慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	日本経済の多部門一般均衡モデルの構築と環境保全政策シミュレーション : (Ⅰ) 環境保全政策と多部門一般均衡モデルの構築
Sub Title	
Author	黒田, 昌裕(Kuroda, Masahiro) 野村, 浩二(Nomura, Koji)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	1998
Jtitle	KEO discussion paper. G : 『アジア地域における経済および環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究』 (KEO discussion paper. G : "Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries"). No.G-15
JaLC DOI	
Abstract	1 はじめに昨年12月に京都で開催された、いわゆるCOP3(Conference of Parties)において、京都議定書(KyotoProtocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change)として、参加161箇国が2008年から2012年の期間に地球温暖化ガスの削減に向けて努力することが合意をみた。議定書の発効要件として、(1)55箇国以上の批准、(2)批准した附属書Iの締約国(先進国)のCO2総排出量が附属書Iの全締約国のC02排出量の55%を超過することを要件とすることが定められている。必ずしも議定書の発効が確実かどうかについても疑問なしとはしないが、我が国の現状を踏まえて、現時点でそこでの目標の達成の可能性とそのための政策施策を検討しておくことは重要な課題である。この研究は、我が国の経済を定量的に捉える多部門一般均衡モデルを用いることによって、CO2排出量削減目標の達成の可能性を検討し、目標実現に向けての各種の施策導入が、我が国経済構造にいかなる影響をもたらすかを推察することを目的に行ったものである。各経済主体はその行動の原理として主体均衡の経済合理性を追求する。そこでは、各期の期首に与えられた諸条件を前提として、一期ごとの合理的行動を積み重ねて、逐次的に経済成長の経路を導くことになっている。このモデルによって京都議定書の目標対象期間2008-12年におけるC02排出量が求められ、目標値との関係で、新たな施策の導入が経済成長の逐次的経路に及ぼす影響を算定することができる。各種政策手段の導入の効果を算定するために、このモデルでは様々な政策に対応しうるフレキシビリティのあることが特徴といえる。本稿では、次節でCOP3でのいわゆる京都議定書の内容と我が国エネルギー需給構造との対応に触れた後、第3節で、環境保全対策に対する幾つかの経済的手段の意味を明らかにすることから始める。環境保全の経済的手段は、いわゆる市場オリエンテッドな炭素税や排出権売買などの手段と省エネルギー施策の法的手段やその他の誘導的手段に大きくは別れるかもしれない。政策手段の効果評価は、その環境保全の費用効果性(Cost Effectiveness)、効率性(Efficiency) 、公平性(Equity)の観点から総合的に判断すべきものである。第4節では、第3節の総論的説明を前提に多部門一般均衡モデルの構造を示す。構築したモデルによる各種シミュレーションについては、次稿(II)環境保全政策と炭素税賦課シミュレーションで考察することにする。
Notes	表紙上部に"日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業複合領域「アジア地域の環境保全」"の表示あり
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12113622-00000015-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

日本経済の多部門一般均衡モデルの構築と環境保全政策シミュレーション

(Ⅰ)環境保全政策と多部門一般均衡モデルの構築

黒田　昌裕
野村　浩二

No.G-15

学振未来 WG5-1

日本経済の多部門一般均衡モデルの構築と環境保全政策シミュレーション
— (I) 環境保全政策と多部門一般均衡モデルの構築*

黒田昌裕 †、野村浩二 †

1998 年 7 月

1 はじめに

昨年 12 月に京都で開催された、いわゆるＣＯＰ３ (Conference of Parties) において、京都議定書 (Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change) として、参加 161 箇国が 2008 年から 2012 年の期間に地球温暖化ガスの削減に向けて努力することが合意をみた。議定書の発効要件として、(1)55 箇国以上の批准、(2) 批准した附属書 I の締約国（先進国）の CO_2 総排出量が附属書 I の全締約国の CO_2 排出量の 55%を超過することを要件とすることが定められている。必ずしも議定書の発効が確実かどうかについても疑問なしとはしないが、我が国の現状を踏まえて、現時点でそこでの目標の達成の可能性とそのための政策施策を検討しておくことは重要な課題である。この研究は、我が国の経済を定量的に捉える多部門一般均衡モデルを用いることによって、CO_2 排出量削減目標の達成の可能性を検討し、目標実現に向けての各種の施策導入が、我が国経済構造にいかなる影響をもたらすかを推察することを目的に行ったものである。

各経済主体はその行動の原理として主体均衡の経済合理性を追求する。そこでは、各期の期首に与えられた諸条件を前提として、一期ごとの合理的行動を積み重ねて、逐次的に経済成長の経路を導くことになっている。このモデルによって京都議定書の目標対象期間 2008-12 年における CO_2 排出量が求められ、目標値との関係で、新たな施策の導入が経済成長の逐次的経路に及ぼす影響を算定することができる。各種政策手段の導入の効果を算定するために、このモデルでは様々な政策に対応しうるフレキシビリティのあることが特徴といえる。

本稿では、次節でＣＯＰ３でのいわゆる京都議定書の内容と我が国エネルギー需給構造との対応に触れた後、第 3 節で、環境保全対策に対する幾つかの経済的手段の意味を明らかにすることから始める。環境保全の経済的手段は、いわゆる市場オリエンテッドな炭素税や排出権売買などの手段と省エネルギー施策の法的手段やその他の誘導的手段に大きくは別れるかもしれない。政策手段の効果評価は、その環境保全の費用効果性 (Cost Effectiveness)、効率性 (Efficiency)、公平性 (Equity) の観点から総合的に判断すべきものである。第 4 節では、第 3 節の総論的説明を前提に多部門一般均衡モデルの構造を示す。構築したモデルによる各種シミュレーションについては、次稿 (II) 環境保全政策と炭素税賦課シミュレーションで考察することにする。

---

*多部門一般均衡モデル構築については、日本開発銀行 設備投資研究所 地球温暖化研究センター国則守生氏、英公子氏、冨田秀昭氏との共同で構築したものである。なお本論分に含まれ得るミスについては、われわれ執筆者の責任である。

† 慶應義塾大学

2　京都議定書の内容と我が国エネルギー需給構造

温暖化ガス削減目標の京都議定書の内容は、要約すれば以下のようにまとめることができる。まず数値目標の設定に関して、目標年次は、2008年～2012年までの期間に達成を条件としており、若干の伸縮性が認められている。そのとき、温暖化の対象ガスとして、二酸化炭素(CO_2)、メタン(CH_4)、亜酸化窒素(N_2O)、ハイドロフルオロカーボン(HFC_S)，パーフルオロカーボン(PFC_S)，六弗化硫黄(SF_6)の6ガスが対象となっており、基準年として、HFC_S，PFC_S，SF_6は、1995年を選択可能であるけれども、他のガスについては、1990年を基準とすることが定められている。その上で目標年次の温室効果ガスを先進国全体で基準年より少なくとも5%は削減することを目標に、附属書Iの締約国各国の排出削減目標が設定された。我が国は、基準年の水準の▲6%、米国は同▲7%、ＥＵは同▲8%、アイスランドは同+10%、豪州は同+8%がそれぞれの削減目標となることが合意された。議定書では、新たにこの削減目標を達成する手段として、1990年以降の植林等に限定して、温室効果ガスの吸収源の寄与を認めることとし、さらに先進国間の排出権取引制度、先進国間の共同実施制度、途上国との間でクリーン開発メカニズム制度の導入によって、目標達成に向けての柔軟性を確保できることとなった。ただしこれらの諸制度は、実質的にはその制度内容に関しての枠組み作りについて、ＣＯＰ４以降の議論に委ねられることとなっている。各国の削減目標を達成する政策措置として、エネルギー利用効率の向上、新エネルギー・再生可能エネルギー、先進的技術開発の促進によって行うこととなっており、それを実現するための具体的手段については各国の裁量に任されることとなる。我が国の取り組み方針については、1997年12月に内閣に設置された地球温暖化対策推進本部の下、省エネルギー等排出削減対策の推進、メタン、亜酸化窒素の排出削減対策、代替フロン等の削減対策、植林等の吸収源対策、革新的技術の研究開発、共同実施や排出権取引を活用した国際協力の活用等の推進について合意されており、ひとつの目処として、▲6%の内訳は、「▲2.5%をCO_2、メタン、亜酸化窒素の排出抑制、▲3.7%を土地利用の変化と森林活動による吸収、+2.0%を代替フロンの排出抑制、▲1.8%を共同実施、排出権取引の活用によるもの」という目標値の設定を行っている。本稿での分析は、上記▲2.5%のうち、省エネ等対策によるエネルギー起源のCO_2排出量を1990年排出量水準にまで押さえるというシナリオの経済的効果を分析することに焦点を定める。また同時に、現行の原子力発電所の建設計画が未達に終わらざるを得なかった場合において、我が国が支払わざるを得ない様々なコストを評価することも視野に入れている。

我が国の近年のエネルギー需要の現状と、政府見通しによる2010年の姿について触れておこう。1990年度で最終エネルギー消費は、原油換算で産業用183百万kL、民生用85百万kL、運輸用80百万kLで合計349百万kL、さらに1996年度で、それぞれ195百万kL、102百万kL、96百万kL、合計393百万kLとなっている。6年間のエネルギー消費の伸び率は、このとき、産業用で年率1%、民生用で同3%、運輸用で同3%となっており、合計で同2%とかなりの急速な上昇を示している。このとき、エネルギー起源のCO_2排出量は、炭素換算で、1990年に2.87億t-C、1995年に3.11億t-Cとなっており、年率1.6%の伸びを示している。1997年11月の「地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議」報告書によれば、2010年には最終エネルギー需要が、456百万kLと見込まれており、そのCO_2排出量は、3.47億t-Cと算定されている。この見通しにしたがってエネルギー需要が伸びるとすれば、1995年以降年率で1%程度の上昇率ということになるが、1990年から95年までの伸び率1.60%をかなり下回った、弱含みの予測ということになる。その場合でも、CO_2排出量は3.47億t-Cで、1990年レベルを20%程度も上回ることとなる。1990年から1995年までにすでに、90年レベルを8.1%上回っており、エネルギー起源CO_2排出量を2010年に1990年レベルに安定化させるという目標は如何に困難なものかを容易に推察できる。過去5年間のエネルギー需要の伸びは、民生、運輸部門に大きく偏っており、それらの部門での省エネルギー対策が今後の一つの課題といえる。しかし一方で、産業用エネルギー最終消費も、石油危機後進んでいた省エネが1983年以降反転して、エネルギー需要拡大に向かっており、今後の省エネは必ずしも予断を許さないという現状である。このような状況の中で、2010年に向けて、新エネルギーを現状の約3倍の

1910 万 kL、原子力発電を 1996 年の 3080 億 kWh から、7000 万 kW 設備容量、4800 億 kWh 発電量にまで拡大するとともに、各種の省エネルギー対策や省エネルギー技術の振興による施策に実施によって、最終エネルギー需要を、2010 年で 400 百万 kL、うち産業用を 192 百万 kL、民生用を 113 百万 kL、運輸用を 95 百万 kL にまで削減することが可能であり、結果としてエネルギー起源の CO_2排出量を 2.87 億 t-C にまで削減できるというのが、現段階の政府見通しとして議論されているところである。

これらの政府見通しは、省エネルギー努力によるエネルギー需要の削減と電源構成などに関する原子力発電の追加的建設のシナリオにもとづくものであり、個々の施策による削減シナリオの積算によるものである。この間実質 GNP の伸び率は、2000 年までが年率 3%、2000 年〜2010 年までが、年率 2%と想定されており、それにも関わらず、エネルギー需要が、年率 0.126%の伸びで押さえられるという想定となっている。各種の省エネルギーの努力は、経済体系全体とすれば、その影響が相互に依存的関係をもっている。よって、経済の相互依存の中で各種の施策が構造的にいかなる影響を相互に保有し、それら全体としての整合性（consistency）と実現可能性（feasibility）をモデル分析により検討することが必要であろう。

3 環境対策の経済効果

1990 年の IPCC レポートによれば、「地球温暖化ガスの大気中濃度は、産業革命の初期に比して、約 25%拡大しており、このまま推移すれば次世紀末には産業革命以前の 2 倍にも達し、さらに増大しつづける」ことになる。気候変動は、それが、1）かなりの不確実性を持つこと、2）気候変動による被害とその対策コストが非可逆性を持つこと、3）将来を見越した長期的対処が必要なこと、4）温暖化ガスの排出とその影響にタイムラグがあること、5）規則性を持たない地球規模の問題であること、6）広範囲の地域的影響の差異があること。7）複合的な温暖化ガスに対処しなければならないことなど、種々の複雑な問題を孕んでいることを認識しなければならない。経済学の知見が、こうした気候変動の可能性に対して対処するためには、対象としている "環境" という一種の要素 (factor) もしくは財 (goods) を、経済学上の概念として規定することからはじめなければならない。経済学では、環境を次の二つの特性をもつ要素もしくは財として位置付ける。

第一に、環境が国際的な公共財（public goods）であることである。公共財とは、非競合性（non-rivalry）[1]と非排除性（non-excludability）[2]という二つの条件を満たす財として定義される。地球温暖化に代表されるように、環境はまさにこの特性をもつ国際的な公共財と考えることができる。このとき、環境保全にともなうそれぞれの国での温暖化ガス対策は、すべての国にとっての利益たりうる。

第二に、環境は外部性（externality）を保有する。市場メカニズムに基づいて内部化された価格シグナルによる個別経済主体の経済合理性の追求の結果、生じた環境の汚染因子の発生は社会全体としての環境の悪化につながるという外部不経済を惹起することとなる。別の言い方をすれば、私的限界費用と社会的限界費用に乖離を生むことになる。したがって、この特性から、市場メカニズムに任せた資源配分が、効率的な資源配分を達成できないという、いわゆる市場の失敗（market failure）の典型的事例と考えることができる。市場の失敗を補う政策的対応が必要となる由縁である。

この国際公共財であるという特性と外部性の特性とは、この問題を扱うための法的な枠組みが必要とされることを意味している。国際的な公共財をコントロールする法的な枠組みには、財産権の定義、排出規制の定義、それを国際的に公正かつ公平に負担と成果を配分するための合意の達成が不可欠である。もし各経済主体が私的な利益追求にまかせて行動した場合には、結果は公共財としての環境をますます悪化させ、外部不経済を拡大させることになる。

[1]その財の個々人の追加的使用による限界費用の増加がゼロであること．言い換えれば、ある個人もしくは企業のその財の使用が、他の個人、企業の使用を物理的に不可能にすることがないという性質。

[2]個々人の追加的使用を排除する限界費用が無限大であること。すなわち、一個人がその財を所有することによって、他人の追加的使用を排除することが出来ないという性質。

気候変動に対処する環境保全の対策、とりわけ経済学的対策についての選択の評価基準は、広義の意味での効率性（Efficiency）、効果性（Effectiveness）と公平性（Equity）の三つの観点からの考慮が必要となる。冒頭に指摘した気候変動の性質は、継続的になされる対策に関する意志決定のプロセスが、実行途中での修正を含んだ新しい情報に対応できるものであること、保険、リスクのヘッジングや行動の道の選択肢のオプションをも含んだものであることを必要とする。したがって、問題は、今後100年にわたる長期的な方法についてベストなものを選択することではなく、将来の変更の可能性を残しながら、ここ数年のベストな対策を選ぶことがもっとも重要である。将来の世代のリスクを軽減する政策メニューの中には、1）排出量の即時的削減、2）新エネルギーや省エネルギー技術の研究開発、3）気候変動の大きさとその影響についての継続的研究、4）急激な気候変動に対処するための適合的投資の推進などの対策を含んでいる。対策に関する適当なポートフォリオは、特定の対策を実施するのに比してより効果的であると考えられる。もちろんその対策は対策のコスト、利益そしてリスクを加味した選択でなければならないし、相互依存的な地球規模の経済にあっては、ある特定地域もしくは特定産業部門での温暖化ガス削減の努力は、結果として他地域や産業部門での排出の拡大をまねくことになるかもしれないという点の配慮も必要である。このことは、a）削減努力をおこなった地域の産業の比較優位をそこなう結果として、b）産業の再配置の結果、もしくはc）世界市場におけるエネルギー需給バランスの変化がもたらす価格変化の結果などによって生じることになる。したがって、選択に際しては、異なる地域、産業、個人間の相互依存的な影響を考慮することが必要となる。

気候変動枠組条約では、すべての国に排出量の削減、吸収源の拡大、適合的対策に関して、最も費用効率的な方法を選択することを要求している。また、条約は、各参加主体に共通であるが、差別化された責任のあることをみとめる一方で、負担の平等なシエアーをもとめている。各国が気候変動とその対策について異なった影響をうける可能性がある。南北でその影響は異なるであろうし、発展途上国が資金、技術両面で不足しているといったこともありうる。しかしながら、こうした状況に関して、気候変動枠組条約は、気候変動に対処するコストのシエアーの仕方に関してなんらの枠組みを提示していない。公平性に関するもう一つの問題は、諸対策の将来世代に与える影響である。現世代と将来世代との間での負担と効果に関する公平性のこの課題は、割引率の設定に関ってくることになり、それに関する合意の形成が必要なことを示唆している。

効率性の追求は、どこが資金を負担するかには関りなく、コストの最も低廉な方法を選択することをもとめる。効率性は、エネルギーの補助金を削減し、エネルギーの使用や炭素保蔵に関る財産権の改革、温暖化ガス削減効果をもつそれ以外のもろもろの外部効果を少なくすることを求めている。効率性は、情報伝達の活性化やエネルギー効率向上のための投資を誘発する資本市場の不完全性の除去によっても達成できるかもしれない。資本ストックの回転率を変化させたり、より低費用の代替エネルギーの開発を待つことによって、対策の実行のタイミングをよりフレキシブルにすることによって、費用効率を高める可能性のあることを動学的分析は示している。それぞれの国が効率性を追求することは、その費用の負担と成果の分配に関して、公平の問題とも関ってくる。したがって、効率性の追求は、共同実施や経済的手段の協調の可能性も示唆する。国際協調的な炭素税や排出権の創設なども市場の失敗を是正し、公平性を維持することにも役立つことになろう。

特定の温暖化ガス CO_2 の排出を次の簡単な恒等式を念頭において考えよう。この恒等式は、提案者茅陽一教授に因んで茅の恒等式と呼ばれている。

$$CO_2 = (CO_2/E) * (E/Q) * (Q/L) * L \tag{1}$$

ここで、CO_2 は、炭素排出量、E はエネルギー投入量、Q、L はそれぞれ実質GNPおよび総人口を表すものとする。この恒等式は、炭素排出量が、エネルギー中の炭素含有率 (CO_2/E)、エネルギー・産出比率（エネルギー生産性の逆数）(E/Q)、一人あたり実質GNP(Q/L) と総人口 (L) に分解されることを示し

ている。エネルギーの炭素含有率は、使用されるエネルギーの構成が変化することによって、それぞれのエネルギーに含まれる炭素含有量が物理的に一定であったとしても変化しうる。エネルギー生産性は、技術進歩などによるエネルギー生産性の変動や省エネルギー技術の導入によって変化しうる。一人あたり実質 GNP の変化は、経済成長率に依存することになり、全体は最終項の人口の変化にももちろん依存している。一国全体の炭素排出量の変化は、これらの各要素が如何に変化するかにかかっていることになるが、その変化が、経済政策的手段によって如何に誘導されるかが問題となる。もちろん、この恒等式は、マクロの分解であるけれども、マクロの要素の変化の背後には、産業構造や需要構造の変化を伴っているはずであり、そのそれぞれの要素の変化が一国の経済成長やその他の経済相互依存のメカニズムに与える影響やこの変化を実現する制度的可能性の是非についても考慮することが必要であろう。

環境は原則として、再生可能な資源（renewable resources）であるけれども、その再生のスピード以上での汚染は、再生を不可能とする。その意味では、環境もまた再生不可能な資源（exhaustible natural resource）であると考えられる。したがって、再生可能性に関しては、技術進歩の可能性を含む将来のコスト、割引率、リスクのバランスということになる。割引率が高ければ高いほど、将来世代の負担を軽減する意味で、対策を急ぐことが必要となる。エネルギーのソースを、石炭、石油・ガス、非炭素エネルギーに分けた場合、将来の非炭素エネルギーの開発（backstop technology）のタイミングとそのコストのシナリオに依存して、石炭および石油・ガスへの依存のシナリオが変わってくる。石油・ガスが有限資源であることを考えると、非炭素エネルギーが確実に利用可能となる時点までの戦略としては、石炭エネルギーへの依存を可能な限り少なくするという意味で、石油・ガスの省エネルギーが必要となる。その場合でも、特定地域、特定時期の省エネルギー対策の施行がもたらす炭素脱漏（Carbon Leakage）の問題も考慮することが重要である。炭素脱漏としては、次のような 2 つのものが考えられる。第一に、“positive” な carbon leakage 効果である。先進地域（North）での省エネルギー対策が、国際市場での比較優位の変化をもたらし、途上国の貿易シエアーの拡大を通じて、その生産の拡大をもたらし、それが途上国（South）での化石燃料依存を高めることとなって、地球規模での炭素排出をかえって大きくしてしまう。第二に、“negative” な carbon leakage 効果である。先進地域での石油・ガスへの依存率の低下が、石油・ガスのエネルギー国際価格を低下させることによって、石炭依存の途上国が、石油・ガスに転換する可能性も考えられる。この場合には、地球規模での炭素排出は相乗的に削減されることが期待される。

化石燃料へのエネルギー依存は、将来の代替的エネルギーの開発の可能性によって、対策実施のタイミングは異なり得る。したがって、石油・ガス依存の省力化の推進は、一種の保険の役割と考えられるが、この場合でも将来の非炭素代替エネルギー利用の可能性によって、その保険効果が変わってくる。このことは、carbon leakage の問題を静学的、地域的広がりの観点ばかりではなく、動学的観点もまた配慮することが必要であることを意味している。

3.1 地球温暖化に関する経済的手段

地球環境保全の政策手段とその実施に伴う問題点という視点から要約してみよう。環境保全の政策手段としては、大きく三つのカテゴリーに分けることができる。

政策手段の第 1 のカテゴリーは、次のようなものである。地球温暖化の可能性とその影響評価の不確定性に鑑み、保全を目的としてとられた何らかの政策実施が将来のしかるべき時点で、地球温暖化の恐れが危惧に終ったり、対策が実質的に無力であることが判明した場合でも、その対策が無意味、もしくは無駄であったとの後悔を残さないようなもの、これを “No-reglet Policy” と呼んでいる。厳密な意味で、コストを全く必要としないというわけではないけれども、現存する種々の制度・政策の改革によって、市場効率を高め、エネルギー生産性の向上に役立つ方法も考えられる。エネルギーに関する補助金の削除、土地所有制度の改革、電力料金制度の改革や土地使用に関する規制の撤廃といった制度改革がこの範疇の政策として分類できる。これらは、改革に何らかのコストを伴うという意味では、厳密な意味で “No-reglet Policy”

とは言えないけれども、既存の市場欠陥を除くことによって、市場効率の改善に役立つという点では、広義の "No-reglet Policy" に含めて考えることもできよう。

現実の市場では、種々の市場機能阻害的要素が存在する。それらを除去することによって、市場の効率性を高め、同時に温暖化ガスの弊害を除くことも可能である。この場合、市場機能を高めるという意味では、いわゆる no-reglet policy として位置付けることができる。分析的には、top-down approach（経済の相互依存の構造を捉えた模型を用いて、環境保全の各種経済的手段が、いかなる社会的、経済的影響を及ぼすかを体系的に探ろうとする分析手法)、および bottom-up approach（個別の技術の特性を詳細に解析することによって、その社会的、経済的影響を個別の影響の積み上げによって算定しようとする手法）の両面から解析がなされているが、結果の幅はかなり大きい。第1の政策手段について、Zero-cost option と呼ばれる各種現行政策の改善による手段として、次のようなものがある。

第1に、エネルギー補助金の削減である。Shah-Larsen(1991) の分析では、特に発展途上国を中心に、1990年レベルで2300億ドルのエネルギー補助金があり、それらを除くことによって、9.5%の炭素排出量の削減が可能であると推定している。OECD の Green model（Burniaux et al. (1992), Dean(1994)）によれば、エネルギー市場での市場阻害要因を除くことによって、世界の実質所得を年率0.7%増加させ、2050年の CO_2 排出量を18%削減できると推定している。また、ポーランド、ハンガリー、チェコスロバキアのエネルギー価格を世界市場並みに高めることによって、それらの国の炭素排出を30%削減できるとの推定結果も報告されている。

第2は、財産権（Property Right）の改革である。一部のものは、財産権の不明確さや将来の不確定性が環境悪化の原因となっている。たとえば、開発途上国における森林の財産権の不明確さが将来の不安をよび、現状での地主階級の森林乱伐を起している。第3としては、その他の行政的改革として、電力料金の合理的設定、土地利用の規制の撤廃などがある。第4に、非温暖化ガス排出への外部効果の抑制がある。第5に、経済体制移行過程諸国（Economies in Transition）の改革による経済効率性の改善があげられる。

そして第6は、エネルギー効率改善の諸政策である。それは、a) リサイクルシステムの構築（廃棄物に費用負担を導入することによる Recycle の促進)、b）ガソリン税の導入によって、自動車保険をその走行距離に連動してまかなう、c）駐車料金に対する公的課金システムの導入、d）住宅建設についての補助の撤廃（低利子優遇、帰属家賃についての課税など)、e）トラック輸送などへの追加的課金システムの導入、などが対応している。

政策手段の第2のカテゴリーは、より積極的に環境保全対策を実施するものである。不確定性からくるリスクの軽減やより実効性のある技術の開発、そして市場メカニズムを用いた経済的政策手段がこの範疇に入る。CO_2 など地球温暖化ガスの除去、固定化の技術が未発達な現状では、エネルギー効率の改善への政策的インセンティブの付与がその基本的な考え方になる。市場ベースの政策手段（market-based or market oriented）がそれである。この場合でも、政策実施の範囲によって、各国の国内市場を対象とした "Unilateral" なものと各国協調に基づく "Global" なものとに分けることができる。そしてそのそれぞれが、市場メカニズムの "価格" に注目した炭素税（Carbon Tax）や補助金（Subsidies）などの政策手段と "数量" の調整に注目した排出権市場（Tradable Permit Market or Tradable Quota System）の創設とに区分することができる。市場の価格メカニズムが完全に機能しているという理論的前提のもとでは、これら市場機能を活かした経済的政策手段が資源配分の効率性を保証することは自明である。しかし実際の市場の不完全性を考えると実行上は費用効果の観点に限っても問題が多い。公平性（Equity）の評価となると価格メカニズムによる資源配分がそれを保証できないわけであるから、改めて国内個人、産業間はもちろん、国際間の負担と成果配分の公平性の確保は大きな問題となる。

各国の市場機能が経済の発展段階に応じて異なっており、統一的な市場ベースの政策手段が困難な状況の中でより実行性があると考えられているのが、市場ベースの政策への将来の以降を前提とした "negociated-base" と言われる政策手段、具体的には "共同実施プログラム（Joint Implementation Program）" の提案である。このプログラムについても検討すべき課題が多いけれども、すでに欧州を中心として幾つかの試

みも開始されている。

政策手段としての第 3 のカテゴリーに入るものとして、より直接的な当局の政策介入によるものもある。ここでは、各種規制（Reguratory Instrument）、適応的対策（Adaptation）、吸収源の拡大（Sink Instrument）、資源再利用（Recycle）、省エネルギー対策（Energy Conservation）などを含めて考えている。それぞれが実施手段として、市場機能を補完するものであり、必ずしも直接的政策介入の厳密な手段に限っているわけではないことはもちろんである。こうした政策手段のそれぞれが、先に示した評価基準に照らしてその功罪が検討されなければならない。

3.2 炭素税と排出権取引

以上、三つの環境保全に関する政策手段のうち、本稿で主に対象とするのは第 2 のカテゴリーの範疇に入るものである。そこで中心的な位置を占める炭素税と排出権取引について考察することにしよう。そのためにまず環境保全という観点からみたときの市場の失敗と政策導入について検討することからはじめる。

市場の失敗についての可能性は幾つかの観点から指摘されうる。それらは、a）情報の非公開:公共財に関する情報の提供、その伝達に関しての不完全性が市場の失敗をもたらす、b）企業の所有・経営の分離:経営と所有の分離が常態である現代の企業組織において、エネルギー効率の向上が、経営者の インセンテイブになりえるかどうか？、c）規模の経済性と外部効果:新しい技術の採用が、規模の経済性の存在や外部効果の作動によって阻害される可能性、d）資本市場の不完全性：個別企業の設定する割引率は、それにリスクプレミアムを含めたとき、市場利子率より高めに乖離することがありえる。その結果として、投資のインセンテイブが阻害されることが生じ、資本市場における量的制約が投資を阻害する、などに整理されよう。

これらの市場の失敗をもたらす幾つかの要因の存在は、市場メカニズムに任せるかたちでの経済運営が環境保全という観点からすれば、市場の効率性を必ずしも保証しないということを示唆している。そこでは市場の欠陥を補完するかたちでの何らかの政府の政策的介入が必要となる。通常、市場メカニズムの作動によって、効率的な資源配分がなされるという場合には、二つの意味をもっている。ある財の需要にともなって発生する限界的便益とその財を供給する際の限界的費用とが均等化する水準で需給の均衡が成立する。その水準では、結果としてその財の需給が均衡し、需要者が獲得する便益はもっとも大きくなっている。それ以上の追加的供給は、追加的便益が追加的費用を下回ることとなって損失を発生させるし、それ以下の供給は、供給をさらに増すことによってさらに総便益を拡大させる可能性をもっていることになる。この意味で限界便益と限界費用とが等しい水準の需給均衡量は、効率的供給（需要）量であるということになる。また一方で、こうした市場メカニズムがすべての財について等しく作動することによって、市場全体でも資源の配分が効率的におこなわれることも市場メカニズムは保証しているのである。市場の失敗は、何らかの形でこのメカニズムが侵されることを意味している。ある経済活動によって環境汚染が発生したとすれば、その汚染の弊害やそれを保全する費用を勘案すれば、社会的には、その財の供給に際して要した費用（私的限界費用）以上に多くの費用を負担しなければならないことになる。その費用を社会的限界費用を呼べば、この経済活動がもたらす外部不経済の効果によって、私的限界費用と社会的限界費用とに乖離が生まれることになる。その場合、市場が私的限界費用と限界便益の均等化を達成したとしても、社会全体としては、先の意味での効率を達成していることにはならない。環境政策に関して、政策的にこの乖離分を補うことによって、市場の欠陥を補正することが必要となる。Pigue(1932) は、税もしくは補助金の制度によって、市場の欠陥を補うことを提案している。私的限界費用と社会的限界費用の乖離分に相当する費用を税や補助金によって埋め、この乖離分を市場で勘案される費用に含めることによって、後は市場の効率的資源配分のメカニズムに任せようという考え方である。それは外部費用の内部化であり、提案者に因んでピグー税（Pigouvian Tax）と呼ばれる。ピグー税のもとでは、結果として、外部費用まで含めた社会的限界費用が限界便益に等しくなり、各種の汚染発生源の排出削減費用が均等化することで社会的

削減費用が最少化されることにより、市場の資源配分の効率性が保たれることになる。ピグー税の導入は、確かに理論的には、市場メカニズムの効率性を保証するような、最適な汚染の削減水準とそれを実現するための税率が内生的に決まることになるけれども、実際の政策運営という観点からすると、種々の異なる汚染発生源の限界外部費用と社会的限界削減費用とをすべて政策当局者が把握していなければならないという意味では、情報量としての負担は非常に大きなものとなり、実際には不可能に近い。ピグー税の代替的経済手段として、提案されているのが排出権取引（Tradable Permit）と炭素税（Carbon Tax）である。

効率性の追求は、経済に参加するすべての主体に、環境保全のすべての社会的限界費用を払わせることを必要とする。そこでの効率性は、社会の総便益が極大化されるように最適汚染水準が決まり、同時に各経済主体の負担が均等化するように、限界排出削減費用の均等化が行われる。このうち、前者の効率性を犠牲にして、排出水準もしくは削減水準を政策当局が政策的に決定し、その制約のもとで市場メカニズムによって後者の効率性のみを追求しようとするのが、排出権市場や炭素税導入の考え方である。

排出権取引マーケットにおいては、社会全体の汚染発生の目標の設定に応じた排出権の総量と個別の汚染発生源（原理的には、国単位でも、企業単位でも考えられる）ごとの排出権の配分の決定が必要となる。政策当局は、この排出許可量を直接規制することによって、総量としての排出水準を抑制することになる。各主体に配分された排出権は、市場で成立する排出権の価格に即して、その権利を売買することができる。排出権の初期値としての配分は、オークションによるか、一人当たり排出量の制約に基づくある時点でのベンチマーク方式によるか、過去の排出に関して免責を許して (grandfathering crause)、現状の排出量に基づくか、後二者のミックスによるか、幾つかの方法が考えられる。いずれにせよ、ひとたび排出権の初期値が分配されると、個別主体は、追加的排出に関して、除去費用と排出権の価格との兼ねあいによって、排出権を売買することになる。排出権の価格もしくは除去活動の費用は、いずれにしろ生産物価格に含まれることになり、市場を通じて個別主体は、除去活動の社会的限界費用を負担することになる。また、市場での活動の結果として、除去技術の開発などによる環境保全技術の導入へのインセンテイブが生まれることになる。

排出権市場の創設が、市場での排出権価格によって、それが生産物価格に内部化されるのに対して、炭素税は直接的に各経済活動の追加的排出に税がかけられることになる。この場合でも、若干の試行錯誤を繰り返すことによって、排出量に関する総量を望ましい水準に設定すべく税率を決定しなければならない。しかし、ピグー税の場合と異なり、排出水準は、社会的便益が極大になるとはかぎらない。総排出量の設定に応じて、各汚染発生主体の負担は、税率の均等化によって達成されるという効率基準のみを満たすことになる。このような税を提案者の名をとって、ボーモル＝オーツ税と呼んでいる。

排出権の配分の初期値の決定の仕方によって、除去費用の配分、および経済成長経路に大きな影響を及ぼす。また炭素税の導入は、炭素の発生に技術的な偏りがあったり、消費者の趣好条件の差異があることから、明らかに産業部門、個別消費者の負担に差が生まれることになり、分配に影響を与えることになる。それを相殺するような補助を与えることも考えうるけれども、そのことがかえって将来の除去活動へのインセンテイブをそこなうことも考えられる。排出権の初期値の決定に際しても、分配の公平性の議論はさけることができない。炭素税に関して、国際的な協調に基づく統一的税率 (uniformed corrective tax) の適用は、分配に関して影響を少なくすることになるが、その場合でも累進性の導入の是非は議論の対象となることは避けられない。いずれにせよ、国際間の合意形成は困難な問題となろう。

炭素税の導入は、それ自体が市場の資源配分に偏りをもたらすものであってはならない。したがって、炭素税による税収は、その偏りを是正するような国民への還流が必要となる。またさらには、炭素税収入を他の既存の税の減税源として用いることによって、既存の税体系の持つ不可避的損失（dead-weight loss）を改善することも考えられる。この場合炭素税の導入は、環境保全に役立つばかりではなく、市場の分配の偏りを是正するという意味でも効果をもつことになり、これを二重配当（double divident）と呼んでいる。また、炭素税の導入によって、非温暖化ガスの対策ともなったり、経済成長の経路を変えることも double divident のもうひとつの可能性を示唆するものといえる。

炭素税の賦課の仕方についても、各炭素排出のエネルギーの炭素含有量に比例して、各化石燃料に課税する厳密な意味での炭素税、エネルギー使用者の二酸化炭素放出量に比例して課税される温暖化ガス税、化石燃料の熱量に比例して課税する BTU 税、現行のエネルギー関連の間接税に付加的に税を追加する従価税（Ad Valorem Tax）など幾つかの可能性が検討されている。

4　多部門一般均衡モデルの構築

このモデルは経済の一般的相互依存を定量的に分析するために開発したものである。産業内生部門 36 部門からなる生産者としての経済主体と、世帯主年齢階層別に 6 区分された世帯類型に基づく消費者としての経済主体が、財・サービス市場、資本・労働の生産要素市場において経済合理性をもって行動する結果として、すべての部門で、均衡価格と均衡数量とが市場均衡の条件から達成されることをこの模型によって描こうとしている。

生産者としての経済主体は、各産業部門の生産技術条件を所与として、生産者行動を行うが、大きく二つの局面に分けて考えることができる。ひとつは、期首の資本ストックないしは生産能力、および雇用者数を所与とし、そこで実現している生産技術も与えられているという状態での生産者が、短期的に利潤極大行動によって決定する短期供給スケジュールの提示のメカニズムである。短期的にここで導かれる供給スケジュールは、中間原材料や労働サービスの価格に依存しており、中間財市場や労働市場を通じて他の産業部門と相互依存的関係をもっている。もう一つの生産者行動は、短期で与えられる期首の資本ストックや生産能力、雇用係数や中間投入係数などの技術条件を決定する行動である。ここでは、長期の需要見通しと要素相対価格、および技術進歩の方向を推察した上で、長期的に費用極小化の行動をとるものと仮定している。長期費用関数は、各産業部門についてトランス・ログ型の定式をもちいており、将来の需要規模の想定と、資本、労働、原材料、エネルギーの各要素価格が、各生産要素の長期的なコストシエアを決定するものと考えている。ここで、各生産要素のコストシエアが決定されるとそれに対応した、資本（K）、労働（L）、エネルギー（E）、原材料（M）の実質投入量が決定されることになる。資本量は長期的な需要、価格の見通しに基づく最適資本ストックであるということができるが、期首の資本ストックとこの最適資本ストックの差異は、減価償却を考慮すれば、当期の最適投資のフロー量と対応することになる。

もし規制産業であったり、あるいは将来導入されうる技術の見通しが比較的明確な産業であれば、上記のような$KLEM$型費用関数による生産計画は現実性（feasibility）を欠く可能性が多いにある。われわれのモデルではこのような点を鑑みて、柔軟性を保有しており、将来の技術導入に関する選択可能なシナリオを外生的に与えることもできるようになっている。その際、各々の技術シナリオは経済モデルにおける技術の記述としての実質投入係数、雇用係数およびそれを規定する資本係数あるいは資本ストック量によって把握する必要がある。現段階のモデルでは、電力部門と公務部門について上記のような扱いをしている。電力部門では、原子力発電、石炭火力発電、LNG 火力発電、石油火力発電、水力・地熱発電、新エネルギー発電、自家発電などの電源構成別に、通産省による電力需給見通しに従って将来の建設についてのシナリオを与えている。ここで与えるシナリオとしての電源構成別の中間投入係数、必要資本係数、必要雇用係数はそれぞれが整合的なものとして記述されている。総発電量として電力需要量総計については内生的にモデルの体系内から解かれるために、事後的には火力発電を中心にした設備利用率が内生的に解かれるものとしている。

一方、労働投入量については、ここでは生産者の合理的行動から、資本ストックの最適レベルに対応した、労働雇用レベルが決定されたと考えている。労働市場側からみれば、労働雇用の需要水準に対応する。このモデルでは、労働の供給に関しては、世帯主年齢階層別に区分された家計の行動として、個人年齢 6 階層別の労働供給が決定されると考えている。そこでは各家計単位での労働供給行動を世帯主と非世帯主とに分けて、世帯主の労働供給が、自身の直面する労働市場おいての賃金率もしくは労働サービス価格に

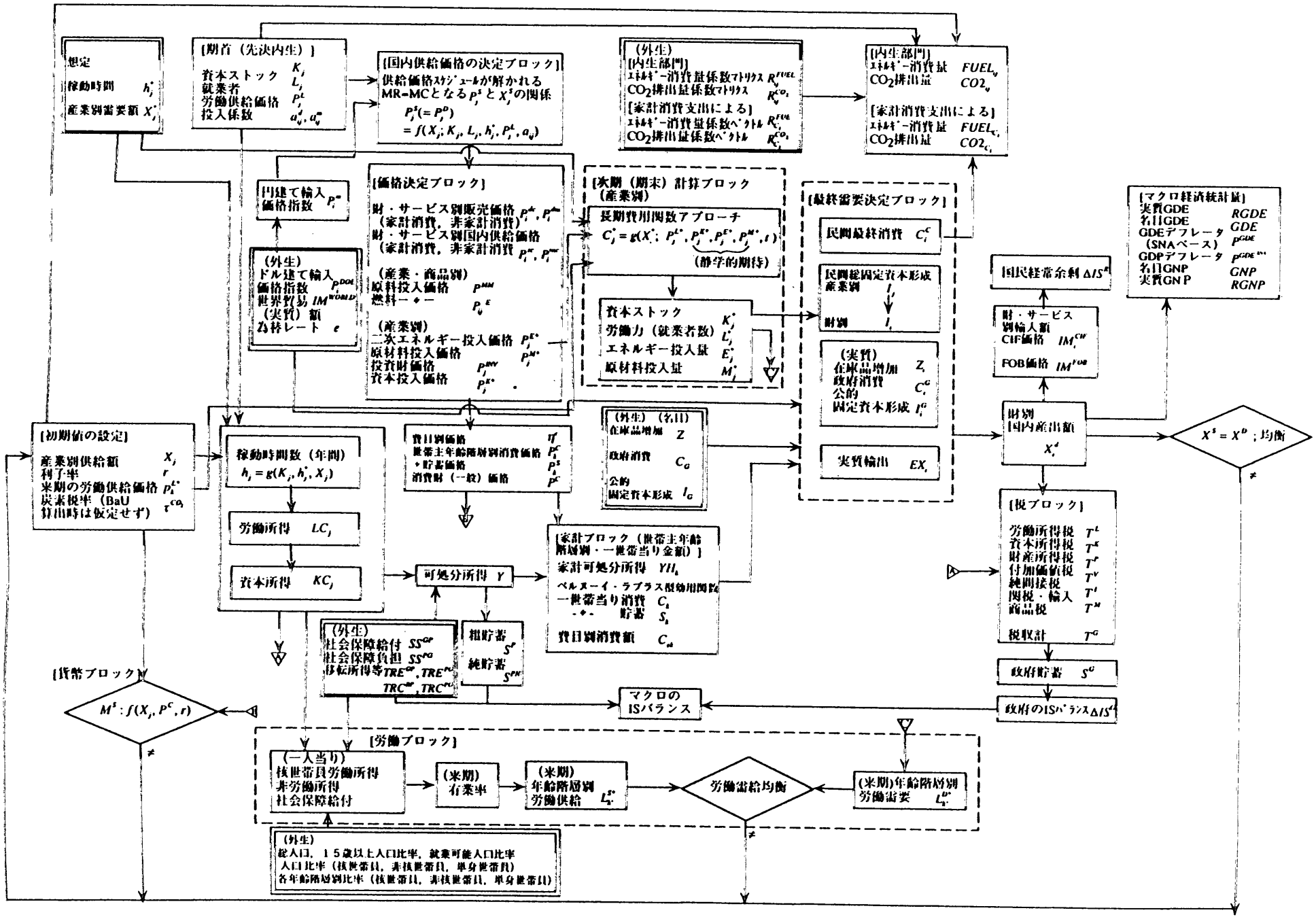
感応的であるのに対して、非世帯主の労働供給は、所属する世帯の世帯主所得、および非世帯主に提示される賃金率に弾力的であると仮定されている。これは、労働供給に関するダグラス・有沢法則を具体化する形での個人年齢階層別の労働供給図式の定式化である。一人当たりの労働時間を所与として、各産業部門の個人年齢別労働需要と家計から導かれる個人年齢別の労働供給が一致するというように均衡賃金率および均衡雇用者数が決定される。ここで決定された賃金率は短期的には調整されないものと仮定しており、短期の供給スケジュール上では、賃金率は期首のあたい、すなわち前期の労働市場で決められた契約に基づいて賃金率が所与として与えられると考えている。したがって、長期的費用極小の行動によって選択された技術条件は、次期の最適資本ストック量、労働雇用量、賃金率、中間原材料投入係数、およびエネルギー投入係数などを決定し、一期のラグを伴って次期の短期供給行動の期首条件を与えることになる。

短期の供給行動は、長期で選択された技術条件を所与として、各生産部門の生産者の利潤極大の行動から、供給スケジュールが導かれる。短期の供給スケジュール（短期供給関数）では、中間投入、エネルギー投入の実質投入係数、生産能力としての資本ストック、資本ストックに対応した労働の雇用量が与えられており、設備の稼動時間を調整することによって、供給量と供給価格とのスケジュールが描けるかたちになっている。供給スケジュールは、中間原材料およびエネルギーとして、他部門の財・サービスを用いており、その価格が費用に反映されることから、ある部門の供給は他のすべての部門と供給構造において相互依存的関係にある。すべての部門の財市場の均衡が同時的に決定されることになる。

短期の財市場における需給均衡のプロセスは、一方で各財の需要・供給のスケジュールによって調整される。需要は、最終需要の要素として、家計消費支出、民間総固定資本形成、政府消費支出、公的総固定資本形成、在庫投資、輸出、（控除）輸入などの項目からなる。このうち、政府消費支出および公的総固定資本形成、在庫投資は名目値を外生的に与えている。輸出量は財別に計測された輸出関数からもとめられ、国内財価格と外生で与えられる海外財価格との相対価格、同じく外生的に与える世界貿易量によって、各商品の実質輸出量が決定される。輸入については、中間財、最終財ともに各商品ごとに、輸入シェア関数を設定しており、国内財、海外財の相対価格によって輸入シェアが決定され、輸入量がもとめられる。民間総固定資本形成は上で述べた生産者の長期費用極小から求められた、最適資本ストックを実現すべく、産業別実質投資額が決定し、観察された産業別資本財構成（固定資本マトリックス）を経由して投資財需要ベクトルがもとめられる。最後に、家計消費支出については2段階に分割される。第1段階では、各産業部門の労働所得および資本所得によって、税制の考慮の後に可処分所得がもとめられ、所得制約と各財の価格制約とから、効用極大原理にもとづいて貯蓄、消費がもとめられる。家計消費行動の第2段階では、各財・サービスに関する選好のもとで効用極大化により費目別消費量を決定する。それは商品–費目コンバーターを経由して家計消費ベクトルを形成することになる。もちろん、所得および各種消費財価格は、全部門の需給均衡に至るプロセスによって変化することになるので、貯蓄、消費もまた、体系の均衡解と同時的に決定されることになる。最終需要の各要素に応じて、期首の中間投入係数を所与として、レオンチェフ逆行列の算定から、最終需要を満たす直接・間接需要量としての財・サービス別国内需要量（需要スケジュール）が導かれ、財市場において先短期生産者行動における供給スケジュールとの対応で、需給が均衡するまで、価格、所得の各変数が調整されることになる。

すべての産業部門の財市場で需給が均衡し、労働市場で需給が均衡すると、発生付加価値と最終需要が等しくなり、結果として、マクロでの貯蓄投資バランスが達成される。また一方で貨幣の需給方程式があり、いわゆるIS-LMの均衡によって、同時に利子率が内生的に決定される。以上の体系をフローで示したものが、次頁のフローチャートである。

またここでの多部門一般均衡モデルにおける各種パラメターは、そのほとんどが我が国の1960-92年にわたる詳細かつ総括的なデータベースを用いて計量経済学的に求めたものである。われわれの構築したデータベースの詳細については、黒田・新保・野村・小林(1997)を参照されたい。では以下では、具体的なモデルの方程式体系を示すことにする。


想定
稼動時間 h_j^*
産業別需要額 X_j^*
[期首（先決内生）]
資本ストック K_j
就業者 L_j
労働供給価格 P_j^L
投入係数 a_{ij}^d, a_{ij}^m
[国内供給価格の決定ブロック]
供給価格スケジュールが解かれる
MR=MCとなる P_j^s と X_j^s の関係
$P_j^s(=P_j^D)$
$=f(X_j; K_j, L_j, h_j^*, P_j^L, a_{ij})$
（外生）
[内生部門]
エネルギー消費量係数マトリクス R_{ij}^{FUEL}
CO_2排出量係数マトリクス $R_{ij}^{CO_2}$
[家計消費支出による]
エネルギー消費量係数ベクトル $R_{C_i}^{FUEL}$
CO_2排出量係数ベクトル $R_{C_i}^{CO_2}$
[内生部門]
エネルギー消費量 $FUEL_{ij}$
CO_2排出量 $CO2_{ij}$
[家計消費支出による]
エネルギー消費量 $FUEL_{C_i}$
CO_2排出量 $CO2_{C_i}$
円建て輸入価格指数 P_i^m
[価格決定ブロック]
財・サービス別販売価格 P_i^d, P_i^m
（家計消費，非家計消費）
財・サービス別国内供給価格
（家計消費，非家計消費 P_i^m, P_i^{mc}
（産業・商品別）
原料投入価格 P^{MM}
燃料 P_{ij}^E
（産業別）
二次エネルギー投入価格 P_j^{E*}
原材料投入価格 P_j^{M*}
投資財価格 P_j^{INV}
資本投入価格 P_j^{K*}
[次期（期末）計算ブロック
（産業別）
長期費用関数アプローチ
$C_j^* = g(X_j^*; P_j^{L*}, P_j^{E*}, P_j^{M*}, t)$
（静学的期待）
資本ストック K_j^*
労働力（就業者数）L_j^*
エネルギー投入量 E_j^*
原材料投入量 M_j^*
[最終需要決定ブロック]
民間最終消費 C_i^c
民間総固定資本形成
産業別 I_j
財別 I_i
（実質）
在庫品増加 Z_i
政府消費 C_i^G
公的
固定資本形成 I_i^G
実質輸出 EX_i
[マクロ経済統計量]
実質GDE $RGDE$
名目GDE GDE
GDEデフレータ（SNAベース）p^{GDE}
GDPデフレータ $p^{GDE_{SNA}}$
名目GNP GNP
実質GNP $RGNP$
国民経常余剰 ΔIS^R
財・サービス別輸入額
CIF価格 IM_i^{CIF}
FOB価格 IM^{FOB}
財別
国内産出額
X_i^d
$X^s = X^D$；均衡
≠
[初期値の設定]
産業別供給額 X_j
利子率 r
来期の労働供給価格 P_i^{L*}
炭素税率（BaU
算出時は仮定せず）τ^{CO_2}
稼動時間数（年間）
$h_j = g(K_j, h_j^*, X_j)$
労働所得 LC_j
資本所得 KC_j
費目別価格 π^f
世帯主年齢階層別消費価格 P_i^C
＋貯蓄価格 P_i^S
消費財（一般）価格 P^C
（外生）（名目）
在庫品増加 Z
政府消費 C_G
公的
固定資本形成 I_G
[家計ブロック（世帯主年齢階層別・一世帯当り金額）]
家計可処分所得 YH_h
ベルヌーイ・ラプラス型効用関数
一世帯当り消費 C_h
〃 貯蓄 S_h
費目別消費額 C_{ih}
可処分所得 Y
（外生）
社会保障給付 SS^{GP}
社会保障負担 SS^{PG}
移転所得等 TRE^{GP}, TRE^{PG}
TRC^{GP}, TRC^{PG}
粗貯蓄 S^P
純貯蓄 S^{PN}
[税ブロック]
労働所得税 T^L
資本所得税 T^K
財産所得税 T^P
付加価値税 T^V
純間接税 T^I
関税・輸入 T^M
商品税 T^M
税収計 T^G
政府貯蓄 S^G
政府のISバランス ΔIS^G
マクロのISバランス
[貨幣ブロック]
$M^s : f(X_j, P^C, r)$
≠
[労働ブロック]
（一人当り）
核世帯員労働所得
非労働所得
社会保障給付
（来期）
有業率
（来期）
年齢階層別
労働供給 L_h^{S*}
労働需給均衡
（来期）年齢階層別
労働需要 L_h^{D*}
≠
（外生）
総人口，15歳以上人口比率，就業可能人口比率
人口比率（核世帯員，非核世帯員，単身世帯員）
各年齢階層別比率（核世帯員，非核世帯員，単身世帯員）

4.1 部門分類と産業連関表

まずはじめにわれわれのモデルにおける産業連関表のイメージと、部門分類を与えておくことにしよう。次頁の図 1がモデル体系内において解かれる産業連関表を示しており、この産業連関表が同図右下に示した 10 の各ブロックと整合的なかたちで毎年次解かれることになる。産業連関表は、表 1で示しているように、内生 36 部門であり（それらは国内財及び輸入財に分割される)、ここでの特徴としては 4 つの外生的な非競争輸入、および 8 つの屑・副産物投入および発生を特掲している。またエネルギー投入のうち原料として加工されるものを除く燃料種別投入量（主体としては産業によるものと家計消費されるものがある)を導出し、そこから発生する CO_2排出量を計測している。ここでの CO_2排出量は炭素税の導入にとっても、政策ターゲットとしても非常に重要なものであるが、このようなエネルギー分類によって過去の CO_2排出量をどれだけ近似できるかは 4.11において示すことにしよう。

表 1: 各種部門分類

内生部門[A)]	最終需要[B)]	付加価値[C)]	年齢階層[D)]	費目[E)]
1. 農林水産業	37. 家計消費支出	57. 雇用者所得	1.15-24 歳	1. 食料・住居・家具・被服等
2. 石炭鉱業	38. 政府消費支出	58. 資本所得	2.25-34 歳	2. 電気
3. その他鉱業	39. 民間総固定資本形成	59. 純間接税	3.35-44 歳	3. ガス・その他光熱
4. 建設	40. 公的総固定資本形成		4.45-54 歳	4. 交通・通信
5. 食料品	41. 在庫品増加		5.55-64 歳	5. その他消費支出
6. 繊維	42. 輸出		6.65 歳以上	
7. 衣服	43. 輸入			
8. 木材木製品	44. 関税・輸入品商品税			
9. 家具備品				
10. 紙パルプ	内生部門（続き）[A)]	非競争輸入[F)]	屑部門[G)]	電源構成[H)]
11. 出版印刷	24. その他輸送機械	37. 原油	41. 古紙	29-1. 原子力発電
12. 化学	25. 精密機械	38. 天然ガス	42. ＬＰＧ	29-2. 石炭火力発電
13. 石油製品	26. その他製造業	39. 鉄鉱石	43. コークス	29-3.LNG 火力発電
14. 石炭製品	27. 運輸	40. その他	44. 高炉ガス	29-4. 石油火力発電
15. ゴム製品	28. 通信		45. ガラス屑	29-5. 水力・地熱発電
16. 皮革製品	29. 電力		46. 鉄屑	29-6. 新エネルギー発電
17. 窯業土石	30. ガス供給		47. 非鉄屑	29-7. 自家発電
18. 鉄鋼	31. 水道		48. 鋼船	
19. 非鉄金属	32. 卸小売			
20. 金属製品	33. 金融保険			
21. 一般機械	34. 不動産業			
22. 電気機械	35. その他サービス			
23. 自動車	36. 公務			

産業分類	; $IND=\{1,\cdots,36\}^{A)}$
商品分類	; $COM=\{1,\cdots,36\}^{A)}$
非競争輸入商品分類	: $NCI=\{37,38,39,40\}^{F)}$
屑・副産物分類（投入)	; $SBI=\{41,\cdots,48\}^{G)}$
屑・副産物分類（発生)	: $SBO=\{49,\cdots,56\}^{G)}$
原材料分類	; $MTR=\{1,\cdots,12,15,\cdots,28,31,\cdots,36\}^{A)}$
二次エネルギー分類	; $ENR=\{13,14,29,30\}^{A)}$
燃料分類	; $ENF=\{2,13,14,30,37,38,42,43,44\}^{A)}$
世帯主年齢階層分類	: $AGH=\{1,2,3,4,5,6\}^{D)}$
個人年齢階層分類	: $AGI=\{1,2,3,4,5,6\}^{D)}$
費目分類	; $EXG=\{1,2,3,4,5\}^{E)}$
電源構成分類	; $EPG=\{29\text{-}1,2,3,4,5,6,7\}^{H)}$

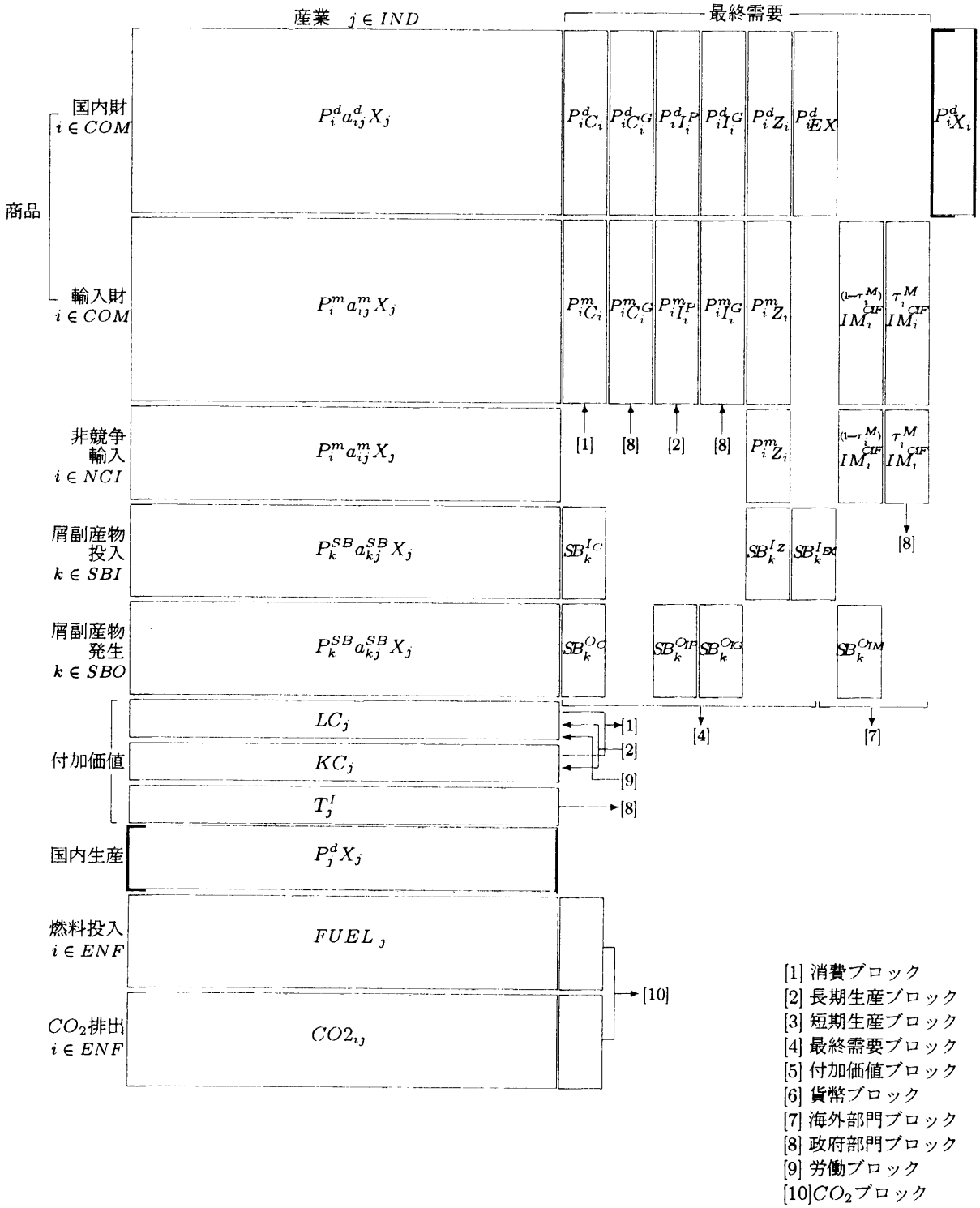


図 1: 多部門一般均衡モデルにおける産業連関表と各ブロックの対応

4.2 消費ブロック

消費ブロックでは、労働及び資本保有より獲得した（税引き後）所得を制約として、貯蓄額と消費総額の決定の後、消費総額をベルヌイ-ラプラス型効用関数によって5つの費目別消費へと分割し、それらが商品-費目コンバーターを経由して産業連関表における家計消費ベクトルとしてひとつの最終需要を構成する。

消費財価格は各商品価格の集計値として次のようにする。

$$\ln P^C = \sum_{i \in COM} \alpha^i_{C_C} \ln P^{SC}_i + \sum_{i \in NCI} \alpha^i_{C_C} \ln P^m_i \tag{2}$$

また各世帯主年齢階層別の消費価格は、各費目の価格（η_e）の階層別集計として、

$$\ln P^C_k = \sum_{e \in EXG} \alpha^e_{C_\eta} \ln \eta_e \quad (k \in AGH) \tag{3}$$

を定義し、各世帯主年齢階層別（一世帯当り月額）で消費総額と貯蓄の配分について次の効用関数、および予算制約式を仮定する。

$$U_k = (C_k - \alpha^{U_C}_k)^{\beta^{U_C}_k} (S_k - \alpha^{U_S}_k)^{\beta^{U_S}_k} \quad (k \in AGH) \tag{4}$$

$$YH_k = P^C_k C_k + S_k \quad (k \in AGH) \tag{5}$$

このとき、可処分所得（YH_k）、消費支出（$P^C_k C_k$）、貯蓄額（S_k）はそれぞれ一世帯当り平均月額とする。一世帯当り可処分所得（YH_k）の算出は後述の労働ブロックでの（87）式による。

各世帯主年齢階層の効用最大化によって、一世帯当り消費支出総額および貯蓄額は、

$$P^C_k C_k = P^C_k \alpha^{U_C}_k + \beta^{U_C}_k \left(Y_k - P^S_k \alpha^{U_S}_k - P^C_k \alpha^{U_C}_k \right) \quad (k \in AGH) \tag{6}$$

$$S_k = YH_k - P^C_k C_k \quad (k \in AGH) \tag{7}$$

として求められる。ただしこのとき、貯蓄（S_k）の価格は消費の価格と利子率より

$$P^S_k = \frac{P^C_k}{1+r} \quad (k \in AGH) \tag{8}$$

としている。以上で求められた各世帯主年齢階層別の消費支出総額（一世帯当り月額）を制約にして、次の効用関数および予算制約式

$$\ln U^C_k = \sum_{e \in EXG} \beta^U_e log(C^\eta_{ek} - \alpha^U_{ek}) \quad (k \in AGH) \tag{9}$$

$$P^C_k C_k = \sum_{e \in EXG} C^\eta_{ek} \eta_e \quad (k \in AGH) \tag{10}$$

のもとで、効用最大化により各世帯主年齢階層別の各費目別の消費需要量（一世帯当り月額）は次のようになる。

$$\eta_e C^\eta_{ek} = \eta_e \alpha^U_{ek} + \beta^U_e \left(P^C_k C_k - \sum_{e \in EXG} \eta_e \alpha^U_{ek} \right) \quad (k \in AGH, e \in EXG) \tag{11}$$

以上で用いている費目別価格（η_e）は商品別価格と商品-費目コンバーター（Φ^C_{ie}）によるウェイト（w^C_{ie}）を用いて次のように定義している。

$$\eta_e = \sum_{i \in COM} w^C_{ie} p_i^{sc^{ctax}} \quad (e \in EXG) \tag{12}$$

$$w^C_{ie} = \frac{\Phi^C_{ie}}{\sum_{i \in COM} \Phi^C_{ie}} \quad (i \in COM, e \in EXG) \tag{13}$$

4.3 長期生産ブロック

長期生産ブロックでは、各産業の想定する来期の需要量 X_j^* と来期の稼働率を示す h_j^* が与えられたもとで、採用する技術体系を決定する（ここで*は来期の値を示す)。ここでは産業ごとに費用最小化により内生的に技術体系が解かれる部門と、将来の生産計画のシナリオを外生的に与えて外生的に決定する部門とに別れている（外生的にシナリオを与えていない産業はすべて内生的に導出している)。いずれにせよ、来期採用する技術体系として、計画資本ストック量（K_j^*）と計画労働投入量（L_j^*）および国内財および輸入財投入係数 a_{ij}^{d*}、a_{ij}^{m*} を導出する。

4.3.1 内生決定部門ー長期生産ブロック

長期費用関数を、

$$\begin{aligned}\ln C_j^* &= \alpha_0^j + \sum_k \alpha_k^j \ln P_j^{k*} + \alpha_X^j \ln X_j^* + \alpha_t g_j(t) \\ &+ \frac{1}{2}\sum_k\sum_l \beta_{kL}^j \ln P_j^{k*} \ln P_j^{l*} + \sum_k \beta_{kX}^j \ln P_j^{k*} \ln X_j^* \\ &+ \sum_k \beta_{kt}^j \ln P_j^{k*} g_j(t) + \beta_{Xt}^j \ln X_j^* g_j(t) \\ &+ \frac{1}{2}\beta_{XX}^j (\ln X_j^*)^2 + \frac{1}{2}\beta_{tt}^j g_j(t)^2 \quad (j \in IND, \quad k,l = K,L,E,M)\end{aligned} \tag{14}$$

とする。ただし $g_j(t)$ は、

$$g_j(t) = \frac{\mu_j t}{1+\mu_j t} \qquad (j \in IND) \tag{15}$$

として与える。費用関数は Shepard's lemma により、

$$v_j^k = \frac{\partial \ln C_j^*}{\partial \ln P_j^{k*}} = \alpha_k^j + \sum_l \beta_{kL}^j \ln P_j^{l*} + \beta_{kX}^j \ln X_j^* + \beta_{kt}^j g_j(t) \tag{16}$$

$$v_j^X = \frac{\partial \ln C_j^*}{\partial \ln X_j} = \alpha_X^j + \sum_k \beta_{kX}^j \ln P_j^{k*} + \beta_{XX}^j \ln X_j^* + \beta_{Xt}^j g_j(t) \tag{17}$$

$$-v_j^t = \frac{\partial \ln C_j^*}{\partial t} = \left(\alpha_t^j + \sum_k \beta_{kt}^j \ln P_j^{k*} + \beta_{Xt}^j \ln X_j^* + \beta_{tt}^j g_j(t)\right) \dot{g}_j(t) \tag{18}$$

$$(j \in IND, k,l = K,L,E,M)$$

が得られ、よってある想定需要のもとで費用極小によって決まる各部門の来期の K、L、E、M は、

$$K_j^* = v_j^K \frac{C_j^*}{P_j^{K*} P_j^{K0}} \quad (j \in IND) \tag{19}$$

$$L_j^* = \left(v_j^L \frac{C_j^*}{P_j^{L*} P_j^{L0}}\right) \Big/ h_j^* \quad (j \in IND) \tag{20}$$

$$E_j^* = v_j^E \frac{C_j^*}{P_j^{E*}} \quad (j \in IND) \tag{21}$$

$$M_j^* = v_j^M \frac{C_j^*}{P_j^{M*}} \quad (j \in IND) \tag{22}$$

である。原料・燃料の投入価格は、炭素税率を $\tau_{ij}^{CO_2}$ とすると（その導出については後述)、

$$P_{ij}^{EE*} = (1+\tau_{ij}^{CO_2}) P_i^{snc} \quad (i \in ENR, j \in IND) \tag{23}$$

$$P_{ij}^{MM*} = \begin{cases} (1+\tau_{ij}^{CO_2}) P_i^{snc} & (i \in MTR, j \in IND) \\ (1+\tau_{ij}^{CO_2}) P_i^{m} & (i \in NCI, j \in IND) \end{cases} \tag{24}$$

産業別2次エネルギー投入価格を次のようにする。

$$\ln P_j^{E*} = \sum_{i \in ENR} \alpha_{E_i}^j \ln P_i^{EE*} + \frac{1}{2} \sum_{i \in ENR} \sum_{k \in ENR} \beta_{E_{ik}}^j \ln P_i^{EE*} \ln P_k^{EE*} \quad (j \in IND) \tag{25}$$

各2次エネルギーのshare functionは、

$$v_j^{E_i} = \alpha_{E_i}^j + \sum_{k \in ENR} \beta_{E_{ik}}^j \ln P_k^{EE*} \quad (i \in ENR, j \in IND) \tag{26}$$

であり、各エネルギー投入量は、

$$E_{ij}^* = v_j^{E_i} \frac{P_j^{E*} E_j^*}{P_i^{EE*}} \quad (i \in ENR, j \in IND) \tag{27}$$

となる。また産業別各原材料投入価格を次のようにする。

$$\ln P_j^{M*} = \sum_{i \in MTR\&NCI} \alpha_{M_i}^j \ln P_i^{MM*} \quad (j \in IND) \tag{28}$$

よって原材料投入量は（$v_j^{M_i}$はconstant）、

$$M_{ij}^* = \alpha_{M_i}^j \frac{P_j^{M*} M_j^*}{P_i^{MM*}} \quad (i \in MTR \cup NCI, j \in IND) \tag{29}$$

となる。ここで各財の輸入価格、国内財の家計消費価格及び非家計消費価格を、

$$P_i^m = (1 + \tau_i^M) e P_i^{DOL} \quad (i \in COM \cup NCI) \tag{30}$$

$$P_i^{dc} = (1 + \tau^c) P_i^d \quad (i \in COM) \tag{31}$$

$$P_i^{dnc} = P_i^d \quad (i \in COM) \tag{32}$$

とし、各財・サービスの国内供給価格（家計消費と非家計消費）を次のようにする。

$$\begin{aligned} \ln P_i^{sc} &= \alpha_{sc_{dc}}^i \ln P_i^{dc} + \alpha_{sc_m}^i \ln P_i^m + \frac{1}{2} \beta_{sc_{dcdc}}^i (\ln P_i^{dc})^2 \\ &\quad + \beta_{sc_{dcm}}^i \ln P_i^{dc} \ln P_i^m + \frac{1}{2} \beta_{sc_{mm}}^i (\ln P_i^m)^2 \quad (i \in COM) \end{aligned} \tag{33}$$

$$\begin{aligned} \ln P_i^{snc} &= \alpha_{snc_{dnc}}^i \ln P_i^{dnc} + \alpha_{snc_m}^i \ln P_i^m + \frac{1}{2} \beta_{snc_{dncdnc}}^i (\ln P_i^{dnc})^2 \\ &\quad + \beta_{snc_{dncm}}^i \ln P_i^{dnc} \ln P_i^m + \frac{1}{2} \beta_{snc_{mm}}^i (\ln P_i^m)^2 \quad (i \in COM) \end{aligned} \tag{34}$$

よってshare functionは、

$$v_i^{dc} = \alpha_{sc_{dc}}^i + \beta_{sc_{dcdc}}^i \ln P_i^{dc} + \beta_{sc_{dcm}}^i \ln P_i^m \quad (i \in COM) \tag{35}$$

$$v_i^{dnc} = \alpha_{snc_{dnc}}^i + \beta_{snc_{dncdnc}}^i \ln P_i^{dnc} + \beta_{snc_{dncm}}^i \ln P_i^m \quad (i \in COM) \tag{36}$$

となり、国内財・輸入財の投入係数はそれぞれ、

$$a_{ij}^{d*} = \begin{cases} \frac{P_{ij}^{MM*} M_{ij}^* v_i^{dnc}}{(1+\tau_{ij}^{CO_{2d}}) P_i^{dnc}} / X_j^*(1+\tau_j^I) & (i \in MTR, j \in IND) \\ \frac{P_{ij}^{EE*} E_{ij}^* v_i^{dnc}}{(1+\tau_{ij}^{CO_{2d}}) P_i^{dnc}} / X_j^*(1+\tau_j^I) & (i \in ENR, j \in IND) \\ 0 & (i \in NCI, j \in IND) \end{cases} \tag{37}$$

$$a_{ij}^{m*} = \begin{cases} \frac{P_{ij}^{MM*} M_{ij}^* (1-v^{dnc})}{(1+\tau_{ij}^{CO_{2m}}) P_i^m} / X_j^*(1+\tau_j^I) & (i \in MTR, j \in IND) \\ \frac{P_{ij}^{EE*} E_{ij}^* (1-v_i^{dnc})}{(1+\tau_{ij}^{CO_{2m}}) P_i^m} / X_j^*(1+\tau_j^I) & (i \in ENR, j \in IND) \\ \frac{M_{ij}^*}{X_j^*(1+\tau_j^I)} & (i \in NCI, j \in IND) \end{cases} \tag{38}$$

により求める。

4.3.2 外生決定部門ー長期生産ブロック

外生的に来期の生産計画についてシナリオを与える部門は、公務部門と電力部門である。公務部門についてはK_j^*、L_j^*、a_{ij}^{d*}、a_{ij}^{m*}を外生変数としているが、電力部門については表1のように7つの電源構成（EPG）別にシナリオを与える。電力部門の投入係数は外生的に与えた電源構成別の投入係数により、

$$a_{ij}^* = \sum_{k \in EPG} w_k^e a_{ik}^* \qquad (i \in COM \cup NCI, j = 29) \tag{39}$$

ここで、w_k^eは電源構成別の発電量シェアであり、来期の想定発電量および1. 原子力発電、5. 水力・地熱発電、6. 新エネルギー発電、7. 自家発電の設備利用率を外生として残りを火力発電（石炭、LNG、石油）によって補うものとし、よってそれらの設備利用率は内生的に求めることになる。

4.4 短期生産ブロック

短期生産ブロックでは、前年の長期生産ブロックにおいて決定された生産計画（技術体系）に基づいて短期的な供給スケジュールを導く。純間接税（間接税－補助金）をT_j^Iとして純間接税率（τ_j^I）を次のように定義する。

$$\begin{aligned} \tau_j^I &= T_j^I \Bigg/ \Bigg[\sum_{i \in COM} \left(P_i^d a_{ij}^d X_j + P_i^m a_{ij}^m X_j \right) + \sum_{i \in NCI} P_i^m a_{ij}^m X_j \\ &\quad + \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} X_j + L_j h_j P_j^L P_j^{L0} + K_j P_j^K P_j^{K0} \Bigg] \qquad (j \in IND) \end{aligned} \tag{40}$$

図1に示したように、生産工程から結合生産によって発生する屑・副産物と、それらを投入する部門があり、それらは投入係数$a_{kj}^{SB}k(\in SBI)$および発生係数$a_{kj}^{SB}(k \in SBO)$（負値）を外生的に与えることで、発生量と投入量は主生産物の需給均衡の結果、内生的に決定されることになる。費用定義式は、

$$\begin{aligned} C_j &= P_j^d X_j \\ &= (1 + \tau_j^I) \Bigg[\sum_{i \in COM} \left(P_i^d a_{ij}^d X_j + P_i^m a_{ij}^m X_j \right) + \sum_{i \in NCI} P_i^m a_{ij}^m X_j \\ &\quad + \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} X_j + (L_j h_j P_j^L P_j^{L0} + K_j P_j^K P_j^{K0}) \Bigg] \qquad (j \in IND) \end{aligned} \tag{41}$$

となる。また（短期）想定需要関数を、

$$\frac{P_j^d X_j}{\mathbf{P}} = \alpha_s^j Y + \beta_s^j W + \gamma_s^j \frac{P_j^d}{\mathbf{P}} + \eta_s^j \quad (j \in IND) \tag{42}$$

とすると、限界収入は、

$$MR_j = -P_j^d \left(\frac{\gamma_s^j}{X_j - \gamma_s^j} \right) \quad (j \in IND) \tag{43}$$

となる。また、産出量と産出能力Q_jおよび資本設備と産出能力に次の関係を仮定する。

$$X_j = Q_j h_j^* \left(\frac{h_j}{h_j^*} \right)^{\alpha_j} \quad (j \in IND) \tag{44}$$

$$Q_j = a_j K_j^{b_j} \quad (j \in IND) \tag{45}$$

(44)、(45) 式により、

$$h_j = \left(\frac{X_j}{a_j K_j^{b_j} h_j^{*1-\alpha_j}} \right)^{\frac{1}{\alpha_j}} \quad (j \in IND) \tag{46}$$

(41)、(43)、(46) 式より、供給関数を導出する。

$$\begin{aligned} P_j^d &= \left[\frac{(X_j - \gamma_s^j)(1+\tau_j^I)}{\gamma_s^j\{(1+\tau_j^I)a_{jj}^d - 1\}} \right] \\ &\cdot \left[\sum_{i \neq j} \{P_i^d a_{ij}^d + P_i^m a_{ij}^m\} + \sum_{i \in NCI} P_i^m a_{ij}^m + \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} + \frac{L_j P_j^L P_j^{L0}}{\alpha_j \left(a_j K_j^{b_j} h_j^{*1-\alpha_j}\right)^{\frac{1}{\alpha_j}}} X_j^{\frac{1-\alpha_j}{\alpha_j}} \right] \\ &\qquad (j \in IND) \end{aligned} \tag{47}$$

ここで次のように、

$$\begin{aligned} d_{(1)}^j &= \frac{(1+\tau_j^I)(1-\tau^c)(X_j - \gamma_s^j)}{\gamma_s^j\{(1+\tau_j^I)(1-\tau^c)a_{jj}^d - 1\}} \quad (j \in IND) \\ d_{(2)}^j &= \frac{d_{(1)}^j}{1-\tau^c} \quad (j \in IND) \\ d_{(3)}^j &= d_{(2)}^j \left(\sum_{i \in NCI} P_i^m a_{ij}^m + \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} \right) + d_{(2)}^j \frac{L_j P_j^L P_j^{L0}}{\alpha_j (a_j K_j^{b_j} h_j^{*1-\alpha_j})^{\frac{1}{\alpha_j}}} X_j^{\frac{1-\alpha_j}{\alpha_j}} \quad (j \in IND) \end{aligned}$$

$$D_1 = \begin{pmatrix} d_{(1)}^1 \\ d_{(1)}^2 \\ \vdots \\ d_{(1)}^{36} \end{pmatrix}, D_2 = \begin{pmatrix} d_{(2)}^1 \\ d_{(2)}^2 \\ \vdots \\ d_{(2)}^{36} \end{pmatrix}, D_3 = \begin{pmatrix} d_{(3)}^1 \\ d_{(3)}^2 \\ \vdots \\ d_{(3)}^{36} \end{pmatrix}, P_d = \begin{pmatrix} P_1^d \\ P_2^d \\ \vdots \\ P_{36}^d \end{pmatrix}, P_m = \begin{pmatrix} P_1^m \\ P_2^m \\ \vdots \\ P_{36}^m \end{pmatrix},$$

$$A_{d_0} = \begin{pmatrix} 0 & a_{1.2}^d & \cdots & a_{1.36}^d \\ a_{2.1}^d & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & a_{35.36}^d \\ a_{36.1}^d & \cdots & a_{36.35}^d & 0 \end{pmatrix}, A_{m_0} = \begin{pmatrix} 0 & a_{1.2}^m & \cdots & a_{1.36}^m \\ a_{2.1}^m & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & a_{35.36}^m \\ a_{36.1}^m & \cdots & a_{36.35}^m & 0 \end{pmatrix}$$

とすると、(47) 式は行列表記して、

$$P_d = \widehat{D_1} A_{d_0}^T P_d + \widehat{D_2} A_{m_0}^T P_m + D_3 \tag{48}$$

となり、国内価格について解くと、

$$P_d = \left(I - \widehat{D_1} A_{d_0}^T \right)^{-1} \left(\widehat{D_2} A_{m_0}^T P_m + D_3 \right) \tag{49}$$

が得られる。この式によってある産出量に対する産業別国内産出価格が計算され、(34) 式によって供給価格をもとめる。ここでは産業別投資財価格は、

$$\ln P_j^{INV} = \sum_{i \in COM} w_{ij}^{INV} \ln P_i^{snc} \tag{50}$$

であり、産業別資本投入価格は次式で与えられる。

$$P_j^K \theta_j = (1-\tau^K) r P_j^{INV_{t-1}} + \delta_j P_j^{INV_t} - (P_j^{INV_t} - P_j^{INV_{t-1}}) + \tau^P P_j^{INV_{t-1}} (j \in IND) \tag{51}$$

4.5 最終需要ブロック

ここでは、産業連関表におけるすべての最終需要項目を導出し、その需要に誘発される産業別国内生産額をもとめる。各財・サービス市場において4.4における短期供給関数との対応で価格が調整され、各財・サービス市場での需給均衡が成立する。

来期の想定需要のもとで導出される資本投入量（(19) 式）を用いて、今期の産業別国内資本形成は、

$$I_j = K_j^* - (1-\delta_j)K_j \quad (j \in IND) \tag{52}$$

であり、ここでは財別の（実質）民間総固定資本形成は、

$$I_i = \frac{\sum_{j \in IND} w_{ij}^{INV} P_j^{INV} I_j}{P_i^{snc}} \quad (i \in COM) \tag{53}$$

である。財・サービス別（実質）在庫品増加量としては、主生産物についての名目在庫品増加合計 Z を外生として、

$$Z_i = \begin{cases} \frac{w_i^Z Z}{P_i^{snc}} & (i \in COM) \\ \frac{w_i^Z Z}{P_i^m} & (i \in NCI) \end{cases} \tag{54}$$

とする。また屑・副産物については、内生的に求められる生産工程からの投入量および発生量と、外生的に与えている家計消費の投入額 $SB_k^{I_C}$ および発生量 $SB_k^{O_C}$、民間総固定資本形成からの発生額 $SB_k^{O_{IP}}$、公的総固定資本形成からの発生額 $SB_k^{O_{IG}}$、輸出額 $SB_k^{I_{EX}}$、輸入額 $SB_k^{O_{IM}}$ によって、差額を在庫品増加として処理している。よって k 種類の屑・副産物のバランスをとるように、屑・副産物の在庫品増加額 $SB_k^{I_Z}$ は次のように決定される（発生については負値をとる）。

$$\begin{aligned} SB_k^{I_Z} &= -\left(\sum_{j \in IND} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} X_j + SB_k^{I_C} + SB_k^{I_{EX}}\right) \\ &\quad -\left(\sum_{j \in IND} P_k^{SB} a_{k'j}^{SB} X_j + SB_{k'}^{O_C} + SB_{k'}^{O_{IP}} + SB_{k'}^{O_{IG}} + SB_{k'}^{O_{IM}}\right) \\ &\qquad (k \in SBI, k' \in SBO) \end{aligned} \tag{55}$$

また在庫価格、政府消費支出価格及び公的総固定資本形成価格を次のように定義する。

$$\ln P^Z = \sum_{i \in COM} w_i^Z \ln P_i^{snc} + \sum_{i \in NCI} w_i^Z \ln P_i^m \tag{56}$$

$$\ln P^{GC} = \sum_{i \in COM} w_i^{CG} \ln P_i^{snc} \tag{57}$$

$$\ln P^{GINV} = \sum_{i \in COM} w_i^{IG} \ln P_i^{snc} \tag{58}$$

$$\tag{59}$$

財・サービス別実質政府消費支出及び実質公的総固定資本形成は（名目政府消費支出を C_G、名目公的総固定資本形成を I_G として）、

$$C_i^G = \frac{w_i^{CG} C_G}{P_i^{snc}} \quad (i \in COM) \tag{60}$$

$$I_i^G = \frac{w_i^{IG} I_G}{P_i^{snc}} \quad (i \in COM) \tag{61}$$

$$\tag{62}$$

となる。よって、家計消費支出を除く財・サービス別実質国内最終需要は、

$$f_i^{NC} = I_i + Z_i + C_i^G + I_i^G \quad (i \in COM \cup NCI) \tag{63}$$

また実質輸出について次のような輸出関数を仮定する。

$$EX_i = a_{EX}^i \left(\frac{P_i^{dnc}}{P_i^m}\right)^{b_{EX}^i} \left(\frac{IM^{WORLD}}{P_i^{dnc}}\right)^{c_{EX}^i} \quad (i \in COM) \tag{64}$$

以上の最終需要が与えられたもとで、国内財・サービスの数量バランスは以下のようになる。

$$X_i = \sum_{j \in IND} a_{ij}^d X_j + \frac{P_i^{sc} C_i^C v_i^{dc}}{P_i^{dc}} + \frac{P_i^{snc} f_i^{NC} v_i^{dnc}}{P_i^{dnc}} + EX_i \quad (i \in COM) \tag{65}$$

ここで、

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{36} \end{pmatrix}, F_d = \begin{pmatrix} \frac{P_1^{sc} C_1^C v_1^{dc}}{P_1^{dc}} + \frac{P_1^{snc} f_1^{NC} v_1^{dnc}}{P_1^{dnc}} + EX_1 \\ \frac{P_2^{sc} C_2^C v_2^{dc}}{P_2^{dc}} + \frac{P_2^{snc} f_2^{NC} v_2^{dnc}}{P_2^{dnc}} + EX_2 \\ \vdots \\ \frac{P_{36}^{sc} C_{36}^C v_{36}^{dc}}{P_{36}^{dc}} + \frac{P_{36}^{snc} f_{36}^{NC} v_{36}^{dnc}}{P_{36}^{dnc}} + EX_{36} \end{pmatrix}, A_d = \begin{pmatrix} a_{1.1}^d & \cdots & a_{1.36}^d \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{36.1}^d & \cdots & a_{36.36}^d \end{pmatrix}$$

とすると、(65) 式は行列表記して、

$$X = A_d X + F_d \tag{66}$$

よって国内産出量について解くと、

$$X_d = (I - A_d)^{-1} F_d \tag{67}$$

となる。また CIF 価格の財・サービス別輸入額は、

$$IM_i^{CIF} = \begin{cases} P_i^m \left(\sum_{j \in IND} a_{ij}^m X_j\right) + P_i^{sc} C_i^C (1 - v_i^{dc}) + P_i^{snc} f_i^{NC} (1 - v_i^{dnc}) & (i \in COM) \\ P_i^m \left(\sum_{j \in IND} a_{ij}^m X_j + C_i^C + f_i^{NC}\right) & (i \in NCI) \end{cases} \tag{68}$$

であり、FOB 価格の輸入額を次の式で表す。

$$IM^{FOB} = a_{IM} + b_{IM} \sum_{i \in COM \cup NCI} IM_i^{CIF} \tag{69}$$

4.6 労働ブロック

労働ブロックでは、各産業想定する来期の生産計画に伴う労働需要と、ダグラス–有沢法則を具現化したかたちでの労働供給図式によって求められる来期の労働供給とによって、個人年齢階層別労働市場の市場均衡より来期の賃金率と労働者数を決定する。その契約は 1 期のラグを伴って来期の期首に実現し、期中では労働時間のみ調整可能になっている。

来期の総人口を N^*、15 歳人口比率を w_{15}^{N*}、(15 歳以上人口のうち) 就業可能人口比率を w_W^{N*}、就業可能人口のうち非核世帯員人口比率及び単身世帯比率をそれぞれ w_B^{N*}、w_C^{N*}、それぞれの世帯の個人年齢階層別分布 (非核世帯員分布は世帯主年齢・個人年齢分布マトリクス) を $w_{Ak'}^{N*}$、$w_{Bk'k}^{N*}$、$w_{Ck'}^{N*}$ とすると (以

上、すべて外生として与える)、来期の年齢階層別の核世帯員数（$N^*_{Ak'}$）、単身者数（$N^*_{Ck'}$）、非核世帯員数マトリクス（$N^*_{Bk'k}$）は、

$$N^*_{Ak'} = N^* \cdot w_{15}^{N*} \cdot w_W^{N*} \cdot (1 - w_B^{N*} - w_C^{N*}) \cdot w_{Ak'}^{N*} \quad (k' \in AGI) \tag{70}$$

$$N^*_{Bk'k} = N^* \cdot w_{15}^{N*} \cdot w_W^{N*} \cdot w_B^{N*} \cdot w_{Bk'k}^{N*} \quad (k' \in AGI) \tag{71}$$

$$N^*_{Ck'} = N^* \cdot w_{15}^{N*} \cdot w_W^{N*} \cdot w_C^{N*} \cdot w_{Ck'}^{N*} \quad (k' \in AGI) \tag{72}$$

として求められる（k':個人年齢階層、k:世帯主年齢階層、したがって世帯主・単身者については$k' = k$)。ここで得られた就業可能人口ベースの来期の核世帯員数、単身者数、非核世帯員数に、以下で求められる来期の有業率を乗ずることにより、個人年齢階層別の労働供給量（人）が決定される。有業率関数は主として２人以上世帯の非核世帯員について考え、賃金率、核世帯員の労働所得、家計の非労働所得（含む社会保障給付）により有業率が決定されるものとする。他方、核世帯員及び単身者については、家計を維持するために賃金水準等にかかわらず労働供給を行うものとする（ただし、高年齢者階層では有業率関数を考える)。

一方、労働需要については、長期費用関数のもとでの費用極小化により、来期の産業別労働需要量（人）が決定される。労働市場は個人年齢階層別に需給均衡を考えるため、産業別労働需要量を個人年齢階層別労働需要量に変換し、需給が均衡するように来期の賃金率で調整が行われる。

まず、労働供給の決定について述べる。各k'年齢階層の非核世帯員の有業率関数を今期の該当年齢の核世帯員の労働所得（一世帯当たり)、非労働所得（一人当たり）及び社会保障給付（一人当たり）によって、

$$\ln \mu^*_{Bk'} = \begin{cases} \alpha^k_{\mu p} + \beta^k_{\mu P} \ln P^{L*}_{k'} + \beta^k_{\mu LC} \ln LC''_{Ak'} + \beta_{\mu NLC} \ln(NLC''_{k'}) \\ \qquad + \beta_{\mu SSGP} \ln SS^{GP''}_{k'} & (k' \in AGI\{1,2,3\}) \\ \alpha^k_{\mu p} + \beta^k_{\mu P} \ln P^{L*}_{k'} + \beta^k_{\mu LC} \ln LC''_{Ak'} \\ \qquad + \beta_{\mu NLCSS} \ln(NLC''_{k'} + SS^{GP''}_{k'}) & (k' \in AGI\{4,5,6\}) \end{cases} \tag{73}$$

と考える。

核世帯員（世帯主）及び単身者については合算して有業率関数を考えるが、$k' = 1,2,3,4$ の年齢階層については、各階層に一定値を与える（1985 年値)。

$$\mu^*_{Ak'} = \mu^*_{Ck'} = \overline{\mu^*_{ACk'}} \quad (k' \in AGI\{1,2,3,4\}) \tag{74}$$

$k' = 5,6$ の年齢階層については、次の式とする。

$$\begin{aligned} \ln \mu^*_{ACk'} &= \alpha^k_{\mu p} + \beta^k_{\mu P} \ln P^{L*}_{k'} + \beta_{\mu NLC} \ln NLC''_{k'} \\ &\quad + \beta_{\mu SSGP} \ln SS^{GP''}_{k'} (k' \in AGI\{5,6\}) \end{aligned} \tag{75}$$

このとき各説明変数を次のように定義する。今期の核世帯員の労働所得総額（$LC_{Ak'}$）はk'個人年齢階層（=k世帯主年齢階層）への分割比率を得て以下のように表され、世帯主一人当りの労働所得（$LC''_{Ak'}$）を求める。

$$\begin{aligned} LC_{Ak'} &= \sum_{j \in IND} P^L_{k'} L_{jk'} \left(\frac{L_{Ak'}}{L_{k'}} \right) h_j p^{L0}_{jk'} \quad (k' \in AGI) \\ LC''_{Ak'} &= \frac{LC_{Ak'}}{N_{Ak'}} \quad (k' \in AGI) \end{aligned} \tag{76}$$

マクロの社会保障給付（外生)、非労働所得は以下のように定義して世帯主年齢階層別から各々個人年齢階層別・一人当りの金額を求めて説明変数とする。

非労働所得については、

$$
\begin{aligned}
NLC &= (1-\tau^L)LC^R + \sum_{j\in IND} DIV_j + (1-\tau^p)PC'^R \\
&\quad + TRE^{GP} - TRE^{PR} + TRC'^{RP} - TRC'^{PG} \qquad (77)\\
NLC_k &= NLC \cdot w_{NLCk} \quad (k \in AGH) \\
NLC_{k'} &= \sum_{k\in AGH} \psi_{k'k} NLC_k \quad (k' \in AGI) \qquad (78)\\
NLC''_{k'} &= \frac{NLC_{k'}}{\sum_{k\in AGH} NW_{k'k}} \quad (k' \in AGI) \qquad (79)
\end{aligned}
$$

で定義される。

同様に社会保障給付については、

$$
\begin{aligned}
SS^{GP}_k &= SS^{GP} \cdot w_{SSGPk} \quad (k \in AGH) \\
SS^{GP}_{k'} &= \sum_{k\in AGH} \psi_{k'k} SS^{GP}_k \quad (k' \in AGI) \qquad (80)\\
SS^{GP''}_{k'} &= \frac{SS^{GP}_{k'}}{\sum_{k\in AGH} NW_{k'k}} \quad (k' \in AGI) \qquad (81)
\end{aligned}
$$

で定義される。

なお、社会保障負担も同様に、

$$
\begin{aligned}
SS^{PG}_k &= SS^{PG} \cdot w_{SSPGk} \quad (k \in AGH) \\
SS^{PG}_{k'} &= \sum_{k\in AGH} \psi_{k'k} SS^{PG}_k \quad (k' \in AGI) \qquad (82)\\
SS^{PG''}_{k'} &= \frac{SS^{PG}_{k'}}{\sum_{k\in AGH} NW_{k'k}} \quad (k' \in AGI) \qquad (83)
\end{aligned}
$$

で定義される（ただし、有業率関数の説明変数としては使用していない）。

世帯主年齢階層別（NLC_k）から個人年齢階層別（$NLC_{k'}$）への変換は、上記の就業可能人口（$NW_{k'k}$）より求められるマトリクス（$\psi_{k'k}$）により、次のように定義される。

$$
\begin{aligned}
NW_{k'k} &= NW_{Ak} + N_{Bk'k} + NW_{Ck} \quad (k \in AGH, k' \in AGI) \\
\psi_{k'k} &= \frac{NW_{k'k}}{\sum_{k'\in AGI} NW_{k'k}} \quad (k \in AGH, k' \in AGI) \qquad (84)
\end{aligned}
$$

（この NW_{Ak}、NW_{Ck}は各々N_{Ak}、N_{Ck}を対角に取った k'*k 行列である。）

従って年齢階層別の核、非核、単身合計の労働供給者数（man）は、

$$
\begin{aligned}
L^{S*}_{k'} &= L^{S*}_{Ak} + L^{S*}_{Bk'} + L^{S*}_{Ck} \\
&= \mu^*_{ACk}(N^*_{Ak} + N^*_{Ck}) + \mu^*_{Bk'} \sum_{k\in AGH} N^*_{Bk'k} \quad (k' \in AGI) \qquad (85)
\end{aligned}
$$

となる。

なお、世帯主年齢階層別労働所得（マクロ）（LC_k）は就業者より求められるマトリックス（$\phi_{k'k}$）（定数：1985 年値）より、個人年齢階層別から、世帯主年齢階層別に変換されて求められる。

$$
\begin{aligned}
\phi_{k'k} &= \frac{L_{k'k}}{\sum_{k\in AGH} L_{k'k}} \quad (k \in AGH, k' \in AGI) \\
LC_k &= \sum_{k'\in AGI} \phi_{k'k} LC_{k'} \quad (k \in AGH) \qquad (86)
\end{aligned}
$$

この時、世帯主年齢階層別可処分所得（一世帯当り月額）(YH_k) は、上記のマクロの労働所得、非労働所得、社会保障給付、社会保障負担の値と、k世帯主年齢階層別への分割比率より、k世帯主年齢階層別に求められ、世帯数 (H_k) で割り、月額換算することによって求められる。

$$YH_k = \frac{LC_k + w_{NLCk} \cdot (NLC - TRC^{RP} + TRC^{PG}) + w_{SSGPk} \cdot SS^{GP} - w_{SSPGk} \cdot SS^{PG}}{H_k/12} \quad (k \in AGH) \tag{87}$$

労働需要の決定については以下のようになる。各産業の来期の労働者数の需要量 (man) L_j^{D*}は、(20) 式により、想定需要および想定稼動時間のもとで費用関数費用極小によって決まる。また産業別賃金と個人年齢階層別賃金について次のような Cobb-Douglas 型集計関数を仮定する。

$$lnP_j^{L*} = \sum_{k' \in AGI} \alpha_L^{jk'} lnP_{k'}^{L*} \quad (j \in IND) \tag{88}$$

ただし、$\alpha_L^{jk'}$は、個人年齢階層別賃金支払額シェアである。
よって j部門における k'年齢階層に対する労働需要者数は、k'年齢階層別賃金支払額シェアを使って、

$$\begin{aligned} L_{jk'}^{D*} &= w_{jk'}^L \frac{P_j^{L*} L_j^{D*} h_j^*}{P_{k'}^{L*}} \Big/ h_j^* \\ &= \alpha_L^{jk'} \frac{P_j^{L*} L_j^{D*} h_j^*}{P_{k'}^{L*}} \Big/ h_j^* \quad (j \in IND, k' \in AGI) \end{aligned} \tag{89}$$

と求められ、産業全体での k'年齢階層に対する労働需要者数は次式のように（単純集計によって）求める。

$$L_{k'}^{D*} = \sum_{j \in IND} L_{jk'}^{D*} \quad (k' \in AGI) \tag{90}$$

以上により、労働需給均衡を達成するように来期の個人年齢階層別の賃金 ($P_{k'}^{L*}$) により調整がなされ、来期の個人年齢階層別の労働者数 ($L_{k'}^*$) が決まる。なお失業は一期前に想定されていた稼働時間 ($h_j^{*(-1)}$) と今期実現した稼働時間を用いて、個人年齢階層の Man-Hour での失業は$\sum_{j \in IND} L_{jk'}(h_j^{*(-1)} - h_j)$ によって求められる（各年齢階層では稼働時間は共通している)。

4.7 貨幣ブロック

貨幣市場の均衡式を、名目マネーサプライを外生として次のようにする。

$$\frac{M^S}{P^C} = a_m r^{b_m} \left(\sum_{j \in IND} X_j \right)^{c_m} \tag{91}$$

4.8 付加価値ブロック

産業別雇用者所得は、労働市場により前期に内生的に決定された $P_j^{L*(-1)}$、(46) 式から今期の財の需給均衡により実現した稼動時間 h_j より、

$$LC_j = L_j h_j P_j^L P_j^{L0} \quad (j \in IND) \tag{92}$$

であり、また産業別資本所得は差額として、

$$\begin{aligned} KC_j = \Bigg(& \frac{P_j^d}{1+\tau_j^I} X_j - \sum_{i \in COM} P_i^d a_{ij}^d X_j - \sum_{i \in COM \cup NCI} P_i^m a_{ij}^m X_j \\ & - \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} X_j - LC_j \Bigg) \quad (j \in IND) \end{aligned} \tag{93}$$

として導出され、ここで超過利潤率として、

$$\eta_j = \frac{KC_j}{P_j^K P_j^{K0} K_j} \quad (j \in IND) \tag{94}$$

を定義する。

産業別減価償却額は（50）式より、

$$DEP_j^P = \delta_j P_j^{INV} K_j \quad (j \in IND) \tag{95}$$

産業別配当額（税引き後の資本所得）は、

$$DIV_j = \left(1 - \tau^K\right) KC_j - \tau^P P_j^{INV} K_j \quad (j \in IND) \tag{96}$$

可処分所得は、海外からの（純）雇用者所得（LC^R）、海外からの（純）財産所得（PC^R）、政府部門から個人部門への（純）経常移転（TRE^{GP}）、個人部門から海外部門への（純）経常移転（TRE^{PR}）、社会保障給付（SS^{GP}）、社会保障負担（SS^{PG}）、海外部門から個人部門への資本移転（TRC^{RP}）、個人部門から政府部門への資本移転（TRC^{PG}）を外生として、

$$\begin{aligned} Y &= (1-\tau^L) \sum_{j \in IND} LC_j + (1-\tau^L) LC^R + \sum_{j \in IND} DIV_j - \sum_{j \in IND} + (1-\tau^P) PC^R \\ &\quad + TRE^{GP} - TRE^{PR} + SS^{GP} - SS^{PG} + TRC^{RP} - TRC^{PG} \end{aligned} \tag{97}$$

よって粗貯蓄額は、家計消費される屑・副産物名目投入額 SB_k^{Ic}、および屑・副産物名目発生額 SB_k^{Oc}（負値）を外生として、

$$S^P = (Y - TRC^{RP} + TRC^{PG}) - \left(P^C C + \sum_{k \in SBI} SB_k^{Ic} + \sum_{k \in SBO} SB_k^{Oc} \right) \tag{98}$$

純貯蓄額は、次のようになる。

$$S^{PN} = S^P - \sum_{j \in IND} DEP_j^P \tag{99}$$

家計部門の貯蓄投資差額ΔIS^Pは、

$$\begin{aligned} \Delta IS^P &= S^P - \left(\sum_{j \in IND} P_j^{INV} I_j + \sum_{k \in SBO} SB_k^{OIP} \right) \\ &\quad - \left(Z + \sum_{k \in SBI} SB_k^{Iz} \right) + TRC^{RP} - TRC^{PG} \\ &= \Delta B^R - \Delta IS^G \end{aligned} \tag{100}$$

となり、(102) 式による経常収支 B^R と (112) 式での政府部門の IS バランス IS^G との間で一国全体の IS バランスは事後的に成立する。

4.9 海外部門ブロック

国民経常余剰は、新たに政府部門から海外部門への（純）経常移転（TRE^{GR}）と個人部門から海外部門への（純）経常移転（TRE^{PR}）を外生として、

$$\begin{aligned} \Delta IS^R &= \left(\sum_{i \in COM} P_i^{dnc} EX_i + \sum_{k \in SBI} SB_k^{IEX} \right) - \left(\sum_{i \in COM \cup NCI} (1-\tau_i^M) IM_i^{CIF} - \sum_{k \in SBO} SB_k^{OIM} \right) \\ &\quad + LC^R + PC^R - TRE^{GR} - TRE^{PR} \end{aligned} \tag{101}$$

よって経常収支は、新たに海外部門から政府部門への（純）資本移転（TRC^{RG}）と海外部門から個人部門への（純）資本移転（TRC^{RP}）を外生として、

$$\Delta B^R = \Delta IS^R + TRC^{RG} + TRC^{RP} \tag{102}$$

であり、為替レート（e）を外生として経常収支（ΔB^R）を内生的に決定する。

4.10 政府部門ブロック

労働所得税、資本所得税、財産所得税、純間接税、関税・輸入商品税額、炭素税額（税率についてはCO_2ブロック参照）はそれぞれ次のようになる。

$$T^L = \tau^L \left(\sum_{j \in IND} LC_j + LC^R \right) \tag{103}$$

$$T^K = \tau^K \sum_{j \in IND} KC_j \tag{104}$$

$$T^P = \tau^P (\sum_{j \in IND} P_j^{INV} K_j + PC^R) \tag{105}$$

$$T^I = \sum_{j \in IND} \frac{\tau_j^I}{1 + \tau_j^I} P_j^d X_j \tag{106}$$

$$T^M = \sum_{i \in COM} \tau_i^M IM_i^{CIF} \tag{107}$$

$$\begin{aligned} T^{CO_2} = & \sum_{i \in COM} \left(\sum_{j \in IND} \tau_{ij}^{CO_2} P_i^{snc} X_{ij} + \tau_{C_i}^{CO_2} P_i^{sc} C_i \right) \\ & + \sum_{i \in NCI} \left(\sum_{j \in IND} \tau_{ij}^{CO_2} P_i^m X_{ij} + \tau_{C_i}^{CO_2} P_i^m C_i \right) \end{aligned} \tag{108}$$

$$\tag{109}$$

よって政府部門の総税収は、

$$T^G = T^L + T^K + T^P + T^I + T^M + T^{CO_2} \tag{110}$$

政府貯蓄額は、

$$S^G = T^G - TRE^{GP} - TRE^{GR} - C^G - SS^{GP} + SS^{PG} \tag{111}$$

であり、政府部門のISバランス式は、

$$\Delta IS^G = S^G + TRC^{PG} + TRC^{RG} - \left(I^G + \sum_{k \in SBO} SB_k^{O_{IG}} \right) \tag{112}$$

となる。ここでは政府支出（C^G）を外生として、(112) 式を満たすように政府部門の貯蓄投資差額（ΔIS^G）を内生的に決定する。

4.11 CO_2ブロック

表 2: エネルギー小分類

Model	seq.	IO-code	エネルギー
37	1	0721-011	原油
2	2	0711-011	原料炭 (国内)
	3	0711-012	原料炭 (輸入)
	4	0711-013	一般炭・亜炭・無煙炭 (国内)
	5	0711-014	一般炭・亜炭・無煙炭 (輸入)
38	6	0731-011	天然ガス
13	7	2111-011	揮発油
	8	2111-012	ジェット燃料油
	9	2111-013	灯油
	10	2111-014	軽油
	11	2111-015	A 重油
	12	2111-016	BC 重油
	13	2111-017	ナフサ
	14	2111-018	液化石油ガス
	15	2111-019	その他の石油製品
14	16	2121-011	コークス
	17	2121-019	その他の石炭製品
*	18	2121-021	舗装材料
30	19	5121-011	都市ガス
*	20	5122-011	熱供給業
42	21	2111-018-4	液化石油ガス
43	22	2121-011-4	コークス
44	23	2121-019-4	高炉ガス
*	24	2121-019-4	炭田ガス
*	25	2121-019-4	コールタール他

各内生部門の（燃料用）エネルギー消費量（カロリー換算）と二酸化炭素排出量は、それぞれの係数マトリックスを R_{ij}^{FUEL}、$R_{ij}^{CO_2}$ とすると、

$$FUEL_{ij} = \begin{cases} \left(a_{ij}^d + a_{ij}^m\right) X_j R_{ij}^{FUEL} & (i \in COM \cap ENF, j \in IND) \\ a_{ij}^m X_j R_{ij}^{FUEL} & (i \in NCI \cap ENF, j \in IND) \end{cases} \tag{113}$$

$$CO2_{ij} = \begin{cases} \left(a_{ij}^d + a_{ij}^m\right) X_j R_{ij}^{CO_2} & (i \in COM \cap ENF, j \in IND) \\ a_{ij}^m X_j R_{ij}^{CO_2} & (i \in NCI \cap ENF, j \in IND) \end{cases} \tag{114}$$

によってエネルギー消費量と CO_2 排出量が求められる。ここで R_{ij}^{FUEL} および $R_{ij}^{CO_2}$ は実質中間投入額 X_{ij} を物量変換し、その物量単位あたりに含まれるエネルギー消費量と CO_2 排出量を求める係数である。これらの係数は、以下の三つの理由によってエネルギー種別（商品別）に異なることは当然として、産業別にも定義されている。第 1 の理由は、ここで扱う産業分類への集計上の問題から発生する点である。上記係数の計測上、表 1での一次および二次エネルギーとして定義している財（ENF）は表 2のような小分類から構成されている。それぞれ小分類でのエネルギー分類によって平均発熱量係数と CO_2 排出係数が異なり、また各産業あるいは家計消費においてそれら小分類での投入シェアが相違していることにより、小エネルギー分類の集計レベルでは産業別に相違が発生する。また第 2 の理由としては、モデルでの各部門の定義上、たとえば石炭製品と分類された中にはエネルギーではない舗装材料などが含まれている（表 2では*によって記述している)。よって、モデルで定義する各エネルギー種別の集計値としては産業別に異なる値をとることになる。

第 3 の理由は、一次エネルギーを原料として投入している産業部門についての考慮から産業別に原料・燃料消費比率が異なっている点である。よって以上の 3 点によりモデルで扱う燃料投入係数および CO_2 排出係数としてはエネルギー種別（商品別）・産業別に定義して、マトリックスの形式をとっている。

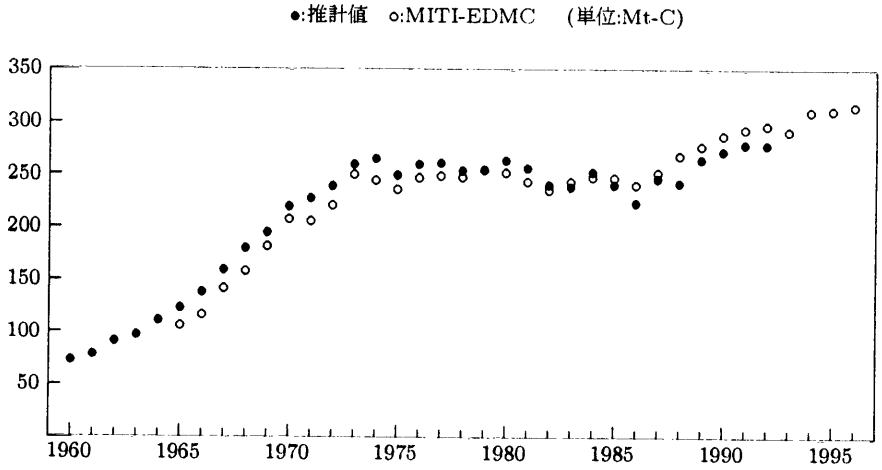


図 2: CO_2排出量の比較

また家計消費支出による（燃料用）エネルギー消費量（cal）と二酸化炭素発生量は、同様にそれぞれの係数ベクトルを $R_{c_i}^{FUEL}$、$R_{c_i}^{CO_2}$とすると、

$$FUEL_{c_i} = C_i^C R_{c_i}^{FUEL} \quad (i \in ENF) \tag{115}$$

$$CO2_{c_i} = C_i^C R_{c_i}^{CO_2} \quad (i \in ENF) \tag{116}$$

となる。

ここで求められる産業別・エネルギー種別CO_2排出量は炭素税導入の際の炭素税率の決定、や各種シミュレーションの政策ターゲットとしても重要である。われわれの上記のCO_2係数マトリックス計測は1985年基準として、「1985年産業連関表」、「石油等消費態調査」、「総合エネルギー統計」等によって小エネルギー分類から積み上げたものである。しかしモデルから入手可能な情報は集計したエネルギー分類でしかない。よって過去の観察データを用いて、集計したエネルギー分類（ENF）で定義した係数より、実際のCO_2排出量をどの程度近似できるかについてみておこう。

ここで計測しているCO_2係数マトリックスは1985年基準であるので、これを固定したまま1960-92年の時系列産業連関表（黒田他(1997)）の実質値によって推計したCO_2排出量と、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」による排出量（一次エネルギー国内供給）とのマクロ集計量を比較したものが図2である。この図からわかるように1985年以前では若干の過大推計傾向があり、1985年以降はやや過小推計となっているものの、ほぼその傾向を追えるものとなっている。

4.11.1 炭素税賦課シミュレーション

炭素税賦課シミュレーションは、次の2ステップによる。第1ステップでは、BaU（Business as Usual）ケースと同様に炭素税を賦課しないもとでの財の需給均衡をとる。次に第2ステップとして、炭素税を賦課したもとでの需給均衡を図り、両者の効用水準の比較から世帯主年齢階層別の補償変分（compensating variation）を求める。CO_2発生量1トンあたり賦課される炭素税額τ^{CO_2}は、すべてのエネルギー種類・産業別に均一であるが、各産業および家計のエネルギー投入金額あたりの炭素税率はそれぞれ国内財、輸入財別に次式のように異なる。

$$\tau_{ij}^{CO_{2d}} = \frac{\tau^{CO_2} R_{ij}^{CO_2}}{P_i^{dnc^{CO_2}}} \qquad (i \in COM \cap ENF, j \in IND) \tag{117}$$

$$\tau_{ij}^{CO_{2m}} = \frac{\tau^{CO_2} R_{ij}^{CO_2}}{P_i^m} \qquad (i \in (COM \cup NCI) \cap ENF, j \in IND) \tag{118}$$

$$\tau_{C_i}^{CO_{2d}} = \frac{\tau^{CO_2} R_{C_i}^{CO_2}}{P_i^{dc^{CO_2}}} \qquad (i \in COM \cap ENF) \tag{119}$$

$$\tau_{C_i}^{CO_{2m}} = \frac{\tau^{CO_2} R_{C_i}^{CO_2}}{P_i^m} \qquad (i \in (COM \cup NCI) \cap ENF) \tag{120}$$

上記の国内価格は (121) 式を満たす価格である。そしてこの炭素税率が賦課されると、各産業ではエネルギー投入価格の上昇によって直接的には自財価格の上昇を誘発し、またその誘発されたすべての財・サービスの価格上昇によってそれを中間投入する産業の国内生産価格に間接的に影響を与えることになる。よって BaU ケースでの (41) 式による費用定義式を次のように変更を加え、

$$\begin{aligned} P_j^{d^{CO_2}} X_j = (1+\tau_j^I) \Bigg[& \sum_{i \in COM} \{(1+\tau_{ij}^{CO_{2d}}) P_i^{d^{CO_2}} a_{ij}^d X_j + (1+\tau_{ij}^{CO_{2m}}) P_i^m a_{ij}^m X_j\} \\ & + \sum_{i \in NCI} (1+\tau_{ij}^{CO_{2m}}) P_i^m a_{ij}^m X_j + \sum_{k \in SBI \cup SBO} P_k^{SB} a_{kj}^{SB} X_j \\ & + (L_j h_j P_j^L P_j^{L0} + K_j P_j^K P_j^{K0}) \Bigg] \qquad (j \in IND) \end{aligned} \tag{121}$$

を満たす炭素税賦課後の国内生産価格 $P_j^{d^{CO_2}}$ を導出する。炭素税賦課シミュレーションではすべてこの価格によって全体系が計算されることになる。また外生的に与えられる CO_2 排出制約量とモデルで内生的な全経済主体からの排出量が等しくなるように、炭素税率 τ^{CO_2} が決定される。

上記の展開より明らかなように、同じエネルギーであっても産業ごとに CO_2 排出係数が異なるため、一物多価となる。よって財の名目のバランス式は炭素税を賦課しない BaU ケースとは異なる。ただし、物量バランスは同一であるため (67) 式は満たされ、結果的にあるエネルギーについて平均炭素税率となる $\tau_i^{CO_2}$ が次のように導出される。

$$\tau_i^{CO_2} = \frac{\sum_{j \in IND} \tau_{ij}^{CO_{2d}} X_{ij} + \tau_{c_i}^{CO_{2d}} C_i}{X_i} \qquad (i \in ENF) \tag{122}$$

4.12 マクロ経済統計量

実質 GDE、名目 GDE、国内総支出デフレーターは、

$$RGDE = \sum_{i \in COM} \left(C_i^C + f_i^{NC} + EX_i\right) - \sum_{i \in COM \cup NCI} \left(\frac{IM_i^{CIF}}{P_i^m}\right) \tag{123}$$

$$GDE = \sum_{i \in COM} \left(P_i^{sc} C_i^C + P_i^{snc} f_i^{NC} + P_i^{dnc} EX_i\right) - \sum_{i \in COM \cup NCI} IM_i^{CIF} \tag{124}$$

$$P^{GDE} = \frac{GDE}{RGDE} \tag{125}$$

となり、SNA ベースでの国内総支出デフレーターを次式のようにする。

$$P^{GDE^{SNA}} = a_{GDE} + b_{GDE} P^{GDE} \tag{126}$$

名目 GNP は、

$$GNP = GDE + LC^R + PC^R \tag{127}$$

であり、実質 GNP は以下のように求められる。

$$RGNP = \frac{GNP}{P^{GDE^{SNA}}} \tag{128}$$

参考文献

[1] Baumol,W.J. and W.E. Oates(1988),*The Theory of Environmental Policy*,second ed., Cambridge University Press.

[2] Burniaux,J.-M. and J. Oliveira-Martins(1992),“ The Effect of Existing Distortions in Energy Markets on the Cost of Policies to Reduce CO_2 Emissions : Evidence from GREEN”,*OECD Economic Studies*,No.19,OECD,Paris.

[3] Cropper,M.L. and W.E. Oates(1992),“ Environmental Economics : A Survey”,*Journal of Economic Literature*,Vol.30,No.2,pp675-740.

[4] Dean,A.(1994),“ Costs of Cutting CO_2 Emissions : Evidence from 'Top-Down' Models ”,in OECD/IEA(1994).

[5] JDB Research Center on Global Warming(1996),*Symposium on the Environment and Sustainable Development : Roles for Japan with Regard to Global Environmental Issues*,The Japan Development Bank.

[6] Jorgenson,D.W. and P.J. Wilcoxen(1993),“ Reducing US Carbon Dioxide Emissions : The Cost of Alternative Instruments”,*Journal of Policy Modeling*,Vol.15,No.1.

[7] Kuroda, Masahiro, Koji Nomura, Kobayashi Nobuyuki, Kuninori Morio, Hanabusa Kimiko and Tomita Hideaki,“Reduction of Carbon Dioxide Emission and Its Distributional Impacts”, presented at The JDB Symposium on the Environment and Sustainable Development, Hakone, Nov., 1995

[8] Manne,A.S. and R.G. Richels(1991),“ International Trade in Carbon Emission Rights : A Decomposition Procedure”,*AEA Papers and Proceedings*,Vol.81,No.2,pp.135-9.

[9] Oliveira-Martins,J., J.-M. Burniaux and J.P.Martin (1992),“ Trade and the Effectiveness of Unilateral CO_2 Abatement Policies : Evidence from GREEN”,*OECD Economic Studies*,No.19, Winter,pp.123-40.

[10] Pigou,A.C.(1932),*The Economics of Welfare*,4th ed.,London:Macmillan.

[11] Shah,A. and B. Larsen(1992),“ Carbon Taxes, the Greenhouse Effect and Developing Countries”, Working Paper WPS957, Policy Research Division,World Bank,Washington DC.

[12] OECD/IEA(1994),*The Economics of Climate Change : Proceedings of an OECD/IEA Conference*, Organization for Economic Co-operation and Development,Paris.

[13] 宇沢弘文・国則守生 (1993),『地球温暖化の経済分析』, 東京大学出版会.

[14] 黒田昌裕・新保一成・野村浩二・小林信行 (1997),『KEO データベース－産出および資本・労働投入の測定－』,KEO モノグラフシリーズ No.8, 慶應義塾大学産業研究所.

[15] 日本国政府 (1997),「気候変動に関する国際連合枠組条約京都議定書」.