

国際協力事業団

エジプト国エネルギー計画機構

エジプト国
エネルギー経済モデル策定調査

ファイナル・レポート
要 約

2001 年 1 月

(財)日本エネルギー経済研究所

エジプト国エネルギー経済モデル策定調査

目次

第1章	はじめに	1
1.1	調査の目的および目標	1
1.2	調査スケジュールと現地調査の概要	2
1.3	技術移転ワークショップの開催	3
1.4	モデルの構成	5
第2章	転換期の経済とエネルギー需要	7
2.1	転換期の経済	7
2.2	エネルギー需給の転換点	9
2.2.1	エネルギーと経済との関係	9
2.2.2	エネルギー需要増加要因	11
第3章	エネルギー需給概要	13
3.1	一次エネルギーとその流れ	13
3.2	エネルギー供給	14
3.2.1	一次エネルギー生産	14
3.2.2	石油精製部門	15
3.2.3	電力部門	16
3.3	最終エネルギー需要	18
第4章	エネルギー経済モデルのツール	19
4.1	計量経済モデル手法	19
4.1.1	マクロ経済モデルの考え方	19
4.1.2	計量経済モデル(エコノメトリック・モデル)	19
4.1.3	Simple E.(計量経済モデル構築ツール)	19
4.2	線形計画法	20
4.2.1	線形計画法(Linear Programming :LP)モデルの意義	20
4.2.2	線形計画法モデルの構造	21
第5章	マクロ経済・エネルギー需要予測モデル	23
5.1	マクロ経済ブロック	23
5.2	エネルギー需要予測ブロック	23
5.3	シミュレーション結果	24
5.3.1	価格シナリオ別シミュレーション結果	24
5.3.2	ベース・ケースのシミュレーション結果	27
5.4	応用分析:マクロ経済・エネルギー需要予測統合シミュレーション	32
第6章	エネルギー供給計画モデル	33
6.1	目的と機能	33

6.2	モデルの概念	33
6.3	出力情報	34
6.4	シミュレーション結果と考察	36
6.4.1	シナリオ設定	36
6.4.2	シナリオ別計算結果	37
6.4.3	戦略指数の比較	41
第7章	環境影響評価モデル	43
7.1	環境問題の現状と環境戦略	43
7.2	環境影響評価モデルの作成と推計結果	44
7.3	GHG 排出量推計の結果とその意味	45
第8章	データベース	49
8.1	データの収集状況	49
8.2	エネルギー・フロー	49
8.3	データベースの基本構成	52
8.3.1	データベース・ファイル・リスト	52
8.3.2	一組のデータベース・ファイル	53
8.4	データ・リンク	54
8.4.1	データの流れ	54
8.4.2	ファイル間のデータ参照	55
第9章	結び	57
9.1	モデルの構築	57
9.2	技術移転	57
9.3	主な調査結果	58
9.4	提言	61

表 一 覧

表 1.1.1	主な政策課題と分析項目	1
表 1.3.1	第1次現地調査ワークショップのプログラム	3
表 1.3.2	第2次現地調査ワークショップのプログラム	3
表 1.3.3	技術移転のためのカリキュラム	4
表 2.2.1	対 GDP 弾性値	10
表 5.3.1	シナリオ別シミュレーション結果の要約	25
表 5.3.2	主な石油製品の需要予測結果	26
表 5.3.3	電力需要、電力用燃料需要の予測結果	26
表 5.3.4	輸送用燃料の年平均伸び率	29
表 5.3.5	石油製品生産予測	30
表 5.4.1	感度分析サマリー	32
表 5.4.2	価格弾性値と交差価格弾性値（電力 vs 石油製品）	32
表 6.2.1	モデルの EXEL ワークシート	33
表 6.2.2	LP モデルの要素	33
表 6.2.3	対象エネルギー	34
表 6.3.1	消費項目の出力例	34
表 6.3.2	供給項目の出力例	35
表 6.3.3	利益性の出力例	35
表 6.3.4	一次エネルギー消費の例	36
表 6.4.1	ベース・ケースの前提	36
表 6.4.2	ベース・ケースの計算結果	37
表 6.4.3	エネルギー供給政策のためのシナリオ設定	37
表 6.4.4	シナリオ1の計算結果（2005/6年度）	38
表 6.4.5	シナリオ2の計算結果（2005/6年度）	38
表 6.4.6	シナリオ3の計算結果（2005/6年度）	39
表 6.4.7	シナリオ4のデータ設定	40
表 6.4.8	シナリオ4の計算結果（2005/6年度）	40
表 6.4.9	シナリオ5の計算結果（2005/6年度）	41
表 6.4.10	ベース・ケースとシナリオ1～5戦略指数の比較（2005/6年度）	41
表 6.4.11	ベース・ケース、シナリオ3と4の比較（2005/6年）	42
表 7.1.1	大カイロの大気汚染濃度（microgram/m ³ ）	43
表 7.1.2	室外大気汚染物質の上限値（microgram/m ³ ）	43

表 7.2.1	CO ₂ の排出係数	45
表 7.3.1	1998/99 年度における非 CO ₂ ガス排出量	46
表 7.3.2	エネルギー消費と CO ₂ 排出量の推移	47
表 9.3.1	主なエネルギー需要予測結果	58
表 9.3.2	感度分析結果	59
表 9.3.3	シナリオと主な結果 (LP モデル)	59
表 9.3.4	シナリオと主な結果 (環境影響評価モデル)	60

図 一 覧

図 1.2.1	調査スケジュール	2
図 1.4.1	モデル構成概念図	5
図 2.1.1	経済成長率への消費要素別寄与	7
図 2.1.2	経済成長率への部門別寄与	8
図 2.1.3	実質経済成長率と見通し	8
図 2.2.1	エネルギーと経済のトレンド	9
図 2.2.2	一次エネルギー並びに電力需要の年平均伸び率	10
図 2.2.3	部門別最終エネルギー需要の増加要因	11
図 3.1.1	一次エネルギー供給推移	13
図 3.1.2	原油供給とパートナー・シェア	14
図 3.2.1	一次エネルギー生産量推移	15
図 3.2.2	石油製品生産量推移	16
図 3.2.3	発電形態別発電電力量推移	17
図 3.2.4	発電所別発電電力量	17
図 3.3.1	部門別最終エネルギー需要推移	18
図 4.1.1	Simple E. の基本構成と概念	20
図 5.1.1	マクロ経済モデル（ブロック）の基本概念	23
図 5.2.1	エネルギー需要予測モデル（ブロック）の構成概略図	24
図 5.3.1	部門別最終エネルギー需要	27
図 5.3.2	エネルギー源別最終エネルギー需要	28
図 5.3.3	主な石油製品需要	28
図 5.3.4	一次エネルギー国内総需要	31
図 7.2.1	GHG 排出量推計のフロー・チャート	44
図 7.3.1	人口と GHG 対人口原単位の指数（1981/82 = 100）	48
図 8.2.1	エジプトにおける一次エネルギー・フロー	51
図 8.3.1	一組のデータベース・ファイル	53
図 8.4.1	ファイル間のデータの流れ	54

略語一覽

CAIP	The Cairo Air Improvement Project
CAPMAS	Central Agency for Public Mobilization and Statistics
EEA	Egyptian Electricity Authority
EEAA	Egyptian Environmental Affaires Agency
EGPC	Egyptian General Petroleum Corporation
ERSAP	Economic Reform and Structural Adjustment Program
FEI	Federation of Egyptian Industries
GOFI	General Organization For Industrialization
IDSC	The Cabinet Information and Decision Support Center
IEA	International Energy Agency
IEEJ	The Institute of Energy Economics, Japan
IMF	International Monetary Fund
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JICA	Japan International Cooperation Agency
MOI	Ministry of Industry
MOP	Ministry of Planning
NREA	New and Renewable Energy Authority
OEP	The Organization for Energy Planning
WB	World Bank

第1章 はじめに

1.1 調査の目的および目標

(1) 目的

本調査の目的は、エジプト国のエネルギー経済モデル(エネルギー政策の効果・影響等を評価する短期予測型シミュレーション・モデル)を開発するとともに、その構築・運用に関する技術移転を実施することにある。モデルは国家エネルギー計画に寄与することが期待されている。目標年次は2005/06年度である。

(2) 目標

1999年5月19日に署名されたS/WおよびM/Mによると、エジプト国カウンターパート(OEP)が求めている主な政策課題と分析項目は、表1.1.1のように纏められる。これらの政策課題がモデル出力の目標である。

表 1.1.1 主な政策課題と分析項目

NO	政策課題	分析項目
1	エネルギー価格政策問題	エネルギー価格の変動がエネルギー需要パターンと経済成長(GDP)に及ぼす影響 原油価格の変動がエジプト経済に及ぼす影響 ERSAP政策が国内エネルギー部門へ与える影響
2	エネルギー効率省エネルギー、環境問題	エネルギー生産・消費に関する技術的变化がエネルギー部門とエジプト経済に及ぼす影響 エネルギー政策とエネルギー効率との相関関係 エネルギー消費が大気汚染や地球環境等に及ぼす影響
3	エネルギー代替政策問題	石油代替エネルギーの導入がエネルギーや社会・経済部門に及ぼす影響 天然ガスや特定石油製品に関する政府の政策がエネルギーや社会・経済部門に及ぼす影響 エネルギー・ミックスにおける新エネルギー・再生可能エネルギーの役割
4	エネルギー需要予測問題	産業・経済政策の変化がエネルギー需要に与える影響 生活用水を供給するために必要なエネルギー(淡水化プラントのエネルギー需要) 経済開発に最も有利なエネルギー・ミックスのあり方

1.2 調査スケジュールと現地調査の概要

本調査は、1999年10月から2000年12月までの15ヶ月間に亘る。図1.2.1に、エジプトにおける現地調査の全体スケジュールを示す。

図 1.2.1 調査スケジュール

1999						2000		
7	8	9	10	11	12	1	2	3
			First Work-in Egypt			Second Work-in Egypt		
		IC/R			Pr/R 1		It/R	

2000								
4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Third Work-in-Egypt				Fourth Work-in-Egypt		
			Pr/R2			DF/R		F/R

(注) IC/R : Inception Report、 Pr/R1: Progress Report 1
 It/R : Interim Report、 Pr/R2: Progress Report 2
 DF/R: Draft Final Report、 F/R : Final Report

(1) 第1次現地調査

第1次現地作業(2ヶ月、10/17~12/15)においては、インセプション・レポートを説明し、カウンターパートとの協議により調査方針を確定した後、エネルギー政策の現状調査、エネルギー需給構造の現状分析、必要なデータの収集とデータベースの設計、各モデルの枠組みに関する基本設計などを行い、プログレス・レポート1にまとめた。また、エネルギー・モデル開発に係わるツールおよび手法に関する教育セミナー(ワークショップ)を開催した。

(2) 第2次現地調査

第2次現地作業(2ヶ月、1/15~3/14)では、モデルとデータベースの骨格を完成し、これまでの調査分析結果とモデルの基本構成をインテリム・レポートにまとめた。この間、データベース、エネルギー経済モデルの設計・開発を行うと共に、これに必要な社会・経済データの収集と分析、エネルギー需給構造分析に必要なデータ・情報の収集を引き続き行った。第1次現地調査に引き続き、ワークショップを開催した。

(3) 第3次現地調査

第3次現地調査(3ヶ月、6/5~9/2)においては、モデルの構築、モデルを使ったシミュレーション、モデルに関するマニュアルの作成、モデル開発およびオペレーションに係わる技術

移転、プロGRESS・レポート2の作成などを行った。特に、技術移転に関しては、2ヶ月かけて徹底的に行った。

(4) 第4次現地調査

第4次現地調査では、ドラフト・ファイナル・レポートを提出・協議すると同時に、再度モデルの説明をした。最後に技術移転セミナーを開催し、広くエジプト側関係者に本調査の成果を伝えた。

1.3 技術移転ワークショップの開催

(1) 第1次現地調査

モデル開発に関する予備知識と共通認識を得るために、講義資料を前もって準備して、1週間ワークショップを開催した。これを通して、カウンターパートはモデル構築に関するイメージの形成に資することができた。表1.3.1にワークショップのスケジュールを示す。

表 1.3.1 第1次現地調査ワークショップのプログラム

Date	Time	Program
Oct. 31 (Sun)	9:00 – 15:00	Introduction to Econometrics and Simple E
Nov. 1 (Mon)	9:00 – 15:00	Introduction to Macroeconomic Models
Nov. 2 (Tue)	9:00 – 15:00	Introduction to Energy Economics
Nov. 3 (Wed)	9:00 – 15:00	Introduction to Energy Demand Forecasting Model Building
Nov. 4 (Thu)	9:00 – 15:00	Introduction to LP Methods and LP Model Building

(2) 第2次現地調査

表1.3.2に示したようなワークショップを開催して、技術移転に努めた。

表 1.3.2 第2次現地調査ワークショップのプログラム

Date	Time	Program
Feb. 9 (Wed)	10:00 – 14:00	Energy Flow & Energy Balance Table Concept of Macroeconomic Model
Feb.10 (Thu)	10:00 – 14:00	Results of Factor Analysis Framework of Energy Supply Planning Model
Feb.21 (Mon)	10:00 – 15:00	Practice of Macroeconomic Model
Feb.22 (Tue)	10:00 – 15:00	Practice of Macroeconomic Model Explanation of Energy Demand Forecasting Model
Feb.23 (Wed)	10:00 – 15:00	Explanation of Energy Supply Planning Model
Feb.24 (Thu)	10:00 – 11:30	Practice of Energy Demand Forecasting Model

(3) 第3次現地調査

カウンターパートの要望(OEPとJICA調査団との間で交わされた2000年3月12日付けのM/M)

により、カリキュラムに基づいた講義・実習を、従来計画より、長期に亘って、かつ集中的に行った。技術移転の内容については、個々のモデル特有の理論と概念、モデル構築のためのツールと方法論、エネルギー経済モデル構築の手法、エネルギー・データベースとデータベース開発ツール、モデル・メンテナンス、を含めている。環境影響評価モデルについては、地球温暖化ガスについてエジプト独自の排出係数を設定して、排出ガス量の推定を行った。

講義・実習による技術移転は、モデルごとに割り当てられたカウンターパートに対して、第3次調査期間の前半7週間を割り当てて、徹底的に行った。

マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルは、計量経済学的手法(ツール Simple E.)に基づいてモデル構築を行うので、マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデル担当のカウンターパートが両方に参加できるカリキュラム編成とした。エネルギー供給計画モデルは、数理計画法(ツール Large Scale LP)に基づいてモデル構築を行い、エネルギーの知識を必要とするので、エネルギー供給計画モデルとデータベース担当のカウンターパートを対象にカリキュラムを編成した(表 1.3.3 参照)。すなわち、講義・演習による技術移転は、2チームが並行して行った。

表 1.3.3 技術移転のためのカリキュラム

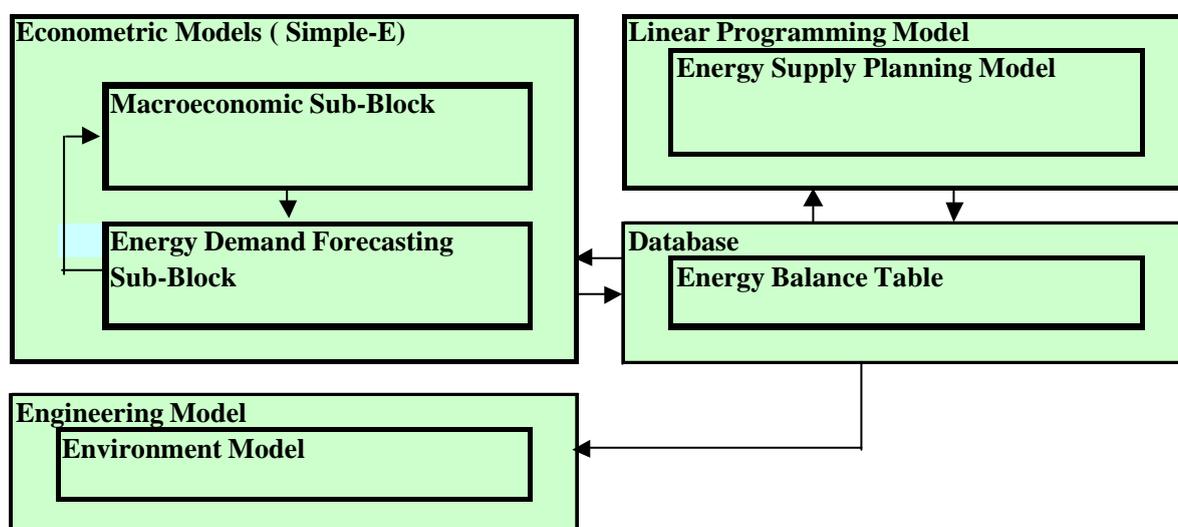
	Macroeconomic Model	Energy Demand Forecasting Model	Energy Supply Planning Model
1 st week	Simple-E	Code name Agriculture sector	Guidance Coal flow
2 nd week	Basic practice	Agriculture sector Industrial sector	Coal flow Gas flow
3 rd week	Basic study	Industrial sector Residential/Commercial	Gas flow
4 th week	Applied practice	Transportation sector Non-energy use	Total flow of energy system
5 th week	Test of model	Simulation Conversion sector	Total flow of energy system
6 th week	Simulation	Oil refining sector Electricity sector	Simulation Prices & cost
7 th week	Simulation	Total flow of model	Simulation

1.4 モデルの構成

図 1.4.1 にエネルギー経済モデルの構成を示す。モデル群は、計量経済学的ツールによって開発されるモデル(マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデル)と数理計画法によって開発されるモデル(エネルギー供給計画モデル)とに大別される。モデル開発はモデル毎に並行して行われたが、マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルはマクロ経済・エネルギー需要予測モデルとして一つのモデル体系とした。エネルギー供給計画モデルは、エネルギー供給システムと便益を評価する最適化モデルであり、目的関数や制約条件を入れるので、上記モデルとは別体系のモデルである。環境影響評価モデルは、データベースを介在して、マクロ経済・エネルギー需要予測モデルとエネルギー供給計画モデルの両方にリンクしている。

マクロ経済・エネルギー需要予測モデルは、シナリオ別にマクロ経済活動水準やエネルギー需要をシミュレートし、エネルギー供給モデルは、そのエネルギー需要予測結果を受け継ぎ、エネルギー産業の設備能力を制約条件とし、利益最大となるエネルギー・ミックスをシミュレートする。両モデルは独自に運用することが本来の目的に合うが、データベースを介在して同時に運用することも可能である。

図 1.4.1 モデル構成概念図



第2章 転換期の経済とエネルギー需要

2.1 転換期の経済

現在のエジプト経済は転換期にあるといわれる。ここではその特徴を調べてみた。

図 2.1.1 は消費要素の観点から経済成長への寄与率を示す。70年代半ばから80年代前半までの高原油価格の時期は、強い消費と強い投資で特徴付けることができる。輸入と政府消費は毎年大きく変動していた。80年代半ばに、国際原油価格が急落して以来、1993年までは投資の減少と弱い政府消費の低迷が見て取れる。

図 2.1.1 経済成長率への消費要素別寄与

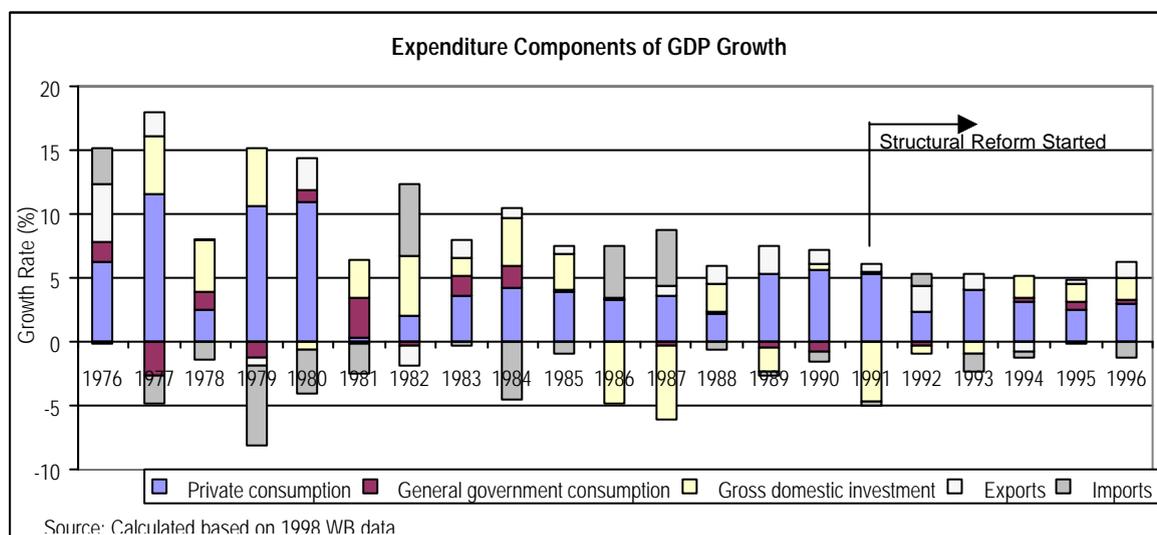
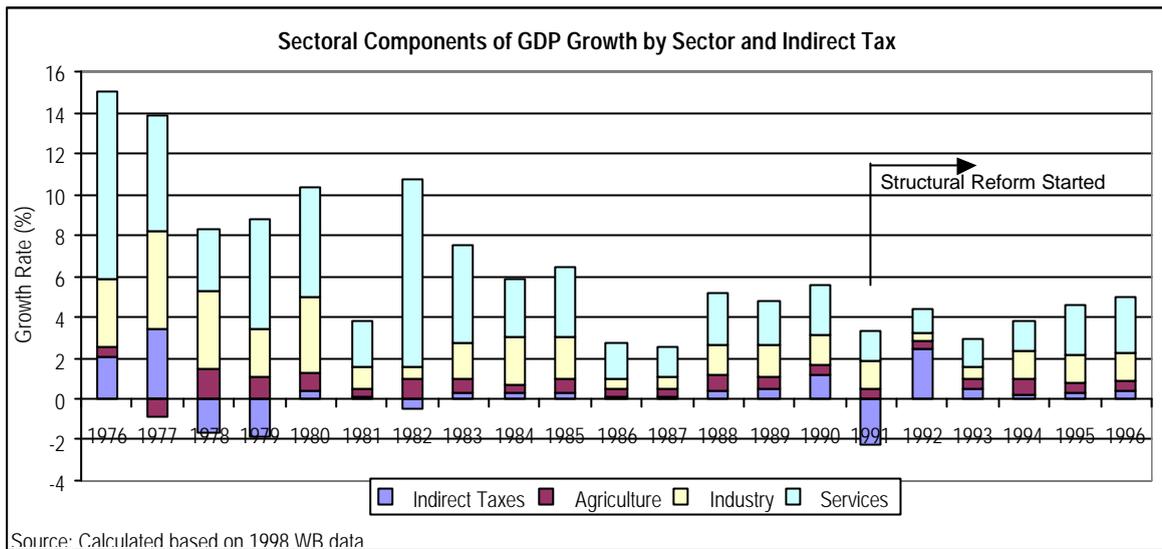


図 2.1.2 は経済成長率への部門別寄与率を示す。グラフ全体の期間を通して、農業分野に比べ、サービス部門と工業部門の寄与が顕著である。しかしながら、サービス部門と産業部門の寄与は80年代前半から縮まり始め、原油価格の崩落直後の1987年には最低になった。なお、1991年の間接税のマイナス寄与は1991年ERSAP(Economic Reform and Structural Adjustment Program、経済・構造改革プログラム)のショックと考えられる。1993年以降は徐々に安定成長に戻ってきている。

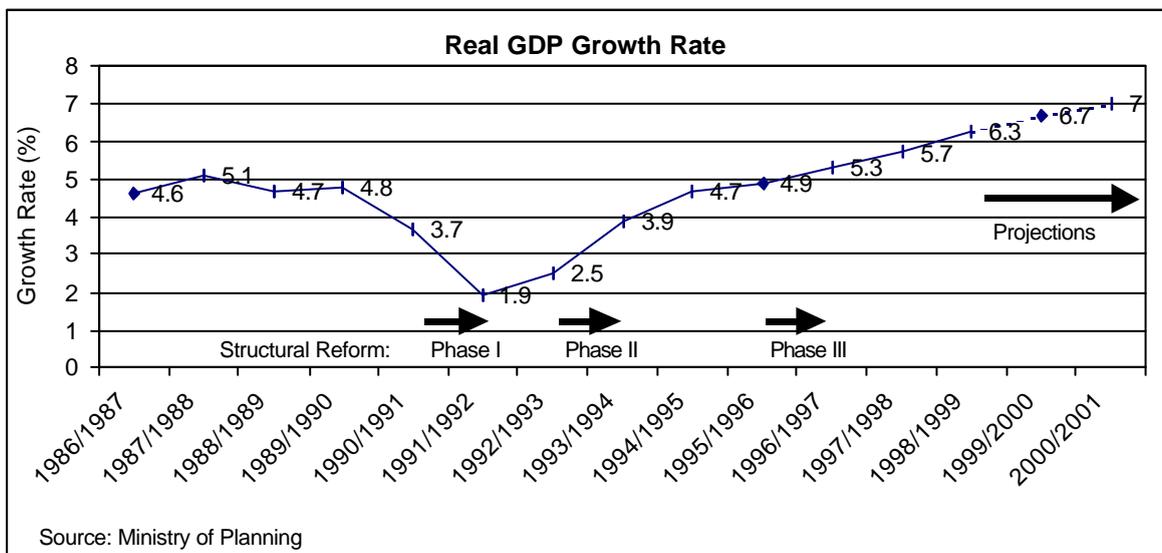
図 2.1.2 経済成長率への部門別寄与



このように、近年のエジプトは1993年以來、安定成長傾向を示しているが、これは構造改革のプログラムに符合していることが図2.1.3より見て取れる。

構造改革のフェーズIは1991年に始まった。最初に、国家財政委員会で、外為へのコントロールをほとんど廃止し、為替レートを統一、さらに消費税を導入、財政赤字を減少させた上、金利を自由化し、国債による財政赤字の融資を始めた。同時に、厳しい財政政策を課した。その結果、エジプトは1990年で25%のインフレーションを1997年には7%にまで減少させた。財政赤字は1990/1991年度のGDPの17%から1997/98年度にはGDPの1%まで減少した。さらに、医薬品、砂糖、食用油などの商品を除いて、工業製品に対する価格統制が解かれた。エネルギー価格は、現在では国際的なレベルのほぼ88%に達している。

図 2.1.3 実質経済成長率と見通し



さらに1993年には、IMFの”Extended Fund Facility Agreement”とともに民営化を強調する構造改革のフェーズが始まった。1996年には、新しい内閣の創設に続いて構造改革のフェーズに入ると、その焦点はエジプトでの投資環境の改良により民間部門のビジネスの活性化を図り、エジプトの競争力、特に輸出競争力を改善することにおかれた。

一方、将来計画は野心的で10年毎にGNPを2倍化し、2017年には現在の4倍にするというものである。このような目標を達成するためには、次の20年間に年平均で少なくともLE1,000億の投資が必要で、GNPの少なくとも25%がこうした投資需要を満たすために必要と見積もられている。

2.2 エネルギー需給の転換点

2.2.1 エネルギーと経済との関係

図2.2.1にエジプト経済とエネルギーの過去のマクロ・トレンドを示す。同図において、折れ線グラフは経済成長率(%)を、棒グラフは一次エネルギー供給(Primary Energy Requirement, PER, million toe)と発電量(Elec. Gene., TWh)を示す。GDPのトレンドを見てみると、1986/87年度と1991/92年度の二つの転換点を見出すことが出来る。1991/92年度は新経済政策ERSAPを発表した年である。

図 2.2.1 エネルギーと経済のトレンド

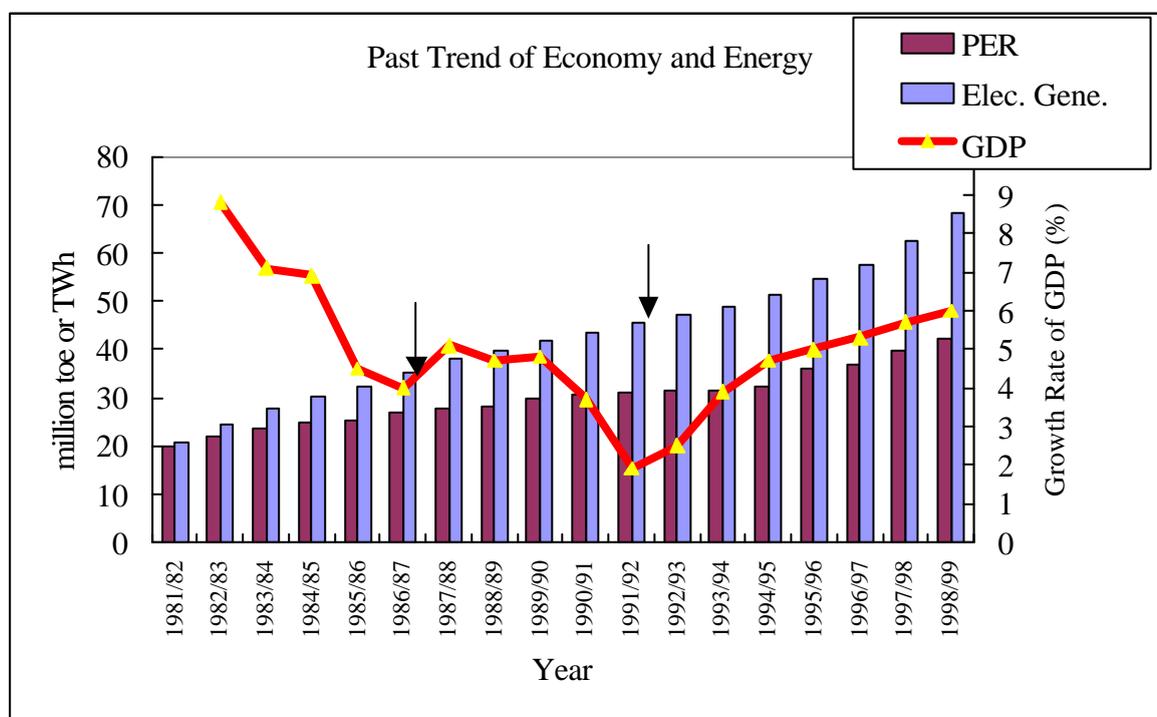


図2.2.2に一次エネルギー国内供給(PER)、発電量(Elec. Gene.)と電力消費量(Elec. Cons.)

の年平均伸び率(%)のトレンドを示す。これらと GDP 成長率の変化とを対応させると、転換点が二年ほど遅れて見受けられる。すなわち、1988/89 と 1993/94 年度である。これらの年度は、モデル構築時の回帰分析の開始年度として、しばしば用いられている。

図 2.2.2 一次エネルギー並びに電力需要の年平均伸び率

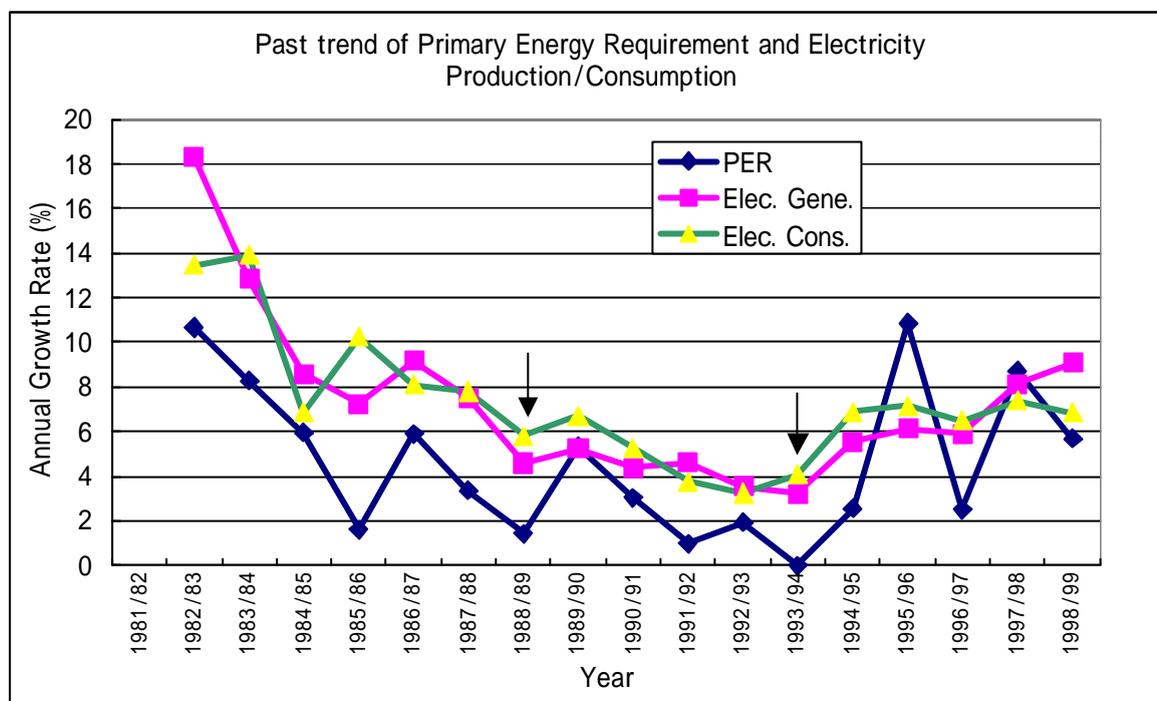


表 2.2.1 は、期間 1981/82 ~ 1986/87、1986/87 ~ 1991/92 と 1991/92 ~ 1998/99 間の GDP とエネルギー需給の年平均伸び率を示す。同表には、また対 GDP 弾性値をも示してある。一般的に言えば、期間 1981/82 ~ 1986/87 はエネルギー過剰消費期、次の 1986/87 ~ 1991/92 は調整期、そして 1991/92 以降がエネルギー需要回復期と言えよう。なお、電力の対 GDP 弾性値は年と共に改善基調にある。

表 2.2.1 対 GDP 弾性値

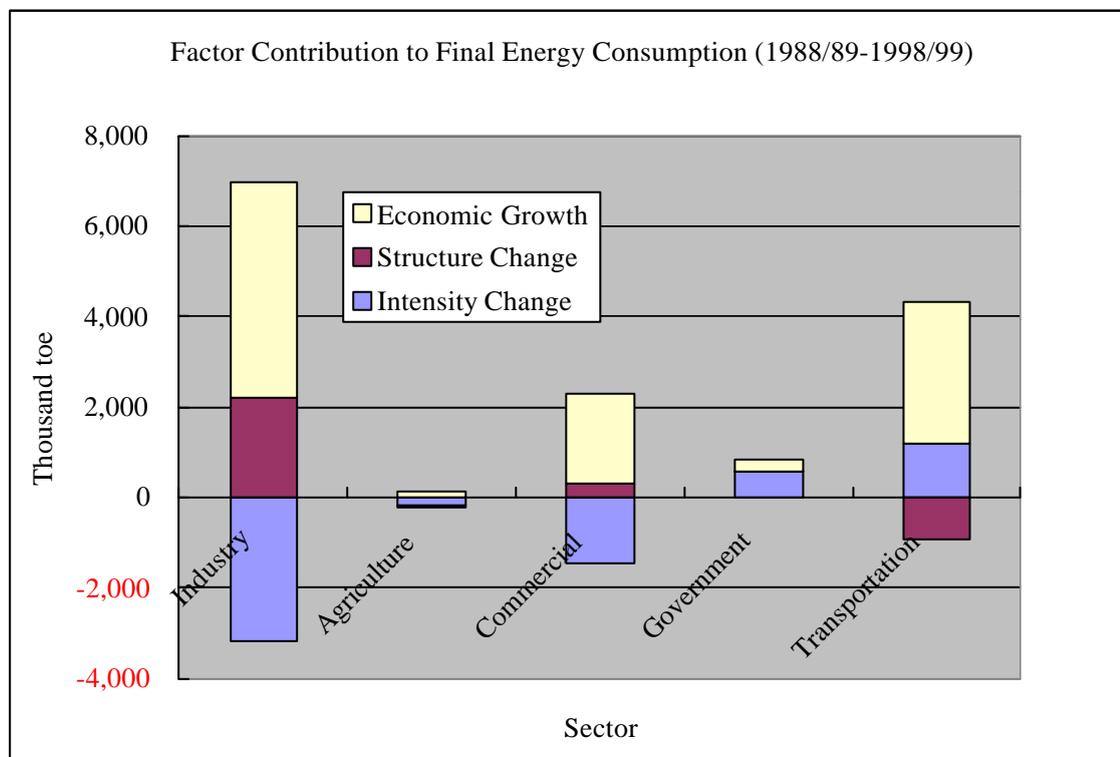
	1981/82-86/87	1986/87-91/92	1991/91-98/99
Growth rate (%)			
GDP	6.24	4.03	4.72
Primary Energy Requirement (PER)	6.43	2.81	4.54
Final Energy Consumption (FEC)	7.21	2.30	4.63
Electricity Generation	11.15	5.26	5.91
Electricity Consumption	10.46	5.86	5.99
Elasticity to GDP			
Primary Energy Requirement (PER)	1.03	0.70	0.96
Final Energy Consumption (FEC)	1.15	0.57	0.98
Electricity Generation	1.79	1.30	1.25
Electricity Consumption	1.68	1.45	1.27

2.2.2 エネルギー需要増加要因

一次エネルギー需要(Primary Energy Requirement)を三つの要因、すなわち、対GDP原単位、経済水準(GDP per capita)、人口要因に分けて分析してみた。対GDP原単位は、単位生産量(あるいは付加価値)当たりのエネルギー消費量を意味する。同原単位の減少傾向は生産性の向上あるいはエネルギー効率の向上をマクロ的に意味する。期間を1981/81~1988/1989、1988/89~1993/94、1993/4~1998/99の3期間に分けて分析した場合、原単位の改善が最近5ヵ年間において多少見られる。他方、電力部門においては各期間とも原単位の改善が見受けられた。

次に、エネルギー需要構造に変化をもたらす要因について分析してみた。要因として、各部門(農業、産業、運輸、商業、政府・公共)のエネルギー原単位の変化、各部門の役割の変化(構造変化)、経済成長に分けて分析してみた場合、エネルギー需要は基本的に経済成長に依存しているが、最近5年間の傾向としては構造変化要因がエネルギー需要を押し上げている。このことは、産業活動がエネルギー消費産業へとシフトしていることを暗示している。部門別に見ると、原単位の改善が産業部門と商業部門に見られる。他方、運輸部門では、構造変化はエネルギー消費を節約したが、原単位要因はエネルギー需要を押し上げている。

図 2.2.3 部門別最終エネルギー需要増加要因



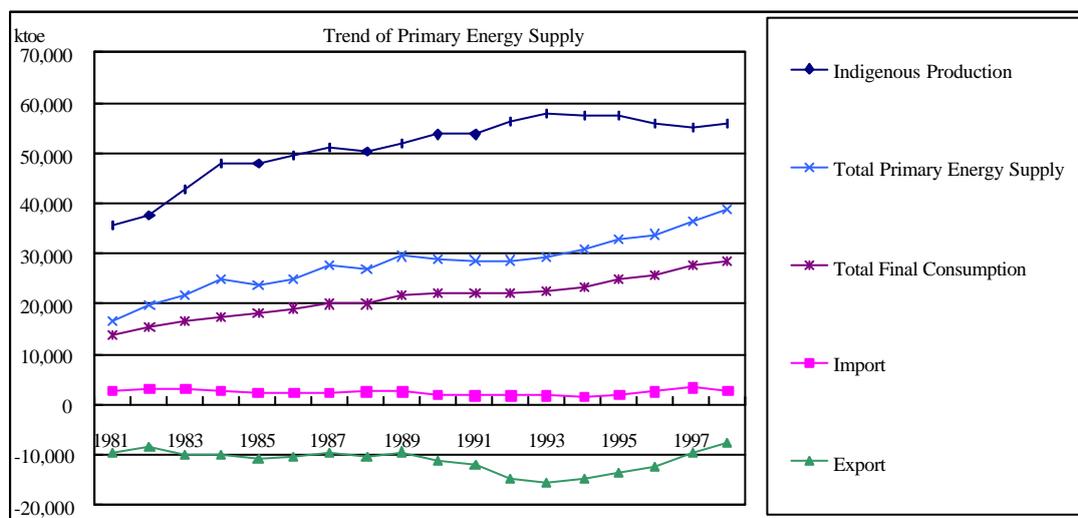
第3章 エネルギー需給概要

3.1 一次エネルギーとその流れ

エジプトの原油および天然ガスの確認埋蔵量は、それぞれ 3.5 億バレル(最近の調査結果によると 5 億バレル)、および 31.5tcf(兆立法フィート：最近調査値)で、国内のエネルギー需要は、これらの生産量内で賅われている。一次エネルギー生産は、スエズ湾を中心とする各油田からの原油が主で、次いで近年その増加が目覚ましい天然ガスと随伴生産されるコンデンセートとなっている。

図 3.1.1 は、一次エネルギー生産から一次エネルギー総供給(TPES, Total Primary Energy Supply)に至るまでの各項目の過去の推移を示す。これによると、近年に於いては一次エネルギー生産量が伸び悩み、一方で国内エネルギー需要の伸びもあり、輸出が年々減少してきている。輸入は、原料炭が全量輸入で、その他わずかに石油製品のスポット輸入がある。現状では一次エネルギー生産量の約 69%が TPES として国内に向けられ、転換部門を経て最終エネルギー消費には一次エネルギー生産量の約 52%(TPES の約 75%)が向けられている。

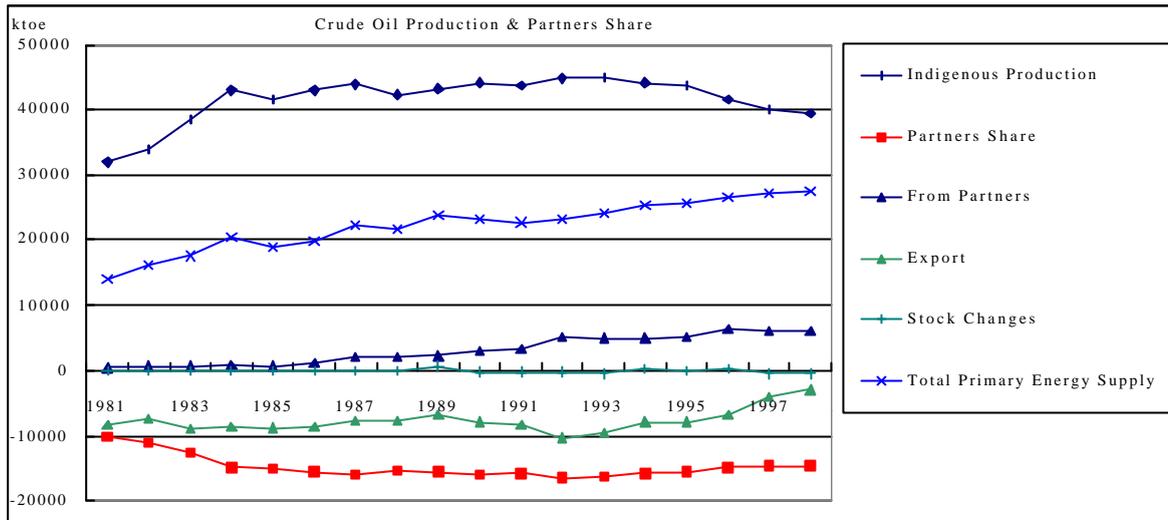
図 3.1.1 一次エネルギー供給推移



出所： OEP Annual Report より作成(凡例順は上から)

エジプトの一次エネルギー生産は、その殆どを「パートナー」と称する外国資本に投資と技術を頼っている。その見返りとして、生産された一次エネルギーは、採掘契約に従ってエジプトと資本提供者間でシェアされる。更に、エジプトはその操業経費を、生産原油などで、輸出市場価格と等価評価で「パートナー」に支払っている。その後、エジプトは「パートナー」からその一次エネルギー生産品を国際市場価格(FOB)で買い入れる。原油以外の天然ガスとコンデンセートは全量エジプト側が入手するが、原油は「パートナー」の手に残る仕組みとなっている。

図 3.1.2 原油供給とパートナー・シェア



出所: OEP Annual Report より作成(凡例順は上から)

原油に限って、図 3.1.2 にその推移を示したが、原油の生産量は近年その減少傾向が止まらないにも拘わらず、操業経費を含めた「パートナー」の取り分は殆ど変化無いか、むしろ天然ガスとコンデンセートを加えたトータルではじわじわ増加している。その結果、エジプト国内の石油製品需要の伸びにより、原油の精製量は年々増加している半面、輸出に回せる原油がかなりなハイピッチで減少していることが伺える。

3.2 エネルギー供給

3.2.1 一次エネルギー生産

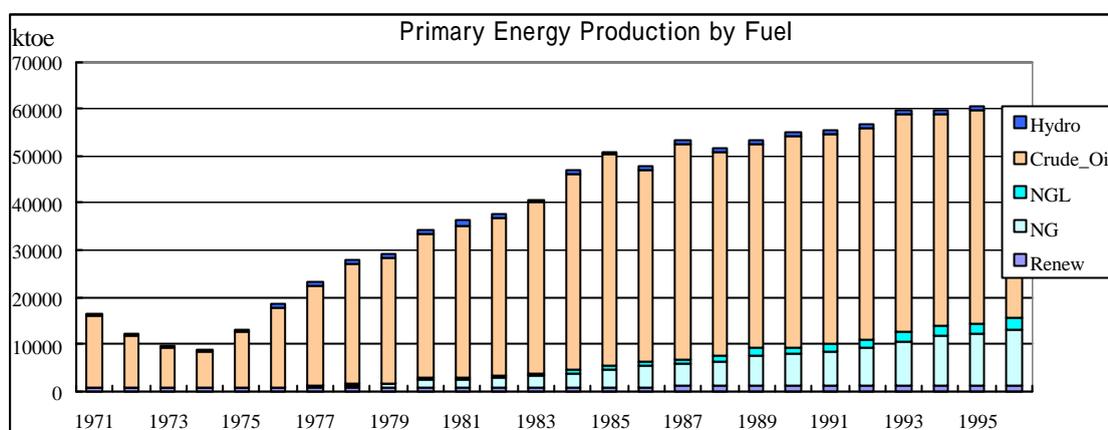
図 3.2.1 にエジプトの一次エネルギー生産量の推移を示す。エジプトは伝統的に原油生産が主であったが、スエズ湾を主力とするその油田地帯も近年産出量の自然減が目立ち、生産量回復の投資が行われてはいるものの、生産量の減少は止まらない。一方で、西方砂漠を中心とする新規油田発見が続き、全体としては、原油生産量の減少速度を緩めている。

むしろ、最近のエジプトでは、天然ガス田の新規発見が相次ぎ、急速にその生産量を伸ばすと共に、国内燃料需要の天然ガスへの転換を進め、石油製品の内需の伸びを抑えようとしている。ナイル・デルタと地中海沿岸・沖合は、その地質構造から、世界的規模の天然ガス埋蔵地域と推定され、現在活発な開発投資が行われている。

更に、ナイル・デルタ地区および沖合海底などで、近年相次いで大規模なガス田が発見され、試掘の結果、一部でかなりな量のガス量が確認されている模様で、これらは2000年代初頭の早い時期に相次いで生産に入ると想定される。このようなガス田発見を受けて、エジプトは国内の石油製品消費を順次天然ガスに代替させ、石油の消費を抑えると共に、各隣国との間に長距離ガス・パイプラインを設置することに加え、更にトルコに対する LNG 輸出計画が2004

年を目標に進められることになった。

図 3.2.1 一次エネルギー生産量推移



出所：IEA, “Energy Balance and Statistics of Non-OECD Countries, 1997(凡例順は上から)

現時点でのエジプトの原油と天然ガスの確認埋蔵量は、石油が 3.5 億バレルで全アフリカの 5%、カタールの 3.7 億バレルにほぼ等しく、天然ガスは 31.5Tcf でカタールの約 10 分の 1 とされている(BP アモコ統計 1999)。過去約 10 年の推移を見ると、その間の一次エネルギー総供給増分は、殆ど天然ガスと NGL で賄われており、原油の供給量は横ばいから減少傾向を示している。

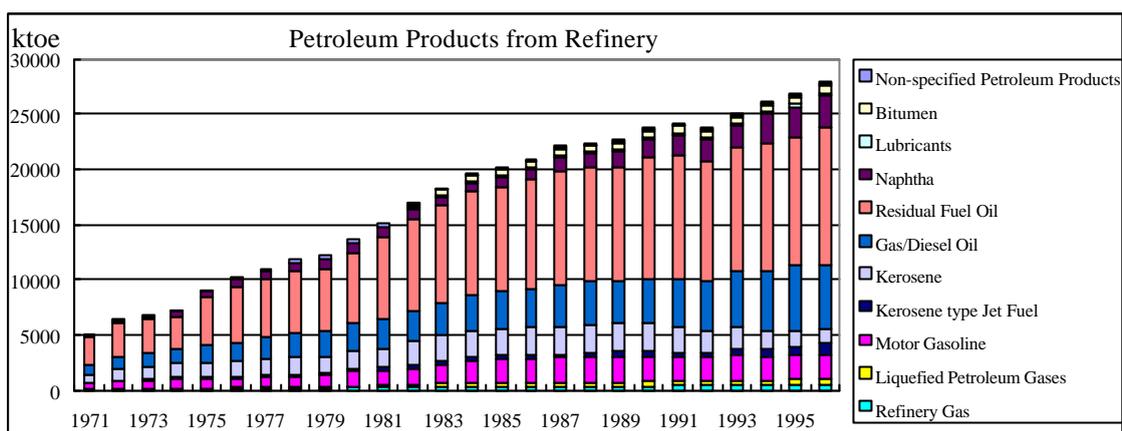
石炭については、微小ながらシナイ半島における国内炭が存在し、輸出に向けられている。一方原料炭は全量輸入されコークス生産に向けられている。

3.2.2 石油精製部門

国内に向けられた原油は、EGPC(Egyptian General Petroleum Corporation)傘下の各精油所で精製され、主に石油製品の国内需要に向けられている。石油製品輸出は重油およびナフサがその主なもので、石油製品の輸入は現在のところ僅かである。

精油所の状況を見ると、エジプトの現在の製油能力は原油処理 578,000b/d であり、図 3.2.2 にエジプト全体の石油精製状況を示す。石油製品は、年々接触分解装置の導入などによって、付加価値の高い低沸点溜分の増産に傾斜してきている。その結果、国内需要の伸びが著しいディーゼル油の生産の増加が目立つ。ガソリンのシェアはほぼ横ばい、重油のシェアは減少傾向にある。

図 3.2.2 石油製品生産量推移



出所：IEA, “Energy Balance and Statistics of Non-OECD Countries, 1997(凡例順は上から)

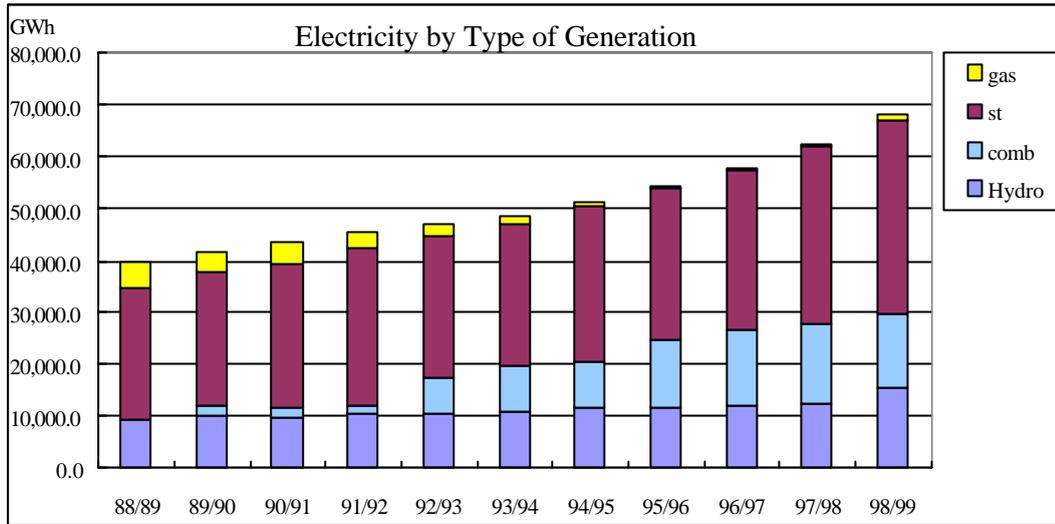
3.2.3 電力部門

EEA(Egyptian Electrical Authority)によれば、1999年末の発電設備容量は、火力発電が11,125MW、水力発電が2,810MWで合計13,935MWである。1998年の最大電力は、独立電源を除いて、10,919MWで年負荷率は71.1%と比較的高い。

図3.2.3に示した発電電力量実績から、電力需要増に対応した発電電力の増加は、殆どを火力発電における天然ガスの使用増で充足してきていることが分かる。図3.2.3中の「gas」はガス・タービン、「st」は通常火力、「comb」はコンバインド・サイクル、「Hydro」は水力発電を表す。同図から、エジプトの発電電力は、その出力増加分を、コンバインド・サイクルの出力増で補ってきていることが分かる。コンバインド・サイクルの燃料は、その殆どがガス・油混焼で、国策に応じて次第に天然ガスの使用量を増やしているものと思われる。火力発電所の現地調査でも、優先燃料は天然ガスであるが、不足分は重油を使用している状況である。

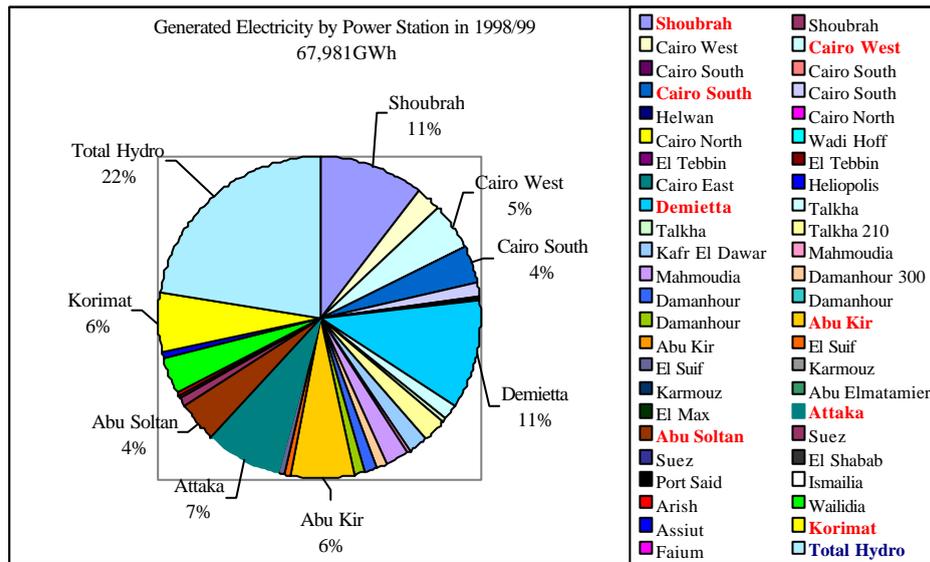
図3.2.4に現在のエジプト全土の発電所別発電電力量を示す。国土の広さに比べて、電力系の規模はまだ小さく、主力発電所はナイル・デルタにあるDamietta、カイロ市内のShoublah、Cairo West、アレキサンドリアのAbu Kir、スエズ運河のAttaka、Abu Soltanなどが挙げられる。これだけで火力発電電力の60%、全電力需要の約50%を供給している。なお、カイロの南方で米国の援助によるKureimat(Korimat)火力発電所(出力1,200MW)の試運転が始まった。また、エジプトにおける通常火力の蒸気条件は亜臨界圧級である。

図 3.2.3 発電形態別発電電力量推移



出所: EEA Annual Report より作成

図 3.2.4 発電所別発電電力量

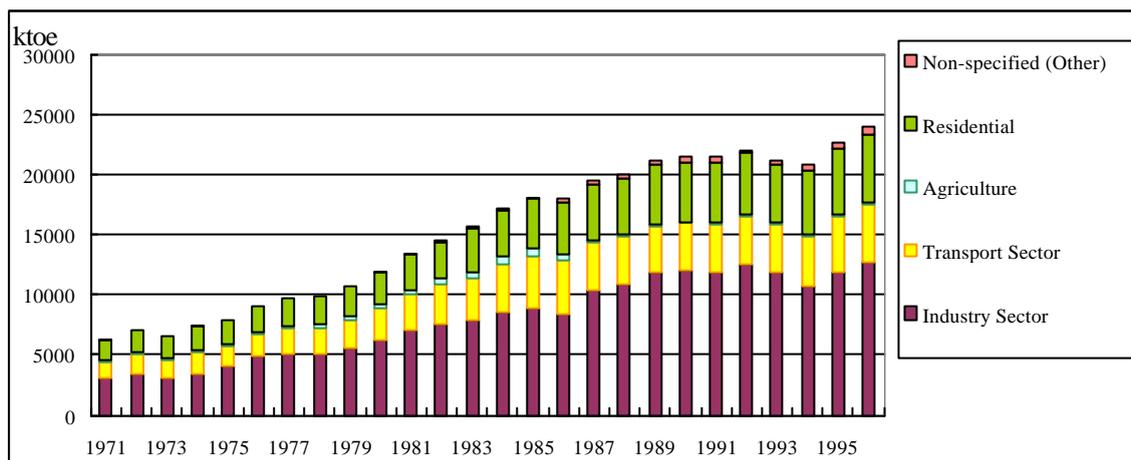


出所: EEA Annual Report より作成

3.3 最終エネルギー需要

エジプトのエネルギー消費の動きを見ると、1990年代初頭からやや伸び悩んだあと減少し、また上昇に転じている。図 3.3.1 に部門別エネルギー消費の推移を示す。同図によれば、現在最大のエネルギー消費は産業部門であり、次いで運輸、民生と続いている。特に運輸部門の伸びの著しいことが伺える。

図 3.3.1 部門別最終エネルギー需要推移



出所：IEA, “Energy Balance and Statistics of Non-OECD Countries, 1997(凡例順は上から)

第4章 エネルギー経済モデルのツール

4.1 計量経済モデル手法

4.1.1 マクロ経済モデルの考え方

マクロ計量経済モデルは経済方程式群から成る(一般的に方程式は国民経済計算体系と他の主要統計、政策変数との関係を表す)。方程式のパラメータは時系列データとクロス・セクション・データに基づいて経験的、統計的に推定される。

マクロ経済モデルの形態に関しては実際に応用する経済のタイプによって異なるが、マクロ経済モデルはマクロ経済体系に基づかなければならない。モデルの主要な部分は(1)消費、(2)投資、(3)輸出/輸入、(4)賃金およびデフレータである。

4.1.2 計量経済モデル(エコノメトリック・モデル)

計量経済モデルは上に示したような経済における変数の間の関係を経済理論に照らし、統計的に定量化し、検定する方法である。

計量モデルは、外生的な説明変数(独立変数)と内生的な被説明変数(従属変数)とにより、成っている。従属変数と説明変数に関する情報は観測データのセットであり、通常変数間の関係パラメータは未知である。そのため、計量経済学においては、確率論的方法、すなわち回帰分析を用いる。最もポピュラーな回帰分析は最小二乗法(OLS)と呼ばれる手法を使用する。OLSは、内生変数の観測値と独立変数で決定される直線相関の違いの二乗和を最小にすることによって、パラメータ(回帰係数)を決定する。

通常、変数間の正確な定量的関係(数学的關係式)は経済理論によっては定義されていない。したがって、計量経済モデルの目的は、この経済変数間の関係に関して最も適切な関係式を見つけることである。モデル化のプロセスは、考えられる関係式とその代替関係式を分析、その中から最も適切と思われる関係式を導き出すことである。

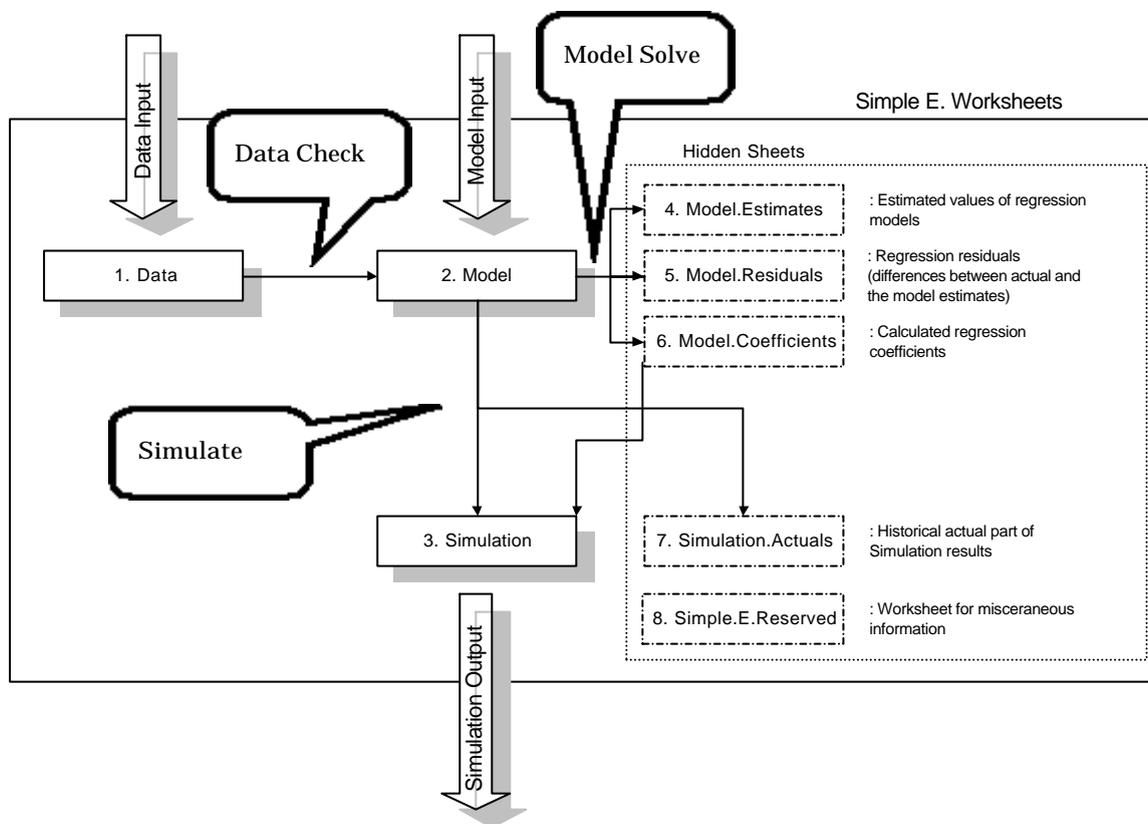
4.1.3 Simple E.(計量経済モデル構築ツール)

計量経済モデル構築のためのツールとしては、(財)日本エネルギー経済研究所の Simple Econometric Simulation System (Simple E.)を用いる。Simple E.はExcelアドイン・ソフトウェアであり"Data"、"Model"、および"Simulation"の3枚のワークシートを含むExcelワークブック・ファイルで稼動する。これら3枚のワークシート上の入力と出力データは、Simple E.とは独立したワークシートとして用いることもできる。各プロセスはこれら特にデザインされたワークシート上で処理される。次の図は Simple E.を構成するワークシートの

構成とこれらのプロセスとの関係を示す。

図 4.1.1 Simple E. の基本構成と概念

Conceptual Diagram of Simple E. Worksheets



上図に示されるように、モデル・ビルダーは必要なデータと基本的モデルを準備しなければならない。次にデータを「データ」シートに、モデルを「モデル」シートに入力する。それがすめば、データのチェックからシミュレーション結果の表示までは Simple E. が行う。

4.2 線形計画法

4.2.1 線形計画法(Linear Programming :LP) モデルの意義

線形計画法は、「設定された変数すべてが、共通に動ける範囲を形成したとき、各変数がどの位置にいたときに目的関数が最大(最小)になるか」という手法である。したがって、線形計画法による供給計画モデルは、以下のように問題を定式化したとき、与えられた変数に目的関数が最大(最小)になるような解を与えることができる。

- 1) LP による供給計画モデルでは、変数としては、製品の生産量、輸入量、販売量、輸出品、在庫量などが設定できる。

- 2) LP による供給計画モデルでは、変数の取り得る範囲として、需要量、生産能力、輸入制限などが設定できる。
- 3) LP による供給計画では、通常、目的関数は、コスト最小、または、利益最大である。

4.2.2 線形計画法モデルの構造

以下は、線形計画法モデルの目的関数、変数、制約条件の設定のための一般的な手順である。

(1) 目的関数

LPモデルの目的関数は、通常コスト最小か、利益最大であるが、どちらを設定するかは、モデルの目的、データ収集状況により異なる。供給計画や生産計画では、事業主体の効率を求めることが多いので、目的関数を利益最大にすることが多い。しかし、事業主体に明確な効率の定義のないインフラ事業のような場合は、目的関数をコスト最小にすることもある。このときモデルは、適正な資源配分問題として捕えられる。

(2) 変数

線形計画法で言うところの変数とは、内部的に決定される項である。変数は、通常は線形計画法が起動するごとに、初期値(通常は、0)から、順次最適解に収斂して行く。LPモデルの中で、どれを変数にするかは、モデル構築者の主観によるところが多いが、基本的には考えられるすべてが、変数として扱うことができる。

(3) 制約条件

制約条件には、大きく分けて3種類ある。上限値、下限値、バランス式である。

上限値として、販売量に対する最大需要量、生産量に対する生産能力、在庫量に対する最大在庫能力、輸入量に対しては最大輸入量などがある。下限としては、在庫量に対する最小保有在庫量、生産量に対する最小生産量、輸入に対する最小輸入量などが設定される。バランス式には、先に示した式のように、等号(または不等号)で結ばれた関係式が設定され、これらの条件を満足する範囲内で、各供給量や需要量が決定される。

一般的に線形計画法の制約式は、実際の需給構造関係を表現する形で設定される。したがって、制約式の設定には、製品の製造順、取引順などのように、製品の流れの順に設定するのが普通である。ただし、あまり多くの制約式を設定したばかりに、実行可能領域をなくするような条件を設定すると線形計画法は、「実行可能領域がない」として、計算を止めてしまう。

以上、目的関数、変数、制約式の設定に関して述べてきたが、これらを線形計画法モデルとして作るときは、線形計画法パッケージプログラムを使うのが一般的である。今回は EXCEL 上で稼働する「Large Scale LP Solver」を使った。

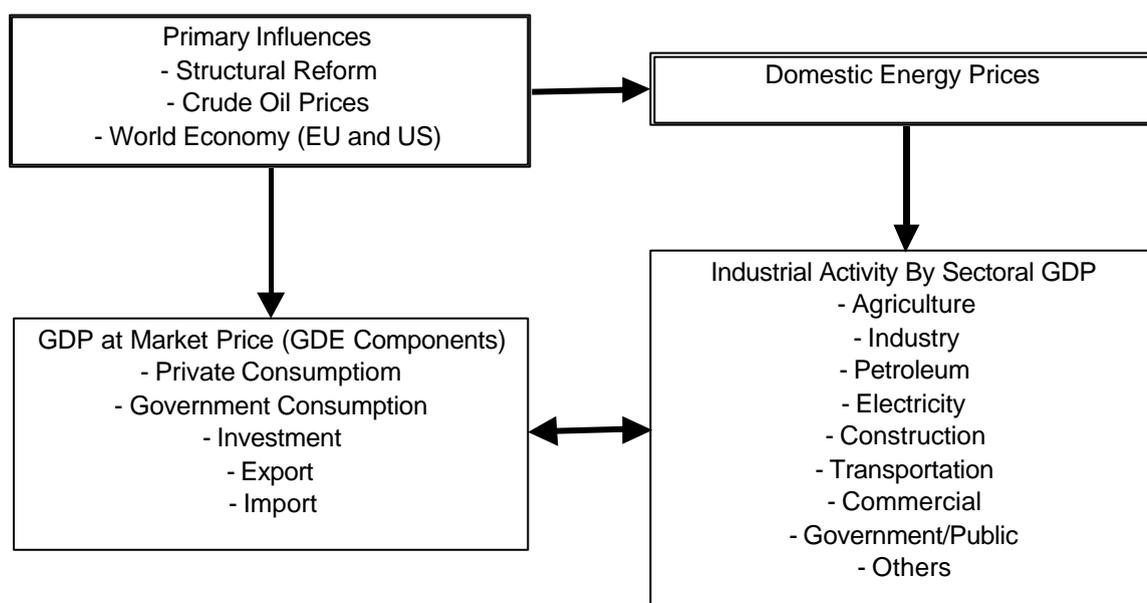
第5章 マクロ経済・エネルギー需要予測モデル

5.1 マクロ経済ブロック

マクロ経済モデルの目的は、ERSAP(経済改革・構造調整政策)、国際石油価格、国内石油価格、ならびに主要な産業活動をマクロ経済の観点から分析できるように、これらの関係を定式化することである。

基本的考え方を図 5.1.1 に示す。GDP 全体の大きさは主に3種の外部変数、すなわち、構造改革、国際石油価格、ならびに世界経済で決められるとした。一方、産業別付加価値額、すなわち部門別 GDP に関しては、そのシェアを用いて産業構造を示すことに重点をおいた。このため、特に国内エネルギー価格、すなわちエネルギー・コスト等との関係を重視した。

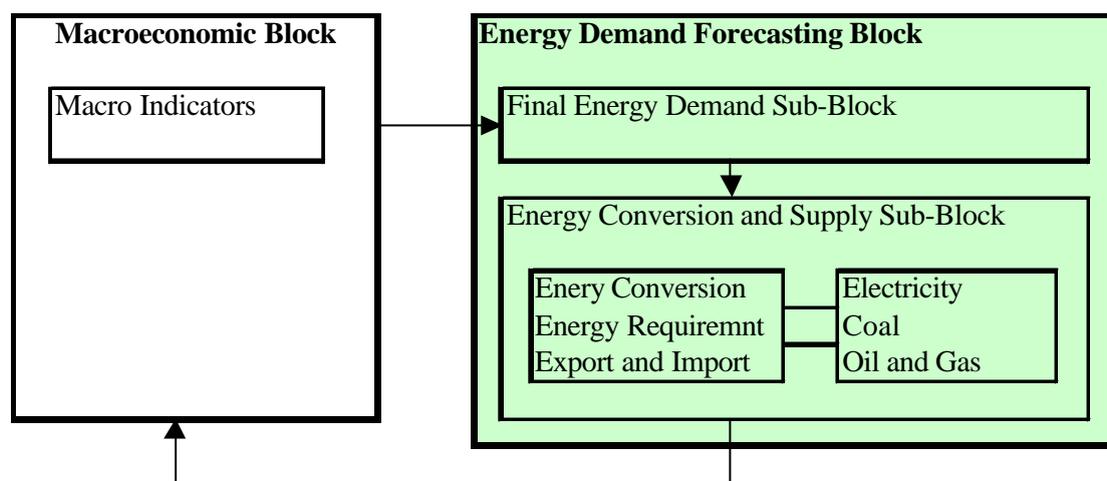
図 5.1.1 マクロ経済モデル(ブロック)の基本概念



5.2 エネルギー需要予測ブロック

エネルギー需要予測モデル・ブロックは、最終エネルギー需要予測サブ・ブロック、エネルギー転換・供給サブ・ブロックから成る(図 5.2.1 参照)。本モデルでは、マクロ経済モデル・ブロックで得られた経済指標を使用して、最終エネルギー需要を部門別に先ず計算し、次に電力や石油精製の転換部門のロスや燃料投入量を算定して、一次エネルギー供給量を求める。最終的に、需要から供給までのエネルギー・フローをエネルギー・バランス表にしたがって取り扱うが、原油・天然ガスの生産、電源開発計画のような政策課題は外生値として導入することもできる。

図 5.2.1 エネルギー需要予測モデル(ブロック)の構成概略図



5.3 シミュレーション結果

ここでは、マクロ経済・エネルギー需要予測モデルによるシミュレーション結果を述べる。本予測モデルの基準年次は 1998/1999 年度であり、目標年次は 2005/2006 年度である。いろいろなシナリオが考えられるが、以下の 3 種のエネルギー価格に関するシナリオが設定された。

- 1) 名目価格現状維持 (低価格シナリオ)
- 2) 実質価格一定 (ベース価格シナリオ)
- 3) 実質価格年率 10 % 上昇 (高価格シナリオ)

5.3.1 価格シナリオ別シミュレーション結果

表 5.3.1 は、上記価格シナリオに基づいたシミュレーション結果を示す。一次エネルギー国内総需要(国内総供給)の増加率は、高価格シナリオ、ベース価格シナリオ、低価格シナリオ別にそれぞれ 5.44%、5.64%、6.01% であった。シミュレーション期間(1998/1999-2005/2006)の経済成長率は、それぞれ 5.77%、5.74%、5.68%であるので、結果として、一次エネルギー国内総需要の対 GDP 弾性値は、それぞれ 0.94、0.98、1.06 となった。

最終エネルギー需要については、各シナリオ別の増加率はそれぞれ 5.04%、5.27%、5.71% であり、対 GDP 弾性値はそれぞれ 0.87、0.92、1.01 となった。各ケースとも、最大の伸び率は天然ガス需要で 8 % を越える。原油や石油製品の伸び率は、ほぼ 4 % 前後の伸び率であった。

表 5.3.1 シナリオ別シミュレーション結果の要約

	1998/99 (ktoe)	High Price Case		Real Price Constant		Low Price Case	
		G.R (%)	2005/06 (ktoe)	G.R (%)	2005/06 (ktoe)	G.R (%)	2005/06 (ktoe)
Energy Requirement Total	44,064	5.44	63,845	5.64	64,675	6.01	66,291
Primary Energy							
Coking Coal	1,360	2.04	1,567	2.44	1,610	2.96	1,669
Natural Gas	12,799	8.38	22,476	8.47	22,610	8.64	22,862
Crude Oil	27,400	3.79	35,547	4.10	36,294	4.70	37,800
NGL	1,671	3.79	2,168	4.10	2,213	4.70	2,305
Secondary Energy							
Petroleum Products	24,057	3.63	30,877	3.91	31,467	4.46	32,652
Electricity (Generation)	5,848	6.23	8,925	6.33	8,989	6.53	9,107
Final Energy Demand							
Agriculture	320	3.77	414	4.39	432	5.34	460
Industry	10,775	5.96	16,163	6.06	16,265	6.21	16,428
Transportation	9,113	4.08	12,058	4.49	12,394	5.37	13,145
Residential/Commercial	5,652	4.87	7,884	5.16	8,041	5.66	8,308
Government/Others	714	7.96	1,220	7.97	1,221	7.97	1,221
Non-Energy Use	1,923	3.66	2,474	3.66	2,474	3.66	2,474
Electricity (Demand)	4,868	6.48	7,555	6.59	7,609	6.79	7,710
Total	28,498	5.04	40,213	5.27	40,827	5.71	42,037
Elasticity to GDP							
Final Energy Demand		0.87		0.92		1.01	
Energy Requirement		0.94		0.98		1.06	
Electricity Demand		1.12		1.15		1.20	
Electricity Requirement		1.08		1.10		1.15	
Gross Domestic Product	268,341	5.77	397,500	5.74	396,544	5.68	395,071

石油製品需要総合計の増加率は、シナリオ別にそれぞれ年率 3.6%、3.9%、4.5% となると予測された。主な石油製品需要の予測結果を表 5.3.2 に示す。最大の増加率は、LPG 需要で、それぞれ 6.8%、7.3%、8.2% の伸び率となり、軽油需要が 5.8% 前後の伸び率で続く。ガソリン需要の伸び率は価格シナリオで大きく異なり、3.3% から 7.6% まで変動している。このことから、ガソリン需要は価格に最も敏感であると言える。LPG 需要の伸び率もまた価格に敏感であり、6.8%から 8.2%まで変動している。灯油需要は、表 5.3.2 から分るように、年率-10%前後で急激に減少する傾向にある。

したがって、石油製品から天然ガスへの燃料シフトを考慮する場合、需要の大きさから判断すると、その主な目標は LPG と軽油となるであろうし、価格操作の容易さから判断すると、LPG とガソリンと考えることも出来る。重油は、その供給能力から判断して、天然ガスの短期的供給能力不足を補完しうるであろう。

表 5.3.2 主な石油製品の需要予測結果

Petroleum Products	1998/99 (ktoe)	High Price Case		Real Price Constant		Low Price Case	
		G.R (%)	2005/06 (ktoe)	G.R (%)	2005/06 (ktoe)	G.R (%)	2005/06 (ktoe)
LPG	2,376	6.76	3,756	7.32	3,895	8.19	4,123
Gasoline	2,432	3.26	3,045	4.71	3,356	7.59	4,060
Jet Fuel	454	2.00	522	2.13	526	2.38	535
Kerosene	1,166	-11.04	514	-10.27	546	-9.11	598
Diesel	7,670	5.71	11,316	5.76	11,351	5.85	11,419
Fuel Oil	8,979	2.34	10,555	2.42	10,612	2.56	10,720
Lubricant	338	3.72	437	4.08	448	4.64	465
Bitumen	883	3.04	1,088	3.17	1,098	3.39	1,114
Petroleum Products Total	24,057	3.63	30,877	3.91	31,467	4.46	32,652

電力需要は、年率 6 % 強、すなわち、シナリオ別に 6.2%、6.3%、5.5% であり、対 GDP 弾性値は 1.12、1.15、1.20 であった(表 5.3.1 参照)。電力部門の予測結果を表 5.3.3 に示す。何れのケースにおいても、最大の伸び率は業務部門であり、次いで政府・公共・その他部門、家庭部門、農業部門と続く。

表 5.3.3 電力需要、電力用燃料需要の予測結果

Electricity Sector	1998/99 (GWh)	High Price Case		Real Price Constant		Low Price Case	
		G.R (%)	2005/06 (GWh)	G.R (%)	2005/06 (GWh)	G.R (%)	2005/06 (GWh)
Demand by Sector							
Agriculture	2,200	6.88	3,505	6.95	3,522	7.05	3,545
Industry	22,900	4.78	31,750	4.94	32,097	5.20	32,658
Residential	21,066	7.28	34,449	7.28	34,449	7.28	34,454
Commercial	2,134	9.23	3,959	10.20	4,213	12.25	4,792
Government/Others	8,300	7.96	14,190	7.97	14,201	7.97	14,202
Electricity Demand Total	5,604	6.48	8,698	6.59	8,760	6.79	8,876
Electricity Generation	68,000	6.23	103,776	6.33	104,518	6.53	105,900
Hydro-power	15,000	1.56	16,713	1.56	16,713	1.56	16,713
Thermal-power	53,000	7.35	87,063	7.48	87,804	7.72	89,187
Fuel Required							
Fuel Total	12,012	7.35	19,731	7.48	19,899	7.72	20,213
Petro. Products Total	4,337	4.16	5,770	4.29	5,819	4.52	5,910
Diesel Oil	129	-6.50	81	-6.50	81	-6.50	81
Fuel oil	4,208	4.40	5,689	4.53	5,738	4.77	5,830
Natural Gas	7,675	8.92	13,962	9.06	14,080	9.30	14,302

5.3.2 ベース・ケースのシミュレーション結果

(1) 最終エネルギー需要

最終エネルギー需要を部門別にみると、産業部門(製造業)は、1998/99年度の10,775 ktoeから年率6.1%で伸びて、2005/06年度には16,265 ktoeに達する。次のエネルギー消費部門である運輸部門は、1998/99年度の9,113 ktoeから2005/06年度に12,394 ktoeとなる(年率4.5)。民生部門は1998/99年度の5,652 ktoeから2005/06年度8,041 ktoeとなるであろう(年率5.2%)。最終エネルギー需要の太宗は産業部門、運輸部門、民生部門であり、それらでほぼ最終需要の90%を占める(図5.3.1参照)。

エネルギー源別にみると、石油製品需要が太宗を占める(図5.3.2参照)。石油製品のシェアは68% (1998/99)から63% (2005/06)に減少するが、なお60%以上のシェアを占め続けるであろう。他方、天然ガスのシェアは15% (1998/99)から17% (2005/06)に、電力のシェアは17% (1998/99)から19% (2005/06)に増加するものと見込まれる。

主な石油製品需要についてみると、軽油、LPG、ガソリン共に増加基調にある(図5.3.3参照)。各石油製品のシェアについても、軽油、LPG、ガソリンのシェアが幾分拡大し、その分、重油のシェアが減少している。軽油が石油製品需要の太宗を占め続けるシミュレーション結果となっている。

図 5.3.1 部門別最終エネルギー需要

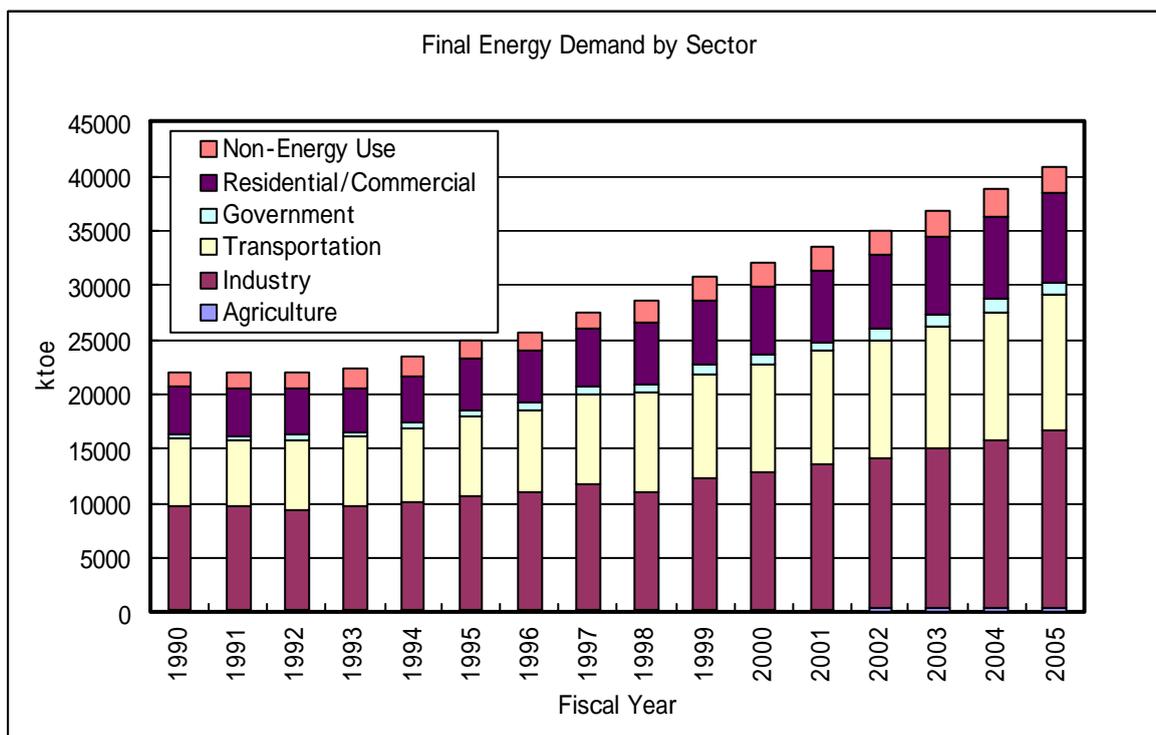


図 5.3.2 エネルギー源別最終エネルギー需要

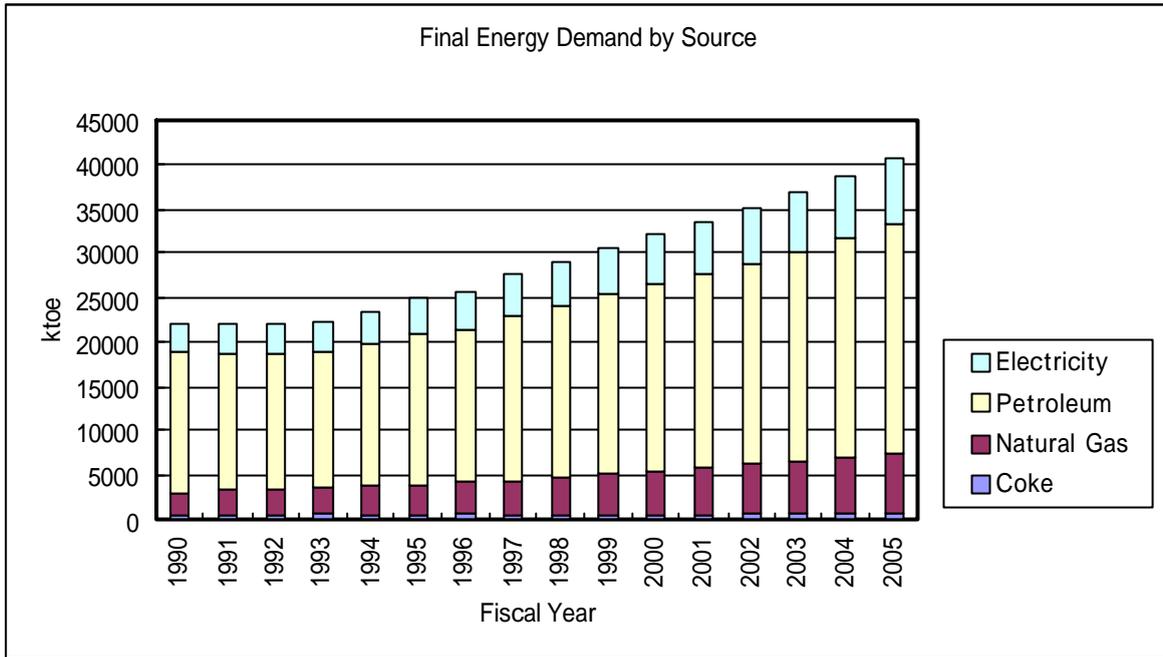
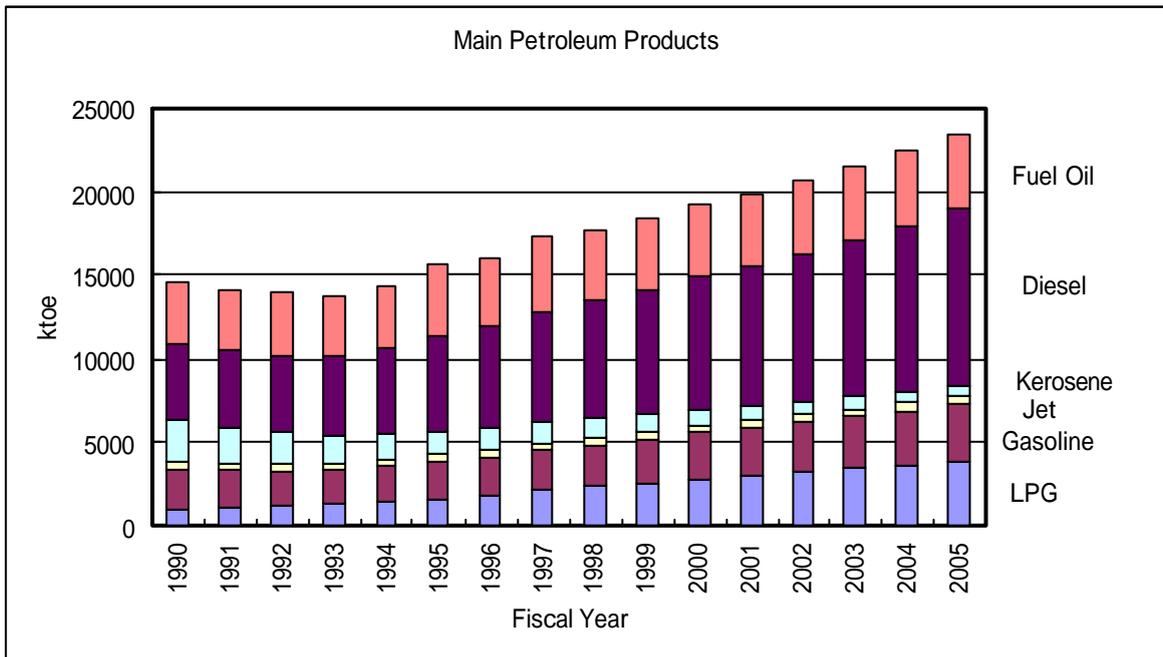


図 5.3.3 主な石油製品需要



1) 農業部門

農業用エネルギー需要は、1998/99 年度の 320 ktoe から、年率 4.4%の成長で、2005/06 年度に 432 ktoe になると予測される。ただし、農業用需要は全体の 1%程度を占めるに過ぎない。

農業部門では、電力以外には、燃料として、灯油と僅かに軽油が現在使用されている。何れも灌漑用の揚水に使用されているものと推察される。灯油の需要が急激に減少し、代わりに

電力需要が増加する。電力のシェアは、1990/91 年度当時、40%弱であったが、1998/99 年度に 70%、そして 2005/06 年度には 80%強に達する見込みである。

2) 産業部門

産業部門は、最大のエネルギー消費部門であり、1998/99 年度の 10,775 ktoe から年率 6.1% で伸びて、2005/06 年度には 16,265 ktoe に達するものと予想される。その結果、最終エネルギー消費に占める産業用需要は、38%から 40%に増加する。産業部門の特徴は天然ガス需要が増えており、そのシェアを拡大しつつあることである。石油製品需要も増加基調にあるが、そのシェアは縮小している。電力は徐々にシェアを拡大している。

石油製品需要について言えば、従来重油が主要な位置を占めてきたが、その相対的な位置を低下するであろう。他方、軽油需要が増加して、そのシェアを拡大するものと予想される。LPG 需要も増加するが、量的には小さい。

3) 運輸部門

運輸部門は、産業部門に次ぐエネルギー消費部門である。シミュレーション結果によれば、年率 4.4%の伸び率で、1998/99 年度の 9,113 ktoe から 2005/06 年度には 12,394 ktoe に達する。最終エネルギー消費に占める運輸用需要は、30%強を維持する。

運輸部門における最大の特徴は、軽油需要が増加し続けることである。続いて、ガソリン需要が増える。運輸部門の主要燃料であるガソリン、航空用燃料、軽油、重油の 2005/06 年度の需要予測結果と年平均伸び率を下表 5.3.4 に示す。

表 5.3.4 輸送用燃料の年平均伸び率

F.Y	1998	2005	G.R
	(ktoe)	(ktoe)	(%)
Gasolime	2,432	3,356	4.71
Jet	454	526	2.13
Diesel	5,242	7,337	4.92
Fuel Oil	717	810	1.75

4) 民生部門

民生用エネルギー需要は、年率 5.2%で成長して、1998/99 年度の 5,652 ktoe から 2005/05 年度には 8,041 ktoe になるものと予想される。民生部門は、産業、運輸部門に次いで、高いエネルギー需要が見込まれており、且つエネルギー需要構造に特徴を有している。

シミュレーション結果によれば、LPG と電力需要の伸びが著しく、灯油需要は急激に減少する。天然ガス需要も伸びるであろう。その結果、過去にエネルギー消費の太宗を占めた灯油は将来ほとんどそのシェアを失い、電力と LPG とで民生部門のエネルギー源を制する勢いである。天然ガスはインフラ投資次第で伸びるであろう。

(2) エネルギー転換部門

1) 石油精製

精油所による石油製品の生産は、国内の石油製品総需要に見合う石油製品総生産を行うという前提のもとに、推定されている。石油製品の生産予測を表 5.3.5 に示す。石油製品総生産は、1998/99 年度 28,745 ktoe から 2005/06 年度には 38,075 ktoe に達するものと期待される(年率 4.1%)。

表 5.3.5 石油製品生産予測

Fiscal Year	Actual			Forecasted			
	1990	1995	1998	1999	2001	2003	2005
LPG	384	507	491	515	554	597	650
Gasoline	2,358	2,232	2,432	2,552	2,746	2,962	3,222
Jet	441	920	1,020	1,070	1,151	1,242	1,351
Kerosene	2,447	1,378	1,164	1,221	1,314	1,418	1,542
Diesel	4,402	6,193	6,456	6,773	7,289	7,864	8,552
Fuel Oil	11,372	12,205	12,415	13,025	14,016	15,122	16,445
Naphtha	1,800	2,980	3,284	3,445	3,707	3,999	4,349
Non-Specified	115	170	176	185	199	215	234
Lubricants	206	223	259	271	292	315	342
Bitumen	636	707	927	973	1,047	1,129	1,228
Petro. Coke	90	117	121	127	137	148	161
Non-Specified	115	170	176	185	199	215	234
Petroleum Products							
Total	24,252	27,632	28,745	30,157	32,452	35,012	38,075

2) 電力部門

電力部門は成長著しいセクターであり、6.6%の年平均伸び率が期待される。部門別電力需要をみると、産業部門(製造業)は、1998/99 年度の 22,900 GWh から年率 4.8 % で伸びで、2005/06 年度には 32,097 GWh になるであろう。家庭部門は、1998/99 年度の 21,006 GWh から年率 7.3%の伸びで、2005/06 年度には 34,449 GWh に達する見通しである。

電力需要は産業部門が第一で、次いで家庭部門であったが、家庭用電力の伸び(7.3%)と商業用電力の伸び(10.2%)が著しく、家庭用、商業用合わせた民生用需要は産業用需要を凌駕するであろう。

発電量は 1998/99 年度の 68,000 GWh から 2005/06 年度には 104,518 GWh になるであろう。発電用電源については、水力が過去のトレンドから頭打ちとなるように予測されている(擬外生値)ので、増加分の設備は大部分火力となる。火力発電用燃料は、天然ガスが年率 9.1%の伸びで、1998/99 年度の 7,675 ktoe から 2005/06 年度に 14,080 ktoe と、倍増する勢いである。重油は 4.2%の伸びで 1998/99 年度の 4,208 ktoe から 2005/06 年度に 5,738 ktoe となると見通される。軽油は減少し続ける。天然ガスはほぼ 70%のシェアを占め続ける。他方、重

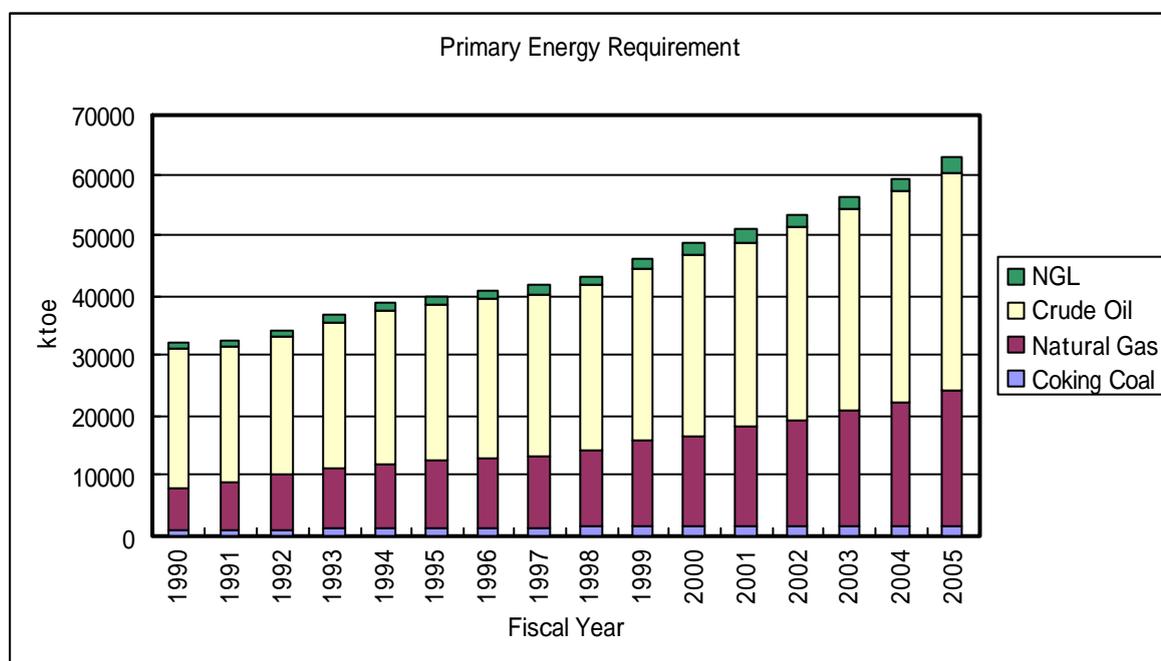
油は30%弱というところである。

(3) 一次エネルギー

一次エネルギー国内総需要は、1998/99年度の44,064 ktoeから2005/06年度には64,675 ktoeになるであろう(年率5.6%)。最も伸び率の高いのは、天然ガスで、年率8.6%で伸び、2005/06年度には22,610 ktoeとなり、1998/99年度の12,799 ktoeを大幅に上回る。原油は4.1%の伸び率である。

その結果、天然ガスのシェアは1998/99年度の29%から2005/06年度には35%に拡大する。他方、原油のシェアは62%から56%に減少する。

図 5.3.4 一次エネルギー国内総需要



5.4 応用分析：マクロ経済・エネルギー需要予測統合シミュレーション

マクロ経済とエネルギー需要予測を統合したモデルの応用分析として、経済改革・構造調整政策、原油価格、電力価格、石油製品価格、技術革新、エネルギー代替政策を取り上げ、シミュレーション応用分析を行った。表 5.4.1 ならびに表 5.4.2 はそのサマリーを示す。

表 5.4.1 に示したように、経済改革・構造調整政策(Structural Reform)の影響と技術革新(Energy Saving Technology)の潜在的影響力は、それぞれ 1%の変化に対し中期で GDP を 0.7 ~ 1.1%押し上げる。原油価格 1%上昇の影響は GDP に対し中期で 0.014%と小さく見えるが、原油価格上昇が 2 倍、すなわち 100%と考えると GDP を 1.4%も押し上げる大きさになる。国内エネルギー価格に関しては、電力価格の影響はほとんど無いに等しいものの、石油価格の上昇は経済成長にわずかながら貢献するという結果が得られた。

エネルギー代替政策に関しては、価格コントロールによる代替可能性を分析した。表 5.4.2 はその一例である。その交差価格弾性値のシミュレーション結果からして、エネルギー代替政策としての価格コントロールはあまり効果を期待できないであろう。

表 5.4.1 感度分析サマリー

1% Increase in	Impact to GDP (Same year)	Impact to GDP (5 Years Later)	Impact to Energy Consumption (Same Year)	Impact to Energy Consumption (5 Years Later)
Structural Reform	0.87%	0.68%	0.4%	0.57%
Crude Oil Price	0.0039%	0.0139%	0.001%	-0.04%
Electricity Price	-0.0014%	0.0001%	0.0081%	0.0027%
Petroleum Product Price	0.0023%	0.0054%	-0.0448%	-0.0153%
Energy Saving by Technology	0.03%	1.09%	-0.98%	-0.338%

表 5.4.2 価格弾性値と交差価格弾性値(電力 vs 石油製品)

Price Change 1% in	Consumption Change of Electricity in %	Consumption Change of Petroleum Products in %
Electricity	-0.0331	0.0249
Petroleum Products	0.0000722	-0.0717

第 6 章 エネルギー供給計画モデル

6.1 目的と機能

エネルギー供給計画モデルの目的は、推定されたエネルギー需要に見合うエネルギー供給バランスを作成することである。このとき、過不足については、指定された方法(不足時は輸入、過剰時は輸出など)で処理される。また、全体のエネルギー・バランスは、エジプト国のエネルギー供給形態にとって、利益が最大になるように作成される。

エネルギー供給計画モデルの機能は、エネルギー需要見通し(エネルギー需要予測モデルで作成)、エネルギー価格見通し(一部はマクロ経済モデルで推定)、新たに収集したエネルギー・コスト・データ、エネルギー供給能力データ、エネルギー転換効率データをもとに、将来のエネルギー供給バランスを計算することである。

6.2 モデルの概念

本モデルは、単価・コスト・シート、インプット・シート、LP モデル・シート、エネルギー・バランス・シート、伸び率計算・シート、一次エネルギー・シートの 6 つの Excel シートから構成されている。

表 6.2.1 モデルの Excel ワークシート

シート	内 容
単価・コスト・シート(PIM)	エネルギー販売単価、生産コストなどの推定
インプット・シート(LIM)	LP 計算に必要なデータの入力
LP モデル・シート(LPM)	Solver による最適化計算
エネルギー・バランス・シート(EBT)	エネルギー別の LP 解のアウトプット
伸び率計算・シート(GRT)	EBT の伸び率の計算
一次エネルギー・シート(PEC)	一次エネルギー消費の計算

エネルギー供給計画モデルは、手法として数理計画法を使っている。したがって、本モデルの計算部分は、制約条件、変数、目的関数別に構成されている。制約条件は、変数の可能領域(動ける範囲)を制限する項目で、これにより、本モデルは、この可能解領域範囲内で最適解を計算する。変数は、供給項目、消費項目、在庫項目に対して定義され、エネルギーの需給バランスや利益項目を計算するために使われる。目的関数は、このモデルでは利益について定義した関数であるが、変数は、この関数を最大にするように計算される。表 6.2.2 は、これら、制約条件・変数・目的関数に関する項目である。

表 6.2.2 LP モデルの要素

構 造	項 目
制約条件	上限制約、下限制約、バランス制約
変 数	期初在庫、生産、輸入、パートナー購入、受入、国内販売、輸出、バンカー、払出、期末在庫
目的関数	各種単価・コスト、収入、費用、利益

エネルギー供給計画モデルで扱うエネルギーの種類とエネルギー転換部門の種類は、表 6.2.3 に示した通りである。エネルギーの種類としては、30 種類が対象となっている。

表 6.2.3 対象エネルギー

分類	エネルギー
石炭関係	石炭、コークス
ガス関係	天然ガス、NGL、LPG、LNG
石油関係	原油、石油精製、R-ガス、LPG (RF)、ガソリン、ジェット燃料、灯油、軽油、重油、ナフサ、Lubricants & additives、Bitumen、石油コークス、その他石油製品
電力関係	配電、水力発電、ガスコンバインド、ガスタービン、ディーゼル発電、石炭火力、重油火力、太陽光・風力・その他
再生可能エネルギー関係	再生可能エネルギー

今回のモデルでは、期初在庫、生産量、輸入量、パートナー購入、受入量の5項目を供給源(供給セクター)とし、販売量、輸出量、バンカー・オイル、払出量、転換部門消費、自己消費、期末在庫の7項目を消費先(消費セクター)と設定した。これらセクターの関係は、エネルギーごとに以下の通りである。

期初在庫 + 生産量 + 輸入量 + パートナー購入 + 受入量

$$- (販売量 + 輸出量 + バンカー + 払出量 + プラント消費 + 自己消費 + 期末在庫) = 0$$

6.3 出力情報

(1) 消費の項目

消費のLP解には、国内需要、輸出、バンカー・オイル、払出、エネルギー転換、自家消費などの項目がある。これらは、LPモデルの各変数からセットされている。消費の上限には、国内需要、輸出、バンカー、払出の入力上限項目が出力されている。これにより、LPモデル・シート(LPM)の解と比較することで、LP解が上限まで達しているか、どうか分析できる。

表 6.3.1 消費項目の出力例

ITEMS 1	ITEMS 2	SECTORS	UNIT	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Consumption	Solution	Domestic demand	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Export	KTON	2,934.0	2,351.0	2,130.0	1,845.0	1,506.0	1,113.0	665.0	155.0	
		Bunkers	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Payable	KTON	13,280.4	15,621.2	16,000.0	15,962.7	15,700.7	15,401.1	15,062.9	14,681.7	
		Transformation	KTON	25,641.8	27,180.8	27,970.0	28,199.0	28,145.1	28,088.6	28,029.3	27,967.5	
		Own use	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Total	KTON	41,856.2	45,153.0	46,100.0	46,006.7	45,351.8	44,602.7	43,757.2	42,804.2	
Upper Limit		Domestic demand	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Export	KTON	2,934.0	2,351.0	2,130.0	1,845.0	1,506.0	1,113.0	665.0	155.0	
		Bunkers	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		Payable	KTON	U	U	U	U	U	U	U	U	
		Sufficient ratio										
		Domestic demand	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Export	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bunkers	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Payable	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

(2) 供給項目

供給の LP 解には、期初在庫、生産、輸入、受入などの項目がある。期初在庫、生産、輸入、受入などの項目には上限があり、これと LP 解と比較することで、LP 解の供給が上限までに達しているか、どうかを分析する。全供給量に対する比率である生産率、輸入率、購入率、受入率は、全供給量に対する生産、輸入、受入の割合である。これらは、供給の内容を分析するのに使われる。

表 6.3.2 供給項目の出力例

ITEMS 1	ITEMS 2	SECTORS	UNIT	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Supply	Solution	Initial-Stock	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Production	KTON	35,796.2	39,053.0	40,000.0	39,906.7	39,251.8	38,502.7	37,657.2	36,704.2
		Import	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Bought	KTON	6,060.0	6,100.0	6,100.0	6,100.0	6,100.0	6,100.0	6,100.0	6,100.0
		Receivable fm Differer	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Final-Stock	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Total	KTON	41,856.2	45,153.0	46,100.0	46,006.7	45,351.8	44,602.7	43,757.2	42,804.2
		UpperLimit	Capacity	KTON	40,000.0	40,000.0	40,000.0	40,000.0	40,000.0	40,000.0	40,000.0
		Production	KTON	39,516.0	39,496.0	40,034.0	40,532.0	40,999.0	41,441.0	41,865.0	42,276.0
		Import	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sufficient ra	Capacity	%	89.5	97.6	100.0	99.8	98.1	96.3	94.1	91.8	
		Production	%	90.6	98.9	99.9	98.5	95.7	92.9	89.9	86.8
		Import	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Bought	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
		Receivables	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Supply rate	Production rate	%	85.5	86.5	86.8	86.7	86.5	86.3	86.1	85.7	
		Import rate	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Bought rate	%	14.5	13.5	13.2	13.3	13.5	13.7	13.9	14.3
		Receivable rate	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(3) 利益項目

収入、費用、利益、国内販売単価、輸出単価、バンカー単価、仕切単価、生産コスト、輸入コスト、利益単価などが出力され、エネルギーごとの利益性を表示している。価格とコストは、以下の表に表示してあるとおりである。ROI (Return on investment) は、本来は投資に対する利益性を示すが、今回の ROI は、利益単価 / 生産コスト * 100 で計算している。

表 6.3.3 利益性の出力例

ITEMS 1	ITEMS 2	SECTORS	UNIT	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Profitability	Profit	Income	millionLE	12,026.0	13,773.4	14,425.6	14,749.4	14,866.7	14,922.6	14,918.4	14,849.0
		Expense	millionLE	9,739.9	11,022.2	11,584.7	11,892.0	12,042.7	12,156.2	12,234.2	12,274.8
		Profit	millionLE	2,286.2	2,751.2	2,840.9	2,857.4	2,823.9	2,766.4	2,684.2	2,574.2
Price & Unit	Sales price of Domes	LE/TON	374.3	417.6	430.1	442.3	454.3	466.2	478.1	490.3	
		LE/TON	374.3	491.3	505.9	520.4	534.5	548.5	562.5	576.8	
		LE/TON	397.7	417.6	430.1	442.3	454.3	466.2	478.1	490.3	
		LE/TON	280.8	294.8	303.6	312.2	320.7	329.1	337.5	346.1	
		LE/TON	225.6	320.2	449.4	480.8	513.9	548.9	586.1	625.6	
		LE/TON	252.3	264.9	272.8	280.6	288.2	295.8	303.3	311.0	
		LE/TON	229.4	240.9	248.0	255.1	262.0	268.9	275.7	282.7	
		LE/TON	54.6	60.9	61.6	62.1	62.3	62.0	61.3	60.1	
		%	23.8	25.3	24.8	24.3	23.8	23.1	22.2	21.3	

(4) 一次エネルギー消費

表 6.3.4 は、一次エネルギー消費の例であるが、プラスサインは、国内消費を意味し、マイナスサインは国外消費(輸出)を意味する。

表 6.3.4 一次エネルギー消費の例

ITEMS 1	SECTORS	UNIT	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Primary Energy Cons	Coal	KTON	1,614.1	1,953.5	2,000.0	2,050.7	2,105.6	2,166.2	2,231.0	2,300.0
	Coke	KTON	-246.0	-464.0	-464.0	-464.0	-464.0	-464.0	-464.0	-464.0
	Crude oil	KTON	25,641.8	27,180.8	27,970.0	28,199.0	28,145.1	28,088.6	28,029.3	27,967.5
	Natural gas	KTON	10,698.7	12,082.2	12,427.4	12,791.2	13,174.2	13,575.2	13,996.2	14,435.2
	NGL	KTON	1,506.4	1,701.2	1,749.8	1,801.0	1,854.9	1,911.4	1,970.7	2,032.5
	FD-LPG	KTON	1,005.6	1,135.7	1,168.1	1,202.3	1,238.3	1,276.0	1,315.6	1,356.8
	LPG distribution	KTON	733.0	715.2	862.4	1,018.7	1,186.7	1,364.0	1,556.4	1,770.2
	LNG	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Feedstock	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	RF-Gas	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	RF-LPG	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Gasoline	KTON	144.5	153.9	200.3	278.0	372.0	463.0	551.0	639.0
	Jet fuel	KTON	-396.4	-439.5	-456.6	-457.0	-450.0	-443.0	-437.0	-431.0
	Kerosene	KTON	0.0	-147.0	-286.0	-420.0	-548.0	-571.0	-640.0	-703.0
	Diesel	KTON	1,577.7	1,497.4	1,875.5	2,428.0	3,113.0	3,872.0	4,712.0	5,644.0
	Fuel oil	KTON	-3,347.7	-3,644.8	-3,501.8	-3,065.1	-2,451.9	-2,336.0	-2,350.0	-2,353.0
	Naphtha	KTON	-2,849.4	-2,960.4	-3,046.3	-3,075.0	-3,075.0	-3,075.0	-3,075.0	-3,075.0
	Lubricants & additives	KTON	90.0	85.8	89.5	97.0	108.0	118.0	128.0	139.0
	Bitumen	KTON	108.3	119.3	116.8	134.0	162.0	194.0	229.0	267.0
	Petroleum Coke	KTON	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Non specified products	KTON	208.1	372.7	379.7	389.0	400.0	411.0	422.0	433.0
	Power distribution	GWh	0.0	80.3	1,503.1	2,917.9	4,516.0	7,848.3	11,447.4	16,479.7
	Power Hydro	GWh	15,000.0	15,282.0	15,550.0	15,804.0	16,047.0	16,278.0	16,500.0	16,713.0
	Power Gas combined	GWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Power Coal steam	GWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Power Gas turbine	GWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Power Diesel engine	GWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Power Fuel oil steam	GWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Power Solar Wind Other	GWh	25.0	67.0	445.0	914.0	1,289.0	2,048.0	3,407.0	3,500.0
	Renewable	KTON	99.0	99.0	100.0	282.0	283.0	283.0	284.0	285.0

(注) 一次エネルギー消費は、「国内生産 + 輸入 + パートナー購入 - パートナー支払い - 輸入 - バンカー販売」で定義される。

6.4 シミュレーション結果と考察

6.4.1 シナリオ設定

将来のエネルギー供給問題を明確にするために、現在のエネルギー計画を織り込んで需給バランスを計算した(これがベース・ケースである)。ベース・ケースの条件設定と計算結果の概要は、以下の表 6.4.1 と表 6.4.2 に示した通りである。

表 6.4.1 ベース・ケースの前提

項目	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Crude oil Capacity	KTON	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Natural gas Capacity	KTON	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Refinery Capacity	KTON	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000
GCC Capacity	GWh	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000
Power Capacity	GWh	72,000	76,000	81,000	86,000	91,000	96,000
Power Demand	GWh	63,686	67,655	72,031	76,888	82,333	88,481
LPG Demand	KTON	2,503	2,688	2,874	3,062	3,257	3,463
Gasoline Demand	KTON	2,456	2,555	2,649	2,740	2,828	2,916
Diesel Demand	KTON	7,413	7,846	8,308	8,807	9,353	9,958

表 6.4.2 ベース・ケースの計算結果

項目	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Crude oil production	KTON	39,853	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Natural gas Production	KTON	13,625	14,423	15,289	16,230	17,250	18,355
Refinery Production	KTON	29,948	30,598	31,260	32,037	32,529	32,684
GCC Generation	GWh	31,407	33,920	36,633	39,564	42,729	46,148
Solar-Wind-Other Generation	GWh	445	914	1,289	2,048	3,407	4,000
Power shortage	GWh	0	0	0	0	0	0
LPG Import	KTON	699	789	871	947	1,024	1,105
Gasoline Import	KTON	161	206	244	271	314	381
Diesel Import	KTON	1,878	2,190	2,529	2,882	3,341	3,928
Profit	Mill LE	6,149	6,542	7,139	7,547	8,075	8,749

ベース・ケースでは、LPG、ガソリン、軽油が不足する見込みである。これらのエネルギー不足は輸入によって賄われることになるが、エネルギーの不足状態を解消する事が、今後のエネルギー政策にとって重要である。エジプトでは、今後、原油の増産は見込めないが、天然ガスの増産は期待できる。また、エネルギー生産技術の改良が期待できるので、これらの要因を考えて、以下の表 6.4.3 に示したシナリオを考えた。

表 6.4.3 エネルギー供給政策のためのシナリオ設定

シナリオ	内 容
ベース・ケース	現在のエネルギー政策を加味したエネルギー需給バランス
シナリオ 1	石油精製プラントの得率改良後のエネルギー需給バランス
シナリオ 2	パートナーからの原油購入量の増加によるエネルギー需給バランス
シナリオ 3	得率の改良とパートナーからの原油購入量の増加によるエネルギー需給バランス
シナリオ 4	LNG プラントの利益性(LNG プラントの導入)
シナリオ 5	新エネルギーの貢献度

6.4.2 シナリオ別計算結果

(1) シナリオ 1: 得率の改善

エネルギー不足を改善するために、石油精製の得率の改善が考えられる。すなわち、石油精製プラントや天然ガスの生産効率の改善である。したがって、以下に示した内容の得率の改善が、どの程度将来のエネルギー需給バランスに影響するかを試算する。

1) データ設定

- (a) LPG、ガソリン、軽油得率を、10%の上昇(2001/02 年度から改善)
- (b) 天然ガスからの LPG 得率を、10%の上昇(2001/02 年度から改善)
- (c) これにともない重油の得率を7%、ナフサの得率を11%減少させる(2001/02 年度から減少)

2) 2005/06 年度の計算結果

計算結果によると、ガソリンの輸入量は大幅に減少するが、LPG、軽油の輸入量はほとんど減っていない。すなわち、2005/06 年度の LPG、ガソリン、軽油の国内供給量は、この程度の得率の上昇では不十分である。

表 6.4.4 シナリオ1の計算結果 (2005/06 年度)

項目	単位	Base Case	Scenario 1	Rate
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	0
Natural gas production	KTON	18,355	18,355	0
GCC Generation	KTON	46,148	46,148	0
LPG import	KTON	1,105	869	-21%
Gasoline import	KTON	381	128	-66%
Diesel import	KTON	3,928	3,237	-18%
Profit	Million LE	8,749	8,819	1%

(2) シナリオ2 : パートナーからの原油購入の増加

石油製品の輸入量の減少を計るため、パートナーからの購入量を 2001/02 年度以降、20%増加させる。

1) データ設定

パートナーからの原油の購入量を、2000 年までは 6,100 KTON、2001 年以降は 7,320KTON とする。

2) 2005/06 年の計算結果

- (a) シナリオ2でのLPG、ガソリン、軽油の輸入量はベース・ケースにくらべ、大幅に減少するが、まだ輸入状態にある。
- (b) しかし、原油の購入量を20%以上増やすと、LPG、ガソリン、軽油以外の石油製品の余剰が多くなり、原油購入量20%のときと比べ、逆に利益が減少する。
- (c) 与えられた石油製品の需要構成では、エネルギー部門の利益を増加させつつ、石油製品の輸入をゼロにすることは、難しいものと思われる。

表 6.4.5 シナリオ2の計算結果 (2005/06 年度)

項目	単位	Base Case	Scenario 2	Rate
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	0
Crude oil Bought	KTON	6,100	7,320	0
Natural gas production	KTON	18,355	18,378	0
GCC Generation	KTON	46,148	46,148	0

LPG import	KTON	1,105	1,092	-1%
Gasoline import	KTON	381	293	-23%
Diesel import	KTON	3,928	3,681	-6%
Profit	Million LE	8,749	8,858	1%

(3) シナリオ 3 : パートナーからの原油購入量の増加と得率の改善

石油製品の輸入量を減らすために、シナリオ 3 では、パートナーからの原油の輸入量を 2001/02 年度から 20%上昇させるとともに、さらに LPG、ガソリン、軽油の得率を 10%上昇させる。

1) データ設定

- (a) LPG、ガソリン、軽油の得率を、2001/02 年度から前年に対して 10%上昇させる。
- (b) 天然ガスからの LPG の効率を、2001/02 年度から 10%上昇させる。
- (c) 重油の得率を 7%下げ、また、ナフサの得率を 10%下げる。
- (d) パートナーからの原油の得率を、2000/01 年度までの 6,100 KTON から、2001/02 年度から 20%増やした 7,320 KTON とする。

2) 2005/06 年度の計算結果

- (a) シナリオ 3 では、LPG や軽油の輸入量は、20%以上改善しているが、まだ、供給不足状態にある。
- (b) しかし、ガソリンについては、輸入ガソリンはなくなり、すべて国内生産で供給されている。
- (c) 石油精製プラントの得率の改善とパートナーからの原油の購入は、石油製品の需給バランスを改善する効果がある。

表 6.4.6 シナリオ 3 の計算結果 (2005/06 年度)

項目	単位	Base Case	Scenario 3	Rate
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	0
Crude oil Bought	KTON	6,100	7320	20%
Natural gas production	KTON	18,355	18,371	0
GCC Generation	KTON	46,148	46,184	0
LPG import	KTON	1,105	855	-23%
Gasoline import	KTON	381	0	-100%
Diesel import	KTON	3,928	2,963	-25%
Profit	Million LE	8,749	8,930	2%

(4) シナリオ 4 : LNG プラントの利益性 (LNG プラントの導入)

シナリオ 4 は天然ガスから LNG を作り、輸出するシナリオである。これによりどの程度利益がでるかを試算する。

1) データ設定

- (a) 天然ガスの能力を、2001/02 年度から 2005/06 年度にかけて年々10%づつ拡大する。
 (b) LNG プラントの能力を、5 百万トンとし、2001/02 年度から 2005/06 年度にかけて操業する。

表 6.4.7 シナリオ 4 のデータ設定

生産能力	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Natural gas	KTON	20,000	22,000	24,200	26,620	29,282	32,210
LNG	KTON	0	5000	5000	5000	5000	5000

2) 2005/06 年の計算結果

- (a) LNG プラントによる利益の増加は、以下の通りである。

ベース・ケース	8,749 百万 LE
シナリオ 4	9,533 百万 LE
差	+ 784 百万 LE

- (b) LNG を輸出する事で、エジプトはベース・ケースに対して 9%の利益上昇が見込める。

表 6.4.8 シナリオ 4 の計算結果 (2005/06 年度)

項目	単位	Base Case	Scenario 4	Rate
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	0
Crude oil Bought	KTON	6,100	6100	0
Natural gas production	KTON	18,355	23,981	31%
LNG production	KTON	0	5000	
GCC Generation	KTON	46,148	46,148	0
LPG import	KTON	1,105	470	-57%
Gasoline import	KTON	381	276	-28%
Diesel import	KTON	3,928	3,838	-2%
Profit	Million LE	8,749	9,533	9%

(5) シナリオ 5 : 再生可能エネルギーの LPG 代替

再生可能エネルギーは 2005/06 年度 285 kton の生産かつ消費が予測されている。これらの再生可能エネルギーが LPG の国内需要を代替したとすれば、エジプトとしては、その分の LPG を輸入する必要はないから、LPG の輸入が減少することになる。

1) データ設定

- (a) 2005/06 年度の再生可能エネルギー285 kton の生産は、ベース・ケースと同じである。
 (b) その分の LPG 国内需要が減るように、LPG の国内需要を調整する。

2) 2005/06 年の計算結果

- (a) 再生可能エネルギーによる LPG 代替の利益

ベース・ケース	8,749 百万 LE
シナリオ 5	8,818 百万 LE
差	+ 69 百万 LE

(b) この代替により、エジプトはベース・ケースより1%高い利益を得る。

表 6.4.9 シナリオ 5 の計算結果 (2005/06 年度)

項目	単位	Base Case	Scenario 5	Rate
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	0
Crude oil Bought	KTON	6,100	6,100	0
Natural gas production	KTON	18,355	18,355	0
Renewable production	KTON	285	285	0
LPG import	KTON	1,105	822	-26%
Profit	Million LE	8,749	8,818	1%

6.4.3 戦略指数の比較

(1) ベース・ケースとシナリオ間の比較

表 6.4.10 は、ベース・ケースと各シナリオとの戦略指数の比較である。戦略指数としては、付加価値(LPの利益)、エネルギー貿易収支、CO2の排出量の3つを取り上げた。

表 6.4.10 ベース・ケースとシナリオ 1~5 戦略指数の比較 (2005/06 年度)

シナリオ	付加価値 (百万 LE)	エネルギー貿易収支 (百万 LE)	CO2 排出量 (百万 ton as CO2)
Base case	8,749	-4,819	145.7
Scenario 1 Yields	8,819	-4048	145.7
Scenario 2 Bought	8,858	-4562	145.8
Scenario 3 Yield+Bought	8,930	-3763	145.8
Scenario 4 LNG	9,533	-1618	145.7
Scenario 5 Renewable	8,818	-4732	145.7
備考	付加価値は LP の利益額	貿易収支はエネルギー -輸出 輸入 購入	CO2 排出量

(a) 付加価値：これはLPモデルの利益で定義されている。

各シナリオの付加価値は、ベース・ケースより高い。また、付加価値の大きいシナリオはシナリオ3と4である

(b) エネルギー貿易収支：これは、「輸出 輸入 パートナーからの購入」で定義されている。エネルギー貿易収支の高いのは、やはりシナリオ3と4である。

(c) CO2 排出量：これは、環境モデルで計算される。CO2 排出量は、シナリオ2と3が他のシナリオよりやや高い。しかし、その差は微少である。

(2) エネルギー供給計画モデルからの情報

シナリオ3と4がエジプトでは有望なシナリオである。仮に、シナリオ3と4のCO2排出量がエジプトの規制で許されるのであれば、これらは2005年のエネルギー供給計画として考えられるシナリオである。

表 6.4.11 は、ベース・ケース、シナリオ 3、4 の比較した結果を示す。右覧の '3+4' は、シナリオ 3 とシナリオ 4 とを同時に実行したときのケースである。シナリオ 3+4 では、LNG の生産、パートナーからの原油購入の増加、石油精製プラントの得率の改善などにより、ベース・ケースに較べて、9.3%利益が増加する。

表 6.4.11 ベース・ケース、シナリオ 3 と 4 の比較 (2005/06 年度)

項目	Unit	Base Case	Scenario 3	Scenario 4	3+4
Crude oil production	KTON	40,000	40,000	40,000	38,205
Crude oil Bought	KTON	6,100	7320	6100	7,320
Natural gas production	KTON	18,355	18,371	23,981	23,981
LNG production	KTON	0	0	5,000	5,000
GCC Generation	KTON	46,148	46,184	46,148	46,148
LPG import	KTON	1,105	855	470	169
Gasoline import	KTON	381	0	276	0
Diesel import	KTON	3,928	2,963	3,838	3,104
Profit	Million LE	8,749	8,930	9,533	9,566

第7章 環境影響評価モデル

7.1 環境問題の現状と環境戦略

表 7.1.1 大カイロの大気汚染濃度(microgram/m³)

Pollutant	Concentration		U.S. Standard		WHO Guideline	
Sulfur Dioxide	40-156	annual mean	80	annual mean	40-60	annual mean
Particulate matter	349-857	annual mean	75	annual mean	60-90	annual mean
Nitrogen Oxides	90-750	hourly mean	100	annual mean	320	hourly mean(N ₂ O)
Carbon Monoxide	1,000-18,000	hourly mean	40,000	hourly mean	10,000	8-hour mean
Lead	0.5-10	annual mean	2	quartly mean	0.5-1.0	annual mean
Ozone	100-200+	hourly maximum	235	hourly maximum	150-200	hourly mean

エジプトは、開発途上国の中では環境問題に初めて重大な関心を示した国として知られている。しかし大気汚染濃度の現状を見ると、まだまだ改善の余地がある。大カイロの大気汚染濃度を見ると(1991年)、米国の基準やWHO(世界保健機構)の基準より状況は悪い。

「環境法」では、エジプト環境庁(EAEA)の再編と、同庁による環境保護と改善に関する改革案の作成や実行に関する権限が与えられた。環境法では、排気ガスの濃度に関する基準値も与えられており、制度面での体制は整えられているといえる。

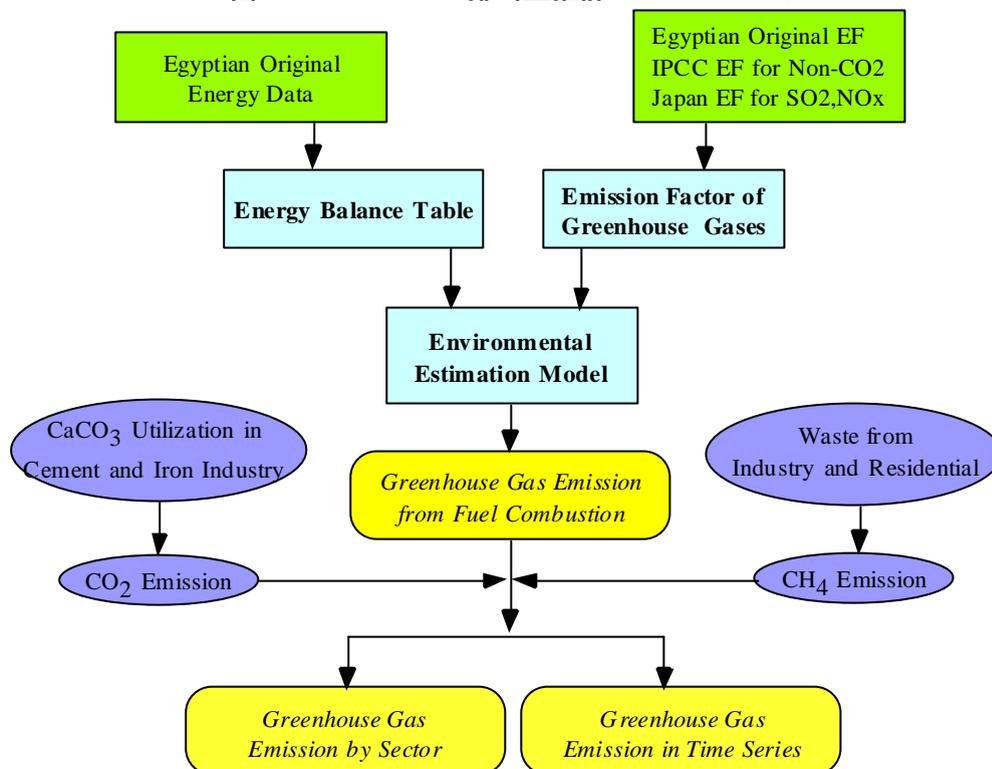
表 7.1.2 室外大気汚染物質の上限値(microgram/m³)

POLLUTANT	MAXIMUM LIMIT	EXPOSURE PERIOD	Japanese Standard
Sulphur Dioxide	350	1 hr	285
	150	24 hrs	114
	60	1 year	
Carbon Monoxide	30 Milligrams/cubic meter	1 hr	12.5
	10 Milligrams/cubic meter	8 hr	10
Nitrogen Dioxide	400	1 hr	
	150	24 hrs	123
Ozone	200	1 hr	128
	120	8 hr	
Suspended Particles Measured as Black Smokes	150	24 hrs	
	60	1 year	
Total Suspended Particles (TSP)	230	24 hrs	
	90	1 year	
Respirable Particles (Pm 10)	70	24 hrs	100
Lead	1	1 year	

7.2 環境影響評価モデルの作成と推計結果

エジプトにおける GHG 排出量を推計するためのフローチャートを示す。

図 7.2.1 GHG 排出量推計のフロー・チャート



まず、「エネルギー・バランス表」と「GHG の排出係数」を、できるだけエジプト独自の数値に基づいて作成する。このデータに基づき、「環境影響評価モデル」によって、6つのGHGおよびSO₂の排出量を推計する。さらに、セメントおよび鉄鋼業の石灰石(CaCO₃)利用に伴うCO₂の排出量、および産業部門の排水や民生部門の固形廃棄物の処理場からのCH₄排出量(CO₂換算する)を評価して、全体的なGHG排出量を算定した。セメント生産等に関するデータは、日本の環境庁が行った研究に依存した。将来的にはエジプトの生産状況に見合ったデータで置き換えることが望ましい。

(1) OEP(エネルギー計画機構)推計によるエネルギー・バランス表

OEP(エネルギー計画機構)は、石油を中心とした「エネルギー・フロー」を毎年作成しているが、今回は、GHG排出量推計に適した「エネルギー・バランス表」を作成した。この表は、エネルギーの生産から消費に至る部門分類と、28種類のエネルギー源分類から成るものである。エネルギーの単位は、KTOE(石油換算1,000トン)を用いている。

(2) OEP(エネルギー計画機構)推計によるGHGの排出係数

CO₂の排出係数に関しては、基本はIPCCのガイドラインに示された数値を採用したが、各エネルギーの真発熱量については、エジプトの各燃料の値を用いて、修正した。

表 7.2.1 CO₂ の排出係数

	IPCC Data			Egyptian data			
	TC/TJ	TJ/T	T-CO ₂ /T	TOE/T	T-CO ₂ /TOE	T-C/TOE	T-C/TJ
Coke Oven Coke	29.50	29.31	3.1701	0.7000	4.5287	1.2351	29.5
Natural Gas	15.30	46.55	2.6115	1.1110	2.3506	0.6411	15.3
Crude Oil	20.00	41.09	3.0135	0.9950	3.0286	0.8260	19.7
Liquefied Petroleum Gases	17.20	47.31	2.9837	1.1250	2.6522	0.7233	17.3
Natural Gas Liquids	17.20	46.18	2.9124	1.1030	2.6405	0.7201	17.2
Naphtha	20.00	45.01	3.3007	1.1030	2.9925	0.8161	19.5
Motor Gasoline	18.90	44.80	3.1046	1.1030	2.8147	0.7677	18.3
Kerosene type Jet Fuel	19.50	44.59	3.1882	1.0860	2.9357	0.8006	19.1
Kerosene	19.60	44.75	3.2160	1.0860	2.9614	0.8076	19.3
Gas/Diesel Oil	20.20	43.33	3.2093	1.0660	3.0106	0.8211	19.6
Residual Fuel Oil	21.10	40.19	3.1094	0.9720	3.1989	0.8724	20.8
Lubricants	20.00	40.19	2.9473	0.9720	3.0322	0.8270	19.8
Refinery Gas	18.20	48.15	3.2132	1.1250	2.8562	0.7790	18.6
Petroleum Coke	27.50	31.00	3.1258	0.7400	4.2241	1.1520	27.5
Non-specified Petroleum Products	20.00	40.19	2.9473	0.9720	3.0322	0.8270	19.8

(注)TC/TJ と TJ/T のデータは、IPCC が評価した数値である。これは IPCC のガイドラインの中に示されている。上表”IPCC Data”の中にある T-CO₂/T は、(TC/TJ * TJ/T (44/12) / 1000) の計算式から導き出される。エジプト独自の排出係数を得るためには、この IPCC のデータをエジプトの独自の真発熱量を用いて換算しなければならない。

上表”Egyptian Data”の TOE/T は、エジプト独自の真発熱量である。T-CO₂/TOE は、((T-CO₂/T)/(TOE/T))から求められ、T-C/TOE は、(T-CO₂/TOE * (12/44))の計算から求められる。最後に T-C/TJ は、(T-C/TOE/41.868 * 1000)の計算から求められる。41.868 は、KTOE から TJ への換算数値である。

(出所) “IPCC Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories, 1996” and OEP “Annual Energy Report”

SO₂、NO_x に関しては、エジプトのデータに基づきながら、日本の科学技術庁が行った研究データを利用して修正した。以上3種類以外のガスについては、適切なデータが存在しないため、IPCC のデータに依存した。

(3) 産業プロセスと廃棄物からの CO₂ および CH₄ の排出

セメント産業等の石灰石利用に伴う CO₂ 排出量に関しては、排出係数は日本の環境庁データ、生産量はエジプトのデータに基づいた。なお産業排水や固形廃棄物の処理場からの CH₄ 排出量に関しては、OEP が IPCC の計算手法に基づいて算出した結果を利用した。

7.3 GHG 排出量推計の結果とその意味

(1) エジプトにおける GHG 排出構造

燃料の燃焼に基づく CO₂ 排出量の構造を見ると、1998/99 年度の排出量は、1 億 382 万トン(CO₂ 換算)に達しているが、部門別では電気事業部門が 34.4% でトップにあり、以下運輸部門(25.9%)、産業部門(25.6%)、その他民生部門(10.0%)と続いている(エネルギー部門は、転換部門中の石油精製業)。

この数値に、産業部門では、セメント等の石灰石使用による CO₂ や各種廃棄物の CH₄(CO₂ 換算) を考慮すると、最大の CO₂ 排出部門は、産業部門となり、以下電気事業部門、運輸部門、その他民生部門が続く。

この比較から明らかなように、セメント産業や鉄鋼業の石灰石使用による CO₂ 排出量は大きい。今後ともこの種の排出量の詳細な推計が必要となっている。

表 7.3.1 1998/99 年度における非 CO₂ ガス排出量

1998	SO ₂ Emission (KTSO ₂)	NO _x Emission (KTNO _x)	CH ₄ Emission (KTCH ₄)	N ₂ O Emission (KTN ₂ O)	CO Emission (KTCO)	NM VOC Emission (KTNM VOC)
Industry	125.92	48.15	1.18	0.19	8.87	0.95
Transportation	41.39	229.75	3.92	0.23	1,320.88	250.76
OtherSector	5.84	5.04	1.52	0.09	3.57	0.79
Electricity	123.01	80.50	0.87	0.14	9.16	1.61
Energy Sector	17.20	19.70	0.14	0.03	0.92	0.07
Total	313.35	383.14	7.63	0.68	1,343.40	254.17

CO₂ 以外の GHG 排出量に関しては、燃料の燃焼に基づいて推計した。単位はそれぞれの排出ガスに関して 1,000 トンとなっている。

各排出ガスについてみると、SO₂ に関しては産業と電気事業のウェイトが高く、NO_x、CH₄、CO、NM VOC に関しては運輸部門のウェイトが高い。この数値から判断すると、特に非 CO₂ ガスに関しては、運輸部門における対策が重要な意味を持つことがわかる。

(2) エジプトにおける GHG 排出量の推移

1981/82 年度から 1998/99 年度までの期間におけるエネルギー消費量は、年率 4.89% で増加した。これに対して CO₂ 排出量は、同期間で年率 4.51% の増加を示し、CO₂ のエネルギー消費弾性値は、0.92 であった。これは、この間の天然ガス転換による排出係数の低下が影響している。

また、非 CO₂ ガスの推移に関してみると、1990 年代以前の時期とそれ以降では大きな変化が認められる。1990 年代以前では、それぞれのガス排出量の変化は、それほど大きくはなかったが、1990 年代に入ると増加率に変化が生じ、SO₂ では、電気事業部門における天然ガスへの燃料転換の効果で、排出量の増加率は小さく、交通部門のシェアが圧倒的に大きい CO、NM VOC、NO_x、CH₄ では、排出係数の低下がなかった関係上、排出量の増加率は大きくなっている。

表 7.3.2 エネルギー消費とCO₂排出量の推移

	Fossil Fuel Consumption (TJ)	CO ₂ Emission (MtCO ₂)	Fossil Fuel Consumption 1981/82=100	CO ₂ Emission
1981/82	647,677	46.4	100.0	100.0
1982/83	732,270	52.4	113.1	112.9
1983/84	816,164	58.1	126.0	125.2
1984/85	883,495	62.6	136.4	134.9
1985/86	903,869	63.2	139.6	136.2
1986/87	969,229	67.8	149.6	146.0
1987/88	1,025,829	71.4	158.4	153.9
1988/89	1,027,561	71.3	158.7	153.7
1989/90	1,080,036	74.7	166.8	161.0
1990/91	1,114,327	76.8	172.0	165.6
1991/92	1,116,497	76.9	172.4	165.7
1992/93	1,111,391	75.6	171.6	162.9
1993/94	1,107,880	74.8	171.1	161.2
1994/95	1,162,162	78.2	179.4	168.4
1995/96	1,235,918	83.3	190.8	179.4
1996/97	1,288,791	87.0	199.0	187.4
1997/98	1,400,527	94.7	216.2	204.1
1998/99	1,457,404	98.2	225.0	211.6
2005/06	2,296,045	150.7	354.5	324.8
Average Growth Rates				
(1998/99)/(1981/82)	4.89	4.51	4.89	4.51
(2005/06)/(1998/99)	6.71	6.31	6.71	6.31
(2005/06)/(1981/82)	5.41	5.03	5.41	5.03

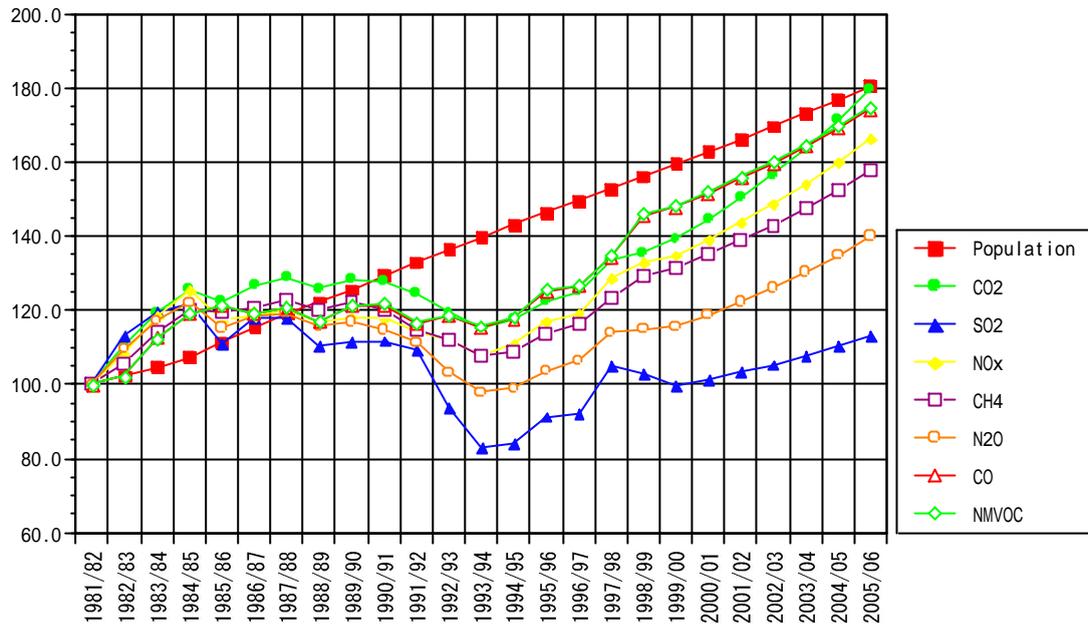
(3) 経済成長・人口増加とGHG排出量の関係

1981/82年度から1998/99年度の期間で見ると、GDPの成長率は年率5.0%で増加した。これに対して、CO₂排出量の増加率は年率4.5%であり、CO₂排出量の対GDP弾性値は0.91であった。

この間のGDPとCO₂排出量の関係について言えば、1990年代初頭までは、エジプト経済は停滞していた。その後経済は急速に回復する。この状況を反映して、1990年代初頭までエネルギー消費も停滞していた。特に石油消費の増加は、1980年代末に頭を打った。これと対照的にガス体燃料は、順調に増加した。1990年代初頭以降、エネルギー消費は(石油もガスも)、経済回復と歩調を合わせて順調に増加した。CO₂排出量は、化石燃料の消費動向を通じて、経済活動を反映している。CO₂排出量は、CO₂の排出係数と緊密に関連しており、従って石油からガスへのエネルギー消費構造の変化は、エネルギー消費量当たりのCO₂排出係数の低下を意味した。その結果、経済活動は、エネルギー消費構造の構造的変化に影響を与え、これを通してCO₂排出係数が低下し、CO₂の対GDP弾性値は、1を下回るようになった訳である。

人口増加とGHGの対人口原単位の関係を見ると、人口増加が、ほぼ右肩上がりの変化を示しているのに対して、GHGの排出量は、エネルギー消費と排出係数の影響を受けて、変動している。非CO₂の対人口原単位の傾向は、先の排出傾向とほぼ同様な様相を示しているが、CO₂の対人口原単位は急増している。1981/82年度から1998/99年度間では、人口増加率とCO₂の対人口原単位の増加率はほぼ等しい大きさになっている。

図 7.3.1 人口と GHG 対人口原単位の指数(1981/82 = 100)



第 8 章 データベース

8.1 データの収集状況

エジプトのエネルギーに関するデータは、集約された主要データのみが、Central Agency for Public Mobilization and Statistics (以下 CAPMAS とする) または Egyptian General petroleum Corporation (以下 EGPC とする)、Egyptian Electricity Authority (以下 EEA とする) などから年報または統計資料として発行されているが、それはエネルギー需給予測モデルに用いるには集約されすぎた代表数値のみであり、細部データは一般には手に入らない。

過去のデータについては、今回のモデルが短期予測であること、1990 年以前と以降では社会経済の様相が異なっていること、過去のデータの信頼性などから、全体としては 1981/82 年度以降のデータを収集することとした。回帰分析手法によるモデル構築に当たっては、過去のデータは 10 年から 15 年間あれば充分であり、またデータ項目によって精粗の差がある点については、個々にモデルでの必要性和データの信頼性とを比較吟味し、モデル構築側で過去データの適用期間を判定することとした。

供給側のデータは、OEP の資料室にある過去の資料、EEA および EGPC の内部資料の入手、などにより 1981/82 年度まで遡って、OEP メンバーにより精力的にデータ収集が行われた。ガス・オイル関係のフィールドの数値は、コントラクトの関係で必ずしも全てが入手できないが、モデル構築に基本的に必要なものはほぼ入手できた。電力供給関係は、EEA のアニュアル・レポートによく整理されて記載されており、モデル作成目的には十分なデータが入手できた。

なお、OEP に対しては、EEA から電力関係、また EGPC から石油ガス関係など、基本的資料について、マンスリー・レポートあるいはアニュアル・レポートとして定期的に提供されている。

一方、消費側のデータは、各部門別には揃っているものの、産業別需要予測の積み上げ、産業別の感度解析、またはエネルギー利用効率化の視点での分析に必要な産業部門の細分化したデータは、ごく一部を除いて、集約化されていない。従来エジプトでは、産業部門のエネルギー消費データを部門一本で集約して整理しており、需要予測で要求されるより細分化されたものは現状では得られない。OEP 側の努力は続けられたものの、そもそもデータ・ソース側に細分化したデータが無いこと、また産業の民営化を進めている過程で、産業部門のエネルギー関連データを収集する機能が乏しくなっていることが挙げられる。結局、産業部門はひとつのカテゴリーとして取り扱うこととなった。

8.2 エネルギー・フロー

入手したエネルギー・データの評価し、モデル構築に利用するためには、エネルギー・フローの実態把握が欠かせない。エジプトは原油・天然ガスの産出国であり、これらの油田・ガス

田の採掘権は、契約に基づいて諸外国資本に操業が委ねられている。このことから発生する特有の一次エネルギーの流れがある。原油、天然ガス、コンデンセート、LPG にそれらが見られる。

収集してきたエネルギー統計データは、まずエネルギー・フロー上で位置付けられ、更にエジプト特有の定義を考慮に入れた上で、エネルギー・バランス表の定義によってデータの検証と評価が行われていった。

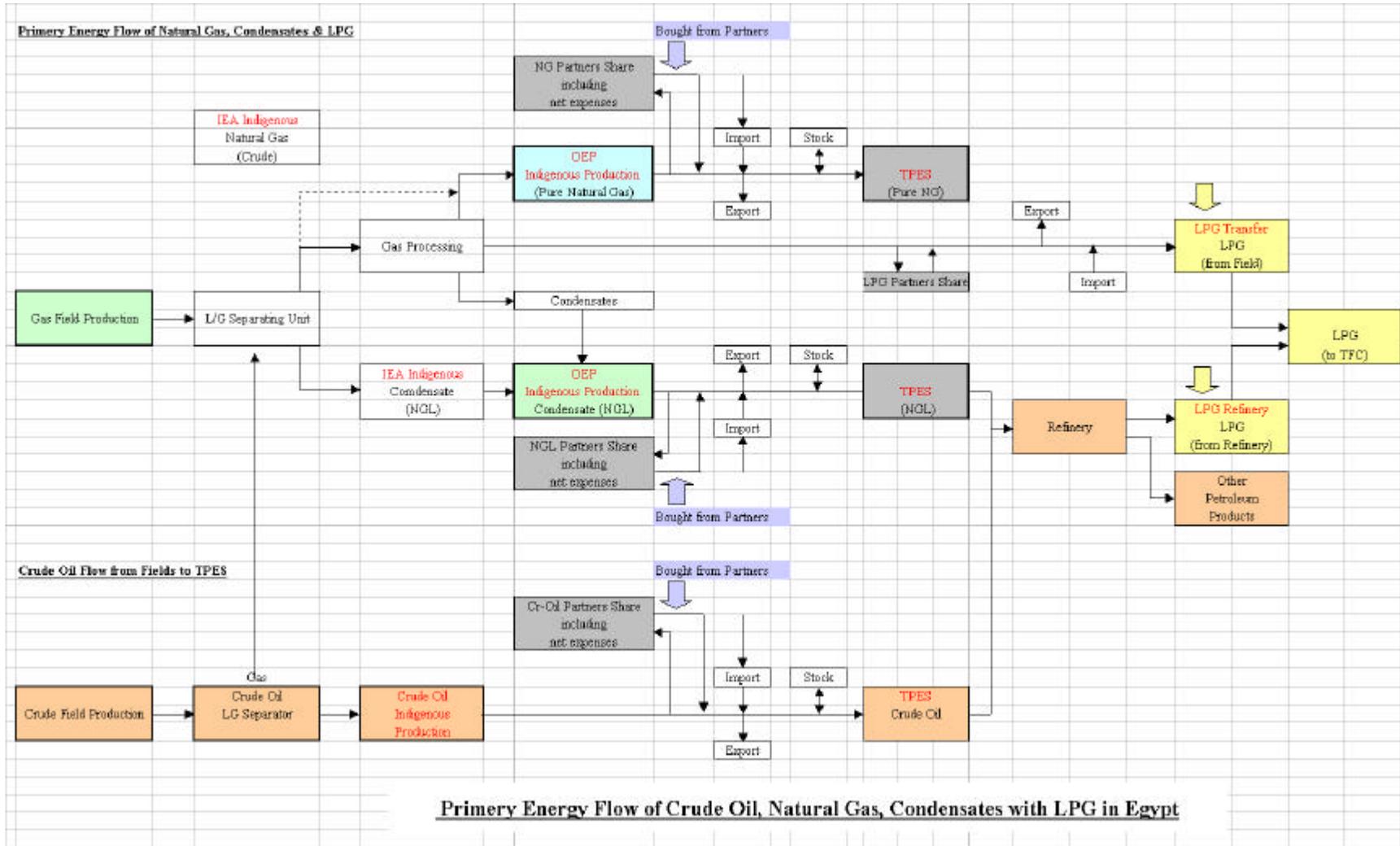
図 8.2.1 は、供給サイドのデータの定義づけを、OEP メンバーと共に行った結果で、このフローに従い、データの検証についての技術移転も実施した。国内生産された一次エネルギー、原油、天然ガス、コンデンセートは、契約に従って、エジプト政府とパートナーの間で生産物のシェア (Partner Share) が行われ、かつエジプト政府は操業コストの負担分を現物でパートナーに支払う (Net Expense)。その後大半の一次エネルギー生産物は FOB 価格でエジプト側が買い取る (From Partner) 仕組みになっている。これらから純輸出入とバンカー油/国際航空用ジェット燃料向けおよび在庫変動を差し引いた残りが、一次エネルギー供給 (国内総供給、TPES、Total Primary Energy Supply) となる。

石炭については、少ないながらも、コール・フローが存在しており、データが収集できていない製鉄産業内のコークス炉、高炉など、一部項目は、データが空白となっている。

ガス田からの天然ガス生産は近年目覚しく増加してきている。ガス田開発とその操業は、生産された天然ガスの一次処理も含めて、エジプト政府の契約者であるパートナーが行っているが、ここでも全ての製品でシェア分けと操業費用の精算およびエジプト側の買戻しが行われている。これは天然ガスから生産される LPG についても同様である。

エジプトは近い将来ガスの生産増加が期待され、それを国内消費に向けることにより、石油製品の消費増加を抑制し、更には、天然ガスを近隣諸国に輸出することを考えている。天然ガスの向け先としてはトルコ向けが計画され、2000 年代前半に実現することとなっている。この場合、LNG プラントが設置されることが予想され、一次エネルギー・フローは今後更に変化していくことになる。

図 8.2.1 エジプトにおける一次エネルギー・フロー



8.3 データベースの基本構成

データベースは2個のMicrosoft Excel ファイル一組を基本構成とし、一つのファイルは物理単位(kton, GWh)を使用し、もう一つのファイルは石油換算“ktoe”を用いている。これらの2個のファイルが一組のデータベースとして、シナリオごとに作成されていくことになる。また、これらのExcel ファイルは、簡易にメンテナンス出来るよう、Excel 標準で用意されている関数のみで処理されており、特別な関数定義やマクロなどは使用していない。各データ・シートはエネルギー・バランス表または各種集約テーブルが作成しやすいように、基本的に統一されたフォーマットを使用している。

8.3.1 データベース・ファイル・リスト

データベースはその内容から更に次の5分類に分けられている。

(1) 過去の実績データ・ファイル

Eg_OEP_DBAL_v22.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_u22.xls (ktoe)

Eg: Egypt

OEP: Organization of Energy Planning

DBAL: Detail Balance

v: 物理単位, kton / GWh

u: 石油換算単位, ktoe

今後、物理単位 (kton, GWh) を使用しているファイルは総括して“v”ファイルと表現し、石油換算単位(ktoe)を使用しているファイルは“u”ファイルと表現する。

(2) 修正過去データ・ファイル(モデル構築用)

Eg_OEP_DBAL_v30.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_u30.xls (ktoe)

原料炭およびコークスのデータ不足とデータの論理的誤りを補正したもの

(3) 両モデル出力に対応したデータ・リンク用オリジナル・ファイル

需給予測モデルの対応ファイル

Eg_OEP_DBAL_vf_FMT.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_uf_FMT.xls (ktoe)

LP 供給モデルの対応ファイル

Eg_OEP_DBAL_vf_LPT.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_uf_LPT.xls (ktoe)

(4) 需給予測モデルによるケース・スタディ対応ファイル

Eg_OEP_DBAL_vf_FM-**.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_uf_FM-**.xls (ktoe)

(5) LP 供給モデルによるケース・スタディ対応ファイル

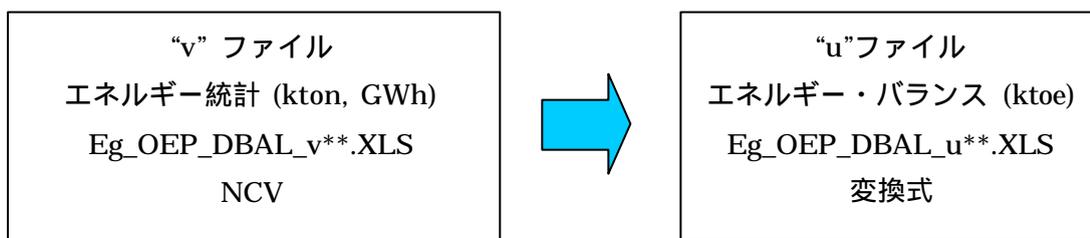
Eg_OEP_DBAL_vf_LP-**.xls (kton / GWh)

Eg_OEP_DBAL_uf_LP-**.xls (ktoe)

8.3.2 一組のデータベース・ファイル

石油換算単位(ktoe)への変換は “u” ファイルの各データ・シートに設定された式により、図 8.5.1 に示す流れによって、“v” ファイルから “u” ファイルへ計算される。この場合、変換係数は “v” ファイルに設定された NCV(Net Calorific Value of Egypt) が用いられている。

図 8.3.1 一組のデータベース・ファイル



以上のことが「一組のデータベース・ファイル」の意味を示す。

8.4.2 ファイル間のデータ参照

(1) **Eg_OEP_DBAL_vf_FMT.xls** と **Model-T.xls**

このファイルは **Model-T.xls** の **Data_T** シートを直接参照し、需要・供給のデータを得ている。

(2) **Eg_OEP_DBAL_uf_FMT.xls** と **Eg_OEP_DBAL_vf_FMT.xls** および **Model-T.xls**

このファイルは、**Eg_OEP_DBAL_vf_FMT.xls** の各エネルギーシートを直接参照し、NCV ファクターにより物理単位を石油換算単位 “ktoe” に変換すると共に、**Model-T.xls** の **Data_T** シートを同じく直接参照し、マクロ経済データをファイルに取り込んでいる。

(3) **Eg_OEP_DBAL_vf_LPT.xls** と **Model-T.xls** および **LPSupply-T.xls**

このファイルは、**Model-T.xls** の **Data_T** シートを直接参照し、需要サイドのデータを得ると共に、**LPSupply-T.xls** の **Data** を同じく直接参照して供給サイドのデータを得ている。

(4) **Eg_OEP_DBAL_uf_LPT.xls** と **Eg_OEP_DBAL_vf_LPT.xls**

このファイルは **Eg_OEP_DBAL_vf_FMT.xls** の各エネルギーシートを直接参照し、NCV ファクターにより物理単位を石油換算単位 “ktoe” に変換することによりデータを得ている。

第9章 結び

本調査の目的は、エジプト国のエネルギー経済モデル(エネルギー政策の効果・影響等を評価する短・中期予測型シミュレーション・モデル)を開発するとともに、その構築、運用に関する技術移転を実施することにある。したがって、モデルの構築と技術移転が本調査の2本柱である。

9.1 モデルの構築

(1) モデルの機能

モデルは、表 1.1.1(第1章参照)に示したように、エジプト国カウンターパート(OEP)が求めている政策課題と分析項目に、対応できるように構築されている。モデルの基準年次は1998/99年度であり、目標年次は2005/06年度である。

(2) モデルの構成

モデルは、一連のモデル群(マクロ経済・エネルギー需要予測モデル、エネルギー供給計画モデル、環境影響評価モデル、データベース)から成り立っており、計量経済学的ツールによって開発されるモデル(マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデル)と、数理計画法によって開発されるモデル(エネルギー供給計画モデル)とに大別される(第1章、図1.3.1参照)。

モデル開発はモデル毎に並行作業で行われたが、マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルはマクロ経済・エネルギー需要予測モデルとして一つのモデル体系とした。エネルギー供給計画モデルはエネルギー供給・システムと便益を評価する最適化モデルであり、目的関数や制約条件を入れるので、上記モデルとは別体系のモデルである。環境影響評価モデルは、データベースを介在して、マクロ経済・エネルギー需要予測モデルとエネルギー供給計画モデルの両方にリンクする。

マクロ経済・エネルギー需要予測モデルは、シナリオ別にマクロ経済活動水準やエネルギー需要をシミュレートし、エネルギー供給モデルは、そのエネルギー需要予測結果を受け継ぎ、エネルギー産業の設備能力を制約条件とし、利益最大となるエネルギー・ミックスをシミュレートする。

9.2 技術移転

技術移転のためのワークショップや演習・講義を、第1次、第2次、第3次と全ての現地調査において行った。特に、第3次現地調査では、長期に亘って、かつ集中的に行った。技術移転の内容については、個々のモデル特有の理論と概念、モデル構築のためのツールと方法論、エネルギー経済モデル構築の手法、エネルギー・データベースとデータベース

開発ツール、モデル・メンテナンス、を含めている。環境影響評価モデルについては、地球温暖化ガスについてエジプト独自の排出係数を設定して、排出ガス量の推定を行った。

マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルは、計量経済学的手法(ツール Simple E.)に基づいてモデル構築を行うので、マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデル担当のカウンターパートが両方に参加できるカリキュラム編成とした。エネルギー供給計画モデルは、数理計画法(ツール Large Scale LP)に基づいてモデル構築を行い、エネルギーの知識を必要とするので、エネルギー供給計画モデルとデータベース担当のカウンターパートを対象にカリキュラムを編成した(第1章、表 1.2.4 参照)。すなわち、講義・演習による技術移転は、2チームが並行して行った。

9.3 主な調査結果

(1) マクロ経済エネルギー需要予測モデル

マクロ経済・エネルギー需要予測モデルでは、1) 名目価格現状維持(低価格シナリオ)、2) 実質価格一定(ベース価格シナリオ)、3) 実質価格年率10%上昇(高価格シナリオ)の3種の価格シナリオを設定した。本報告書のベース・ケースは、上記2)の実質価格一定シナリオである。

表 9.3.1 主なエネルギー需要予測結果

(単位：年平均伸び率%)

	1998/99 値 (ktoe)	高価格	ベース価格	低価格
国内総需要	44,064	5.44	5.64	6.01
一次エネルギー需要				
天然ガス	12,799	8.38	8.47	8.64
原油	27,400	3.79	4.10	4.70
二次エネルギー				
石油製品	24,057	36.3	3.91	4.46
発電量	5,848	6.23	6.33	6.53
最終エネルギー需要				
農業	320	3.77	4.39	5.34
産業	10,775	5.96	6.06	6.21
運輸	9,113	4.08	4.49	5.37
民生	5,652	4.87	5.16	5.66
電力	4,868	6.48	6.59	6.79
GDP		5.77	5.74	5.68
対 GDP 弾性値				
電力需要		1.12	1.15	1.20
国内総需要		0.94	0.98	1.06

更に、経済改革・構造調整政策、原油価格、電力価格、石油製品価格、技術革新、エネルギー代替政策を取り上げ、感度分析を行った。その結果を表 9.3.2 に纏めて示す。

表 9.3.2 感度分析結果

項目	シミュレーション結果
1) 経済改革・構造調整	<ul style="list-style-type: none"> ・ 投資の増加(貯蓄の増加と消費の相対的減少) ・ 政府支出の減少(民営化による公共セクターの縮小) ・ エネルギー・セクターの付加価値の伸びは、他のセクターに比べ、小さい
2) 国際原油価格	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輸出収入の増加 ・ 石油セクターへの直接影響(正) ・ 石油以外のセクターへの間接影響(正) ・ 数年の時間の遅れを伴う
3) 電力料金	<ul style="list-style-type: none"> ・ 短期でエネルギー・セクターの付加価値上昇 ・ 中期でほとんど負、しかし無視できる程度
4) 石油製品価格	<ul style="list-style-type: none"> ・ 短期で電力と輸送部門への負の影響 ・ 石油セクターでの増収は短期のみ ・ 中期では石油以外のセクターで正の影響
5) 省エネルギー技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 投資への影響大 ・ 石油セクターへは負の直接影響 ・ 中期ではすべてのセクター、特に産業、輸送部門では正の影響大 ・ 時間とともに利益増加
6) 価格による燃料代替	<ul style="list-style-type: none"> ・ 価格弾性値からみるかぎり無視できる程度(現在の価格レベルでは、供給制約の方が有効)

(2) エネルギー供給計画モデル

エネルギー供給計画モデルでは、シナリオ別にシミュレートしている。政策変数としては、技術変化、パートナーからの原油購入、天然ガス生産量、製油設備容量やガス・コンバイン・サイクル設備容量である。また、指標として国内エネルギー供給とCO2 排出量を考慮している。

表 9.3.3 シナリオと主な結果 (LP モデル)

シナリオ	シミュレーション結果
ベース・ケース	<p>(設定) 現在のエネルギー政策を加味したエネルギー需給バランス。</p> <p>(結果) ベース・ケースでは、LPG、ガソリン、軽油が不足する見込みである。エジプトでは、今後の原油の増産は見込めないが、天然ガスの増産は期待できる。また、エネルギー生産技術の改良が期待できるので、これらの要因を考えてシナリオを作成する。</p>

シナリオ 1	(設定) 石油精製プラントの得率改良後のエネルギー需給バランス。 (結果) シナリオ 1 では、ガソリンの輸入量は大幅に減少するが、LPG、軽油の輸入量はほとんど減っていない。すなわち、2005/06 年のLPG、ガソリン、軽油の国内供給量はこの程度の得率の上昇では不十分である。
シナリオ 2	(設定) パートナーからの原油購入量の増加によるエネルギー需給バランス。 (結果) シナリオ 2 では、LPG、ガソリン、軽油の輸入量はベース・ケースにくらべ、大幅に減少するが、まだ輸入状態にある。しかし、原油の購入量を 20%以上増やすと、今度はLPG、ガソリン、軽油以外の石油製品の余剰が多くなり、原油購入量 20%のときと比べ、逆に利益が減少する。与えられた石油製品の需要構成では、エネルギー部門の利益を増加させつつ、石油製品の輸入をゼロにすることは難しい。
シナリオ 3	(設定) 得率の改良とパートナーからの原油購入量の増加によるエネルギー需給バランス。 (結果) シナリオ 3 では、LPG や軽油の輸入量は、20%以上改善するが、まだ、供給不足状態にある。しかし、ガソリンについては、輸入はなくなる。石油精製プラントの得率の改善とパートナーからの原油の購入は、石油製品の需給バランスを改善する効果がある。
シナリオ 4	(設定) LNG 事業の利益性について (結果) LNG プラントによる利益の増加は、ベースに対して 784 百万 LE、率にして 9%の利益上昇が見込める。
シナリオ 5	(設定) 新エネルギーの貢献度 (結果) 再生可能エネルギーによるLPG代替の利益は、ベース・ケースに対して+ 69 百万 LE、率にして 1 %の益上昇が見込める。

(3) 環境影響評価モデル

環境影響評価モデルの作成に関しては、できるだけエジプト独自のデータに基づくエネルギー・バランス表の作成およびGHGの排出係数の作成を行い、「マクロ経済エネルギー需要予測モデル」や「エネルギー供給計画モデル」の計算結果から自動的に各GHGの排出量を推計できるモデルを開発した。

表 9.3.4 シナリオと主な結果 (環境影響評価)

シナリオ	シミュレーション結果
ベース・ケース (GHGs 排出)	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂ 排出：電力部門(34%)、交通部門(26%)、産業部門(26%) ・廃液やスラッジからのCH₄(CO₂換算)や民生部門の固形廃棄物処理場からのCH₄(CO₂換算)を考慮すると、産業部門が最大の排出部門(32%)となる。 ・NO_x, CO, N₂O, CH₄, NMNOC：交通部門が圧倒的なウェイトを持っている。 ・環境問題の解決のために、産業政策、交通政策を考慮することが非常に重要となっている

(4) データベース

データベースは、IEA フォーマットを基準に、エジプトのエネルギー・フロー特有の定義を加えて作成した。目的をモデルへのデータの提供と、モデルの結果を集約する事に特化するため、モデルの基本ツールとして使用された Microsoft Excel を採用した。データベース内で使用した計算式はすべて Excel に標準で用意されている関数を利用し、特段の関数定義またはマクロ手法によるデータ処理を使わず、Excel が本来持ち合わせているシート計算機能のみを用いている。従って、特に計算の流れは制御されず、すべて同時処理となっているため、きわめて高速なデータ・リンクが可能となった。

9.4 提言

(1) データ収集システムの整備

本モデルの特徴の一つは、収集データが多岐にわたることである。今後、モデルの精度を向上させるためには、産業活動やエネルギー需給に関する広範囲なデータを恒常的に収集する体制を確立する必要がある。各種の統計を確立するためには相当の時間と資金を必要とするものと思われる。このような観点から公共部門は統計システムの重要な役割を果たす必要がある。データ収集システムの法的整備を含めた組織・制度上の整備が望まれる。

(2) モデルの運用・維持

本モデルは、国際機関等によって配布されているモデルと異なり、すべてがオープンで、ブラック・ボックス・システムではない。モデルは修正が可能で、柔軟かつ透明な構造となっている。その代わり、モデルの運用または維持のためには、モデルに習熟する必要がある。とくに、新規データを追加するときには、周囲の整合性を十分に確認して追加する必要がある。

(3) 中・長期問題への適用

今回のモデルは、短・中期予測が目的であるので、説明変数をかなり内生化している。仮に、本モデルを中・長期のシミュレーション・モデルとして利用するときは、期間の延長と同時に、エネルギー設備計画等の国家的な計画を外生値として入れることが望ましい。

(4) エネルギー政策への適用

本モデルを、エネルギー政策策定のシミュレーション・ツールとして適用する場合、最初は、需要予測部分のみを適用し、次いで、価格予測部分、エネルギー供給計画部分というように、順次本モデルの機能を適用してゆくことが、無理なく確実に適用できる方法と思われる。すなわち、シナリオを一つ一つ入れて、政策判断に期すべきである。