

日本のエネルギー需給モデル構築と シミュレーション

——産業部門最終需要の高精度化——

楊 敏/猪平 進

1. 緒 言
2. モデルの全体構成
3. マクロ経済モデル
4. エネルギー需給モデル
 - 4.1 エネルギーフローチャート
 - 4.2 生産指数・生産量モデル
 - 4.3 エネルギー価格モデル
 - 4.4 最終エネルギー消費モデル
 - 4.5 エネルギー転換部門モデル
 - 4.6 一次エネルギー国内供給モデル
 - 4.7 二酸化炭素排出量モデル
5. マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの評価
6. シミュレーション分析
 - 6.1 シミュレーションのケース設定と前提条件
 - 6.2 シミュレーション結果
 - 6.3 結果の検討
7. 結 言
8. 付 録
 - 8.1 変数一覧表
 - 8.2 モデルの方程式

1. 緒 言

エネルギーや資源の問題が広く注目を浴び始めたのは、世界的にはローマクラブのレポート『成長の限界』が出版された1972年以降であろう。そして日本では、70年代の2度にわたる石油危機により、石油価格の高騰とそれによるパニックを経験し、私たちはエネルギーがいかに経済社会の基礎であるかを深く認識させられたのであった。しかし80年代後半になると、石油価格が下落し安定化したためエネルギーの供給制約に対する認識は薄れがちとなっていた。それが90年代に入り、地球温暖化問題の顕在化とともに、再びエネルギー問題がクローズアップされてきた。

地球温暖化とは、二酸化炭素(CO₂)など温室効果ガスの大気中の濃度が上昇することにより、地球上にさまざまな影響が生じることをいう。たとえば、この100年の地球の平均気温の上昇(約0.6度)は、石油、石炭などの化石エネルギーの消費により発生する二酸化炭素などの濃度上昇によると考えられている。最近では、温暖化の影響としてさらに、海洋の熱塩循環の停止^[12]や西部南極氷床の崩壊など、もし発生すると超長期(数百年以上)にわたって回復しない破局的な事象も予想されてきている。

このような破局を避けるため、1997年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)によって、京都議定書が採択され、先進国を中心にしたCO₂削減目標が決められた。米国の離脱により発効が危ぶまれていたこの議定書も、ロシアの批准により、2005年2月に発効の見通しとなった。この京都議定書での国際的な公約として、日本は、2008～2012年の平均CO₂排出量を90年に比べて6%削減しなければならない。しかし現在の日本の排出量はすでに1割弱増加しており、この8年くらいで15%もの削減が必要になっている。

本論文ではマクロ経済・エネルギー需給統合モデルを用いて、計量モデル分析ソフトとしてエコノメイト（Economete）を使って、日本における将来のエネルギー需給、一次エネルギー消費量とCO₂の排出量をシミュレーションで予測する。ここで、産業部門最終需要のモデルを新たに構築し、先行研究[5][6]よりさらに高精度化した。

なお、先に2010年までのシミュレーションについて報告[5]したが、今回は2020年までの予測を目標として基準ケース（BAU；トレンド延長型）のシミュレーションを実施して、その結果を分析する。

2. モデルの全体構成

モデルは大きく2つの計量モデルからなっている。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、エネルギー需給モデルでは、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、部門別あるいはエネルギー源別の最終エネルギー消費量を計算し、次にエネルギー転換部門で使用される消費量を求め、これを先に求めた最終エネルギー消費と合計して、石油や石炭などの一次エネルギーの国内供給計を求める。そして最後に、各エネルギー源別にCO₂排出係数をかけて、CO₂排出量を計算する。図2.1に、以上の一連の流れをフローチャートで示す。

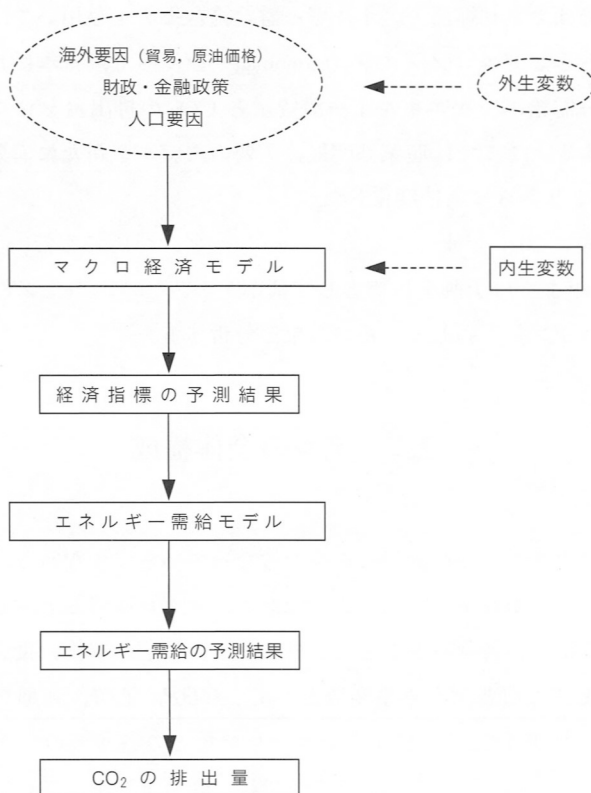


図 2.1 マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの全体構成

3. マクロ経済モデル

マクロ経済モデルは、実質支出とデフレータからの 11 本のモデルからなる。実質民間企業設備投資 *IP* のモデルには 1989～91 年にかけてのバブル崩壊を考慮したダミー変数 *DUM8991* を今回導入することにより、実質国内総生産 *GDP* の精度は先行研究〔5〕よりもさらに向上した。

実質支出では、下の式で推計を行う。

$$\text{実質民間消費} \quad CP = f(GDP, CP(1)) \quad (3.1)$$

$$\text{実質民間企業設備投資} \quad IP = f(GDP, KP(1) + KP(2), DUM8991) \quad (3.2)$$

$$\text{実質民間資本ストック} \quad KP = f(KP(1)) \quad (3.3)$$

$$\text{実質財貨・サービスの輸出} \quad EXC = f(TWM, PEX / (PEW * EXR)) \quad (3.4)$$

$$\text{実質財貨・サービスの輸入} \quad MC = f(GDP, PMC / WPI, MC(1)) \quad (3.5)$$

$$\text{実質国内総生産} \quad GDP = CP + IP + GG2 + EXC - MC \quad (3.6)$$

なお上式の $CP(1)$, $KP(1)$ は、それぞれ前年の消費 CP や前年の資本ストック KP を表し、本来 $CP(-1)$, $KP(-1)$ であるが、以下では簡単のために、すべてマイナスをとって表している。また TWM , PEW , EXR などの記号の意味は、後掲 8.1 の変数一覧表に示す。

各デフレーターは、次式で表す。

$$\text{国内総生産デフレーター} \quad PDG = f(WPI, PC(1)) \quad (3.7)$$

$$\text{輸出等デフレーター} \quad PEX = f(WPI, EXR) \quad (3.8)$$

$$\text{輸入等デフレーター} \quad MC = f(PEW, EXR, POILJ(1)) \quad (3.9)$$

$$\text{民間最終消費支出デフレーター} \\ PC = f(WPI, PC(1)) \quad (3.10)$$

$$\text{総合卸売物価指数デフレーター} \\ WPI = f(GDP/L, PMC) \quad (3.11)$$

4. エネルギー需給モデル

エネルギーは国民生活、経済活動にとって重要な基礎物質であり、経済成長とエネルギー需要は密接に結びついている。

エネルギー需給モデルは、マクロ経済モデルで求めた GDP など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

ルは図 4.1 (後掲) のエネルギーフローチャートの逆の流れで作成し、データは日本資源エネルギー庁と(財)日本エネルギー経済研究所計量分析部が推計した「総合エネルギー統計」のエネルギーバランス表のデータを使用した。

エネルギー需給モデルは、生産指数・生産量モデル、エネルギー価格モデル、最終エネルギー消費モデル、エネルギー転換モデル、一次エネルギー国内供給モデルから構成されている。CO₂ の排出量を予測するための CO₂ 排出量モデルもここで構築した。

4.1 エネルギーフローチャート

一次エネルギー総供給は国内生産と輸入から構成されている。一次エネルギー国内供給(石油、石炭、天然ガス、新エネ等、水力・地熱、原子力)は総供給に在庫と輸出を考慮して求められている。「総供給」は輸出プラス国内需要と、「国内供給」は国内需要とバランスするため、「一次エネルギー消費」ともよばれる。

エネルギー転換部門では、電力会社が石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を火力発電所に投入して生産する電力や、石油精製業が原油を石油精製装置で加工して得る石油製品(ガソリン、ナフサ、灯油、軽油、重油等)への転換、また鉄鋼業等で原料となる石炭コークスの製造、さらに都市ガス製造など、エネルギー企業による二次エネルギーの発生・加工・転換を扱っている。またそのときのエネルギー企業による自家消費・ロスもここに含まれる。

最終エネルギー消費(需要)部門とは、一次エネルギーあるいは転換部門で生産(転換)した二次エネルギー等を企業や個人が生産活動や消費生活などに利用する部門である。「最終エネルギー消費」部門は、日本のエネルギーバランス表では、産業(農林・水産、鉱業・建設、製造業)、民生(業務・家庭)、運輸(旅客・貨物)、非エネルギーの4つの部門から構成される。

以上の一連の流れを図 4.1 に示している。

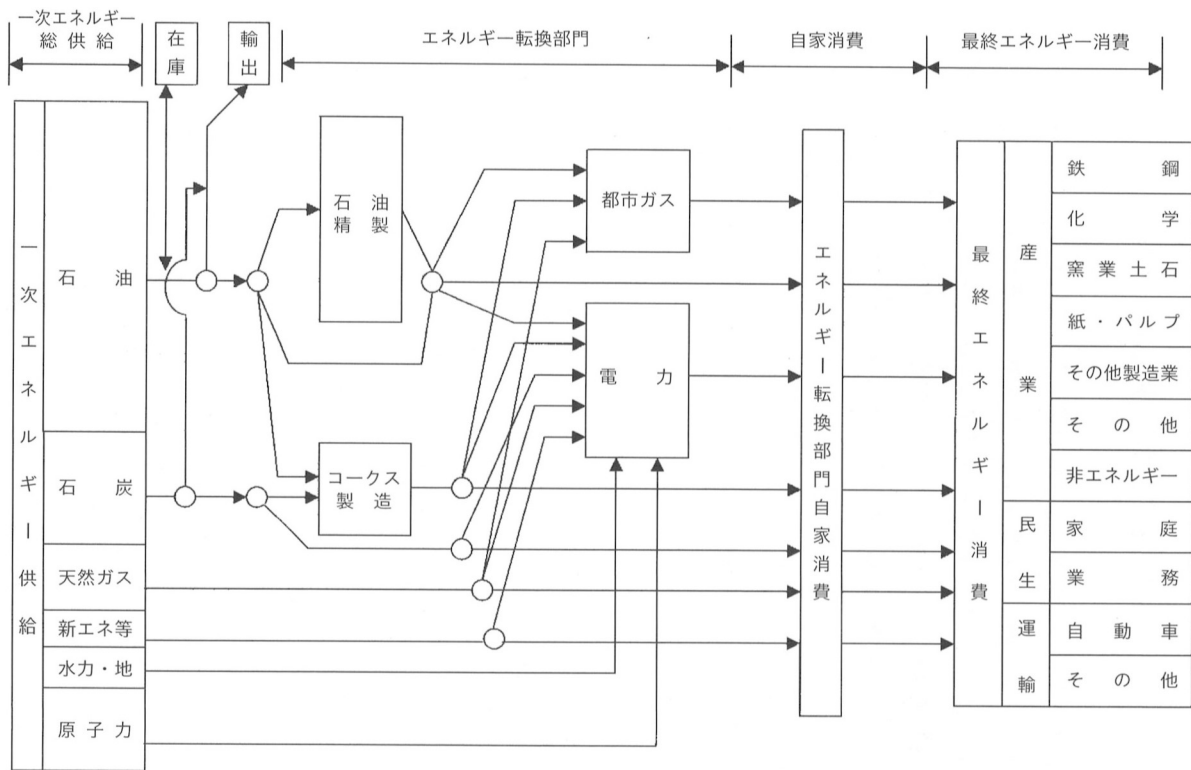


図 4.1 エネルギーフローチャート
 (出所：『総合エネルギー統計（平成 12 年度版）』[13] より作成)

4.2 生産指数・生産量モデル

生産指数・生産量は、鉱工業生産指数および素材型産業である粗鋼，エチレン，セメント，パルプの生産量について次のように推定を行う。鉱工業生産指数 IIP については，実質国内総生産 GDP と粗鋼生産高によって推定する。粗鋼生産高は実質国内総生産と原油価格により推定する。エチレン，セメント，パルプの各生産量は鉱工業生産指数と原油価格，自己回帰項によって推計する。

$$\text{鉱工業生産指数} \quad IIP = f(GDP, STEEL) \quad (4.1)$$

$$\text{粗鋼生産量} \quad STEEL = f(GDP, GDP(1), POILJ, POILJ(1)) \quad (4.2)$$

$$\text{エチレン生産量} \quad ETYLEN = f(IIP, POILJ/WPI, ETYLEN(1)) \quad (4.3)$$

$$\text{セメント生産量} \quad CEMPD = f(IIP, POILJ/WPI, CEMPD(1)) \quad (4.4)$$

$$\text{紙・パルプ生産量} \quad PLPPD = f(IIP, POILJ/WPI, PLPPD(1)) \quad (4.5)$$

なお，上式の各記号の意味は，後掲 8.1 の変数一覧表に示してある。次節以降に現れる式中の記号もすべて同様である。

4.3 エネルギー価格モデル

電力，ナフサ，ガソリン，都市ガスなどのエネルギー価格については，原油価格とエネルギーの自己回帰項を使った回帰式によるモデル構築を行った。

$$\text{家庭用電力価格} \quad PELEH = f(POILJ\#, PELEH(1)) \quad (4.6)$$

$$\text{業務用電力価格} \quad PELEB = f(POILJ\#, PELEB(1)) \quad (4.7)$$

$$\text{ナフサ価格} \quad PNAPH = f(POILJ\#, PNAPH(1)) \quad (4.8)$$

$$\text{灯油価格} \quad PKERO = f(POILJ\#, PKERO(1)) \quad (4.9)$$

$$\text{ガソリン価格} \quad PMOGA = f(POILJ\#, PMOGA(1)) \quad (4.10)$$

$$\text{A重油価格} \quad POILA = f(POILJ\#, POILA(1)) \quad (4.11)$$

$$\text{C重油価格} \quad POILC = f(POILJ\#, POILC(1)) \quad (4.12)$$

$$\text{都市ガス価格} \quad PTG = f(PLNG, PTG(1)) \quad (4.13)$$

$$\text{天然ガス価格} \quad PLNG = f(POILJ\#, PLNG(1)) \quad (4.14)$$

4.4 最終エネルギー消費モデル

最終エネルギー消費モデルは大きく分けて、産業部門、民生部門、運輸部門の3つの部門別に構成した。この中で、産業部門の製造業では、部門別およびエネルギー源別に今回詳しくモデルを構築した。その結果、先行研究〔6〕よりも精度が向上した。

4.4.1 産業部門の最終消費モデル

産業部門は農林・水産、鉱業・建設、製造業から構成されている。

a. 農林水産業

$$\text{石油製品} \quad OILAGR = f(IIPAGR, POILJ\#, OILAGR(1)) \quad (4.15)$$

$$\text{農林水産業計} \quad FDAGR = OILAGR \quad (4.16)$$

b. 建設業

$$\text{石油製品} \quad OILCON = f(95IP\#, POILJ\#, OILCON(1)) \quad (4.17)$$

$$\text{建設業計} \quad FDCON = OILCON \quad (4.18)$$

c. 製造業

1. 食料品

$$\text{石油製品} \quad OILFOO = f(IIPFOO, POILC, OILFOO(1)) \quad (4.19)$$

$$\text{都市ガス} \quad GASFOO = f(IIPFOO, PTG, GASFOO(1)) \quad (4.20)$$

$$\text{電力} \quad ELEFOO = f(IIPFOO, PELEB, ELEFOO(1)) \quad (4.21)$$

食料品最終エネルギー消費計

$$FDFOOD = OILFOO + GASFOO + ELEFOO \quad (4.22)$$

2. 繊維

$$\text{石油製品} \quad OILFIB = f(IIPFIB, POILC, OILFIB(1)) \quad (4.23)$$

$$\text{電力} \quad ELEFIB = f(IIPFFIB, PELEB, ELEFIB(1)) \quad (4.24)$$

繊維最終エネルギー消費計

$$FDTEX = OILFIB + ELEFIB \quad (4.25)$$

3. 紙・パルプ

$$\text{石 炭} \quad \text{COLPAP} = f(\text{PLPPD}, \text{PCOLJ}, \text{COLPAP}(1)) \quad (4.26)$$

$$\text{石油製品} \quad \text{OILPAP} = f(\text{PLPPD}, \text{POILJ\#}, \text{OILPAP}(1)) \quad (4.27)$$

$$\text{都市ガス} \quad \text{GASPAP} = f(\text{PLPPD}, \text{PTG}, \text{GASPAP}(1)) \quad (4.28)$$

$$\text{新エネルギー} \quad \text{NWENPAP} = f(\text{PLPPD}, \text{NWENPAP}(1)) \quad (4.29)$$

$$\text{電 力} \quad \text{ELEPAP} = f(\text{PLPPD}, \text{PELEB}, \text{ELEPAP}(1)) \quad (4.30)$$

紙・パルプ最終エネルギー消費計

$$\begin{aligned} \text{FDPLPPD} &= \text{COLPAP} + \text{OILPAP} + \text{GASPAP} \\ &\quad + \text{NWENPAP} + \text{ELEPAP} \end{aligned} \quad (4.31)$$

4. 化学工業

$$\text{石油製品} \quad \text{OILCHM} = f(\text{ETYLEN}, \text{PNAPH}, \text{OILCHM}(1)) \quad (4.32)$$

$$\text{都市ガス} \quad \text{GASCHM} = f(\text{ETYLEN}, \text{PTG}, \text{GASCHM}(1)) \quad (4.33)$$

$$\text{電 力} \quad \text{ELECHM} = f(\text{ETYLEN}, \text{PELEB}, \text{ELECHM}(1)) \quad (4.34)$$

化学工業最終エネルギー消費計

$$\text{FDCHM} = \text{OILCHM} + \text{GASCHM} + \text{ELECHM} \quad (4.35)$$

5. 窯 業

$$\text{石 炭} \quad \text{COLCEM} = f(\text{CEMPD}, \text{PCOLJ}, \text{COLCEM}(1)) \quad (4.36)$$

$$\text{石油製品} \quad \text{OILCEM} = f(\text{CEMPD}, \text{POILJ\#}, \text{OILCEM}(1)) \quad (4.37)$$

$$\text{都市ガス} \quad \text{GASCEM} = f(\text{CEMPD}, \text{PTG}, \text{GASCEM}(1)) \quad (4.38)$$

$$\text{電 力} \quad \text{ELECEM} = f(\text{CEMPD}, \text{PELEB}, \text{ELECEM}(1)) \quad (4.39)$$

窯業最終エネルギー消費計

$$\begin{aligned} \text{FDCEM} &= \text{COLCEM} + \text{OILCEM} + \text{GASCEM} \\ &\quad + \text{ELECEM} \end{aligned} \quad (4.40)$$

6. 鉄 鋼

$$\text{石 炭} \quad \text{COLSTE} = f(\text{STEEL}, \text{PCOLJ}, \text{COLSTE}(1)) \quad (4.41)$$

$$\text{コークス等} \quad \text{COKSTE} = f(\text{STEEL}, \text{PCOLJ}, \text{COKSTE}(1)) \quad (4.42)$$

$$\text{石油製品} \quad \text{OILSTE} = f(\text{STEEL}, \text{POILJ\#}, \text{OILSTE}(1)) \quad (4.43)$$

$$\text{都市ガス} \quad \text{GASSTE} = f(\text{STEEL}, \text{PTG}, \text{GASSTE}(1)) \quad (4.44)$$

$$\text{電 力} \quad \text{ELESTE} = f(\text{STEEL}, \text{PELEB}, \text{ELESTE}(1)) \quad (4.45)$$

鉄鋼最終エネルギー消費計

$$\begin{aligned} \text{FDSTL} &= \text{COLSTE} + \text{COKSTE} + \text{OILSTE} + \text{ELESTE} \\ &\quad + \text{GASSTE} \end{aligned} \quad (4.46)$$

7. 非鉄金属

$$\text{石油製品} \quad OILNFE = f(IIPNFE, POILC/WPI, OILNFE(1)) \quad (4.47)$$

$$\text{都市ガス} \quad GASNFE = f(IIPNFE, PTG, GASNFE(1)) \quad (4.48)$$

$$\text{電力} \quad ELENFE = f(IIPNFE, PELEB, ELENFE(1)) \quad (4.49)$$

非鉄金属最終エネルギー消費計

$$FDNFMET = OILNFE + GASNFE + ELENFE \quad (4.50)$$

8. 金属機械

$$\text{石油製品} \quad OILMAC = f(IIP, POILC, OILMAC(1)) \quad (4.51)$$

$$\text{都市ガス} \quad GASMACH = f(IIP, PTG, GASMACH(1)) \quad (4.52)$$

$$\text{電力} \quad ELEMACH = f(IIP, PELEB, ELEMACH(1)) \quad (4.53)$$

金属機械最終エネルギー消費計

$$FDMACH = OILMAC + GASMACH + ELEMACH \quad (4.54)$$

9. その他の製造業

$$\text{石油製品} \quad OILOTH = f(POILJ\#, OILOTH(1)) \quad (4.55)$$

$$\text{都市ガス} \quad GASOTH = f(PTG, GASOTH(1)) \quad (4.56)$$

$$\text{電力} \quad ELEOTH = f(PELEB, ELEOTH(1)) \quad (4.57)$$

その他最終エネルギー消費計

$$FDEXMAN = OILOTH + GASOTH + ELEOTH \quad (4.58)$$

10. 製造業計

$$\text{石炭} \quad COLMAK = COLPAP + COLCEM + COLSTE \quad (4.59)$$

$$\text{コークス等} \quad COKSTE \quad (4.60)$$

$$\begin{aligned} \text{石油製品} \quad OILMAK &= OILFOO + OILFIB + OILPAP + OILCHM \\ &+ OILCEM + OILSTE + OILNFE \\ &+ OILMAC + OILOTH \end{aligned} \quad (4.61)$$

$$\begin{aligned} \text{都市ガス} \quad GASMAK &= GASFOO + GASPAP + GASMACH \\ &+ GASCHM + GASCEM + GASSTE \\ &+ GASNFE + GASOTH \end{aligned} \quad (4.62)$$

$$\text{新エネルギー} \quad NWENMAK = NWENPAP \quad (4.63)$$

$$\begin{aligned} \text{電力} \quad ELEMAK &= ELEFOO + ELEFIB + ELEPAP + ELECHM \\ &+ ELECEM + ELESTE + ELENFE \\ &+ ELEMACH + ELEOTH \end{aligned} \quad (4.64)$$

製造部門最終エネルギー消費計

$$FDMAN = FDFOOD + FDTEX + FDPLPPD + FDCHM$$

$$+ FDCEM + FDSTL + FDNFMET + FDMAC \\ + FDEXMAN \quad (4.65)$$

11. 産業部門計

石油製品 $OILIND = OILMAK + OILAGR + OILCON \quad (4.66)$

天然ガス $NGIND\# = f(IIP, PLNG, NGIND\#(1)) \quad (4.67)$

産業部門最終エネルギー消費計

$$FDIND = COLMAK + COKSTE + OILIND + NGIND\# \\ + GASKMAK + NWENMAK + ELEMAK \quad (4.68)$$

4.4.2 民生部門の最終消費モデル

民生部門は家庭と業務から構成されている。

a. 家庭用

石油製品 $OLPDHOM = f(CP, PKERO/PDG, WAN, OLPDHOM(1)) \quad (4.69)$

都市ガス $GASHOM = f(GDP, POPT) \quad (4.70)$

電力 $ELEHOM = f(CP, POPT, PELEH, PTG) \quad (4.71)$

新エネルギー $NWENHOM = f(NWENHOM(1)) \quad (4.72)$

家庭用計 $FDHOM = OLPDHOM + GASHOM + ELEHOM \\ + NWENHOM \quad (4.73)$

b. 業務用

業務部門用床面積

$$FLRBUS = f(GDP) \quad (4.74)$$

石油製品 $OLPDBUS = f(POILA, OLPDBUS(1)) \quad (4.75)$

都市ガス $TGBUS = f(FLRBUS, PTG/WPI, TGBUS(1)) \quad (4.76)$

電力 $ELEBUS = f(FLRBUS, PELEB/WPI) \quad (4.77)$

新エネルギー $NWENBUS = f(NWENBUS(1)) \quad (4.78)$

業務用計 $FDBUS = OLPDBUS + TGBUS + ELEBUS \\ + NWENBUS \quad (4.79)$

c. 民生部門最終エネルギー消費計

$$FDHBT = FDHOM + FDBUS \quad (4.80)$$

4.4.3 運輸部門の最終消費モデル

運輸部門は旅客と貨物から構成されている。

a. 旅客用
石油製品 $OLPDTRA = f(CARHLD, PMOGA/PDG, OLPDTRA(1))$ (4.81)

b. 貨物用
石油製品 $OLPDFRE = f(TRUCK, PMOGA/PDG, OLPDFRE(1))$ (4.82)

c. 運輸部門用
電力 $ELETRP = f(GDP, ELETRP(1))$ (4.83)

乗用車保有台数
 $CARHLD = f(POPT, CARHLD(1))$ (4.84)

トラックバス保有台数
 $TRUCK = f(POPT, TRUCK(1))$ (4.85)

d. 運輸部門最終エネルギー消費計
 $FDTRP = OLPDTRA + OLPDFRE + ELETRP$ (4.86)

4.4.4 最終エネルギー消費計モデル

a. 石炭・コークス計
 $FDCOL = COLMAK + COKSTE$ (4.87)

b. 石油製品計
 $FDOIL = OILIND + OLPDHOM + OLPDBUS + OLPDTRA + OLPDFRE$ (4.88)

c. 都市ガス計
 $FDGAS = GASMAK + GASHOM + TGBUS$ (4.89)

d. 電力計
 $FDELE = ELEMAK + ELEHOM + ELEBUS + ELETRP$ (4.90)

e. 新エネルギー計
 $FDNWEN = NWENMAK + NWENHOM + NWENBUS$ (4.91)

f. 最終エネルギー消費計
 $FDFIN = FDIND + FDHOM + FDBUS + FDTRP$ (4.92)

4.5 エネルギー転換部門モデル

ここで、エネルギー転換部門モデルは、発電部門、都市ガス生産、コークス生産、石油精製の4部門からモデルを構築した。

a. 発電部門

電気事業者発電計

$$PUELET = f(FDELE) \quad (4.93)$$

発電ロス含む投入量

$$PUELET\# = f(PUELET) \quad (4.94)$$

電気事業者石炭消費量

$$COLELEC = f(PUELET\#, COLELEC(1)) \quad (4.95)$$

電気事業者コークス等消費量

$$COKELEC = f(PUELET\#, COKELEC(1)) \quad (4.96)$$

電気事業者石油発電原油消費量

$$OILELEC = f(PUELET\#, OILELEC(1)) \quad (4.97)$$

電気事業者石油発電石油製品消費量

$$OLPDELEC = f(PUELET\#, OLPDELEC(1)) \quad (4.98)$$

電気事業者天然ガス発電天然ガス消費量

$$NGELEC = f(PUELET\#, NGELEC(1)) \quad (4.99)$$

電気事業者原子力発電原子力消費量

$$PUNU = f(PUELET\#, PUNU(1)) \quad (4.100)$$

b. 都市ガス生産

ガス事業者都市ガス生産

$$TGTG = f(FDGAS) \quad (4.101)$$

ガス事業者天然ガス・LNG消費量

$$NGTG = f(TGTG) \quad (4.102)$$

c. コークス生産

コークス等生産

$$COKCOK = f(COKSTE, COKELEC, COKCOK(1)) \quad (4.103)$$

コークス製造業石炭消費量

$$COLCOKC = f(COKCOK, COLCOKC(1)) \quad (4.104)$$

d. 石油精製

石油精製原油消費量

$$OILREF = FDOIL - PDPT + OLPDELEC \quad (4.105)$$

4.6 一次エネルギー国内供給モデル

一次エネルギー国内供給は一次エネルギー総供給から、輸出と在庫変動を除いたもので、国内の需要に対する供給という意味で「国内供給」と名づけられている。このベースで需要と供給が一致するため、一般に「一次エネルギー国内供給」のことを「一次エネルギー消費」と呼ぶ場合も多い。

一次エネルギー国内供給は、次のように、各エネルギー源別に、上で求めた最終エネルギー消費量とエネルギー転換部門での消費量の合計より計算する。

a. 石 炭 $COAL = FDCOL + COLELEC + COLCOKC \quad (4.106)$

b. 原 油 $OIL = OILREF + OILELEC \quad (4.107)$

c. 天然ガス・LNG $NG = NGELEC + NGTG \quad (4.108)$

d. 水 力 $HD = PUHD \quad (4.109)$

e. 原 子 力 $NU = PUNU \quad (4.110)$

f. 国内供給計 $TOTAL = COAL + OIL + PDPT + NG + HD$
 $+ NU + NEW \quad (4.111)$

4.7 二酸化炭素排出量モデル

日本の二酸化炭素排出量は、第一次石油危機以後 1980 年代半ばまではおおむね横ばいで推移してきたが、その後再び増加する傾向にある。省エネ化の推進や産業構造の転換により、産業部門の割合が低下したのに対し、発電部門と運輸部門の割合が増加している。

二酸化炭素排出量の単位には炭素換算によるものと二酸化炭素換算によるものがある。本研究では国際エネルギー機関 (IEA) が利用している炭素換算を使用した。二酸化炭素排出量の算出方法は次のとおりである。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \Sigma(\text{源別エネルギー消費} \times \text{排出係数})$$

ただし、非エネルギー(消費)の全量、産業部門の石油化学用ナフサ・LPガス(消費)の80%を計算から控除している。

具体的には、「総発熱量ベース」の排出係数を使用し、次の算出式を用いた。

$$\begin{aligned} DISCO_2 = & (1.0062 * COAL + 0.7811 * (OIL + PDPT - 0.8 * FDCHM) \\ & + 0.5639 * NG) * 23.889 / 1000 \end{aligned} \quad (4.112)$$

なお上式から求められる二酸化炭素排出量の単位は、炭素換算100万トンとなる。

5. マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの評価

マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの組立てが終わると、モデルがどの程度うまく現実の変動を追跡することができるか(パフォーマンス)をテストする必要がある。モデルの計測期間において、モデルの追跡力をテストすることを内挿テストという。ここで、内挿テストとしてのパーシャルテストとファイナルテストを行い、モデルの性能をテストした。

パーシャルテストの結果、定義式(GDPなど)の誤差率はすべて0であり、モデルの定義上のミスはないことを確認した。

ファイナルテストは外生変数および先決内生変数の初期値を除くすべての説明変数に計算値を代入してモデルを解いていくため、誤差の影響は当期の

みならず、次の期以降へと波及していく。したがってファイナルテストは内挿テストの中でも最も厳しいテストであり、何度も式の改良を繰り返しモデルを構築する際において、常にファイナルテストで精度をチェックしていった。

表 5.1 はファイナルテストの結果である。重要な変数のところはかなり誤差率が低く、より良い結果になっている。エネルギー需給モデルに最も影響を及ぼす GDP の誤差率は、先行研究の井関モデルの 6.67%〔4〕から本モデ

表 5.1 ファイナルテストの結果

期	収束回数	変数名	誤差率	変数名	誤差率	変数名	誤差率	変数名	誤差率
1972	9	95CP#	2.76	OILMAC	12.87	GASFOO	5.98	OLPDFRE	2.65
1973	7	95GDP#	3.13	GASMAC	12.76	ELEFIB	5.73	FDCOL	9.86
1974	4	95IP#	9.56	ELEMAC	8.41	FDTEX	7.75	FDOIL	4.8
1975	5	95KP#	9.77	FDMAC	8.98	COLPAP	39.92	FDGAS	3.84
1976	6	95EXC#	8.97	OILOTH	5.79	OILPAP	8.5	FDELE	4.09
1977	6	95PEX#	4.79	ELEOTH	3.62	GASPAP	28.52	FDNWEN	9.13
1978	7	95MC#	5.79	GASOTH	57.4	NWENPAP	5.13	FDNFIN	3.33
1979	4	95PMC#	7.47	FDEXMAN	4.5	ELEPAP	2.98	PUELET	4.51
1980	4	WPI	4.77	COLMAK	17.53	FDPLPPD	4.84	PUELET#	4.64
1981	4	95PDG#	2.53	OILMAK	4.33	OILCHM	4.69	COLELEC	13.5
1982	4	95PC#	2.46	GASMAK	15.93	GASCHM	10.28	COKELEC	8.87
1983	4	IIP	6.19	NWENMAK	5.81	ELECHM	2.18	OILELEC	22.85
1984	4	STEEL	4.14	ELEMAK	3.16	FDCHM	4.15	OLPDELEC	14.34
1985	4	ETYLEN	4.96	FDMAN	3.96	COLCEM	24.32	NGELEC	11.72
1986	6	CEMPD	7.06	OILIND	3.33	OILCEM	15.33	PUNU	14.07
1987	7	PLPPD	3.07	NGIND#	9.15	GASCEM	9.65	TGTG	4.03
1988	5	PELEH	6.94	FDIND	3.26	ELECEM	4.27	NGTG#	5.55
1989	6	PELEB	7.95	OLPDHOM	4.72	FDCEM	11.42	COKCOK	5.82
1990	4	PKERO	6.01	GASHOM	2.78	COLSTE	35.4	LOSCOK	7.93
1991	3	PNAPH	6.68	ELEHOM	6.81	COKSTE	13.99	COLCOKC	8.12
1992	4	PMOGA	4.14	NWENHOM	24.14	OILSTE	19.79	OILREF	4.72
1993	4	POILA	5.13	FDHOM	4.6	GASSTE	21.97	COAL	9.63
1994	5	POILC	7.96	OLPDBUS	5.59	ELESTE	4.32	OIL	5.59
1995	5	PTG	4.77	TGBUS	2.2	FDSTL	7.28	NG	8.18
1996	5	PLNG	5.1	FLRBUS	3.63	OILNFE	16.65	HD	1.17
1997	3	OILAGR	4.15	ELEBUS	8.39	GASNFE	8.99	NU	14.07
1998	4	FDAGR	4.57	NWENBUS	10.67	ELENFE	9.08	TOTAL	4.28
1999	5	OILCON	13.15	FDBUS	5.51	FDNFMET	14.26	DISCO2	6.34

ルの3.13%まで改善された。なお、エコノメイト (Economate) の誤差率は平均絶対誤差率〔1〕となっている。

ファイナルテストの結果をグラフにして、図5.1～図5.10に示している。図5.1～図5.6は源別一次エネルギー総供給のグラフである。図5.7～図5.10は部門別最終エネルギー需給のグラフである。これらのグラフにおいて、いずれも1999年まではファイナルテストの結果、また2000～2020年はシミュレーションにより予測された推計値（次章の基準ケース）の結果を示している。ファイナルテストの結果のグラフは、本モデルの各変数の追跡力（精度）がほぼ満足できる水準であることを示す。

なお2000年以降の推計値においては、いずれも推定回帰線に沿って緩やかに変化していく。

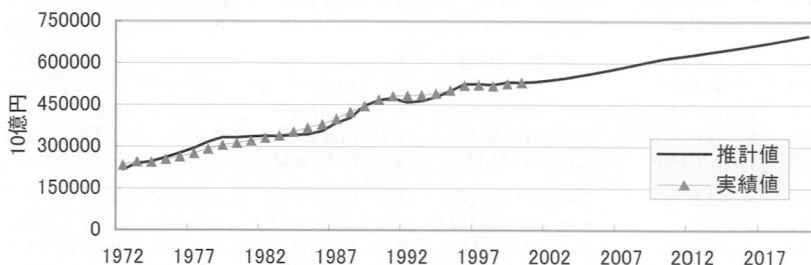


図 5.1 GDP (国内総生産)

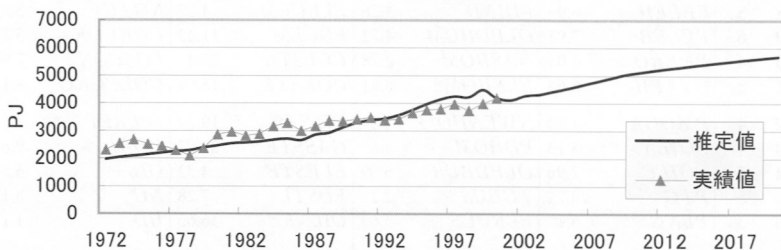


図 5.2 石炭一次エネルギー総供給

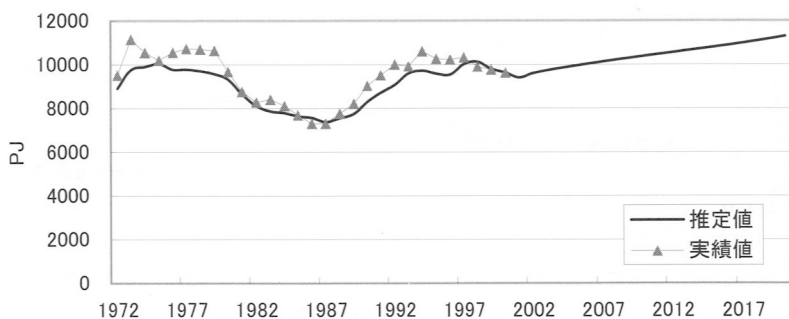


図 5.3 石油一次エネルギー総供給

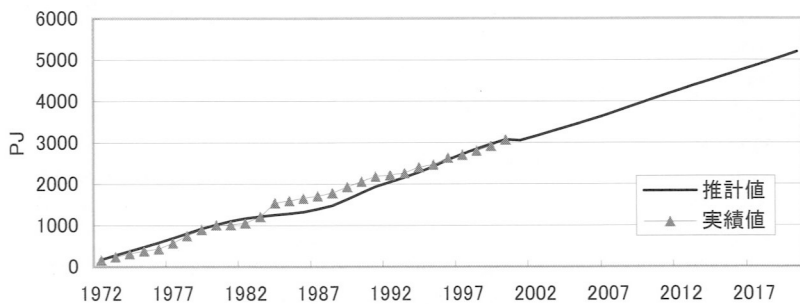


図 5.4 天然ガス一次エネルギー総供給

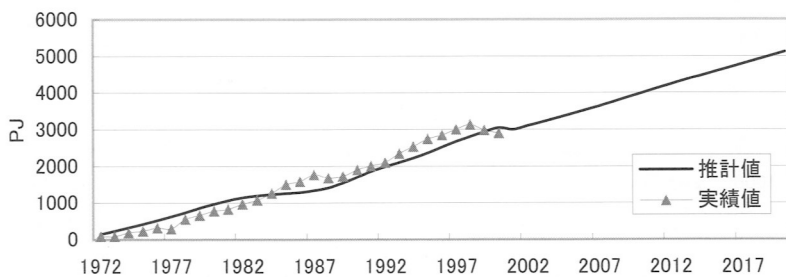


図 5.5 原子力一次エネルギー総供給

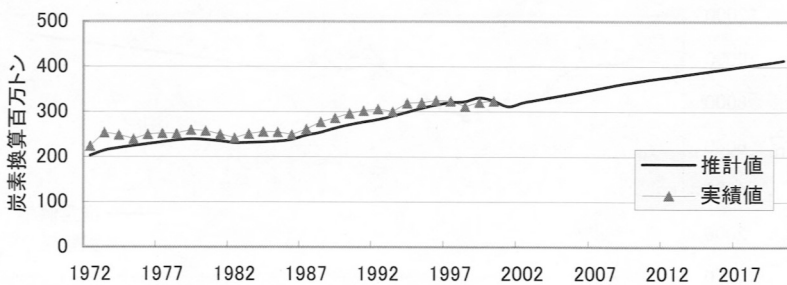


図 5.6 CO₂の排出量

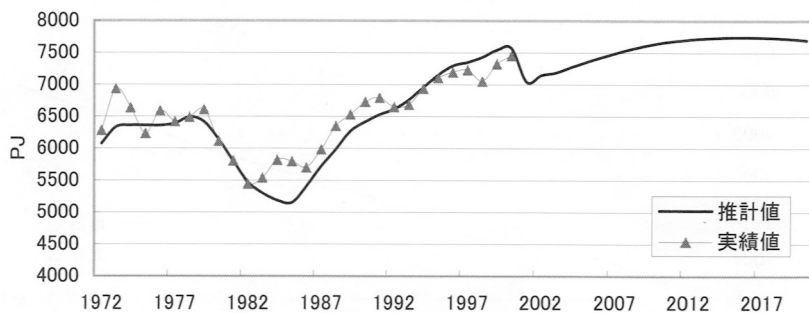


図 5.7 産業部門の最終エネルギー需要

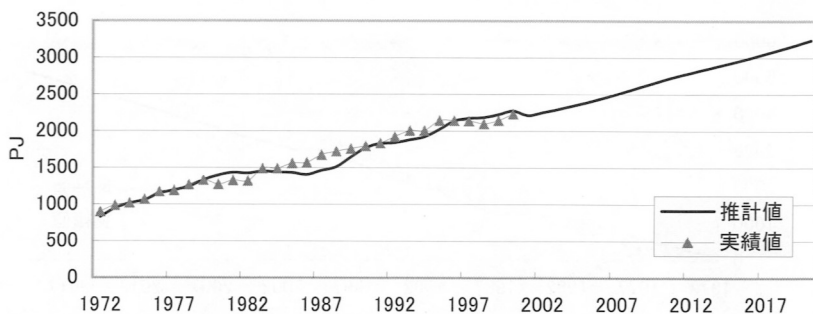


図 5.8 家庭部門の最終エネルギー需要

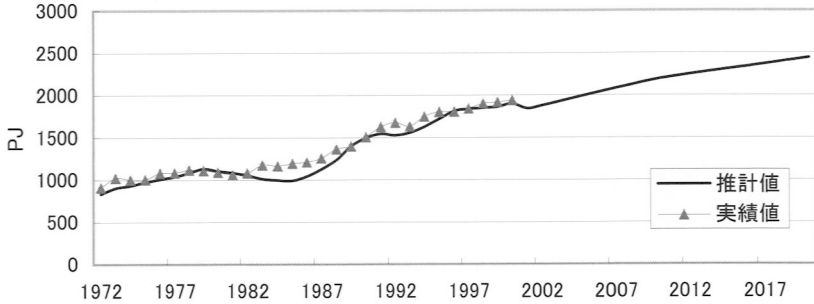


図 5.9 業務部門の最終エネルギー需要

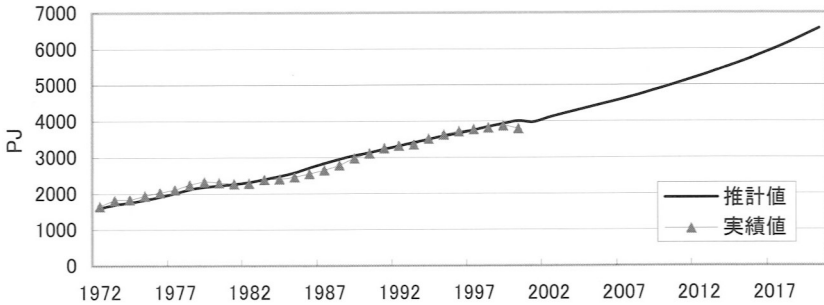


図 5.10 運輸部門の最終エネルギー需要

6. シミュレーション分析

本研究では、新たに構築した産業部門最終需要モデルを、先行研究で構築したマクロ経済・エネルギー需給統合モデル[5]に組み込み、2000年から2020年までの中長期のシミュレーションを実施した。本章では、その前提条件と結果について述べる。

6.1 シミュレーションのケース設定と前提条件

今回のシミュレーションにおいては、産業構造や経済成長に影響を与える為替レートや世界貿易、人口等の想定を3種類用意し、その組み合わせによって「基準ケース」を設定した。

基準ケースはいわゆる BAU (トレンド延長型) である。人口の想定は、国立社会保障・人口問題研究所が2002年1月に発表した中位推計を採用。国内の生産年齢人口は徐々に減少する。日本の経済力は相対的に弱まり、円安の傾向となる一方、世界貿易は順調に発展し、原油価格は緩やかに上昇するケースを想定した。

人口 (単位: 千人):

2000~2010年	126,926,	127,183,	127,377,	127,524,	127,635,	127,708,	127,741,	127,733,	127,686,	127,599,	127,473
2011~2020年	127,309,	127,107,	126,865,	126,585,	126,266,	125,909,	125,513,	125,080,	124,611,	124,107	

為替レート:

2000~2010年	1.6%の伸び率
2011~2020年	1ドル130円(固定)

世界貿易:	3%の伸び率
石炭と原油の価格:	4.3%の伸び率
就業者数:	6000万人
世界工業製品輸出物価指数:	1.5%の伸び率
新エネルギー:	2.0%の伸び率
非鉄金属, 農林水産業, 食料品生産指数:	100
繊維生産指数:	-6.66%の伸び率

6.2 シミュレーション結果

前節のシミュレーションケースと前提条件によるシミュレーション結果の要約表を、表 6.1～表 6.7 に示している。

本論文で使われているマクロ経済の単位は 10 億円，鉱工業指数の単位は 95 年 = 100，エネルギーの単位は PJ（ペタジュール = 10^{15} ジュール），CO₂ の排出量の単位は炭素換算 100 万トンである。

なお 1980 年と 1990 年の値は実績値であり，2000 年，2010 年と 2020 年の値は推計値である。表の右側は年平均伸び率を示す。

表 6.1 実質国内総支出

(単位：10 億円，年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
実質国内総生産	312,712.50	469,780.50	530,312.80	615,918.10	699,082.10	4.2	1.2	1.5	1.3
民間最終消費支出	174,382.70	248,840.10	288,981.10	332,594.10	376,254.40	3.6	1.5	1.4	1.2
政府最終消費支出等	92,811.90	123,280.10	144,378.30	152,516.80	154,048.80	2.9	1.6	0.5	0.1
民間企業設備投資	40,444.10	90,711.00	84,860.80	99,202.00	114,429.70	8.4	-0.7	1.6	1.4
財貨・サービスの輸出	23,766.60	39,302.00	59,662.20	81,925.30	108,571.50	5.2	4.3	3.2	2.9
財貨・サービスの輸入	18,692.80	32,352.70	47,180.50	50,320.00	54,222.30	5.6	3.8	0.6	0.7
	構 成 比 (%)								
実質国内総生産	100	100	100	100	100				
民間最終消費支出	55.8	53	54.5	54	53.8				
政府最終消費支出等	29.7	26.2	27.2	24.8	22				
民間企業設備投資	12.9	19.3	16	16.1	16.4				
財貨・サービスの輸出	7.6	8.4	11.3	13.3	15.5				
財貨・サービスの輸入	6	6.9	8.9	8.2	7.8				

表 6.2 価 格

(記入のないものの単位：円/千 kcal, 年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
原油価格 (\$/バレル)	34.61	23.34	21.58	32.88	50.09	-3.9	-0.8	4.3	4.3
原油価格 (円/千 kcal)	5.11	2.25	1.64	2.49	3.80	-7.9	-3.1	4.3	4.3
石炭価格 (円/千 kcal)	14.67	8.6548	4.84	7.37	11.23	-5.1	-5.7	4.3	4.3
天然ガス価格	4.82	2.21	2.13	2.49	3.71	-7.5	-0.4	1.6	4.1
為替レート (円/ドル)	217.25	141.52	113.35	132.84	130	-4.2	-2.2	1.6	-0.2
ガソリン卸売価格	14.71	10.81	10.01	11.12	13.15	-3	-0.8	1.1	1.7
灯油卸売り価格	6.48	3.14	3.67	3.73	5.31	-7	1.6	0.2	3.6
A重油卸売り価格	6.08	2.85	3.33	3.42	4.92	-7.3	1.6	0.3	3.7
都市ガス価格	14.74	10.44	8.86	10.54	13.09	-3.4	-1.6	1.8	2.2
電灯価格 (円/kWh)	32.02	28.94	26.83	27.38	32.49	-1	-0.8	0.2	1.7
電力価格 (円/kWh)	24.27	20	17.96	19.13	23.85	-1.9	-1.1	0.6	2.2

表 6.3 製造業エネルギー需要

(単位：PJ, 年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
製造業計	5,568	5,977	6,804	7,093.26	7,221.78	0.7	1.3	0.4	0.2
食 料 品	191	204	233	281.12	323.53	0.7	1.3	1.9	1.4
織 維	205	144	124	169.46	258.12	-3.5	-1.5	3.2	4.3
紙・パルプ	355	414	443	435.52	392.34	1.5	0.7	-0.2	-1
化学工業	1,366	1,634	2,188	2,101.00	2,081.50	1.8	3	-0.4	-0.1
窯業土石	559	500	466	468.44	336.49	-1.1	-0.7	0.1	-3.3
鉄 鋼	1,874	1,763	1,809	2,000.25	2,074.10	-0.6	0.3	1	0.4
非鉄金属	185	166	145	156.64	140.04	-1.1	-1.3	0.8	-1.1
金属機械	195	401	436	545.29	713.67	7.5	0.8	2.3	2.7
その他製造業	637	750	959	935.54	901.99	1.6	2.5	-0.2	-0.4

表 6.4 産業部門エネルギー需要

(単位：PJ, 年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
農林水産業	360	499	451	415.98	366.17	3.3	-1	-0.8	-1.3
建設業	164	231	166	142.29	122.94	3.5	-3.3	-1.5	-1.5
製造業計	5,568	5,977	6,804	7,093.26	7,221.78	0.7	1.3	0.4	0.2

表 6.5 最終エネルギー需要

(単位：PJ, 年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
最終エネルギー消費計	11,074.00	13,516.00	15,729.00	17,505.30	19,938.10	2	1.5	1.1	1.3
産業部門	6,116.00	6,731.00	7,455.00	7,652.41	7,695.89	1	1	0.3	0.1
家庭部門	1,276.00	1,796.00	2,235.00	2,692.87	3,239.37	3.5	2.2	1.9	1.9
業務部門	1,090.00	1,507.00	1,940.00	2,193.27	2,439.65	3.3	2.6	1.2	1.1
運輸部門	2,303.00	3,114.00	3,798.00	4,966.76	6,563.17	3.1	2	2.7	2.8
	構 成 比 (%)								
最終エネルギー消費計	100	100	100	100	100				
産業部門	55.2	49.8	47.4	43.7	38.6				
家庭部門	11.5	13.3	14.2	15.4	16.2				
業務部門	9.8	11.1	12.3	12.5	12.2				
運輸部門	20.8	23	24.1	28.4	32.9				

表 6.6 一次エネルギー国内供給計

(単位：PJ, 年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
合計	15,919.50	19,518.20	22,396.30	26,180.70	30,024.10	2.1	1.4	1.6	1.4
石炭計	2,863.34	3,420.25	4,194.17	5,108.02	5,690.80	1.8	2.1	2.0	1.1
原油	9,674.38	9,031.44	9,626.49	10,384.40	11,290.50	-0.7	0.6	0.8	0.8
石油製品国内供給	621.25	2,011.90	1,500.00	1,500.00	1,500.00	12.5	-2.9	0	0
天然ガス	1,011.55	2,062.72	3,072.60	4,036.84	5,192.39	7.4	4.1	2.8	2.5
水力発電	857.34	858.64	805.94	836.46	836.46	0	-0.6	0.4	0
原子力発電	777.89	1,905.11	2,898.46	3,989.74	5,117.50	9.4	4.3	3.2	2.5
新エネルギー	164.01	260.62	266.82	325.25	396.48	4.7	0.2	2	2
	構 成 比 (%)								
合計	100	100	100	100	100				
石炭計	18	17.5	18.7	19.5	19.0				
原油	60.8	46.3	43	39.7	37.6				
石油製品国内供給	3.9	10.3	6.7	5.7	5.0				
天然ガス	6.4	10.6	13.7	15.4	17.3				
水力発電	5.4	4.4	3.6	3.2	2.8				
原子力発電	4.9	9.8	12.9	15.2	17.0				
新エネルギー	1	1.3	1.2	1.2	1.3				

表 6.7 二酸化炭素排出量

(単位：炭素換算 100 万トン，年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
CO ₂	257.7	296.3	323.8	367.6	414.3	1.4	0.9	1.3	1.2

6.3 結果の検討

この節では、本研究の基準ケースのシミュレーション結果について検討する。まず、他研究機関の予測と比較する。そして、エネルギーについて国の政策を考慮し、転換部門の石炭、天然ガスと原子力の投入量を外生化して、二酸化炭素の排出量の予測結果について検討する。

6.3.1 他研究機関との比較

ここでは、本モデルで得られた基準ケースの予測結果について、日本エネルギー経済研究所〔10〕（以下は日本エネ研と略称する）と比較する。

まず、日本エネ研の GDP（国内総生産）の予測（2002 年 12 月発表長期見通し〔7〕）では、2010 年が 624,248，2020 年が 696,995，これに対して本モデルでは、2010 年が 615,918，2020 年が 699,082（表 6.1）となっている。本研究のモデルも結果はほぼ同じである。

次に、日本エネ研の最終エネルギー需給の予測では、2010 年が 16,030，2020 年が 16,222，これに対して本モデルでは、2010 年が 17,505，2020 年が 19,938（表 6.5）となっている。2010 年では本モデルではやや高めに算出されているが、2020 年では相当高く算出されている。

日本エネ研の一次エネルギー国内供給計の予測では、2010 年が 24,101，2020 年が 24,542，これに対して本モデルでは、2010 年が 26,181，2020 年が 30,024（表 6.6）となっている。最終エネルギー需要の予測と同じく 2020 年

ではかなり高く算出されている。

最後に、日本エネ研のCO₂の排出量の予測では、2010年が325、2020年が323、これに対して本モデルでは、2010年が368、2020年が414（表6.7）となっている。日本エネ研の予測では2020年のCO₂排出量は2010年より減少することに対して、本モデルの予測結果では著しく増加している。

本モデルでは、GDPの精度と産業部門の最終消費の精度を向上させたが、結果として、最終エネルギー需給とCO₂排出量の予測結果が他研究機関の予測結果と段々ずれていく傾向がある。他研究機関のシミュレーション条件が、本モデルのシミュレーション条件とは異なるため、予測がずれても不思議ではないが、それにしてもずれの程度が大きすぎる。その原因の一つとして考えられるのは、本モデルではエネルギー転換部門における電力用石炭や天然ガスおよび原子力の投入量を内生化しているため、これらがすべて過去のトレンドを延長したシミュレーションになった結果と考えられる。

6.3.2 転換部門の発電投入量の外生化

他研究機関の予測結果と比較した結果は、二酸化炭素の排出量は急激に増えていく傾向がある。原因を追及すると、どの研究機関でも国の政策を考慮し、石炭、天然ガス、原子力などの投入量を抑え、新エネルギーを増加させるということが分かってきた。そこで、これらの発電用エネルギー源別投入量を外生化（石油のみ内生化）し、年平均伸び率（表6.8）を設定して、二酸化炭素の排出量の予測を改めて試みた。

以上の条件でシミュレーションした電源構成の結果は表6.10に示している。表6.11は電源構成の投入量を内生化したシミュレーション結果である。投入量を外生化した二酸化炭素の排出量の予測結果は、2010年が355、2020年が396となっている。年平均伸び率では、2000～2010年が0.9%、2010～2020年が1.1%となっている。6.1節の基準ケースの予測結果では、2010年が368、2020年が414となっている。年平均伸び率では、2000～2010年が

表 6.8 電源構成の源別投入量年平均伸び率

(単位：%)

	2010/2000	2020/2010
石 炭	2.0	1.5
天 然 ガ ス	1.0	1.5
原 子 力	1.5	1.0
新エネルギー	3.0	3.0

表 6.9 源別投入量の内生化と外生化の二酸化炭素排出量比較

(単位：炭素換算 100 万トン，年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
内生化 CO ₂	257.7	296.3	323.8	367.6	414.3	1.4	0.9	1.3	1.2
外生化 CO ₂	257.7	296.3	323.8	355.2	395.8	1.4	0.9	0.9	1.1

表 6.10 電源構成の源別投入量を外生化した予測結果

(単位：PJ，年平均伸び率(%))

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
発 電 投 入 量	4,880.60	7,047.43	8,400.40	10,357.70	12,159.00	3.7	1.8	2.1	1.6
石炭投入量計	386	886	1,732.00	1,866.47	2,130.83	8.7	6.9	0.8	1.3
石油投入量計	2,176.00	1,898.00	814	663.3115	309.0154	-1.4	-8.1	-2	-7.4
天然ガス投入量	730	1,526.00	2,091.71	2,321.99	2,694.76	7.7	3.2	1	1.5
水 力 投 入 量	806.57	821.01	999.9999	1,000.00	1,000.00	0.2	2	0	0
原子力投入量	772.41	1,896.95	3,020.12	3,487.71	3,852.60	9.4	4.8	1.4	1
新エネルギー	164.01	260.62	269.4377	362.1017	486.6345	4.7	0.3	3	3
	構 成 比 (%)								
発 電 投 入 量	100	100	100	100	100				
石炭投入量計	7.9	12.6	20.6	18	17.5				
石油投入量計	44.6	26.9	9.7	6.4	2.5				
天然ガス投入量	15	21.7	24.9	22.4	22.2				
水 力 投 入 量	16.5	11.6	11.9	9.7	8.2				
原子力投入量	15.8	26.9	36	33.7	31.7				
新エネルギー	3.4	3.7	3.2	3.5	4				

表 6.11 電源構成の源別投入量を内生化した予測結果

（単位：PJ，年平均伸び率(%)）

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010
発電投入量	4,880.60	7,047.43	8,400.40	10,357.70	12,159.00	3.7	1.8	2.1	1.6
石炭投入量計	386	886	1,732.00	2,035.99	2,327.57	8.7	6.9	1.6	1.3
石油投入量計	2,176.00	1,898.00	814	663.3115	309.0154	-1.4	-8.1	-2	-7.4
天然ガス投入量	730	1,526.00	2,129.00	2,834.93	3,601.55	7.7	3.4	2.9	2.4
水力投入量	806.57	821.01	800	800	800	0.2	-0.3	0	0
原子力投入量	772.41	1,896.95	2,892.02	3,975.41	5,099.51	9.4	4.3	3.2	2.5
新エネルギー	164.01	260.62	266.822	325.2543	396.4832	4.7	0.2	2	2
	構 成 比 (%)								
発電投入量	100	100	100	100	100				
石炭投入量計	7.9	12.6	20.6	19.7	19.1				
石油投入量計	44.6	26.9	9.7	6.4	2.5				
天然ガス投入量	15	21.7	25.3	27.4	29.6				
水力投入量	16.5	11.6	9.5	7.7	6.6				
原子力投入量	15.8	26.9	34.4	38.4	41.9				
新エネルギー	3.4	3.7	3.2	3.1	3.3				

1.3%、2010～2020年が1.2%になっている（表6.9）。転換部門での発電用エネルギー源別投入量を外生化し、その伸び率をコントロールした結果は、二酸化炭素排出量も抑えられることが明らかになった。

7. 結 言

本論文では、日本における中長期のエネルギー需給を予測するためのエネルギーモデルを中心に述べた。特に今回、産業部門最終エネルギー消費のモデルの細分化・高精度化と、エネルギー転換部門のモデルの改良を行った。この高精度化した新たな日本マクロ経済・エネルギー需給統合モデルにより、基準ケースでのシミュレーションを実施した。精度が向上したことについて、最終エネルギー需要とCO₂の排出量のシミュレーション結果は他研

究機関の予測より大きい傾向があると分かった。CO₂ 排出量の予測が大きくなった主要な原因は、今回のモデルではエネルギー転換部門における電力用石炭や天然ガスの消費量（投入量）を内生化しているため、すなわちこれらのエネルギー消費のトレンドをそのまま延長しているためである。そこで電源構成のうち石炭および天然ガスの投入量については政策的な判断を加えられると考え、これらを外生化（石油のみの内生化）すると、CO₂ 排出量は大きく減少する結果となる。

本研究で予測した日本のエネルギー最終需要と CO₂ の排出量の結果は将来現実になると、本当に大変なことになる。地球温暖化はますますひどくなる一方で、子孫後代が生きる場所が奪われていくであろう。この予測結果は気候変動枠組条約（UNFCCC）締約国の第3回会議（COP3）の日本の2008年から2012年までの間の削減目標（90年度比6%削減）の達成がいかに困難かを示す。すなわち、今回の基準ケースのシミュレーションは、日本のエネルギー消費が従来トレンドのまま延長した場合であるが、その予測によると2010年のCO₂ 排出量は3億6760万トンとなり、1990年度比で24%もの増加となるのである。私たちは、このシミュレーションにより、地球温暖化の深刻さを感じて、エネルギーをどうやってうまく利用して、地球に優しくするのかを考えなければならないであろう。

今後の研究課題として、以下のものがある。

- (1) エネルギーバランス表（完全表）によるモデルの精密化
- (2) マクロ経済モデルの精密化
- (3) 産業連関モデルの導入

8. 付 録

8.1 変数一覧表

〈変数名〉	〈日本語名〉	〈変数名〉	〈日本語名〉
95CP#	実質民間最終消費支出	95MC#	実質財貨・サービスの輸入
POPT	人口 総数	95PC#	民間最終消費支出デフレーター
L	就業者数 合計	95PDG#	国内総生産デフレーター
IIP	鉱工業生産指数 鉱工業	95PEX#	輸出等デフレーター
STEEL	粗鋼生産高	OILIND	産業部門原油石油製品消費 量
CARHLD	乗用車保有台数 (年度末)	PTG	都市ガス価格
EXR	外国為替相場東京・円 (直 物, 中心値, 平均)	GASIND	産業部門天然ガス・都市ガ ス消費量
WPI	総合卸売物価指数 総平均	ELEIND	産業部門新エネルギー等消 費量
CPI	消費者物価指数 (全国) 総 平均	NWENIND	産業部門新エネルギー等消 費量
PTW	世界貿易デフレーター (年 度平均)	PTGIDX	都市ガス卸売物価指数
TWM	世界貿易 (実質, 年度平均)	PLNG	輸入天然ガス価格
PEW	世界工業製品輸出处物価指数 (年度平均)	COLHOM	家庭用石炭等消費量
POILJ	原油価格 (通関ベース)	GASHOM	家庭用都市ガス消費量
CEMPD	セメント生産量	ELEHOM	家庭用電力計消費量
ETYLEN	エチレン生産量	NWENHOM	家庭用新エネルギー等消費 量
PLPPD	パルプ生産量	WAM	全国平均暖房度日
95EXC#	実質財貨・サービスの輸出	COLBUS	業務用石炭等消費量
95GDP#	実質国内総生産	IMPCOL	石炭輸入額
95IP#	実質民間企業設備投資	TGBUS	業務用都市ガス等消費量
95KP#	実質民間企業設備資本ス トック		

<i>ELEBUS</i>	業務用電力計消費量		
<i>COLTRP</i>	運輸部門石炭等消費量	<i>NGIND#</i>	産業部門計天然ガス消費量
<i>ELETRP</i>	運輸部門電力計消費量	<i>COKIND#</i>	産業部門計コークス等消費量
<i>FDTRP</i>	運輸部門最終エネルギー消費	<i>OLPDHOM</i>	家庭用石油製品消費量
<i>COLELEC</i>	電気事業者石炭消費量	<i>COKBUS#</i>	業務用コークス等消費量
<i>COLSLF</i>	自家発石炭消費量	<i>OLPDBUS</i>	業務用石油製品計消費量
<i>COLHDC</i>	熱供給事業者石炭消費量	<i>OLPDTRA</i>	旅客用石油製品計消費量
<i>COLCOKC</i>	コークス製造業石炭消費量	<i>COKMAK</i>	製造業計コークス消費量
<i>COLLOS</i>	自家消費・ロス石炭消費量	<i>OILAGR</i>	農林水産業石油製品消費量
<i>COKELEC</i>	電気事業者コークス等消費量	<i>OILCON</i>	建設業石油製品消費量
<i>COKSLF</i>	自家発コークス等消費量	<i>OILMAK</i>	製造業計石油製品消費量
<i>COKTG</i>	都市ガスコークス等消費量	<i>OILFOO</i>	食料品石油製品消費量
<i>COKLOS</i>	自家消費・ロスコークス等消費量	<i>OILFIB</i>	繊維石油製品消費量
<i>OILELEC</i>	電気事業者原油消費量	<i>OILPAP</i>	紙・パルプ石油製品消費量
<i>OILREF</i>	石油精製原油消費量	<i>OILCEM</i>	窯業土石石油製品消費量
<i>OILCHM</i>	化学工業石油製品消費量	<i>OILSTE</i>	鉄鋼石油製品消費量
<i>LPDELEC</i>	電気事業者石油製品計消費量	<i>OILNFE</i>	非鉄金属石油製品消費量
<i>OLPDSLFL</i>	自家発石油製品計消費量	<i>OILMAC</i>	金属機械石油製品消費量
<i>OLPDHSC</i>	熱供給事業者石油製品計消費量	<i>OILOTH</i>	その他製造業石油製品消費量
<i>OLPDTG</i>	都市ガス石油製品計消費量	<i>GASMAK</i>	製造業計都市ガス消費量
<i>LPDCOKC</i>	コークス製造業石油製品計消費量	<i>GASFOO</i>	食料品都市ガス消費量
<i>OLPDLOS</i>	自家消費・ロス石油製品計消費量	<i>GASPAP</i>	紙・パルプ都市ガス消費量
<i>NGELEC</i>	電気事業者天然ガス消費量	<i>GASMAC</i>	金属機械都市ガス消費量
<i>NGTG</i>	天然ガス・LNG	<i>NWENMAK</i>	製造業計新エネルギー消費量
<i>NGLOS</i>	自家消費・ロス天然ガス消費量	<i>ELEMAK</i>	製造業計電力消費量
<i>COLIND#</i>	産業部門計石炭消費量	<i>GASCHM</i>	化学工業都市ガス消費量
<i>OLPDIND#</i>	産業部門計石油製品計消費量	<i>95PMC#</i>	財貨・サービスの輸入デフレーター
		<i>95GG2#</i>	政府最終消費支出等
		<i>PCOLJ</i>	石炭価格
		<i>FDCHM</i>	化学工業
		<i>FDSTL</i>	鉄鋼最終エネルギー需要

<i>FDMAC</i>	金属機械産業最終エネルギー需要	<i>PMOGA#</i>	ガソリン価格
<i>FDCEM</i>	窯業土石業最終エネルギー消費	<i>PNAPH#</i>	ナフサ価格
<i>FDPLPPD</i>	紙・パルプ最終エネルギー消費	<i>POILA</i>	A重油卸売り価格
<i>FDAGR</i>	農林水産業最終エネルギー消費	<i>POILC</i>	C重油卸売り価格
<i>FDMIN</i>	鉱業最終エネルギー消費	<i>PELEH#</i>	小口電力価格
<i>FDCON</i>	建設業最終エネルギー消費	<i>PELEB#</i>	業務用電力価格
<i>FDFOOD</i>	食料品業最終エネルギー消費	<i>PELEH</i>	電灯価格
<i>FDTEX</i>	繊維業最終エネルギー消費	<i>PELEB</i>	電力価格
<i>FDNFMET</i>	非鉄金属業最終エネルギー消費	<i>PELEB2</i>	大口電力価格
<i>FDEXMAN</i>	その他製造業最終エネルギー消費	<i>TRUCK</i>	トラックバス保有台数
<i>FDIND</i>	産業部門最終エネルギー消費	<i>NWENBUS</i>	業務用新エネルギー等使用量
<i>FDHOM</i>	家庭部門最終エネルギー消費	<i>PUHDX</i>	水力発電
<i>FDBUS</i>	業務部門最終エネルギー消費	<i>PUELET</i>	電気事業者発電計
<i>FLRBUS</i>	業務部門床面積	<i>PUELET#</i>	発電ロス含む投入量
<i>FDTRA</i>	旅客運輸最終エネルギー消費	<i>AGELEX</i>	自家発電
<i>FDFRE</i>	貨物用運輸最終エネルギー消費	<i>PUNUX</i>	原子力発電
<i>NONENE</i>	非エネルギー最終エネルギー消費	<i>TGTG</i>	都市ガス
<i>FDFIN</i>	最終エネルギー消費計	<i>OILTG</i>	石油製品計
<i>COLIND</i>	産業部門計石炭等消費量	<i>COKCOK</i>	コークス等
<i>OLPDFRE</i>	貨物用石油製品計消費量	<i>PDPT</i>	石油製品国内供給
<i>FDMAN</i>	製造業計エネルギー消費	<i>COAL</i>	石炭計
<i>OLPD</i>	石油製品計製造量	<i>OIL</i>	原油
		<i>NG</i>	天然ガス
		<i>NEW</i>	新エネルギー
		<i>TOTAL</i>	合計
		<i>HD</i>	水力発電
		<i>NU</i>	原子力発電
		<i>DISCO2</i>	CO ₂ の排出量
		<i>POILJ#</i>	原油価格(円/千kcal)
		<i>95IG#</i>	実質公的固定資本形成
		<i>95IH#</i>	実質民間住宅投資
		<i>COLPAP</i>	紙・パルプ石炭消費量
		<i>COLCEM</i>	窯業土石炭消費量
		<i>COLSTE</i>	鉄鋼石炭消費量

<i>COKSTE</i>	鉄鋼コークス消費量		
<i>COLMAK</i>	製造業計石炭消費量	<i>IIPCEM</i>	窯業土石生産指数
<i>ELEMAC</i>	金属機械電力消費量	<i>ELEOTH</i>	その他製造業電力消費量
<i>PAPPLP</i>	紙・パルプ生産量	<i>GASOTH</i>	その他製造業都市ガス消費 量
<i>IIPMAK</i>	製造業生産指数	<i>GASCEM</i>	窯業土石都市ガス消費量
<i>IIPSTE</i>	鉄鋼業生産指数	<i>GASSTE</i>	鉄鋼都市ガス消費量
<i>IIPNFE</i>	非鉄金属生産指数	<i>GASNFE</i>	非鉄金属都市ガス消費量
<i>IIPMAC</i>	機械工業生産指数	<i>COLCHM</i>	化学工業石炭消費量
<i>IIPCHM</i>	化学工業生産指数	<i>ELECEM</i>	窯業土石電力消費量
<i>IIPPAP</i>	紙パルプ生産指数	<i>ELESTE</i>	鉄鋼電力消費量
<i>IIPFIB</i>	繊維生産指数	<i>ELENFE</i>	非鉄金属電力消費量
<i>IIPFOO</i>	食料品生産指数	<i>ELEFIB</i>	繊維電力消費量
<i>IIPOTH</i>	その他生産指数	<i>ELEPAP</i>	紙・パルプ電力消費量
<i>IIPAGR</i>	農林水産業生産指数	<i>ELECHM</i>	化学工業電力消費量
<i>ELEFOO</i>	食料品電力消費量	<i>DUM8991</i>	1989～91年ダミー
<i>NWENPAP</i>	紙・パルプ新エネルギー消 費量		

8.2 モデルの方程式

マクロ経済モデル

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

$$\begin{matrix} ' & (6.44) & (7.63) & (6.75) \end{matrix}$$

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

$$'95IP\# = -59124.7 + .439915*(95GDP\#) - .142975*(95KP\#(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-5.29) & (6.89) & (-3.79) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1971-2000) \quad R^2 = .944 \quad SD = 5,236.70 \quad DW = .375$$

$$95IP\# = -37682.7 + .305864*(95GDP\#) - .033128*(95KP\#(1) + 95KP\#(2))$$

$$\begin{matrix} ' & (-3.30) & (4.84) & (-1.83) \end{matrix}$$

$$+ 12066.8*(DUM8991)$$

$$(3.55)$$

$$' \text{ OLS } (1972-2000) \quad R^2 = .969 \quad SD = 3,826.45 \quad DW = .88$$

$$95KP\# = 1435.58 + .906524*(95KP\#(1)) + .887008*(95IP\#)$$

$$\begin{matrix} ' & (1.17) & (145.01) & (17.82) \end{matrix}$$

- * OLS (1971-1999) $R^2 = 1$. $SD = 2,227.05$ $DW = .234$
 $95EXC\# = 24559.0 + 9.37732*(TWM) - 2671495*(95PEX\#/(PEW*EXR))$
 * (1.98) (18.57) (-1.81)
- * OLS (1970-2000) $R^2 = .924$ $SD = 3,983.86$ $DW = .247$
 $95MC\# = 4297.18 + .017671*(95GDP\#) - 4348.06*(95PMC\#/WPI)$
 * (1.41) (1.93) (-2.48)
 $+ .815227*(95MC\#(1))$
 (8.53)
- * OLS (1971-2000) $R^2 = .973$ $SD = 1,737.46$ $DW = 1.308$
 $95GDP\# = 95CP\# + 95IP\# + 95GG2\# + 95EXC\# - 95MC\#$
- * デフレータ
 $95PDG\# = 10.0763 + .083975*(WPI) + .806937*(95PC\#(1))$
 * (4.64) (3.11) (40.38)
- * OLS (1971-2000) $R^2 = .99$ $SD = 1.82671$ $DW = .63$
 $95PEX\# = -5.20403 + .912980*(WPI) + .130471*(EXR)$
 * (-1.04) (21.14) (15.22)
- * OLS (1972-2000) $R^2 = .954$ $SD = 3.14523$ $DW = .625$
 $95PMC\# = -171.370 + 1.52749*(PEW) + .707689*(EXR) + 2.64394*(POILJ(1))$
 * (-3.15) (3.57) (5.52) (8.38)
- * OLS (1973-2000) $R^2 = .878$ $SD = 11.9775$ $DW = 1.536$
 $95PC\# = 3.38544 + .075006*(WPI) + .889728*(95PC\#(1))$
 * (2.41) (4.30) (68.84)
- * OLS (1971-2000) $R^2 = .997$ $SD = 1.18154$ $DW = .891$
 $WPI = 17.8426 + .548775*(95GDP\#/L) + .383109*(95PMC\#)$
 * (3.61) (8.96) (18.44)
- * OLS (1971-2000) $R^2 = .932$ $SD = 4.18728$ $DW = .621$
- * 生産指数・生産量
 $IIP = -20.9089 + .000180*(95GDP\#) + .000327*(STEEL)$
 * (-1.78) (27.35) (3.02)
- * OLS (1970-2000) $R^2 = .961$ $SD = 3.92048$ $DW = .218$
 $STEEL = 103497.4 + .298876*(95GDP\#) - .309210*(95GDP\#(1)) + 455.999*(POILJ)$
 * (18.59) (2.55) (-2.70) (2.91)
 $- 460.776*(POILJ(1))$
 (-2.94)
- * OLS (1976-2000) $R^2 = .461$ $SD = 3,784.40$ $DW = 2.084$

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

(.26) (3.11) (-2.85) (10.92)

OLS (1971-2000) $R^2 = .952$ $SD = 305.9689$ $DW = 1.759$

$$CEMPD = 42214.0 - 107.584*(IIP) - 94000.2*(PCOLJ/WPI) + .719115*(CEMPD(1))$$

(3.65) (-1.09) (-2.36) (6.25)

OLS (1972-1997) $R^2 = .766$ $SD = 3,974.45$ $DW = 1.006$

$$PLPPD = 3569.00 + 26.7983*(IIP) - 3825.75*(POILJ/WPI) + .501485*(PLPPD(1))$$

(3.93) (4.27) (-3.03) (4.34)

OLS (1972-2000) $R^2 = .846$ $SD = 379.2249$ $DW = 1.786$

エネルギー価格

$$PELEH = 2.81982 + .888067*(POILJ\#) + .825941*(PELEH(1))$$

(2.62) (4.54) (18.67)

OLS (1970-2000) $R^2 = .945$ $SD = 1.51699$ $DW = 1.985$

$$PELEB = 1.88029 + .888164*(POILJ\#) + .799358*(PELEB(1))$$

(2.45) (4.62) (17.46)

OLS (1970-2000) $R^2 = .944$ $SD = 1.44382$ $DW = 2.222$

$$PKERO = .467639 + .800952*(POILJ\#) + .351704*(PKERO(1))$$

(5.52) (17.66) (9.42)

OLS (1970-2000) $R^2 = .985$ $SD = .222061$ $DW = .838$

$$PNAPH = .338451 + 1.09489*(POILJ\#) + .100064*(PNAPH(1))$$

(3.34) (15.63) (1.79)

OLS (1970-2000) $R^2 = .976$ $SD = .292231$ $DW = 1.511$

$$PMOGA = 4.95219 + 1.08365*(POILJ\#) + .316262*(PMOGA(1))$$

(12.58) (14.18) (6.91)

OLS (1974-2000) $R^2 = .971$ $SD = .391352$ $DW = 1.512$

$$POILA = .381059 + .820031*(POILJ\#) + .300801*(POILA(1))$$

(5.41) (20.43) (8.68)

OLS (1970-2000) $R^2 = .988$ $SD = .190868$ $DW = .837$

$$POILC = .223661 + .755511*(POILJ\#) + .273689*(POILC(1))$$

(2.31) (13.30) (5.04)

OLS (1970-2000) $R^2 = .969$ $SD = .276038$ $DW = 1.997$

$$PTG = 2.08004 + .863650*(PLNG) + .610321*(PTG(1))$$

(5.29) (6.95) (11.18)

OLS (1970-2000) $R^2 = .961$ $SD = .608871$ $DW = 1.689$

$$PLNG = .116858 + .713992*(POILJ\#) + .247488*(PLNG(1))$$

(2.29) (23.36) (7.58)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .989$ $SD = .147628$ $DW = 1.674$

’ 産業部門エネルギー源別消費量

’ 農林水産業

$$OILAGR = -123.607 + 1.91783*(IIPAGR) - 7.93291*(POILJ\#) + .879158*(OILAGR(1))$$

’ (-1.93) (3.00) (-3.49) (21.96)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .946$ $SD = 17.1045$ $DW = 2.332$

$$FDAGR = OILAGR$$

’ 建設業

$$OILCON = 19.5233 - .000108*(95IP\#) - .725359*(POILJ\#) + .943593*(OILCON(1))$$

’ (1.49) (-.44) (-.43) (7.14)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .88$ $SD = 13.4008$ $DW = 1.482$

$$FDCON = OILCON$$

’ 製造業

’(1) 食料品

$$OILFOO = 68.8513 - .539825*(IIPFOO) - .726003*(POILC) + .845276*(OILFOO(1))$$

’ (1.79) (-1.78) (-.61) (7.20)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .895$ $SD = 7.74875$ $DW = 2.465$

$$GASFOO = -7.23519 + .099537*(IIPFOO) - .060758*(PTG) + 1.01422*(GASFOO(1))$$

’ (-2.88) (2.81) (-.99) (53.86)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .998$ $SD = .638236$ $DW = 1.891$

$$ELEFOO = -8.63587 + .164790*(IIPFOO) - .119186*(PELEB) + .966572*(ELEFOO(1))$$

’ (-1.26) (1.60) (-1.69) (31.17)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .997$ $SD = 1.26431$ $DW = 1.759$

$$FDFOOD = OILFOO + GASFOO + ELEFOO$$

’(2) 繊維

$$OILFIB = 21.5264 - .123996*(IIPFIB) - 1.39617*(POILC) + .986615*(OILFIB(1))$$

’ (1.34) (-1.12) (-.56) (18.44)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .921$ $SD = 15.9836$ $DW = 1.943$

$$ELEFIB = 7.33125 + .049255*(IIPFIB) - .237184*(PELEB) + .717469*(ELEFIB(1))$$

’ (1.95) (3.58) (-3.44) (5.97)

’ OLS (1971-2000) $R^2 = .798$ $SD = 1.55664$ $DW = 1.732$

$$FDTEX = OILFIB + ELEFIB$$

’(3) 紙・パルプ

$$COLPAP = -12.5616 + .001280*(PLPPD) + .165466*(PCOLJ) + .966571*(COLPAP(1))$$

’ (-.60) (.62) (.46) (10.19)

OLS (1970-1999) $R^2 = .932$ $SD = 5.70400$ $DW = 2.19$
 $OILPAP = 98.5304 - .006380*(PLPPD) - 7.13670*(POILJ\#) + .874709*(OILPAP(1))$
 (2.77) (-2.32) (-4.69) (13.96)

OLS (1970-2000) $R^2 = .915$ $SD = 10.8791$ $DW = 1.873$
 $GASPAP = -.957430 + .000819*(PLPPD) - .498704*(PTG) + .925326*(GASPAP(1))$
 (-.09) (.89) (-1.59) (10.36)

OLS (1970-2000) $R^2 = .787$ $SD = 4.68864$ $DW = 2.418$
 $NWENPAP = 26.7688 + .001345*(PLPPD) + .598288*(NWENPAP(1))$
 (2.54) (1.48) (6.12)

OLS (1970-2000) $R^2 = .634$ $SD = 4.50044$ $DW = 1.702$
 $ELEPAP = -31.0012 + .005621*(PLPPD) + .238035*(PELEB) + .712666*(ELEPAP(1))$
 (-3.73) (4.69) (1.96) (11.28)

OLS (1970-2000) $R^2 = .986$ $SD = 2.49411$ $DW = 1.375$
 $FDPLPPD = COLPAP + OILPAP + GASPAP + NWENPAP + ELEPAP$

④ 化学工業

$OILCHM = 389.354 + .035243*(ETYLEN) - 35.9378*(PNAPH) + .676384*(OILCHM(1))$
 (4.72) (3.03) (-5.51) (9.16)

OLS (1970-2000) $R^2 = .93$ $SD = 61.4896$ $DW = 1.643$
 $GASCHM = -9.31036 + .002395*(ETYLEN) + .070117*(PTG) + .939008*(GASCHM(1))$
 (-2.25) (2.64) (.47) (14.81)

OLS (1970-2000) $R^2 = .988$ $SD = 2.44315$ $DW = 2.196$
 $ELECHM = 101.343 + .013954*(ETYLEN) - .677473*(PELEB)$
 (9.57) (10.09) (-6.05)
 $+ .176891*(ELECHM(1))$
 (2.10)

OLS (1970-2000) $R^2 = .979$ $SD = 3.35070$ $DW = 1.709$
 $FDCHM = OILCHM + GASCHM + ELECHM$

⑤ 窯業土石

$COLCEM = -122.944 + .001653*(CEMPD) + 1.59437*(PCOLJ)$
 (-2.43) (2.54) (1.32)
 $+ .879335*(COLCEM(1))$
 (14.88)

OLS (1970-2000) $R^2 = .93$ $SD = 27.6368$ $DW = 1.363$
 $OILCEM = 136.293 - .001037*(CEMPD) - 18.0294*(POILJ\#) + .925083*(OILCEM(1))$
 (2.11) (-1.40) (-4.42) (20.32)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .948$ $SD = 33.9257$ $DW = 1.459$
 $GASCEM = -1.21235 + .0000126*(CEMPD) + .055579*(PTG) + 1.01031*(GASCEM(1))$
 ' (−1.07) (.76) (1.29) (32.43)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .981$ $SD = .673586$ $DW = 1.687$
 $ELECEM = -2.11815 + .000297*(CEMPD) - .007034*(PELEB)$
 ' (−.55) (3.67) (−.07)
 $+ .711492*(ELECEM(1))$
 (9.41)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .957$ $SD = 2.35300$ $DW = 1.147$
 $FDCEM = COLCEM + OILCEM + GASCEM + ELECEM$

'(6) 鉄鋼

$COLSTE = -34.4569 + .000483*(STEEL) - .618968*(PCOLJ) + 1.02210*(COLSTE(1))$
 ' (−.65) (.96) (−.61) (31.68)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .986$ $SD = 17.6594$ $DW = .867$
 $COKSTE = -470.065 + .005669*(STEEL) - 3.64628*(PCOLJ) + .929590*(COKSTE(1))$
 ' (−2.56) (3.03) (−.73) (6.79)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .869$ $SD = 62.6397$ $DW = 1.059$
 $OILSTE = -37.0445 + .000823*(STEEL) - 17.6837*(POILJ\#) + .940347*(OILSTE(1))$
 ' (−.36) (.78) (−4.00) (22.31)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .951$ $SD = 36.1394$ $DW = 1.67$
 $GASSTE = -11.2280 + .000111*(STEEL) + .061598*(PTG) + 1.05182*(GASSTE(1))$
 ' (−1.90) (1.99) (.52) (56.81)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .991$ $SD = 1.97118$ $DW = 1.45$
 $ELESTE = -9.11010 + .000907*(STEEL) - .309404*(PELEB) + .716733*(ELESTE(1))$
 ' (−.33) (3.47) (−.87) (9.21)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .843$ $SD = 9.13043$ $DW = 1.548$
 $FDSTL = COLSTE + COKSTE + OILSTE + ELESTE + GASSTE$

'(7) 非鉄金属

$OILNFE = 13.6377 + .101101*(IIPNFE) - 135.981*(POILC/WPI)$
 ' (1.22) (.95) (−.97)
 $+ .665349*(OILNFE(1))$
 (4.83)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .503$ $SD = 8.30135$ $DW = 1.411$
 $GASNFE = -3.95471 + .083395*(IIPNFE) - .060885*(PTG) + .783338*(GASNFE(1))$
 ' (−2.58) (3.12) (−1.15) (9.92)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .976$ $SD = .828561$ $DW = 2.633$
 $ELENFE = 32.9444 + .033118*(IIPNFE) - 1.04096*(PELEB) + .786672*(ELENFE(1))$
 ' (3.26) (.42) (-5.81) (12.50)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .926$ $SD = 5.22443$ $DW = 1.99$
 $FDFNFMET = OILNFE + GASNFE + ELENFE$

'(8) 金属機械

$OILMAC = 6.54533 - .039853*(IIP) + .901909*(POILC) + .903271*(OILMAC(1))$
 ' (.34) (-.36) (.77) (6.71)

' OLS (1970-1999) $R^2 = .731$ $SD = 9.31963$ $DW = 1.956$
 $GASMAC = -1.09695 + .009049*(IIP) + .157923*(PTG) + 1.04134*(GASMAC(1))$
 ' (-.20) (.08) (.54) (9.49)

' OLS (1970-1999) $R^2 = .968$ $SD = 3.93529$ $DW = 2.196$
 $ELEMAC = -33.7228 + 1.04824*(IIP) - .392688*(PELEB) + .782061*(ELEMAC(1))$
 ' (-5.28) (6.31) (-2.02) (22.03)

' OLS (1970-1999) $R^2 = .997$ $SD = 4.52453$ $DW = 1.482$
 $FDMAC = OILMAC + GASMAC + ELEMAC$

'(9) その他の製造業

$OILOTH = 77.3758 - 7.14929*(POILJ\#) + .894295*(OILOTH(1))$
 ' (3.20) (-2.22) (17.03)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .906$ $SD = 27.0892$ $DW = 2.184$
 $ELEOTH = 11.2489 - .157015*(PELEB) + .986634*(ELEOTH(1))$
 ' (3.61) (-.87) (50.81)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .992$ $SD = 4.92852$ $DW = 1.806$
 $GASOTH = 3.00014 - .062111*(PTG) + .923609*(GASOTH(1))$
 ' (.66) (-.16) (11.56)

' OLS (1970-1999) $R^2 = .822$ $SD = 6.50231$ $DW = 2.353$
 $FDEXMAN = OILOTH + ELEOTH + GASOTH$

'製造業計

$COLMAK = COLPAP + COLCEM + COLSTE$

$OILMAK = OILFOO + OILFIB + OILPAP + OILCHM + OILCEM + OILSTE$
 $+ OILNFE + OILMAC + OILOTH$

$GASMAK = GASFOO + GASPAP + GASMAC + GASCHM + GASCEM + GASSTE$
 $+ GASNFE + GASOTH$

$NWENMAK = NWENPAP$

$ELEMAK = ELEFOO + ELEFIB + ELEPAP + ELECHM + ELECEM + ELESTE$

$$+ ELENFE + ELEMAL + ELEOTH$$

$$FDMAN = FDFOOD + FDTEX + FDPLPPD + FDCHM + FDCEM + FDSTL \\ + FDNFMET + FDMAC + FDEXMAN$$

’産業部門計

$$OILIND = OILMAK + OILAGR + OILCON$$

$$NGIND\# = 37.6245 - .301770*(IIP) - .593036*(PLNG) + .671736*(NGIND\#(1))$$

$$’ \quad (2.83) \quad (-2.80) \quad (-1.42) \quad (6.30)$$

$$’ \text{ OLS } (1970-2000) \quad R^2 = .975 \quad SD = 3.10150 \quad DW = 2.131$$

$$FDIND = COLMAK + COKSTE + OILIND + NGIND\# + GASMAK + NNEWMAK \\ + ELEMAK$$

’民生部門エネルギー源別消費量

’家庭用

$$OLPDHOM = -113.170 + .001103*(95CP\#) - 341.436*(PKERO/95PDG\#)$$

$$’ t\text{-value} \quad (-1.29) \quad (2.88) \quad (-.93)$$

$$+ .175974*(WAM) + .572611*(OLPDHOM(1))$$

$$(2.69) \quad (4.10)$$

$$’ \text{ OLS } (1970-2000) \quad R^2 = .949 \quad SD = 32.0978 \quad DW = 2.048$$

$$GASHOM = -476.265 + .000472*(95GDP\#) + .004839*(POPT)$$

$$’ \quad (-6.68) \quad (10.55) \quad (6.60)$$

$$’ \text{ OLS } (1970-2000) \quad R^2 = .992 \quad SD = 7.47928 \quad DW = 1.698$$

$$ELEHOM = 1874.90 + .007299*(95CP\#) - .023612*(POPT) - 14.8288*(PELEH)$$

$$’ \quad (2.42) \quad (7.22) \quad (-2.77) \quad (-3.90)$$

$$+ 35.7383*(PTG)$$

$$(3.85)$$

$$’ \text{ OLS } (1970-2000) \quad R^2 = .99 \quad SD = 23.1049 \quad DW = .916$$

$$NNEWHOM = 1.53096 + .964015*(NNEWHOM(1))$$

$$’ \quad (.91) \quad (21.25)$$

$$’ \text{ OLS } (1971-2000) \quad R^2 = .94 \quad SD = 2.87031 \quad DW = 1.016$$

$$FDHOM = OLPDHOM + GASHOM + ELEHOM + NNEWHOM$$

’業務用

$$OLPDBUS = 129.241 - 9.88410*(POILA) + .866846*(OLPDBUS(1))$$

$$’ \quad (4.98) \quad (-2.76) \quad (21.26)$$

$$’ \text{ OLS } (1966-2000) \quad R^2 = .931 \quad SD = 35.3066 \quad DW = 1.792$$

$$TGBUS = 2.25188 + .0000126*(FLRBUS) - 60.6198*(PTG/WPI)$$

$$’ \quad (.46) \quad (.94) \quad (-1.32)$$

$$+ .969768*(TGBUS(1))$$

(12.07)

’ OLS (1971-2000) $R^2 = .997$ $SD = 2.90321$ $DW = 2.29$
 $ELEBUS = -261.792 + .000844*(FLRBUS) - 1216.24*(PELEB/WPI)$

(-24.56) (85.33) (-14.46)

’ OLS (1970-2000) $R^2 = .997$ $SD = 12.8107$ $DW = 1.599$
 $NWENBUS = 13.0292 + 1.03017*(NWENBUS(1))$

(3.24) (116.35)

’ OLS (1966-1999) $R^2 = .998$ $SD = 12.6295$ $DW = 2.236$

$$FDBUS = OLPDBUS + TGBUS + ELEBUS$$

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

(-1.05) (39.22)

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

’ 運輸部門エネルギー源別使用量

’ 旅客用石油製品計

$$OLPDTRA = 314.432 + .025180*(CARHLD) - 972.079*(PMOGA/95PDG\#)$$

(6.08) (2.80) (-5.14)

$$+ .391939*(OLPDTRA(1))$$

(1.90)

’ OLS (1970-1999) $R^2 = .998$ $SD = 24.6292$ $DW = 1.231$

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

(1.92) (-1.67) (45.26)

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

’ 貨物用石油製品計

$$OLPDFRE = 263.706 + .001865*(TRUCK) - 637.779*(PMOGA/95PDG\#)$$

(5.61) (1.00) (-4.13)

$$+ .828203*(OLPDFRE(1))$$

(17.44)

’ OLS (1971-1999) $R^2 = .986$ $SD = 21.1312$ $DW = 1.448$

$$TRUCK = 660.393 + .005853*(POPT) + .944254*(TRUCK(1))$$

(.11) (.10) (13.36)

’ OLS (1972-1999) $R^2 = .99$ $SD = 470.7088$ $DW = .165$

’ 運輸部門電力計

$$ELETRP = 9.44873 + .0000434*(95GDP\#) + .595279*(ELETRP(1))$$

(5.58) (4.27) (6.75)

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

$$FDTRP = OLPDTRA + OLPDFRE + ELETRP$$

' 最終需要計

$$FDCOL = COLMAK + COKSTE$$

$$FDOIL = OILIND + OLPDHOM + OLPDBUS + OLPDTRA + OLPDFRE$$

$$FDGAS = GASMAK + GASHOM + TGBUS$$

$$FDELE = ELEMAK + ELEHOM + ELEBUS + ELETRP$$

$$FDNWEN = NWENMAK + NWENHOM + NWENBUS$$

' 最終エネルギー消費計

$$FDFIN = FDIND + FDHOM + FDBUS + FDTRP$$

' エネルギー転換部門

' 発電部門

$$PUELET = 15.3464 + .990114*(FDELE)$$

' (1.12) (160.95)

' OLS (1965-2000) $R^2 = .999$ $SD = 30.7659$ $DW = .208$

$$PUELET\# = 242.626 + 2.49424*(PUELET)$$

' (29.68) (606.73)

' OLS (1965-1995) $R^2 = 1.$ $SD = 16.3205$ $DW = .632$

$$COLELEC = -81.7264 + .018376*(PUELET\#) + 1.01814*(COLELEC(1))$$

' (-3.00) (2.80) (25.89)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .978$ $SD = 54.3689$ $DW = .803$

$$COKELEC = 16.7852 - .000268*(PUELET\#) + .934577*(COKELEC(1))$$

' (3.28) (-.15) (17.02)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .973$ $SD = 10.2032$ $DW = 1.267$

$$OILELEC = 147.898 - .016776*(PUELET\#) + .918048*(OILELEC(1))$$

' (2.62) (-1.73) (13.03)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .841$ $SD = 104.3897$ $DW = 1.699$

$$OLPDELEC = 377.607 - .040779*(PUELET\#) + .863617*(OLPDELEC(1))$$

' (3.57) (-3.54) (15.57)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .909$ $SD = 124.5275$ $DW = 1.916$

$$NGELEC = -173.072 + .069612*(PUELET\#) + .830820*(NGELEC(1))$$

' (-1.37) (1.95) (9.33)

' OLS (1971-2000) $R^2 = .991$ $SD = 63.3178$ $DW = 1.372$

$$PUNU = -222.688 + .087617*(PUELET\#) + .853556*(PUNU(1))$$

' (-2.31) (3.09) (15.92)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .993$ $SD = 86.6634$ $DW = 1.5$

' 都市ガス生産

$$TGTG = -53.2674 + 1.07313*(FDGAS)$$

' (-15.82) (188.62)

' OLS (1965-2000) $R^2 = .999$ $SD = 8.71559$ $DW = .349$

$$NGTG\# = -205.646 + 1.00726*(TGTG)$$

' (-47.58) (148.86)

' OLS (1971-2000) $R^2 = .999$ $SD = 9.14091$ $DW = .925$

' コークス生産

$$COKCOK = 195.746 + .241350*(COKSTE + COKELEC) + .642953*(COKCOK(1))$$

' (2.87) (3.00) (9.19)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .902$ $SD = 68.1146$ $DW = 1.349$

$$LOSCOK = -109.700 + .654668*(LOSCOK(1))$$

' (-3.39) (6.39)

' OLS (1966-2000) $R^2 = .54$ $SD = 32.8090$ $DW = 1.527$

$$COLCOKC = 464.155 + .546549*(COKCOK + LOSCOK) + .491972*(COLCOKC(1))$$

' (4.27) (2.55) (3.95)

' OLS (1966-1999) $R^2 = .861$ $SD = 100.4985$ $DW = .891$

' 石油精製

$$OILREF = -46.7592 + 1.11614*(FDOIL - PDPT + OLPDELEC)$$

' (-.59) (104.33)

' OLS (1965-2000) $R^2 = .997$ $SD = 97.2376$ $DW = .975$

' 一次エネルギー国内供給計

$$COAL = -2586.31 + 1.35329*(FDCOL + COLELEC + COLCOKC)$$

' (-9.25) (20.42)

' OLS (1970-2000) $R^2 = .933$ $SD = 150.0329$ $DW = .74$

$$OIL = 178.838 + .996253*(OILREF + OILELEC)$$

' (2.48) (122.13)

' OLS (1965-2000) $R^2 = .998$ $SD = 92.8538$ $DW = .289$

$$NG = 80.7348 + .990817*(NGELEC + NGTG\#)$$

' (17.64) (342.09)

' OLS (1965-2000) $R^2 = 1.$ $SD = 17.1763$ $DW = 2.001$

$$HD = 71.2257 + .956541*(PUHD)$$

' (3.75) (38.00)

' OLS (1965-2000) $R^2 = .976$ $SD = 11.2711$ $DW = .515$

$$NU = 1.41458 + 1.00325 * (PUNU)$$

$$, \quad (2.01) \quad (2315.65)$$

$$, \quad \text{OLS} \quad (1965-2000) \quad R^2 = 1. \quad SD = 2.76736 \quad DW = .75$$

$$TOTAL = COAL + OIL + PDPT + NG + HD + NU + NEW$$

, CO_2 排出量

$$DISCO_2 = (1.0062 * COAL + 0.7811 * (OIL + PDPT - 0.8 * FDCHM) \\ + 0.5639 * NG) * 23.889 / 1000$$

〔参考文献〕

- [1] 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
- [2] 日本エネルギー経済研究所『日本エネルギー・経済データの読み方入門』省エネルギーセンター, 2001年
- [3] 『経済セミナー 2003.11』日本評論社, 2003年
- [4] 舩添要一『完全図解日本のエネルギー危機』東洋経済新報社, 1999年
- [5] 井関裕章/猪平進「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」『岐阜経済大学論集』第37巻第1号, 2003年
- [6] 澤田晴美「高精度エネルギー需給モデルによるエネルギー消費ならびに二酸化炭素排出の予測と評価」岐阜経済大学大学院経営学研究科修士論文, 2003年
- [7] (財)日本エネルギー経済研究所・計量分析部編『エネルギー・経済統計要覧 2004』省エネルギーセンター, 2004年
- [8] (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『中国・韓国の長期マクロ経済・エネルギー需給モデルによる計量分析』2000年
- [9] 白砂堤津耶『例題で学ぶ 初歩からの計量経済学』日本評論社, 2000年
- [10] (財)日本エネルギー経済研究所・計量分析部編『需給見通し』省エネルギーセンター, 2004年
- [11] (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
- [12] 林礼美・他「熱塩循環維持の観点からの温室効果ガス排出シナリオの評価」エネルギー資源学会『第21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』2005年1月, pp. 309-312
- [13] 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12年度版)』通商産業研究社, 2001年