

中国エネルギー需給モデルによる 二酸化炭素と二酸化硫黄の排出シミュレーション

陳 凌芸/猪平 進/張 軍

1. 緒 言
2. 中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの概要
3. 中国マクロ経済モデル
4. 中国エネルギー需給モデル
 - 4.1 モデルの定式化
 - 4.2 部門別エネルギー源別消費量
 - 4.3 エネルギー転換部門
 - 4.4 一次エネルギー国内供給計
 - 4.5 二酸化炭素 (CO₂) と二酸化硫黄 (SO₂) の排出量
5. 中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの精度評価
6. 中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルによるシミュレーション
7. 二酸化炭素 (CO₂) と二酸化硫黄 (SO₂) の排出量の予測
8. 結 言
9. 付 録：中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデル方程式体系

1. 緒 言

今、中国は世界の工場と呼ばれており、世界各国からの投資や内需などにより経済が著しく発展し、エネルギーの消費も増える一方である。しかし増大するエネルギー消費によってもたらされる環境問題は中国国内や限られた地域にとどまらず、地球的規模にまで影響を及ぼすようになりつつある。

1970年代前期中国は「文化大革命」で発展が遅れていた。1970年代後期、鄧小平氏の指導下で、中国は改革開放の政策を採択した。「一部分のひとは先に豊かになろう」という呼びかけで、経済が急速に発展してきた。この20年間、平均9.5%台の経済成長率を維持している。しかし中国は主なエネルギー源を石炭に頼っていることから、酸性雨や水質汚染などの各種の環境問題を起こしている。酸性雨の降雨面積は、1985年の18%から2002年の30%まで2倍近く増えた。酸性雨はもう中国国内だけではなく、中国に接する隣国にも影響を与えている。また、毎年の黄砂も日本まで飛んでくるようになった。このように、中国は1970年代後半に改革開放政策を採択して以来、高度経済成長期に突入したと同時に、エネルギー問題、環境問題も顕在化し、経済成長の制約要因となっている。本研究では、この三者間の関係を適切に把握するため、中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルを構築し、2020年を目標年次とする問題発見と対策検討を目的とするシミュレーション分析を試みた。

シミュレーションの基本的な方法は、計量経済モデルであり、マクロ経済とエネルギー需給との二つのモデルからなる統合モデルを構築している。まず経済モデルでは、消費、投資などの政府要因と世界貿易、為替レートなどの海外要因のデータを外生変数として経済モデルに与え、GDPなどの各種経済活動指標と各種価格指数を求める。エネルギー需給モデルでは、マクロ経済モデルで得た結果に加え、各種エネルギー価格指数とエネルギー生産量のデータ等から部門別エネルギー源別のエネルギー最終消費量および一次エネルギー消費量を計算する。最後に、各エネルギー源の排出係数をかけ、二酸化炭素(CO₂)と二酸化硫黄(SO₂)の排出量を予測する。なお計量分析ソフトとしては東洋経済新報社の「エコノメイト」を使用した。

本論文では、第2章で今回開発した中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの概要を述べ、第3章でマクロ経済モデルの定式化を述べる。このマクロ経済モデル部分は丁勇等がすでに発表したモデル[9]を基本的に踏襲し

ているため、本論文では要約のみ述べている。第4章では、本論文の中心であるエネルギー需給モデルの定式化の詳細を示す。次に第5章でモデルの精度評価結果を述べ、第6章で統合モデルによるシミュレーション結果を示す。最後に第7章ではこのシミュレーションにより得られたCO₂とSO₂の排出量の予測結果を述べている。

2. 中国マクロ経済・エネルギー需給 統合モデルの概要

本統合モデルは、図2.1に示すように、中国マクロ経済モデルと中国エネルギー需給モデルとの二つのモデルによって構成されている。中国マクロ経済モデルは、投資、消費などの政府要因と世界貿易、為替レートなどの海外要因を外生変数として与え、GDP関連指標や素材生産量などを計算する。次に中国エネルギー需給モデルでは、マクロ経済モデルで得られたGDP関連指標などと各種エネルギー価格およびエネルギー生産量を外生変数とし、部門別エネルギー源別消費量などのエネルギー需給関連指標を求める。最後に汚染物質係数を加えて、CO₂とSO₂の排出量を導き出す。

なお今回開発した統合モデルは、マクロ経済モデルが10本、エネルギー需給モデルが45本、合計55本の式で構成されている。

3. 中国マクロ経済モデル

本研究はエネルギー需給に重点を置いているので、今回の中国マクロ経済モデルはできる限りシンプルな構成とした。まず実質支出ブロックは、主に日本経済の計量経済モデルの定式化[11]を参考にし、実質GDPとその構成

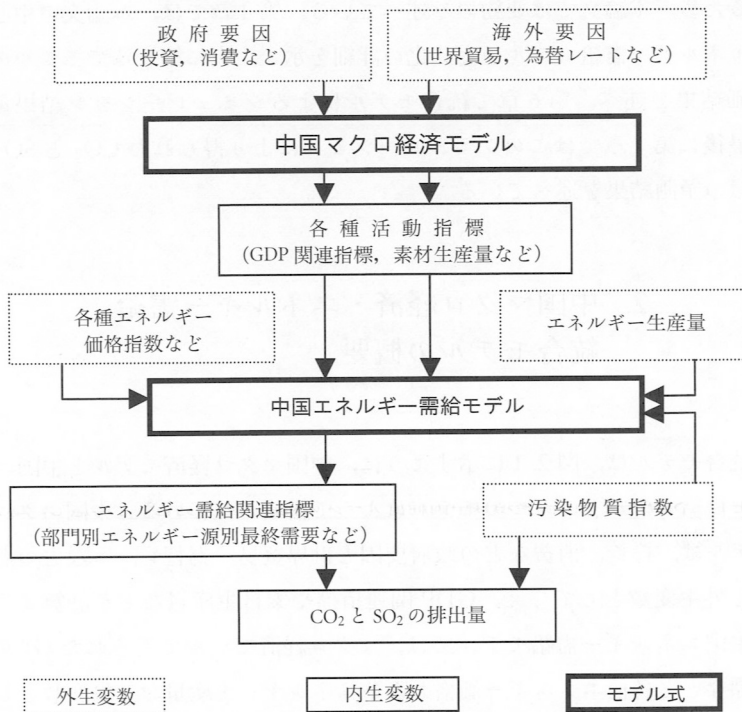


図 2.1 中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルの全体構成

項目（消費，投資など）を決定する以下の 6 本のマクロ経済モデル式を用いた [9]。

$$GDP = CP + CG + I + J + EXC - MC + SDEF \quad (3.1)$$

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

$$I = f(GDP, I(1)) \quad (3.3)$$

$$J = f(GDP, J(1)) \quad (3.4)$$

$$EXC = f(TWM, PEXC / (PEW \times EXR)) \quad (3.5)$$

$$MC = f(GDP, PMC / PDG, MC(1)) \quad (3.6)$$

ここで $CP(1)$ は前年の消費を表し、自己回帰項と呼ぶ。この自己回帰項は $CP(-1)$ のように本来マイナスの添字であるが、簡単に $CP(1)$ のように表している。

各記号の意味は以下のとおりである。

GDP : 実質国内総生産	TWM : 世界貿易 (実質, 年度平均)
CG : 実質政府支出	$PEXC$: 財貨・サービスの輸出デフレータ
I : 総固定資本形成	
J : 在庫純増	PMC : 財貨・サービスの輸入デフレータ
CP : 実質民間最終消費支出	
PDG : GDP デフレータ	PEW : 世界工業製品輸出物価指数 (年度平均)
EXR : 為替レート	
EXC : 実質財貨・サービスの輸出	$SDEF$: 調整項 ^(注1) $GDP - (CP + CG$
MC : 実質財貨・サービスの輸入	$+ I + J + EXC - MC)$

(注1) $SDEF$ という調整項は中国経済データの統計上の不釣合いを考慮し、導入した変数である。

次に生産指数、生産量、エネルギー価格ブロックとして、以下の4本の式を用いた。まず、第二次産業指数 $IIP2$ を GDP と鉄の生産量で定式化した。

$$IIP2 = f(GDP, STEEL) \quad (3.7)$$

次に、エネルギー多消費産業である鉄鋼、セメントおよび化学肥料の生産量を次のように GDP と価格項および自己回帰項により定式化した。ただし、中国のデータの制限により、今回エチレンの生産量は省略した。

$$STEEL = f(GDP, GDP(1) - POILJ\#, STEEL(1)) \quad (3.8)$$

$$CEMENT = f(GDP, GDP(1), CEMENT(1)) \quad (3.9)$$

$$CHMFER = f(GDP, PCHM, CHMFER(1)) \quad (3.10)$$

中国のエネルギー価格は、90年代までずっと国の管理下で決められた値段で提供されており、完備したデータを集めにくいので、下記の計算式で国

際市場の石油卸価格 $POILJ$ (\$/バレル) を為替レート EXR で人民元になおし, 1000 kcal 当たりの石油価格 (元) を求め, 外生変数としてモデルに与えた。

$$POILJ\# = POILJ/0.159 \times EXR/(9.25 \times 1000) \quad (3.11)$$

この他, エネルギー価格は, 『中国統計年鑑』[22]にある電力工場出荷価格指数 $PIELEB$, 石油工場出荷価格指数 $POIL$, 石炭工場出荷価格指数 $PCOL$, 化学工場出荷価格指数 $PCHM$ などを用い, それらを外生変数として使用した。

各記号の意味は以下のとおりである。

$IIP2$: 第二次生産指数	$STEEL$: 鉄鋼生産量 (万トン)
$CEMENT$: セメント生産量 (万トン)	$CHMFER$: 化学肥料生産量 (万トン)
$POILJ\#$: 石油価格 (元/1000 kcal)	$POILJ$: 国際石油卸価格 (\$/バレル)

4. 中国エネルギー需給モデル

エネルギー需給モデルを構築するには, まずエネルギーの流れを把握する必要がある。一次エネルギー供給源とは, 加工する前のエネルギーであり, 主に石油, 石炭, 天然ガス, 水力や地熱, 原子力などがある。これらの一次エネルギーに以前の在庫分を加え, それから輸出分を除き, 石油精製やコークス製造や発電などのエネルギー転換部門により, 都市ガスや電力などの二次エネルギーを得る。これらの二次エネルギーと最初の一次エネルギーとが, 鉄鋼, 化学, 窯業土石, 紙・パルプなどの産業部門, 自動車などの運輸部門, および家庭, 業務などの農業・民生部門で最終的にエネルギーとして消費される。

中国エネルギー需給モデルの構築はこの流れと反対に, まずエネルギー価

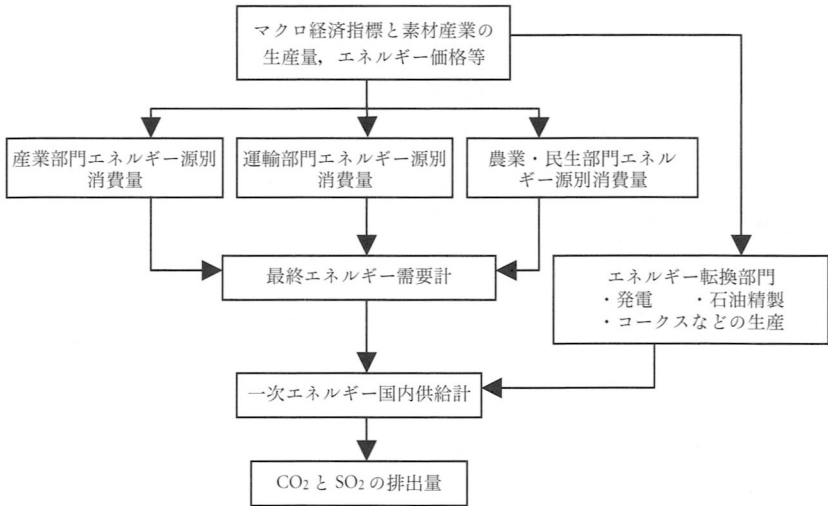


図 4.1 エネルギー需給モデルの構造

格などを外生変数とし、部門別エネルギー源別消費量を計算し、最終エネルギー需要量を求める。次にエネルギー転換部門で使用される消費量を計算し、これを先に求めた最終エネルギー需要と合計して一次エネルギー国内供給計を求める。最後に各エネルギー源ごとに汚染物質係数を導入し、CO₂とSO₂の排出量を予測する。図 4.1 はこの流れを示している。

4.1 モデルの定式化

中国エネルギー需給モデルは、上記のエネルギー需給フローチャートと APEC データバンクのエネルギーバランス表[26]に基づき、産業部門、運輸部門と農業民生部門の三つの部門に分け、石炭、石油などのエネルギー源別にそれぞれ定式化を行った。定式化の基本的な方法は、OLS (最小二乗法) に基づいた回帰モデル (計量モデル) であり、生産指数または生産量とエネルギー

ギー価格および自己回帰項を用いてモデル化した。

4.2 部門別エネルギー源別消費量

APEC のエネルギーバランス表では、中国の最終エネルギー需要部門は産業部門、運輸部門、その他部門（主に農業民生部門）、非エネルギー部門の4部門に分かれている。このうち非エネルギー部門のエネルギー消費量は小さいため無視し、産業、運輸、農業民生の3部門につき、エネルギー源別消費量を次のように定式化した。

(1) 産業部門エネルギー源別消費量

産業部門は、三つの部門の中で最もエネルギーを使う部門であり、大きく製造業と非製造業に分かれる。製造業の中では、最もエネルギーを使うのは鉄鋼業、次に化学工業、非製造業の中では、鉱業がエネルギーを使う。今回用いた APEC データでは、産業部門における各産業別消費量データが欠けていたため、エネルギー源別だけに分けてモデル化した。

中国の場合、産業部門で最も使われるエネルギーは石炭である。産業用石炭の消費量はエネルギー価格と前年の消費量で定式化した。ただし、1995年より構造が変化し、石炭の使用量が減少傾向にあるため、ダミー変数 $DUM6595$ を導入した。なお以下の定式化において、エネルギーの単位はすべて PJ (ペタジュール : 10^{15} ジュール) を用いた。

$$COLIND = f(POILJ\#, COLIND(1), DUM6595) \quad (4.1)$$

またコークス等の石炭製品も、以下のように鉄の生産量、自己回帰項とダミー変数により定式化した。

$$COKIND = f(STEEL, COKIND(1), DUM6595) \quad (4.2)$$

次に、石油製品の消費量を第二次産業指数、石油工場出荷価格指数、自己回帰項で定式化した。なお原油の使用量は少ないので省略した。

$$PTIND = f(IIP2, POIL, PTIND(1)) \quad (4.3)$$

天然ガスと都市ガスは、現在、合計 10% 以下の割合しか占めていないが、今後天然ガスの使用が増加する傾向を考慮し、自己回帰項、第二次産業指数、石油工場出荷価格指数などを使い、定式化した。

$$NGIND = f(NGIND(1)) \quad (4.4)$$

$$GASIND = f(IIP2, POIL) \quad (4.5)$$

次に電力は、第二次産業指数、電力工場出荷価格指数、自己回帰項で定式化した。

$$ELEIND = f(IIP2, PIELEB, ELEIND(1)) \quad (4.6)$$

最後に、産業部門で使われる各エネルギー消費量を合計し、産業部門で使う最終エネルギー消費量を次式で求める。

$$FDIND = COLIND + COKIND + PTIND + NGIND + GASIND + ELEIND \quad (4.7)$$

上記の各記号の意味は以下のとおりである。

<i>COLIND</i> : 産業部門石炭消費量	<i>IIP2</i> : 第二次産業生産指数
<i>COKIND</i> : 産業部門コークス等消費量	<i>POIL</i> : 石油工場出荷価格指数
<i>PTIND</i> : 産業部門石油製品消費量	<i>PIELEB</i> : 電力工場出荷価格指数
<i>NGIND</i> : 産業部門天然ガス消費量	<i>FDIND</i> : 産業部門最終エネルギー消費量
<i>GASIND</i> : 産業部門都市ガス消費量	
<i>ELEIND</i> : 産業部門電力計消費量	
<i>STEEL</i> : 鉄鋼生産量	

(2) 運輸部門エネルギー源別消費量

運輸部門のエネルギー消費は、大きく旅客部門と貨物部門に分けられる。

主な交通手段は鉄道と自動車であり、使われるエネルギーは石炭や石油製品、電力である。それに、急速に普及してきた自動車の保有台数も考え、鉄道貨物輸送量、人口や生産指数、GDPと石炭出荷価格と自己回帰項などで、以下のようにモデル化した。

$$COLTRA = f(RAILTK, PCOL, COLTRA(1)) \quad (4.8)$$

$$PTTRA = f(IIP2, PTTRA(1)) \quad (4.9)$$

$$CAR = f(POPT, CAR(1)) \quad (4.10)$$

$$ELETRA = f(GDP, ELETRA(1)) \quad (4.11)$$

これより、運輸部門の最終エネルギー消費量を求める。

$$FDTRA = COLTRA + PTTRA + ELETRA \quad (4.12)$$

上記の各記号の意味は以下のとおりである。

<i>COLTRA</i> : 運輸部門石炭消費量	<i>CAR</i> : 自動車所有台数
<i>PTTRA</i> : 運輸部門石油製品消費量	<i>RAILTK</i> : 鉄道貨物輸送量 (トン/キロ)
<i>ELETRA</i> : 運輸部門電力計消費量	<i>POPT</i> : 人口
<i>FDTRA</i> : 運輸部門最終エネルギー消費量	<i>GDP</i> : 実質国内総生産
<i>PCOL</i> : 石油工場出荷価格指数	<i>IIP2</i> : 第二次産業生産指数

(3) 農業民生部門エネルギー源別消費量

農業民生部門もデータの制限により各産業は詳しく分けずに、エネルギー源別のみ分けて定式化した。農業民生部門でよく使われるエネルギーは、石油、石炭、電力の順である。

$$COLOTH = f(PCOL, COLOTH(1)) \quad (4.13)$$

$$COKOTH = f(CP, PCOL, COKOTH(1)) \quad (4.14)$$

$$PTOTH = f(CP, POILJ\#, PTOTH(1)) \quad (4.15)$$

$$NGOTH = f(CP, POILJ\#, NGOTH(1)) \quad (4.16)$$

$$GASOTH = f(GDP, POPT) \quad (4.17)$$

$$ELEOTH = f(CP, POPT, PIELEB) \quad (4.18)$$

最後に農業民生部門の最終エネルギー消費量を求める。

$$FDOTH = COLOTH + COKOTH + PTOTH + NGOTH \\ + GASOTH + ELEOTH \quad (4.19)$$

上のように各部門のエネルギー源別の消費量が求まると、各エネルギー源別の最終需要計を下記の式により計算する。

$$FDCOL = COLIND + COLTRA + COLOTH \quad (4.20)$$

$$FDCOK = COKIND + COKOTH \quad (4.21)$$

$$FDOIL = OILIND \quad (4.22)$$

$$FDPT = PTIND + PTTRA + PTOTH + PTNOENE \quad (4.23)$$

$$FDNG = NGIND + NGOTH \quad (4.24)$$

$$FDGAS = GASIND + GASOTH \quad (4.25)$$

$$FDELE = ELEIND + ELETRA + ELEOTH \quad (4.26)$$

$$FDFIN = FDCOL + FDOIL + FDPT + FDNG \\ + FDGAS + FDELE + FDHEA \quad (4.27)$$

上記の各記号の意味は以下のとおりである。

<i>COLOTH</i> : 農業民生部門石炭消費量	量
<i>PTOTH</i> : 農業民生部門石油製品消費量	<i>GASOTH</i> : 農業民生部門都市ガス消費量
<i>ELEOTH</i> : 農業民生部門電力計消費量	<i>COLTRA</i> : 運輸部門石炭消費量
<i>FDOTH</i> : 農業民生部門最終エネルギー消費量	<i>FDFIN</i> : 最終エネルギー消費計
<i>COKOTH</i> : 農業民生部門コークス等消費量	<i>FDOIL</i> : 原油最終エネルギー消費量
<i>NGOTH</i> : 農業民生部門天然ガス消費量	<i>FDNG</i> : 天然ガス最終エネルギー消費量
	<i>FDELE</i> : 電力最終エネルギー消費量

<i>PCOL</i>	: 石油工場出荷価格指数		費量
<i>CP</i>	: 実質民間最終消費支出	<i>FDCOL</i>	: 石炭最終エネルギー消費量
<i>POILJ#</i>	: 原油価格 (元/1000 kcal)	<i>COLIND</i>	: 産業部門石炭消費量
<i>POPT</i>	: 人 口	<i>FDHEA</i>	: 熱最終エネルギー消費量 (外生)
<i>PIELEB</i>	: 電力工場出荷価格指数	<i>FDGAS</i>	: 都市ガス最終エネルギー消費量
<i>FDCOL</i>	: 石炭最終エネルギー消費量		費量
<i>FDPT</i>	: 石油製品最終エネルギー消費量		

4.3 エネルギー転換部門

エネルギー転換部門とは、電力会社など電気事業者が石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料を火力発電に投入して生産する電力や、水力、地熱、原子力により発電する電力を扱う部門である。

(1) 発 電

中国の発電構成としては、火力、水力、地熱や原子力などがある。特に石炭による火力発電がよく使われている。

まず、上で計算した電力の最終エネルギー消費量 *FDELE* から、電気事業者（電力会社）の電力量計 *PUELE* を次式で求める。

$$PUELE = f(FDELE) \quad (4.28)$$

次にこれより、ロス分を含む投入量 *PUELET* を次式で求める。

$$PUELET = f(PUELE) \quad (4.29)$$

この *PUELET* から、発電用の石炭投入量 (消費量) *COLELEC#*, コークス投入量 *COKELEC#*, 原油投入量 *OILELEC#*, 石油製品投入量 *PTELEC#*, 天然ガス投入量 *NGELEC#*, 水力投入量 *PUHD#*, 原子力投入量 *PUNU#* を、それぞれ次のように決定する。

$$COLELEC\# = f(PUELET, COLELEC\#(1)) \quad (4.30)$$

$$COKELEC\# = f(PUELET, COKELEC\#(1)) \quad (4.31)$$

$$OILELEC\# = f(PUELET, OILELEC\#(1)) \quad (4.32)$$

$$PTELEC\# = f(PUELET, PTELEC\#(1)) \quad (4.33)$$

$$NGELEC\# = f(PUELET, NGELEC\#(1)) \quad (4.34)$$

$$PUHD\# = f(PUELET, PUHD\#(1)) \quad (4.35)$$

$$PUNU\# = f(PUELET, PUNU\#(1)) \quad (4.36)$$

なお中国では地熱発電も一部用いられており、その発電量 $PUHEAT\#$ は次式のように熱発電の最終エネルギー消費量 $FDHEA$ に回帰させた。

$$PUHEAT\# = f(FDHEA) \quad (4.37)$$

(2) 石油精製

石油精製における原油投入量 $OILREF\#$ は、以下の式のように、石油最終エネルギー消費量 $FDOIL$ から石油製品国内供給量 $PDPT$ を差し引き、発電用石油消費量 $PTELEC$ を加えた式に回帰させた。

$$OILREF\# = f(FDOIL - PDPT + PTELEC\#, OILREF\#(1)) \quad (4.38)$$

(3) コークス等の生産

次にコークス用石炭投入量 $COLCOKC\#$ は、コークス最終エネルギー消費量 $FDCOK$ と電力用コークス消費量 $COKELEC\#$ の和の回帰によって求めた。

$$COLCOKC\# = f(FDCOK + COKELEC\#, COLCOKC\#(1)) \quad (4.39)$$

なおここで、コークス国内供給は値が小さいため省略した。

4.4 一次エネルギー国内供給計

以上より最終エネルギー消費量に転換部門の消費量を加えて、各エネルギー源の一次エネルギー国内供給計を求める。

$$COAL = f(FDCOL + COLELEC\# + COLCOKC\#) \quad (4.40)$$

$$OIL = f(OILREF\# + OILELEC\#) \quad (4.41)$$

$$NG = f(NGELEC\#) \quad (4.42)$$

$$HD = f(PUHD\#) \quad (4.43)$$

最後に、それらの合計 *TOTAL* (一次エネルギー国内供給計) を求める。

$$TOTAL = COAL + OIL + PDPT + NG + HD + NU + NEW \quad (4.44)$$

なお今回、石油製品、原子力発電と新エネルギーの発電量は内生化せず、外生変数とした。

上記の各記号の意味は以下のとおりである。

<i>COAL</i>	: 石炭国内供給	<i>FDCOL</i>	: 石炭最終エネルギー消費量
<i>OIL</i>	: 原油国内供給	<i>COLELEC\#</i>	: 発電用石炭投入量
<i>NG</i>	: 天然ガス国内供給	<i>COLCOK\#</i>	: コークス用石炭投入量
<i>HD</i>	: 水力発電	<i>NEW</i>	: 新エネルギー発電量 (外生)
<i>NU</i>	: 原子力発電 (外生)	<i>OILREF\#</i>	: 石油精製用原油投入量
<i>PDPT</i>	: 石油製品 (外生)		

4.5 二酸化炭素 (CO₂) と二酸化硫黄 (SO₂) の排出量

上で求めた各一次エネルギー国内供給計の値に対し、CO₂とSO₂の排出係数をかけることにより、CO₂とSO₂の排出量を計算した。なお中国のエネルギーバランス表は、国際エネルギー機関 (IEA) のデータ (APEC データ)[26]

を用いたので、CO₂ 排出係数は発熱量ベースのものを用いた。すなわち CO₂ の排出係数は、石炭が 1.08、原油と石油製品が 0.837、天然ガスが 0.641 とし、CO₂ 排出量は

$$DISCO_2 = (1.08 \times COAL + 0.837 \times (OIL + PDPT) + 0.641 \times NG) \times 23.889/1000 \quad (4.45)$$

より求めた。なお上式で求まる CO₂ 排出量の単位は炭素換算 100 万トン (MT-C) である。

SO₂ 排出量は次式で計算した。ただし、今回は石油起源の SO₂ 排出量は考慮していない。

$$DISSO_2 = COAL \times 2 \times 0.0115 \times 0.8 \times 2 \times 2.3889 \quad (4.46)$$

上式で求められる SO₂ 排出量の単位は万トンである。

以上より、エネルギー需給モデルは 55 本のモデル式で構成される。付録にエコノメイト 2000 で推計されたマクロ経済・エネルギー需給統合モデルの方程式体系を示す。

5. 中国マクロ経済・エネルギー需給 統合モデルの精度評価

各モデル式は、最小二乗法により推計した時点で決定係数や標準誤差、ダービンワトソン比等の値から、各変数の適合度や誤差などに関し一定の評価が得られている。しかし、モデル全体としての評価は不十分であるので、まず内挿テストのパーシャルテストとファイナルテストを行う必要がある。これらのテストによりモデルの精度評価ができる。ここでは、ファイナルテストの結果を示す。

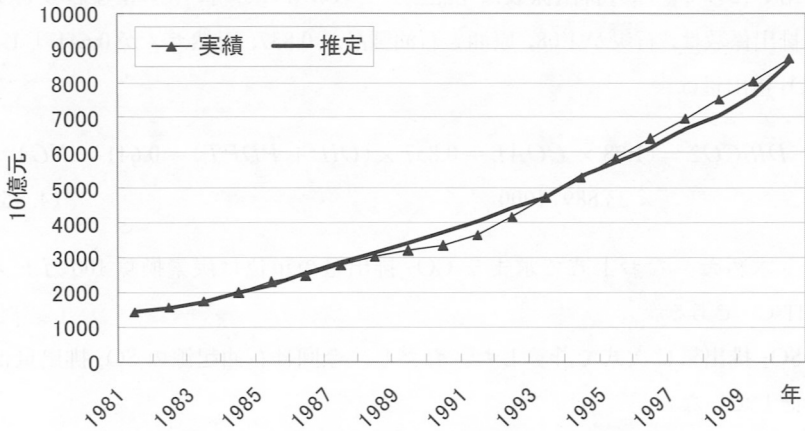


図 5.1 GDP のファイナルテストにおける実績値と推定値の比較

まず図 5.1 は、中国の 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の比較である。このモデルのテスト期間は 1981-2000 年である。この間、中国は改革開放政策を採択し、高度成長期に突入した。これに従い GDP の実績値はずっと高成長が続いている。それに対し、予測もほぼ実績を追っており、誤差率は 3.96% であった。

次に図 5.2 は、産業部門の石炭消費量のファイナルテストにおける推定値と実績値との比較である。三つの部門の中でこの産業部門は最もエネルギーを使う部門であり、特に石炭の使用量は 90 年代前半をピークにその後減りつつあるが、いまだに 60% 以上の割合を占めている。この石炭の予測は中国のエネルギーの消費量を大きく左右する。図 5.2 において 95 年から省エネルギー対策やエネルギー効率の向上により、石炭の使用量が減り、構造に変化が見られたので、ダミー変数 $DUM6595$ を導入してモデルを改善した結果、当初外れていた推定値が実績値をほぼ追うようになっている。

また、表 5.1 はパーシャルテストとファイナルテストの結果の誤差率（平均絶対誤差率）を示している。マクロ経済モデルの変数の誤差率は、在庫純増

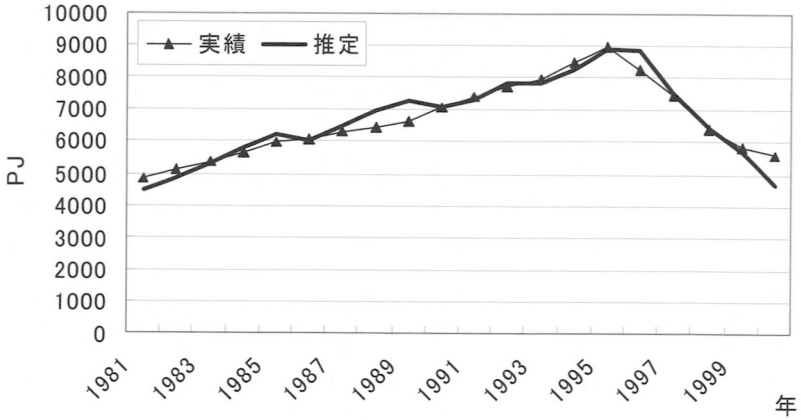


図 5.2 産業部門石炭消費量のファイナルテストにおける実績値と推定値の比較

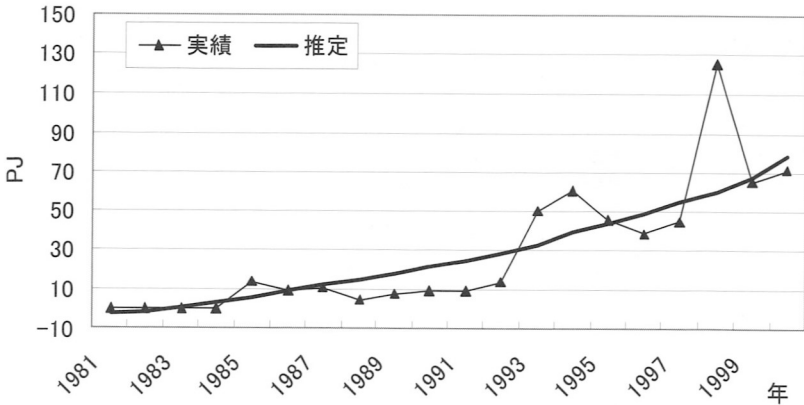


図 5.3 農業民生部門都市ガス消費量のファイナルテストにおける実績値と推定値の比較

Jおよび実質財貨・サービスの輸出EXCを除いて、すべて10%以内に収まっている。エネルギー需給モデルの結果を見るといくつか高い誤差率の変数があるが、しかし、これらは絶対値が小さいため、最終的なエネルギー消

表 5.1 パーシャルテストとファイナルテストの平均誤差率

変数名	パーシャル テスト 誤差率	ファイナル テスト 誤差率	変数名	パーシャル テスト 誤差率	ファイナル テスト 誤差率
<i>GDP</i>	0	3.96	<i>FDCOL</i>	0.83	4.3
<i>CP</i>	2.56	4.43	<i>FDCOK</i>	1.57	3.89
<i>I</i>	3.55	6.43	<i>FDOIL</i>	2.15	2.3
<i>J</i>	25.01	38.3	<i>FDPT</i>	4.33	6.43
<i>EXC</i>	11.47	10.65	<i>FDNG</i>	4.04	11.82
<i>MC</i>	5.8	8.46	<i>FDGAS</i>	0.09	37.53
<i>IIP2</i>	3.14	8.81	<i>FDELE</i>	1.01	5.43
<i>STEEL</i>	2.79	2.73	<i>FDFIN</i>	11.3	12.4
<i>CEMENT</i>	13.63	17.35	<i>PUELE</i>	6.05	8.58
<i>CHMFER</i>	23.02	20.75	<i>PUHEAT</i>	6.18	6.1
<i>COLIND</i>	6.72	3.66	<i>PUELET</i>	4.92	10.83
<i>COKIND</i>	5.72	3.56	<i>COLELEC#</i>	1.55	11.66
<i>PTIND</i>	10.73	14.25	<i>COKELEC#</i>	22.54	25.63
<i>NGIND</i>	10.95	9.68	<i>OILELEC#</i>	19.27	10.28
<i>GASIND</i>	41.37	41.44	<i>PTELEC#</i>	11	11.22
<i>ELEIND</i>	6.43	6.68	<i>NGELEC#</i>	25.82	29.88
<i>FDIND</i>	3.89	4.66	<i>PUHD#</i>	4.81	5.3
<i>COLTRA</i>	6.11	3.89	<i>OILREF#</i>	5.21	3.3
<i>PTTRA</i>	4.96	12.74	<i>COLCOKC#</i>	12.77	16.84
<i>CAR</i>	2.04	3.88	<i>COAL</i>	3.79	6.61
<i>ELETRA</i>	4.84	4.95	<i>OIL</i>	0.58	3.37
<i>FDTRA</i>	0.3	8.42	<i>NG</i>	7.66	7.53
<i>COLOTH</i>	8.61	7.58	<i>HD</i>	0	5.3
<i>COKOTH</i>	44.55	44.15	<i>TOTAL</i>	0.45	4.93
<i>PTOTH</i>	11.84	11.98	<i>DISCO2</i>	5.45	7.5
<i>NGOTH</i>	13.13	18.46	<i>DISSO2</i>	16.58	10.37
<i>GASOTH</i>	35.45	37.09			
<i>ELEOTH</i>	5.87	5.37			
<i>FDOTH</i>	1.74	5.8			

費量などに影響を与えない。

これらの変数の中で例えば、中国で最もエネルギーを使う産業部門の石炭 (*COLIND*) の誤差率は 3.66% と小さいことに注目してほしい。なお収束回数も 5 回以内に収まり、本モデルの安定性も良好であった。

6. 中国マクロ経済・エネルギー需給統合 モデルによるシミュレーション

上述の中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルを用いて、2020年を目標年次とし、マクロ経済、エネルギー需要、CO₂とSO₂の排出量をシミュレーションにより予測した。その主な結果を以下に示す。

(1) 基準ケースのシミュレーション条件

基準ケースとはいわゆるBAU (Business As Usual; トレンド延長型) ケースである。本モデルの外生変数は23個あり、それぞれに予測値を与え、例えば人口は年1%の伸び率、各エネルギー源の価格指数は4%の伸び率、為替レートは1ドル8.28人民元に固定した。主な条件を表6.1に示す。

表6.1 基準ケースのシミュレーション条件

入力方法	日本語名	変数名	設定値	開始期	終了期
伸び率	世界工業製品輸物価指数	PEW	3%	2001	2020
伸び率	世界貿易総額 (\$)	TWM	5%	2001	2020
伸び率	実質政府支出	CG	10%	2001	2020
固定値	為替レート (元/\$)	EXR	8.28	2001	2020
伸び率	人口	POPT	1%	2001	2020
伸び率	原油輸入価格指数	POILJ#	4%	2001	2020
伸び率	電力工場出荷価格指数	PIELEB	4%	2001	2020
伸び率	石油工場出荷価格指数	POIL	4%	2001	2020
伸び率	石炭工場出荷価格指数	PCOL	4%	2001	2020
伸び率	化学工場出荷価格指数	PCHM	4%	2001	2020
伸び率	石油製品国内供給	PDPT	10%	2001	2020

(2) 中国マクロ経済のシミュレーション結果

図6.1に実質GDPの推移を示す。2001年以降がシミュレーションによ

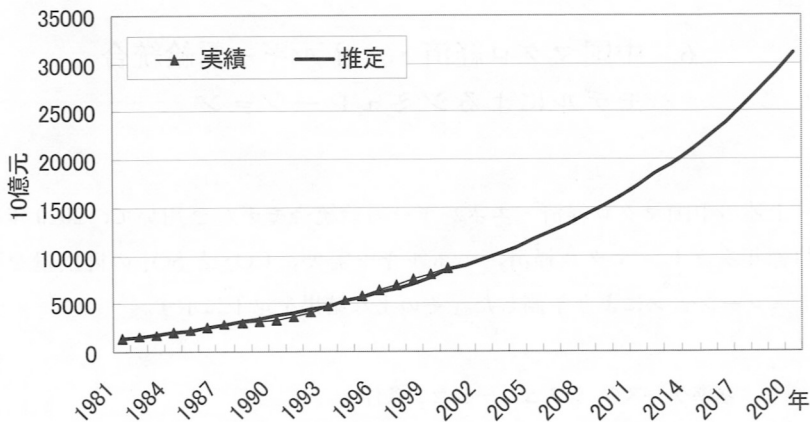


図 6.1 実質 GDP の推移

る予測結果である。2000–2020 年は実質 GDP の成長率は約 6.6% で、2020 年の GDP が 31 兆 647 億円となる結果となっている。この予測結果は、2002 年 11 月に中国共産党第 16 回全国代表大会で江沢民・前国家主席が報告の中で述べた「GDP を 2020 年には 2000 年の 4 倍にする」目標が達成できない数値ではないことを示す。ただし、今回の予測は日本エネルギー経済研究所（以下、日本エネ研と略す）が予測した 2000–2020 年の GDP 成長率 7.2% と比べると、やや低い伸び率である。

また実質 GDP とその構成項目のシミュレーション結果の要約表を表 6.2 に示す。

(3) 中国エネルギー需給のシミュレーション結果

上述の基準ケースのシミュレーション条件において、2020 年までの中国のエネルギー需要がどうなるかをシミュレーションで予測した。

図 6.2 は一次エネルギー国内供給計の実績値と推定値の予測結果を示している。シミュレーションによると、これから国内の一次エネルギーの消費量

表 6.2 中国マクロ経済シミュレーション結果要約表

(1) 実質国内総支出 (単位: 10 億元)

		1980	1990	2000	2010	2020
実質国内総生産	<i>GDP</i>	1,366.32	3,320.53	8,694.90	16,156.90	31,064.70
実質民間最終消費支出	<i>CP</i>	739.09	1,657.41	3,858.06	6,963.51	13,094.00
実質政府支出	<i>CG</i>	162.8	391.65	1,014.79	2,632.10	6,827.00
総固定資本形成	<i>I</i>	414.91	848.66	3,178.48	6,516.10	12,742.20
在庫純増	<i>J</i>	99.62	338.64	-39.63	-612.7128	-1,775.45
実質財貨・サービスの輸出	<i>EXC</i>	231.79	708.84	3,484.32	5,265.82	9,458.97
実質財貨・サービスの輸入	<i>MC</i>	298.21	603.62	2,799.30	4,605.61	9,277.96

(2) 実質国内総支出 (%)

		1980/1990	1990/2000	2000/2010	2010/2020	2000/2020
実質国内総生産	<i>GDP</i>	9.3	10.1	6.4	6.8	6.6
実質民間最終消費支出	<i>CP</i>	8.4	8.8	6.1	6.5	6.3
実質政府支出	<i>CG</i>	9.2	10	10	10	10
総固定資本形成	<i>I</i>	7.4	14.1	7.4	6.9	7.2
在庫純増	<i>J</i>	13	0	31.5	11.2	20.9
実質財貨・サービスの輸出	<i>EXC</i>	11.8	17.3	4.2	6	5.1
実質財貨・サービスの輸入	<i>MC</i>	7.3	16.6	5.1	7.3	6.2

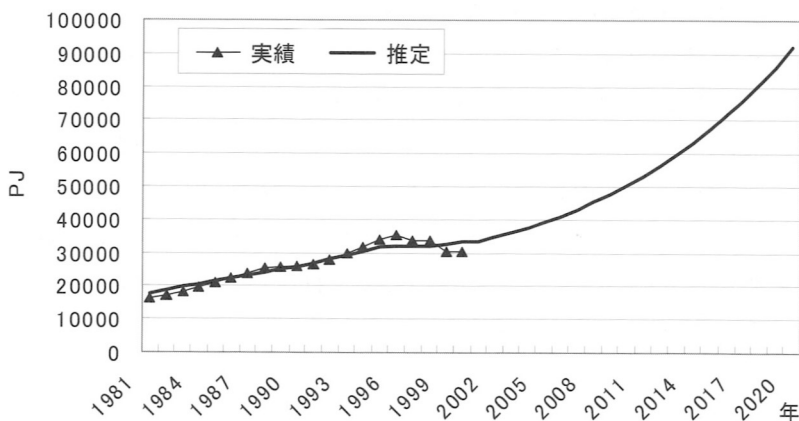


図 6.2 一次エネルギー国内供給計

表 6.3 最終エネルギー需要の要約表

(1) 最終エネルギー需要 (単位: Mtoe)

		1980	1990	2000	2010	2020
最終エネルギー消費計	<i>FD</i> <i>FIN</i>	301.50	469.49	554.89	645.72	1,131.91
産業部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>IND</i>	205.73	316.94	301.84	440.47	932.88
運輸部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>TRA</i>	14.26	27.31	59.24	101.46	188.00
農業民生部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>OTH</i>	81.51	124.44	144.05	178.91	277.71

(2) 最終エネルギー需要増加率 (%)

		1980/1990	1990/2000	2000/2010	2010/2020	2000/2020
最終エネルギー消費計	<i>FD</i> <i>FIN</i>	4.5	1.7	1.5	5.8	3.6
産業部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>IND</i>	4.4	-0.5	3.9	7.8	5.8
運輸部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>TRA</i>	6.7	8.1	5.5	6.4	5.9
農業民生部門最終エネルギー	<i>FD</i> <i>OTH</i>	4.3	1.5	2.2	4.5	3.3

は増え続け、2020年には2000年の約3倍の9万1926 PJ (2196 Mtoe: 石油換算100万トン)となる。この数値は、日本エネ研の予測値〔6〕の2063 Mtoe とほぼ一致する。

(4) 部門別最終エネルギー消費量の予測

表 6.3 に最終エネルギー需要のシミュレーション結果の要約表を示す。最終エネルギー需要は、2000年の555 Mtoe から小幅ながら2010年には646 Mtoe まで上がり、2020年には約2倍の1132 Mtoe まで増大する。そのうち、産業部門の最終エネルギー消費が大きく、2020年には933 Mtoe となる。この数値は日本エネ研の489 Mtoe とかなり違い、そのほか運輸部門と農業民生部門の消費量も順調に上昇するが、日本エネ研の結果と比べると、やや低い予測結果となっている。

(5) エネルギー源別消費量の予測

今回、エネルギー源別の石炭の予測において、中国は1995年から、省エネや石炭の品質の向上などにより、石炭の使用量が減る方向にある。しか

し、いずれ経済成長とともにエネルギー消費は増大するので、石炭中心のエネルギー構造にある中国の石炭の消費量は上がるはずである。今回のモデルでは石炭の消費量の予測において、DUM6595の導入により、95年の構造変化（産業部門の石炭COLINDの減少）に対応した。このためパラメータの推定期間を1981-2002年までにすると、DUM変数が効きすぎ、その後も過剰に減少傾向が続き、一次エネルギー消費の予測が小さくなりすぎる結果となる。この問題を解消するために、パラメータの推定期間を1981-1999年までとし、下記のように推定した。

$$COLIND = -1032.38 + 7793.68*(POILJ\#) + .926430*(COLIND(1)) + 1343.48*(DUM6595)$$

(−1.94) (1.67) (10.96)

(5.54)

OLS (1981-1999) $R^2 = .936$ $SD = 322.3958$ $DW = 2.007$

この方法で今回は過剰減少傾向を緩和した。しかし、このため産業部門石炭の消費量が増えすぎる結果となっている。この問題は今後さらに検討する必要がある。図6.3は石炭の消費量の実績値と推定値を示している。

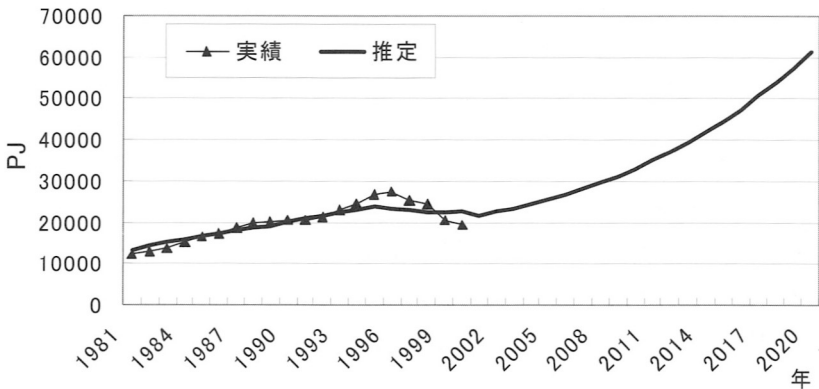


図 6.3 石炭の消費量における実績値と推定値

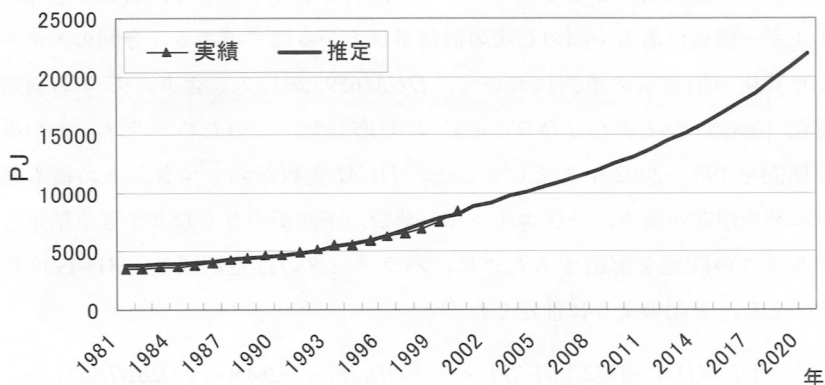


図 6.4 原油の消費量における実績値と推定値

表 6.4 エネルギー源別消費量 (Mtoe) および増加率 (%) の予測

	1980	1990	2000	2010	2020	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010	2020/ 2000
一次エネ TOTAL	399.78	621.47	719.20	1,203.89	2,196.01	4.5	1.5	5.3	6.2	5.7
石 炭 COAL	297.47	488.29	465.95	786.56	1,467.44	5.1	-0.5	5.4	6.4	5.9
原 油 OIL	87.65	111.97	203.18	314.63	525.66	2.5	6.1	4.5	5.3	4.9
石油製品 PDPT	-4.06	-3.23	10.73	27.82	72.16	-2.3	0	10	10	10
天然ガス NG	11.97	12.83	22.79	32.46	56.06	0.7	5.9	3.6	5.6	4.6
水 力 HD	5.09	10.89	19.14	34.52	64.57	7.9	5.8	6.1	6.5	6.3
原子力 NU	0.00	0.00	4.37	5.99	8.21	0	0	3.2	3.2	3.2
新 エ ネ NEW	1.84	2.27	2.08	1.91	1.91	2.1	-0.9	-0.8	0	-0.4

エネルギー源別の消費を見てみると、2020年まで、石炭は相変わらず第1位の消費量を占める。2020年時点での石炭の消費量は1467 Mtoeである。2000年の719 Mtoeより、2倍ぐらいに増える。

また原油の消費量も表 6.4 に示されるように、2000年の203 Mtoe (石油換算100万トン) から、2020年の526 Mtoeまで2倍以上に増えてくる。

7. 二酸化炭素 (CO₂) と二酸化硫黄 (SO₂) の排出量の予測

最後に CO₂ 排出量の予測結果を表 7.1 および図 7.1 に示す。中国はこれから、石炭の占める割合が減る傾向であるが、しかし、いまだに石炭に主なエネルギー源を頼っているため、CO₂ の排出量は今後も上がり、2020 年で 2121 MT-C (炭素換算 100 万トン) になる。

表 7.1 CO₂ 排出量の予測

(単位: MT-C)

	1980	1990	2000	2010	2020
CO ₂ 排出量 <i>DISCO2</i>	412.84	665.52	881.44	1,156.92	2,121.14
	1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010	2020/ 2000
CO ₂ 排出量増加率 <i>DISCO2</i>	4.9	2.8	2.8	6.2	4.5

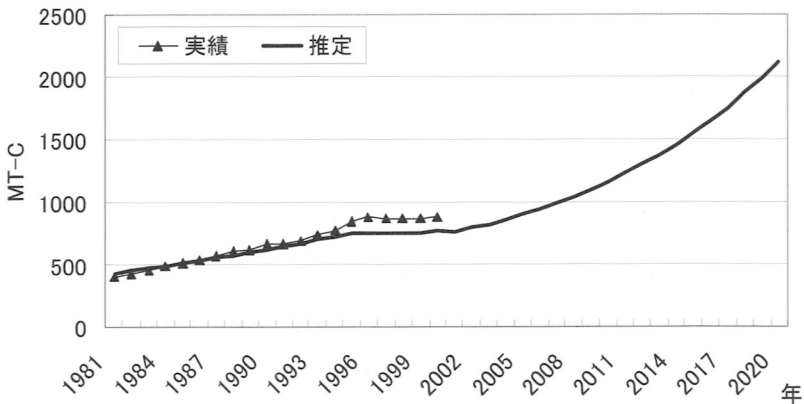


図 7.1 CO₂ 排出量のシミュレーション結果

表 7.2 他の研究機関の CO₂ 排出量予測との比較

CO ₂ 排出量	炭素換算 100 万トン				年平均伸び率 (%)		
	1980	2000	2010	2020	2000/ 2010	2010/ 2020	2000/ 2020
日本エネルギー研究所	413	900	1,285	1,819	3.6	3.5	3.6
本モデル (81~99 で推計)	412.8	881.4	1,157	2,121	3.8	6.4	5.1
本モデル (81~02 で推計)	412.8	881.4	979.4	1,685	1.1	5.6	3.3

なお、この CO₂ 排出量の予測結果を日本エネ研の予測結果と比較した。前にも述べたように、中国の石炭消費は 96 年から 2002 年までの 5 年間減少傾向にあったため、産業部門石炭のパラメータの推計期間を変えるだけで、石炭の消費量が大きく変化し、この結果 CO₂ の排出量も大きな影響を受ける。例えばパラメータの推計期間を 1981-2002 年とすると、石炭の一次エネルギー消費量は 2020 年で 1064 Mtoe となり、推計期間を 1981-1999 年と

表 7.3 SO₂ 排出量データ

(単位: 万トン)

年	総量	鉱工業排出量	年	総量	鉱工業排出量
1981		1,371 ①	1992		1,685 ③
1982		1,275 ①	1993		1,795 ③
1983		1,200 ①	1994	1,825 ②	1,341 ②
1984		1,243 ①	1995	1,891 ②	1,396 ②
1985		1,303 ①	1996	1,946 ④	1,397 ②
1986		1,209 ①	1997	2,346 ②	1,852 ②
1987		1,406 ①	1998	2,090 ②	1,593 ②
1988		1,502 ①	1999	1,857 ②	1,460 ②
1989		1,564 ②	2000	1,995 ②	1,612 ②
1990		1,495 ③	2001	1,948 ②	1,567 ②
1991		1,622 ③	2002	1,927 ②	1,562 ②

出所) ① 小島麗逸『現代中国の構造変動 環境——成長への制約となるか』2000 年[21] 56 ページ。

② 国家環境保護総局「1990-2002 年度中国環境状況公報」。

③ 出所は各年度「中国環境状況公報」[24]、総量か鉱工業排出量かはっきり書かれていないため、前後の年を考慮し、鉱工業の排出量とする。

④ 出所は同③、総量は郷鎮工業の排出量が全国工業排出量に占める割合により計算した。

表 7.4 SO₂ 排出量の予測

(単位: 万トン)

		1980	1990	2000	2010	2020
SO ₂ 排出量	DISSO ₂	0.00	1,495.00	1,995.00	2,894.54	5,400.18
		1990/ 1980	2000/ 1990	2010/ 2000	2020/ 2010	2020/ 2000
SO ₂ 排出量増加率	DISSO ₂	0	2.9	3.8	6.4	5.1

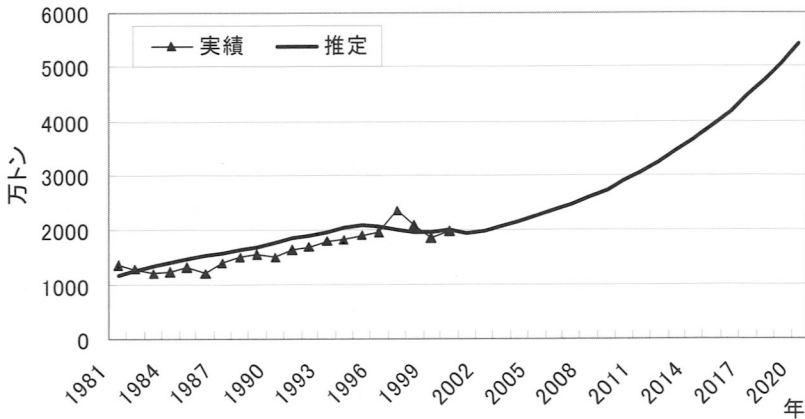


図 7.2 SO₂ 排出量のシミュレーション結果

したときの 1467 Mtoe より約 30% 予測値が下がる。これにより、表 7.2 に示すように、CO₂ の排出量が大きく変化する。この問題は年数が経過し、データ蓄積が進むにつれ解決されると考える。

次に SO₂ 排出量の予測結果を述べる。表 7.3 に、収集した SO₂ 排出量データを示している。中国では 1980 年まで SO₂ のデータが整備されていなかった。この SO₂ データは、主に中国国家環境保護総局の「中国環境状況公報」[24]から収集してきたものである。このうち、今回は総量のデータですべて統一することができず、前後のデータの関連性を考え、1981-1993 年の間は鉱工業排出量のデータ、1994-2002 年の間は総量のデータを用いた。

表 7.4 はシミュレーションにより予測した SO₂ の排出量と増加率である。また図 7.2 に SO₂ 排出量の実績値と推定値を示す。石炭が占める割合が減りつつあるが、最終エネルギー消費量の増加により、SO₂ の排出量は今後も増える一方である。2020 年時点での排出量は 5400 万トンを超えると予測される。

8. 結 言

本論文では、中国マクロ経済・エネルギー需給統合モデルを構築し、2020 年までの中国の GDP とその構成項目、部門別エネルギー消費量や各エネルギー源別消費量およびそれらの増加率や CO₂ と SO₂ の排出量などをシミュレーションにより予測した。今回のシミュレーション分析に当たって、データの収集に一番苦労した。中国では、完備した時系列データは少ない。経済データは『中国統計年鑑』などを参照できるが、エネルギーデータについては、なかなか集められない。今回は、中国マクロ経済データについては世界銀行のデータ[29]、世界貿易のデータについては東洋経済新報社の「エコノメイトデータ」[11]、価格指数などは『中国統計年鑑』2003 年版[22]、エネルギーデータについては日本エネルギー経済研究所が中心に収集を進めている APEC データバンク[26]、SO₂ 排出量については中国国家環境保護総局のホームページ[24]からとってきたデータなどを用いた。

このように集められたデータにより、シミュレーション分析をし、予測結果を見ると、2000 年から 2020 年までの実質 GDP の成長率は 6.6% で、総額が 31 兆 647 億元である。この結果は日本エネルギー経済研究所[2]が予測した 2000 年から 2020 年までの 7.2% の GDP 成長率と比べると、やや低い伸び率である。しかし、江沢民・前国家主席が第 16 回全国代表大会で挙げた、2020 年には 2000 年 GDP 総額の 4 倍にするという目標は達成できるで

あろうということを示す。

経済の高成長に伴い、エネルギーの消費量も増え続ける。2020年で、国内の一次エネルギー消費量は2000年の約3倍の2196 Mtoeとなった。産業、運輸および農業・民生の三部門においての最終エネルギー消費量は、2020年には2000年の555 Mtoeの2倍、1132 Mtoeとなる。エネルギー源別消費量の予測を見ると、2020年での石炭の消費量は1467 Mtoeであり、相変わらずエネルギー源別消費量の第1位を占める。これにより、2020年でのCO₂やSO₂の排出量も上昇し続ける。2020年でのCO₂の排出量は2121 MT-Cとなり、SO₂の排出量は5400万トンとなる。2020年時点での世界CO₂排出量予測値〔6〕は9852 MT-Cであるから、中国の排出量はその約4分の1を占めることになる。現在、世界CO₂排出量の4分の1を占めるのは米国であるが、中国は省エネ政策、石炭の利用効率の向上および電源構成の変更などの対策を進めなければ、いずれ米国を超え、世界第1位のCO₂排出国となることは確実であろう。

中国は人口が多いため、1人当たりのエネルギー使用量はまだ少ない。またエネルギーの生産および使用による環境汚染問題が顕在化してきた。エネルギーは国民経済発展の基本的な要素であり、自然環境は人類が生存していくために必要不可欠な条件である。エネルギー問題と環境問題を解決しない限り、持続可能な発展はおぼつかない。これらの問題の解決策として、エネルギーの確保、エネルギーの蓄積制度の完備、省エネルギーの推進およびクリーン技術や代替エネルギー開発などがある〔28〕。

今回開発した統合モデルは、55本と比較的シンプルなモデルである（例えば、日本エネルギー経済研究所計量分析部のモデルは337本〔1〕）。シンプルなモデルは、省略した変数の予測はできないものの、大規模のモデルより操作性に優れ、長期的なマクロな見通しをつけるのには適している。しかもこのモデルで2020年までの中国のGDPなどのマクロ経済指標、一次エネルギー消費量などのエネルギー需要とそれらの結果排出されるCO₂やSO₂の発生量の

予測がほぼ可能である。

しかし、モデルにはまだいくつかの課題が残っている。それらの課題としては以下のものがあり、今後これらのモデル化を進めていく予定である。

- (1) 産業部門など部門別消費量のモデルの細分化
- (2) エネルギーバランス表の簡約表から完全表へ更新

9. 付 録：中国マクロ経済・エネルギー需給 統合モデル方程式体系

マクロ経済

$$GDP = CP + CG + I + J + EXC - MC + SDEF$$

$$CP = 168.859 + .240069*(GDP) + .445463*(CP(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (2.90) & (2.28) & (1.69) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-2001) \quad R^2 = .994 \quad SD = 81.9138 \quad DW = 1.163$$

$$J = 54.7797 - .010794*(GDP) + .922672*(J(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (1.48) & (-1.81) & (6.64) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-2001) \quad R^2 = .658 \quad SD = 69.9342 \quad DW = 1.757$$

$$MC = -16.3252 + .284618*(GDP) - 398.568*((PMC/PDG)) + .098396*(MC(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-.31) & (4.84) & (-3.58) & (.45) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-1999) \quad R^2 = .986 \quad SD = 70.8240 \quad DW = 2.068$$

$$I = -52.6006 + .111811*(GDP) + .782347*(I(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-2.09) & (2.92) & (6.89) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1972-2001) \quad R^2 = .996 \quad SD = 64.5899 \quad DW = 1.135$$

$$EXC = -695.227 + .583522*(TWM) - 5154.41*((PEXC/(PEW*EXR)))$$

$$\begin{matrix} ' & (-1.32) & (21.00) & (-.96) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-1999) \quad R^2 = .966 \quad SD = 140.2638 \quad DW = .345$$

生産指数・素材産業の生産量

$$IIP2 = -37.1161 + .177410*(GDP) - .032834*(STEEL)$$

$$\begin{matrix} ' & (-1.45) & (10.08) & (-2.53) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1978-2001) \quad R^2 = .995 \quad SD = 23.5129 \quad DW = .383$$

$$STEEL = 798.290 + 1.12579*(GDP) - .508913*((GDP(1) - POILJ\#))$$

$$\begin{matrix} ' & (1.40) & (1.05) & (-.54) \end{matrix}$$

$$+ .562958*(STEEL(1))$$

$$(1.84)$$

$$' \text{ OLS } (1979-2001) \quad R^2 = .989 \quad SD = 364.0619 \quad DW = 1.572$$

$$CEMENT = -8451.75 + 29.3794*(GDP) - 24.0851*(GDP(1)) + .191730*(CEMENT(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-2.97) & (2.67) & (-2.04) & (.93) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-2001) \quad R^2 = .952 \quad SD = 4,948.30 \quad DW = 2.154$$

$$CHMFER = -413.855 + .234007*(GDP) + 18.3666*(PCHM) + .007847*(CHMFER(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-1.61) & (2.10) & (2.17) & (.04) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1979-2001) \quad R^2 = .832 \quad SD = 484.8507 \quad DW = 1.807$$

' 産業部門エネルギー源別消費量

$$COLIND = -1032.38 + 7793.68*(POILJ\#) + .926430*(COLIND(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-1.94) & (1.67) & (10.96) \end{matrix}$$

$$+ 1343.48*(DUM6595)$$

$$(5.54)$$

$$' \text{ OLS } (1981-1999) \quad R^2 = .936 \quad SD = 322.3958 \quad DW = 2.007$$

$$COKIND = -523.588 + .056728*(STEEL) + .936613*(COKIND(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (-3.19) & (4.64) & (12.79) \end{matrix}$$

$$+ 397.078*(DUM6595)$$

$$(4.87)$$

$$' \text{ OLS } (1981-2002) \quad R^2 = .98 \quad SD = 94.5264 \quad DW = 2.062$$

$$PTIND = 379.082 + .941719*(IIP2) - 6.10797*(POIL) + .684315*(PTIND(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (1.51) & (1.34) & (-1.30) & (4.12) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1981-2001) \quad R^2 = .519 \quad SD = 201.3311 \quad DW = 1.553$$

$$NGIND = 141.279 + .590989*(NGIND(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (2.46) & (3.65) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1981-2001) \quad R^2 = .382 \quad SD = 35.4666 \quad DW = 1.999$$

$$GASIND = -24.8680 + .037166*(IIP2) + 2.44048*(POIL)$$

$$\begin{matrix} ' & (-.57) & (.12) & (1.22) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1980-2001) \quad R^2 = .679 \quad SD = 92.5898 \quad DW = 1.334$$

$$ELEIND = 297.897 + .453335*(IIP2) - .843264*(PIELEB) + .726907*(ELEIND(1))$$

$$\begin{matrix} ' & (2.05) & (.93) & (-.28) & (4.65) \end{matrix}$$

$$' \text{ OLS } (1981-2001) \quad R^2 = .946 \quad SD = 101.7973 \quad DW = 2.032$$

$$FDIND = COLIND + COKIND + PTIND + NGIND + GASIND + ELEIND$$

’ 運輸部門エネルギー源別消費量

$$COLTRA = 188.320 - .000680*(RAILTK) - .790073*(PCOL)$$

$$\quad (2.65) \quad (-1.15) \quad (-1.83)$$

$$+ .660290*(COLTRA(1))$$

$$(4.91)$$

$$\text{’ OLS (1981-2002) } R^2 = .965 \quad SD = 19.9045 \quad DW = 1.826$$

$$PTTRA = 33.6359 + .504430*(IIP2) + .782588*(PTTRA(1))$$

$$\quad (1.32) \quad (2.77) \quad (6.96)$$

$$\text{’ OLS (1981-2002) } R^2 = .991 \quad SD = 64.0182 \quad DW = 1.401$$

$$CAR = -67.3231 + .076326*(POPT) + 1.08376*(CAR(1))$$

$$\quad (-.62) \quad (.69) \quad (41.20)$$

$$\text{’ OLS (1976-2001) } R^2 = .998 \quad SD = 20.3934 \quad DW = 1.325$$

$$ELETRA = -5.90438 + .010867*(GDP) + .163581*(ELETRA(1))$$

$$\quad (-2.67) \quad (4.35) \quad (.79)$$

$$\text{’ OLS (1981-2002) } R^2 = .991 \quad SD = 3.24365 \quad DW = 1.886$$

$$FDTRA = COLTRA + PTTRA + ELETRA$$

’ 農業・民生部門エネルギー源別消費量

$$COLOTH = 723.293 - 5.49887*(PCOL) + .886384*(COLOTH(1))$$

$$\quad (2.19) \quad (-3.37) \quad (11.03)$$

$$\text{’ OLS (1981-2002) } R^2 = .89 \quad SD = 288.4657 \quad DW = 1.764$$

$$COKOTH = -85.8202 + .085506*(CP) + .115236*(PCOL) - .056829*(COKOTH(1))$$

$$\quad (-2.51) \quad (1.98) \quad (.11) \quad (-.25)$$

$$\text{’ OLS (1981-2001) } R^2 = .729 \quad SD = 52.4856 \quad DW = 2.012$$

$$PTOTH = -123.874 + .215078*(CP) + 2283.23*(POILJ\#) + .537935*(PTOTH(1))$$

$$\quad (-1.50) \quad (2.11) \quad (1.04) \quad (2.65)$$

$$\text{’ OLS (1981-2001) } R^2 = .936 \quad SD = 149.5113 \quad DW = 1.806$$

$$NGOTH = -3.14921 + .018960*(CP) - 306.122*(POILJ\#) + .886230*(NGOTH(1))$$

$$\quad (-.41) \quad (2.24) \quad (-1.61) \quad (4.07)$$

$$\text{’ OLS (1981-2001) } R^2 = .906 \quad SD = 13.2685 \quad DW = 1.553$$

$$GASOTH = 17.0626 + .012663*(GDP) - .037682*(POPT)$$

$$\quad (.12) \quad (2.39) \quad (-.26)$$

$$\text{’ OLS (1980-2001) } R^2 = .724 \quad SD = 17.3576 \quad DW = 2.046$$

$$ELEOTH = 947.880 + .471537*(CP) - 1.16793*(POPT) - .613410*(PIELEB)$$

$$\quad (1.57) \quad (4.99) \quad (-1.82) \quad (-.51)$$

$$\text{’ OLS (1981-2001) } R^2 = .982 \quad SD = 48.5810 \quad DW = 1.034$$

$$FDOTH = COLOTH + COKOTH + PTOTH + NGO TH + GASOTH + ELEOTH$$

’ 最終需要計

$$FDCOL = COLIND + COLTRA + COLOTH$$

$$FDCOK = COKIND + COKOTH$$

$$FDOIL = OILIND$$

$$FDPT = PTIND + PTTRA + PTOTH + PTNOENE$$

$$FDNG = NGIND + NGO TH$$

$$FDGAS = GASIND + GASOTH$$

$$FDELE = ELEIND + ELETRA + ELEOTH$$

$$FDFIN = FDCOL + FDOIL + FDPT + FDNG + FDGAS + FDELE + FDHEA$$

’ エネルギー転換部門

’ 発電

$$PUELE = -457.339 + 1.47772*(FDELE)$$

$$’ \quad (-4.10) \quad (32.08)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1980-2002) \quad R^2 = .979 \quad SD = 212.6717 \quad DW = 1.019$$

$$PUHEAT = -8.55434 + 1.30403*(FDHEA) + 14.0429*(DUM91)$$

$$’ \quad (-.53) \quad (33.41) \quad (.38)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1980-2002) \quad R^2 = .993 \quad SD = 53.6149 \quad DW = .53$$

$$PUELET = -81.8763 + 2.86610*(PUELE)$$

$$’ \quad (-.44) \quad (48.80)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1980-2002) \quad R^2 = .991 \quad SD = 404.6825 \quad DW = .879$$

$$COLELEC\# = -680.739 + .995202*(PUELET) - .098678*(COLELEC\#(1))$$

$$’ \quad (-12.85) \quad (23.79) \quad (-2.00)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1981-2002) \quad R^2 = .999 \quad SD = 92.6316 \quad DW = .986$$

$$COKELEC\# = 8.28545 + .001815*(PUELET) - .081717*(COKELEC\#(1))$$

$$’ \quad (2.18) \quad (3.45) \quad (-.36)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1981-2002) \quad R^2 = .469 \quad SD = 7.15327 \quad DW = 1.999$$

$$OILELEC\# = -8.13831 + .000848*(PUELET) + .909265*(OILELEC\#(1))$$

$$’ \quad (-.90) \quad (1.24) \quad (20.25)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1981-2002) \quad R^2 = .979 \quad SD = 8.01336 \quad DW = 1.524$$

$$PTELEC\# = 240.921 + .006853*(PUELET) + .493915*(PTELEC\#(1))$$

$$’ \quad (2.41) \quad (1.56) \quad (2.53)$$

$$’ \quad \text{OLS} \quad (1981-2002) \quad R^2 = .446 \quad SD = 70.5917 \quad DW = 2.106$$

$$NGELEC\# = -5.17656 + .002274*(PUELET) + .726063*(NGELEC\#(1))$$

$$’ \quad (-.82) \quad (1.79) \quad (4.16)$$

' OLS (1981-2002) $R^2 = .882$ $SD = 11.2731$ $DW = 2.028$
 $PUHD\# = 44.6343 + .026508*(PUELET) + .552076*(PUHD\#(1))$

' (1.59) (2.31) (2.44)

' OLS (1981-2002) $R^2 = .971$ $SD = 39.1089$ $DW = 2.108$
 $PUNU\# = -107.155 + .019839*(PUELET) + .170347*(PUNU\#(1))$

' (-1.44) (2.47) (.60)

' OLS (1993-2002) $R^2 = .69$ $SD = 34.7908$ $DW = 2.284$

' 石油精製

$OILREF\# = 520.379 - .432979*(FDOIL - PDPT + PTELEC\#)$

' (.94) (-1.21)

+ .989230*(OILREF\#(1))

(12.66)

' OLS (1981-2001) $R^2 = .987$ $SD = 183.3778$ $DW = 2.054$

' コークスなど生産

$COLCOKC\# = 303.972 + .569749*(FDCOK + COKELEC\#)$

' (.94) (2.55)

+ .509380*(COLCOKC\#(1))

(3.01)

' OLS (1981-2002) $R^2 = .81$ $SD = 469.6904$ $DW = 1.225$

' 一次エネルギー国内供給計

$COAL = 3050.05 + .844220*((FDCOL + COLELEC\# + COLCOKC\#))$

' (3.44) (19.73)

' OLS (1980-2002) $R^2 = .946$ $SD = 1,051.29$ $DW = 1.372$

$OIL = 190.269 + 1.01881*((OILREF\# + OILELEC\#))$

' (5.12) (147.81)

' OLS (1980-2002) $R^2 = .999$ $SD = 55.3430$ $DW = 1.118$

$NG = 398.249 + 6.13186*(NGELEC\#)$

' (18.62) (14.10)

' OLS (1980-2002) $R^2 = .9$ $SD = 66.6829$ $DW = 1.512$

$HD = .0000000 + 1.00000*(PUHD\#)$

' (1.81) (3430116502075000.00)

' OLS (1980-2002) $R^2 = 1.$ $SD = .0000000$ $DW = .008$

$NU = .0000000 + 1.00000*(PUNU\#)$

' (-4.65) (16856045056733600.00)

' OLS (1980-2002) $R^2 = 1.$ $SD = .0000000$ $DW = .062$

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

’CO₂ および SO₂ 排出量

$$DISCO_2 = (1.08 * COAL + 0.837 * (OIL + PDPT) + 0.641 * NG) * 23.889 / 1000$$

$$DISSO_2 = COAL * 2 * 0.0115 * 0.8 * 2 * 2.3889$$

〔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] (財)日本エネルギー経済研究所計量分析センター「石油代替エネルギー計量分析調査」, 1999年3月
- [2] (財)日本エネルギー経済研究所計量分析センター「石油代替エネルギー計量分析調査」, 2000年3月
- [3] (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2月
- [4] (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年版』(財)省エネルギーセンター, 2004年2月
- [5] 李志東/伊藤浩吉/沈中元「中国中長期経済・エネルギー・環境に関する計量経済分析」IEEJ, 2003年2月
- [6] 伊藤浩吉『アジア/世界エネルギーアウトック』日本エネルギー経済研究所, 2004年3月
- [7] 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
- [8] 辰野博一/手塚哲央「日本・中国の産業構造変化とCO₂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・環境コンファレンス講演論文集, pp. 567-572, 2002年1月
- [9] 丁勇/朴永南/猪平進「中国のマクロ経済・エネルギー需給モデルと環境問題(1)」『岐阜経済大学論集』第36巻第3号, 2003年2月
- [10] 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10月
- [11] 室田泰弘/伊藤浩吉/榎屋治紀『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月
- [12] 白砂提津耶『例題で学ぶ初歩からの計量経済学』日本評論社, 1998年3月

- [13] 小宮山宏『地球持続の技術』岩波新書，1999年12月
- [14] OECD/IEA『2020年世界のエネルギー展望 2000年版』経済産業調査会，2001年
- [15] 友啓子『図説 中国経済入門』蒼蒼社，1998年
- [16] 田代秀敏/賀曉東/英華『沸騰する中国経済』中公新書ラクレ，2002年
- [17] 李志東『中国の環境保護システム』東洋経済新報社，1999年4月
- [18] 安藤満「中国における石炭エネルギー利用と環境問題」『日本エネルギー学会誌』第74巻第10号，日本エネルギー学会，1995年
- [19] 張宏武『中国の経済発展に伴うエネルギーと環境問題』溪水社，2003年9月
- [20] 総合研究開発機構『中国エネルギー・環境戦略』総合研究開発機構，2001年5月
- [21] 小島麗逸『現代中国の構造変動 環境——成長への制約となるか』東京大学出版会，2000年
- [22] 中国国家統計局『中国統計年鑑 2003』中国統計出版社，2003年
- [23] 中国国家統計局ホームページ <http://www.stats.gov.cn/>
- [24] 国家環境保護総局「中国環境状況公報」<http://www.zhb.gov.cn/>
- [25] 日本エネルギー経済研究所計量分析部ホームページ <http://www.ieej.or.jp/edmc/>
- [26] APEC データバンク <http://www.ieej.or.jp/egeda/>
- [27] 中国科技信息网 <http://www.chinainfo.gov.cn/>
- [28] 経済と法律 <http://www.economy-and-law/106-13.htm>
- [29] 世界銀行 <http://www.worldbank.org/>