

# マクロ経済・エネルギー需給統合モデル による二酸化炭素排出シミュレーション

井関 裕章 / 猪平 進

1. 緒言
2. モデルの概要
3. マクロ経済モデル
4. エネルギー需給モデル
  - 4.1 エネルギー価格モデル
  - 4.2 最終エネルギー需要モデル
  - 4.3 エネルギー源別消費量
5. マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの精度評価
  - 5.1 ファイナルテスト
  - 5.2 乗数テスト
6. マクロ経済・エネルギー需給統合モデルによるシミュレーション
  - 6.1 基準ケースのシミュレーション条件
  - 6.2 マクロ経済モデルのシミュレーション結果
  - 6.3 エネルギー需要モデルのシミュレーション結果
  - 6.4 エネルギー源別消費量
  - 6.5 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量予測
7. 結言
8. 付録：マクロ経済・エネルギー需給統合モデル方程式体系

## 1. 緒 言

オゾン層の破壊、酸性雨、熱帯雨林の減少、地球温暖化といった地球環境問題は21世紀における最大の問題である。これらの環境破壊によって生態系のサイクルが危機に瀕し、多くの生命種が絶滅したり、絶滅の危機に瀕している。これらの影響は、人間の生存・活動能力の増大に伴い、地球単位で顕れてきており、生態系の一員である人類もまた大きな危機に直面している。こうした現象を引き起こしたのはわれわれ人類自身であり、われわれ人類の諸活動や生活のあり方（ライフスタイル）が問われていると言えよう。特に大規模な地球環境の破壊者たりうる企業体もしくは組織体については、内部的に、また外部からもそのあり方を問うことに関心が高まってきている[10]。すなわち、20世紀の企業と人間の営みは、大量生産・大量消費・大量廃棄の経済社会構造を実現してきた。この大量生産・大量消費・大量廃棄の社会は、膨大なエネルギー需要を必要とする。大量のエネルギー消費は、経済成長にとって必要不可欠であり、事実、経済成長とエネルギー消費とは、非常に強い相関関係にある（図1.1）。

この一次エネルギー消費<sup>(注1)</sup>が、地球環境問題の中で、現在最も深刻とされている地球温暖化<sup>(注2)</sup>を引き起こしているのである[2]。地球温暖化をもたらす二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)をはじめとする温室効果ガスは、日常生活や経済活動と密接不可分のエネルギー消費に伴い不可避免的に発生するものであり、その意味で、地球温暖化問題は、環境問題であると同時に経済・エネルギー問題としての側面を多分に有している。

こうした地球温暖化問題に対する世界的な関心を受けて、1997年12月の地球温暖化防止京都会議（気候変動枠組み条約第3回締約国会議；COP3）において京都議定書が採択され<sup>(注3)</sup>、日本は2008年から2012年のCO<sub>2</sub>年間平均

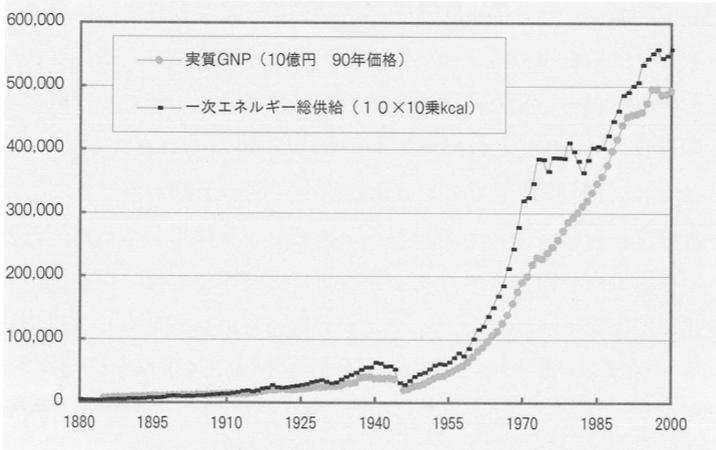


図 1.1 日本の GNP と一次エネルギー消費の推移  
(出所) 『図解 エネルギー・経済データの読み方入門』〔2〕

排出量において、基準年である 1990 年に比べ 6% の削減義務を負うこととなった。

本論文は、経済成長と一次エネルギー消費の強い相関関係に着目して、経済モデルから一次エネルギー消費量を導出し、CO<sub>2</sub> 排出量を予測する計量モデルを構築しようとするものである。この研究により、さまざまな要因の変化が CO<sub>2</sub> 排出量に与える影響を定量的にシミュレーションすることが可能になる。そして、「持続可能な発展 (Sustainable Development)」(注 4) を目指す 21 世紀の経済と人間の関係を考える上で、参考になるデータを提供しようものと思われる。

本論文で述べるマクロ経済・エネルギー需給統合モデルは、2つのサブモデル、すなわちマクロ経済モデルとエネルギー需給モデルからなっている。このうちマクロ経済モデルについては、エコノメイトモデルなどの標準的な定式化に従いモデル構築を行った。エネルギー需給モデルについては、大きく分けて、LP (線形計画法) などを用いた最適化型のモデルと、計量モデルなどのシミュレーション型モデル、およびその複合モデルの 3 種類がある〔31〕

[32]。日本では、第一次石油危機後、エネルギー需要を外生的に与えて最適なエネルギー供給を求める最適化型モデルが多く開発されたが、現在はむしろ経済とエネルギーの相互の関係を求める計量経済型モデルが一般に多く作られる傾向にある（たとえば日本エネルギー経済研究所や専修大学作成のモデル[20][21][23]など）。計量経済型モデルは比較的中長期の予測が可能なことから、われわれも、計量経済型のエネルギー需給モデルを採用している。ただし既存モデルを参考にしながらも、あまり複雑なモデルよりは、できる限り主要な変数間の関係をモデル化し、シンプルで見通しの良いモデルを目指した。

(注1) 一次エネルギーとは、「天然・自然に採掘されたまま」のエネルギーで、石炭、原油、天然ガスなどを指す。一次エネルギーをさらに変換・加工・精製した電力、石油製品、都市ガスなどを二次エネルギーと言う。

(注2) 地球温暖化問題は、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として、地表および大気の温度が追加的に上昇し、自然の生態系および人類に悪影響を及ぼすものであり、その予想される影響の大きさや深刻さから見て、まさに人類の生存基盤にかかわる最も重要な環境問題の一つである[15]。

(注3) 先進国を中心に温室効果ガスの排出削減目標が決められた。対象となる温室効果ガスは、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFC、PFCs、SF<sub>6</sub>の6種類である。なかでもCO<sub>2</sub>は温室効果ガス排出量全体の88.9%（1998年）にも及び、その温暖化への影響が全体として他の温室効果ガスよりも大きいため、国内外の取り組みは、喫緊の課題である。

(注4) 経済発展と地球環境維持を均衡させることを目指す概念である。1984年にストックホルムで開かれた「環境と開発に関する世界委員会」（World Commission on Environment and Development, WCED, ブルトラント委員会）で提唱されたのが始まりと言われる。

## 2. モデルの概要

ここでは、第一次基準モデルとして、2010年までの日本の経済、エネルギー、環境を予測できる計量モデルの構築を目標に掲げた。

計量モデルを構築するには、まず経済およびエネルギー需給関係の理論をもとに構造をとらえることから始まる。計量モデルによる予測は、人間の不安定な予測作業を構造把握に置き換えることによって、人間の関与する予測の範囲を大幅に減らす試みである。したがって、的確で説得力のある構造把握が予測の精度を決定するといっても過言ではない。次に構造の説明のために用いた変数のデータを収集し、それらを用いて単回帰または重回帰の式の係数値を最小二乗法 (OLS) により推計する。推計された回帰式は、過去の実績データとの適合度をチェックし、必要ならば理論に立ち返って再度検討する。こうして出来た個々の式は、相互に関連しあって連立方程式体系のモデルを形成する。

モデルは大きく分けて、2つの計量モデルから構成されている。すなわち、マクロ経済モデルおよびエネルギー需給モデルである。マクロ経済モデルでは、世界貿易、原油価格、為替レートなどの海外指標と、政府の支出、投資などの政策要因、および人口構成などの人口要因を外生変数として、GDP、消費、各種デフレータや物価指数、鉱工業生産指数、鉄やエチレンなどの各産業の生産量を計算する。つづいて、エネルギーモデルでは、経済モデルで計算されたこれらの経済指標、生産量、価格指標等から、さらに石油や石炭などのエネルギー需要などを計算し、部門別あるいはエネルギー源別のエネルギー需給を求める。そして最後に各エネルギー源別のCO<sub>2</sub>排出係数をもとにCO<sub>2</sub>発生量を導き出す。以上の一連の流れをフローチャートにしたのが図2.1である。

本研究では、モデルで使用する変数相互の連関性をより緊密な関係にすべく、可能な限り内生化を試みることにする。また、過去のデータを忠実に追わねがためにあまりに複雑な体系にするのではなく、大きな流れをつかみうるモデル構築を心がける。シンプルなモデルは、細かな予測の説得力は落ちるかもしれないが、反面、操作性に優れ、大きな構造の変化にも対応しうると思うからである。

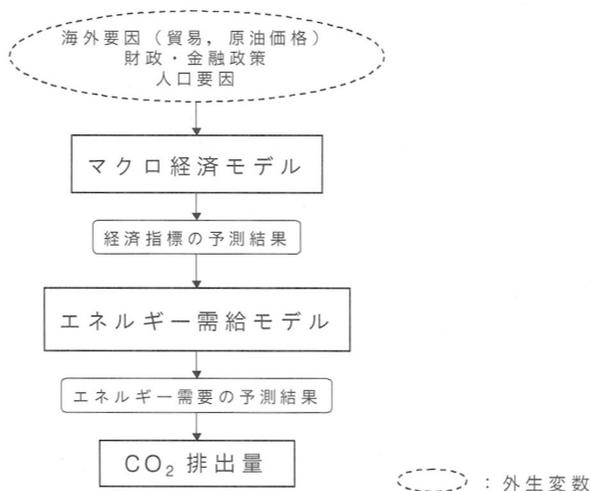


図 2.1 マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの全体構成

今回開発したモデルは、マクロ経済モデルが 16 本、エネルギー需給モデルが 82 本、合計 98 本の式で構成されている。

### 3. マクロ経済モデル

まず国内総生産  $GDP$  については、定義式を用いて以下のように表す。

$$GDP = CP + IP + GG2 + EXC - MC \quad (3.1)$$

図 3.1 に、国内総生産  $GDP$  と民間最終消費支出  $CP$  の時系列データを散布図で示す。

このように民間最終消費支出  $CP$  は、国内総生産  $GDP$  と非常に強い相関関係にある。この事実に基づき、 $CP$  は  $GDP$  を主要な説明変数とする回帰式でモデル化する。また、消費の習慣効果も考慮して前期の消費  $CP(-1)$  も

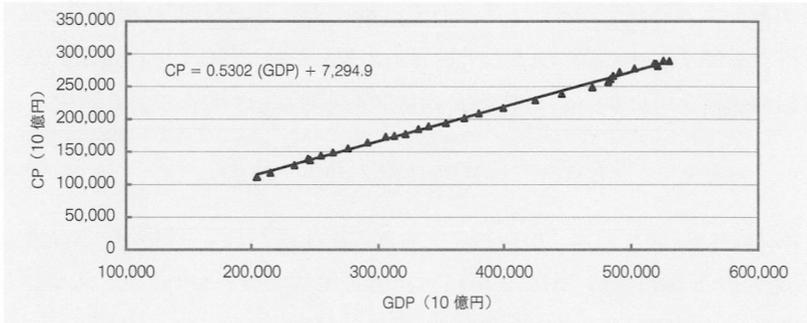


図 3.1 GDP-CP 散布図

(出所) 東洋経済新報社「エコノメイト 2000」収録データより作成

説明変数に組み入れる。

$$CP = f(GDP, CP(-1)) \quad (3.2)$$

次に民間投資関数  $IP$  であるが、企業はその期待する経済規模に応じて投資額を決定すると考える。モデル化に際しては、経済規模の期待値の代理変数として今期の実質  $GDP$  を使用する。そして、いわゆるストック調整理論を取り入れ、れ前期の資本ストックも説明変数とする。

$$IP = f(GDP, KP(-1)) \quad (3.3)$$

今期の資本ストック  $KP$  は、前期の資本ストックに今期の設備投資額を加えたものである。

$$KP = f(KP(-1)) + IP \quad (3.4)$$

その他の政府支出  $GG2$  は、その主な財源である歳入がその年の経済規模に左右されると考え、 $GDP$  を説明変数として表す。

$$GG2 = f(GDP) \quad (3.5)$$

輸出関数  $EXC$ 、輸入関数  $MC$  ともに所得項と価格項からなる伝統的な需

要関数モデルを用いる〔9〕。すなわち、輸出  $EXC$  に関しては所得項として世界貿易額  $TWM$ 、価格項として世界工業製品価格  $PEW$  と輸出価格  $PEX$  との相対価格を用いる。ここで  $EXR$  は対ドル為替レートである。

$$EXC = f(TWM, PEX/(PEW*EXR)) \quad (3.6)$$

輸入  $MC$  に関しては、所得項に実質国内総生産  $GDP$ 、価格項に卸売物価指数  $WPI$  と輸入価格  $PMC$  との相対価格を使ってモデル化した。なお、輸入関数には習慣効果も考慮している。

$$MC = f(GDP, PMC/WPI, MC(-1)) \quad (3.7)$$

以上の7本の式はマクロ経済モデルの標準的な定式化であるが、次にエネルギー需給モデルにつなぐために以下のモデル式も必要になる。

まず鉱工業（鉱業および製造工業）の生産活動の総合的な生産水準を示す鉱工業生産指数  $IIP$  を、上記の  $GDP$  の定義式を構成する要素をもとに推計する。

$$IIP = f(CP, IP, EXC, MC, GG2) \quad (3.8)$$

そしてエネルギー消費量の多い素材型産業の生産量、すなわち鉄鋼、エチレン、セメント、パルプの生産量を鉱工業生産指数、主要消費エネルギー価格および自己回帰項を使って推計する〔22〕。

$$STEEL = f(IIP, PCOLJ/WPI, STEEL(-1)) \quad (3.9)$$

$$ETYLEN = f(IIP, POILJ/WPI, ETYLEN(-1)) \quad (3.10)$$

$$CEMPD = f(IIP, PCOLJ/WPI, CEMPD(-1)) \quad (3.11)$$

$$PLPPD = f(IIP, POILJ/WPI, PLPPD(-1)) \quad (3.12)$$

なおこのほか、輸出デフレーター  $PEX$ 、輸入デフレーター  $PMC$  の2つを、為替レート  $EXR$  と自己回帰項による回帰式で表し、総合卸売物価指数  $WPI$  および世界工業製品輸出物価指数  $PEW$  を自己回帰項でモデル化した。これに

よりマクロ経済モデルは 16 本の式から構成される。

マクロ経済モデルで用いた各記号の意味は以下のとおりである。

<i>GDP</i>	: 実質国内総生産	<i>GDP</i>	<i>PEW</i>	: 世界工業製品輸出物価
<i>CP</i>	: 実質民間最終消費支出			指数
<i>IP</i>	: 実質民間企業設備投資	<i>PMC</i>	: 財貨・サービスの輸入	
<i>KP</i>	: 実質民間企業設備資本			デフレーター
<i>GG2</i>	: その他政府支出	<i>WPI</i>	: 総合卸売物価指数	
<i>EXC</i>	: 実質財貨・サービスの	<i>IIP</i>	: 鉱工業生産指数	
	輸出	<i>PCOLJ</i>	: 石炭価格	
<i>MC</i>	: 実質財貨・サービスの	<i>POILJ</i>	: 原油価格	
	輸入	<i>STEEL</i>	: 鉄鋼生産量	
<i>TWM</i>	: 世界貿易	<i>ETYLEN</i>	: エチレン生産量	
<i>PEX</i>	: 輸出等デフレーター	<i>CEMPD</i>	: セメント生産量	
<i>EXR</i>	: 為替レート (東京・円)	<i>PLPPD</i>	: パルプ生産量	

モデルの外生変数および内生変数の関係を明示して、このマクロ経済モデルの構造を次頁の図 3.2 に示す。

16 本のモデルに対し、実際の日本経済データ (東洋経済) を用いて、各パラメータを最小二乗法 (OLS) により推定した。その結果得られたモデル式の詳細は付録に示す。

#### 4. エネルギー需給モデル

エネルギー需給モデルは、マクロ経済モデルで求めた *GDP* 等の各種経済指標を前提としてエネルギー需給バランスを決定するものである。本モデルは最終需要決定モデルの形態をとっており、モデル式作成にあたって『総合

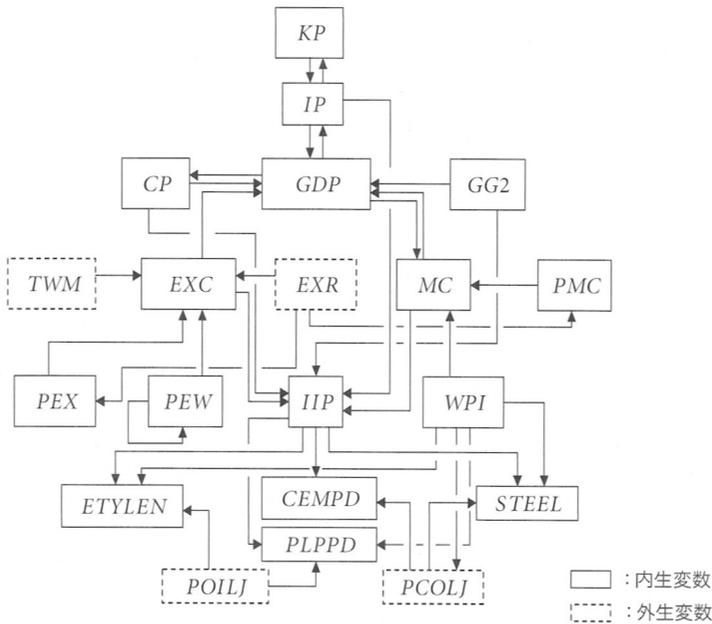


図 3.2 マクロ経済モデルの構造

エネルギー統計 (平成 13 年度版)』[8]のエネルギーバランス表を使用した。

#### 4.1 エネルギー価格モデル

まず電力、ナフサ、都市ガス、ガソリンなどのエネルギー価格のモデル化を、原油価格と自己回帰項とによる回帰式を基本構造として次のように行った。ただし都市ガス価格については、輸入天然ガス価格を説明変数に用いた。なお自己回帰項は、たとえば  $PELEB(-1)$  のように本来マイナスの添字であるが、以下では簡単に、マイナスを省いて表わす。

$$PELEB = f(POILJ, PELEB(1)) \quad (4.1)$$

$$PELEH = f(POILJ, PELEH(1)) \quad (4.2)$$

$$PNAPH = f(POILJ, PNAPH(1)) \quad (4.3)$$

$$PTG = f(PLNG, PTG(1)) \quad (4.4)$$

$$PKERO = f(POILJ, PKERO(1)) \quad (4.5)$$

$$PMOGA = f(POILJ, PMOGA(1)) \quad (4.6)$$

$$PLNG = f(POILJ, PLNG(1)) \quad (4.7)$$

各記号の意味は以下のとおりである。

PELEB: 業務用電力価格    PELEH: 電灯価格    PNAPH: ナフサ価格  
PTG: 都市ガス価格    PLNG: 輸入天然ガス価格    PKERO: 灯油価格  
PMOGA: ガソリン価格

## 4.2 最終エネルギー需要モデル

上記のエネルギー価格から、次に、産業部門、民生部門、運輸部門等の最終エネルギー需要モデルを次のように構築した。

### 4.2.1 産業部門エネルギーモデル

まず産業部門は、製造業と非製造業に大別される。さらに、製造業は、総合エネルギー需給バランス(簡約表)に従い、食料品、繊維、紙・パルプ、化学工業、窯業土石、鉄鋼、非鉄金属、金属機械、その他に分類して各エネルギー消費量をモデル化する。非製造業は、農林水産業、鉱業、建設業によって構成される。近年のエネルギー消費量を業種別に見ると、全体のエネルギー消費量の9割を製造業が占め、とりわけ製造業の中でも鉄鋼、化学、窯業土石、紙・パルプといった素材系4業種が占める割合が高いのが特徴である。以下において、各業種における主要な消費エネルギー源価格と主要生産品目生産量並びに自己回帰項をもとにモデル化する。

化学工業におけるエネルギー消費は、石油製品をエネルギー源とするもの

が圧倒的に高いシェアを占めている。なかでも、ナフサが非常に重要なエネルギー源となっている。したがって以下のモデル式で表す。

$$FDCHM = f(ETYLEN, PNAPH/WPI, FDCHM(1)) \quad (4.8)$$

鉄鋼業は、わが国における最大のエネルギー消費産業である。消費エネルギー源は石炭に大きく依存する構造となっているため、以下の式を用いる。

$$FDSTL = f(STEEL, PCOLJ/WPI, FDSTL(1)) \quad (4.9)$$

機械工業は、鉱工業生産指数と電力価格でモデル化した。

$$FDMAC = f(IIP, PELEB, FDMAC(1)) \quad (4.10)$$

窯業土石業では、かつて重油が主要なエネルギー源であった。しかし、オイルショックを契機に安価で安定的な供給が見込まれる石炭へと燃料転換を図り、今では石炭が主要なエネルギー源である。

$$FDCEM = f(CEMPD, PCOLJ/WPI, FDCEM(1)) \quad (4.11)$$

紙・パルプ産業の消費エネルギー源は、重油、灯油などの石油製品が最大のシェアを占めている。しかし、近年、その割合は低下傾向にある。

$$FDPLPPD = f(POILJ/WPI, FDPLPPD(1)) \quad (4.12)$$

農林水産業におけるエネルギー消費は、ビニールハウス、農業用機械、漁船などの燃料としての石油製品が中心となる。

$$FDAGR = f(POILJ/WPI, FDAGR(1)) \quad (4.13)$$

鉱業、建設業ともに燃料用としての石油製品のエネルギー消費が主である。

$$FDMIN = f(POILJ/WPI, FDMIN(1)) \quad (4.14)$$

$$FD\text{CON} = f(\text{POILJ}/\text{WPI}, FD\text{CON}(1)) \quad (4.15)$$

$$FD\text{FOOD} = f(\text{POILJ}/\text{WPI}, \text{PELEB}/\text{WPI}, FD\text{FOOD}(1)) \quad (4.16)$$

$$FD\text{TEX} = f(\text{POILJ}/\text{WPI}, FD\text{TEX}(1)) \quad (4.17)$$

$$FD\text{NFMET} = f(\text{POILJ}/\text{WPI}, \text{PELEB}/\text{WPI}, FD\text{NFMET}(1)) \quad (4.18)$$

$$FD\text{EXMAN} = f(\text{POILJ}/\text{WPI}, FD\text{EXMAN}(1)) \quad (4.19)$$

以上の各業種別のエネルギー需要モデル式に、製造業全体のエネルギー需要と産業部門全体のエネルギー需要を表す定義式を加えて全体の整合性を図ることとする。

$$FD\text{MAN} = FD\text{FOOD} + FD\text{TEX} + FD\text{PLPPD} + FD\text{CHM} + FD\text{CEM} \\ + FD\text{STL} + FD\text{NFMET} + FD\text{MAC} + FD\text{EXMAN} \quad (4.20)$$

$$FD\text{IND} = FD\text{AGR} + FD\text{MIN} + FD\text{CON} + FD\text{MAN} \quad (4.21)$$

各記号の意味は以下のとおりである。

- FDCHM* : 化学工業最終エネルギー需要
- FDSTL* : 鉄鋼業最終エネルギー需要
- FDMAC* : 金属機械工業最終エネルギー需要
- FDCEM* : 窯業土石業最終エネルギー需要
- FDPLPPD* : 紙・パルプ業最終エネルギー需要
- FDAGR* : 農林水産業最終エネルギー需要
- FDMIN* : 鉱業最終エネルギー需要
- FDCON* : 建設業最終エネルギー需要
- FDFOOD* : 食料品業最終エネルギー需要
- FDTEX* : 繊維業最終エネルギー需要
- FDNFMET* : 非鉄金属工業最終エネルギー需要
- FDEXMAN* : その他の製造業最終エネルギー需要
- FDMAN* : 製造業最終エネルギー需要計
- FDIND* : 産業部門最終エネルギー需要計

#### 4.2.2 民生部門エネルギーモデル

民生部門は、家庭部門と業務部門に分けてモデル化する。業務部門とは、

企業の管理部門ビル・事務所，学校，百貨店など第三次産業等でのエネルギー消費を扱う部門である。近年，家庭におけるマイカー保有率は非常に高いものがあるが，家庭におけるマイカーのエネルギー消費は運輸部門において扱い，家庭部門からは除くこととする。

$$FDHOM = f(HSHLDJ) \quad (4.22)$$

$$FDBUS = f(FLRBUS) \quad (4.23)$$

$$FDPRV = FDHOM + FDBUS \quad (4.24)$$

各記号の意味は以下の通りである。

*FDHOM* : 家庭用最終エネルギー需要      *HSHLDJ* : 世帯数総数  
*FDBUS* : 業務用最終エネルギー需要      *FLRBUS* : 業務用床面積  
*FDPRV* : 民生部門最終エネルギー需要計

#### 4.2.3 運輸部門エネルギーモデル

運輸部門は，旅客部門と貨物部門に大別される。旅客部門は人の移動に関わる部門であり，貨物部門は物資などの輸送に関わる部門である。貨物部門のエネルギー消費量は，経済活動，産業活動の影響を受けやすい。一方，旅客部門のエネルギー消費量は一貫して増加してきた。ただ，旅客部門と貨物部門を合わせた全体のエネルギー消費量は，ほぼ *GDP* 並みの伸び率で推移している。

$$FDTRA = f(GDP) \quad (4.25)$$

$$FDFRE = f(GDP) \quad (4.26)$$

$$FDTRP = FDTRA + FDFRE \quad (4.27)$$

各記号の意味は以下のとおりである。

*FDTRA* : 旅客用最終エネルギー需要      *FDFRE* : 貨物用最終エネルギー需要  
*FDTRP* : 運輸部門最終エネルギー需要計

#### 4.2.4 非エネルギーモデル

非エネルギー利用とは、燃料としての利用ではなく、機械油などの用途で用いられる石油製品等を指す。

$$NONENE = f(NONENE(1)) \quad (4.28)$$

ここで  $NONENE$  は、非エネルギーを表す。

最後に、上記で検討した産業部門、民生部門、運輸部門の合計を最終エネルギー消費として、全体の整合性を保つための定義式を加える。

$$\begin{aligned} FDFIN = & FDIND + FDHOM + FDBUS + FDTRA \\ & + FDFRE + NONENE \end{aligned} \quad (4.29)$$

ここで  $FDFIN$  は最終エネルギー消費計を表す。

### 4.3 エネルギー源別消費量

次に産業部門、民生部門および運輸部門等のエネルギー源別消費量をモデル化する。これらのモデル式は合計 57 本と多くなるので、ここではその一部のみ示す。

産業部門の各エネルギー源別消費量は、鉱工業生産指数  $IIP$ 、各エネルギー価格、および前期の消費量によってモデル化している。例として、産業部門石油製品エネルギー消費量  $OLPDIND\#$  および産業部門電力エネルギー消費量  $ELEIND$  のモデルを示せば、次式のようになる。

$$OLPDIND\# = f(IIP, POILJ, OLPDIND\#(1)) \quad (4.30)$$

$$ELEIND = f(IIP, PELEB, ELEIND(1)) \quad (4.31)$$

民生部門の各エネルギー源別消費量は、家庭用と業務用とに大別される。

紙幅の関係で、これらの式をすべて示すことはできないが、たとえば家庭用の電力エネルギー  $ELEHOM$  および家庭用石油製品エネルギー  $OLPDHOM$  の各需要量は次式のモデルとなる。

$$ELEHOM = f(CP, POPT, PELEH, PTG) \quad (4.32)$$

$$OLPDHOM = f(CP, PKERO/PDG, WAM, OLPDHOM(1)) \quad (4.33)$$

ここで、 $POPT$ ：人口総数  $PKERO$ ：灯油価格  $WAM$ ：全国平均暖房度日である。

さらに、ここでは式を割愛するが、エネルギー転換部門における石炭、コークス、原油、石油、天然ガス、都市ガスなどの各エネルギー源別消費量をモデル化し、それらより一次エネルギーの消費量（＝供給量）の合計を計算した。

以上により、エネルギー需給モデルは、82本の式で構成される。付録に、マクロ経済・エネルギー需給統合モデル全体（98本）の方程式体系を示す。これらの式のパラメータ推計には、東洋経済新報社「エコノメイト2000」収録の日本経済データ（マクロデータファイル2002）、資源エネルギー庁編の総合エネルギー統計〔8〕の統計データ等を用いた。

## 5. マクロ経済・エネルギー需給 統合モデルの精度評価

以上のように作成したマクロ経済・エネルギー需給統合モデルは、実際のシミュレーションに使用する前に、そのパフォーマンスをテストしなければならない。各モデル式は、その回帰パラメータを推計した時点で、個々の方程式の適合度や誤差等の精度に関しては一定の評価が得られた。しかし、これらを統合して連立方程式モデル体系にした状態では必ずしも良好なパ

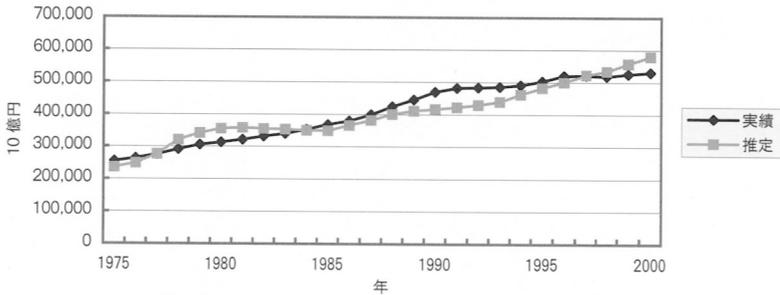


図 5.1 GDP のファイナルテストにおける推定値と実績値の比較

パフォーマンスが得られるとは限らない。したがって、まず内挿テストとしてパーシャルテストとファイナルテストを行い、モデルがどの程度実績値を追跡することができるかを見た。さらに、乗数テストを行って乗数の値を調べるとともにモデルの安定性をもテストした。ここではファイナルテスト(注5)と乗数テスト(注6)の結果を示す。

(注5) ファイナルテストは最終テストとも言い、内挿テストの中でも最も厳しいテストである。具体的には、外生変数および先決内生変数の初期値を除いて、すべての説明変数に計算値を代入して順次モデルを解いていく。したがって、誤差の影響は当期のみならず、次期以降へと波及していくこととなる。ファイナルテストは、モデルの動学的な追跡力・安定性のチェックに有用である。

(注6) 乗数テストとは、ある特定の外生変数を変化させることにより、モデルの波及メカニズムを通して、内生変数がどのように変化するかを見るものである。つまり、モデルにショックを与えてその影響を見るものである。

## 5.1 ファイナルテスト

図 5.1 は、国内総生産 (GDP) のファイナルテストにおけるモデルの推定値と実績値とを比較したものである。モデルのテスト期間である 1975–2000 年は、日本経済が高度成長期を経て、安定成長期に入った時期にあたる。したがって、実績値を見ても一貫して右肩上がりを示しており、推定値もそれを追った値になっている。しかし、今後、日本経済が長期の低迷から一転し

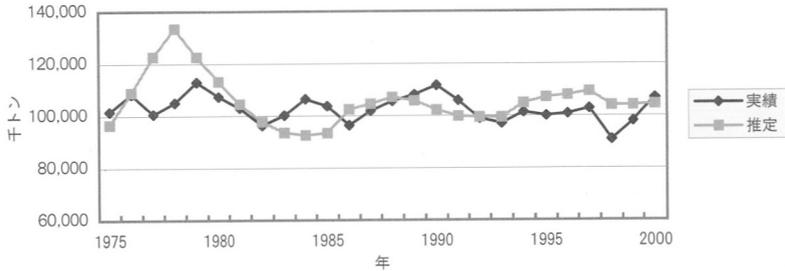


図 5.2 鉄鋼生産量のファイナルテストにおける推定値と実績値の比較

てマイナス成長になった場合にもモデルが適応するか注意を要する。

また図 5.2 は、鉄鋼生産量 (STEEL) のファイナルテストにおけるモデルの推定値と実績値とを比較したものである。鉄鋼生産量は、企業の設備投資や在庫調整等の影響もあり、変動が不規則である。したがって、実績値を正確に追うモデル式を立てることは難しいが、すべての産業を支える基幹産業という性格上、上限と下限には自ずから限度がある。モデルの推定値も 1977 年から 1979 年にかけて実績値の上限を超えて大きな誤差が見られるが、その他は、概ね実績値の枠内に収まっている。

上記 GDP および鉄鋼生産量は、すでに 3 章で述べたマクロ経済モデルに属する。

次に、図 5.3 は、わが国の消費エネルギーのうち最大のウェートを持つ産業部門石油製品消費量 (OLPDIND#) のファイナルテストによるモデルの推定値と実績値とを比較したものである。産業部門石油製品消費量はエネルギー需給モデル部分で計算されている。図 5.3 を見ると、1970 年代の高度経済成長期を終えて安定期に入る 1980 年代前半に、産業部門においても石油製品によるエネルギー消費量はいったん落ち込むが、その後はまた消費量が拡大している。こうした動きに対しても、モデルは概ね追随しており、追跡力は良好と言えよう。

ファイナルテストの結果の誤差率を、後掲の表 5.1 にまとめて示す。誤差

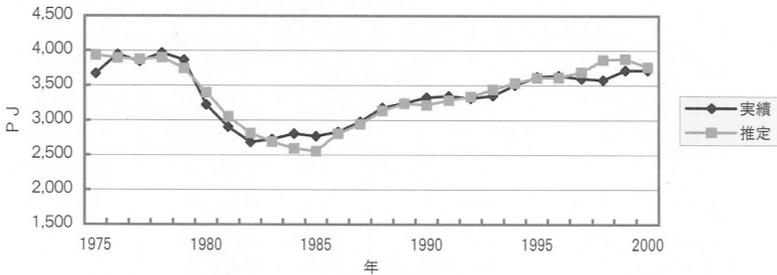


図 5.3 産業部門石油製品消費量のファイナルテストにおける推定値と実績値の比較

率が大きい家庭用石炭エネルギー消費量 (COLHOM) は、消費量の極端な減少により、わずかな誤差が大きな誤差率となって表れているにすぎない。また、エネルギー転換部門の石油化学工業における原油エネルギー消費量 (OILCHM) の誤差率も高い値 (40.98%) を示しているが、これは上記の理由とは逆に 1978 年までは消費量が 0PJ (ペタジュール) であったにもかかわらずファイナルテストの期間を 1975-2000 年で計測したためである。ちなみに統計上、エネルギー転換部門の石油化学工業における原油エネルギー消費量 (OILCHM) が認められる 1979-2000 年でファイナルテストを行った場合の誤差率は 22.85% へと改善されることが確認された。

以上のようにファイナルテストは、14 回以下で収束し、その誤差率を見る限りモデルはほぼ良好な精度を示した。

## 5.2 乗数テスト

ここでは、暖房度日を変化させることにより、家庭用石油製品消費量にどのような影響が及ぶのかを見た。

本モデルの予測に使用する暖房度日の仮定値は、1000°Cday である (図 6.4 「全国平均暖房度日」参照)。しかし、近年は地球温暖化の影響からか 1000°Cday

表 5.1 ファイナルテストの収束回数と平均誤差率

期	収束回数	変 数 名	誤差率	変 数 名	誤差率
1975	11	95CP#	5.62	COKIND#	6.52
1976	11	95GDP#	6.67	OILIND	2.83
1977	14	95IP#	19.44	OLPDIND#	2.86
1978	14	95KP#	15.08	GASIND	20.35
1979	10	95EXC#	5.29	NGIND#	10.91
1980	8	95PEX#	4.36	ELEIND	4.77
1981	3	PEW	8.39	NWENIND	4.91
1982	3	95MC#	9.84	GASHOM	4.32
1983	3	95PMC#	12.66	ELEHOM	8.86
1984	3	WPI	7.07	OLPDHOM	6.68
1985	3	95GG2#	5.54	95PDG#	1.2
1986	10	IIP	10.06	COLHOM	81.08
1987	9	STEEL	6.82	NWENHOM	34.35
1988	9	ETYLEN	6.93	COLBUS	23.9
1989	6	CEMPD	6.18	COKBUS#	20.25
1990	4	PLPPD	3.78	OLPDBUS	6.17
1991	4	FDCHM	6.79	TGBUS	1.51
1992	5	PNAPH	32.22	ELEBUS	9.22
1993	6	FDSTL	10.95	OLPDTRA	3.49
1994	9	FDMAC	11.27	CARHLD	13.85
1995	8	PELEB	12.54	ELETRP	4.73
1996	7	FDCEM	5.65	OLPDFRE	2.83
1997	8	FDPLPPD	6.5	COLTRP	999
1998	5	FDAGR	9.57	COLELEC	17.46
1999	8	FDMIN	13.38	COLSLF	26.69
2000	7	FDCON	13.51	COLCOKC	9.55
		FDFOOD	4.91	COLLOS	2
		FDTEX	12.56	COKS	10.06
		FDNFMET	8.45	COKELEC	8.59
		FDEXMAN	7	COKSLF	8.6
		FDMAN	3.4	COKTG	33.29
		FDIND	2.62	COKLOS	7.3
		PELEH	12.11	OILELEC	17.66
		PTG	12.47	OILREF	8.01
		PLNG	27.95	OILCHM	40.98
		PKERO	11.52	OLPD	7.81
		PMOGA	10.1	OLPDELEC	16.68
		FDHOM	6.87	OLPDSLF	14.74
		HSHLDJ	12.79	OLPDTG	5.36
		FDBUS	6.58	OLPDCOKC	14.34
		FLRBUS	4.96	OLPDLOS	6.37
		FDPRV	4.58	NGELEC	8.88
		FDTRA	6.89	NGTG	5.21
		FDFRE	4.34	NGLOS	11.95
		FDTRP	2.7	TGHSC	12.81
		NONENE	7.12	TGLOS	21.67
		FDIN	3.05		
		COLIND	4.54		
		COLIND#	14.04		

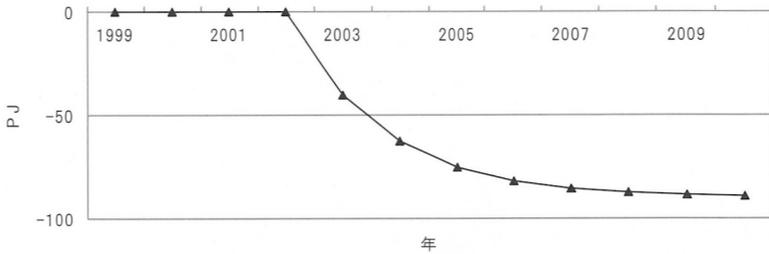


図 5.4 乗数テスト 暖房度日減少 (差分)

を下回る年も少なくはなく、1991年には854°Cdayを記録した。そこで、2003年から2010年まで恒常的に暖冬になる場合を想定し、予測に使用する仮定値から200°Cdayマイナスしてモデルを動かした場合の家庭用石油製品消費量に及ぼす乗数効果を調べた。図5.4がその結果である。これは基準ケースと乗数テスト結果との差分をとったものである。

乗数テストの結果、家庭用石油製品消費量は約90PJのマイナスに落ち着くようである。以上より2003年以降、毎年暖房度日が200°Cday減少したときの家庭用石油製品消費量に与える乗数効果は-90であるということになる。

乗数テストは、乗数の値を調べるだけでなく、モデルのダイナミックな安定性のチェックにも利用することができる。ここでは、上記の乗数テストとは逆に、2003年のみ暖房度日WAMを基準ケースより200°Cday増加させた場合に、家庭用石油製品消費量OLPDHOMにどのような変化が起こるかをみた。その結果が図5.5である。

2003年に暖房度日を200°Cday増加させ、以降、また元の水準に戻したとき、家庭用石油製品消費量は約40PJの増加となるが、その後は0に収束していく。したがって、モデル構造は動学的に安定していると言える。

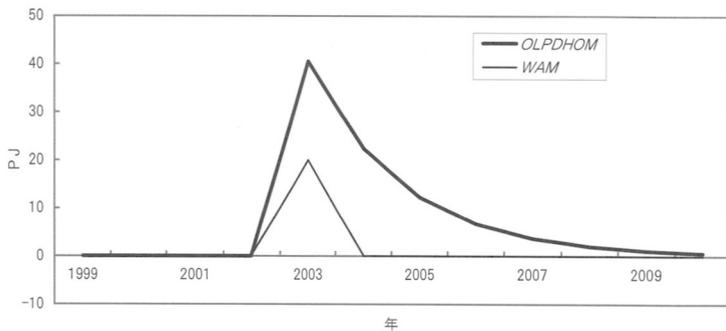


図 5.5 乗数テスト 暖房度日増加 (単年度)

## 6. マクロ経済・エネルギー需給統合モデルによるシミュレーション

構築したマクロ経済・エネルギー需給統合モデルを用いて、2010年までのマクロ経済、エネルギー需要およびエネルギー源別消費量を予測し、CO<sub>2</sub>排出量をシミュレーションした。そのシミュレーションの主要な結果を以下に示す。

### 6.1 基準ケースのシミュレーション条件

基準ケースでは、いわゆるトレンド延長型のシミュレーションを試みる。人口の想定は 国立社会保障・人口問題研究所が、平成14年1月に推計した「日本の将来推計人口」の中位推計 (図6.1) を採用することとする。当推計によると人口のピークは2006年で1億2741万人となり、以降は漸次減少する。

為替レートは、2001年度以降、毎年2%ずつ円安が進行すると仮定した

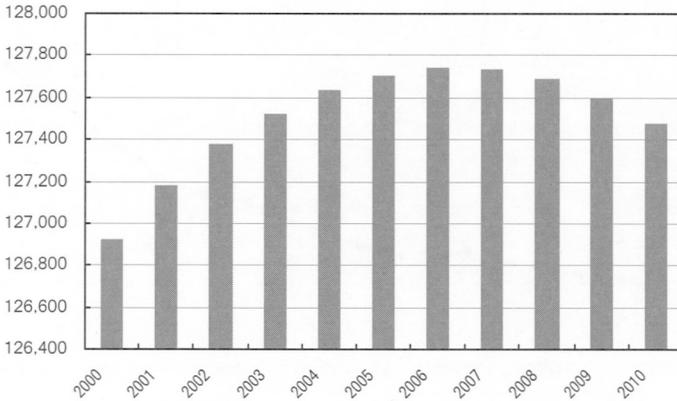


図 6.1 日本の将来推計人口

(出所) 国立社会保障・人口問題研究所「平成 14 年 1 月推計」より作成

(図 6.2)。2010 年時点での予想値は 1 ドル = 145.98 円である。

世界貿易は 3.5% で安定的に推移すると仮定した。世界貿易額は 1970 年代、1980 年代とはほぼ安定的に推移してきたが、1990 年代に入ると急速に増加した (図 6.3)。1970 年代の実質世界貿易額の年平均伸び率は 4.76% であった。1980 年代には、4.77%，1990 年代には、6.65% であった。それから見ると、2001 年以降、年率 3.5% の伸びを示すであろうとの仮定は、むしろ抑制した数値かもしれない。グローバル化した市場経済の波は、中国の WTO

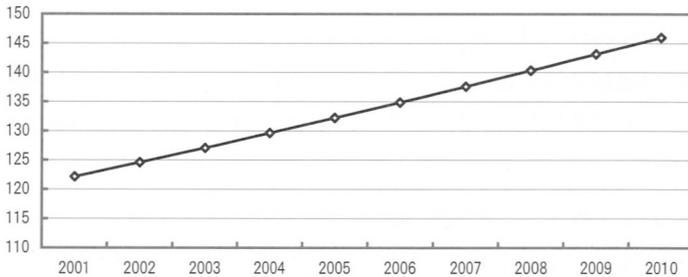


図 6.2 為替レートの予想値

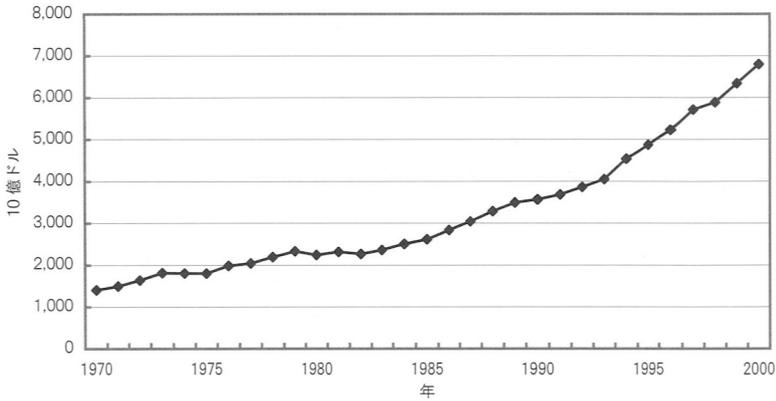


図 6.3 実質世界貿易額の推移 (90 年基準)  
 (出所) 「エコノメイト 2000」収録データより作成

加盟によりますます肥大化する可能性を秘めているように思われる。

暖房度日は、 $1000^{\circ}\text{Cday}$  と仮定した。暖房度日とは、ある基準の温度を下回ると暖房すると想定し、暖房の必要度を示す指標である〔2〕。具体的には、暖房をしている日の 1 日の平均室内温度と平均外気温との差の絶対値がその日の暖房度日である。日平均の室内外温度差が  $1^{\circ}\text{C}$  の場合は、1 度日 ( $^{\circ}\text{Cday}$ ) と言う。一般的には、暖房期間中の毎日の度日を合計したものを暖房度日と呼ぶ。暖房度日は年毎の気候の変化に左右されるため予測は難しいが、ここ 10 年来の特徴は、以前にはほとんど見られなかった暖房度日  $1000^{\circ}\text{Cday}$  以下の年が比較的多く見られることである (図 6.4)。これには  $\text{CO}_2$  をはじめとした地球温暖化ガスの影響が取りざたされており、今後  $\text{CO}_2$  排出規制等の抜本的な対策がとられない限り、暖房度日はますます低下していくことも予想される。しかし今回のシミュレーションでは、トレンド延長をもとに、標準的な値として暖房度日  $1000^{\circ}\text{Cday}$  を採用することとする。

原油価格と石炭価格に関しては、シミュレーション期間中どちらも年率 4% の上昇を仮定した。これらの価格は、世界情勢の変化や代替エネルギー

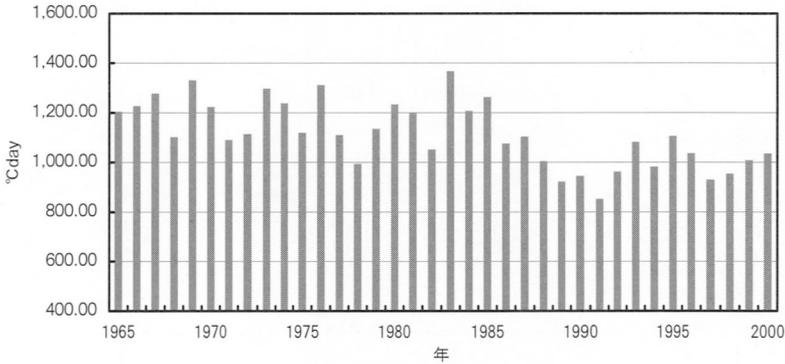


図 6.4 全国平均暖房度日  
(出所) EDMC 推計より作成

表 6.1 原油価格・石炭価格の予想値

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
原油価格 (ドル/バレル)	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6	30.8	32	33.3	34.6	36
石炭価格 (100万円/トン)	4.47	4.65	4.84	5.03	5.23	5.44	5.6	5.83	6.06	6.3

の開発等によって大きく変動する要素を多分に含んでいるが、価格上昇を予想する主要な要因は、中国をはじめとするアジア諸国の発展等による需要の拡大が大きいと考えるからである。

以上の予想値を外生変数として与え、2010年までのシミュレーションを次節以下において試みる。

## 6.2 マクロ経済モデルのシミュレーション結果

2000年代前半は、GDP成長率1%を下回るといふ経済の低迷期が続くが、2007年にはGDP成長率3%台を回復し、2008年には初のGDP 600兆円台に乗るとの予測結果が出た(図6.5)。マクロ経済モデル全体のシミュ

表 6.2 マクロ経済モデル

(1) 実質国内総支出 (単位: 10 億円)

		1980	1990	2000	2005	2010
実質国内総生産	GDP	312,712.50	469,780.50	530,312.80	554,746.90	643,615.40
民間最終消費支出	CP	174,382.70	248,840.10	288,981.10	300,059.30	342,592.90
その他政府支出	GG2	92,811.90	123,280.10	143,989.20	149,211.10	170,284.40
民間企業設備投資	IP	40,444.10	90,711.00	84,860.80	85,494.50	110,850.80
実質民間企業設備資本	KP	253,006.90	492,135.40	667,559.40	702,162.50	812,159.00
財貨・サービスの輸出	EXC	23,766.60	39,302.00	59,662.20	63,583.40	72,603.30
財貨・サービスの輸入	MC	18,692.80	32,352.70	47,180.50	43,601.40	52,716.00
実質国内総生産	GDP	100	100	100	100	100
民間最終消費支出	CP	55.8	53	54.5	54.1	53.2
その他政府支出	GG2	29.7	26.2	27.2	26.9	26.5
民間企業設備投資	IP	12.9	19.3	16	15.4	17.2
実質民間企業設備資本	KP	80.9	104.8	125.9	126.6	126.2
財貨・サービスの輸出	EXC	7.6	8.4	11.3	11.5	11.3
財貨・サービスの輸入	MC	6	6.9	8.9	7.9	8.2

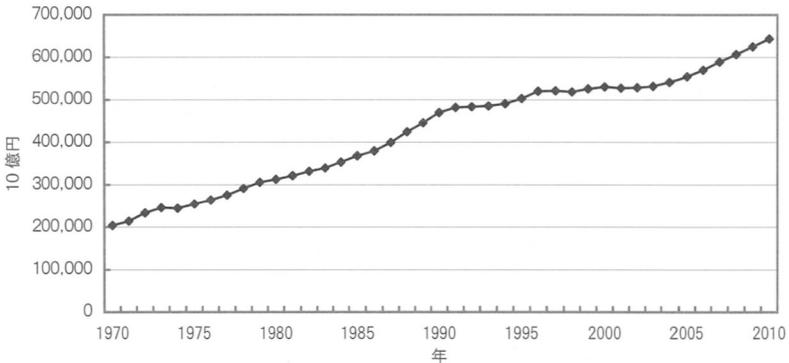


図 6.5 実質 GDP の推移

(解説) 1970-2000 年は実績値  
2001-2010 年は予測結果

レーシヨン結果の要約表を表 6.2 に示す。

シミュレーションの要約表

1990 /1980	2000 /1990	2010 /2000	2005 /2000	2010 /2005
4.2	1.2	2	0.9	3
3.6	1.5	1.7	0.8	2.7
2.9	1.6	1.7	0.7	2.7
8.4	-0.7	2.7	0.1	5.3
6.9	3.1	2	1	3
5.2	4.3	2	1.3	2.7
5.6	3.8	1.1	-1.6	3.9

6.3 エネルギー需要モデルのシミュレーション結果

前節で予測したマクロ経済指標を組み込んだ経済状況下で、日本のエネルギー需要がどうなるかをシミュレーションした。エネルギー消費主体は、『総合エネルギー統計』〔8〕の総合エネルギー需給バランス（簡約表）に従い、産業部門、民生部門、運輸部門の3主体に分けて予測した。表6.3は、シ

表 6.3 最終エネルギー需要シミュレーションの要約表

(2) 最終エネルギー需要 (単位:  $\times 10^{15}$ )

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
最終エネルギー消費	11,074.00	13,516.00	15,729.00	16,873.20	18,999.80	2	1.5	1.9	1.4	2.4
産業部門	6,116.00	6,731.00	7,455.00	8,139.53	8,919.10	1	1	1.8	1.8	1.8
民生部門	2,366.00	3,303.00	4,175.00	4,693.23	5,556.78	3.4	2.4	2.9	2.4	3.4
運輸部門	2,303.00	3,114.00	3,798.00	4,203.16	4,585.15	3.1	2	1.9	2	1.8
非エネルギー	290	367	300	314.99	320.84	2.4	-2	0.7	1	0.4
最終エネルギー消費	100	100	100	100	100					
産業部門	55.2	49.8	47.4	48.2	46.9					
民生部門	21.4	24.4	26.5	27.8	29.2					
運輸部門	20.8	23	24.1	24.9	24.1					
非エネルギー	2.6	2.7	1.9	1.9	1.7					

シミュレーション結果を要約したものである。なお以下の表の単位はすべてPJ (10<sup>15</sup>J) である。

2000年から2010年までの10年間でエネルギー消費は、約1.2倍に増加するとの予測結果が得られた。この結果からすると、エネルギー消費にあまり大きな変化はない。その要因として考えられるのは、最大のエネルギー消費部門である産業部門におけるエネルギー消費量の伸び率が、終始1%台にとどまることが大きい。このような低成長の背景には、日本の産業構造が成熟期を迎え生産量の伸びが低いこと、エネルギー多消費産業である素材産業で、近年、海外の生産が増加していることが考えられる。また、各産業分野とも省エネ化に取り組んでいることも見逃せない。

一方で、民生部門のエネルギー消費量は、2000年から2010年の年平均伸び率を見ると2.9%と、比較的高い伸び率の予測結果が出た。運輸部門は、年平均2%の伸び率との予測結果になった。以下、各部門の内容を検討する。

まず、産業部門を検討する。産業部門全体のエネルギー需要の中で鉱業の占める割合は1%にも満たないが、その鉱業の成長率は、今後、マイナスとなるとのシミュレーション結果となった(表6.4)。

表 6.4 産業部門エネルギー需要シミュレーションの要約表

(3) 産業部門エネルギー需要

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
産業部門計	6,116.00	6,731.00	7,455.00	8,139.53	8,919.10	1	1	1.8	1.8	1.8
農林水産業	360	499	451	482.88	509.62	3.3	-1	1.2	1.4	1.1
鉱業	25	25	34	29.69	28.61	0	3.1	-1.7	-2.7	-0.7
建設業	164	231	166	181.60	191.51	3.5	-3.3	1.4	1.8	1.1
製造業	5,568.00	5,977.00	6,804.00	7,291.16	7,907.20	0.7	1.3	1.5	1.4	1.6
産業部門計	100	100	100	100	100					
農林水産業	5.9	7.4	6	5.9	5.7					
鉱業	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3					
建設業	2.7	3.4	2.2	2.2	2.1					
製造業	91	88.8	91.3	89.6	88.7					

表 6.5 製造業エネルギー需要シミュレーションの要約表

(4) 製造業エネルギー需要

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
製造業計	5,568.00	5,977.00	6,804.00	7,291.16	7,907.20	0.7	1.3	1.5	1.4	1.6
食料品	191	204	233	241.00	248.06	0.7	1.3	0.6	0.7	0.6
繊維	205.00	144.00	124.00	158.70	185.57	-3.5	-1.5	4.1	5.1	3.2
紙・パルプ	355	414	443	447.39	451.43	1.5	0.7	0.2	0.2	0.2
化学工業	1,367.00	1,635.00	2,189.00	2,261.53	2,457.66	1.8	3	1.2	0.7	1.7
窯業土石	559	500	466.00	503.38	515.80	-1.1	-0.7	1	1.6	0.5
鉄鋼	1,874.00	1,763.00	1,809.00	1,934.21	2,007.89	-0.6	0.3	1	1.3	0.8
非鉄金属	185	166	145	159.25	168.00	-1.1	-1.3	1.5	1.9	1.1
金属機械	195	401	436	455.22	551.31	7.5	0.8	2.4	0.9	3.9
その他	637	750	959	1,130.49	1,321.48	1.6	2.5	3.3	3.3	3.2
製造業計	100	100	100	100	100					
食料品	3.4	3.4	3.4	3.3	3.1					
繊維	3.7	2.4	1.8	2.2	2.3					
紙・パルプ	6.4	6.9	6.5	6.1	5.7					
化学工業	24.6	27.4	32.2	31	31.1					
窯業土石	10	8.4	6.8	6.9	6.5					
鉄鋼	33.7	29.5	26.6	26.5	25.4					
非鉄金属	3.3	2.8	2.1	2.2	2.1					
金属機械	3.5	6.7	6.4	6.2	7					
その他	11.4	12.5	14.1	15.5	16.7					

産業部門のエネルギー需要の中では、製造業の占める割合が圧倒的に多い。そこで、製造業を業種別に分類して、より詳細に検討する(表 6.5)。

製造業の中で、最大のエネルギー消費産業は、鉄鋼業である。1990年時点での製造業全体のエネルギー消費量の中で、鉄鋼業の消費するエネルギーの占める割合は、30%近くにのぼる。しかし、今後、その割合は徐々に低下していくと予測される。同様に、繊維、紙・パルプ、窯業土石といった業種に関してもエネルギー需要は減少していくものと思われる。これらは、主に国内生産量の減少に伴うものと考えられる。一方で、化学工業、金属機械工業は、今後もエネルギー需要が増大していくであろうとの予測結果が出た。

次に、民生部門のエネルギー需要を検討する。民生部門のエネルギー需要は、先にも述べたが、比較的高い伸び率が予測される（表6.6）。民生部門のエネルギー需要は、家庭用需要と業務用需要に分けて予測したが、とりわけ高い伸び率を示したのが家庭用需要である。このことは、今後も、より豊かで便利な生活を求めて新たな家電製品が普及し、家庭用エネルギー消費原単位が上がっていくことを示唆しているものと思われる。

表 6.6 民生部門エネルギー需要シミュレーションの要約表

(5) 民生部門エネルギー需要

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
民生部門計	2,366.00	3,303.00	4,175.00	4,693.23	5,556.78	3.4	2.4	2.9	2.4	3.4
家庭用	1,276.00	1,796.00	2,235.00	2,326.37	2,758.24	3.5	2.2	2.1	0.8	3.5
業務用	1,090.00	1,507.00	1,940.00	1,923.20	2,233.27	3.3	2.6	1.4	-0.2	3

最後に、運輸部門のエネルギー需要の予測を示す（表6.7）。この部門は、自動車の普及によりこれまで大幅に伸びてきた。予測を見る限り、この部門でのエネルギー需要は今後も旺盛である。ただ、これまでエネルギー源が石油製品に偏っていたが、近年の技術的進歩によりクリーンエネルギーへの転換が急速に進みつつある。それが今後どのように影響するか注目する必要があるだろう。

表 6.7 運輸部門エネルギー需要シミュレーションの要約表

(6) 運輸部門エネルギー需要

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
運輸部門計	2,303.00	3,114.00	3,798.00	3,879.65	4,485.22	3.1	2	1.7	0.4	2.9
旅客用	1,245.00	1,855.00	2,431.00	2,462.76	2,919.50	4.1	2.7	1.8	0.3	3.5
貨物用	1,058.00	1,259.00	1,367.00	1,416.89	1,565.72	1.8	0.8	1.4	0.7	2

## 6.4 エネルギー源別消費量

本節では、前節において予測した産業部門、民生部門および運輸部門におけるエネルギー需要の予測をさらにエネルギー源別に分析して、その消費量をシミュレーションする。エネルギー源別の分析で考慮する一次エネルギーは、CO<sub>2</sub>排出原因となる石炭、コークス、原油、石油製品、天然ガス・LNGに限定する。加えて、エネルギー転換部門である電気事業者、ガス事業者等々のエネルギー転換に際して使用する一次エネルギー使用量もシミュレーションすることとする。

石炭消費量は、電気事業者およびコークス製造業がその大半を占め、次いで鉄鋼業を中心とする産業部門での消費がつづく(表6.8)。ただし、ここで注意しなければならないのは、コークス製造業が消費する石炭は、コークスへとエネルギー転換されるにすぎないということである。石炭の消費からCO<sub>2</sub>排出量を計算する場合に別途、考慮が必要である。80年代、90年代を通して電力における需要の増加が著しかったが、今後の消費量は減少するであろうとの予測結果となった。

コークスは、鉄鋼業における消費がほとんどである(表6.9)。すなわち、コークスは、高炉で鉄鉱石を還元するときの還元剤としての炭素の供給源および、装入物を加熱・溶解するための熱源としての役目を果たしている。し

表 6.8 石炭消費量シミュレーションの要約表

### (7) 石炭消費量

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
電気事業者	232	692	1,525	1,149.18	1,133.87	11.5	8.2	-2.9	-5.5	-0.3
自家発電	7	121	252	196.67	193.60	3	7.6	-2.6	-4.8	-0.3
コークス製造業	2,241	2,071	1,713	1,821.28	1,980.61	-0.8	-1.9	1.5	1.2	1.7
自家消費・ロス	7	3	4	4.60	4.81	-8.1	2.9	1.9	2.8	0.9
産業部門	250	568	689	778.36	916.13	8.6	1.9	2.9	2.5	3.3

表 6.9 コークス等消費量シミュレーションの要約表

## (8) コークス等消費量

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
電気事業者	154	194	207	211.81	215.11	2.3	0.7	0.4	0.5	0.3
自家発電	71	112	116	122.01	126.79	4.7	0.4	0.9	1	0.8
都市ガス	56	19	10	0.37	0.37	-10.2	-6.2	-28.2	-48.2	-0.4
自家消費・ロス	154	153	128	136.09	137.89	-0.1	-1.8	0.7	1.2	0.3
産業部門	1,378	1,152	1,001	893.05	873.26	-1.8	-1.4	-1.4	-2.3	-0.4
民生部門業務用	21	29	39	38.60	38.25	3.3	3	-0.2	-0.2	-0.2

表 6.10 原油消費量シミュレーションの要約表

## (9) 原油消費量

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
電気事業者	624	866	298	465.60	598.01	3.3	-10.1	7.2	9.3	5.1
石油精製	8,883	7,957	9,266	10,130.00	10,741.00	-1.1	1.5	1.5	1.8	1.2
石油化学	41	182	62	92.31	100.01	16.1	-10.2	4.9	8.3	1.6

かし、今後、国内における鉄鋼業の低迷によるコークス等消費量の減少が予測される。

原油の消費は、そのほとんどを石油精製業者による石油製品製造にあてられる(表 6.10)。1996年3月、特石法廃止により、石油製品の輸入が自由化されたため、国内で精製する消費地精製方式にこだわることなく、近隣のアジアからコストの安い石油製品を直接輸入する比率が高まる可能性がある。

ここで石油製品とは、原油を精製して得られるものの総称であり、具体的には、ガソリン、ナフサ、ジェット燃料、灯油、軽油、重油を指す。産業部門全体で消費する石油製品が最大であり、次いで運輸部門、民生部門と続く(表 6.11)。

天然ガスは、埋蔵量が多く、環境負荷も低くて、石油に比べ安定的に供給可能であるため、石油から天然ガスに消費がシフトする国もあり、年々一次エネルギー消費は増加する傾向にある〔2〕。わが国においてもこの傾向は変わらないが、産業部門における消費が伸びない点が特徴である(表 6.12)。

表 6.11 石油製品消費量シミュレーションの要約表

(10) 石油製品消費量

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
電気事業者	1,552	1,032	516	733.06	925.34	-4	-6.7	6	7.3	4.8
自家発電	334	405	524	606.60	684.34	1.9	2.6	2.7	3	2.4
都市ガス	150	143	125	138.21	145.69	-0.5	-1.3	1.5	2	1.1
自家消費・ロス	497	407	523	621.96	725.27	-2	2.5	3.3	3.5	3.1
産業部門計	3,222	3,328	3,717	4,286.50	4,716.61	0.3	1.1	2.4	2.9	1.9
民生部門家庭用	571	731	846	899.36	996.36	2.5	1.5	1.6	1.2	2.1
民生部門業務用	667	716	707	735.81	768.44	0.7	-0.1	0.8	0.8	0.9
運輸部門旅客用	1,197	1,787	2,357	2,721.56	3,078.65	4.1	2.8	2.7	2.9	2.5
運輸部門貨物用	1,051	1,255	1,363	1,402.83	1,420.07	1.8	0.8	0.4	0.6	0.2

表 6.12 天然ガス LNG 消費量シミュレーションの要約表

(11) 天然ガス LNG 消費量

	1980	1990	2000	2005	2010	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2005/ 2000	2010/ 2005
電気事業者	730	1,526	2,129	2,420.60	2,700.91	7.7	3.4	2.4	2.6	2.2
都市ガス	213	478	859	1,099.29	1,387.91	8.4	6	4.9	5.1	4.8
自家消費・ロス	25	16	19	18.29	17.83	-4.4	1.7	-0.6	-0.8	-0.5
産業部門計	41	26	20	16.36	8.11	-4.5	-2.6	-8.6	-3.9	-13.1

## 6.5 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量予測

最後に、将来の CO<sub>2</sub> 排出量を予測する。CO<sub>2</sub> 排出量は熱量ベースの化石燃料（石炭、石油、天然ガス等）消費量に各々の排出係数を乗じて求める〔2〕。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{エネルギー消費量 (熱量表示)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数} \quad (6.1)$$

なお、本シミュレーションにおいて使用する排出係数は、『「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書』（1994年）の資料で用いられた係数を使用した（表 6.13）。この排出係数は、総発熱量ベースの排出係数として日本国政府が公式に発表した CO<sub>2</sub> 排出係数である。

表 6.13 CO<sub>2</sub> 排出係数

(単位：Gg-C/10<sup>10</sup> kcal)

化石燃料	排出係数
石 炭 (平均)	1.0062
コークス	1.23
原 油	0.7811
石油製品 (平均)	0.7611
天然ガス・LNG	0.5639

(出所) 日本国政府『「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書』1994年

なお、CO<sub>2</sub> 排出量の測定単位には炭素換算によるものと CO<sub>2</sub> 換算によるものがあり、そのどちらを使うかは国際機関によっても統一されていないのが現状である〔2〕。ただ本研究では、将来、改良を加えて CO<sub>2</sub> 以外のガスも含んだ温室効果ガス全体の排出量測定をも視野に入れており、その際、温室効果ガスを CO<sub>2</sub> 換算して測定するのが一般になじみやすいと考えるため、CO<sub>2</sub> 換算を用いることとした。

図 6.6 は、2010 年までの CO<sub>2</sub> 排出量をシミュレーションしたものである。

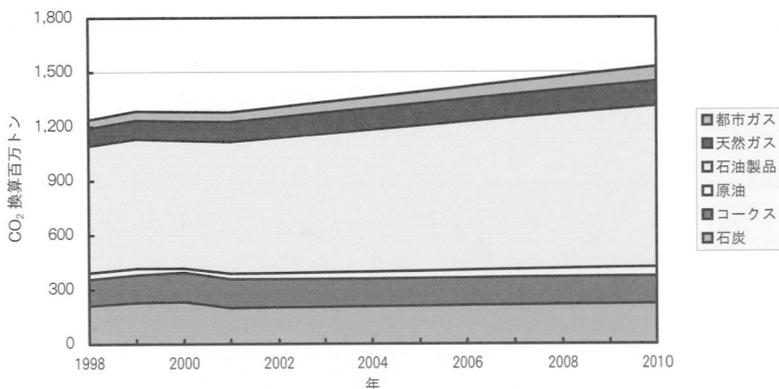


図 6.6 エネルギー源別 CO<sub>2</sub> 排出量予測

## 7. 結 言

地球温暖化問題は、すなわち、経済・エネルギー問題である。したがって、国家レベルでの政策判断が非常に大きなウェイトを占めており、政府主導の国際交渉や産業構造審議会、総合資源エネルギー調査会が大きな役割を担っている。そこでは、一貫して、地球温暖化問題への取り組みと活力ある経済および国民生活の両立を目指して対策を模索している。そして、近年、漸く産業界からも自主的な取り組みの萌芽が芽生えてきた。先進的な企業が、いち早く環境経営に積極的に取り組んでいる。その一方で、冷戦終結後の急速に進展した経済のグローバル化は、否応なしに弱者を市場から排除するシステムを構築しており、従来のような利益至上主義を追求する限り、環境対策に大きなコストを投じることができないというのが現実の姿であろう。しかし、人々は地球の至る所で、自然現象の異変を聞きおよぶにつけ、環境問題を見てみぬ振りが許されない程に事態は切迫していることに気付いている。経済発展は、われわれに何をもたらし、われわれから何を奪ったのか。そして、われわれにとって何が一番大切なのか。今こそ一人ひとりが自己の問題として真摯に考えるときである。

本論文では、経済とエネルギー消費の相互依存関係に着目し、経済・社会構造変化がエネルギー消費に与える影響を具体的かつ定量的に把握・分析することが可能な計量モデルについて述べた。モデル式は、合計 98 本に及ぶ(マクロ経済モデル：16 本、エネルギー需給モデル：82 本)。経済およびそれに伴うエネルギー消費は複雑な要因が絡み合い、需給の均衡が保たれている。これらを多変量解析の手法を用いることにより、これまでのように環境問題に対し、定性的な警鐘を鳴らすのではなく、定量的にシミュレートすることを可能にした。今回は CO<sub>2</sub> 排出量を予測できるエネルギーモデルを確立するこ

とに主眼を置いたが、それはCO<sub>2</sub>がわが国において排出される温室効果ガスの中で、最も量が多く、対策上最も重要なガスであるためである。しかし、地球温暖化に影響を与える温室効果ガスはCO<sub>2</sub>以外にもCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oなど他にも多くの物質が確認されている。今後はこれらの温室効果ガスをも研究の視野に入れて、エネルギー消費が地球環境に与える影響を総合的に考察していくことが課題である。

今回のシミュレーションに際し使用したソフトウェアは、「エコノメイト2000」(東洋経済新報社)である。主な経済データは、同社のマクロデータファイル/年次版(2002)による。また、エネルギーデータに関しては、資源エネルギー庁長官官房総合政策課編『総合エネルギー統計(平成13年度版)』を使用した。

## 8. 付 録：マクロ経済・エネルギー需給 統合モデル方程式体系

### マクロ経済モデル

$$95CP\# = 8428.73 + .280729*(95GDP\#) + .462215*(95CP\#(1))$$

$$\quad (6.44) \quad (7.63) \quad (6.75)$$

$$\text{OLS (1971-2000)} \quad R^2 = .999 \quad SD = 1,879.16 \quad DW = 1.81$$

$$95IP\# = -59271.1 + .440996*(95GDP\#) - .143693*(95KP\#(1))$$

$$\quad (-5.61) \quad (7.49) \quad (-4.21)$$

$$\text{OLS (1970-2000)} \quad R^2 = .947 \quad SD = 5,142.56 \quad DW = .507$$

$$95KP\# = -347.098 + .893425*(95KP\#(1)) + 95IP\#$$

$$\quad (-.34) \quad (345.38)$$

$$\text{OLS (1971-1999)} \quad R^2 = 1. \quad SD = 2,392.28 \quad DW = .249$$

$$95EXC\# = 16387.3 + 6.65351*(TWM) - 16.2489*((95PEX\#/PEW*EXR))$$

$$\quad (4.89) \quad (9.63) \quad (-4.84)$$

$$\text{OLS (1970-1999)} \quad R^2 = .95 \quad SD = 3,060.22 \quad DW = .657$$

$$95MC\# = -16502.8 + .105680*(95GDP\#) + 9773.81*((95PMC\#/WPI))$$

$$\quad (-3.11) \quad (18.04) \quad (2.26)$$

$$- 81.8139*(9(5PMC\#(1)))$$

(-4.40)

$$^{\circ} \text{ OLS (1970-2000) } R^2 = .945 \quad SD = 2,540.62 \quad DW = .692$$

$$95GG2\# = 17262.6 + .238476*(95GDP\#)$$

$$^{\circ} \quad (6.20) \quad (33.75)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1970-2000) } R^2 = .974 \quad SD = 4,234.38 \quad DW = .503$$

$$95GDP\# = 95CP\# + 95IP\# + 95GG2\# + 95EXC\# - 95MC\#$$

$$IIP = 12.3246 - .000208*(95CP\#) + .000684*(95IP\#) + .000636*(95EXC\#)$$

$$t\text{-value (2.39) } (-1.04) \quad (5.99) \quad (2.04)$$

$$- .001221*(95MC\#) + .000781*(95GG2\#)$$

$$(-3.94) \quad (2.36)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1970-2000) } R^2 = .976 \quad SD = 3,073.22 \quad DW = 1.133$$

$$STEEL = 37802.8 + 1018.08*(DOT(IIP)) + 111.902*(DOT(PCOLJ/WPI))$$

$$^{\circ} \quad (2.81) \quad (6.81) \quad (2.38)$$

$$+ .611655*(STEEL(1))$$

$$(4.74)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1971-2000) } R^2 = .672 \quad SD = 3,702.62 \quad DW = 1.202$$

$$ETYLEN = 67.1108 + 17.3869*(IIP) - 2650.04*(POILJ/WPI) + .824170*(ETYLEN(1))$$

$$^{\circ} \quad (.26) \quad (3.11) \quad (-2.85) \quad (10.92)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1971-2000) } R^2 = .952 \quad SD = 305.9689 \quad DW = 1.759$$

$$CEMPD = 14449.5 + 520.400*(DOT(IIP)) - 26027.0*(PCOLJ/WPI)$$

$$^{\circ} \quad (1.84) \quad (3.93) \quad (-1.48)$$

$$+ .842354*(CEMPD(1))$$

$$(10.05)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1971-2000) } R^2 = .839 \quad SD = 3,424.54 \quad DW = .881$$

$$PLPPD = 3504.20 + 27.0119*(IIP) - 3692.43*(POILJ/WPI) + .503315*(PLPPD(1))$$

$$^{\circ} \quad (4.00) \quad (4.40) \quad (-3.12) \quad (4.43)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1971-2000) } R^2 = .852 \quad SD = 372.8038 \quad DW = 1.802$$

産業部門エネルギーモデル

$$FDCHM = 374.879 + .038083*(ETYLEN) - .540525*(PNAPH/WPI)$$

$$^{\circ} \quad (4.59) \quad (2.75) \quad (-5.28)$$

$$+ .744445*(FDCHM(1))$$

$$(8.79)$$

$$^{\circ} \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .947 \quad SD = 75.1212 \quad DW = 1.538$$

$$FDSTL = 282.755 - .000320*(STEEL) - 574.368*(PCOLJ/WPI) + .898363*(FDSTL(1))$$

$$^{\circ} \quad (1.92) \quad (-.34) \quad (-.92) \quad (6.72)$$

- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .837$   $SD = 107.3081$   $DW = 1.441$   
 $FDMAC = -41.0855 + 2.03414*(IIP) - .353231*(PELEB) + .622031*(FDMAC(1))$   
 ' ( -3.73) (4.71) (-.78) (7.80)
- ' OLS (1971-1998)  $R^2 = .986$   $SD = 11.3023$   $DW = 1.864$   
 $FDCEM = 103.920 - .000123*(CEMPD) - 60.4126*(PCOLJ/WPI)$   
 ' (2.13) (-.51) (-.50)  
 $+ .829160*(FDCEM(1))$   
 (6.64)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .742$   $SD = 26.6665$   $DW = 1.241$   
 $FDPLPPD = 51.0859 - 68.5851*(POILJ/WPI) + .906603*(FDPLPPD(1))$   
 ' (2.15) (-1.49) (12.25)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .853$   $SD = 18.9956$   $DW = 1.757$   
 $FDAGR = 36.1371 - 67.5295*(POILJ/WPI) + .954283*(FDAGR(1))$   
 ' (3.04) (-1.35) (23.16)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .963$   $SD = 18.9821$   $DW = 1.838$   
 $FDMIN = 7.04384 - 3.04605*(POILJ/WPI) + .763570*(FDMIN(1))$   
 ' (1.96) (-.51) (6.20)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .535$   $SD = 2.98020$   $DW = 1.89$   
 $FDCON = 21.6641 - 18.4692*(POILJ/WPI) + .906206*(FDCON(1))$   
 ' (2.78) (-.58) (16.19)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .921$   $SD = 12.9577$   $DW = 1.474$   
 $FDFOOD = 15.7532 - 21.5803*(POILJ/WPI) - 5.17717*(PELEB/WPI)$   
 ' (1.40) (-.90) (-.29)  
 $+ .955636*(FDFOOD(1))$   
 (13.67)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .911$   $SD = 7.45947$   $DW = 2.386$   
 $FDTEX = 30.7719 - 114.397*(POILJ/WPI) + .932395*(FDTEX(1))$   
 ' (2.94) (-4.05) (19.59)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .922$   $SD = 14.3772$   $DW = 1.913$   
 $FDNFMET = 33.6734 - 54.0045*(POILJ/WPI) - 22.8327*(PELEB/WPI)$   
 ' (3.12) (-1.87) (-.83)  
 $+ .868784*(FDNFMET(1))$   
 (11.14)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .787$   $SD = 11.4311$   $DW = 1.393$



$$FDPRV = FDHOM + FDBUS$$

’運輸部門エネルギーモデル

$$FDTRA = -380.459 + .005128*(95GDP\#)$$

$$\quad \quad \quad (-5.90) \quad (31.31)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1970-2000) } R^2 = .97 \quad SD = 98.1610 \quad DW = .181$$

$$FDFRE = 490.406 + .001671*(95GDP\#)$$

$$\quad \quad \quad (17.38) \quad (23.32)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1970-2000) } R^2 = .948 \quad SD = 42.9359 \quad DW = .326$$

$$FDTRP = FDTRA + FDFRE$$

’非エネルギーモデル

$$NONENE = 55.6285 + .828622*(NONENE(1))$$

$$\quad \quad \quad (3.88) \quad (17.40)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .899 \quad SD = 17.0196 \quad DW = 1.343$$

’最終エネルギー消費計

$$FDFIN = FDIND + FDHOM + FDBUS + FDTRA + FDFRE + NONENE$$

’産業部門各エネルギー源別消費量

$$COLIND = 356.283 + .001201*(STEEL) - 3.91275*(PCOLJ) + .725682*(COLIND(1))$$

$$\quad \quad \quad (4.00) \quad (1.72) \quad (-1.23) \quad (8.44)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .891 \quad SD = 76.7902 \quad DW = 1.731$$

$$COLIND\# = 4.09000 - .000951*(STEEL) + .769302*(COLIND\#(1))$$

$$\quad \quad \quad (.15) \quad (-1.00) \quad (5.17)$$

$$\quad \quad \quad + .000518*(95GDP\#)$$

$$\quad \quad \quad (1.56)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .982 \quad SD = 33.8404 \quad DW = 1.276$$

$$COKIND\# = 308.592 + 5.41857*(IIP) + .781108*(COKIND\#(1)) - .001304*(95GDP\#)$$

$$\quad \quad \quad (4.62) \quad (1.84) \quad (11.68) \quad (-2.24)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .893 \quad SD = 65.4166 \quad DW = 1.508$$

$$OILIND = 714.309 + 3.09253*(IIP) - 19.2750*(POILJ) + .827826*(OILIND(1))$$

$$\quad \quad \quad (5.50) \quad (2.84) \quad (-6.39) \quad (18.55)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .935 \quad SD = 139.5711 \quad DW = 1.942$$

$$OLPDIND\# = 709.434 + 3.11402*(IIP) - 19.3045*(POILJ) + .828930*(OLPDIND\#(1))$$

$$\quad \quad \quad (5.52) \quad (2.85) \quad (-6.40) \quad (18.65)$$

$$\quad \quad \quad \text{’ OLS (1966-2000) } R^2 = .936 \quad SD = 139.6130 \quad DW = 1.937$$

$$GASIND = -2.13541 + .092957*(IIP) - .371229*(PTG) + 1.05469*(GASIND(1))$$

$$\quad \quad \quad (-.47) \quad (1.16) \quad (-.68) \quad (45.52)$$

- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .994$   $SD = 7.55878$   $DW = 1.739$   
 $NGIND\# = 14.1892 - .096286*(IIP) - .232127*(PTG) + .860158*(NGIND\#(1))$   
 ' (3.86) (-3.29) (-1.20) (19.85)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .974$   $SD = 3.22183$   $DW = 2.046$   
 $ELEIND = 175.985 + 2.48768*(IIP) - 2.73610*(PELEB) + .744290*(ELEIND(1))$   
 ' (6.25) (4.23) (-4.31) (13.04)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .99$   $SD = 29.5591$   $DW = 1.579$   
 $NWENIND = 16.6385 + .842190*(NWENIND(1))$   
 ' (3.73) (18.27)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .907$   $SD = 4.85048$   $DW = 1.967$   
 $FDIND = COLIND + OILIND + GASIND + ELEIND + NWENIND$   
 '民生部門各エネルギー源別消費量  
 '家庭用
- $GASHOM = -476.265 + .000472*(95GDP\#) + .004839*(POPT)$   
 ' (-6.68) (10.55) (6.60)
- ' OLS (1970-2000)  $R^2 = .992$   $SD = 7.47928$   $DW = 1.698$   
 $ELEHOM = 1672.99 + .006973*(95CP\#) - .022207*(POPT) - 18.6596*(PELEH)$   
 ' (2.19) (6.58) (-2.60) (-2.78)  
 $+ 42.3633*(PTG)$   
 ' (3.07)
- ' OLS (1971-1998)  $R^2 = .99$   $SD = 20.7099$   $DW = .973$   
 $OLPDHOM = -122.151 + .001196*(95CP\#) - .058551*(PKERO/95PDG\#)$   
 't-value (-1.48) (3.56) (-1.91)  
 $+ .202763*(WAM) + .550175*(OLPDHOM(1))$   
 ' (3.23) (4.45)
- ' OLS (1970-2000)  $R^2 = .954$   $SD = 30.5580$   $DW = 2.069$   
 $COLHOM = -.151888 + .918168*(COLHOM(1))$   
 ' (-.92) (55.51)
- ' OLS (1976-2000)  $R^2 = .992$   $SD = .502752$   $DW = 2.187$   
 $NWENHOM = 1.83153 + .940383*(NWENHOM(1))$   
 ' (.95) (18.16)
- ' OLS (1966-2000)  $R^2 = .906$   $SD = 3.33224$   $DW = 1.069$   
 $FDHOM = COLHOM + OLPDHOM + GASHOM + NWENHOM + ELEHOM$   
 '業務用
- $COLBUS = -.118837 + .299372*(PCOLJ) + .900582*(COLBUS(1))$   
 ' (-.03) (1.31) (9.81)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .761$   $SD = 5.21915$   $DW = 1.69$   
 $COKBUS\# = -.109531 + .169293*(PCOLJ) + .973284*(COKBUS\#(1))$   
 ' (.04) (.94) (17.73)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .907$   $SD = 4.49610$   $DW = 2.067$   
 $OLPDBUS = 110.353 + .0000003*(FLRBUS) - .063187*(PKERO/WPI)$   
 ' (3.82) (.01) (-1.43)  
 $+ .897581*(OLPDBUS(1))$   
 (13.53)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .918$   $SD = 38.5472$   $DW = 1.616$   
 $TGBUS = .578015 + .0000057*(FLRBUS) - 18.8216*(PTG/WPI) + 1.01216*(TGBUS(1))$   
 ' (.18) (.49) (-.85) (14.62)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .998$   $SD = 2.74612$   $DW = 2.373$   
 $ELEBUS = -281.382 + .000744*(FLRBUS) - 423.564*(PELEB/WPI)$   
 ' (-24.80) (64.15) (-9.02)

' OLS (1965-2000)  $R^2 = .993$   $SD = 23.2032$   $DW = .836$

'運輸部門各エネルギー源別消費量

'旅客用

$OLPDTRA = 222.560 + .002330*(CARHLD) - .098913*(PMOGA/95PDG\#)$   
 ' (5.43) (4.17) (-4.19)  
 $+ .916710*(OLPDTRA(1))$   
 (60.69)

' OLS (1970-2000)  $R^2 = .998$   $SD = 27.0424$   $DW = 1.783$   
 $ELETRP = 9.44873 + .0000434*(95GDP\#) + .595279*(ELETRP(1))$   
 ' (5.58) (4.27) (6.75)

' OLS (1970-2000)  $R^2 = .993$   $SD = 1.00765$   $DW = 1.816$

'貨物用

$OLPDFRE = 259.483 - .079317*(PMOGA/95PDG\#) + .864090*(OLPDFRE(1))$   
 ' (6.62) (-4.84) (37.34)

' OLS (1970-2000)  $R^2 = .988$   $SD = 20.8010$   $DW = 1.553$   
 $COLTRP = -.612770 + .826736*(COLTRP(1))$   
 ' (-.91) (39.07)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .978$   $SD = 3.57266$   $DW = 2.139$   
 $FDTRP = COLTRP + OLPDTRA + OLPDFRE + ELETRP$

'エネルギー転換部門

'石炭消費量

- COLELEC = -7066.34 - 17.0069\*(PCOLJ) + .065170\*(POPT)  
' ( -3.76) ( -1.21) (4.52)
- ' OLS (1975-2000) R<sup>2</sup> = .851 SD = 153.5942 DW = .205
- COLSLF = -1436.38 - 5.54277\*(PCOLJ) + .013061\*(POPT)  
' ( -3.41) ( -1.85) (4.03)
- ' OLS (1976-2000) R<sup>2</sup> = .856 SD = 31.8474 DW = .21
- COLCOKC = -603.227 + .009337\*(STEEL) + .815820\*(COLCOKC(1))  
' ( -1.54) (2.69) (7.14)
- ' OLS (1976-2000) R<sup>2</sup> = .73 SD = 86.4341 DW = 1.431
- COLLOS = .901238 + .817454\*(COLLOS(1))  
' (2.25) (23.12)
- ' OLS (1970-2000) R<sup>2</sup> = .947 SD = 1.26330 DW = 2.421
- COKS = -18.7498 + .869032\*(COLCOKC)  
' ( -.59) (53.73)
- ' OLS (1965-2000) R<sup>2</sup> = .988 SD = 29.9452 DW = 1.052
- ' コークス等消費量
- COKELEC = 15.8057 + .064197\*(PCOLJ) + .927067\*(COKELEC(1))  
' (2.88) (.16) (34.69)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .973 SD = 10.2025 DW = 1.268
- COKSLF = 7.33738 - .138712\*(PCOLJ) + .955603\*(COKSLF(1))  
' (2.16) ( -.74) (33.01)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .973 SD = 4.61321 DW = 1.928
- COKTG = .330561 - .403222\*(PCOLJ) + 1.04522\*(COKTG(1))  
' (.18) ( -2.29) (32.89)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .974 SD = 4.05201 DW = 1.192
- COKLOS = 32.1699 + .596623\*(PCOLJ) + .740402\*(COKLOS(1))  
' (3.54) (1.24) (9.18)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .834 SD = 9.47718 DW = 1.57
- ' 原油消費量
- OILELEC = 106.464 - 4.37757\*(POILJ) + .953954\*(OILELEC(1))  
' (2.51) ( -2.30) (13.16)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .851 SD = 101.0900 DW = 1.875
- OILREF = 1221.81 - 31.5602\*(POILJ) + .933024\*(OILREF(1))  
' (3.86) ( -4.44) (21.65)
- ' OLS (1966-2000) R<sup>2</sup> = .937 SD = 384.9597 DW = 1.775

$$OILCHM = 23.2779 + .103154*(POILJ) + .760335*(OILCHM(1))$$

$$, \quad (.75) \quad (.11) \quad (5.10)$$

$$, \text{ OLS (1980-2000) } R^2 = .624 \quad SD = 24.5642 \quad DW = 1.305$$

$$OLPD = -34.9424 + .991072*(OILREF)$$

$$, \quad (-1.30) \quad (303.22)$$

$$, \text{ OLS (1965-2000) } R^2 = 1. \quad SD = 33.2108 \quad DW = .779$$

’石油製品計消費量

$$OLPDELEC = 166.981 - 8.52816*(POILJ) + .976041*(OLPDELEC(1))$$

$$, \quad (2.71) \quad (-4.42) \quad (19.97)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .921 \quad SD = 115.7718 \quad DW = 2.341$$

$$OLPDSLFL = 46.4430 - 1.81403*(POILJ) + .987942*(OLPDSLFL(1))$$

$$, \quad (4.37) \quad (-5.14) \quad (31.73)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .97 \quad SD = 19.6198 \quad DW = 1.082$$

$$OLPDTG = 19.0380 - .182244*(POILJ) + .892530*(OLPDTG(1))$$

$$, \quad (3.18) \quad (-.96) \quad (14.63)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .925 \quad SD = 7.88651 \quad DW = 1.75$$

$$OLPDCOKC = 11.2057 - .181236*(POILJ) + .783498*(OLPDCOKC(1))$$

$$, \quad (3.01) \quad (-1.59) \quad (7.01)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .591 \quad SD = 6.33133 \quad DW = 2.036$$

$$OLPDLOS = 42.1885 - 2.13135*(POILJ) + 1.00865*(OLPDLOS(1))$$

$$, \quad (3.17) \quad (-5.36) \quad (26.03)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .964 \quad SD = 18.4146 \quad DW = 2.094$$

’天然ガス消費量

$$NGELEC = 11.9486 + 5.70117*(PTG) + .998033*(NGELEC(1))$$

$$, \quad (.25) \quad (1.37) \quad (54.88)$$

$$, \text{ OLS (1971-2000) } R^2 = .991 \quad SD = 65.3649 \quad DW = 1.705$$

$$NGTG = 4.54019 + .797920*(PTG) + 1.03826*(NGTG(1))$$

$$, \quad (.84) \quad (1.47) \quad (144.95)$$

$$, \text{ OLS (1966-2000) } R^2 = .999 \quad SD = 10.3497 \quad DW = 2.202$$

$$NGLOS = 1.39742 + .917627*(NGLOS(1))$$

$$, \quad (.95) \quad (15.10)$$

$$, \text{ OLS (1974-2000) } R^2 = .897 \quad SD = 2.17312 \quad DW = 1.749$$

’都市ガス消費量

$$TGHSC = .206468 - .000984*(PTG) + 1.05485*(TGHSC(1))$$

$$, \quad (.55) \quad (-.03) \quad (38.63)$$

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .978$   $SD = .719041$   $DW = 2.489$

$TGLOS = 5.15160 + .784277*(TGLOS(1))$

' (1.72) (6.59)

' OLS (1966-2000)  $R^2 = .555$   $SD = 3.92941$   $DW = 2.627$

'その他モデル

$CARHLD = 8878.77 - .073100*(POPT) + 1.04557*(CARHLD(1))$

' (1.92) (-1.67) (45.26)

' OLS (1971-1999)  $R^2 = .998$   $SD = 476.3760$   $DW = .456$

$FLRBUS = -31912.2 + 3.02546*(95GDP\#)$

' (-1.05) (39.22)

' OLS (1970-2000)  $R^2 = .981$   $SD = 46,218.0$   $DW = .246$

$95PDG\# = 8.67449 - .0000111*(95GDP\#) + .969930*(95PDG\#(1))$

' (6.93) (-1.50) (24.70)

' OLS (1971-2000)  $R^2 = .992$   $SD = 1.61262$   $DW = 1.318$

$HSHLDJ = 4790.42 - .056934*(POPT) + 1.06765*(HSHLDJ(1))$

' (5.44) (-4.60) (65.51)

' OLS (1971-1998)  $R^2 = 1.$   $SD = 92.2982$   $DW = 1.028$

$WPI = 16.4603 + .848254*(WPI(1))$

' (2.93) (15.32)

' OLS (1971-2000)  $R^2 = .89$   $SD = 5.32421$   $DW = 1.134$

$95PEX\# = 30.1475 + .588218*(95PEX\#(1)) + .096155*(EXR)$

' (2.67) (4.52) (3.44)

' OLS (1976-2000)  $R^2 = .898$   $SD = 4.35563$   $DW = .871$

$95PMC\# = 14.7169 + .651006*(95PMC\#(1)) + .183734*(EXR)$

' (1.07) (4.90) (2.45)

' OLS (1976-2000)  $R^2 = .771$   $SD = 16.5809$   $DW = 1.161$

$PEW = 10.6089 + .892972*(PEW(1))$

' (2.43) (17.31)

' OLS (1976-2000)  $R^2 = .926$   $SD = 4.75061$   $DW = 1.222$

〔謝 辞〕 エネルギーモデルについて貴重な資料をお貸しいただくなど、多大のご援助をいただきました専修大学ネットワーク情報学部 斎藤雄志教授に感謝いたします。

〔参考文献〕

- 〔1〕 張風波『中国マクロ経済分析』有斐閣, 1989年
- 〔2〕 (財)日本エネルギー経済研究所計量分析部編『図解 エネルギー・経済データの読み方入門』(財)省エネルギーセンター, 2001年
- 〔3〕 室田泰弘他『パソコンによる経済予測入門 第2版』東洋経済新報社, 1998年
- 〔4〕 監査法人太田昭和センチュリー『環境会計がわかる』実業之日本社, 2000年
- 〔5〕 古賀智敏編著『予測財務情報論』同文館, 1995年
- 〔6〕 中村隆英他『経済統計入門 第2版』東京大学出版会, 1996年
- 〔7〕 宮川公男『計量経済学入門 第19版』日本経済新聞社, 1997年
- 〔8〕 資源エネルギー庁長官官房総合政策課編『総合エネルギー統計(平成13年度版)』(株)通商産業研究社, 2002年
- 〔9〕 丁勇/朴永南/猪平進「中国のマクロ経済・エネルギーモデルと環境問題(1)」『岐阜経済大学論集』36巻3号, 2003年
- 〔10〕 市川一夫編著『環境と会計』西日本法規出版, 1998年
- 〔11〕 山上達人『会計情報とディスクロージャー』白桃書房, 1989年
- 〔12〕 山上達人編著『環境会計の現状と課題』同文館, 1995年
- 〔13〕 宮崎修行著『統合的環境会計論』創成社, 2001年
- 〔14〕 環境省『環境会計ガイドライン 2002年版』2002年
- 〔15〕 日本国政府『「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく第3回日本国報告書』2002年
- 〔16〕 アルチュール=ブラウンシュバイク/ルディー=ミュラー=ヴェンク著, 宮崎修行訳『企業のエコバランス 環境会計の理論と実践』白桃書房, 1996年
- 〔17〕 (社)日本経済団体連合会「経団連環境自主行動計画」<http://www.keidanren.or.jp>より, 1997年
- 〔18〕 (社)日本経済団体連合会「2000年度経団連環境自主行動計画・温暖化対策 要約版」[www.keidanren.or.jp](http://www.keidanren.or.jp)より, 2001年
- 〔19〕 華紀文『中国のエネルギー需給の現状と展望——計量モデルによるアプローチ——』専修大学大学院経営学研究科修士論文, 1994年
- 〔20〕 (財)日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター『石油代替エネルギー計量分析調査』1997年

- [21] (財)日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター『石油代替エネルギー計量分析調査』1998年
- [22] 辰野博一/手塚哲央「日本・中国の産業構造変化とCO<sub>2</sub>排出量の分析」エネルギー資源学会『第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2002年, pp. 567-572
- [23] 小林寛和/斎藤雄志「エネルギー・環境制約下における経済成長とライフスタイル」エネルギー資源学会『第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2002年, pp. 411-416
- [24] 小倉幸雄「環境会計:環境コストの分類」『岐阜経済大学論集』31巻4号, 1998年
- [25] カナダ勅許会計士協会, 平松一夫/谷口智香訳『環境会計——環境コストと環境負債——』東京経済情報出版, 1995年
- [26] 環境省『環境にやさしい企業行動調査』2001年
- [27] 環境省編『平成14年版 環境白書』2002年
- [28] <http://www.konica.co.jp/corporate/environ/report/index.html> コニカ(株), 「コニカ環境報告書2002」2002年
- [29] <http://www.komatsu.co.jp/CompanyInfo/ecology/2002/index.html> (株)小松製作所「KOMATSU 環境報告書2002」2002年
- [30] 水口剛『企業評価のための環境会計』中央経済社, 2002年
- [31] (財)日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター『エネルギーモデル分析手法の調査研究』1985年
- [32] 斎藤雄志『地球環境ハンドブック』第23章「経済・エネルギーシステムのモデリング」オーム社, 1991年