

JCER DISCUSSION PAPER

No.127

JCER 環境経済マクロモデルによる炭素税課税効果の分析

猿山 純夫、蓮見 亮、佐倉 環

2010年4月

公益社団法人 日本経済研究センター
Japan Center for Economic Research



JCER 環境経済マクロモデルによる炭素税課税効果の分析

猿山純夫⁽¹⁾、蓮見亮⁽²⁾、佐倉環⁽³⁾

2010年4月

要旨

本稿は、08年度の地球温暖化問題に関する懇談会の下に設置された「中期目標検討委員会」での分析に使用したJCER環境経済マクロモデルについて、その後改良も含めてその構造を詳細に説明するとともに、同委員会では行わなかった炭素税課税効果を試算したものである。

2011年度にCO₂1トン当たり1,000円、税率を20年度に同10,000円まで高めるような炭素税を導入すると、BaU（Business as Usual、自然体の成長シナリオ）では90年比1.2%増を見込む20年度のCO₂排出量は▲5%前後まで減少、20,000円まで高める場合には約▲8%まで削減が進む。

経済に対しては、(1)炭素課税が物価上昇をもたらす内需を抑制する(2)国産品が割高となり輸出を押し下げ——といった影響がでる。ただし、炭素税収の用途によって、影響には差が生じる。税収を全額政府支出に充てた場合は、民需抑制効果よりも、政府支出増加という需要増が大きく、実質国内総生産（GDP）はBaUを上回る。社会保険料の減額に回す場合は、消費がBaUを上回るものの、実質GDPはBaU比でやや悪化する。

なお、今回のシミュレーション試算の前提となるシナリオ設定は環境省の依頼によるもので、その現実性、妥当性については別途、検証が必要である。

キーワード：日本の温暖化対策、マクロ計量モデル分析、温室効果ガス削減の中期目標

※別紙（付録）として「JCER環境経済マクロモデル・方程式及び変数一覧」

⁽¹⁾ 日本経済研究センター主任研究員

⁽²⁾ 日本経済研究センター研究員

⁽³⁾ 日本経済研究センター研究員

1. はじめに

温暖化ガスの中期的な削減目標をどう設定するのか。09年6月に麻生内閣（当時）は、同年末のCOP15（第15回気候変動枠組み条約締約国会議）に向け、05年比15%減（90年比8%減）という目標を表明した。この後、9月に発足した民主党政権はこれを覆し、マニフェスト（政権公約）に沿って90年比25%減を打ち出した。この傍ら、温暖化ガス削減が経済社会に与える影響は、08年度の「中期目標検討委員会」（地球温暖化問題に関する懇談会の下に設置。以下中期委員会）と、09年度の「地球温暖化問題に関する閣僚委員会 タスクフォース会合」（以下温暖化タスクフォース）で検討されてきた。当センターは、両検討会でのモデル試算や議論に参加してきた。両検討会でのモデル分析のうち、応用一般均衡モデル（CGEモデル）によるものについては、詳細を武田他（2009）、川崎他（2009）で公表した。マクロ計量モデルによる分析については、中期委員会の資料という形で一部を公表していたが、本稿は、その後改良も含めてその構造を詳細に説明するとともに、環境省からの依頼を受け、同委員会では行わなかった炭素税課税効果を試算したものである。

本稿の構成は以下の通りである。第2節ではJCER環境経済マクロモデルの概要を述べる。第3節で炭素税課税シミュレーションの仮定と結果を示す。第4節では結果の解釈に関して留意すべき点に言及する。第5節は結びである。分析に用いたモデルの方程式及び変数一覧は別紙（付録）に掲げた。

2. JCER 環境経済マクロモデルの概要

2.1. モデルの基本的な構造

本モデルは、需要項目を足し上げたものが総生産を決めるという需要主導型のマクロ計量モデルである¹。ただ、需要側だけではなく、資本、労働などを基に生産関数を推計して潜在GDPを定義し、需要側GDPとの差額から需給ギャップを把握する構造になっている。方程式数は約220本、うちエネルギー関係は約60本である。推計期間は、原則として1980年代初めから直近までとした。エネルギーは70年代初めから推計している。90年代以降日本経済は構造変化しているのでは、との指摘もあるが、本モデルでは、構造が変わったと最初から考えるのではなく、企業が過剰な債務や雇用を背負っていたから、行動が変わり、デフレ・低成長になったと考え、それを内生的に描写するよう努めている。

本モデルの枠組みは08年度の中期目標検討委員会で用いたマクロモデルを基礎としているが、直近まで入手可能な新しいデータを加えて全推計式の再推計を行ったほか、

¹ 他のマクロ計量モデルとしては、内閣府の「経済財政モデル」や日本銀行の「ハイブリッド型日本経済モデル」（一上他（2009））、日本エネルギー経済研究所（エネ研）の「エネ研日本モデル」などが挙げられる。蓮見（2008）、蓮見（2009）はJCER環境経済マクロモデルに類似するモデルによる雇用、財政の分析例である。

特にエネルギー部門については、(i)最終需要部門を拡充、(ii)電力、ガス、燃料油などの価格（企業物価、消費者物価）を個別に推計し、それを基に物価指数を計算、などの拡充を施した。また、(iii)試算のベースラインとなる BaU（自然体）ケースについては、中期委員会やタスクフォースで共通に用いていたものに代え、直近の経済金融危機の影響などを織り込み、本作業のために推計し直した。

2.2. モデルの構造の詳細

実質 GDP は、家計の消費や企業の設備投資、政府支出、輸出入などを合わせたものとして決まる（通常の恒等式）。日本経済全体の供給能力（潜在 GDP）を資本、労働、エネルギーを基本要素とする生産関数で推計する。実質 GDP と潜在 GDP は必ずしも一致せず、需給ギャップ（GDP ギャップ）が生じる構造となっている（図表 1）。

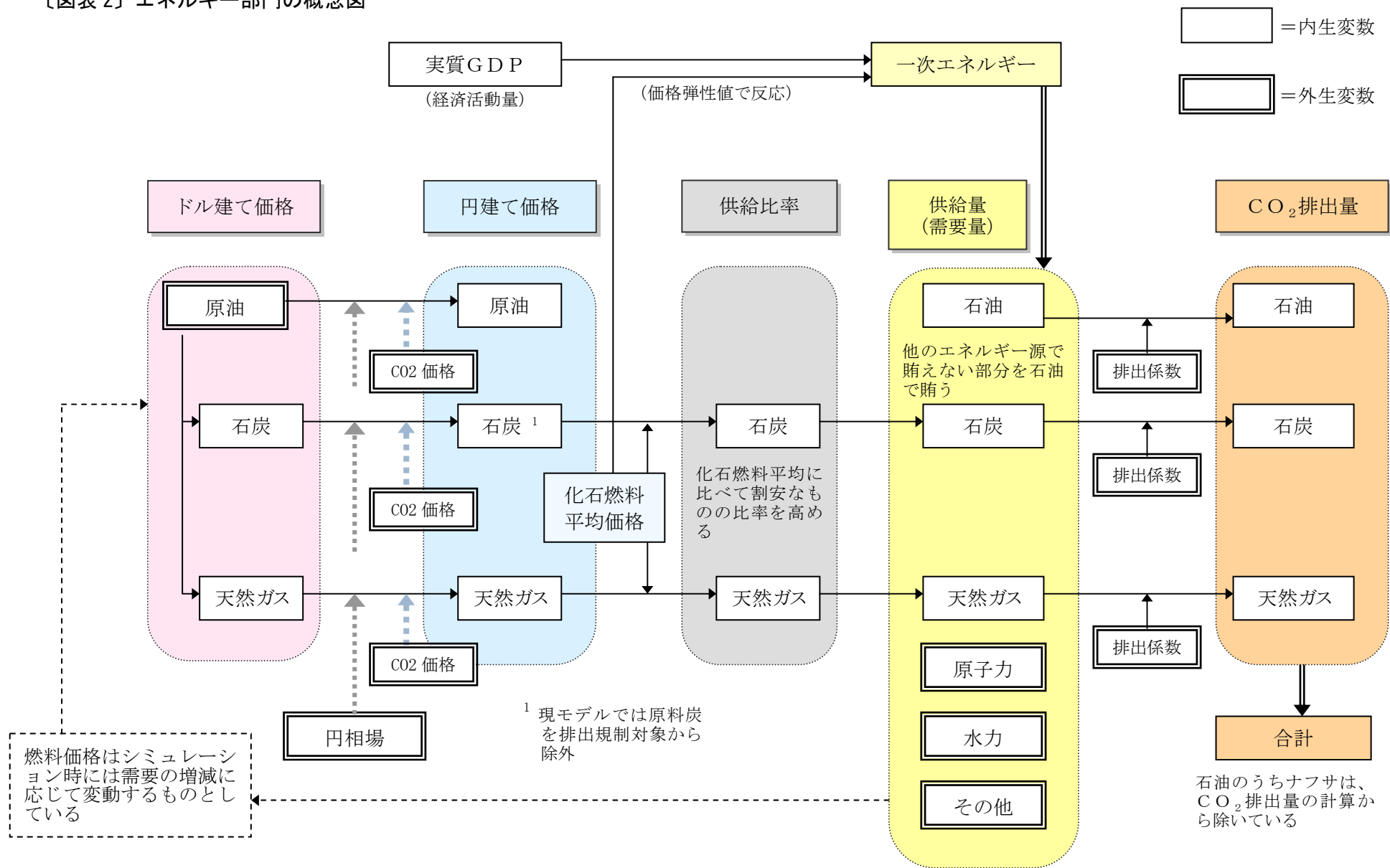
需給ギャップは、賃金・雇用、設備投資、金利・資産価格等の調整を通じて徐々に解消される。賃金・雇用面では、企業が、期間収益（フロー）とバランスシート（ストック）を勘案して調整する。前年までの労働分配率が高いと雇用や賃金を抑制し、また企業の長期債務比率が高いと賃金を抑制し、人件費負担を抑えていく。資産（現預金、株式・土地、設備）に対し、企業の長期債務の比率が高いと、キャッシュフローのうち設備投資に振り向ける比率を落とす。債務返済を優先し、バランスシートの修復に努める。企業が債務返済を優先すると（IS バランスが貯蓄超過になると）金利（長期金利）が低下する。株価と地価は全体的な需給ギャップ（GDP ギャップ）や金利に反応する。こうした調整は徐々に進行し、数年間にわたってショックの影響が尾を引く。このため、後述の一般均衡モデル（CGE モデル）に比べて、負の影響が大きめにしやすい。

個人消費については、家計の実質所得に依存しつつ、株・土地の値上がりが消費意欲を高めるという資産効果を加味している。輸出入は、内外の景気要因に加え、価格面での競争条件に左右される。国産品が割高なら輸出は伸びにくく、輸入は伸びやすい。

エネルギー関連は主に一次エネルギーベースでモデルに組み込んでいる（図表 2）。GDP やエネルギー価格から全体のエネルギー需要が決まる一方、利用する燃料としては石油・石炭・天然ガスのうち相対的に安価なもののウエートが高まる仕組みになっている。CO₂価格が上昇すると、石炭が割高となり、天然ガスへのシフトが起きる（ただし需要が増えた燃料は値上がりし、シフトを幾分相殺）。原子力は供給水準を外生値として固定。CO₂価格が動くと、結果として燃料別の供給比率が変動する。CO₂排出量は、一次エネルギーと燃料構成比によって決まるという単純な構造をとっている。

最終エネルギー需要は、産業、家庭、業務、運輸別に推計式を設けている。「運輸」はさらに、自動車とその他、自動車をさらに保有台数、1台あたり走行キロ、平均燃費のように分割した。ただ、今回のモデルでは、いずれも CO₂や他の変数に影響を及ぼさない（フィードバックしない）参考指標の位置付けにとどめている。

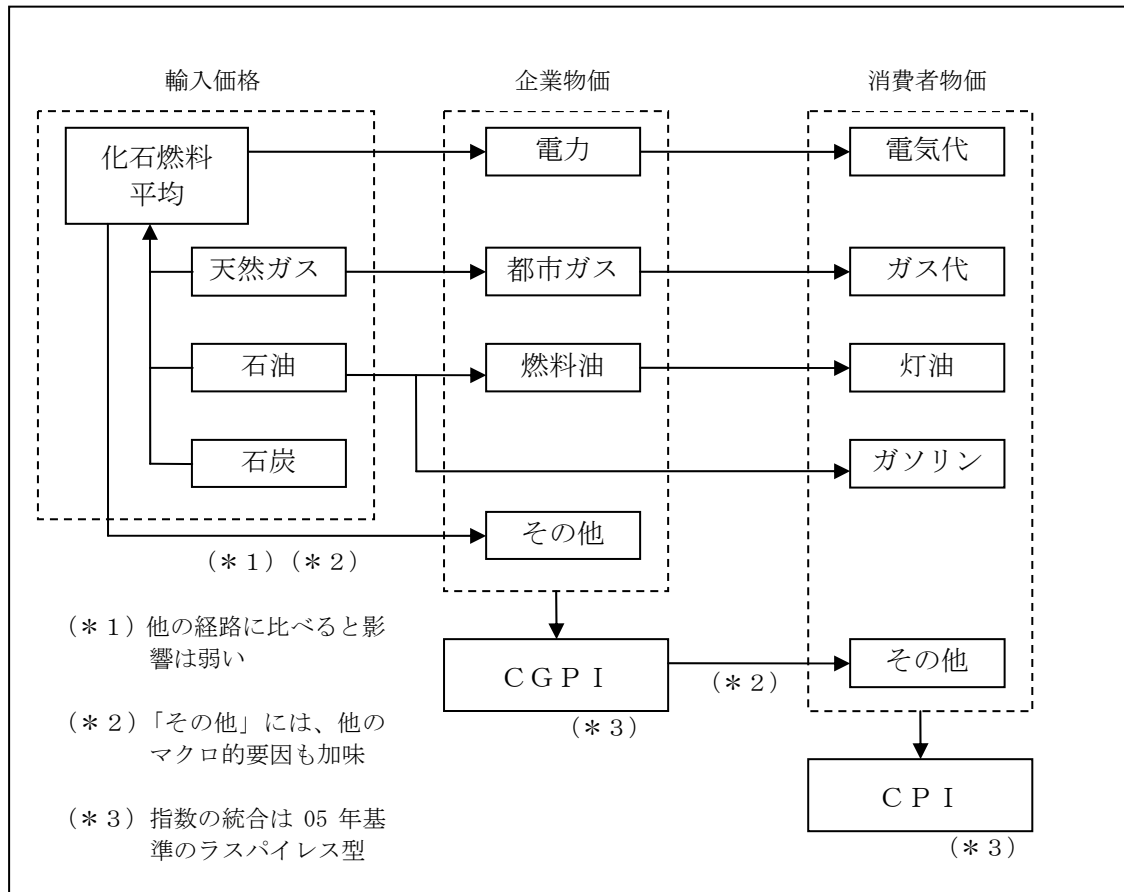
〔図表 2〕 エネルギー部門の概念図



エネルギー価格は、企業物価指数のうち電力、都市ガス、燃料油、消費者物価指数のうち電気代、ガス代、灯油、ガソリンなど、化石燃料価格の影響を受けやすい物価指数を個別に推計した。全体としての企業物価指数、消費者物価指数は、「エネルギーを除くその他」を含め、ボトムアップ型で集計する（図表3）。

エネルギー関係の推計期間は、相対価格が大きく動いた70年代からとした。90年代以降は、ここ数年を除くと資源価格があまり大きく動いておらず、価格変動がエネルギー需要や燃料シフトに及ぼす影響を適正に評価できない恐れがある。むしろ、エネルギー価格が大きく動くケースを試算するには、70年代のデータを加えた方がよいと判断した。

〔図表3〕 エネルギー関連価格の波及経路



2.3. 他のモデルとの違い

中期委員会では、日経センターを含む各機関により、経済モデルとしてマクロ計量モデルのほか応用一般均衡モデル（CGE モデル）による試算が行われた²。また、経済モデル以外のモデルとして、技術モデルによる試算も行われた。この節では、JCER 環境経済マクロモデルを含むマクロ計量モデルと、CGE モデル、技術モデルとの構造の違いについて簡単に触れておく。

応用一般均衡モデル（CGE モデル）とは、与えられた経済の中で、家計や企業といった経済主体がどのように行動し、おのおのの行動の調和（均衡）が、市場においてどのように達成されるかを描写する³。その際、家計の行動は自らの効用最大化に、そして、企業の行動は自らの利潤最大化に動機付けられているものと想定する。家計や企業の数は1つずつでなくてもよく、特に企業部門は多部門化されていることが普通である。各部門の最適化行動の結果として、財・サービスのほか資本・労働といった生産要素の需要（関数）と供給（関数）が導き出される。さらに、CGE モデルでは、それぞれの財・サービスや生産要素の市場において、需要量と供給量が常に一致していることを仮定する。このとき重要な役割を果たすのが価格メカニズムである。需給が一致するように価格が調整され（たとえば、超過需要があれば価格が上昇し）、市場均衡が達成される。CO₂削減の分析では、例えば炭素税に課税した場合に家計や各生産部門にどのような行動の変化が生じ、その結果として市場均衡点がどこに移動するかを描写する。

CGE 分析を行うには、投入、生産、消費、投資、政府支出、輸出入等がベンチマークデータ（基準データ）として必要になる。このベンチマークデータにはある時点での産業連関表を拡張した社会会計表を用いることが多い。弾性値パラメータは、先行研究等を参考に外生的に与える場合がほとんどである。

CGE モデルが常に市場が均衡した状態にあると仮定するのに対し、マクロ計量モデルでは必ずしも市場が均衡した状態にあるとは仮定しない。マクロ計量モデルの枠組みでは、不均衡は物価、賃金、雇用などを介して徐々に調整されていく。また、必要なデータ及びパラメータの設定方法も異なる。CGE モデルでは一時点のデータのみ必要で、弾性値パラメータは推計によらず外生的に与えることがほとんどであるのに対し、マクロ計量モデルではショックが加わった時の影響を、過去一定期間の時系列データから計測した平均的な弾性値から推計する。

CO₂削減の分析には、経済モデル（マクロ計量モデル、CGE モデル）のほか、技術モデルもしばしば用いられる⁴。技術モデルは産業設備あるいは民生機器別の詳細なエネ

² 中期目標検討委員会での試算に用いられたモデルの中では、上述の日本経済研究センターCGE モデル（武田他（2010））ほか、国立環境研究所（国環研）のモデル（AIM/CGE モデル）と慶應義塾大学産業研究所の野村准教授のモデル（KEO モデル）がCGE モデルに該当する。温暖化タスクフォースではCGE モデルによる試算のみ行われた。

³ ここでの記述は、細江他（2004）を参考にした。

⁴ 中期目標検討委員会では、世界モデル（技術積み上げ型）として国環研及びRITEのモデルが、

ルギー効率や費用情報をもとに、所定の温室効果ガス削減に必要な技術の組み合わせや限界削減費用を導くモデルである⁵。導入に適した技術を、コスト最小化や、場合により立地の可能性といった定性情報も加味して選択する。積み上げ（ボトムアップ）モデルともいわれる。CO₂削減は技術進歩に依存する度合いが大きいため、技術を明示的に織り込めるのは大きな利点であり、「どんな技術をどの程度導入する必要があるか」といった絵を描きやすい。

技術モデルでは、投資をどちらかといえばコストとして把握するため、投資財を売る企業には収益機会になるという側面が十分に考慮できない面がある。経済モデルは積み上げモデルほどの詳細な技術情報を持たない代わりに、投資の裏側には機器メーカー（投資財産）の売り上げがあり、それが関連企業の生産や雇用を増やすかもしれないという側面が考慮できる。そのために、産業別の投入・産出構造を織り込んだCGEモデルも併用されることが多い。

マクロ計量モデルは、産業別の構造は織り込みにくい、支出と所得の両面を把握するという経済モデルの特性は備えている。また、CGEモデルに比べて予測向きの分析ツールであり、足元から5年後、10年後に向けての経済情勢を連続的に描くという用途に向いている。このため、政府でも経済財政見通しの策定にマクロ計量モデルが用いられている。

2.4. モデルの留意点

本モデルによる分析には、多くのマクロ計量モデルに共通する性質に起因するいくつかの留意点がある。

第1に、本モデルには「産業」や「技術」の要素がない。基本的に「マクロ」のモデルであり、CGEモデルや産業連関表のように、産業別の生産（投入産出）構造は存在していない。同様の理由により、「技術」を表すような要素もない。どれだけCO₂を削減できるかは、エネルギー多消費産業や、エネルギー供給産業の生産構造に依存している面も大きいと考えられ、そうした側面に十分目配りができていない点は留意を要する。ただし、エネルギー需要をブレークダウンしていくと、「原単位×数量（活動量）」のように分解できるため、技術情報を原単位という形に置き換えることができれば、ある程度技術の要素を織り込める可能性もある。

第2に、結果がデータに大きく依存する。土台となるデータセットを更新した場合、式の再推計や説明変数の選択によって、式のパラメータが動き、結果としてシミュレーション結果が大きく変わることがある。モデルの挙動はデータとともに常に変化してい

日本モデル（技術積み上げ型）として国環研及びエネ研のモデルが試算に用いられた。

⁵ 限界削減費とは、追加的に温暖化ガスを一定量（通常は1トン）削減するのに必要な費用のこと。例えば「CO₂を10%削減する場合の限界削減費用が1万円」というのは、削減費用が1万円以下の技術をすべて導入すると、削減量が全排出量の10%になることを意味する。

くことに留意が必要である。

第3に、解の「経路」に注意が必要である。マクロモデルは、基本的に「動学」のモデルであり、予測やシミュレーション結果は時間とともに変化していく。調整経路としては、需給ギャップから価格へという経路のほか、労働分配率から賃金・雇用へ、企業の債務比率から設備投資・賃金へといったように、様々なものが存在し得る。このため、シミュレーション解が描く「経路」に注意する必要がある。特定時点の結果だけを見るのは危険な場合がある。

3. 炭素税課税シミュレーション

3.1 BaU（自然体）ケースの設定

シミュレーションに先立ち、2010年2月現在利用可能なデータや経済環境を踏まえて、標準的と思われる見通しをモデルで設定した。BaUとは、Business as Usualの略称であり、BaUケースとは、対策を実施しなかった場合にどうなるかの見通しを示すものである。温暖化対策のシミュレーションでよく用いられる用語であり、基準ケースとも言い換えられる。BaUケースの主な仮定（外生変数）は図表4の通りである。

予測期間は、2009年度～2020年度である。図表5に、BaU（自然体）ケースの予測見通しを示した⁶。2009年3月時点の中期委員会での試算（BaUケース）では、2020年のCO₂排出量は90年比5.0%増だったのが、今回の再推計では金融危機に伴う景気後退のため、1.2%増と低めの見通しに抑えられる。実質GDPの成長率は2011年度～2020年の10年間の平均で年率1.3%、潜在GDPの成長率は平均で年率0.8%と実質成長率が潜在成長率を上回るため、2010年度時点で5.5%あるGDPギャップは徐々に縮小していく形になる。ただし、予測期間を通じてGDPギャップはゼロを下回るため、消費者物価指数の10年間の平均伸び率は▲0.5%にとどまる。名目GDP及び名目賃金はほぼ横ばいであり、実質賃金の平均伸び率は0.3%にとどまる。

3.2 シミュレーションの仮定

炭素税課税シミュレーションのシナリオとして、以下の3通りを設定する⁷。

【シナリオⅠ】炭素税課税1,000円シナリオ

2011年度を1,000円/t-CO₂とし、2020年度まで1,000円/t-CO₂を課税する

【シナリオⅡ】炭素税段階課税10,000円シナリオ

2011年度を1,000円/t-CO₂とし、2020年度で10,000円/t-CO₂まで段階的に課税を重課する

⁶ 2005～2020年の実質GDP成長率は、12.3%（年平均0.8%）であり、2020年度のCO₂排出量（05年比）は▲9.5%である。

⁷ シミュレーションのシナリオ設定は環境省の依頼によるものであり、シナリオそのものの現実性、妥当性は別途検証する必要がある。

【シナリオⅢ】炭素税段階課税 20,000 円シナリオ

2011 年度を 2,000 円/t-CO₂とし、2020 年度で 20,000 円/t-CO₂まで段階的に課税を重課する

わが国では国内での化石燃料の産出がほとんどないため、輸入段階において炭素税が課税されるものと仮定する⁸。

さらに、各シミュレーションシナリオにおける炭素税の用途について以下の 3 ケースを仮定する。

【ケース A】「政府支出」（今回は政府消費）に 100% 充当

【ケース B】「社会保険料の減額」に 100% 充当

【ケース C】「政府支出」と「社会保険料の減額」で折半

A. 政府支出ケースでは、炭素税収の全額を政府支出として追加的な需要に充てるものとする。具体的な用途については特に限定しない。B. 社会保険料減額ケースでは、炭素税収の全額を社会保険料（年金・健康保険料等）の減額に充てるものとする。労使折半される場合には、労使折半前の総額から保険料を減額するため、労使の負担比率は一定と仮定することになる。C. 折半ケースでは、炭素税収の半分を政府支出に充て、残りの半分を社会保険料の減額に充てるものとする。シミュレーションのパスとしてはケース A とケース B の中間を描くことになる。いずれのケースでも、炭素税収は政府債務の返済には充てられない。

〔図表 4〕BaU（自然体）ケースの主な仮定

| | |
|------|--|
| 資源価格 | 原油は 2020 年で 1 バレル 121 ドル（名目価格）。中期目標検討委員会での想定と同じ。 |
| 原子力 | 発電能力が 2020 年で、05 年比 1.44 倍（量的な水準を固定）。中期目標検討委員会での想定と同じ。 |
| 海外経済 | 米国は 2010 年以降 2.1% 成長、中国は徐々に減速、2010 年度 9.0%、2015 年度以降 6.5% 成長。 |
| 人口 | 国立社会保障・人口問題研究所の中位推計に準拠。 |
| 労働力 | 労働力人口は内生変数で、失業率が高まる不況期には、労働市場からの退出が増え、伸び率が低下するものと想定。 |
| 財政 | 政府支出（公共投資、政府消費）は名目成長率にやや遅れて増加（内生）。 |
| 為替相場 | 円相場は 1 ドル=100 円前後から米国とのインフレ格差を反映して円高へ。2020 年で 1 ドル 82 円程度と想定。 |
| 金融 | 本モデルには直接的に金融政策を表す変数はない。長期金利（10 年物国債利回り）が、インフレ率や資金需要（企業の I S バランス）を反映して動くものとしている。 |

⁸ 既存の揮発油税等については、税率がそのまま維持されるものとする。

〔図表 5〕 BaU（自然体）ケースの予測数表

| | | — 年度 — | | | | | — 平均伸び率 — | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2020 | 1991 ~2005 | 2006 ~2010 | 2011 ~2020 | 2006 ~2020 |
| （・は外生変数） | | | | | | | | | | |
| ＜GDP・所得＞ | | | | | | | | | | |
| 実質GDP | （兆円） | 453.6 | 505.6 | 540.0 | 532.1 | 606.6 | 1.2 | -0.3 | 1.3 | 0.8 |
| 名目GDP | （兆円） | 451.7 | 504.1 | 503.2 | 472.1 | 470.4 | 0.7 | -1.3 | 0.0 | -0.4 |
| 消費者物価指数 | （00年=100） | 93.0 | 100.0 | 97.9 | 96.4 | 92.1 | 0.3 | -0.3 | -0.5 | -0.4 |
| 民間法人所得 | （兆円） | 38.4 | 46.1 | 51.0 | 41.4 | 49.8 | 1.9 | -4.1 | 1.9 | -0.2 |
| 1人当たり賃金 | （万円） | 408.6 | 431.8 | 412.1 | 382.7 | 376.5 | 0.1 | -1.5 | -0.2 | -0.6 |
| 1人当たり賃金（実質） | （万円） | 439.2 | 431.8 | 420.8 | 397.0 | 408.9 | -0.3 | -1.2 | 0.3 | -0.2 |
| ＜人口・労働・資本＞ | | | | | | | | | | |
| ・人口 | （万人） | 12361 | 12693 | 12777 | 12730 | 12286 | 0.2 | -0.1 | -0.4 | -0.3 |
| ・労働力人口 | （万人） | 6414 | 6772 | 6654 | 6547 | 6188 | 0.2 | -0.3 | -0.6 | -0.5 |
| 失業率 | （％） | 2.1 | 4.7 | 4.3 | 5.0 | 4.2 | 3.8 | 4.5 | 4.5 | 4.5* |
| 純資本ストック | （兆円） | 391 | 551 | 584 | 608 | 668 | 2.7 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| 潜在（平均）GDP | （兆円） | 431.4 | 519.3 | 543.7 | 563.0 | 611.8 | 1.6 | 0.7 | 0.8 | 0.8 |
| GDPギャップ | （％） | 5.1 | -2.6 | -0.7 | -5.5 | -0.9 | -1.4 | -2.9 | -2.5 | -2.6* |
| ＜貿易・国際収支＞ | | | | | | | | | | |
| ・対ドル円レート | （ $F_{\$/\text{円}}$ ） | 141.3 | 110.5 | 113.3 | 95.0 | 81.7 | -1.5 | -3.5 | -1.5 | -2.2 |
| ・米国・実質GDP | （10億 $F_{\$/}$ ） | 8034 | 11226 | 12638 | 13157 | 16039 | 3.1 | 0.8 | 2.0 | 1.6 |
| 実質世界輸出 | （10億 $F_{\$/}$ ） | 3052 | 6491 | 8769 | 10022 | 14216 | 7.3 | 2.7 | 3.6 | 3.3 |
| 経常収支（GDP比） | （％） | 1.2 | 2.5 | 3.8 | 3.6 | 3.3 | 2.6 | 3.8 | 3.7 | 3.7* |
| ＜1次エネルギー需要＞ | | | | | | | | | | |
| 合計 | （Mtoe） | 486 | 559 | 563 | 543 | 550 | 1.0 | -0.7 | 0.1 | -0.2 |
| 石油 | （Mtoe） | 284 | 289 | 281 | 233 | 180 | -0.1 | -3.7 | -2.6 | -2.9 |
| 石炭 | （Mtoe） | 81 | 100 | 115 | 122 | 142 | 2.4 | 1.2 | 1.5 | 1.4 |
| 天然ガス | （Mtoe） | 49 | 73 | 79 | 105 | 122 | 3.2 | 5.9 | 1.5 | 3.0 |
| ・原子力 | （Mtoe） | 46 | 69 | 64 | 59 | 83 | 2.3 | -1.5 | 3.3 | 1.7 |
| ・水力 | （Mtoe） | 21 | 19 | 17 | 17 | 18 | -1.2 | -0.1 | 0.4 | 0.2 |
| ＜1次エネルギー・構成比＞ | | | | | | | | | | |
| 石油 | （％） | 58.3 | 51.8 | 49.9 | 43.0 | 32.7 | 53.6 | 46.2 | 36.3 | 39.6* |
| 石炭 | （％） | 16.6 | 17.9 | 20.4 | 22.4 | 25.8 | 17.8 | 21.6 | 24.3 | 23.4* |
| 天然ガス | （％） | 10.1 | 13.1 | 14.0 | 19.3 | 22.2 | 12.1 | 17.3 | 22.0 | 20.4* |
| 原子力 | （％） | 9.4 | 12.4 | 11.4 | 11.0 | 15.0 | 11.5 | 10.6 | 13.1 | 12.2* |
| 水力 | （％） | 4.2 | 3.4 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.7 | 3.2 | 3.2 | 3.2* |
| ＜CO ₂ 排出量＞ | | | | | | | | | | |
| 合計 | （MtCO ₂ ） | 1059 | 1167 | 1203 | 1111 | 1074 | 0.9 | -1.6 | -0.3 | -0.8 |
| 同・90年GHG比 | （MtCO ₂ ） | 0.0 | 8.5 | 11.4 | 4.1 | 1.2 | 6.2 | 7.5 | 2.4 | 4.1* |
| 同・05年GHG比 | （MtCO ₂ ） | | -2.7 | 0.0 | -6.8 | -9.5 | | -3.7 | -8.4 | -6.8* |
| ＜燃料価格（ドル建て・名目）＞ | | | | | | | | | | |
| ・原油 | （ $F_{\$/\text{バレル}}$ ） | 23 | 28 | 56 | 72 | 121 | 6.1 | 5.1 | 5.4 | 5.3 |
| 原油 | （ $F_{\$/\text{toe}}$ ） | 155 | 192 | 379 | 487 | 823 | 6.1 | 5.1 | 5.4 | 5.3 |
| 石炭 | （ $F_{\$/\text{toe}}$ ） | 81 | 56 | 124 | 120 | 151 | 2.9 | -0.6 | 2.4 | 1.3 |
| 天然ガス | （ $F_{\$/\text{toe}}$ ） | 156 | 192 | 253 | 347 | 709 | 3.3 | 6.5 | 7.4 | 7.1 |
| 化石燃料平均 | （ $\text{円}/\text{toe}$ ） | 141 | 162 | 297 | 358 | 577 | 5.1 | 3.8 | 4.9 | 4.5 |
| ＜燃料価格（円建て・名目）＞ | | | | | | | | | | |
| 原油 | （万円/toe） | 2.2 | 2.1 | 4.3 | 4.6 | 6.7 | 4.6 | 1.5 | 3.8 | 3.0 |
| 化石燃料平均 | （00年=100） | 110.9 | 100.0 | 187.2 | 189.6 | 262.5 | 3.6 | 0.3 | 3.3 | 2.3 |

*印は平均値

3.3 シミュレーション結果

図表 6 に、シナリオ I～III のシミュレーション結果の要約を図示した。2020 年時点の CO₂ 排出量は、シナリオ I の各ケースでは炭素税課税の規模が小さいため 90 年比ほ

ば横ばいだが、シナリオⅡでは90年比▲4.5%前後、シナリオⅢでは▲8.0%前後の削減が実現すると結果になった。実質GDP成長率（15年比）は、炭素税の課税規模よりはむしろその使途に依存する。炭素税収を全額政府支出に充てた場合（ケースA）、もともと大きな負の需給ギャップがある時点がシミュレーションの起点のため、炭素税課税による物価上昇がもたらす需要抑制効果より、政府支出の増加による需要創出効果のほうが大きく作用し、結果として実質GDP成長率ではBaUを上回る。保険料の減額（ケースB）にも企業所得と可処分所得への還元による創出効果があるが、実質GDP成長率で見るとBaUをやや下回る。折半ケースでは、モデルの線型性からこれらの中間になる。

実質可処分所得は、炭素税収を政府支出にせよ保険料の減額にせよ、何らかの形で還流させているため、いずれのシナリオ・ケースでもBaUと比較してほぼ横ばいの水準である。失業率は、GDP成長率と同様に炭素税の使途次第でBaU比で上下する。炭素税収を政府支出として追加的な需要に充てた場合には、失業率はBaUを下回るのに対し、保険料の減額の雇用創出効果はあるものの、失業率はやや上回る。消費者物価指数は、各シナリオ・各ケースにおいてそれぞれ異なった水準になるが、炭素税込みの物価であるため、いずれもBaUを上回る。

炭素税収の規模（名目、2020年度）は、シナリオⅠで約0.8兆円、シナリオⅡで約8兆円、シナリオⅢで約16兆円で、CO₂トン当たりの炭素税税率にほぼ比例する。炭素税込みの原油価格換算のBaUからの乖離率は、シナリオⅠで約4.5%、シナリオⅡで約45%、シナリオⅢで約87%であり、20,000円/t-CO₂の課税でも原油価格は2倍未満に収まる。

〔図表6〕シミュレーション結果の要約

| | 2020年度時点 | | | | | | | |
|----------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|---------------|---------------|
| | CO ₂ 排出量 | 実質GDP | 実質可処分所得 | 失業率 | 消費者物価指数 | 炭素税収 | 原油価格換算 | |
| | 90年比 (%) | 2005年比伸び率 (%) | BaUからの乖離率 (%) | BaUからの乖離率 (%) | BaUからの乖離率 (%) | 兆円 | BaUからの乖離率 (%) | BaUからの乖離率 (%) |
| BaU(自然体)ケース | 1.2 | 12.3 | - | - | - | 0 | - | - |
| シナリオⅠ A. 政府支出増 | 0.1 | 12.3 | -0.01 | -0.2 | 0.00 | 0.3 | 0.8 | 4.5 |
| B. 保険料減額 | 0.1 | 12.3 | -0.05 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.8 | 4.4 |
| C. 折半 | 0.1 | 12.3 | -0.03 | -0.1 | 0.00 | 0.2 | 0.8 | 4.4 |
| シナリオⅡ A. 政府支出 | -4.5 | 12.7 | 0.30 | -1.0 | -0.02 | 2.3 | 8.2 | 44.7 |
| B. 保険料減額 | -5.0 | 11.7 | -0.52 | 0.4 | 0.05 | 0.4 | 8.2 | 44.1 |
| C. 折半 | -4.8 | 12.2 | -0.11 | -0.3 | 0.02 | 1.4 | 8.2 | 44.4 |
| シナリオⅢ A. 政府支出 | -7.8 | 13.1 | 0.69 | -1.6 | -0.06 | 4.4 | 16.0 | 87.5 |
| B. 保険料減額 | -8.6 | 11.4 | -0.84 | 1.0 | 0.08 | 0.6 | 15.8 | 86.3 |
| C. 折半 | -8.2 | 12.2 | -0.07 | -0.4 | 0.01 | 2.5 | 15.9 | 86.9 |

(注)シナリオⅠは、2011年度を1,000円/t-CO₂とし、2020年度まで1,000円/t-CO₂を課税。
シナリオⅡは、2011年度を1,000円/t-CO₂とし、2020年度で10,000円/t-CO₂まで段階的に課税を重課。
シナリオⅢは、2011年度を2,000円/t-CO₂とし、2020年度で20,000円/t-CO₂まで段階的に課税を重課。
実質可処分所得は、家計の可処分所得を消費者物価指数(CPI)で実質化したもの。
原油価格換算は、原油価格に炭素税相当額を上乗せしたもの。

3.4 シミュレーションの波及経路

以下、炭素税を段階的に 10,000 円ないし 20,000 円まで引き上げた場合（上述のシミュレーションシナリオⅡ）の CO₂ 価格引き上げ効果の波及経路について、ケース A～C でどのような違いが出るかも含め、詳しく見ていくことにする。末尾の添付図表 1～4 は、シミュレーション結果を BaU（自然体）ケースと水準及び乖離率（幅）のそれぞれを比較する形でグラフ化した。ここでは、シナリオⅡの場合に限定して説明するが、本稿のモデルは基本的に線型であり、かつシナリオⅠとは段階的に引き上げるかどうか、シナリオⅢとは段階的な引き上げ幅の違いがあるに過ぎないため、定性的な結論についてはシナリオⅠ・Ⅲの結果にもほぼ当てはまる。

本モデルでの炭素税は化石燃料に輸入段階（上流）で課税することを想定しており、輸入価格→企業物価→消費者物価の順で波及していく（図表 3（物価の波及経路）を参照）。炭素税課税により CO₂ 価格が上昇すると、化石燃料（石油、石炭、天然ガス）価格が炭素含有量に応じて上昇する。化石燃料の値上がりで、価格弾性値に応じて化石燃料量の需要量が減少するので、CO₂ 排出量の削減が起こる。しかし、同時に国内企業物価指数が押し上げられ、これが消費者物価指数にも波及する。これにより実質可処分所得が押し下げられるため個人消費は減少するなど、炭素税の課税そのものは実質 GDP の減少要因となる。輸出は国内物価の上昇により減少する。輸入も価格効果（輸入品が割安になる）では増加要因だが、国内の経済活動の水準が落ちるといふ所得効果が大きく現れ BaU を下回る。

本稿のシミュレーションでは、炭素税収の全額を何らかの形で家計や企業に還流させるという仮定を置いている。まず、炭素税収を政府支出に 100% 充当するケース A についてみると、追加的な政府支出は、それ自体が GDP の需要項目として計上される。さらに、企業所得の増加を通じて設備投資を増加させるとともに、企業が賃金や雇用の拡充に動くため、消費も増加する（いわゆる乗数効果）。本モデルの弾性値のもとでは、これらを総合した政府支出増加による GDP 押し上げ効果は、炭素税の課税による GDP 押し下げ効果を上回るが、消費者物価の上昇による実質可処分所得の減少を完全に相殺するほどではない。

次に、年金保険料で還元するケース B についてみると、保険料は雇用者報酬（人件費）の一部のため、家計だけでなく、企業や政府にも影響を及ぼす。企業への影響は、①保険料の軽減→企業からみた人件費の低下→単位労働コスト（雇用者報酬／実質 GDP）の低下→炭素税による物価押し上げ効果の抑制という経路と②保険料の軽減→人件費の低下→企業所得の増加→キャッシュフローの増加→投資押し上げという経路を通じて、実質 GDP や実質設備投資を押し上げる方向に作用する。家計には、③保険料の軽減→可処分所得の拡大→消費や住宅投資を押し上げという形で影響を与える。また、政府には、④保険料の軽減→企業所得増・家計の課税ベース拡大→税収増という影響という形で影響を与える。これらの影響が総合される結果、実質 GDP は BaU に比べてやや減少、実質

可処分所得はやや増加（シナリオⅡ、Ⅲ）となる。

炭素税収を政府支出と社会保険料の減額で折半するケース C では、繰り返しになるが、モデルの線型性からこれらの中間の結果になる。

4. 結果の解釈に関して留意すべき点

4.1. 需要追加型・喚起型の分析の限界

炭素税収の一部または全部を政府支出として追加的な需要として与えるような需要追加型の分析、あるいは社会保険料の減額などを通じて間接的に需要を喚起する需要喚起型の分析については、以下のような点に留意する必要がある（末尾の添付図表 5 も参照）。

①資源の制約が明示的に存在しない

政府の判断で、公的な支出を増やした場合、それが他の経済活動から経済資源を奪うかもしれないという側面がマクロモデルでは考慮できない。マクロモデルは基本的に「需要主導」であり、需要を付ければ生産はほぼ無条件で増やせることを前提にしている。労働、資本といった生産要素は短期的にはほぼ固定だが、稼働率や就業率を高めることで、それに対応できると考えている。CGE モデルでは、労働、資本などから決まる生産能力と需要に乖離があれば、その乖離がゼロになるまで価格が動いて需給を調節する。この点で、マクロモデルと CGE モデルには大きな違いがあることを踏まえておく必要がある。

政府支出を増やした場合、それを牽制・制約する要素として、本マクロモデルで考え得るのは、需給ギャップが引き締まって物価が上昇、実質所得の増加を抑えるという経路である。企業では当初、公共投資などによって高まったキャッシュフローを投資に振り向け資本ストックを高めるため、物価上昇で実質需要がそれほど伸びないと、いずれ供給力が需要を上回る局面が来る。これが、稼働率の低下や収益の減少につながるため、設備投資は下降線に向かう。このように中長期では、政府の需要追加が民需を下振れさせる可能性は、ある程度織り込まれている。消費がプラスを保つのは、企業のキャッシュフロー増が債務返済を通じて、企業のバランスシートを健全化させ、それが賃金を高めるという効果が強めに出ているのが要因である。おそらく、90 年代以降の不況期を長く含むデータで賃金関数を推計したため、企業の債務と賃金の関係が強めに出ていることが一因と考えられる。

②資源配分の偏りには無頓着

金融危機に陥った時、各国政府が打ち出したのは、公共投資や減税などによる需要下支え策だった。景気後退に歯止めをかけるための対策として、財政出動は一定の妥当性を持っていると考えられる。しかし、90 年代の景気対策の結果、日本の各所に出来た

ハコものを見ると、それが適切なカネの振り向け先だったかについては、多くの人が首をかしげるだろう。

大恐慌の経験を教訓として生まれたケインズ政策は、もともと不況下でいかに「仕事をつくるか」という側面を重視した考え方だ。マクロモデルでの公共投資追加試算も同じ性格を持っている。モデルでプラスの結果が出ていることと、それが限られた経済資源の振り向け先として望ましいかは別の問題であることに留意すべきである。

これらの点を踏まえると、マクロモデルで需要追加の効果を評価するのは、(1)供給余力がある経済状態で、(2)ある程度時限的な政策—を前提とすべきだろう。経済環境や施策実施期間などを考慮して、試算のシナリオ設定を検討する必要がある。

③「財政乗数」が国民所得統計の定義に依存する

マクロモデルでは、減税よりも公共事業の「乗数」が大きくなる。これは、公共事業それ自身が国民所得統計上、GDPの構成項目になっているためである。1兆円の財政出動をした場合、公共投資ならまずは1兆円の需要になるが、例えば所得減税で家計がそこから5割を消費に振り向けるなら、0.5兆円しかGDPは増えない。

ただ、公的に1兆円の財源を確保し、誰かの所得を1兆円補てんするという点では、どちらの施策も同じである。GDPは「仕事のある・なし」を評価基準にしているため、公共投資の効果が大きめに扱われるに過ぎない。

④クラウドイングアウトや非ケインズ効果

政府が国債などで資金を調達すれば、金利が上昇し、これが民間投資を抑える（クラウドイングアウト）という議論もよく聞かれる。こうした因果関係は概念的には考えられるものの、過去20年間の日本経済ではむしろ国債の増発下で金利低下が進んできたため、実証的な計測をベースに国債増→金利上昇というモデルを組むのは難しいと考えられる。本モデルも需要増から政府債務を経由して金利へ波及するといった経路は持っていない。長期金利がわずかに上昇しているのは、物価上昇を映したものである。

ケインズ政策の有効性に疑問を投げかける議論としては、公共投資などで需要を増やしても、家計や企業が将来の増税を織り込んで支出を抑えるため、公共投資の効果は帳消しになるというものもある。むしろ、国債の累増を抑え財政を健全に保つことが消費の活性化につながると考える（非ケインズ効果）。これについては否定的な実証結果（将来の増税を織り込んだ行動は確認されない）も多いが、少なくとも本モデルでは、そうした将来予想を現在の行動に反映させるというロジックが存在していないことは留意すべきである。

4.2. CGE モデルによる分析との比較

本モデルによる分析と日経センター・CGE モデルによる分析を簡単に比較しておく。温暖化タスクフォース・中間取りまとめとして公表された日経センター・CGE モデルによる経済・社会への影響の分析結果の5ケースのうち、家計一括還流・国内削減分（真水）90年比▲15%ケースの限界削減費用が約2万円（22,940円）であるため、本稿の炭素税段階課税20,000円シナリオ、社会保険料の減額（ケースB）と比較することにする⁹。

CGE モデルによる結果では、限界削減費用約2万円（22,940円）に対する2020年度のCO₂削減量はBaU比▲19%となったが、本モデルの限界削減費用（炭素税）20,000円シナリオ（ケースB）でのCO₂削減量はBaU比約▲10%と、同額の限界削減費用に対するCO₂排出量は、CGE モデルにより試算した場合のほうが削減幅が大きい¹⁰。実質GDPへの影響は、CGE モデルによる結果がBaU比▲1.3%で、本モデルによる結果がBaU比▲0.8%と本モデルによるほうがやや小さい。

同水準の限界削減費用に対するCO₂排出量削減幅と実質GDP成長率の減少が本モデルの分析によるほうが小さくなるという結果は、燃料価格の内生化の有無が一因であると考えられる。本モデルでは燃料価格が内生化されているため、限界削減費用上昇（炭素税課税）によるCO₂価格の上昇は、石油・石炭需要減退（天然ガス需要増）とこれに伴う石油・石炭市況下落（天然ガス市況上昇）という経路を通じて、低炭素燃料へのシフトにブレーキをかける。このため、本モデルでは、同水準のCO₂排出量削減を実現するためにはCO₂価格を高める必要がある。

5. まとめと課題

本稿は、「中期目標検討委員会」での分析に使用したJCER環境経済マクロモデルについて、その後改良も含めてその構造を詳細に説明するとともに、環境省からの依頼を受け、同委員会では行わなかった炭素税課税効果を試算したものである。政府支出または社会保険料の減額で還流させることを前提に炭素税の課税を行うと、10,000円/t-CO₂までの段階的課税で2020年度のCO₂排出量が90年比▲5%前後、20,000円/t-CO₂までの段階的課税で▲8%前後の削減が実現するとの結果になった。炭素税の課税が実質GDPおよび実質可処分所得に与える影響は、炭素税の還流のさせ方によって異なる。政府支出により還流させるとBaU（自然体）ケース比で実質GDPは上昇するが実質可処分所得は減少し、社会保険料の減額で還流させると実質GDPは減少するが実質可処分所得は増加する。

JCER環境経済マクロモデルを今後拡張・改善していく方向性としては、以下の3点

⁹ 12月11日第4回地球温暖化問題に関する閣僚委員会、参考資料8-1参照。

¹⁰ CGEモデルにおける限界削減費用は排出権取引市場での炭素価格なので、炭素税と同等と見なせる。限界削減費用については、前掲脚注5も参照。

が考えられる。

第1に既存エネルギー税の改廃が評価できるモデルを目指すという方向性である。本モデルは、エネルギーを主として(1)一次エネルギーで捉え、(2)エネルギー価格を化石燃料の輸入価格で捕捉している。このため、「環境税」という場合にも、石油、石炭、天然ガスそれぞれの輸入(上流)段階で、課税するような設定しかとれない。現実には、環境税を導入するとなれば、揮発油税や軽油引取税など既存のエネルギーの改廃を含めた議論になる。これをモデルで評価するには、最終エネルギー消費を個別に評価できる仕組みが必要になる。現行のモデルでは、エネルギー関連のCGPIやCPIを個別に推計しているが、いまのところ物価指数の集計にしか用いていない。既存エネルギー税の改廃を評価するためには、エネルギー価格と最終エネルギー需要を有機的に結びつけてモデルを組んでいくが必要になる。

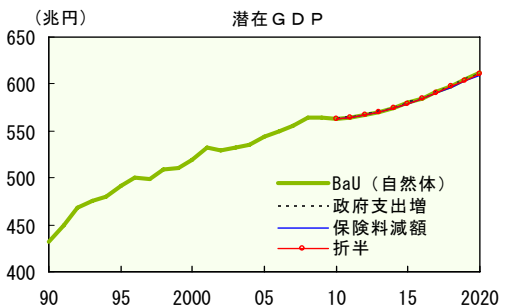
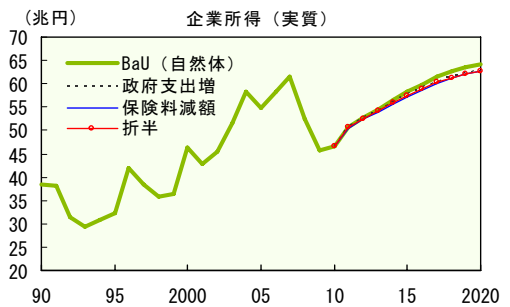
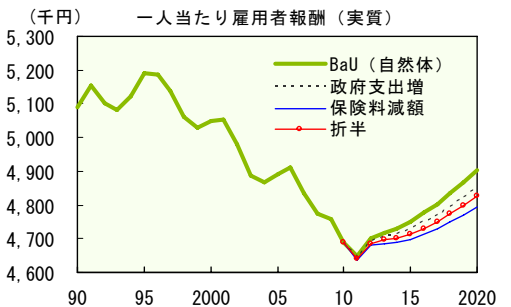
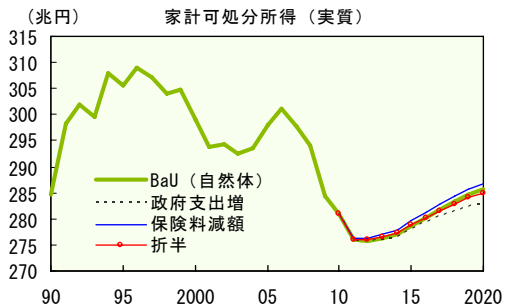
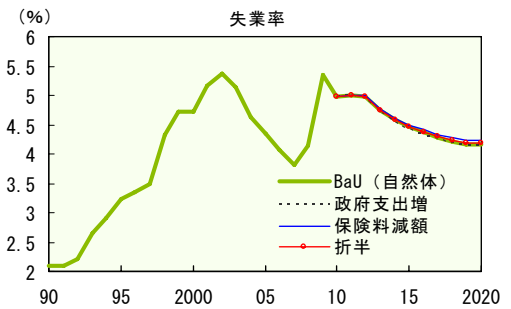
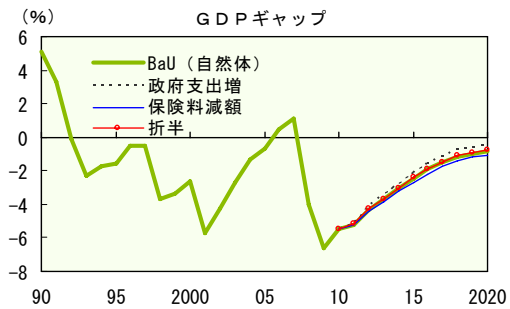
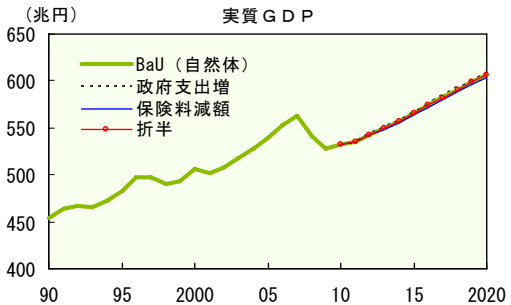
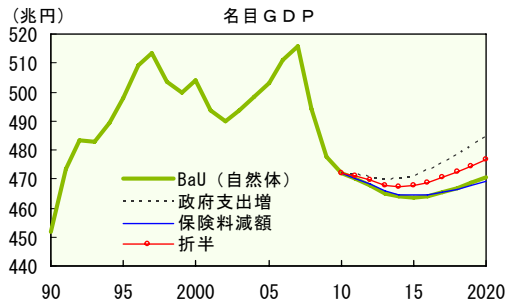
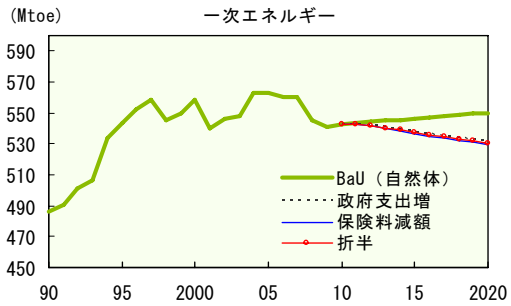
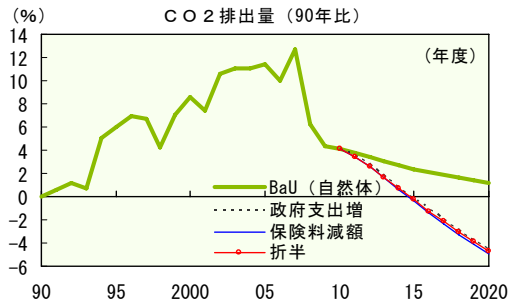
第2に部門別のCO₂排出量も求められるようにするという方向性が考えられる。本モデルには、部門別の「最終エネルギー需要」が導入されているが、これに加え、同じ分類でのCO₂排出量も必要だろう。モデルで部門別のCO₂排出量見通しの数値を出していけば、環境政策を進める上でのベンチマークとして利用できるであろう。

第3に部分的に技術モデルの要素を取り入れるという方向性が考えられる。本稿のシミュレーション結果によると、2020年度に20,000円/t-CO₂まで段階的に炭素税を重課するというもっとも重い負担を強いた場合でもCO₂の削減量は90年比▲8%前後に過ぎず、政府が2020年度の目標とする25%減には及ばない結果となった。しかし、本モデルでは、炭素税課税によるCO₂価格の上昇、すなわち限界削減費用の上昇に伴う新たな技術の導入という側面は考慮に入れていない。炭素税10,000~20,000円/t-CO₂程度の課税を前提とすればかなりの税収が見込まれ、それらを省エネ設備の導入の補助等に充てられるとすれば、本稿のシミュレーションで仮定した炭素税の水準であっても、CO₂をさらに削減できる可能性もある。

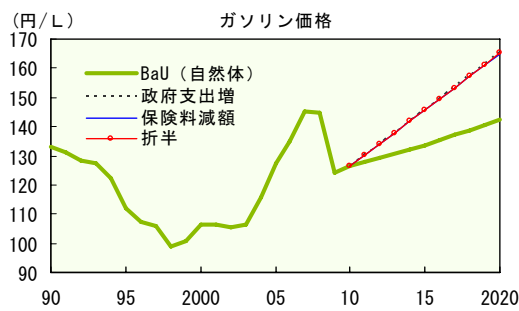
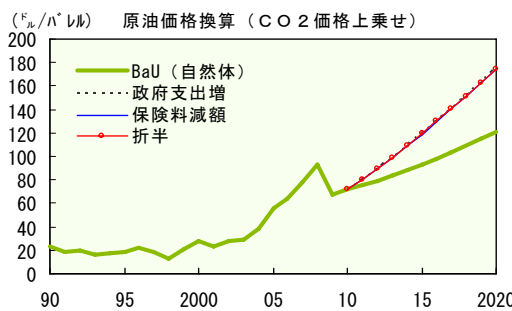
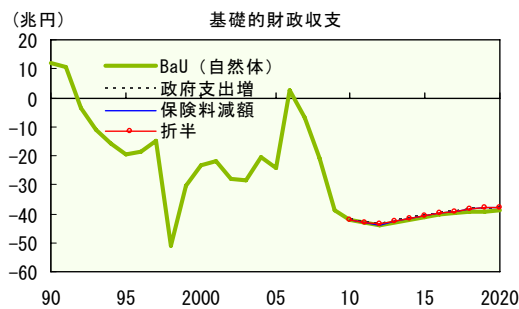
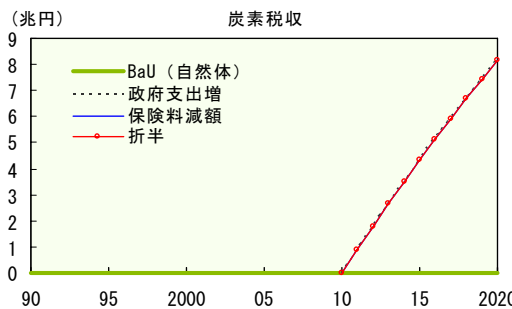
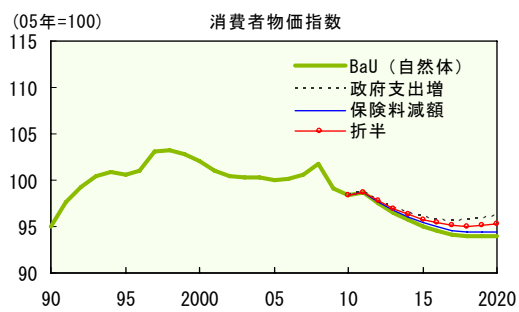
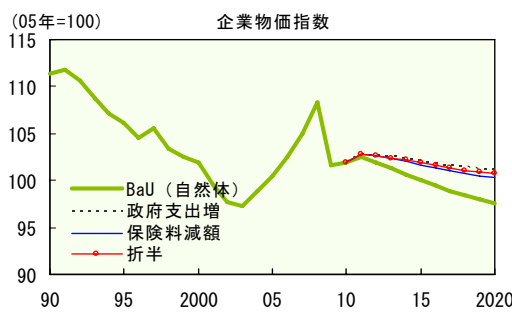
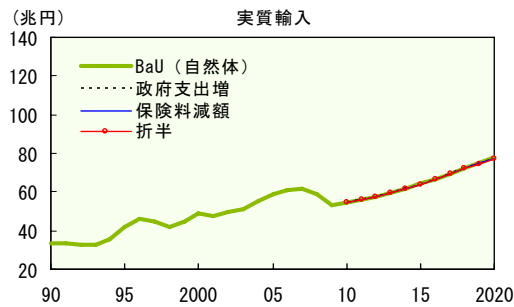
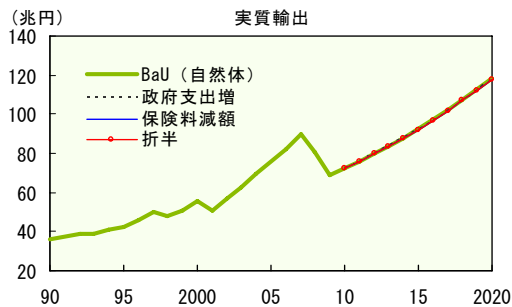
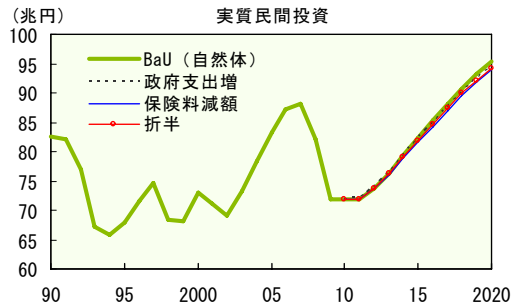
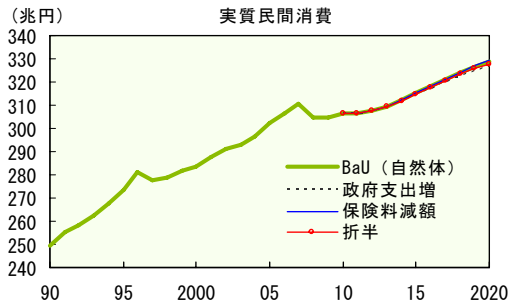
<参考文献>

- 一上響・北村富行・小島早都子・代田豊一郎・中村康治・原尚子（2009）「ハイブリッド型日本経済モデル：Quarterly-Japanese Economic Model (Q-JEM)」，日本銀行ワーキングペーパーシリーズ。
- 川崎泰史・武田史郎・落合勝昭・伴金美（2009）「日本経済研究センターCGE モデルによる CO₂削減策の分析—「温暖化タスクフォース」で用いたモデルに関する技術ノート」，JCER Discussion Paper No.126.
- 蓮見亮（2008）「パートタイム労働者の正社員並み処遇—マクロモデルで探る賃金・雇用への波及効果」，『経済のプリズム』，60号，参議院事務局。
- 蓮見亮（2009）「膨張する政府債務—経済財政の10年展望」，『経済のプリズム』，74号，参議院事務局。
- 細江宣裕・橋本日出男・我澤賢之（2004）『応用一般均衡モデリング—プログラムからシミュレーションまで』，東京大学出版会
- 武田史郎・川崎泰史・落合勝昭・伴金美（2009）「日本経済研究センターCGE モデルによる CO₂削減策の分析」，JCER Discussion Paper No.121.

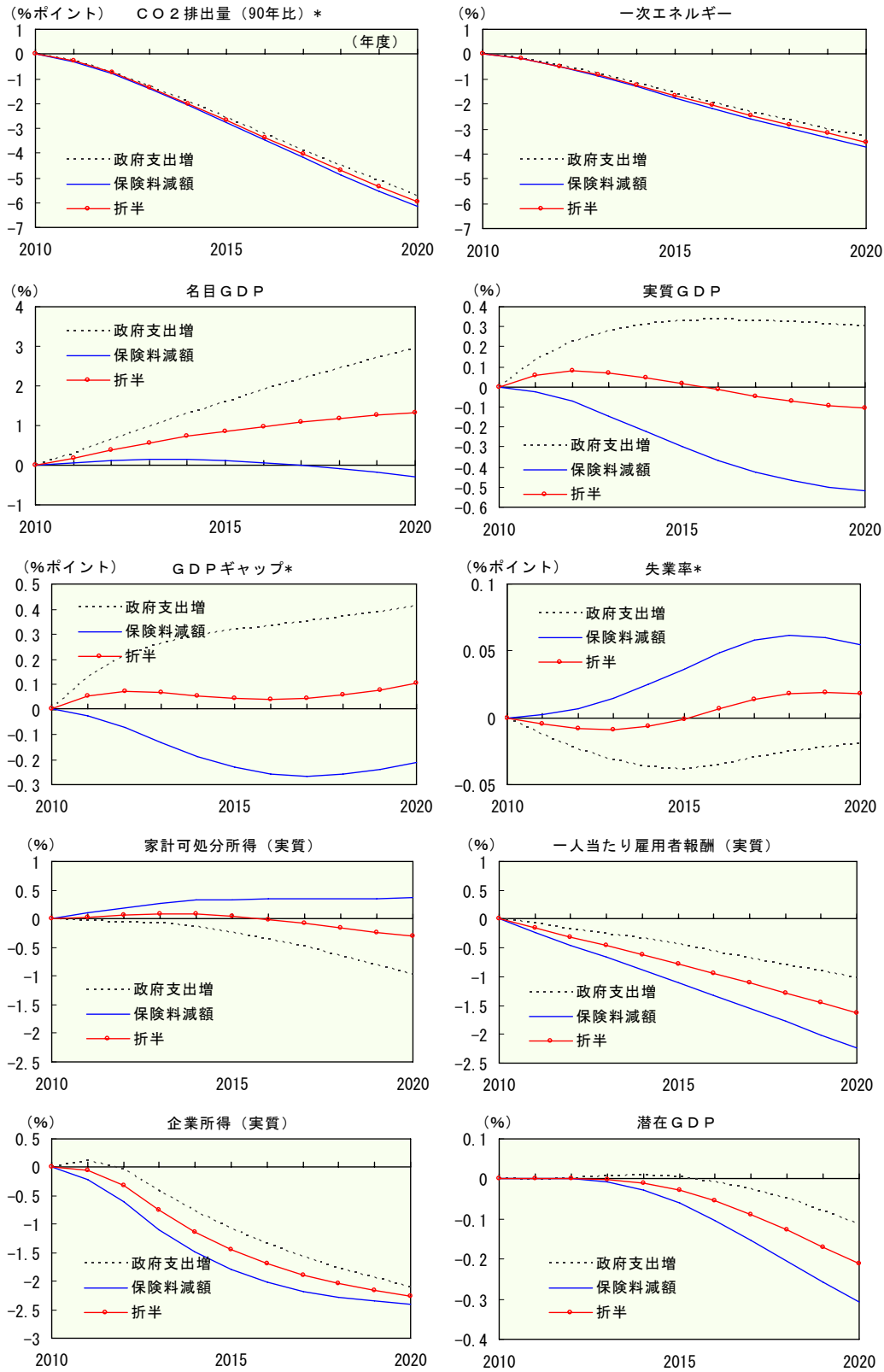
〔添付図表1〕 シナリオⅡ：炭素税段階課税 10,000 円



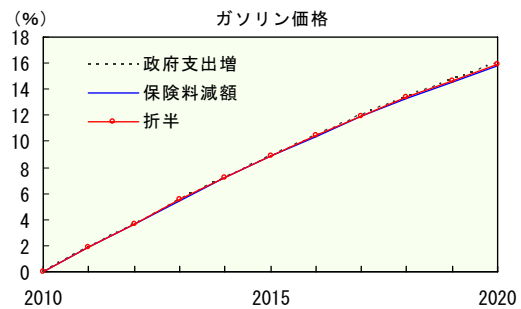
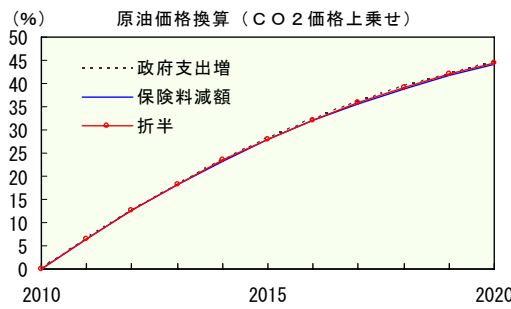
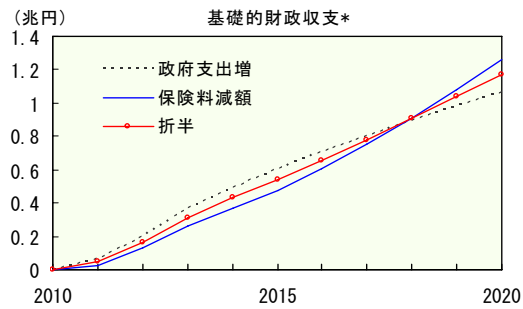
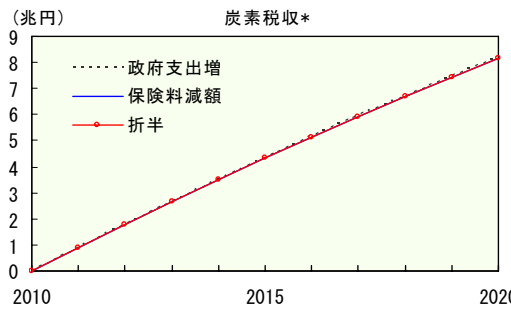
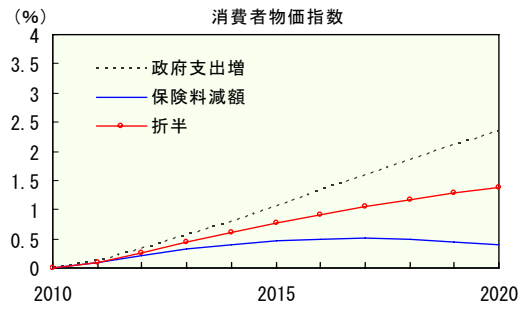
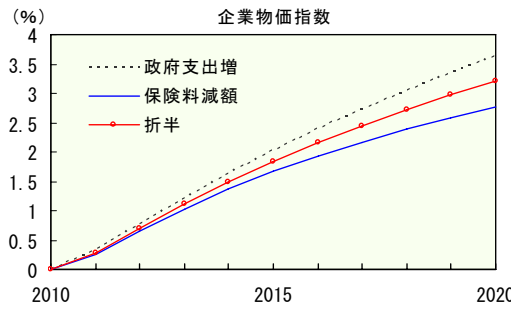
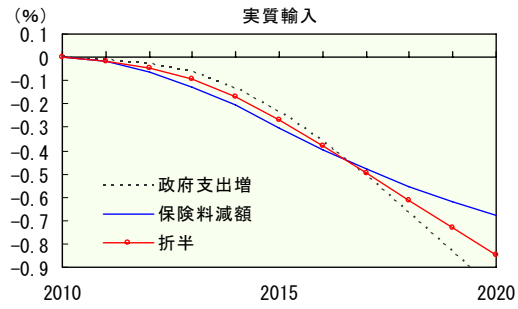
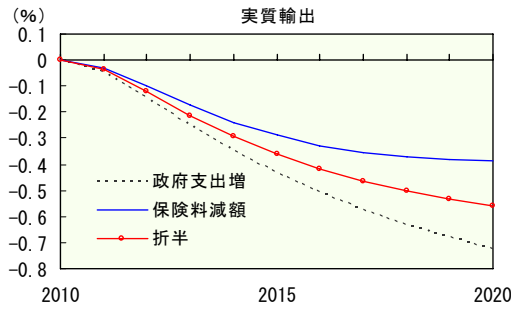
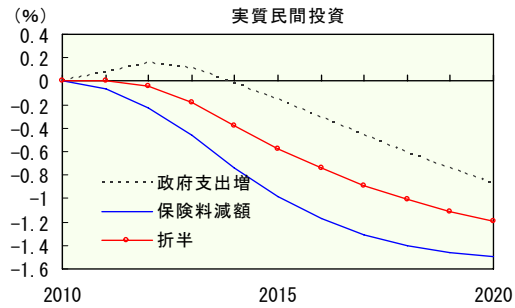
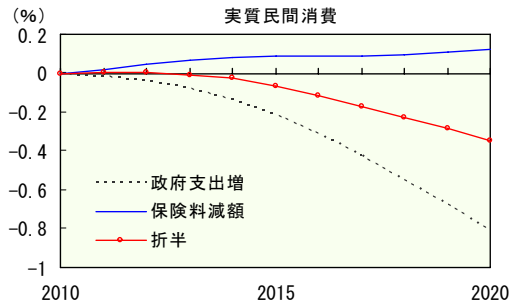
シナリオ II (続き)



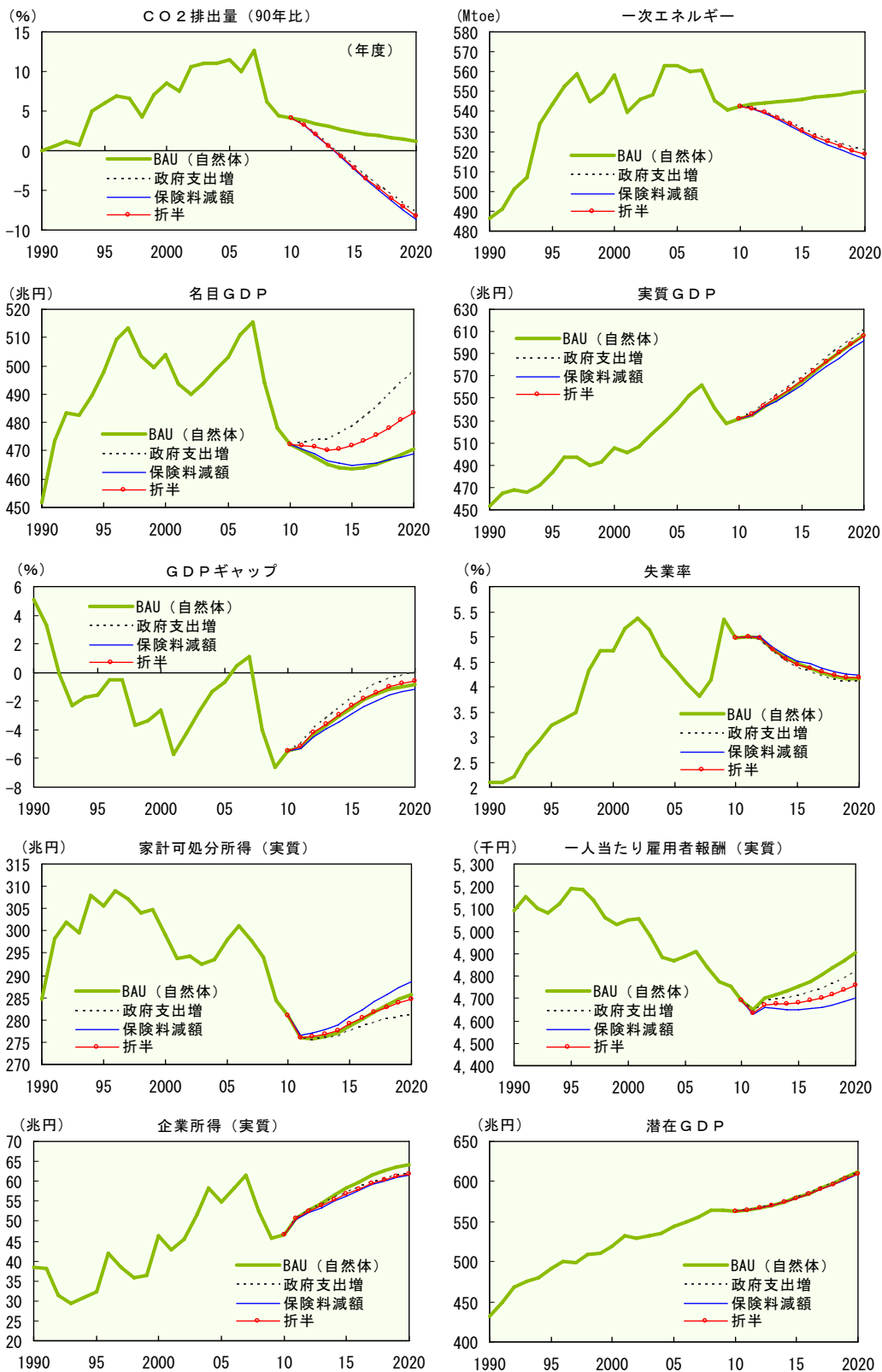
〔添付図表 2〕 シナリオⅡ：炭素税段階課税 10,000 円 (BaU との乖離率、*印は乖離幅)



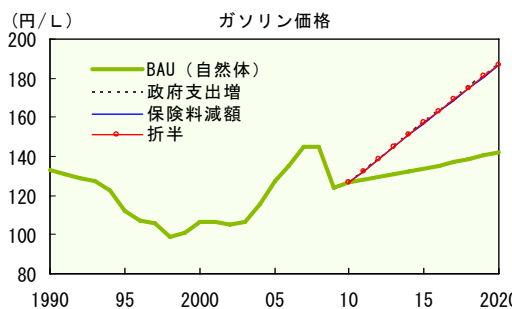
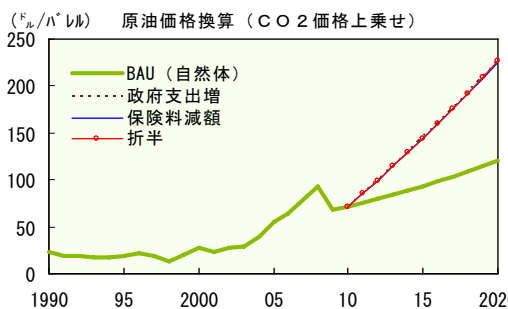
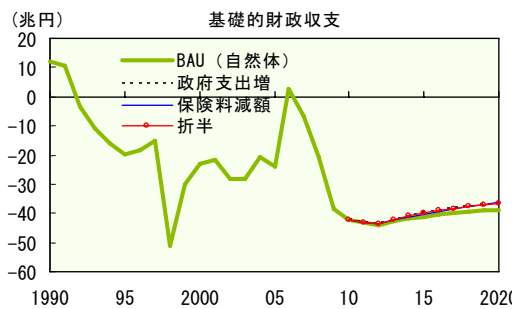
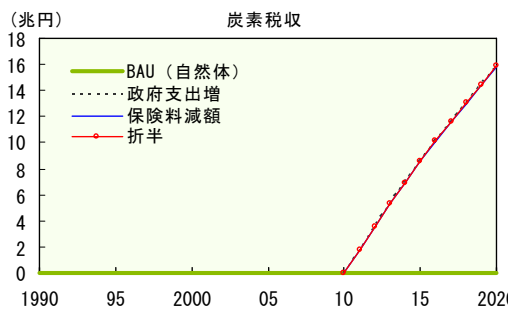
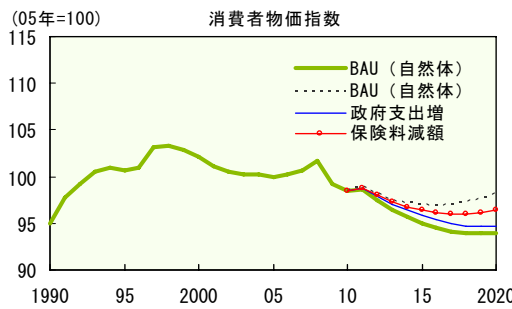
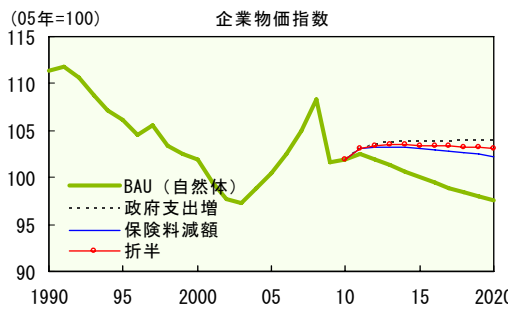
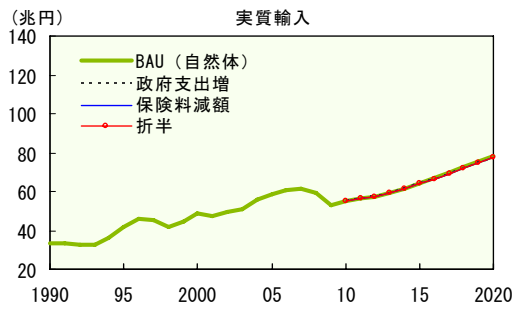
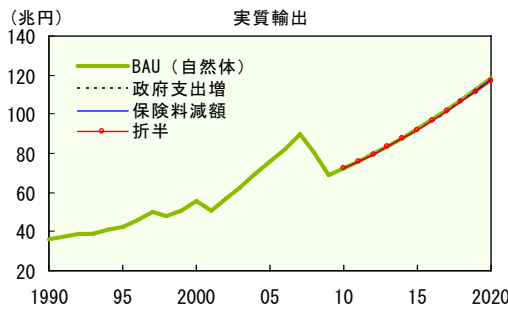
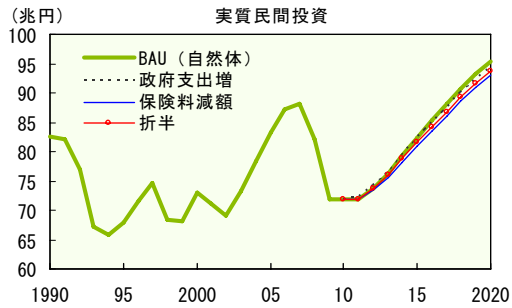
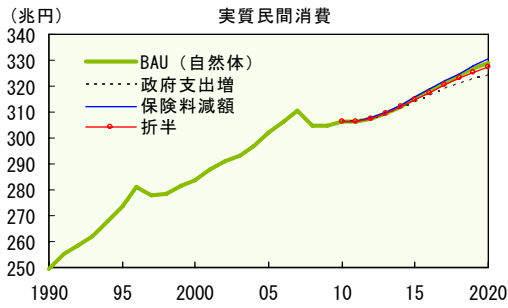
シナリオ II (BaU との乖離率、*印は乖離幅) (続き)



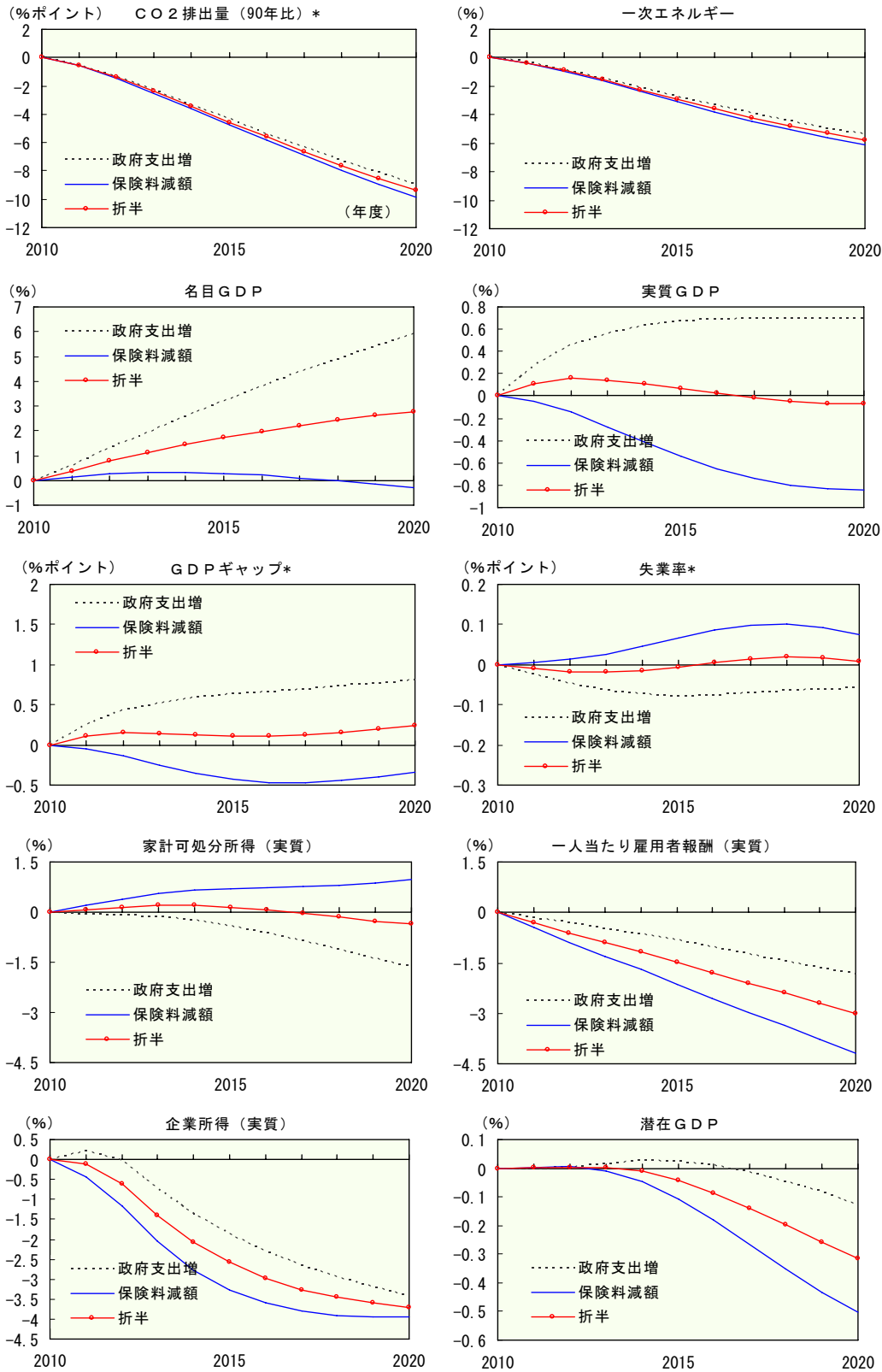
〔添付図表3〕 シナリオⅢ：炭素税段階課税 20,000 円



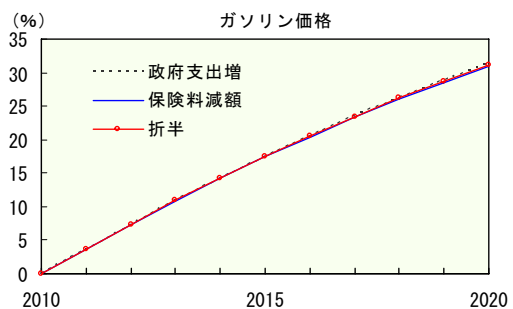
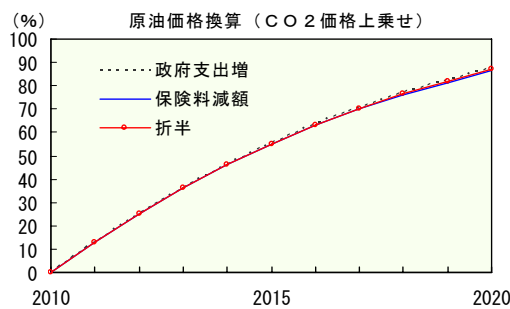
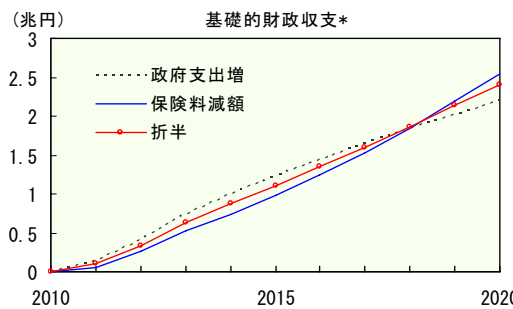
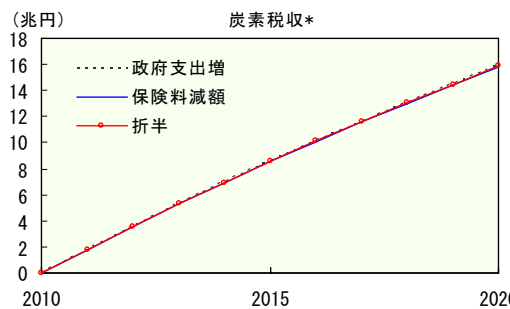
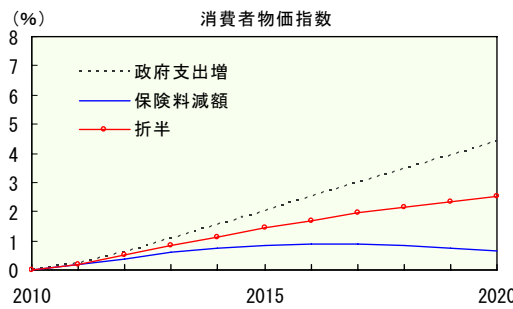
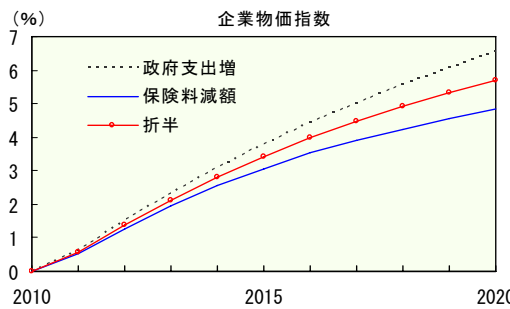
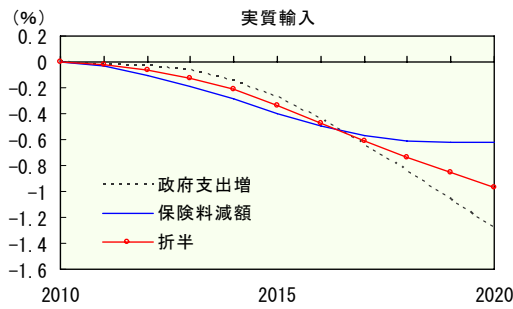
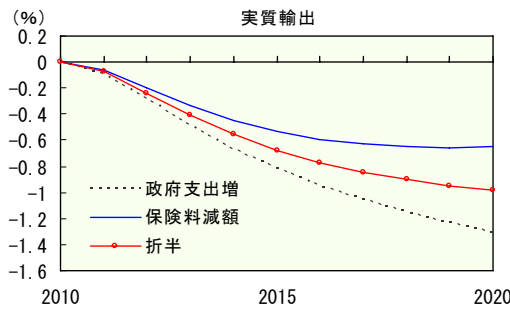
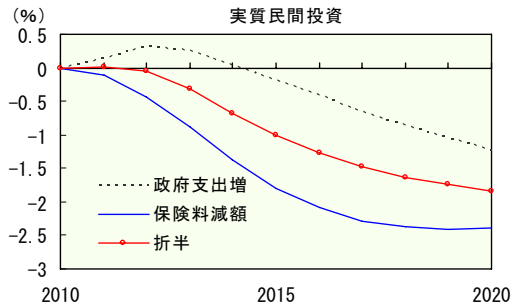
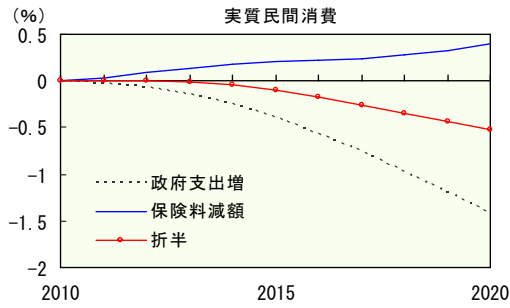
シナリオⅢ（続き）



〔添付図表 4〕 シナリオⅢ：炭素税段階課税 20,000 円（BaU との乖離率、*印は乖離幅）



シナリオⅢ（BaU との乖離率、*印は乖離幅）（続き）



〔添付図表5〕 追加需要（公共投資）のマクロ効果

（名目 GDP1%相当の公共投資を継続的に追加した場合の効果）

