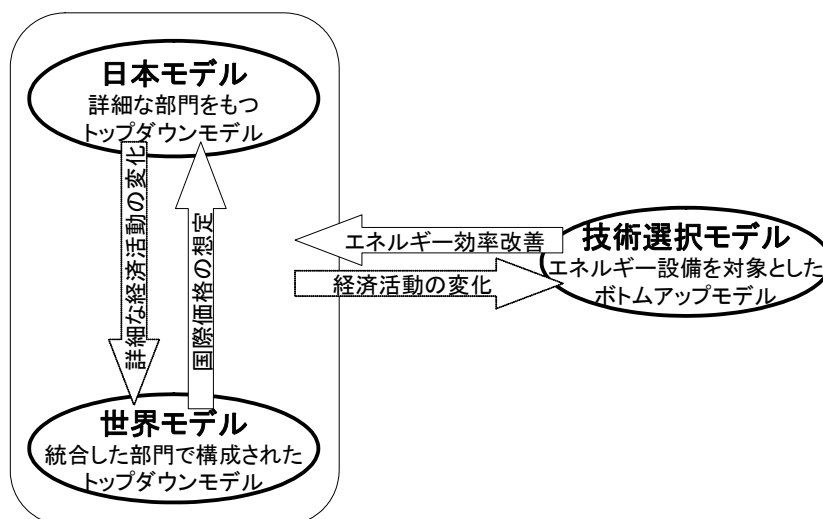


図1-1. 3つのモデルの関係

<sup>1</sup> AIM モデルは、温暖化対策の評価と気候変動の影響評価を目的として、国立環境研究所及び京都大学のプロジェクトチームにより開発され、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）や千年紀生態系評価（MA）等の国際機関やアジア各国の政府機関で広く活用されているモデルである。今回のシミュレーション作業は、国立環境研究所、京都大学、及び富士総合研究所が実施した。本推計にあたっては、環境経済モデル研究会（天野明弘座長）において種々の有益なご助言をいただいた。

## 2. 技術選択モデル (AIM/Enduse モデル) による推計

### 2. 1. AIM/Enduse の概要

技術選択モデルは、エネルギーサービス<sup>2</sup>の需要とその供給のためのエネルギー関連機器（技術及び施設）に関して詳細な条件設定を行い、それを前提にして省エネルギーが進んでいく過程をシミュレートすることができる。これは、いわゆる「ボトムアップ型」のモデルであり、将来必要となるエネルギーサービス量を部門毎に外生的に積み上げ、それぞれの部門のエネルギーサービスを満たすのに最も経済効率的な技術を選択する。そしてその結果決まるエネルギー効率をエネルギーサービス量と掛け合わせることによって、最終的なエネルギー消費量が推計される。技術導入の初期コストと運転時のエネルギーコストを勘定して個々の技術が選択されるため、炭素税等によりエネルギー価格が政策的に引き上げられる場合や機器への補助金等により初期投資額を引き下げた場合に、どの程度まで排出量を抑制できるかを数量的に評価できる。このモデルでは、マクロ経済の成長率や部門毎の産出量などを外生的に与える。本モデルでは、対策の如何によらず、各部門がそれぞれで極めて経済合理的な技術選択を行うことを仮定しているため、将来のエネルギーサービス量を減らすことなく、すなわち将来の生産活動や生活に変化無く、技術的な効率改善のみによってどこまで二酸化炭素を削減できるかがシミュレーションできる。また逆に、望ましい水準の技術的な効率改善を動機づけるために必要な対策を、シミュレーションによって明らかにすることもできる。他方、エネルギー価格の上昇が直接的にエネルギー需要を抑制したり、貯蓄を減少させたりする関係はモデル分析の場外に置かれる。

本モデルの基本構造は次図のとおりである。なお、今回の試算では、補助金の効果を推計するために、標準の技術メニューに森林吸収等のオプションを加えて、モデルの拡張を図っている。

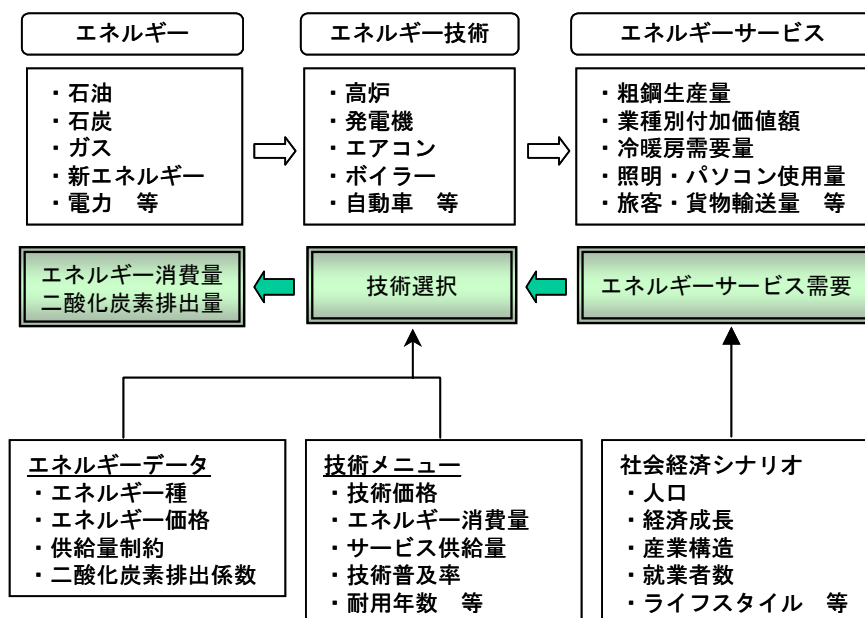


図2-1. AIM/Enduse の概要

<sup>2</sup> AIM/Enduse モデルにおいて「エネルギーサービス」とは、エネルギーを必要とする技術・機器の運用によってもたらされる効用を総称したものである。例えば、産業部門では製品生産量や付加価値額等、民生部門では冷暖房供給量や照明供給量等、運輸部門では輸送量等がこれにあたる。

表 2-1. AIM/Enduse モデルで対象とする省エネ技術・新エネ技術

産業部門	鉄鋼	石炭調湿装置 自動燃焼制御 次世代コークス炉 乾式コークス消火設備 COG 顕熱回収設備 自動点火装置 主廃熱回収 クーラー廃熱回収 高炉 (廃プラ利用) 乾式高炉炉頂圧発電 密閉式転炉ガス回収装置 LDG 顕熱・潜熱回収 スクラップ予熱 直流式電気炉 熔融還元炉 連続鑄造法 熱片挿入 直送圧延 高効率加熱炉 熱延ミル加工熱処理装置 コイル巻取調整装置 高効率連続焼鈍設備
	セメント	堅型ミル 改良型キルンバーナ 流動床焼成炉 高効率クリンカクーラ 予備粉砕機 堅型ミル 廃熱発電 コンバインドサイクル発電 高炉セメント フライアッシュセメント
	石油化学	高性能ナフサ分解装置 ナフサ接触分解 電力回収ガスタービン 高性能ポリエチレン装置 高性能ポリプロピレン製造装置 高効率工業炉 酸素制御装置 高性能ボイラー コンバインドサイクル自家発電
	紙パルプ	直接苛性化 予備浸透型蒸解装置 高性能パルプ洗浄装置 液膜流下型蒸発缶 酸素脱リグニン装置 ディフューザー漂白装置 高濃度抄紙 高性能面圧脱水装置 高性能ドライヤーフード プレストライナ <sup>g</sup> , インパ <sup>g</sup> ルストライナ <sup>g</sup> 高性能サイズプレス装置 酸素制御装置 レジエネボイラ 高効率黒液ボイラ
	その他製造業	酸素制御装置 レジエネボイラ 高性能工業炉 モータ用インバータ 高効率モータ リパワリング コンバインドサイクル発電 バイオマス発電
家庭部門	高効率エアコン 高効率ストーブ 高効率厨房機器 潜熱回収型給湯器 CO2 冷媒給湯器 太陽熱温水器 ソーラーシステム 白熱灯型蛍光灯 高効率蛍光灯 Hf インバータ蛍光灯 高効率冷蔵庫 高効率 TV 高効率 VTR 太陽光発電 待機電力削減型その他家電 断熱材	
業務部門	高効率エアコン 高効率電動冷凍機 ガスタービンコジェネレーション 潜熱回収型給湯器 高効率吸収式冷温水器 高効率厨房機器 高効率昇降機 高効率自動販売機 LED 信号機 高効率変圧器 太陽熱温水器 Hf インバータ照明 (照度調整, タイマ制御) センサー付き照明 高輝度誘導灯 高効率計算機 高効率複写機 高効率空調搬送動力 (VAV 制御, 低圧損) 標準型アモルファス変圧器 熱交換器 建設物の省エネ化 BEMS (省エネ化) 待機電力削減型その他動力 太陽光発電	
運輸部門	低燃費ガソリン自動車 (高効率エンジン, 抵抗摩擦低減, 軽量化, CVT) 低燃費ディーゼル自動車 (高効率エンジン, 抵抗摩擦低減, 軽量化, CVT) 低燃費 LPG 自動車 (抵抗摩擦低減, 軽量化) ガソリンハイブリッド自動車 電気自動車 天然ガス自動車 ディーゼルハイブリッドバス ディーゼルハイブリッド貨物車	

## 2. 2. シミュレーションの想定

将来の社会や経済に関するシナリオについては、下表に示すように、政府見通し及びその根拠となった資料等の推測値を用いている。これらをベースにして各部門のエネルギーサービス量を想定している。

表 2-2. 経済・社会シナリオの想定

		2000	2010	2012	
実質経済成長率 (年増加率)		0.9%	1.9%	1.9%	*1
素材製品 生産量	粗鋼生産量 (百万トン)	106.9	95.9	94.8	*2
	セメント生産量 (百万トン)	79.3	70.3	69.8	*2
	エチレン生産量 (百万トン)	7.6	6.7	6.7	*2
	紙板紙生産量 (百万トン)	31.8	36.0	36.7	*2
世帯数 (百万世帯)		46.8	49.1	49.2	*3
業務部門床面積 (百万 m <sup>2</sup> )		1,655	1,793	1,844	*4
旅客輸送量 (兆人・km)		1.42	1.51	1.53	*5
貨物輸送量 (兆 t・km)		0.56	0.57	0.57	*5
原子力発電 (2002 年以降の新設基数)		—	8 基	8 基	*6

\*1: 経済財政諮問会議「改革と展望-2002 年度改定」(2003 年)

\*2: (財)日本エネルギー経済研究所「わが国の長期エネルギー需給展望」(2002 年)

\*3: 国立社会保障・人口問題研究所 (1998 年)

\*4: 第三次産業の実質生産額伸び率と弾性値より推計

\*5: 運輸政策審議会 (2000 年) 経済成長率の想定などより補正

\*6: 電力供給計画 (2002 年, 2010 年まで)

## 2. 3. ケース設定

今回の AIM/Enduse モデルを用いたシミュレーションでは、技術のシェアや効率が将来にわたり変化しないと想定した「技術一定ケース」、各主体が経済的に合理的な技術選択を行う「市場選択ケース」、炭素税により二酸化炭素排出量の削減を図る「炭素税ケース」、さらに炭素税を導入しその税収を省エネルギー設備導入のための補助金として還流させる「補助金ケース」、の 4 つのケースを設定した。各ケースの詳細を表 2-3 に示す。

表 2-3. ケース設定

ケース設定	内 容
技術一定ケース	現行のエネルギー技術の使用シェアや効率が将来にわたり変換しないと想定したケース
市場選択ケース	省エネルギー技術を導入するかどうかの判断に当たって、初期投資のコストと設備の運用に必要なエネルギーコストの双方を勘案し、各部門の主体が経済的に合理的な機器選択を行うケース。投資回収年数 3 年を省エネ投資の判断基準とした。
炭素税ケース	エネルギーの消費に対して二酸化炭素排出量に応じた課税（炭素税）を行うケースである。本分析では、炭素トン当たり 3,000 円、15,000 円、30,000 円の 3 パターンの課税率についてシミュレーションを行った。課税開始年は 2005 年である。
補助金ケース	低率の炭素税を導入し、地球温暖化対策を実施するための補助金として税収を還流させるケース。本分析では 2010 年の二酸化炭素排出量について、1990 年レベル 2%減を達成するために必要な補助金額を推計した。課税開始年、補助金還流開始年ともに 2005 年である。

## 2. 4. シミュレーション結果

### (1) 二酸化炭素排出量

#### ① 技術一定ケース

現行のエネルギー技術の使用シェアや効率が将来にわたり変換しないと想定したケースである。この場合、2010 年におけるエネルギー起源の二酸化炭素排出量（森林吸収除く）は 1990 年と比較して 14% 増となる。部門別では、産業部門 4%減、家庭部門 40%増、業務部門 31%増、運輸部門 28%増、エネルギー転換部門 15%増となっている（表 2-4 参照）。

#### ② 市場選択ケース

各部門の主体が経済的に合理的な技術選択を行うケースである。省エネルギー設備を導入するかどうかの判断に当たって、初期投資のコストと設備の運用に必要なエネルギーコストの両方を考慮し、コストの低い方を選択する。なお、投資回収年数 3 年を省エネ投資の判断基準とした。

この場合、2010 年におけるエネルギー起源の二酸化炭素排出量は 1990 年と比較して 8%増となる。部門別では、産業部門 8%減、家庭部門 25%増、業務部門 19%増、運輸部門 24%増、エネルギー転換部門 11%増となっている（表 2-4 参照）。

#### ③ 炭素税ケース

二酸化炭素排出量を削減するため、炭素税を導入したケースである。課税によりエネルギー価格が上昇するため、省エネルギー設備を導入することがその分有利になり、初期コストのより高い省エネルギー設備の導入が進む。

2010年におけるエネルギー起源の二酸化炭素排出量は1990年と比較して、3,000円/tCケース5.7%増、15,000円/tCケース3.6%増、30,000円/tCケースでは0.2%増となる（図2-2参照）。炭素税導入による二酸化炭素削減のインセンティブ効果は、市場選択ケースとの差からそれぞれ、1.9ポイント（107.6-105.7）、4.0ポイント（107.6-103.6）、7.4ポイント（107.6-100.2）となっている。

部門別では30,000円/tCケースにおいて、産業部門12%減、家庭部門6%増、業務部門8%増、運輸部門18%増、エネルギー転換部門5%増となっている。市場選択ケースと比較すると、家庭部門と業務部門において大きな削減効果が現れている。

#### ④ 補助金ケース

補助金ケースでは、2010年において1990年比2%減を達成するために必要な補助金額を推計した。炭素税の課税のみ（補助金還流なし）によって、このケースに相当する削減量を達成するためには、45,000円/tC程度の課税が必要と推計された。

部門別では、産業部門13%減、家庭部門2%減、業務部門2%増、運輸部門16%増、エネルギー転換部門4%増となっている。家庭部門と業務部門では、炭素税30,000円/tCケースよりも削減量が大きく上積みされている。これらの部門では、限界費用が30,000円/tCを上回るものの、補助金を利用することで導入が促進される技術による削減ポテンシャルが大きいことが示唆される。

### (2) 補助金額

2010年において1990年比2%減を達成するために必要な補助金額は、産業部門6,079億円、家庭部門2兆1,236億円、業務部門1兆1,670億円、運輸部門6,397億円、森林整備1兆1,740億円である（表2-5参照）。

主な補助金の還流先は、産業部門では「バイオマス発電」「高炉廃プラ利用施設」「ボイラ燃料管理」、家庭部門では「太陽熱温水器」「断熱材」「潜熱回収給湯器」「高効率冷蔵庫」、業務部門では「建築物の省エネ構造化」「太陽熱温水器」「VAV制御/低圧損空調搬送動力」、運輸部門では「ガソリン自家用乗用車・エンジン効率改善/摩擦抵抗削減」「ディーゼル自家用乗用車・エンジン効率改善/摩擦抵抗削減」である。

補助金を充足するために必要な炭素税は約3,400円/tCである。

表 2 - 4. 部門別・ケース別二酸化炭素排出量

部 門	単 位	1990	2000	2010			
				技術一定	市場選択	炭素税 3万円 /tC	補助金
産業部門	MtCO2 基準年=100	490 (100)	495 (101)	470 (96)	452 (92)	432 (88)	427 (87)
家庭部門	MtCO2 基準年=100	138 (100)	166 (120)	193 (140)	172 (125)	147 (106)	136 (98)
業務部門	MtCO2 基準年=100	124 (100)	152 (122)	162 (131)	148 (119)	134 (108)	127 (102)
運輸部門	MtCO2 基準年=100	212 (100)	256 (121)	271 (128)	263 (124)	250 (118)	247 (116)
エネルギー転換部門	MtCO2 基準年=100	77 (100)	86 (111)	88 (115)	86 (111)	81 (105)	80 (104)
エネルギー起源 CO2 合計	MtCO2 基準年=100	1,042 (100)	1,155 (111)	1,185 (114)	1,121 (108)	1,044 (100)	1,017 (98)
非エネ起源 CO2, CH4, N2O	MtCO2	143	141	137	137	137	137
HFCs, PFCs, SF6	MtCO2	48	36	73	73	73	73
排出量合計	MtCO2 基準年=100	1,233 (100)	1,332 (108)	1,395 (113)	1,330 (108)	1,254 (102)	1,226 (99)
森林吸収	MtCO2			-35.6	-35.6	-35.6	-48.0
合計	MtCO2 基準年=100	1,233 (100)	—	1,359 (110)	1,295 (105)	1,218 (99)	1,178 (96)

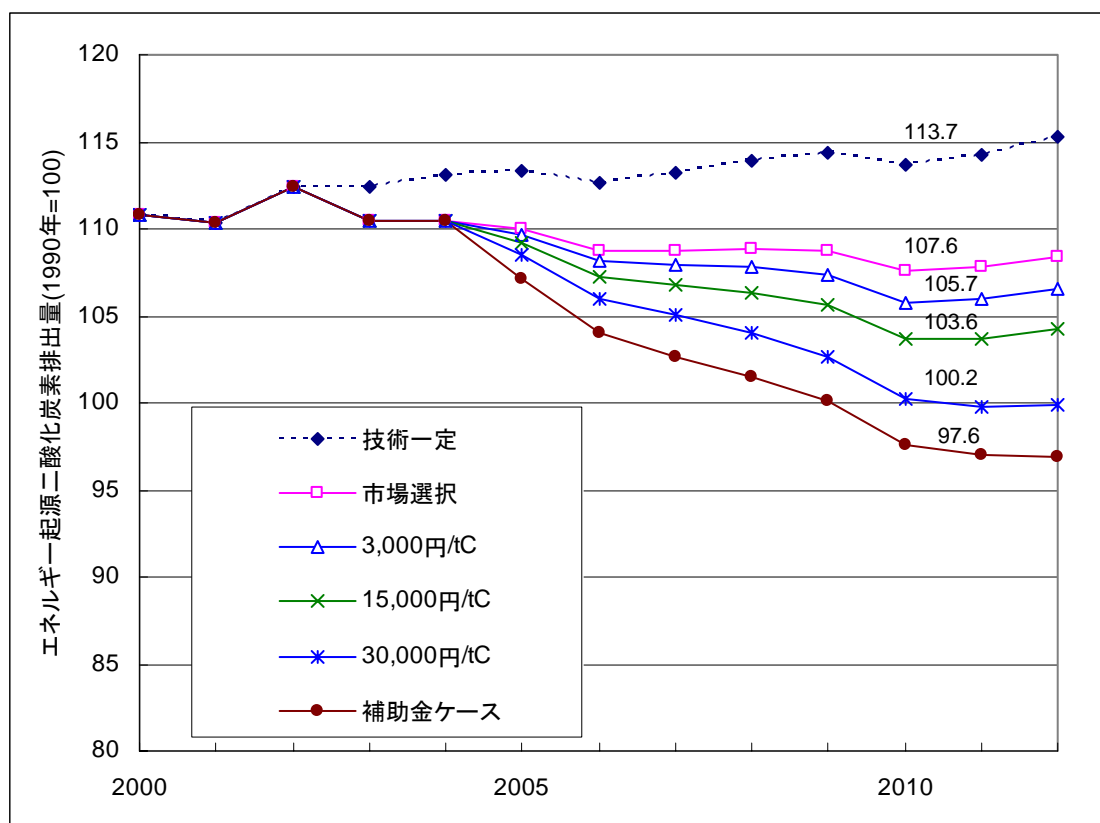


図 2 - 2. ケース別エネルギー起源二酸化炭素排出量の推移

注：グラフ中の数値は 2010 年の排出量（1990 年の排出量を 100 とする）を示す。

表 2-5. 部門別補助金額

部門	補助金の対象となる地球温暖化対策	2005-2010 追加投資額 (億円)	2005-2010 追加投資額 (億円/年)
産業部門	ボイラ燃焼管理, モータ用インバータ, 高性能工業炉, 高炉廃プラ利用施設, 密閉式 LDG 回収装置, 高性能連続焼鈍炉, ディフューザー漂白装置, 高効率クリンクーラ, バイオマス発電	6,079	1,013
家庭部門	高効率エアコン, 高効率ガスストーブ, 太陽熱温水器, 高効率ガス調理器, 高効率テレビ, 高効率 VTR, 潜熱回収給湯器, 高効率照明, 高効率冷蔵庫, その他家電 (待機電力削減), 断熱材	21,236	3,539
業務部門	高効率電動冷凍機, 高効率エアコン, 高効率ガス吸収冷温水器, 高効率ガスボイラ, 潜熱回収給湯ボイラ, 太陽熱温水器, 高効率ガス調理器, Hf インバータ照明 (タイマ制御), 高効率自動販売機, 標準型アモルファス変圧器, その他動力 (待機電力削減), 熱交換機, 空調搬送動力 (VAV 制御, 低圧損), 建設物の省エネ化	11,670	1,945
運輸部門 ・自動車単体対策	ガソリン自家用乗用車 (エンジン効率改善), ディーゼル自家用乗用車 (エンジン効率改善), 営業用ガソリン乗用車 (ハイブリッド自動車), 自家用ディーゼルバス (エンジン効率改善), ディーゼル軽貨物自動車 (エンジン効率改善), ガソリン自家用普通貨物自動車 (エンジン効率改善), ディーゼル営業用小型貨物自動車 (エンジン効率改善), ガソリン営業用小型貨物自動車 (エンジン効率改善)	6,397	1,066
森林整備	植栽, 下刈, 間伐, 複層伐, 天然林改良	11,740	1,957
合計		57,123	9,520
炭素税税率	追加投資額を充足するために必要な炭素税 (円/tC)		3,433

### 3. 日本を対象としたトップダウンモデル (AIM/Material モデル) による推計

#### 3. 1. AIM/Material モデルの概要

本分析に用いたモデルは、逐次均衡型の応用一般均衡モデル (AIM/Material モデル) である。基本構造は図 3-1 に示す。生産者、家計、政府という主体が財及び生産要素の需給をバランスさせるように各財・サービス及び生産要素の価格が決定される構造になっている。

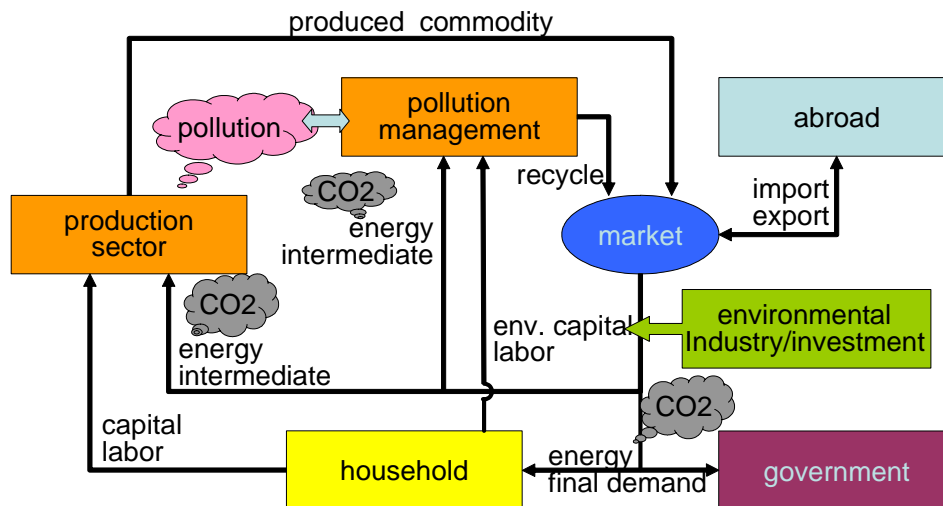


図 3-1. AIM/Material モデルの構造

生産部門及び財は表 3-1 のように分割されており、各部門では資本、労働、エネルギー、その他中間財、汚染処理のための投入要素を投入して、財・サービスの生産を行う。生産関数は、資本と労働はコブ=ダグラス型、その他はレオンチェフ型のネスティング構造としている。生産された財・サービスは、中間需要や家計最終消費、政府消費、投資財、輸出に配分される（輸出入については国際価格を世界モデルの結果をもとに外生的に与えている）。生産及び消費過程のうち、化石燃料の燃焼時において二酸化炭素が発生する。本モデルでは、この二酸化炭素排出量を京都議定書の水準に抑える場合に見られる経済活動への影響を定量的にとらえている。

本モデルでは、1995 年を基準年に 2012 年までを対象期間としてとらえ、1995 年から 1 年ごとに均衡計算を行い、ある年の均衡解は翌年の入力条件（投資や設備に代表される効率改善など）として用いられる。なお、本モデルでは経済収支のみならず物質収支も均衡させることを目的としており、同一種の財の統合（例えば輸入財と国内財）においては、代替弾力性が 0 もしくは無限大の関係を仮定している。また、エネルギー投入のシェアは各年において保有する設備の水準により固定されていると仮定している。エネルギー効率の改善については、技術選択モデルにおける各部門のエネルギー種別消費量の結果と想定されている活動量から、活動量 1 単位あたりのエネルギー消費量（エネルギー効率）をエネルギー種ごとに計算し、この値をもとにエネルギー効率改善率を計算している。ただし、そうした効率改善に伴う追加的投資額分だけ、投資を増加させる必要があるものとしている（この追加投資分は、翌年の生産活動に必要な資本の設備能力を増強するものではなく、単にエネルギー効率を改善するためのみに使用されるものと仮定している）。



表 3-1. モデルを構成する部門・財

部門		主として生み出す財・サービス		部門		主として生み出す財・サービス			
agr	農林水産業	agr	農林水産物	pub	公共サービス	pub	公共サービス		
min	鉱業	min	鉱産品	rnt	物品賃貸サービス	rnt	物品賃貸サービス		
m_c	石炭	mcc	原料炭	rep	自動車・機械修理	rep	自動車・機械修理		
		msc	一般炭・亜炭・無煙炭	prs	その他サービス	prs	その他サービス		
m_o	原油	mco	原油	gov	政府サービス生産者	gov	政府サービス		
m_g	天然ガス	mng	LNG・天然ガス	emc	環境装置製造業	emc	環境装置		
fod	食料品	fod	食料品	sew	下水処理業	sew	下水処理		
tex	繊維	tex	繊維	mwm	一般廃棄物処理業	mwm	一般廃棄物処理		
plp	パルプ・紙・木製品	plp	パルプ・紙・木製品	iwm	産業廃棄物処理業	iwm	産業廃棄物処理		
chm	化学	chm	化学	col	石炭製品	cck	コークス		
pls	プラスチック	pls	プラスチック			ccg	その他石炭製品		
nmm	窯業・土石	nmm	窯業・土石			cbf	舗装材料		
stl	鉄鋼	stl	鉄鋼	oil	石油製品	ogl	揮発油		
nsm	非鉄金属	nsm	非鉄金属			ojf	ジェット燃料油		
fmt	金属製品	fmt	金属製品			okr	灯油		
mch	一般機械	mch	一般機械			olo	軽油		
elm	電気機械	elm	電気機械			oho	重油		
tre	輸送機械	tre	輸送機械			onp	ナフサ		
pri	精密機械	pri	精密機械			olp	液化石油ガス		
oth	その他製造業	oth	その他製造物			oot	その他石油製品		
cns	建設業	cns	建設			gas	ガス	gtg	都市ガス
het	熱供給	het	熱供給			t_c	火力発電(石炭)	ele	電力
wtr	水道業	wtr	水道	t_o	火力発電(石油)				
sal	卸売・小売業	sal	卸売・小売	t_g	火力発電(ガス)				
fin	金融・保険業	fin	金融・保険	hyd	水力発電				
est	不動産業	est	不動産	nuc	原子力発電				
trs	運輸・通信業	trs	運輸・通信						

### 3. 2. シナリオ

AIM/Enduse モデルの結果と比較することを念頭に置き、以下の3つのシナリオを想定した。

(1) 現状推移シナリオ (AIM/Enduse モデルの【市場選択ケース】に相当)

(2) 炭素制約シナリオ

① 炭素税シナリオ：炭素税の税収を補助金として返還せず、代わりに税収中立に基づいて所得税減税を行うケース<sup>3</sup> (AIM/Enduse モデルの【炭素税ケース】に相当)

② 補助金シナリオ：炭素税の税収を機器購入の補助金として還元するケース (AIM/Enduse モデルの【補助金ケース】に相当)

炭素制約シナリオでは、後述する図 3-5 に示すように 2010 年の二酸化炭素排出量を 1990 年比 2% 削減すること (地球温暖化対策推進大綱の「エネルギー起源二酸化炭素排出量を 1990 年度と同水準に抑制」と「革新的技術開発及び国民各界各層の更なる地球温暖化防止活動の推進による 2%削減」の合計) を目標とし、2005 年以降徐々に削減するように想定している。なお、世界モデルで取り上げられている排出量取引を通じた排出量の購入量はここでは対象としていない。これは、海外からの排出量の購入にあたって、わが国から排出量購入額に相当する資金が流出し、その結果、国内経済に何らかの影響を及ぼすと予想されるが、モデル上はそうした排出量の取引に起因する海外との資金のやりとりが表現でき

<sup>3</sup> 本資料における結果では、完全に税収中立を再現するには至っておらず、第一約束期間において炭素税による税収の約 7% は政府所得の増加となっている。

ていないためである。(1) 現状推移シナリオと(2) 炭素制約シナリオでは、AIM/Enduse モデルの結果をもとに、購入される機器のエネルギー効率とその費用が異なるように想定している。また、財の国際価格についても世界モデルの結果をもとにシナリオごとに想定している。

なお、本分析で想定した経済成長は、AIM/Enduse モデルと同様に経済財政諮問会議での想定値をもとに、総投資額を決定しており、火力・水力・原子力等の発電規模については長期エネルギー需給見通しで示されている結果を参考に、外生的に定めている。

### 3. 3. 結果

前項に示した各シナリオの計算結果を示す。評価する項目は、(1) GDP、(2)部門別生産額、(3) CO2 排出量、(4) 炭素税率、(5) 雇用である。

#### (1) GDP

シナリオ(1):現状推移シナリオにおける経済成長率は、2010年には1.8%/年となり、2000年から2012年までの平均成長率は毎年1.4%である。炭素制約の導入によりGDPは低下するが、税金は所得税減税を通じて国内に還流されるため、2008年から2012年におけるGDPロスの平均は9,400億円(シナリオ(1)のGDPに対して平均0.16%)となる。また、税金を省エネルギー設備購入の補助金として還流する場合には、同期間におけるGDPロスは約3,600億円(シナリオ(1)のGDP比0.061%)とさらに小さくなる。次項で示すが、このGDPロスは、炭素排出制約により生じる石油・石炭製品及び火力発電部門における活動水準の低下が主たる要因である。

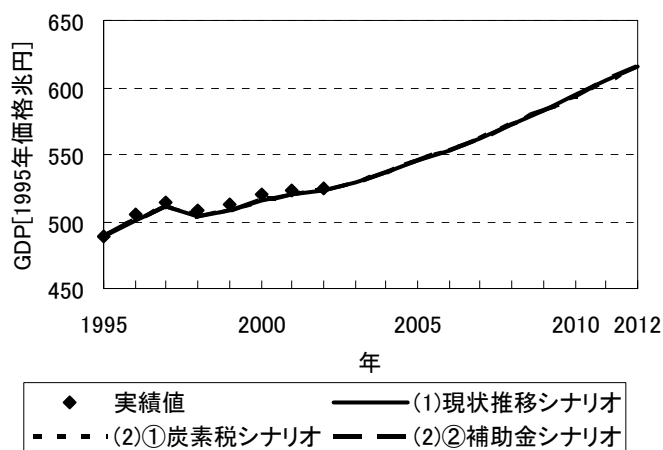


図3-2. GDPの推移

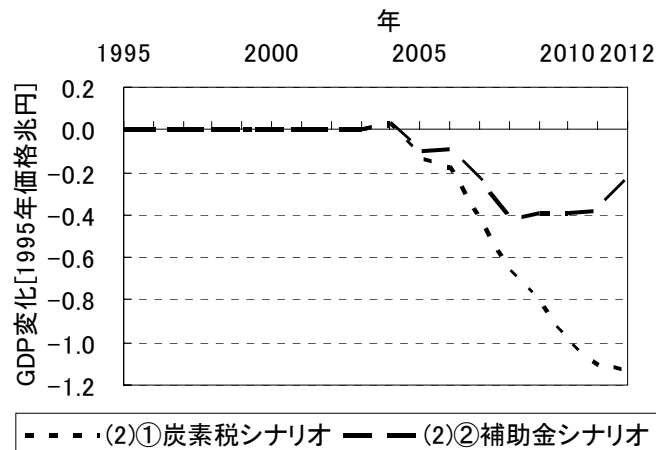


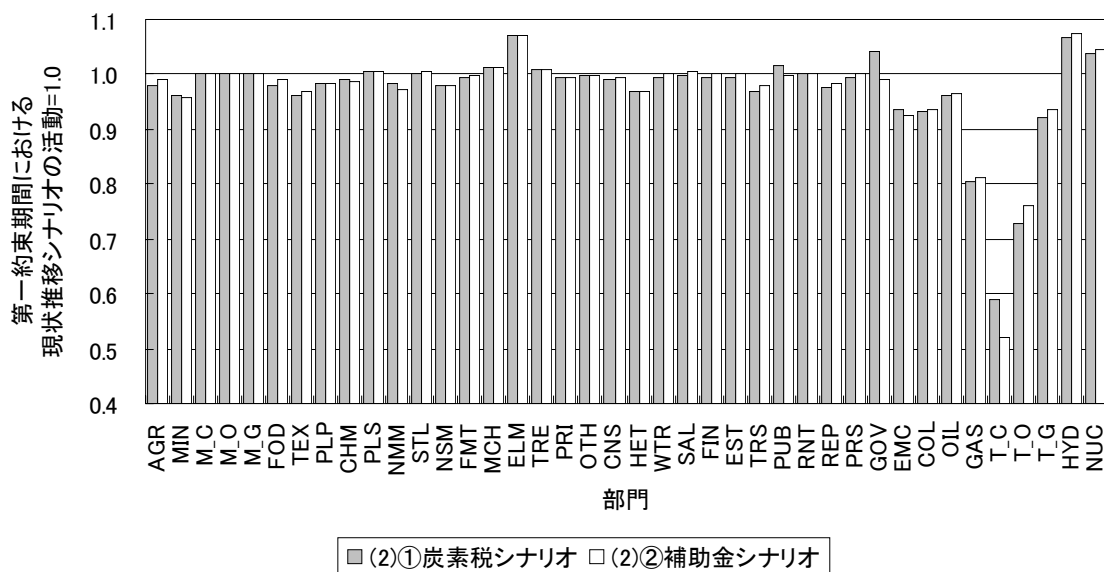
図3-3. GDP変化 (対現状推移シナリオ)

(2) 部門別生産額

図3-4は2008年から2012年における各部門の生産額(同期間における現状推移シナリオの生産額を1とする)を示したものである。

炭素税シナリオの場合、完全に税収中立が達成されておらず、税収の一部は政府消費にまわされることから、政府及び関連する公共サービスの生産が増加している。一方、製造業をはじめとして多くの部門の生産額は、炭素税導入により減少する傾向にある。ただし、電気機械部門や一般機械部門、輸送機械部門は省エネルギー投資の増加により生産額が増大する。

これに対して、炭素税収を補助金として還流する補助金シナリオでは、多くの部門において生産額が現状推移シナリオに近い水準に回復している。ただし、火力発電部門や石炭・石油製品製造部門では、補助金で税収を還流しても炭素制約による影響が大きく、活動の回復に伴って二酸化炭素排出量の制約が厳しくなり、また、石炭火力から石油・ガス火力、さらには水力や原子力に発電形態が移行している。



注：図中の部門名（英字3文字）は表3-1を参照。

図3-4. 第一約束期間における部門別生産活動の変化 (対現状推移シナリオ)

### (3) CO2 排出量

現状シナリオにおける二酸化炭素排出量は、第一約束期間において 1995 年の排出量の水準以下に低下するが、京都議定書で定められた水準にまで二酸化炭素排出量を削減することはできない結果となった。炭素制約シナリオにおける二酸化炭素排出量は、制約条件として 2005 年以降の排出量の上限を図 3-5 のように定めている。

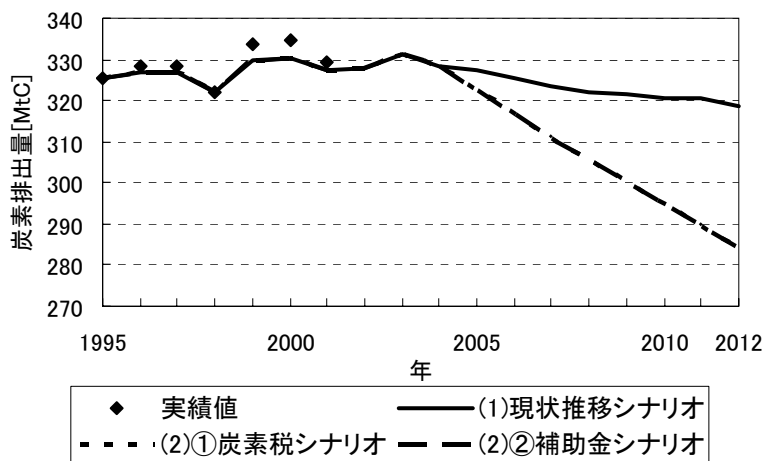


図 3-5. 二酸化炭素排出量の推移

### (4) 炭素税率

炭素税シナリオの場合、2008 年から 2012 年年の第一約束期間における平均税率は、約 52,000 円/tC となっている。一方、補助金シナリオの場合、炭素税率は約 4,300 円/tC となった (図 3-6)。これらの税率は、技術選択モデルと比較すると高い値であるが、これはエネルギー価格のフィードバックや対策による生産活動の回復によるものである。

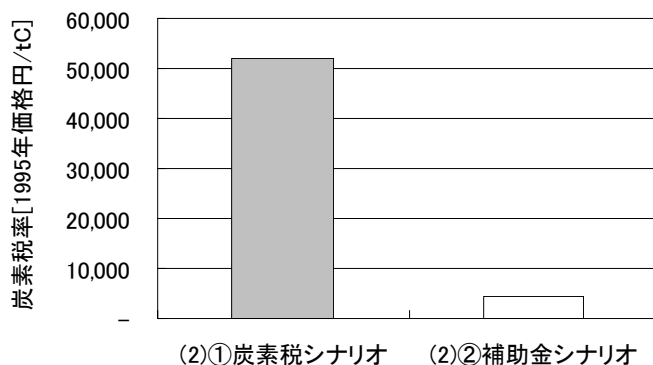


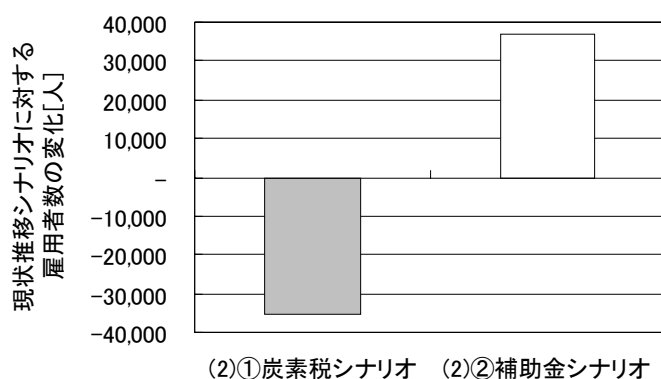
図 3-6. 炭素税率の推移 (第一約束期間平均)

### (5) 雇用

本モデルは完全雇用を前提としたモデルであり、通常のシミュレーションを実施する限りにおいては、炭素税導入に伴う失業を評価することはできない。そこで、通常は家計における労働力の賦存量を与え、シミュレーションにおいて労働価格 (賃金) を計算するところを、逆に労働価格を固定し、その価格に

おける労働力を計算することで、雇用の変化をとらえるものとする<sup>4</sup>。

図3-7は、第一約束期間における現状推移シナリオの雇用に対する炭素制約シナリオの雇用の変化（農業部門を除く合計）を年平均で示したものである。また、図3-8は第一約束期間における各部門の年平均の雇用者数を、各シナリオで比較したものである。図3-4で1を下回っている部門で雇用者数が減少し、逆に1を超える部門（電気機械や卸売・小売等）では雇用者数は増加する。炭素制約シナリオにおいて影響の大きい火力発電等は、雇用者数が相対的に少なく、補助金シナリオでは火力発電等の雇用者の減少を上回る雇用が、電気機械部門等で発生している。ただし、炭素税シナリオでは生産活動の低下そのものが比較的大きくなるため、雇用は減少する<sup>5</sup>。



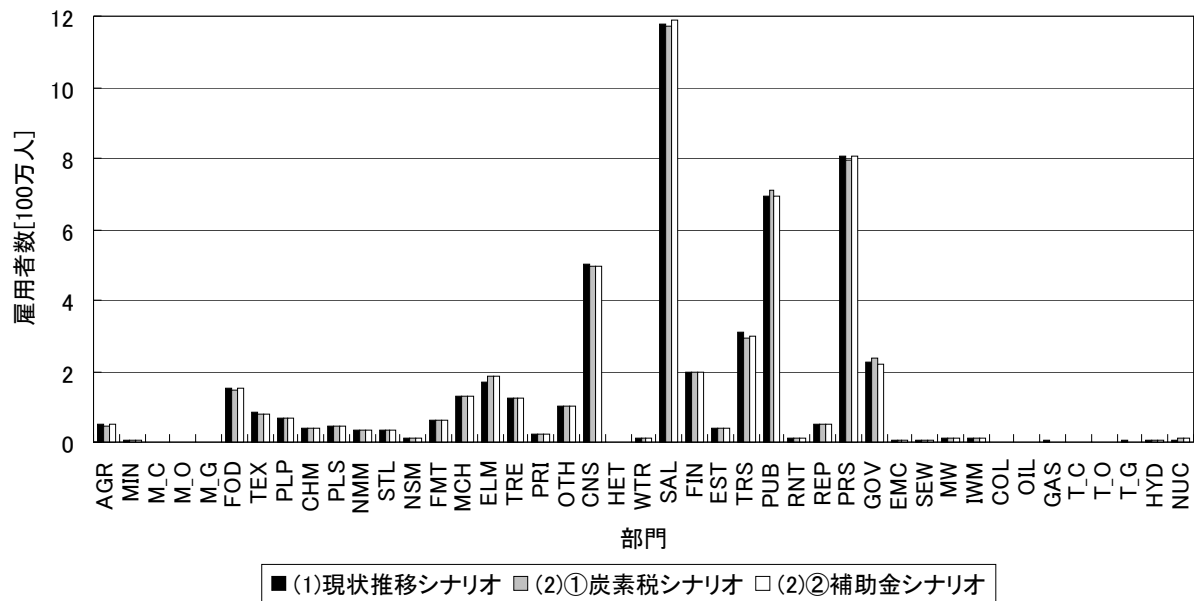
注：農業部門の雇用者数の変化は除く。

農業部門を加えると、雇用者数は炭素税シナリオで-90,000人、補助金シナリオで+9,000人となり、農業部門以外の雇用者数の合計と比較すると大幅に減少する。

図3-7. 第一約束期間における雇用の変化（対現状推移シナリオ）

<sup>4</sup> 本モデルでは労働力の部門間の移動は自由であり、以下の結果は経済活動の状況に応じて雇用者の再配置がスムーズに行われる場合を示したものである。

<sup>5</sup> ここでは雇用者数で比較しているが、就業者数では農業は大きなシェアをもつ。このため、就業者数と雇用者数が比例すると仮定すると、農業部門の就業者数の減少はかなり大きく、補助金シナリオにおける産業部門全体の就業者数は、現状推移シナリオのそれと比較してマイナスとなる。雇用者数においても農業部門を加えると、第一約束期間において図3-7の注に示すとおり低下する。農業部門はエネルギー集約的な産業であり、炭素制約の影響を比較的強く受ける。また、農業部門の生産関数は他の部門と同様の構造をしており、農業部門特有の生産構造は反映されていない可能性がある。こうした農業部門における生産関数の想定が、農業部門における雇用の減少を導いたと考えられることから、図3-7では農業部門を除いて図示している。ただし、図3-8においては農業部門も含めた雇用者数を示している。



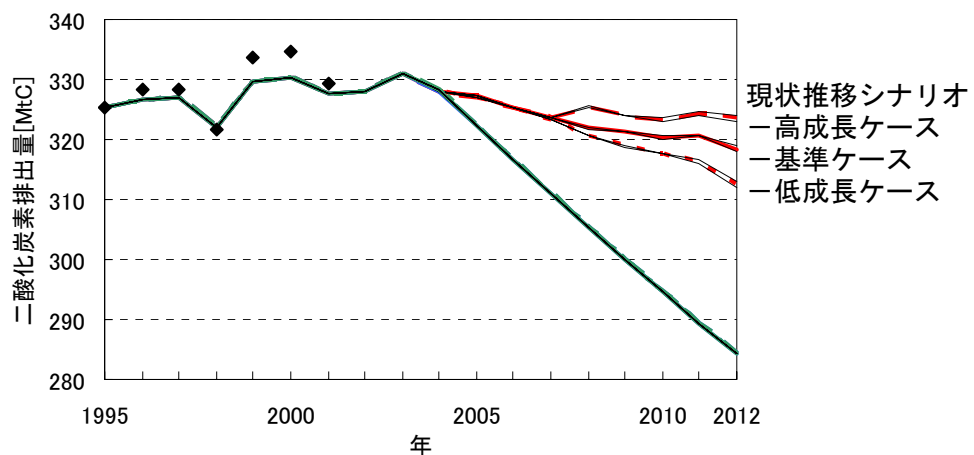
注：図中の部門名（英字3文字）は表3-1を参照。

図3-8. 第一約束期間におけるシナリオ別部門別の雇用者数

### 3. 4. 感度解析

前項の試算結果を中心に、2000年から2010年までの平均経済成長率を0.1ポイント上昇/下降させる場合（各々の平均成長率は1.5%と1.3%、2010年のGDPは約1%ずつ変化）と原子力発電所の設備容量を2010年に100万kW増加/減少させる（原子力発電の変化に伴ってガス火力発電の設備容量を変化させる）感度解析を行った。以下ではその概要を示す。

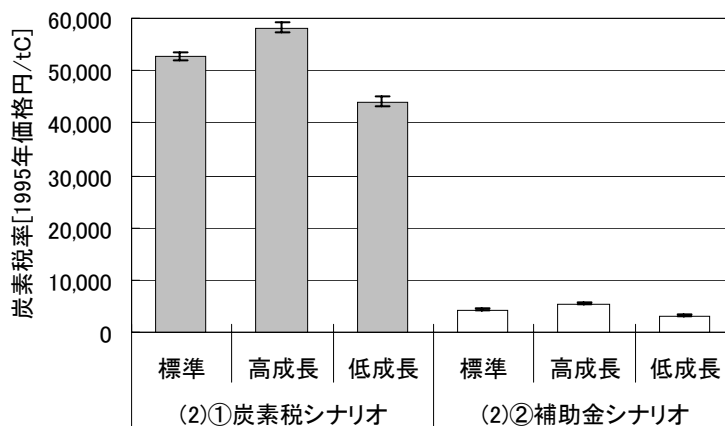
第一約束期間における二酸化炭素排出量は、高成長ケースでは+3.6MtC/年、低成長ケースでは-3.4MtC/年それぞれ現状推移シナリオと比較して変化する。また、原発推進/脱原発により二酸化炭素排出量は約0.21MtCずつ変化した（図3-9）。



注：各ケースの幅は原発の想定による排出量の幅を示す。

図3-9. 二酸化炭素排出量の推移（現状推移シナリオにおける各ケースの排出量）

次に、第一約束期間における炭素税率を、図3-10に示す。炭素税シナリオの場合、経済成長の想定により炭素税率は5,500～8,600円/tC（炭素税シナリオの基準ケースの炭素税率に対して10～16%）の範囲内で変化する（高成長の場合ほど税率は高くなる）。一方、原子力発電所の想定による炭素税率の変化は700～900円/tCの範囲となった（脱原発において税率は高くなる）。補助金シナリオの場合、経済成長の想定によって、税率の変化は約1,100円/tC（補助金シナリオの基準ケースの炭素税率に対して約25%）の範囲内にとどまる。



注：図中の I は、原子力発電の想定の変化に伴う炭素税率の幅を示す。

図3-10. 第一約束期間における炭素税率

4. 世界を対象としたトップダウンモデル (AIM/Top-down モデル) による推計

4. 1. AIM/Top-down モデルの構造

AIM/Top-down モデルは世界を 21 地域に分割し、各地域において生産活動を 9 セクタに統合した応用一般均衡モデルであり、「京都議定書発効による温暖化防止効果」など国際的な枠組みがわが国にもたらす影響を定量的に評価するために開発されたトップダウンモデルである。基準年は 1992 年であり、以下に示す価格は 1992 年価格で表示されている。図 4-1 に経済全体のモデル構造と生産構造を、表 4-1 及び表 4-2 に本モデルにおける部門と対象地域をそれぞれ示す。

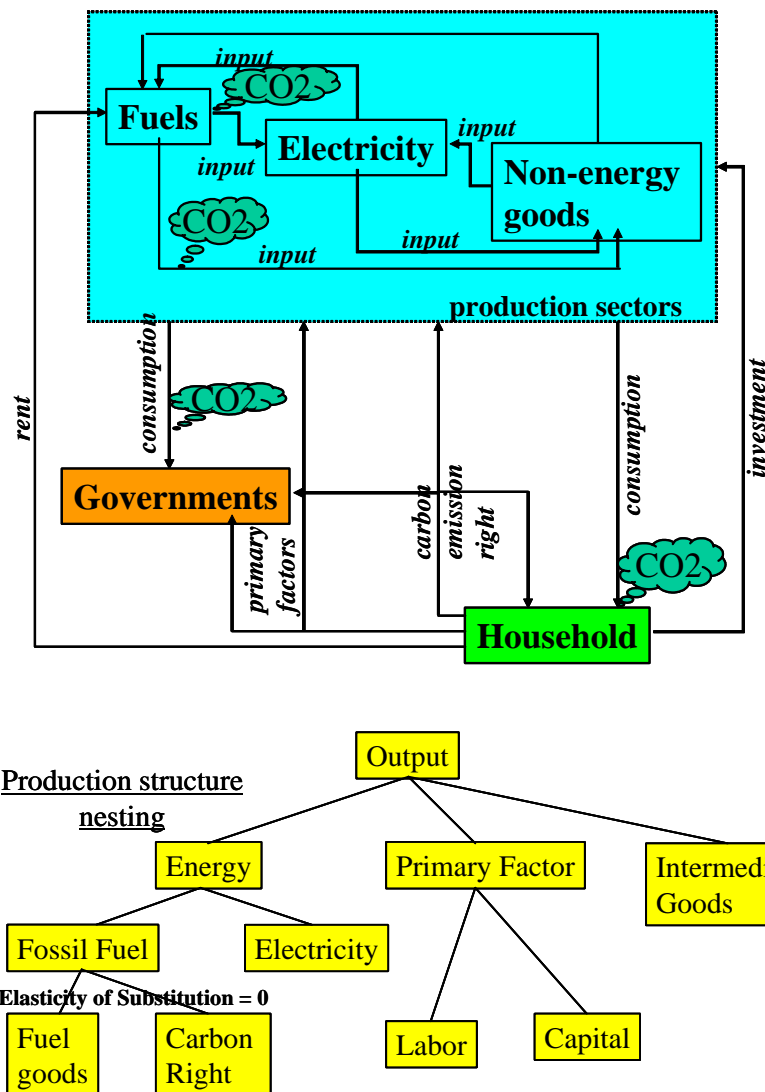


図 4-1. モデルの全体構造 (上) と生産構造 (下)



表 4 - 1. 対象部門

	code	Explanation
1	Y	Agricultures, other manufactures and services
2	COL	Coal
3	CRU	Crude CRU
4	GAS	Natural gas
5	EGW	Electricity
6	OIL	Petroleum and coal products (refined)
7	EIS	Energy intensive products
8	TRN	Transport industries
9	CGD	Savings good

表 4 - 2. 対象地域

1	JPN	Japan	12	CHN	China
2	AUS	Australia	13	IDI	India
3	NZL	New Zealand	14	IDN	Indonesia
4	USA	United States of America	15	MYS	Malaysia
5	CAN	Canada	16	PHL	Philippines
6	EUR	Western Europe	17	THA	Thailand
7	TWN	Taiwan	18	LAM	Latin America
8	KOR	Republic of Korea	19	MEA	Middle East and North Africa
9	HKG	Hong Kong	20	SSA	Sub Saharan Africa
10	SGP	Singapore	21	ROW	Rest of World
11	EEU+ CIS	Eastern Europe + Commonwealth of Independent States			

#### 4. 2. シナリオ

シナリオ作成において検討した項目は、以下の通りである。

(1) 炭素税課税時期（炭素排出量の制約（目標量）を想定する期間）

2005 年から（代替策として 2009 年から）。

(2) 米国の挙動

(2)-A 京都議定書に参加せず自国の政策に従う（2012 年の GDP あたりの二酸化炭素排出量を 2002 年のそれに対して 18%削減する）。

(2)-B 2008 年から京都議定書に参加。

(3) 豪州の挙動

(3)-A 京都議定書に参加せず自国だけで京都議定書で定められた排出量削減政策を行う。

(3)-B 2008年から京都議定書に参加。

(4) 国際排出量取引

日本、米・豪を除く AnnexB 国の購入量はベース（排出制約を課さない場合の排出量）と目標となる排出量との差分の2分の1以下。

東欧・CISの余剰分は次期にバンキング。

米・豪が参加する場合は同様に2分の1以下。

日本について、CDM（クリーン開発メカニズム）、JI（共同実施）を含まない国際排出量取引は以下の通り定める。

- ・ 購入量 0%（1990年総排出量比）
- ・ 購入量 1.6%（1990年総排出量比）
- ・ ベース（排出制約を課さない場合の排出量）と目標量の差分の2分の1以下

CDM、JIについては、別途0.8%とする。

(5) シンク

全量を想定する。

(6) 二酸化炭素以外の温室効果ガス

日本のみ地球温暖化対策推進大綱に従う（非エネルギー起源 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O は-0.5%；代替フロンは+2.0%）。

そのほかの地域は考慮せず。

このモデルでは、各年毎における二酸化炭素排出量の上限（排出目標量）、国際排出量取引での上限値が必要なため、以下の削減スケジュールを想定した。

(1) 米豪以外の AnnexB 国

2005年から削減を開始する。2005年における二酸化炭素排出量と2010年の排出目標量の差分を6年かけて等量ずつ削減していくと想定する。

(2) 米豪独自シナリオ

2005年から削減を開始する。米国は2002年におけるGDPあたりの二酸化炭素排出量を、2012年に18%削減させるため、2005年から2012年までの8年間において同じ比率でGDP集約度を削減させていくと想定する。豪州は2005年における二酸化炭素排出量と2010年の排出目標量の差分を6年かけて等量ずつ削減していくと想定する。

(3) 米豪独自シナリオ+2008年京都議定書参加

2005年から2007年まで上記の独自シナリオに従う。2008年から京都議定書に復帰し、国際排出量取引（1/2の割合）にも参加する。

以上の項目から、二酸化炭素排出量の制約を想定しないBaUシナリオと表4-3に示す4つのシナリオを想定した。

表4-3. 想定したシナリオ（すべてのシナリオにおいて2005年より排出削減を開始）

	米豪挙動	日本における排出量取引
米豪独自+炭素取引無	独自政策+国際排出量取引無	なし
米豪独自+日本1.6%	独自政策+国際排出量取引有（BaUの排出量と排出目標量の差分の2分の1）	1990年比の1.6%
米豪復帰+日本1.6%	2007年まで独自政策、2008年から京都復帰+国際排出量取引有	1990年比の1.6%
米豪独自+日本1/2	独自政策+国際排出量取引有	BaUの排出量と排出目標量の差分の2分の1

#### 4. 3. 結果

2010年までの経済への影響（炭素税、GDP、国内産業の生産量の変化など）について推計を行った。結果を図4-2～5に示す。

日本における炭素税率は、国際排出量取引を行わない場合で約350\$/tCとなる。1990年比1.6%（約4MtC）の国際排出量取引を行う場合、炭素税率は50\$/tC程度減少し、300\$/tCとなる。さらに、BaUケースと排出目標量との差分の2分の1の国際排出量取引が認められることで、炭素税率は150\$/tC程度にまで減少した。本モデルは日本モデルが単純化されているため、炭素税の税収を補助金に還元するケースのシミュレーションは行えない。

なお、米豪が独自政策を行う場合、国際排出量取引が行われると、AnnexB国の炭素税率は低下し、東欧・CIS地域内における炭素税率はHot airのため0\$/tCとなる。米豪復帰ケースでは、米国の炭素税率が約3倍に上昇し、国際排出量取引市場における需要の拡大により、炭素量を供給する東欧・CIS地域内にも炭素税率が発生した。豪州は国際炭素取引に参加しないと炭素税率が300\$/tC程度、参加するとその半分以下の約130\$/tCに抑えることができる。

GDPの変化を比較すると、日本の二酸化炭素削減に伴う経済影響はどのシナリオも0.5%以下となった。技術選択モデルや国内トップダウンモデルに比べて経済的影響が大きめに推計されている主たる理由は、モデルの単純化のために産業部門を詳細に分割しておらず、課税の影響を緩和するための産業部門間の調整過程が適切に表現できないことと、電力部門が1つに集約されているため、石炭火力から天然ガス火力といった発電のシフトが再現できないことがあげられる。

なお、米豪復帰シナリオで東欧・CISのGDPが約3%増加しているのは、米国による二酸化炭素の購入量が増加するためである。

日本国内の各産業の生産量の変化を比較すると、全体的にみて、京都議定書の目標達成による生産量への影響は軽微である。大きな影響が予想されるエネルギー集約産業（鉄鋼・化学・セメント・紙パルプ）でさえ、その影響は1.5%以下にとどまる。その他の産業については影響はほとんどみられない。唯一の例外は、エネルギー関連産業（石炭、石油精製、ガス、電力）であり1.5%から30%の生産量を減少させる可能性はあるが、わが国の経済全体に占める割合からみてその波及影響は小さい。以上の分析結果と、先に述べた技術選択及び国内トップダウンモデルの補助金との組み合わせの効果を勘案すれば、京都議定書の目標達成によるわが国の産業の国際競争力に及ぼす影響は全体的に軽微であり、配慮すべ産業はごく一部に限られるといえる。

なお、炭素制約のない地域ではエネルギー集約産業の生産量は一般的に増加する。ただし、米豪復帰シナリオにおける東欧・CIS 地域は、二酸化炭素の売却量を増加させるため、エネルギー集約産業の生産量を減少させる。豪州は国際炭素取引に参加しないとエネルギー集約産業の生産量が 8%程度減少する。

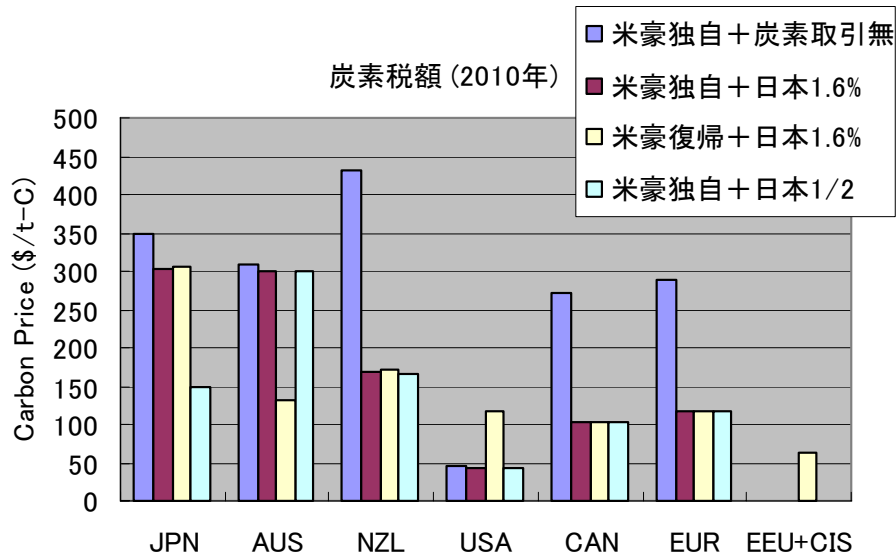
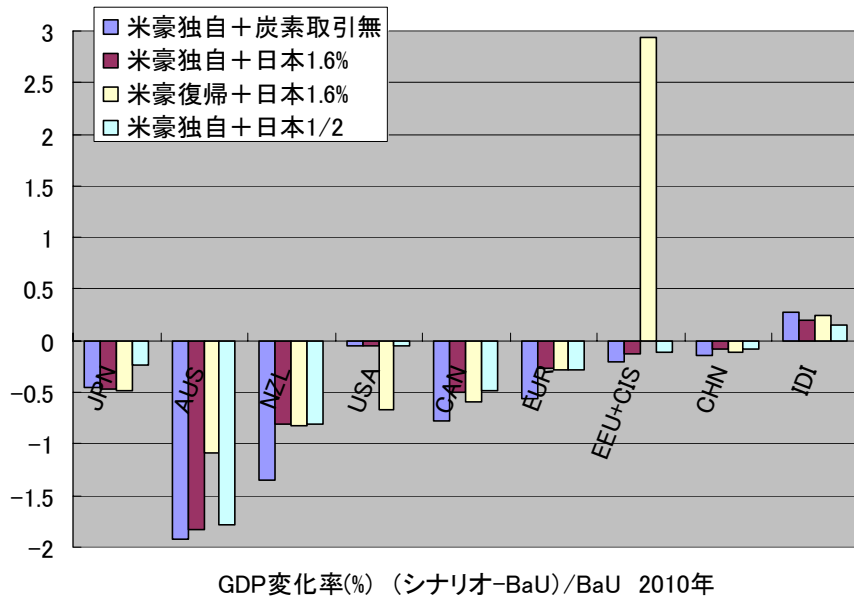


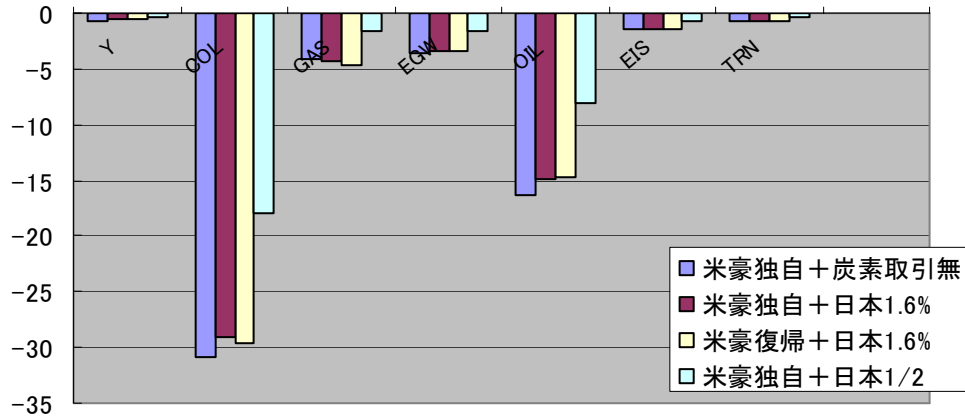
図 4 - 2. 地域別の炭素税率 (2010 年)



注：EEU+CIS では、米豪復帰ケース以外の各ケースにおいて、この地域からの排出量と売却される排出量の合計が割当排出量を下回る。

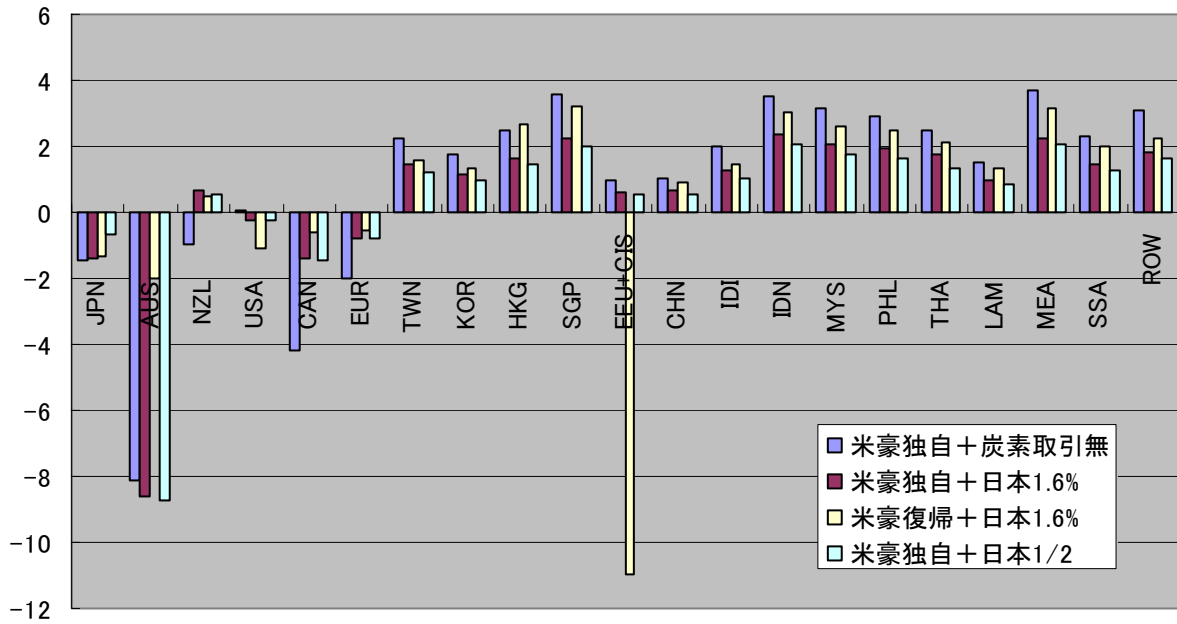
Banking で 100\$/tC で取引できると想定すると、米豪独自+日本 1.6% ケースで 1.0%、米豪独自+日本 1/2 で 0.6%、それぞれ BaU ケースと比較して GDP が増加する。

図 4 - 3. 地域別の GDP 変化率 (対 BaU シナリオ、2010 年)



生産量の変化率(%) 2010年、日本、対BaU

図4-4. 生産額の変化率 (対 BaU シナリオ、2010 年、日本)



エネルギー集約産業の競争力変化(%) 2010年 対BaU

図4-5. エネルギー集約産業の生産量変化 (対 BaU シナリオ、2010 年)

## 5. 試算結果のまとめ

3つの異なるモデルを用いた試算結果から、以下のことが明らかとなった。

- (1) 炭素税のみで地球温暖化推進大綱の達成計画を実現する場合、約 45,000 円/tC の炭素税率になるのに対して、補助金で還流する場合には約 3,400 円/tC の税率で十分である。この低い税率でもインセンティブ効果は認められる。
- (2) 二酸化炭素排出量の削減がわが国経済に及ぼす影響は、炭素税のみの場合は第一約束期間において平均 0.16%であるのに対して補助金導入の場合は 0.061%にとどまる。補助金政策の導入により多くの部門で生産活動を回復させることが可能となる。
- (3) 経済成長の想定及び原子力発電の想定に関する感度解析から、炭素税のみで二酸化炭素排出量の削減を実現する場合には、必要となる炭素税率の変化の可能性は 16%以下にとどまる。
- (4) 国際市場を考慮しても、最も影響が大きく出ると予想されるわが国のエネルギー集約産業の生産額の減少は、単純炭素税の導入の場合でも 1.5%以下であり、他の 2 つのモデルのシミュレーション結果を合わせて考察すると、補助金を導入した場合においては国際競争力への影響は軽微であると推測される。