

Title	環境政策の一般均衡分析 (西川俊作教授退任記念号)
Sub Title	General Equilibrium Approach on Environmental Policy (In Honour of Professor Shunsaku Nishikawa)
Author	黒田, 昌裕(Kuroda, Masahiro) 野村, 浩二(Nomura, Koji)
Publisher	
Publication year	1998
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.41, No.4 (1998. 10) ,p.27-
JaLC DOI	
Abstract	昨年12月に京都で開催された,いわゆるCOP3において,京都議定書として,参加161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。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方策を検討しておくことは重要である。環境資源のもつ特性を,経済学では,公共財であるという特性と外部性の特性とによって特徴づけている。この特性は,環境保全の問題を扱うためには,何らかの法的な枠組みが必要とされることを意味している。もし各経済主体が私的な利益追求にま
Notes	
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-19981000-00685944">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-19981000-00685944</a>

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.

## 環境政策の一般均衡分析

黒田昌裕  
野村浩二

### <要約>

昨年12月に京都で開催された、いわゆる COP3において、京都議定書として、参加161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。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方策を検討しておくことは重要である。環境資源のもつ特性を、経済学では、公共財であるという特性と外部性の特性とによって特徴づけている。この特性は、環境保全の問題を扱うためには、何らかの法的な枠組みが必要とされることを意味している。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。環境保全に関する政策手段は、いろいろな可能性を含んでいるが、この論文では、この市場の失敗を補う手段として導入される、いわゆる市場機能を活用した政策手段に絞って、その経済構造に与える影響を評価したいとおもう。具体的には COP3 において、地球温暖化対策として2010年の温室化ガス排出量の数量目標が設定された。その実現に向けての各種の政策が実行されつつあるが、ひとつの政策として、炭素税の導入が考えられている。その導入の経済効果の評価は、経済構造の相互依存のメカニズムを反映して複雑な波及効果をもつことが予想される。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<sub>2</sub> 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施策が、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。モデル分析から導かれた定性的な検討の結果は、次のように要約できる。“省エネルギーの実現のための投資の拡大が、産業、民生、運輸すべての部門において、短期的にはコスト上昇の負担を強いることになる。とりわけ、エネルギー集約的な産業におけるこの負担は大きく、産業構造はかなり急速な変化を強いられる。それに伴って雇用構造にも変化があらわれ家計ベースの負担もかなりのものとなる。しかし、一方では、省エネルギーへの投資が、エネルギー効率を含め、産業、運輸部門の生産性を向上させることとなり、中長期的には、資源配分の効率利用の結果として、経済成長を維持させる効果をもっていることとなる。”

### <キーワード>

炭素税, COP3, 京都議定書, 多部門一般均衡分析, 環境保全の経済的手段

## 1 はじめに

昨年12月に京都で開催された、いわゆるCOP3において、京都議定書として、参加161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。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である。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”という一種の要素もしくは財を、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。第一には、環境が国際的な公共財であることである。公共財とは、非競争性と非排除性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、環境は外部性を持つという点である。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。いわゆる市場の失敗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。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。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。環境保全に関する政策手段は、いろいろの可能性を含んでいるが、ここでは、この市場の失敗を補う手段として導入される、いわゆる市場機能を活用した政策手段に絞って、その経済構造に与える影響を評価したいとおもう。具体的には、昨年12月京都で開催されたCOP3において、地球温暖化対策として、2010年に温室化ガス排出量の数量目標が設定された。その実現に向けての各種の政策が実行されつつあるが、ひとつの政策として、炭素税の導入が考えられている。その導入の経済効果の評価は、経済構造の相互依存のメカニズムを反映して複雑な波及効果をもつことが予想される。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<sub>2</sub>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施策が、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。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<sub>2</sub>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。

本稿では、次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3節では、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、環境保全とエネルギーの長期見通しについての現在の政策スタンスを明らかにしておく。第4節では、第2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。第5節で構築したモデルによる政策シミュレーションの結果を述べ、環境保全政策、温暖化ガス排出量の安定化にむけての数量目標が我が国経済にいかなる影響をもたらすかをシミュレーションで考察することにする。

## 2 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、“No-regret Policy”と呼ばれるものである。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、これをそのように呼んでいる。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。市場ベースの政策手段がそれである。市場メカニズムの“価格”に注目した炭素税や補助金などと“数量”の調整に注目した排出権市場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ないわけではない。また、公平性の評価となると価格メカニズムによる資源配分が必ずしもそれを保証できないわけだから、効率性の追求の反面、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“negotiated- base”と言われる第3の政策手段、具体的には“共同実施プログラム（Joint Implementation Program）”の提案である。京都議定書の中で認められた先進国間の共同実施、途上国とのCDMプログラムがこの考え方にのったものということができる。

## 2.1 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、第2のカテゴリーの範疇に入る炭素税と排出権取引について、その功罪をもう少し考えてみよう。いわゆ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が、それら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。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と呼ばば、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。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。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と炭素税である。

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。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ィ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。公平性の観点考えた場合、国際間の合意形成はかなりの困難があることは想像できる。また、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、これを二重配当と呼んでいる。

### 3 わが国の現状と COP3 後の環境政策

総合エネルギー調査会需給部会は、今年6月に「長期エネルギー見通し」の中間報告書としてとりまとめた。今回の見通しは、地球温暖化対策についてのこの京都議定書での我が国の国際公約を踏まえて、「環境保全と経済成長」の両立を目標としたエネルギー需給の姿を描き、そこでの長期的な政策の努力目標とその達成にむけてのスタンスを提示するという、極めて重要な役割を担っていた。温暖化ガス削減目標の京都議定書でのいわゆる国際公約に対処す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、ひとつのメドとして、▲6%の内訳は、「▲2.5%をCO<sub>2</sub>、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。今回の総合エネルギー調査会需給部会での議論は、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<sub>2</sub>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制約のもとで、2010年までの長期エネルギー需給見通しを作成することに焦点があてられた。

#### 3.1 需給見通しと対策

今回のエネルギー長期見通しでは、実質GNP平均成長率を年率2%程度と想定したものを自然

体のケース (BaU) とおいた上で、各種の省エネルギー対策を進めることによって、2010年の最終エネルギー需要を年率0.1%の伸びで、総計400百万klにまで抑制できると想定している。この56百万klのエネルギー節約は、2010年のCO<sub>2</sub>排出量をCO<sub>2</sub>換算で374百万tから314百万tと約6000万tの削減に貢献することが見込まれている。このシナリオの実現可能性をめぐって、需給部会の場合でも大いに議論となったところである。議論は大まかに分類して、二つの観点に集約できる。ひとつは、対策ケースとして提示されたシナリオでは、経済成長率を約2%を維持しつつ、エネルギー需要を年率0.1%の伸びに押さえることとなっており、従来のエネルギー需要のGNP弾力性の観察値からして、ここでの想定は極めて整合性を欠く、したがってGNP成長率を維持しつつ、このエネルギー需要見通しを達成することは不可能であるという議論である。もうひとつは、ここでの対策ケースが実現できるとすれば、かなりの産業、雇用構造の変革をともなったものとなることが予想される。その場合変革にともなった国民負担がかなりのものとなり、結果として、その負担を国民が背負いきれないこととなるという批判である。

前者の問題は、産業、民生、運輸の各部門での省エネルギーの努力ができるかどうか、そしてそれを可能ならしめる政策手段があるかどうかということになる。各種の対策がとられることとなるが、直接的な政府の規制の強化を意図したものではなく、あくまで企業、個人の自主的努力に期待しているというところに特徴がある。また炭素税や環境税の導入などいわゆる市場機能重視型の環境政策はここでは導入も考えてはいない。これは、現下の我が国の経済が、新たな税制の導入による国民の追加的コスト負担を許せる状況にないということに加えて、国際的にみて、割高なエネルギー価格となっていることを考えると、さらなるエネルギーコストの上昇を招く政策は、国際的な導入の協調がないかぎり、我が国だけが単独で取り難いということも、その大きな要因となっているようにおもわれる。したがって二つの問題提起のうち前者の問題は、各経済主体の行動を政策がどの程度後押しできるかという意味での実現可能性の問題が残るにしろ、むしろ問題は、シナリオが実行された場合の経済構造の変革がどの程度のもので、各経済主体の負担が背負いきれるものかどうかという第二の課題との関わりにおいて、実際の政策実行の可能性を考えなければならないことになる。

一方、この需要見通しに対応した一次エネルギーの供給見通しの策定では、化石エネルギーとしての石炭、石油、天然ガスの扱い方と非化石エネルギーとしての原子力、新エネルギーなどの扱い方が争点となった。化石エネルギーの利用は、温室化ガスの排出を抑制する観点からは、かなり抑制的なものにならざるいえない。炭素含有量に比例して、石炭、石油から天然ガス利用への転換が一つの方向であろう。結果としては、火力発電所の新設に際して、石油火力の全面禁止を定めていた、いわゆるIEAルール基準を弱めることを前提にしても、石油依存は、LPG輸入を含め、基準ケースで想定した、一次エネルギー総供給の51.6%から、47.2%に低下することとなっている。また

石炭については、石炭燃焼効率の改善を前提とした上で、その構成比は、15.4%から、14.9%にまで低下を見込んでいる。これに対して、天然ガスについては、将来のパイプラインの敷設を踏むめ、民間を主体とする検討を重ねて安全確保に努めることを前提に、その構成比は、基準ケースの12.4%から13.0%にまで上昇することを見込んでいる。

一方、非化石エネルギーについては、原子力エネルギーへの急速なシフトを見込んでいる。平成6年6月の「石油代替エネルギーの供給計画」において、すでの2010年に4800億kwh（7000万kw）の原子力発電所の創設を見込んでいる。しかし、昨年来のもんじゅ、ふげんなどの事故によって、原子力の安全管理に関する国民の不信は予想以上に高く、今後の増設にはかなりの困難がともなるものと考えられる。現在運転中の商業用原子力発電所は、51基（4492万kw）あり、平成10年の電力供給計画によれば、2007年までに運転開始可能なものが9基となっている。しかし、上記の計画達成のためには、さらに10～12基の創設が必要ということになる。原子力は、燃料の供給および価格の安定性に優れており、発電過程においてCO<sub>2</sub>の排出のない電力供給源である。我が国において、経済成長、エネルギーの安全保障を確保しつつ、環境負荷低減を図るためには、必要不可欠なエネルギー供給源であると考えられる。上記の原子力創設がなった場合、それによるCO<sub>2</sub>削減の効果は、CO<sub>2</sub>換算で2700万tにもおよぶ。逆に原子力に依存せずに、何らかの追加的な需要抑制によって、このCO<sub>2</sub>削減相当分を実現しようとするれば、先の6000万tの削減の国民負担に上乗せされることとなり、かなりの影響を経済社会に与えることが予想される。その意味では、先の需要見通しを実現可能なものとするもうひとつの前提が原子力導入についてのシナリオということになる。

#### 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モデル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ェ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ェ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、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関式の定式化である。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りに、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、設備の稼働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）を經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。それは商品一費目コンバーターを經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。

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ータは、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。

#### 4.1 CO<sub>2</sub>排出量の把握と炭素税賦課

モデルの方程式体系の詳細は、ここでは割愛するが、環境保全の政策シミュレーションに関連して、CO<sub>2</sub>排出に関わるエネルギー投入の記述について若干の補足的説明を加えておこう。われわれのモデルでは、産業連関表の体系をベースとしており、産業部門分割など詳細は、表1に示している。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<sub>2</sub>排出量を計測している。各産業部門および家計部門について、エネルギー使用に関して、その燃料としての消費比率(カロリー換算)とCO<sub>2</sub>排出係数を1985年基準値として与えている。各産業部門および家計のエネルギー消費およびその燃料使用比率にしたがって、CO<sub>2</sub>排出量が測定される。ここでの各種係数は1985年基準値に固定しているが、モデルによって、内生的に求められたCO<sub>2</sub>の排出量は、1960-92年の時系列変化でみると、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)とのマクロ集計量にほぼ対応している。両者を比較したものが図1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。

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る。CO<sub>2</sub>発生量1トンあたり賦課される炭素税額 $\tau^{CO_2}$ 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、輸入財別に異なる。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。

表1 各種部門分類

内生部門 <sup>A)</sup>	最終需要 <sup>B)</sup>	付加価値 <sup>C)</sup>	年齢階層 <sup>D)</sup>	費目 <sup>E)</sup>
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) <sup>A)</sup>	非競争輸入 <sup>F)</sup>	屑部門 <sup>G)</sup>	電源構成 <sup>H)</sup>
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 ;  $IND=\{1, \dots, 36\}^A)$   
 商品分類 ;  $COM=\{1, \dots, 36\}^A)$   
 非競争輸入商品分類 ;  $NCI=\{37, 38, 39, 40\}^F)$   
 屑・副産物分類 (投入) ;  $SBI=\{41, \dots, 48\}^G)$   
 屑・副産物分類 (発生) ;  $SBO=\{49, \dots, 56\}^G)$   
 原材料分類 ;  $MTR=\{1, \dots, 12, 15, \dots, 28, 31, \dots, 36\}^A)$   
 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 ;  $EPG=\{29-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}^H)$

●:推計値 ○:MITI-EDMC (単位: Mt-C)

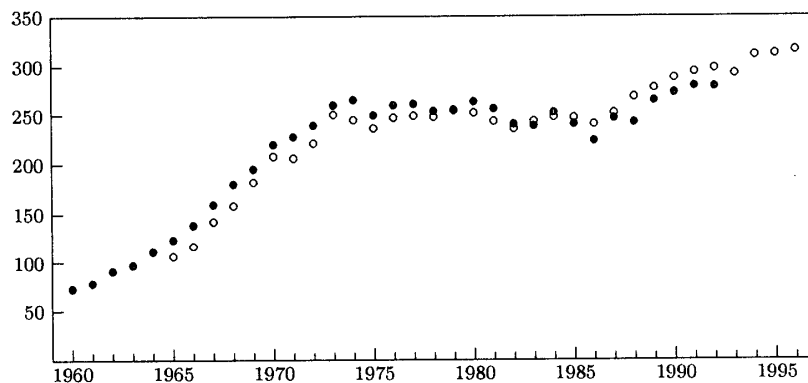


図1 CO<sub>2</sub> 排出量の比較

## 5 多部門一般均衡モデルの概要と BaU シナリオ

ここで、われわれの多部門一般均衡モデルについてエネルギーの扱いを中心として概要を示し、その後 BaU (Business as Usual) シナリオを描くための外生変数と、内生的に解かれた BaU の姿を概観しておく。<sup>1)</sup>

### 5.1 エネルギー需給

われわれの一般均衡モデルにおいては、二次エネルギー供給は、石油製品、石炭製品、電力、ガスの各産業部門から供給される。それらの部門では、燃料エネルギーとして、石炭鉱業、石油製品、石炭製品、ガス、原油、天然ガス、LPG、コークス、高炉ガスなどの燃料を使用している。各産業部門では、これらのエネルギーを燃料として用いるときのみ  $CO_2$  の排出が行われる。モデルでは、各産業部門でのエネルギー資源別の原料・燃料使用比率を与えており、経済活動の結果として、エネルギーの燃料としての使用に対応して  $CO_2$  の排出量が算定されることになる。エネルギーの使用は、生産者の合理的行動（利潤極大もしくは費用極小行動）の結果として資本、労働、非エネルギー原材料との代替関係によってモデルで内生的に求められる部門と、外生的にシナリオを与える部門に分かれる。内生的に求める際は、各生産要素の相対価格と将来の需要規模とによって、合理的な技術条件が選択され、エネルギーを含む各生産要素の投入原単位が決定されることになる。エネルギーの種別エネルギー源の選択に関しても、エネルギー種別の相対価格がエネルギー種別選択に影響することになる。モデルの構造図式の上では、この選択は、長期の費用極小行動によって記述され、短期的には、その技術条件を所与として、短期供給スケジュールが導かれることになる。長期費用曲線は、技術進歩を反映しており、技術の変化が省エネルギー化の方向に変化すれば、それに応じてエネルギー投入原単位に技術状態が反映されることになる。一方運輸部門のエネルギー利用も産業用としては、産業部門としての運輸部門のエネルギー使用として、他の産業部門と同様に扱われる。民生用のエネルギー使用については、二つの部分に別れる。いわゆる業務用の使用は、モデルでは、ほとんどその他サービス業に一括される。民生用のうち家計部門におけるエネルギーについては、家計消費が費目別に、5 費目に別れており、そのうちの電気、ガスその他光熱、および交通・通信の中のガソリン需要とに含まれることになる。家計の消費は、所得制約と価格制約の下での効用極大の合理的行動から各費目の消費量が決定されることになっており、そこでの価格効果、所得効果によってエネルギー需要が決まり、 $CO_2$  が排出されることになる。以上のように、

1) 多部門一般均衡モデル方程式体系の詳細については、黒田・野村（1998）を参照されたい。

モデルの中でのエネルギー需要は、産業用、業務用、運輸用、そして家庭用とそれぞれの経済主体の経済合理性の反映として、生産要素相対価格と所得規模とが、与えられた技術条件を所与として求められることになる。

一方、エネルギーの供給側については、一次エネルギーとしての、原油、天然ガスは、我が国の場合ほとんどが輸入に依存しており、非競争輸入財として投入される。そこでは、ドルベースの輸入価格を外生的に与えて、価格の変化は、他のエネルギー源との相対関係で合理的に選択されることになり、輸入価格および外生変数としての為替レートが影響することになる。エネルギー供給に関しては、電力の電源構成が重要な選択枝となってくる。電力の電源構成に関しては、あらかじめ外生的に用意されたシナリオに基づく。シナリオは、基準ケースとして、原子力、石炭火力、LNG火力、石油火力、水力、新エネルギー、自家発電の別に、1985年から、2010年までの電源構成が設備能力量として与えられ、その各々について、設備利用率も外生的に設定される。さらにその電源構成に対応した、労働投入量、期首資本ストックも整合的に与えることになる。したがって、電源構成については、長期費用曲線に基づく費用極小行動はなく、シナリオでそれを与えることになる。モデルでは、経済活動の結果として算定される電力総需要量を満たすために、まずベース電力としての原子力、水力、新エネルギー、自家発電による部分が先取りされ、残りを石炭火力、LNG火力、石油火力によってまかなうことになる。総需要量の変化の結果として、各電源による発電電力量のシェアが内生的に決定されることになる。

モデルでは、特段のエネルギー需要についての政策を導入しないかぎり、各エネルギー源別のエネルギー需要が内生的に決定され、その需要に見合うエネルギーの供給が決定されるように価格が調整されることになるが、電力需要についてのみ、その電源構成は設備能力、利用率の形でシナリオが与えられており、電源シェアが内生的に決定される。電力の電源構成の変化は、エネルギー部門のエネルギー投入構成に変化をもたらし、結果として電力の価格が変位し、それが各産業、運輸、業務、家庭用の電力需要に影響することになる。その意味ではモデルの解として求められた均衡需給量には、電力需給が均衡した姿が描かれることとなる。

## 5.2 BaU 外生シナリオ

モデルのBaUケースにおける各種内生変数の姿を描くために、まず外生変数についての2010年までのシナリオを与えることが必要である。主要外生変数について、以下のように想定を与えている。

人口：基準年では1985年1.210億人、1995年1.256億人から2007年まで増加し、2007年1.278億人がピークとなり、以降2010年には1.276億人まで低減（厚生省人口問題研究所中位推計による）。15歳以上人口も2007年にピークとなり1.116億人となるが、うち就業可能人口では2010年の

表2 電源構成のBaUシナリオ

	設備能力							設備利用率							労働 電力 全体	資本 電力 全体
	1. 原発	2. 石炭	3. LNG	4. 石油	5. 水力	6. 新エ	7. 自家	1. 原発	2. 石炭	3. LNG	4. 石油	5. 水力	6. 新エ	7. 自家		
1985	2452	1034	2855	5746	3337	0	1507	74.0	64.0	51.2	35.0	28.2	0.0	51.5	236.1	38.4
1986	2568	1169	2923	5694	3472	0	1547	74.3	55.4	50.9	33.3	26.5	0.0	55.2	236.0	39.9
1987	2788	1139	3128	5698	3541	0	1609	76.4	63.2	49.6	35.8	24.4	0.0	55.9	237.5	41.6
1988	2870	1112	3306	5563	3631	0	1689	70.6	65.2	48.8	39.8	28.2	0.0	58.7	239.2	43.6
1989	2928	1169	3476	5574	3650	0	1826	70.9	65.5	49.6	43.6	28.6	0.0	58.8	242.0	45.2
1990	3148	1242	3878	5571	3669	0	1966	73.0	66.7	48.7	46.7	28.1	0.0	57.8	242.8	46.6
1991	3324	1362	3949	5528	3797	0	2039	72.9	66.3	51.4	44.3	29.7	0.0	58.7	240.3	47.9
1992	3442	1467	4095	5542	3838	0	2130	73.7	67.7	49.0	45.0	25.0	0.0	57.3	242.3	49.8
1993	3838	1597	4173	5550	3885	0	2249	73.8	68.4	48.2	36.1	29.2	0.0	56.3	246.4	51.9
1994	4037	1823	4260	5559	4090	0	2321	75.8	66.6	50.5	44.0	20.0	0.0	56.5	251.9	54.6
1995	4119	2034	4393	5614	4257	0	2405	80.3	66.6	50.5	44.0	23.3	0.0	57.8	252.3	56.8
1996	4255	2279	4746	5559	4357	10	2440	80.8	62.6	48.7	41.7	22.4	24.7	58.3	258.4	59.2
1997	4492	2524	5100	5504	4347	20	2449	80.8	59.3	47.2	39.4	24.6	23.5	58.3	266.9	61.2
1998	4498	2770	5453	5450	4435	30	2459	77.9	56.6	45.9	37.1	24.6	23.1	58.3	271.1	63.1
1999	4504	3015	5807	5395	4522	40	2468	77.9	54.4	44.7	34.7	24.7	22.9	58.3	275.2	65.0
2000	4510	3260	6160	5340	4610	50	2478	77.9	52.5	43.7	32.2	24.7	22.8	58.3	279.2	66.9
2001	4695	3445	6260	5420	4697	55	2487	77.4	53.3	43.4	31.4	24.5	24.2	58.3	283.9	68.9
2002	4880	3630	6360	5500	4783	60	2497	76.9	54.0	43.0	30.7	24.3	25.3	58.3	288.4	70.9
2003	5065	3815	6460	5580	4870	65	2506	76.5	54.7	42.7	29.9	24.1	26.3	58.3	292.7	72.9
2004	5250	4000	6560	5660	4957	70	2515	76.1	55.3	42.4	29.2	23.9	27.1	58.3	297.0	75.0
2005	5435	4185	6660	5740	5043	75	2525	75.7	55.9	42.1	28.5	23.7	27.9	58.3	301.2	77.0
2006	5620	4370	6760	5820	5130	80	2534	75.3	56.4	41.8	27.8	23.5	28.5	58.3	305.2	79.0
2007	5965	4378	6683	5490	5343	105	2544	76.1	53.4	40.8	31.2	24.5	24.4	58.3	305.4	80.4
2008	6310	4385	6605	5160	5555	130	2553	76.8	50.5	39.7	35.0	25.4	21.9	58.3	305.5	81.7
2009	6655	4393	6528	4830	5768	155	2563	77.4	47.5	38.7	39.4	26.3	20.2	58.3	305.6	83.0
2010	7000	4400	6450	4500	5980	180	2572	77.9	44.6	37.7	44.3	27.1	19.0	58.3	305.7	84.4

設備能力：万kW、設備利用率：%、労働：労働者数（1000人）、資本：期首資本ストック（1985年価格1兆円）

1.052億人がピークとなる。また年齢階層別には、1995年では65歳以上人口は就業可能人口の20.5%であるが、高齢化の進行に伴って2010年には32.1%を占める。

世帯数：基準年では1985年3875万世帯、1995年4375万世帯から増加し、2010年では5145万世帯まで逡増、うち単身世帯は1995年では23.7%、2010年では28.6%に増加。

政府支出：外挿期間について、政府消費支出および公的総固定資本形成は名目で年率2%増、社会保障給付および負担については年率5%増。各種税率は外挿期間については一定。

マネーサプライ：外挿期間は名目で年率3—4%増。

為替レート：1985年238.5円/\$、1995年の94.1円/\$より2010年132.8円/\$まで円安傾向。

原油価格：1995年18.1\$/blから2010年35.1\$/blまで上昇、1995-2010年でドルベースでは年平均4.43%上昇であり、同期間円ベースでは6.73%の上昇。

世界貿易量：外挿期間は名目で年率1%増。

またBaUケースにおける電源構成のシナリオは、長期エネルギー需給見通しにしたがって表2のとおりに与えている。BaUケースでは、原子力発電は、設備能力として、1996年の4255万kWから2010年には7000万kWにまで拡大する。石炭火力発電は同2279万kWから4400万kW、LNG火力発電は同4746万kWから6450万kW、石油火力発電は同5559万kWから4500万kW、水力・その他発電は同4357万kWから5980万kW、新エネルギーは同10万kWから180万kW、自家発電が同2440万kWから

2572万kWにまで変化すると想定している。各年次の電力部門全体における労働投入量（労働者数）、資本ストック量は、それぞれの発電設備の稼働年次と整合的に推計し、併せた積算によって表2のように想定している。

### 5.3 BaU 内生シナリオ

BaU ケースにおける外生変数のシナリオに基づいて、モデル体系内から求められる姿を概観して置こう。想定に基づいて描いた BaU ケースの主要変数の推移を示したものが、表3の結果である。表の上段には主要な外生変数、下段には主要な内生変数、また右方にはそれぞれの年平均成長率を記載している。BaU ケースの結果によれば、実質 GDP は、1990年の463兆円から、2010年には669兆円となり、1995-2000年の年平均成長率をみると0.59%であるが、2000-2010年では2.46%と回復し、最右列の1998-2010年では年平均1.89%で成長する。そのときの CO<sub>2</sub> 排出量は、2010年5.35億 t-C（炭素換算）まで、1998-2010年で年率1.21%で拡大することとなる。よって同期間における CO<sub>2</sub> の GDP 弾性は、原子力発電の拡大も影響し約0.64となり、1992年から1996年の1.26をかなり下回った値となっている。エネルギーの燃料としての GDP 集約度は、1990年の9.62kcal/円から2010年10.59kcal/円に若干上昇する。これは、要素相対価格として、相対的にエネルギー価格が安めに推移しているためと考えられる（2010年の KLEM の相対価格をみると、エネルギー価格が最も安価である）。内生的に解かれた電力需要の伸びを加味した最終的な電源構成については、原子力発電シェアが、1990年の23.18%から36.83%にシフトするのに対して、石油火力発電のシェアが、25.66%から12.84%にまで低下する結果となっている。石炭火力発電については、1990年の9.47%から、2005年には一旦17.55%にまで拡大するものの、2010年には12.62%にまで低下することとなる。LNG 火力発電についても同様の傾向で、1990年の19.41%から、2010年には16.41%になる。最終需要項目については、名目家計消費支出が1998年から2010年の年率で2.72%、民間総固定資本形成が3.76%、輸出（FOB 価格）が3.20%、輸入（CIF 価格）が3.95%で推移することとなっている。

以上の結果をここで想定した外生変数の下での日本経済の2010年までの BaU シナリオと考えておく。

## 6 炭素税賦課シナリオ実行のコスト

政府の地球環境問題の合同審議会の描いているシナリオによれば、基準ケースで、原油換算最終エネルギー消費が、1996年の393百万kL から、2010年には約456百万kL に増大し、その結果として、CO<sub>2</sub> 排出量が、314百万 t-C から、374百万 t-C にまで拡大することとなっている。その間 CO<sub>2</sub> は、年率で1.24%で伸びることとなる。同期間では、われわれの想定している BaU シナリオの





1.21%に比して若干高くなっている。政府シナリオでは、CO<sub>2</sub>のこの増加のうち、27百万t-Cを原子力発電の増強によって削減し、さらに省エネルギーの努力によって、60百万t-Cを削減することによって、2010年の総CO<sub>2</sub>排出量が、1990年レベル287百万t-Cに安定化できると考えている。その際の最終エネルギー消費量は、約400百万kLとなり、1996年レベルの消費量393百万kLからの微増にとどまることとなる。この政府見通しの実現性、内部整合性とその経済的影響を推察するために、われわれのモデルを用いて、CO<sub>2</sub>排出量削減の政策シミュレーションを試みることになるが、まず先にモデルにおける炭素税賦課による影響がどのように記述されるかについて述べることにしよう。

はじめに炭素税の賦課は、エネルギーの燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量に比例したかたちで、エネルギー投入価格の上昇をもたらす。そのときエネルギー集約的産業を中心として、エネルギー投入価格の上昇により当該部門の短期供給曲線は左方へとシフトする。各産業部門は中間財を通じて相互依存関係にあることから、原材料取引を通じた連鎖により、直接的なエネルギー価格上昇と間接的な各種原材料価格の上昇が各産業部門全体へと波及し、全体としてさらなる供給曲線の左方シフトをもたらすことになる。もし暫定的に需要曲線の位置が変わらないとしても、需給均衡点では、均衡価格の上昇と均衡数量の減少が生ずる。その結果、各生産部門の付加価値発生額は変化を生じ、それと連動する所得変化が生まれることになる。各需要主体は、炭素税賦課による一次エネルギー価格上昇からはじまって、上記のような短期の生産者行動、および財・サービス市場を通じた価格変化と所得変化の影響を受け、需要を変化させることになる。それは消費構造、輸出入構造、更には投資構造にも影響するかたちで、総需要を変化させる。需要構成要素それぞれをみると、波及した全般的な価格上昇は実質消費需要を減少させ、また価格上昇によって輸出量の減少、輸入量の増加によって国内需要量は減少する。一方、投資行動をみると、エネルギー価格上昇による要素相対価格の変化が、各産業の資本、労働、原材料、エネルギーの技術的代替性、補完性の特性によって、次期以降の産業の供給能力や産業間の資源配分に変化を与えることになる。資本とエネルギーの技術的代替関係のもとでは、エネルギー価格の相対的な上昇は特に省エネルギー達成のための投資を誘発し、これによって当期の投資財需要を増加させるであろう。それぞれの最終需要主体の行動の結果、もし投資財需要増を消費需要、純輸出減少が相殺し、総需要が低下すると、こうした需要構造の変化は一部の資本財を除き当期の需要曲線を左方へとシフトさせることになる。したがって短期的には、炭素税を賦課しなかった場合の均衡点と比較すれば、産出量の低下と価格変化が生ずることになる。各生産部門の付加価値の圧縮、実質所得低下をもたらし、さらに予算制約のもとで実質消費を減少させることになる。価格変化の方向は、各産業の化石燃料依存度によって異なることになるが、エネルギー集約的な産業ほどコスト上昇による価格上昇圧力は強くなる。よって一国全体の集計量として評価すると、炭素税賦課によって短期的には、一般物価の上昇と実質GDPの減少

というネガティブな影響をもたらすことになる。

一方、長期的な影響をみてみよう。炭素税の賦課による価格体系の変化によって、来期以降には産業構造変化、各産業の技術状態の変貌を迎えることになる。今期のエネルギー価格の上昇に伴って誘発された各産業の省エネルギー投資が、資本ストックと中間投入係数を変化させることによって、次期以降の供給曲線の位置に変化をもたらす。供給曲線は $t$ 期から $t+1$ 期にかけて、資本ストック増に基づく固定費上昇により切片は上方へと推移するが、エネルギー効率の上昇を中心とする生産性上昇によって曲率は変化し、 $t+1$ 期の供給曲線は右方変化を生ずることになる。その結果として、 $t+1$ 期以降の均衡点は、需給均衡生産量を増加させ、均衡価格を低下させる方向に変化することになり、経済を活性化させる効果を持つことになる。この動学的な効果は、環境保全と経済成長の両立、あるいは持続可能な成長という視点から見たとき、極めて重要な意味を持つ。炭素税の賦課による人為的な価格変化は短期的には一般物価の上昇と実質 GDP の減少をもたらすが、資本構造の変化によってもたらされるエネルギー効率の上昇を中心とした生産性の向上が、長期的には経済成長を補填し、むしろ新技術の導入によって新たな競争力を保有しうる可能性があるからである。

#### 6.1 6000万 t-C 削減シミュレーション

先に述べたとおり、シナリオでは、2010年のCO<sub>2</sub>総排出量374百万tのうち、2700万tを原子力発電の増強によって削減し、さらに省エネルギーの努力によって、6000万tを削減することによって、2010年の総CO<sub>2</sub>排出量を1990年レベル287百万tに安定化するというものである。ここでは、CO<sub>2</sub>6000万t削減の政策シミュレーションを試みて、その経済体系への影響を考えてみる。エネルギーの供給側については、原子力発電設備能力7000万kW（2010年）の想定は折り込み済みとしている。その上で、CO<sub>2</sub>量6000万t削減の手段として、燃料としての化石エネルギーの消費ともなって排出されるCO<sub>2</sub>排出量に見合って、炭素税が一律に掛けられることを想定している。炭素税は、各化石燃料の炭素含有量に比例して賦課されるものとする。化石燃料を燃料として使用した場合のみ、したがって直接的にCO<sub>2</sub>を排出した場合のみ炭素税が賦課されるが、その場合は、産業、運輸、民生いずれの場合でも、炭素単位あたりでは、均等の税率がかかることになる。2010年のCO<sub>2</sub>排出量を、われわれのBaUケースに比して、6000万t削減しようとする、2010年に一年度のみの炭素税負担では達成できず、2009年から2ヶ年にわたって炭素税を課すことになる。削減のために賦課されるべき炭素税額は、2009年は炭素1tあたり8,182円、2010年では炭素1tあたり22,503円と内生的に求められた。そのとき総炭素税収入は、2009年には4.625兆円、2010年には11.695兆円となる。その結果、実質GDPは、2009年には、BaUの647.293兆円から643.185兆円へと約0.6%の低下、また2010年には、668.871兆円から、668.515兆円の0.05%の低下となる。ただ

2010年のこの GDP 水準は、先の炭素税を一切導入しなかった基準ケースの水準であり、もしこれを、2009年にも導入し、2010年には導入しなかったケースを BaU ケースとして比較すると、その水準は2010年で、1.57%の実質 GDP の減少ということになる。炭素税の導入が、各エネルギー使用部門で、エネルギー効率を向上させることになり、それが GDP を拡大する方向に働く。したがって2009年に導入した場合、2010年には、そのことによるエネルギー効率の改善が、価格低下をもたらす実質 GDP を拡大させることとなる。排出量安定化のために、2010年にさらに炭素税を賦課することによって、経済成長は減速することになるが、その一部は、前年度のエネルギー効率改善によって補完されていることになる。こうした結果は、2009年から2010年にかけての炭素税の導入は、短期的には、国民負担を伴うものの、エネルギー効率の改善が、供給力を増大させる効果をもつことによって、その負担が相殺されることを示している。炭素税を導入したことによって、発電電力の形態別比率は、2010年で石炭火力が12.62%から11.97%へ、石油火力が12.84%から12.17%へ、LNG 火力が16.41%から16.70%へと変化することになる。

こうした炭素税の賦課による影響は、産業構造にも及ぶ。その産業別影響を各産業の粗生産の基準ケースとの変化率で見ると、炭素排出量の大きなエネルギー産業への影響が当然大きくなり、石炭産業は約14%程度、石油産業が約12%程度、電力が約6%、ガスが約5%程度の産出量の減少となる。またエネルギー集約的な産業、鉄鋼、紙パルプ、運輸、化学、窯業土石などの産業も産出量の減少となる。しかし、一方で省エネルギー投資の拡大の効果として、投資財需要の増加の影響もあり、建設業、木材木製品、一般機械、その他輸送機械などの産出量は増大することとなる。また、各産業のエネルギー効率の改善率も産業別に異なっている。もっとも大きな改善は変化率のベースでは、家具製造業で約40%もの改善となる。しかし、この部門はもともと、エネルギー集約的な産業とはいえないので、一国全体への効果としてはそれほど大きいとはいえない。むしろ、エネルギー集約的な産業で、紙パルプの約25%、窯業土石の約30%、鉄鋼業の約30%、運輸部門の約15%、その他サービス業の約25%などのエネルギー効率の改善が全体のエネルギー節約に果たしている役割は大きいものと考えられる。

以上のシミュレーションが示唆しているように、BaU ケースに比して、6000万 t の CO<sub>2</sub> の削減効果は、短期的には国民負担を伴うものの、中長期的には生産効率の向上、生産能力の拡大によって、経済の良循環構造を生み出す効果をもっていることになる。

## 6.2 原子力発電未達シミュレーション

表2でのBaUケースにおける電源構成に着目すれば、非化石エネルギーへの転換として原子力発電の拡大が想定されており、現状4492万kWから2010年には7000万kWまで拡張される計画である。それによって、2700万t-CのCO<sub>2</sub>削減効果を見込んでいる。原子力発電7000万kWの設備の達成そ

表4 原子力発電未達シミュレーションの各シナリオ

		原子力発電			
		設備能力	7000万kW	4492万kW	5620万kW
		稼働率	78%	83%	83%
LNG	6450万kW	37.7%	BaU		
	7090万kW	40.2%		Sim1A	Sim2A
	7090万kW	47.0%		Sim1B	Sim2B

設備能力、稼働率はすべて2010年における値

のものが、現状の原子力をめぐる環境では、実現が困難との見方もある。そこで、ひとつのシミュレーションとして、電力供給における電源構成がBaUの想定通りに進まなかったケースを考え、それによるCO<sub>2</sub>の排出量の増加分を削減努力することによって、日本経済が如何なる影響を被ることになるかをシミュレートしてみよう。

原子力発電がBaU 想定 of 2010年7000万kWに至らなかったという想定で電源構成のシナリオを描くことから始めるが、その場合の想定として、原子力発電の2010年の設備能力とその利用率、さらにLNG 火力の設備能力とその利用率の組み合わせによって、それぞれ4つのケースを考えている。表4におけるSim1A, Sim1B, Sim2A, Sim2Bの4とおりがそれである(表では列部門に原子力発電の設備能力と設備利用率、行部門にLNG 火力発電の設備能力と設備利用率を記述している)。

原子力発電に関しては、設備能力を1997年現状の4492万kW、設備利用率83%のケース(Sim1AとSim1B)と、2006年までの計画設備能力5620万kW、利用率83%(Sim2AとSim2B)の2ケースを考えている。またLNG 火力発電に関しては、設備能力7090万kW、利用率40.2%(Sim1AとSim2A)と、その設備能力のもとで設備利用率47.0%(Sim1BとSim2B)の2ケースを想定している<sup>2)</sup>。それぞれのケースに応じて、電力部門全体としての必要労働投入量および資本ストックも変化し、2010年の労働投入量をみると、Sim1AとSim1Bのとき電力業全体ではBaUの30.57万人から28.01万人、同様にSim2AとSim2Bのとき29.43万人に想定している。また実質資本ストックレベルは2010年でそれぞれ、BaUの84.4兆円(1985年価格)からSim1AとSim1Bのとき77.9兆円、Sim2AとSim2Bでは80.1兆円に想定している。

電力供給の電源構成が変化することによって、原子力発電のウェイトが拡大すればするほど、電力価格が低減する。これは、原子力発電設備の増大によって、電力の固定費(ここでは用地補償費は対象外であり、再生産可能有形固定資産のみ)が増加する一方で、中間原材料コストが減少するからである。逆に、LNG 火力発電設備の拡張は、固定費の負担が原子力設備に比して縮小できる一方で、

2) 原子力発電設備、LNG 火力発電設備の設備能力と利用率は、表2との対応で中間年については線形的に補完している。

LNGの輸入など中間原材料コストの増大につながる事となる。その結果として需給を調整したあとでの電力価格は、原子力設備のウェイトが小さいSim1AとSim2AのケースでBaUに比して2010年で約4%、相対的に原子力設備のウェイトの大きいSim2AとSim2Bのケースで約3%程度の電力価格の上昇となる。こうした電力価格の上昇は、すべての部門でエネルギー価格を他の生産要素に比して、相対的に上昇させることとなり、投資行動において、エネルギーと資本との代替を生じさせることとなる。そのため、各部門とも省エネルギー投資を含んだ実質投資の拡張が生じ、供給能力を増大させて、供給曲線をBaUのケースに比して、右方へとシフトさせることとなる。結果は各部門の生産物価格の低下となり、GDPデフレーターでもSim1AとSim2Aで2010年約0.8%、Sim1BとSim2Bで約0.6%の価格低下となる。したがって実質GDPは、価格低下の効果を反映して、Sim1AとSim2Aで、2010年のBaUに比して約0.6%、Sim2AとSim2Bで約0.5%上昇することになる。そのときCO<sub>2</sub>の排出量は、同じく2010年で、原子力発電未達によってSim1AとSim1Bで約4%、Sim2AとSim2Bで約1%の増加となる。

産業部門別の産出量(実質)では、BaUに比して、2010年0.3~0.4%の増加、自動車産業で1.5%~2.0%の増加、電気機械で0.8%~1.0%の増加とそれぞれ拡大し、結果として産業のCO<sub>2</sub>排出量は増加することになる。家計部門は実質労働所得が増加することによって、価格上昇の大きい電力の需要は停滞するものの、それ以外の消費需要は増大して、全体としてCO<sub>2</sub>排出量は増加することとなる。各シミュレーションによるCO<sub>2</sub>の増大は、2010年でBaUの5.35億t-CからSim1Aで5.55億t-C、Sim1Bで5.51億t-C、Sim2Aで5.43億t-C、Sim2Bで5.40億t-Cにまで増加することになる。1997年の現状のまま原子力発電の増設がない場合、CO<sub>2</sub>はさらに約2000万t-C増加<sup>3)</sup>し、2006年までの計画値(5620万kW)が実現した場合でも、さらに500万t-CのCO<sub>2</sub>の排出拡大が生ずることとなる。

そこで、この原子力発電建設の未達によるCO<sub>2</sub>排出量の増加を、何らかの追加的対策によって安定化させることの国民負担を算定してみることにする。ここでは、シミュレーションの各ケースのうち、Sim1A(原子力発電設備能力4492万kW、利用率83%かつLNG発電設備能力7090万kW、利用率40.2%)およびSim2B(原子力発電設備能力5620万kW、利用率83%かつLNG発電設備能力7090万kW、利用率47.0%)の両ケースについて、導入する税制度に関していくつかの選択肢を与えている。先の6.1でのシミュレーションと同様に一般炭素税のケースに加えて、電力業にのみ炭素税を課すケース、(電力業を含む)産業用の利用にのみ炭素税を課すケース、そして間接税を課すケースの4通りの実験である。それぞれのケースについて、政策手段の選択の差異を要約したものが表5である。

3) 政府シナリオでは原子力発電の2010年7000万kWまでの拡張によって、CO<sub>2</sub>排出量2700万t-Cの削減を見込んでいる。この一般均衡モデルによる原子力未達ケースでは、原子力発電が拡張されないことによるエネルギー価格の上昇(2010年でBaU比約2.5%上昇)によってエネルギー消費が減少し、追加的に2000万t-Cのみ排出されるように求められた。

表 5 6000万 t-C削減ケースと原子力発電未達ケースシミュレーション結果の要約

	原発&LNGシナリオ		実質GDP (10兆円)		CO2排出量 (100万t-C)		炭素税 (¥/t-C)		間接税 上昇率(%)		GDP 低下率(%)		Lh 低下率	
	2009	2010	2010Base	2010	2009	2010	2009	2010	2010	2010Base	2010	2010Base	2010	2010
BaU	647293	668871	526.9	535.0										
炭素税賦課 :6000万t-C 率)	7000/78% & 6450/37.7% (各々の設備能力/稼働 率)	643185	668515	679145	516.4	475.0	8182	22503	30684	0.05	1.57	207.0	208.0	0.46
Sim 1A		650354	672734	544.2	554.8									
-炭素税賦課														
:全般		664821		535.0		14706				1.18		207.5		1.03
:電力		N.A.												
:産業		649722	663600	674628	543.4	535.0	1307	23288	24594	1.36	1.63	206.8		1.37
-間接税賦課	4492/83% & 7090/40.2%	661531		534.9		0				78	1.67	203.0		3.16
Sim 1B		650315	672757	541.6	551.4									
Sim 2A		649498	672209	533.4	542.5									
Sim 2B		649458	672231	530.8	539.1									
-炭素税賦課														
:全般		670690		535.0		2979				0.23		208.8		0.20
:電力		669220		535.6		14167				0.45		208.6		0.28
:産業		668600		535.0		7930				0.54		208.1		0.51
-間接税賦課	5620/83% & 7090/47%	669899		534.8		0				16	0.35	207.8		0.67

結果によれば、Sim1A のケースで、原子力発電未達による  $CO_2$  の増加分約2000万 t-Cを追加的に一般炭素税で削減しようとした場合、炭素税負担は約14,706円となり、そのことによる実質 GDP は約1.18%減少となる。BaU ケースで想定した6000万 t-Cの  $CO_2$  削減と併せると、約45,000円程度の炭素1 tあたりの炭素税を必要とすることになる。これを電力部門のみのエネルギー税で処理しようとする経済の均衡解を求めることができない。したがって、電力にのみ税制を導入することは政策の選択肢としては実現可能性がないことになる。また、産業にのみ炭素税を導入した場合には、2010年での安定化のために、2009年と2010年の両年にわたって炭素税をかけることが必要となり、その場合の税率は、両年合計で24,594円となり、一般炭素税による場合よりはより高額なものとなる。またこれを間接税の引き上げで対処した場合には、税率を約78%引き上げることが必要となり、実質 GDP の値をみると  $CO_2$  安定化のためのシナリオとしてもっとも非効率なものであることが指摘されよう。また、Sim2B のケースでは  $CO_2$  増加分約500万 t-Cを一般炭素税で削減しようとした場合、炭素税負担は約2,979円、約0.23%の実質 GDP の減少となる。電力部門のみの炭素税賦課によると炭素税額は14,167円、産業のみの炭素税賦課では7,930円とそれぞれ4.7倍と2.6倍の税率を課す必要がある。ただし一国全体への影響をみると、実質 GDP で電力部門のみのとき0.45%減少、産業では0.54%減少と、むしろ産業全体に炭素税を賦課したケースのほうが影響は大きいものになっている。間接税の引き上げで対処した場合には、税率を約16%増加させることにより達成される。このときの実質 GDP は0.35%の減少であり、一般炭素税の賦課に次いで影響は小さいものとなっている。Sim1A での安定化では最も大きなコストを伴うものであったことを想起すれば、間接税率増加による安定化シナリオはその非効率性から、 $CO_2$  の削減量の拡大によって経済全体へのネガティブな影響を強めることがわかる。

4つの税制度の選択肢のなかでは、当然一般炭素税の導入によるほうが、市場メカニズムにバイアスを生じない分だけ合理的であるといえる。このシミュレーションに関して、産業部門別の産出量、およびエネルギー投入係数への影響を比較したものが、Sim1A については図2、Sim2B については図3である。産業への影響については、一般炭素税の場合は、ほぼ先の6000万 t-C削減のケースと同様である。産業のみに税を賦課した場合には、ほとんどの部門で、産出量の削減の程度は、一般炭素税の場合より大きくなり、さらに間接税の場合には、消費財を含む産業への影響はさらに大きくなる。とりわけ間接税の賦課による場合、一般炭素税の際にはあまり影響の大きくなかった食料品製造業、繊維工業、衣服製造業、皮革製造業などの各製造業と通信業、卸小売業、その他サービス業への影響も大きく、Sim1A では約4%程度の産出量削減の負担となる。図2および図3の下方に示した各産業部門のエネルギー投入効率の改善率も、税制の導入の仕方によってかなり異なった結果となる。一般炭素税の導入によるエネルギー効率の改善はエネルギー集約的産業を中心として、Sim1A では平均15%~20%の効率改善を必要とする。先の6000万 t-Cの  $CO_2$  削減のため



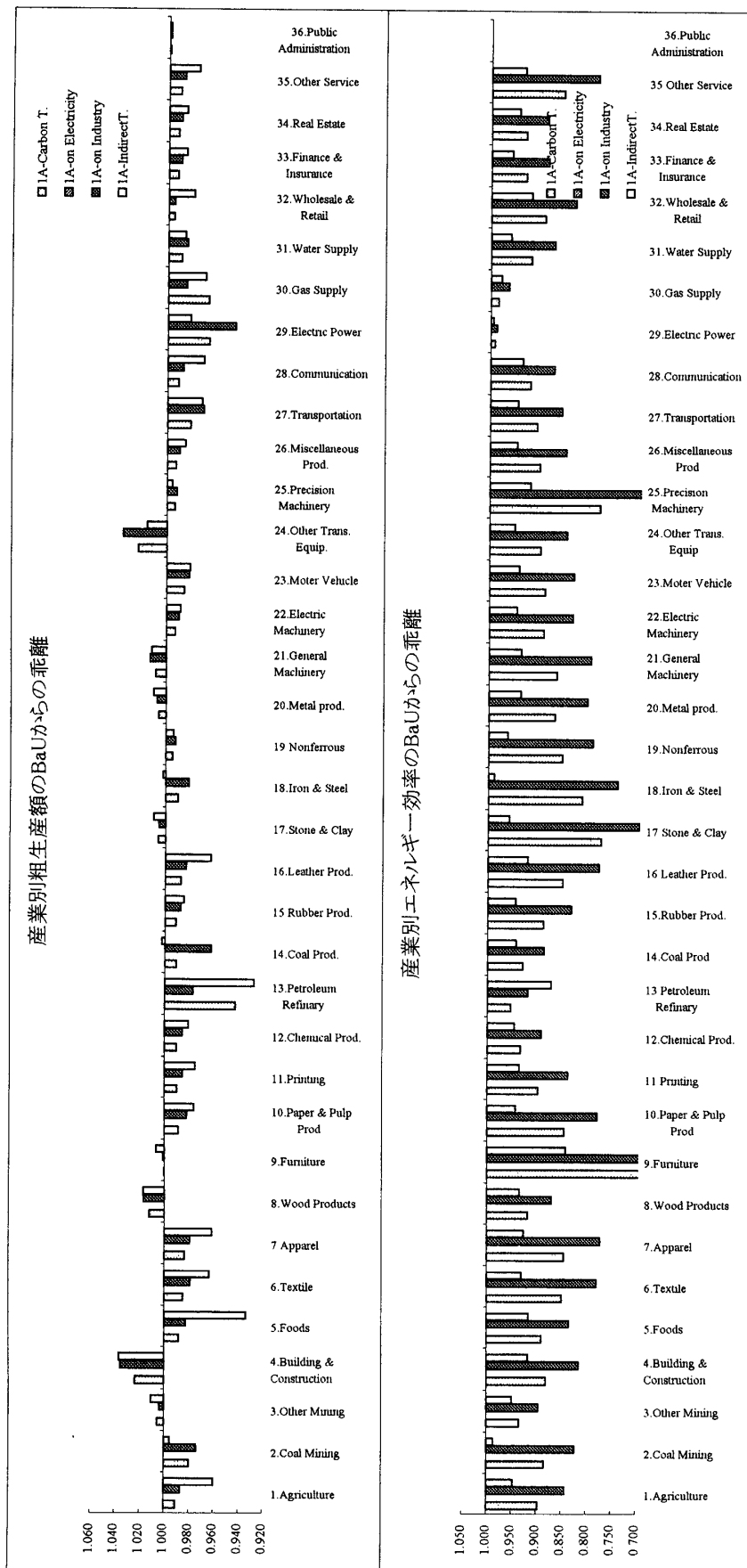


図2 Sim1Aにおける安定化シミュレーションの産業別粗生産額とエネルギー効率(2010年)

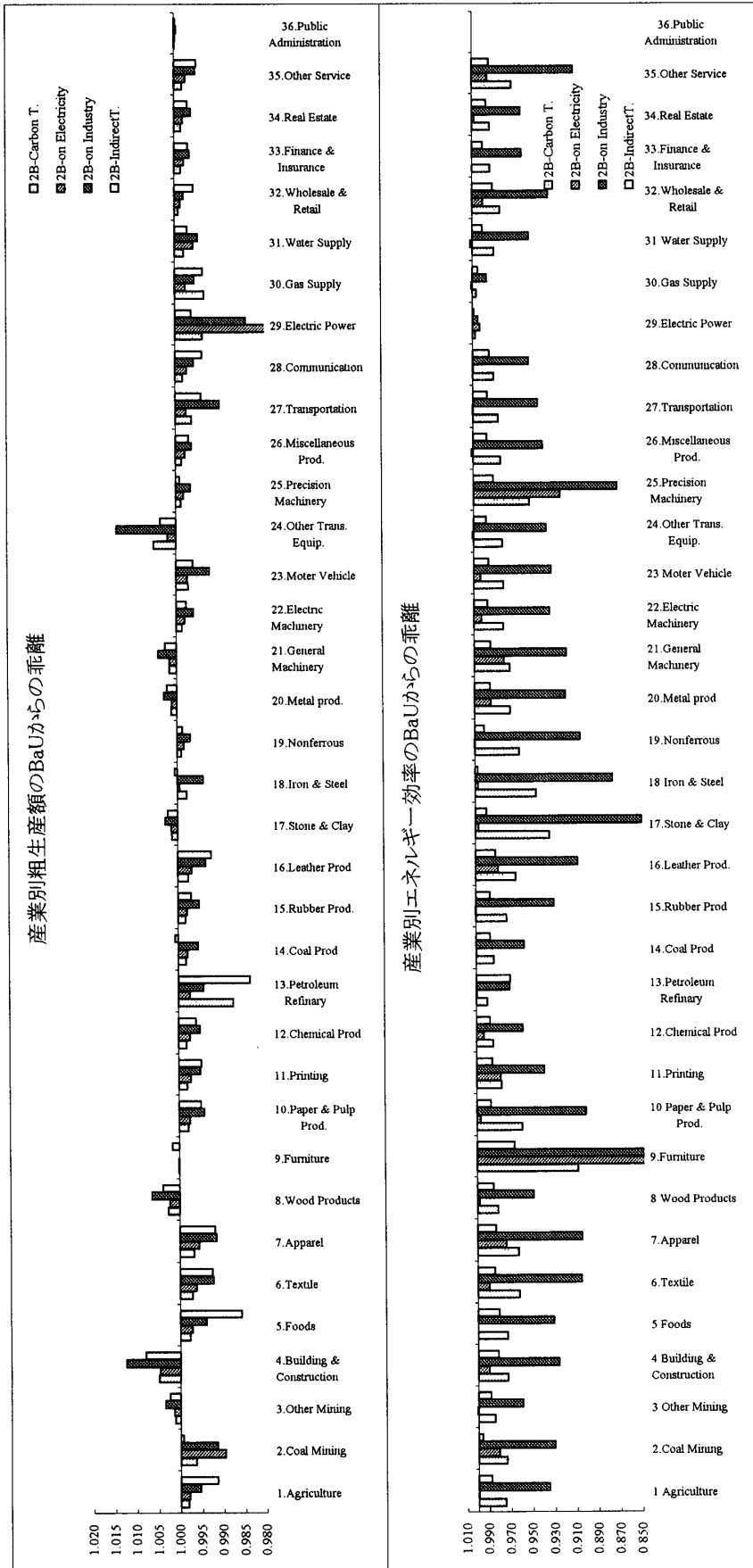


図3 Sim2Bにおける安定化シミュレーションの産業別粗生産額とエネルギー効率 (2010年)

表6 Sim1A及びSim2Bケースにおける家計への影響

〔世帯主年齢階層別補償変分〕								
	Sim1A				Sim2B			
	炭素税			間接税	炭素税			間接税
	全般	電力	産業		全般	電力	産業	
15—24	10202	N.A.	12886	22059	2000	2736	4267	4622
25—34	8180	N.A.	10427	16707	1601	2172	3444	3496
35—44	13308	N.A.	17196	27769	2068	3472	5684	5801
45—54	18384	N.A.	23873	38909	3601	4791	7893	8122
55—64	9413	N.A.	12023	19669	1840	2407	3969	4101
65—	5592	N.A.	7404	12267	1173	1509	2439	2557

〔家計のエネルギー消費比率〕								
燃料消費	0.8646	N.A.	0.9835	0.8603	0.9698	0.9975	0.9929	0.9681
電力消費	0.9244	N.A.	0.8893	0.9759	0.9860	0.9380	0.9632	0.9951
エネルギー消費	0.8791	N.A.	0.9605	0.8884	0.9737	0.9829	0.9856	0.9747

補償変分の単位：1世帯1ヶ月あたり円

消費比率：各シミュレーションのBaUケースからの乖離

N.A.：モデルで均衡解が得られなかったことを意味する

の効率改善と併せて考えると原子力発電未達によって各産業部門ともかなりの省エネルギー努力を強いられることとなる。産業にのみ税負担を強い場合には、各産業のエネルギー効率改善の必要性はもっとも大きく、Sim1Aで窯業土石業で約30%、鉄鋼業で約25%などとなり、原子力発電を導入しないことによる電力業のエネルギー効率の低下分を各エネルギー集約産業におけるエネルギー効率の上昇によって補完するかたちとなっている。

最後に、これらの影響が家計にいかなる負担を強いることになるかを、家計の補償変分 (compensating variation) の算定によって推計している。補償変分は、炭素税などの制度的政策手段の実行が、家計の生活にいかなる影響を与えるかを算定するために、政策実行以前の家計の総効用の水準を補償するために政策実行後の経済状況でどの程度の所得補償が必要となるかを推定している。このモデルでは、家計を世帯主の年齢によって、6階層に区分している。世帯主年齢階層毎にエネルギーの利用形態と規模が異なることから、政策の実行が家計に与える影響も異なってくる。表6に家計への影響が要約されている。世帯主年齢階層別には、すべてのケースで世帯主年齢が45-54歳の家計への影響がもっとも大きく、原子力発電が現状の供給力(4492万kW)のまま推移した場合、それによるCO<sub>2</sub>排出量の増分を削減しようとするSim1Aでは、一般炭素税の賦課によって政策実行以前の効用水準を補償するために1.8万円相当(1世帯1ヶ月あたり)の負担をかけることとなる。同ケースで、直接的には家計の炭素税負担のない産業のみに炭素税を課したときには2.4万円相当と、間接的な影響を受けてむしろ家計の負担分も大きなものになっている。2006年までの原子力発電の

計画設備能力（5620万kW）を想定している Sim2B では、家計の負担もより小さなものとなり、一般炭素税の賦課によって世帯主年齢45-54歳の家計の3.6千円相当を最大に、65歳以上の家計では1.2千円相当の補償変分となっている。

その際の家計のエネルギー節約の努力をみると、Sim1Aでは産業と同様に20%程度のエネルギー消費をBaUに比較して抑えるような改善が要求されることを示している。Sim2Bでは一般炭素税で3%程度のエネルギー消費の抑制が要求されており、電力部門のみに炭素税を賦課したケースでは6%程の電力消費を抑える必要がある。

## 7 課題として

ここで示したシミュレーションは、原子力という非化石エネルギーへの転換が経済に与える影響を示したものであるけれども、その結果の読み取り方については幾つかの留保条件をおいて置くべきかもしれない。一つは、このシミュレーションによれば、体系の主要な変移は、要素相対価格の変化による要素間代替を出発点として起こるということを示している。その観点からすると、要素間代替のパラメーターの測定の妥当性は、厳格にチェックされなければならない。二つめには、要素間代替のパラメーターが妥当であり、エネルギー価格の上昇によって、他の生産要素に代替が起こった場合に、それが短期供給スケジュールの変移にどの程度反映されるかという問題である。別の言い方をすれば、省エネルギー投資の拡大は、それぞれの産業部門で、何らかの資本ストックの拡大に結びつくことは間違いないことであるが、その資本ストックの拡大が、エネルギー効率の改善に加えてその産業部門の供給能力の拡大を同時的にもたらすかどうか？という問題である。この点に関しては、省エネルギー投資と生産能力拡張投資と言われる投資の意味について、もう少し精密な検討を必要と考えている。さらに、ここでの原子力発電の建設が、税および政府予算配分になんらかの関わりを持っているどうかについても、更なる検討を要する課題である。

ここでのシミュレーションは、このようにその結果についてはさらに精査すべき課題を多く残している。ただ、経済の一般均衡の相互依存の関係が、部分均衡的な想定をはるかに上回った複雑な波及効果をもっており、その意味ではこうした一般均衡モデルによる政策メニューの検討、および各種政策メニュー間の整合性の検討が重要と考えている。

モデル分析から導かれた定性的な検討の結果は、次のように要約できる。すなわち、

“省エネルギーの実現のための投資の拡大が、産業、民生、運輸すべての部門において、短期的にはコスト上昇の負担を強いることになる。とりわけ、エネルギー集約的な産業におけるこの負担は大きく、産業構造はかなり急速な変化を強えられる。それに伴って雇用構造にも変化があらわれ家

計ベースの負担もかなりのものとなる。しかし、一方では、省エネルギーへの投資が、エネルギー効率を含め、産業、運輸部門の生産性を向上させることとなり、中長期的には、資源配分の効率利用の結果として、経済成長を維持させる効果をもっていることとなる。”

#### 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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. Wilcoxon (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<sub>2</sub> 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] 黒田昌裕・野村浩二 (1998), 『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 (1)環境保全政策と多部門一般均衡モデルの構築』, KEO Discussion paper No.15, 慶應義塾大学産業研究所.
- [16] 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」.