

中国 2010年のエネルギーバランス シミュレーション^{*1}

慶應義塾大学産業研究所助教授 早見 均

【要約】

この分析は1980年代から世界的規模で急速な成長をとげた中国経済について、できるかぎり詳細かつ最新のデータで実証分析の結果に基づいた将来予測を行っている。とくにこれまでの多くの研究では、過去のデータが十分ではなく、エネルギー需要の価格弾力性さえまともに利用できない状態であった。その制約を先進国並みの詳細な部門分割を行って、はじめて本格的な計量経済多部門マクロモデルを構築したことにこの分析の意義があるものと考えている。

中国のエネルギー価格政策によって石炭価格が上昇したとしても、もし石炭需要の価格弾力性が十分大きなものでなければ、ほかのエネルギーへの代替はおこらず、結局のところ石炭依存を続けるほかに道はない。もし、簡単にほかのエネルギー、たとえば石油、に代替されてしまうとすれば、世界の石油市場に大きなインパクトを与えかねない。したがって、この数年みられたように中国の石油の輸入が急増するという傾向が続く可能性も否定できない。

他方で、最近の中国の成長産業は、むしろエネルギーはあまり消費しない軽工業が中心である。そのため、先進国に比較してエネルギー弾力性は非常に低い。だから中国が成長をしたとしても、エネルギー問題はほかの先進国の成長のようには大問題にはならない。CO₂排出量の問題にしても同じである、と考えることもできる。

このような疑問に直接回答を与えることができるのは、多部門で多品種のエネルギーを扱い、産

業連関表を中に取り入れたモデルだけである。各部門がどのようなエネルギー・ミックスを選択しているかの分析枠組が必要だからである。はじめに、これまでの研究のどこが不足しているかを点検し、さらに必要なデータセットをどう収集・整理・統合したかを述べ、そののちにモデルのフローチャートや方程式の推定結果、シミュレーション結果を解説することにする。最後に、若干の政策的インプリケーションとして、1．水力その他の再生可能エネルギーの開発は大きな意義を持つ、2．ガス利用の開発もある程度再生可能エネルギーと同様の効果を持つ、3．最近進めていると思われるエネルギー効率の改善は続ける必要がある、ということが得られた。しかし、これはあくまでベースラインケースのシミュレーションに基づく結果であり、今後より一層モデルを発展させる研究が必要であることはいうまでもない。

第1章 文献展望

21世紀の世界経済を考えるうえで最も詳細に分析しておかなければならない国のひとつである中国が、これまで単に計算可能な一般均衡モデルでしか分析されてこなかった。計算可能な一般均衡モデルでは、市場は完全競争状態で、少なくとも基準時点で成立している観察データが均衡状態であることを前提にしている。換言すれば中国の産業連関表が得られている年次である1987年（あるいは世界銀行の場合には独自に作成している1981年）に均衡が成立しているものとして分析されている。

*1 本稿は、日本輸出入銀行海外投資研究所がケンブリッジ・エコノメトリクス社に委託した「中国・日本2010年のエネルギーバランス・シミュレーション」の報告書を要約したものである。本報告書の執筆者は、ケンブリッジ・エコノメトリクス：クレア・オルガー（出版）、テリー・パーカー（ケンブリッジ大学）、スーザン・ベイリス、クレア・プライデン、ローラ・ベキッツ、キイス・ディクソン（出版）、ベン・ガーディナー、チャオドン・ホアン、リチャード・リーニ、マスユー・ウオード、および慶應義塾大学：早見 均であり、日本語版作成は慶應義塾大学：早見 均が行った。なお、本報告書は今後JBICリサーチペーパー（英文および和文）として発行の予定。

これには2つの理由がある。一つは明らかにデータが不足していること。もう一つは先進国の分析で得られた経験を、そのまま中国のような転換期の経済に応用しているにすぎないという研究者の惰性からくるものである。

これまで唯一データを大量に整備して推定作業を行っていたJorgensonグループのモデルも、中国を分析する場合には、計算可能な一般均衡モデルに従っている。^{*2} これには十分なデータが不足していることからくる制約と、中国モデルを計量モデル(観察データを用いて推定しているモデル)として分析することの困難を端的に示しているものといえよう。実際のところJorgensonグループでははじめから完全競争を前提としたモデルを構築しているので、これまでパラメターの推定を行っていたことがモデルの作成上さほど意味のある作業であったとはいえない。もちろん、推定に利用されているデータは、全要素生産性の推定などの観察事実をまとめるために重要な役割を果たしている。

表1はグローバルモデルの分析例の特徴を示している。エネルギー種別はやや詳細なものの、IEAモデルをのぞけば産業分割は3部門以下で

あり、そのIEAモデルでは中国は外生扱いになっている。このうち、最も包括的なモデルはOECDのGREENモデルである。計算可能な一般均衡モデルで作成されているため、投資は貯蓄によって決定され、すべてのセクターで規模に関して収穫一定となっている。ここで重要なものは外生的に与えられている自発的なエネルギー効率上昇(Autonomous Energy Efficiency Improvement = AEEI)であり、GREENでは各地域すべて共通のAEEIの値が設定されている。

表2は中国一国経済モデルについてまとめてある。最も詳細なモデルは世界銀行のモデル(Martin [1993])である。しかし、このモデルに使用されている弾力性の値はほかの国の計測例をもとに作成されており、中国の値ではない。当時最新であった1981年の産業連関表を利用している点が特徴である。一般均衡モデルのため、1981年に中国経済が完全競争の均衡状態にあったことが仮定されている。

もう一つの世界銀行モデルは、マクロモデルと産業連関モデルに分かれており、最終需要の値をマクロモデルで決めたあとで、産業連関モデルによる産業別の予測がなされている。産業連関表の

表1 グローバルモデルのまとめ

モデル	参考文献	タイプ	将来	詳細化	おもな特徴
GREEN	Burniaux et al (1992) van der Mensbrugge (1994) Burniaux et al (1992)	DGE	2050	12r 3i 12es	最大で最も包括的なグローバルモデル
Global 2100	Manne and Richels (1990), (1992) Manne (1992)	DO	2100	5r 9es	産業は一つ、地域はリンクしていない ため貿易は整合性がとれていない
12RT	Manne and Martins (1994)	DGE		12r 19es 20nes	Global 2100の修正
CRTM-1	Perroni and Rutherford (1993)	SGE	2020	5r 2i 9es	Global 2100に貿易のリンクを導入
CRTM-2	Manne and Rutherford (1994) Rutherford (1992)	DGE	2100	5r 2i 7es	
ERM	Edmonds and Reilly (1993)	PO	2100	9r 6es	エネルギー部門のみ
IEN	Vouyakis (1992)	Econ	2005	10r 9i 5es	中国は外生
Note(s)	DO 動学的最適化 PO 部分的最適化 SGE 静学的一般均衡 DGE 再帰的動学的一般均衡 Econ 計量経済学的モデル				
Source(s)	詳細化: r 世界地域, i 産業, es エネルギー源, nes 非エネルギー源 Hoeller et al (1992); Cambridge Econometrics (1995); 張 (Zhang) (1997).				

*2 Ho, Mun S., Jorgenson, Dale W. and Perkins, Dwight H., 'China's Economic Growth and Carbon Emissions.' In McElroy, M.B., Nielsen, C.P. and Lydon, P. eds., *Energizing China*, Cambridge Mass., Harvard University Committee on Environment, 1998, pp.301-342.

投入係数が日本や米国、西ドイツ、英国などの産業連関表の値を参照しながら予測されている。エネルギー強度に関する係数は、ボトムアップ方式で計算されている。中国の観察データによって計測されたものではなく、推計の詳細とモデルとの整合性がどのように保たれているかは不明である。

最も新しい中国モデルは、Zhangのモデルである。これも典型的な計算可能一般均衡モデルで、多段階のCES生産関数で必要な唯一のパラメーターである代替の弾力性はほかの研究やほかの国の値を利用している。エネルギーとCO₂排出は、AEEI係数によって左右されている。貿易に関しては小国の仮定と不完全代替の仮定にしたがっている。これらの仮定は標準的であるが、AEEI係数と小国の仮定を除くと、ほかの先進国と同

様のモデルになっている。

表3では、ほかのモデルの扱いとここでの中国モデルとの扱いを比較している。価格については、今回の分析では内生化するまでとっていないが、部門分割は非常に詳細で32部門を基本にしている。^{*3} 利用する産業連関表も1987年と1992年の2時点を利用している。ここでのモデルは、データが詳細であることと最新であることが、第1の特徴であるといえよう。第2に、エネルギー利用についても、セクター別に需要関数を推定しており、過去の観察に基づく予測を行っている。このことは産業連関表の投入係数の予測についても同様で、2時点の比較から推定されている。第3に、部門分割・データの整合性が、これまで研究蓄積のあるヨーロッパモデルE3MEと一致するよう保たれており、世界モデルとのリンクが容易にな

表2 中国一国経済モデルのまとめ

モデル	参考文献	タイプ	将来	詳細化	おもな特徴
世界銀行	Martin (1993)	DGE		24i	2重価格、限界価格、エネルギー部門は明示されていない
China GHG	World Bank (1994) Johnson (1995)	Econ/I-O	2020	18i 4es	4つのリンクした構成 フィードバックのないIOECDに基づいた投入計数予測 エネルギー効率への投資をモデルに
GREEN China	張 (Zhang) (1997) Clarke and Winters (1995) Garbaccio (1994)	DGE DGE SGE	2010 2050	6i 4es 3i 5es	エネルギー部門を強調 二重価格制の扱いなし 2重価格の粗い記述 2重価格制の計画/市場システムの明示的扱い
WBI-O I-O	Byrd (1989) 世界銀行 (1985) Lin and Polenske (1995) Polenske and Chen (1991)	SGE I-O I-O	2000		国営企業の2重価格制の計画/市場 単純な貿易の扱い
ADB	アジア開発銀行 (1993) Peng and Henslow (1993)	BU/TD DGE	2050		
VEC model ANL CASS	Chang and Lee (1996) Rose et al (1994) Yao et al (1994) Shi (1991) Ezaki and Ito (1993)	Econ DLP SD SGE GE	2000		1部門, 4変数・方程式 単純な貿易の扱い
Note(s)	IO 投入産出分析 BU/TD ボトムアップ/トップダウン (マクロ経済を含むエネルギーシステムモデル) SGE 静学的一般均衡 DGE 再帰的動学的一般均衡 Econ 計量経済学的モデル DLP 動学的線形計画 SD システム動学 詳細化: i 産業, es エネルギー源, nes 非エネルギー源				
Source(s)	IPCC(1995), 張 (Zhang) (1997), 各引用文献				

*3 Jorgensonグループのモデルでは、投資財と消費財を生産する生産者があるのみ、産業連関表は1987年のもののみ利用している。

るよう設計されている。第4に、エネルギー効率の上昇にはAEEIではなく、過去の累積投資に基づく技術進歩の効果を、エネルギー需要関数の推定に採用している。これによってエネルギー効率は自動的に発生するものではなく、投資によって導かれるものであることを明確に分析できる。

第2章 データ整備と体系化

この章は技術的な記述が多いので、ここでは簡単に述べるにとどめておき、詳細は本論文を参照していただきたい。はじめに、中国データの構築方法についてその概略を述べ、さらにこれらのデータから得られる観察事実の整理を行っている。

1. データベースの構築と出典

中国については、つぎの3つの統計による。すなわち、(1) 中国国家統計局『投入産出表』1987年および1992年。(2) 中国国家統計局産業交通統計部編『中国能源年鑑1991-1996年』『中国能源年鑑』1989年、1991年。(3) 中国国家統計局編『中国統計年鑑』各年。以上の統計では一部不足している部分があるが、それらについては世界銀行のデータベース、OECD/IEAの*Energy Statistics and Balances for non-OECD countries*、IMFの*International Monetary Statistics*を利用して補っている。ま

た、さらに最新の情報については、中国国家統計局や中国関連のWebsiteで最新情報を補完している。

産業・エネルギー種の分類については、各国共通のコードで分類されている。ただし環境情報についてはデータの不足によって未収録のものもある。また、中国の一般の統計では分類基準が異なるため収録できない系列もある。とくに農村家計の商品分類にその傾向が著しい。そのほかは各種のデータを駆使して推計している。当然のことながら、産業連関表についても中国では実質系列を公表していないので、デフレータを推計している。これは産業別産出額・産業別GDP・産業別輸出・産業別輸入についても同様で、デフレータの推計を独自に行っている。家計消費・投資のような最終需要項目についても同様にデフレータを独自に推計している。これらの独自に推計したデフレータは、マクロでは公表されているいくつかの系列に一致するよう集計条件が課せられている。実際に、この作業にかけられた日数は非常に多く、また世界的に類をみない統計データベースとなっている。

環境関係のデータの推計も同様で、慶應義塾大学産業研究所・中国国家統計局・環境保護局の共同研究プロジェクトで得られた1987年の『日中部門対応エネルギー・環境分析用産業連関表』の成果を利用して、独自に時系列の推計を行っている。

日本については、とくに述べるまでもないが、

表3 中国経済のおもな特徴に関するモデルの扱い

特徴	ほかのモデルでの扱い	E3MGで望まれる扱い
混合経済 地域差 産業構造の変化 二重価格制	外生的要素 なし 部門の細分化 Garbaccio と Byred では明示的、より複雑なモデルでは限界市場価格に経済主体が反応する	混合価格; 不完全競争 都市・農村の分割 部門の細分化, 最近のデータの利用 明示的に扱う
管理貿易 二重為替制 非伸縮的労働市場 管理投資	通常はArmington, 小国の仮定 世界銀行は固定公定レート 伸縮的労働市場が一般的 貯蓄や産出高から導かれる	世界プールとの貿易 仮定するか産出高とリンク
混合エネルギー価格 エネルギー効率の改善	単純だがGREEN Chinaでは取込み 産業構造と価格反応性の変化 AEEI, China GHGモデルはボトムアップアプローチ	明示的なエネルギー利用方程式

Source(s): 表1と2を見よ

産業連関表と国民経済計算、エネルギーバランス表および各種の労働統計を利用している。部門分割などほかの国との整合性はこの研究ではじめて行われ、独自に推定されている。

2. E3MGのデータ構造

以上の基礎統計がそろると、モデルの推定と予測に必要なデータベースを構築する準備が整う。これには5種類のデータベースが必要で、(1)外生変数のセット、(2)消費支出分類と産業部門分類の変換などに代表される部門分類コンバータ、(3)間接税率の処理などの統計的整合性に必要なコンバータ、(4)パラメーターセット、(5)カリブレーション値、ラグつき変数、初期値のセット。これらのデータセットは、相互に整合性がとられるよう補間されたり、さらに一部では修正が施されている。

3. 中国のエネルギー需要とCO₂データの展望

この節では、ここまでで得られたデータを用いてエネルギー消費とCO₂排出に関する観察事実の整理をしている。はじめに大きな傾向を、次に部門別、燃料種別の傾向を観察している。最後に弾力性を計算しその要因分解も試みている。

最終エネルギー消費の傾向については、石油換算トン(toe)で全エネルギー消費量を集計すると、中国では1980年に4億1,300万toeであったものが、1985年に5億5,100万toeに、さらに1990年には7億2,200万toe、1996年には10億5,500万toeへと増加している。16年間で255%の増加である。年平均成長率は5.86%である。しかし、同時にGDPは1984年から1996年までにほぼ年平均8%で成長しているため、全エネルギーのGDP弾力性は0.731となる。これは日本のような先進国のエネルギーのGDP弾力性が1を超えているとわれていることから比較すると小さい値である。成長をしてもエネルギー需要がそれに比例して伸びない理由に、エネルギー消費量の構成が変化しているのではないかということも考えられるが、中国では一次エネルギーの消費構成には大きな変化がなく、ひどく石炭に依存している。そのため石炭消

費にしたがってCO₂の排出も比例して増大し、やはり16年間で1.5倍以上になり、1996年には10億5,200万炭素トン(4,900万トンのセメント起源を含む)となっており、日本の3倍以上の値である。

一次エネルギーの構成には大きな変化がなくとも、最終消費エネルギーの構成には大きな変化があった。それは電力へのシフトである。電力のエネルギー消費の全エネルギー消費に占める割合は、1985年に18.1%であったものが、1996年には24.7%に上昇している。なかでも、家計の電力消費は1985年に比べ1996年には4.5倍になっている。ところが発電は依然として石炭に頼っているため、発電部門の石炭消費が1985年から1996年の間に2.7倍に増加している。

産業別では、鉄鋼、非鉄金属、道路輸送、化学のシェアが増大しており、家計、鉄道輸送、鉱物のシェアが低下している。そのほかの繊維や紙・パルプは原油・重油の使用からより軽い石油製品へとエネルギー需要がシフトし、同時に電力の消費も増加している。

CO₂の推移については、発電が1980年と比較して1996年には2.5倍のCO₂を排出している。家計は電力へシフトしたため同時期にCO₂が4.6%減っている。産業部門では石炭以外からのCO₂は増加しているが、主力は石炭であることに変化はない。

エネルギーの生産弾力性、実質生産量が1%伸びたときエネルギー消費が何%伸びるか、は、全体で0.621であり、同時期のエネルギーのGDP弾力性0.899よりも低い値になっている。しかし、その産業別特徴は、電力の弾力性が1を超えており、化学や非鉄金属も0.9を超える値を示している。とくに電力の弾力性が1を超えると、今後最終エネルギー消費がさらに電力にシフトするならば、全体のエネルギー弾力性は上昇していかざるを得ない。実際、1986年から1996年までの間に全エネルギーの生産弾力性は、0.08%ポイント上昇している。つまり1%成長すると以前より0.08%余計にエネルギーの需要が伸びることを示している。この変化の要因分解をすると、成長率の高い産業からの寄与はマイナスであるが、各部門のエネルギーの生産弾力性自体が上昇していることがわかる。

同様の分析をCO₂の生産弾力性についても行うと、CO₂弾力性は1985年から1996年で0.591であ

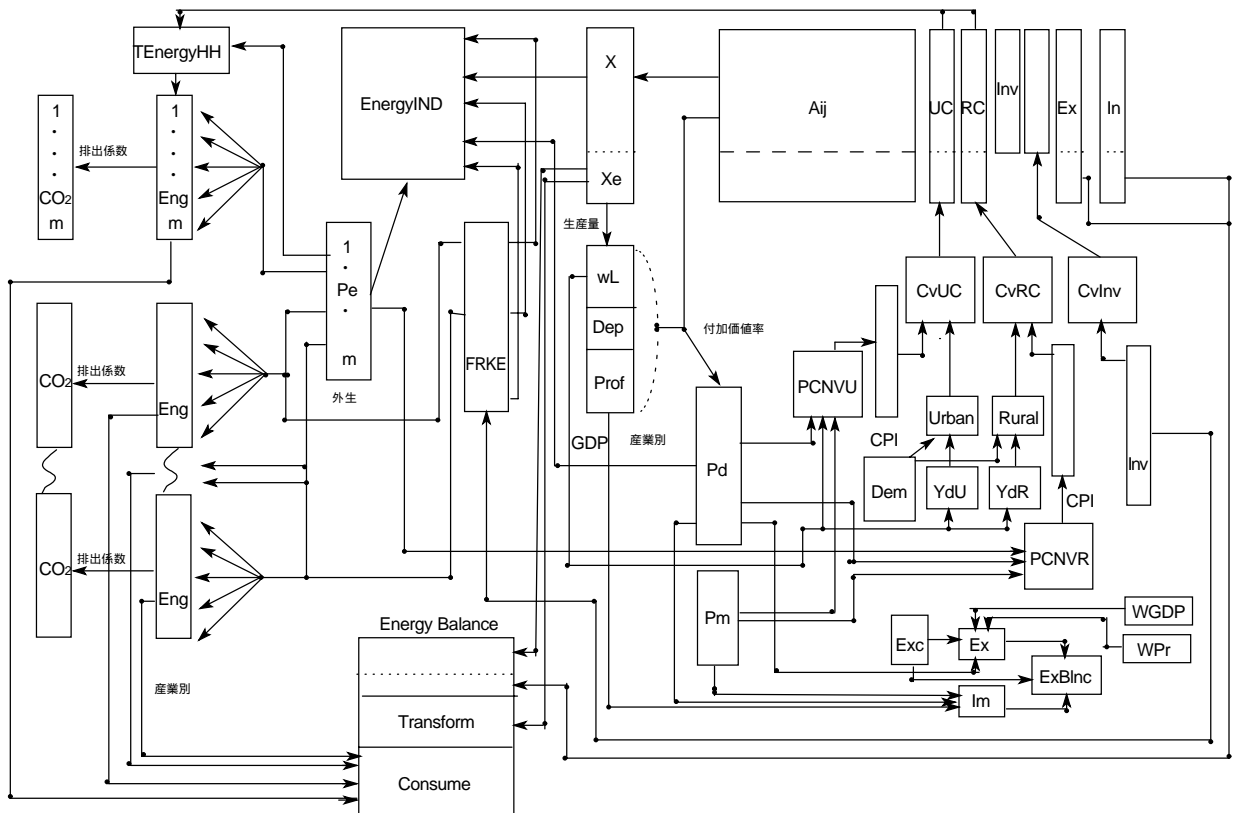
る。同時期のCO₂のGDP弾力性0.860よりも低い値になっている。エネルギーの生産弾力性と同様に、電力の弾力性が1を超えており、化学や非鉄金属も0.9を超える値を示している。1986年から1996年までの間にCO₂の生産弾力性は、0.07%ポイント上昇している。要因分解でもエネルギー消費と同様の傾向が観察されている。つまり、成長している産業のCO₂弾力性が相対的に低いことはマイナスに寄与しているが、個別産業の弾力性は上昇している。成長産業が比較的付加価値率の高

い産業であることが、中国のエネルギー強度(GDP当たりのエネルギー消費)を低くしている要因になっているといえる。

第3章 モデルの構築 : E3MG-China

この章ではモデルの構築に関してとくに中国モデルの場合にどのように定式化されているかを記述している。ここでは要約的なフローチャートを

フローチャート



記号の説明

Aij	投入係数行列	Exc	為替レート	TEnergyHH	家計の総エネルギー消費
CO ₂	CO ₂ 排出量tonne	FRKE	技術進歩インデックス(産業別)	Transform	エネルギー転換 エネバラ表
Consume	エネルギー最終消費toe エネバラ表	Im	輸入(商品別)	UC	都市家計商品別消費
CPI	消費者物価(費目別, 農村・都市別)	Inv	固定資本形成(商品別)民間・公的	URBAN	都市家計費目別消費
CvInv	投資財コンバータ	PCNVR	農村消費価格コンバータ	wL	雇業者所得(産業別)
CvRC	農村家計消費財コンバータ	PCNVU	都市消費価格コンバータ	WGDP	世界総GDP
CvUC	都市家計消費財コンバータ	Pd	国内価格(産業別)	WPr	世界貿易価格
Dem	人口学的変数	Pe	エネルギー価格	X	産業別生産量
Dep	固定資本減耗(産業別)	Pm	輸入価格(産業別)	Xe	(1990年固定価格) エネルギー生産量
Eng	エネルギー種別消費量(家計と産業)	Prof	営業余剰(産業別)		
EnergyIND	産業別総エネルギー消費量	RC	農村家計商品別消費	YdR	農村家計可処分所得
Ex	輸出(商品別)	RURAL	農村家計費目別消費	YdU	都市家計可処分所得
ExBlnc	対外債務残高	Supply	エネルギー供給 エネバラ表		

示すことにしよう。

第4章 モデルの推定結果：エネルギー 需要方程式・対外バランス

ここではとくにエネルギー需要方程式について推定結果の詳細を解説している。モデルの推定には、共和分・誤差修正モデル(Co-integration and Error Correctoin Model)が用いられており、1990年代に利用の広まった時系列推定のスタンダードな手法を厳密に踏襲している。

燃料利用者別の総エネルギー需要方程式を計測し、その後に各燃料利用者別に燃料種別の配分方程式を推定するという2段階の推定方法を採用している。燃料利用者は17部門に分割され、燃料種は石炭・重油・天然ガス・電力の4種類である。これ以外の燃料については価格データを得ることが困難であったため、価格とは関係なくシェアが計算されている。

総エネルギー需要方程式は、経済活動指標(通常はその部門の実質産出高、家計の場合は実質全家計消費量)、エネルギー相対価格(総エネルギー価格をGDPデフレーターで割ったもの)と技術進歩の指標である累積投資額、および平均気温を独立変数として持つ回帰分析で推定されている。

エネルギー種別の需要方程式は、総エネルギー水準とそのエネルギー種と総エネルギーの相対価格と技術進歩の指標である累積投資額で推定されている。

需要方程式は、長期の共和分方程式と短期の誤差修正項が含まれた調整方程式について推定される。誤差修正項の係数がマイナスであれば長期の状態に収束することが約束されている。家計の重油需要と鉄道輸送の天然ガス需要のみ係数が理論的整合性を満たさず、構成比が価格とは独立の方程式に縮退している。そのほかは、すべて誤差修正項の係数はマイナスに計測されている。

実際には、長期の共和分方程式の検定統計量である4期のラグをもつADF統計量は、多くの方程式で有意に計測されており、単位根検定は合格している。しかし、いくつかの方程式では帰無仮説が棄却できないでいる。これは今後の検討課題である。この手の検定はもともと検定力が低い

が、サンプルサイズが少ないために、さらに低くなっているのが問題である。

総エネルギー需要方程式では、相対価格の係数はすべてマイナスに推定されて理論条件を満たしている。また、経済活動水準に対する弾力性は、食品・飲料・タバコ、紙・印刷、そのほかの最終利用で1を超えており、産出高が1%伸びるとそれ以上エネルギー需要が伸びることを示している。電力についても、0.96と比較的高い値が推定されており、非鉄金属0.94と同様、プリミティブなデータでの分析と整合的である。価格弾力性は、マイナス0.15から0.5の間であり、相対的に価格が上昇すると全体としてエネルギーを節約する行動が観察されている。

個別エネルギーの需要方程式では、石炭が最も大きな比重を占めている。石炭の需要方程式では、総エネルギーの係数は1に近くなっており、総エネルギー需要が1%上昇するとほぼ石炭需要も1%上昇する。一方、電力の需要方程式では、総エネルギーの弾力性は1を超えるケースが増えており、同時に価格弾力性もマイナス2を下回る大きな絶対値を示すケースも計測されている。このように電力需要はより総エネルギー需要に敏感に反応し、また価格の上昇があると石炭よりも需要量が低下することが示されている。天然ガスについては、もともとの需要量が少ないためデータが不安定なこともあり、結果は明確に現れていない。価格弾力性よりも総エネルギー需要に対する弾力性のほうが大きいケースがみられる。重油についても天然ガスと同様の傾向がみられる。電力の重油に対する需要は十分満足な結果が得られていない。これは電力に投入された総エネルギーが増加しているにもかかわらず、重油の投入量が低下しているためである。このような現象は家計の電力需要についてもいえる。家計の電力需要は急速に増加したが、総エネルギー需要の伸びは多くが石炭で、それは緩慢なものである。そのために統計的に有意な計測結果が得られなかったのである。

中国のエネルギー需要の価格弾力性をすべての領域において理論と整合的に推定するにはまだ十分なデータの蓄積もない。また制度的な変革期にあるので、エネルギー部門ではとくに価格の自由化ないしは公定価格の引上げを経験してきた時代

である。こうしたことから中国政府と国連の開発プログラム（UNDP）の研究でも、価格弾力性の推定値を与えることは行っていない。利用できるデータの制約で推定できなかったというのがその理由である。ここでは、それをあえて計測しているが、中国ばかりではなく他国の計測例を比較して吟味しつつ、この計測結果をシミュレーションでは生かすことにする。

対外バランスの計測は、とくに要請があって推計したものである。輸入需要関数についてはマクロの関係式で、国内外の相対価格と国内需要から決定され、輸出需要関数については、やはり実質輸出価格と世界の総需要から決定される。そして、対外債務の増加が為替レートと輸出入バランスで決まってくるという方程式から導かれている。これらの計測結果は、相対価格の効果が弱いことを除けば十分な説明力をもつ結果が得られている。シミュレーション結果で、対外バランスがどのように変化するかを解説することにしよう。

第5章 モデルシミュレーション

ここでのシミュレーションは、ベースラインの予測を示すことにある。その際に必要なマクロ経済に関する前提は表4に掲載されている。ここで

問題になるのは、中国のGDP成長率が果たしてどの程度になるかということである。中国の統計自体が成長率を過大に推定しているのではないかという疑問もある。^{*4} ここでの統計は1997年の修正後の数値に基づいてはいるが、今後このような修正がないものとは限らない。その意味で数値は相対的な評価の指標と考えるのが安全であろう。

今回は、マクロのGDP成長を年率ほぼ7%で推移するという想定に基づいている。この想定に整合的になるように、その他必要な外生変数の値がセットされている。たとえば図1の産業別生産高の推移についてもそうである。このような前提のもとで、マクロの値についてのシミュレーションの結果が表5に掲載されている。

最終エネルギー消費は、1990年から2010年までに1.75倍になり、その結果全CO₂排出量も1.75倍になる。つまり、エネルギー消費とCO₂排出量はほぼ平行に増加することが示されている。石炭の価格は電力や原油に比べ2から3%ポイント上昇率が高いにもかかわらず、エネルギーの代替は十分ではなく、中国が石炭中心のエネルギー構成から抜け出ることができないことを示唆している。

同時に、GDPのエネルギー強度をみると、1990年の33(千toe/\$百万,1990年)から2010年の12.7(千toe/\$百万,1990年)へと半分以下に低下して、エネルギーのGDP効率はかなり上昇している。この

表4 いくつかの基本的なマクロの前提

		1990	1995	2000	2005	2010
都市人口	(百万)	299.7	363.7	444.1	543.0	664.0
農村人口	(百万)	835.5	836.6	869.9	872.9	861.8
総人口	(百万)	1135.2	1200.2	1314.0	1415.9	1525.8
GDP	(\$百万,1990年価格)	18548.0	29630.4	42711.8	59833.2	84132.8
都市消費支出	一人当実質\$	1278.9	1828.5	2190.3	2687.8	3303.3
農村消費支出	一人当実質\$	596.3	765.2	865.6	960.9	1012.9
全消費支出	(\$百万,1990年価格)	8814.3	13050.6	17255.3	22983.6	30662.6
		1990-95	1995-2000	2000-05	2005-10	
都市人口	(% pa)	3.9	4.1	4.1	4.1	
農村人口	(% pa)	0.0	0.8	0.1	-0.3	
総人口	(% pa)	1.1	1.8	1.5	1.5	
GDP	(% pa)	9.8	7.6	7.0	7.1	
都市消費支出	(% pa)	7.4	3.7	4.2	4.2	
農村消費支出	(% pa)	5.1	2.5	2.1	1.1	
全消費支出	(% pa)	8.2	5.7	5.9	5.9	

Source (s) : 中国国家統計局, ケンブリッジ・エコノメトリクス

*4 たとえば、American Embassy in Beijing, *The Reliability of Chinese Statistics*, Nov. 25, 1997. 集団所有制の産出高を全体として約20%引き下げたことが報告されている。

図1 産業別生産高の推移と将来予測

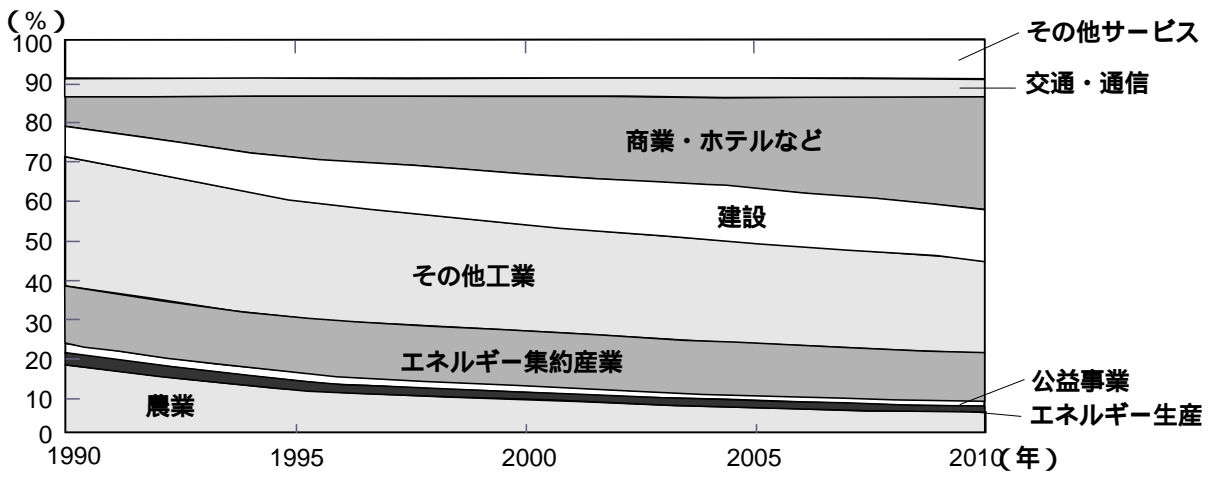
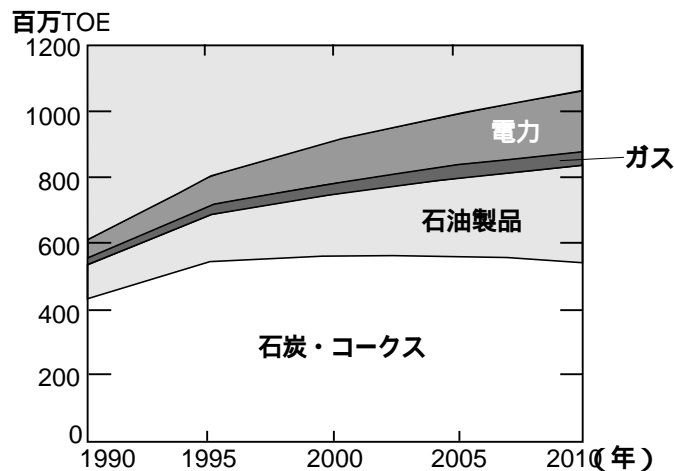


表5 全最終エネルギー需要とCO₂排出量

		1990	1995	2000	2005	2010
全最終エネルギー需要	(百万toe)	611.2	801.4	911.6	996.7	1068.9
GDPエネルギー強度	(千toe/\$百万,1990年)	33.0	27.0	21.3	16.7	12.7
エネルギー消費	(一人あたりkg)	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
全CO ₂ 排出量	(百万tc)	722.0	979.1	1102.7	1200.8	1260.1
GDPCO ₂ 密度	(千toe/\$百万,1990年)	38.9	33.0	25.8	20.1	15.0
CO ₂ 排出量	(一人あたりkgC)	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8
			1990-95	95-2000	2000-05	2005-10
全最終エネルギー需要	(%pa)		5.6	2.6	1.8	1.4
GDPエネルギー強度	(%pa)		-3.9	-4.6	-4.8	-5.3
エネルギー消費	(%pa)		4.4	0.8	0.3	-0.1
全CO ₂ 排出量	(%pa)		6.3	2.4	1.7	1.0
GDPCO ₂ 密度	(%pa)		-3.2	-4.8	-4.9	-5.7
CO ₂ 排出量	(%pa)		5.1	0.6	0.2	-0.5

Source(s): 中国国家统计局, ケンブリッジ・エコノメトリクス

図2 燃料種別最終エネルギー需要



ような高付加価値化が進んだとしても、中国のCO₂排出は止めることができないことをモデルは意味している。

燃料種別の最終エネルギー需要（図2）をみると、この間の状況がより詳細に理解できる。実際、石炭価格の相対的上昇によって全最終エネルギー需要に占める石炭・コークスの比率は、1990年に70%程度だったものが、51%程度まで低下する。そのかわり電力と石油製品、ガスの消費が増大する。それぞれほぼ年率4%で増加して、電力は3.3倍、石油製品は2.7倍に増加する。こうした意味で価格代替の効果は最終エネルギー需要には働いていることがわかる。

では、エネルギーの需要主体はなにかというと、サービス部門と運輸部門の成長が大きくなっている（図3）とくに広義のサービス部門の成長が高く、そのために経済の高付加価値化が進むのであり、GDP当たりのエネルギー効率が上昇することを立証している。サービス産業部門では絶対量は少ないものの、電力需要の伸びが1990年から2010年で6.7倍と大きな値になっている。ただし2010年でも電力需要全体の4.4%にとどまっている。したがって、問題は需要の伸びはそれほど大きくないものの在来の産業部門での電力消費の増大がCO₂排出の最重要課題となることがわかる。

燃料利用者別にCO₂排出量をみると、発電では1990年から2010年に2.46倍、エネルギー消費産業では1.85倍、その他の工業部門では1.19倍、運輸では1.74倍、サービス産業では6.09倍となる。

2010年の構成比は発電が30.7%、エネルギー消費産業が37.6%、その他の工業では18.5%、サービス産業では8.7%となっている。電力と工業部門からのCO₂排出がほとんどであることがわかる。こうしたことから、中国のCO₂対策としては産業部門、とくに発電のエネルギー効率の上昇や脱化石燃料化が効果を持つことがわかる。

マクロ経済とエネルギー消費の結果については、ある程度ほかの先行研究との比較も可能である。しかし、先行研究では十分な燃料部門の分解やエネルギーバランスを計測できていないことに留意すべきである。

最後に、中国の貿易バランスと対外債務のシミュレーションについて述べる。中国の輸出は世界貿易総量と強く結びついており、為替レートや貿易財価格の価格差とは統計的に有意な計測結果が現れていないことからわかるように、貿易バランスについては数量要因が支配的であると考えられる。輸入についても中国のGDP成長によって吸収される程度が強くシミュレーション結果にも反映しているが、世界貿易の輸出に与える効果よりは微弱である。これは中国自体の貿易政策に影響された計測結果から導かれた結論である可能性が高い。中国が自由貿易化を進め、GDPに対する輸入の弾力性も上昇してくるものと考えられる。

こうした状況で、中国が元の切下げを2000年から毎年5%ずつ行ったシミュレーションをしてみた。結果は、輸出への影響は少なく、一方輸入金額は元建てで膨張し、対外債務残高が急速に

図3 燃料利用者別最終エネルギー需要

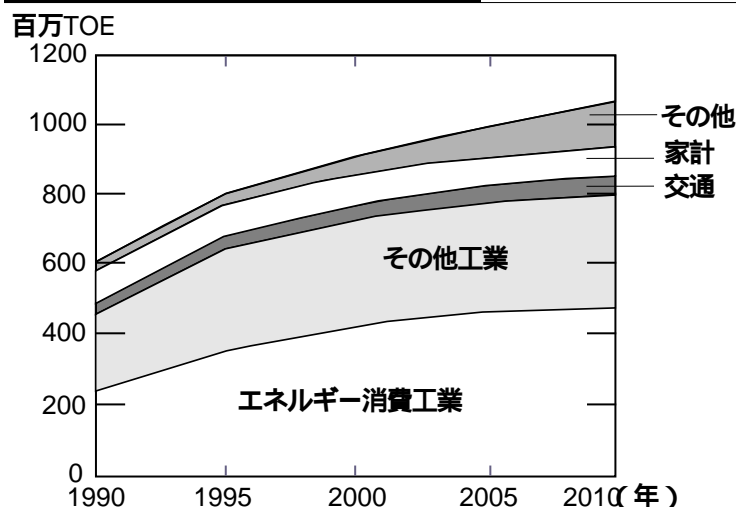


表6 中国のエネルギーバランス

	1990	1995	2000	2005	2010	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
					百万toe				年率 (%)
生産	703.0	869.0	1051.3	1153.0	1215.1	4.3	3.9	1.9	1.1
うち 固形燃料	540.0	680.0	836.1	906.6	927.9	4.7	4.2	1.6	0.5
原油	138.0	150.0	165.6	182.8	201.9	1.7	2.0	2.0	2.0
天然ガス	14.0	17.0	21.7	27.7	35.3	4.0	5.0	5.0	5.0
原子力	0.0	1.0	2.5	5.0	8.4	...	20.1	15.0	10.8
水力	11.0	16.0	21.2	26.6	37.2	7.8	5.8	4.6	7.0
熱 ¹	0.0	0.0	...	...	...	...	...	...	...
再生可能	0.0	4.0	4.1	4.2	4.4	...	0.7	0.5	0.5
純輸入	-32.0	-8.0	-4.6	-3.5	-2.4	-24.2	-10.5	-5.3	-7.4
うち 固形燃料	-9.0	-20.0	-24.9	-31.1	-37.8	17.3	4.5	4.5	4.0
原油	-21.0	-1.0	-0.7	-0.6	-0.6	-45.6	-6.1	-3.2	-2.0
石油製品	-3.0	14.0	21.1	28.2	36.0	...	8.5	6.0	5.0
石油計	-24.0	13.0	20.3	27.6	35.4	...	9.3	6.3	5.1
天然ガス	0.0	0.0	...	...	...	0.0	...	...	...
電力	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
総消費	671.0	861.0	1190.3	1352.8	1461.6	5.1	6.7	2.6	1.6
うち 固形燃料	531.0	660.0	811.2	875.6	890.1	4.4	4.2	1.5	0.3
石油 ²	115.0	163.0	329.6	413.8	486.2	7.2	15.1	4.7	3.3
天然ガス	14.0	17.0	21.7	27.7	35.3	4.0	5.0	5.0	5.0
原子力	0.0	1.0	2.5	5.0	8.4	...	20.1	15.0	10.8
水力	11.0	16.0	21.2	26.6	37.2	7.8	5.8	4.6	7.0
熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
再生可能	0.0	4.0	4.1	4.2	4.2	0.0	0.5	0.4	0.2
電力 (TWh)	621.0	1008.0	1262.9	1504.2	1764.3	10.2	4.6	3.6	3.2
うち 原子力	0.0	13.0	32.5	65.3	109.1	...	20.1	15.0	10.8
水力	127.0	191.0	253.2	317.0	444.7	8.5	5.8	4.6	7.0
火力	494.0	804.0	977.2	1121.8	1210.5	10.2	4.0	2.8	1.5
投入	-193.0	-325.0	-352.9	-404.4	-442.2	11.0	1.7	2.8	1.8
うち 固形燃料	-157.0	-275.0	-336.2	-386.0	-415.8	11.9	4.1	2.8	1.5
石油	-37.0	-48.0	-48.2	-53.5	-58.2	5.3	0.1	2.1	1.7
ガス	11.0	41.0	56.3	67.6	78.4	30.1	6.9	3.6	2.3
原子力	0.0	-1.0	-2.5	-5.0	-8.4	...	20.1	15.0	10.8
水力	-11.0	-16.0	-21.2	-26.6	-37.2	7.8	5.8	4.6	7.0
熱 ¹	0.0	0.0	...	...	...	0.0	...	...	...
再生可能	0.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	...	0.0	0.0	0.0
最終エネルギー消費	532.0	733.0	862.8	970.1	1071.8	6.6	3.3	2.4	2.0
うち 固形燃料	348.0	383.0	394.6	396.6	382.9	1.9	0.6	0.1	-0.7
石油 ²	77.0	141.0	187.8	234.0	284.7	12.9	5.9	4.5	4.0
ガス	25.0	58.0	78.0	95.3	113.8	18.3	6.1	4.1	3.6
電力	50.0	80.0	113.8	138.4	167.6	9.9	7.3	4.0	3.9
熱 ¹	15.0	25.0	34.7	44.5	52.9	10.8	6.8	5.1	3.5
再生可能	0.0	3.0	3.1	3.2	3.2	...	0.7	0.5	0.3

注：1.地熱 2.原油と最終石油製品 3.電力や地域熱供給のコジョネにより供給された熱

出典：中国国家統計局、ケンブリッジ・エコノメトリクス

悪化することになる。ここでのシミュレーションは、元の切下政策は中国にとって不安定要因として働くことを示唆している。

第6章 エネルギーバランス・シミュレーション：日本

この節では参考までに日本のエネルギーバランス・シミュレーションを行っている。中国の将来を考える上で日本の経験を参考にしてしている分析もある。この時点でのベースライン・シミュレーションは、日本政府の原子力推進政策を反映したものとなっており、その点で留保が必要である。政府予測では、1995年から2010年にかけてエネルギー消費は年平均1.5%で成長し、実質GDP成長率も2%をベースにしている。また、原子力エネルギーを国産エネルギーと考える統計の分類の仕方にも問題があるが、ここでは政府統計に従っている。

総エネルギー消費は、1990年から2010年まで年率1.1%平均で成長する。その結果、2010年には1.15倍の362百万toeになる。この間、エネルギー

種別には電力の消費が約2%で成長し、ほかのエネルギー消費は減少するか上昇したとしてもわずかである。その電力は、原子力の投入量が、同期間に2.2倍になり、年率2.5%で増加することになる。再生可能資源の投入も増加はするが、もとなるベースが小さいため全体への影響は少なくなっている。天然ガスの利用も進むと思われるが、ここでは十分な数値が得られていない。

一般的にいて日本のエネルギー需要は、石油からの離脱が大きなポイントとなるが、実際のところ1995年と2000年では石油の消費量が低下するが、2000年以降は再び石油消費が増大する予測となっている。これは想定している原油価格が2000年以降も安定して推移するためである。1999年には原油価格が急上昇しているが、その効果はここでは取り入れられていない。天然ガスの利用推進の程度、原油価格の動向、再生可能エネルギー開発の推進度については、今後より精緻なデータを利用してさらに詳しい研究が必要である。

表7 中国の貿易バランスと対外債務

		1990	1995	2000	2005	2010
Exports	(current prices, Yuan bn)	274.5	1220.7	1922.8	3220.0	4565.9
Imports	(current prices, Yuan bn)	223.4	1130.3	1450.0	2125.2	3146.5
Net export	(current prices, Yuan bn)	51.0	99.9	472.8	1094.8	1419.4
Exports	(current prices, US \$bn)	57.4	146.2	232.3	389.0	551.6
Imports	(current prices, US \$bn)	46.7	135.4	175.2	256.7	380.1
Net export	(current prices, US \$bn)	10.7	12.0	57.1	132.3	171.5
Exports	(Yuan 1990bn)	274.5	559.9	807.1	1359.7	1928.0
Imports	(Yuan 1990bn)	223.4	497.4	722.7	1064.2	1575.6
Export deflator	(1990=1)	1.00	2.18	2.38	2.37	2.37
Import deflator	(1990=1)	1.00	2.27	2.01	2.00	2.00
External debt	(current prices, US \$bn)	55.3	118.1	145.1	156.0	98.8
Assumptions		1990	1995	2000	2005	
		-95	-2000	-2005	-2010	
GDP in China	(% pa)	12.0	7.6	7.0	7.1	
Exchange rate	(US\$/Yuan)	0.1646	0.1205	0.1208	0.1208	
World output	(% pa)	2.9	3.2	3.0	2.0	
World trade price deflator	(% pa)	1.3	-2.4	-0.1	00	

Source(s) : 中国国家统计局, IMF, ケンブリッジ・エコノメトリクス

表8 日本のエネルギーバランス

	1990	1995	2000	2005	2010	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
					百万toe				年率 (%)
生産	81.5	98.2	100.5	112.6	139.2	3.8	0.5	2.3	4.3
うち									
固形燃料	6.1	3.7	3.0	2.0	2.0	-9.8	-3.9	-7.8	0
原油	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	5.8	4.5	0.0	0.0
天然ガス	2.1	2.2	2.0	2.0	2.0	1.2	-1.9	0.0	0.0
原子力	45.5	65.5	66.5	75.4	98.8	7.6	0.3	2.6	5.5
水力	20.5	18.9	18.1	19.7	21.3	-1.6	-0.8	1.7	1.6
熱 ¹	0.5	0.9	1.1	2.9	3.7	14.7	3.6	21.4	4.8
再生可能	6.2	6.2	8.8	9.6	10.4	-0.2	7.4	1.7	1.6
純輸入	390.2	445.7	439.1	454.7	466.2	2.7	-0.3	0.7	0.5
うち									
固形燃料	74.6	86.2	88.2	90.6	91.3	2.9	0.5	0.5	0.2
原油	219.7	245.1	236.5	245.9	244.5	2.2	-0.7	0.8	-0.1
石油製品	48.7	57.6	55.8	59.2	60.0	3.4	-0.6	1.2	0.3
石油計	268.4	302.8	292.4	305.1	304.5	2.4	-0.7	0.9	0.0
天然ガス	47.2	56.7	68.3	72.0	75.5	3.7	3.8	1.1	0.9
電力	...	...	...	...	...	...	...	...	...
総消費	471.8	543.9	549.4	580.3	609.9	2.9	0.2	1.1	1.0
うち									
固形燃料	80.8	89.9	91.2	92.6	93.3	2.2	0.3	0.3	0.2
石油 ²	269.0	303.6	293.4	306.1	305.5	2.4	-0.7	0.9	0.0
天然ガス	49.3	58.9	70.3	74.0	77.5	3.6	3.6	1.0	0.9
原子力	45.5	65.5	66.5	75.4	98.8	7.6	0.3	2.6	5.5
水力	20.5	18.9	18.1	19.7	21.3	-1.6	-0.8	1.7	1.6
熱	0.5	0.9	1.1	2.9	3.7	14.7	3.6	21.4	4.8
再生可能	6.2	6.2	8.8	9.6	10.4	-0.2	7.4	1.7	1.6
電力 (TWh)	846.9	974.2	1008.8	1113.8	1229.7	2.8	0.7	2.0	2.0
うち									
原子力	202.3	291.3	332.9	389.8	520.2	7.6	2.7	3.2	5.9
水力	91.2	83.9	100.9	117.0	140.2	-1.6	3.7	3.0	3.7
火力	533.5	599.0	575.0	607.0	569.4	1.6	-0.8	1.1	-1.3
投入	208.5	233.7	242.8	266.9	299.6	2.3	0.8	1.9	2.3
うち									
固形燃料	38.6	47.7	57.3	70.6	83.2	4.4	3.7	4.3	3.3
石油	68.3	60.8	51.0	47.1	40.6	-2.3	-3.4	-1.6	-2.9
ガス	33.3	37.8	46.6	49.6	51.9	2.6	4.2	1.3	0.9
原子力	45.5	65.5	66.5	75.4	98.8	7.6	0.3	2.6	5.5
水力	20.5	18.9	18.1	19.7	21.3	-1.6	-0.8	1.7	1.6
熱 ¹	0.4	0.7	1.1	2.9	2.7	13.0	9.0	21.4	-1.1
再生可能	1.9	2.3	2.2	1.5	0.9	3.6	-0.6	-7.7	-8.5
最終エネルギー消費	314.1	350.7	346.4	360.5	362.4	2.2	-0.2	0.8	0.1
うち									
固形燃料	41.9	40.1	38.6	31.8	25.1	-0.9	-0.8	-3.8	-4.6
石油 ²	186.8	210.5	208.0	220.7	220.9	2.4	-0.2	1.2	0.0
ガス	16.0	21.1	21.9	22.0	21.5	5.7	0.8	0.1	-0.5
電力	65.1	74.8	77.7	85.8	94.7	2.8	0.7	2.0	2.0
熱 ¹	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	21.7	0.0	0.0	0.0
再生可能	4.3	3.9	...	...	...	...	...	...	...

注：1.地熱 2.原油と最終石油製品 3.電力や地域熱供給のコジョネにより供給された熱

出典：資源エネルギー庁『総合エネルギー統計』1998年、環境庁『環境白書』各年、Cambridge Econometrics

第7章 おわりに：若干の政策提言

中国のエネルギー需要と環境関連の排出は、ベースライン・シミュレーションではかなり大きく増加することになっている。需要の大幅な増加を満たすためのエネルギー資源の開発、需要増加が与える中国国内とその他の国々におけるエネルギー価格への影響、中国と近隣諸国における地域的な汚染水準に与える影響を考える場合、この結果は重要な意味を持っている。それはまた1997年12月に合意された「京都議定書」の一部や1998年11月のプエノス・アイレスでの「第4回気候変化にかんする枠組み会議」で議論されたような温暖化ガスの排出制限について、中国が直面する課題を照らし出している。

この研究から導かれる多くの基本的な政策提言がある。

1. 水力その他の再生可能エネルギーの開発は大きな意義を持つ

水力とほかの再生可能エネルギー資源、たとえば木材やゴミ燃焼は、炭素やその他の排出ゼロのエネルギーを提供するが、適切な技術の利用が少なく制約を受けている。

水力や再生可能資源は、しばしば消費地点の近くで開発されるし、インフラストラクチャー（送電や配電）の必要性を減らし、しかも（送配電による）損失を減らすという点で重要な節約になる。適当な技術や望ましい立地要因を与えると、より伝統的な形態でのエネルギーと比較してコスト的にはより有利である。

再生可能資源の開発は、世界エネルギー価格への圧力を減らし、中国と世界のほかの国々にとっても便益をもたらす。潜在的な便益を数量化するためには代替的な再生可能資源の計画の持つ効果についてさらに研究することが役立つであろう。

2. ガス利用の開発もある程度再生可能エネルギーと同様の効果を持つ

ガス利用も同様の環境への便益を与える。炭素

の排出はあるが、石炭や石油によってつくられたエネルギーよりもずっと低い水準である。また、硫酸化物の排出を生まないという点でも利点がある。

ガスが利用されるときエネルギー効率は、一般に石炭よりもずっと大きいので、環境には有利に働く。

中国国内の限られたガス資源を考えると、ガス開発の優先度は南部の都市需要、そこはまた石炭生産のおもな拠点からは最も遠い場所であるが、最も急速に成長している中心部に対してなされるべきであろう。しかしながら、ガス利用は確かに発電に利点をもたらすが、発電のガス利用が進むには輸入の能力が拡大した場合のみ現実的である。

輸入能力が拡大した場合には、中国はとくに南東部で、石炭や石油火力発電よりもコスト効率的なガス開発という代案を、環境上の利点をもって進めることができる。

3. 最近進めていると思われるエネルギー効率の改善は続ける必要がある

何年もの間の急速な成長のあとで、石炭生産と最終的な石炭消費は、平均効率の著しい改善を示しつつ、低下している。石炭の発電利用は、にもかかわらず継続しており、将来も電力需要が伸びる限り継続するであろう。中国の温暖化ガスの将来の排出を削減するためには、効率が継続的に上昇することが重要である。この研究では、こうしたエネルギー効率の改善が継続することを仮定しているが、もし、より非効率的なエネルギー利用に戻るといったことが起きたり、データが誤解^{*5}に基づくような場合には、炭素排出についての影響は重大なものになる。

石炭消費の成長率が低下するという予測のもとですら、電力需要の増加地域に近い新しい発電施設に石炭を供給するためには、現存する国内輸送インフラや可能ならば輸入能力のかなりの開発が必要である。これはさらに石炭のコストを上昇させるものであり、さらに輸入石油などほかの燃料へのより大きな需要を潜在的に促すものである。

*5 エネルギー消費と産業の生産高について、直近データの値には不確実性がある。