

第 4 部 エネルギーデータベースおよび分析ツール

第 13 章 エネルギーデータベースおよび分析ツール

13.1 データベースの構造

本調査で開発したエネルギーデータベースの概要を、以下に示す。

現地コンサルタントへ発注した結果、データベース管理システム (Data Base Management System: DBMS) は現在世界的に最も利用されているリレーショナル型データベース管理システム (Relational Data Base Management System: RDBMS) を採用した。RDBMS の特徴としては、①データを表形式のテーブルで表示し、複数のテーブルを関連付けて連結することができる、②標準化された SQL (Structured Query Language、構造化問合せ言語) を使用してデータベースを操作する、の 2 点である。

このシステムでは、インターネットからデータベースのサーバーへアクセスし、ウェブサイト上でデータベースを操作することが可能である。そのため、①複数のユーザーが同時にデータベースへのアクセスが可能、②複数のユーザーが同時にデータ更新をすることが可能、③ソフトウェアのライセンス料が不要、④セキュリティが高い、といった長所がある。データ処理は (検索、並べ替え、グラフ作成など) は、プログラムの設定によって市販されている一般的な表計算ソフトとほとんど変わらない機能を有する。

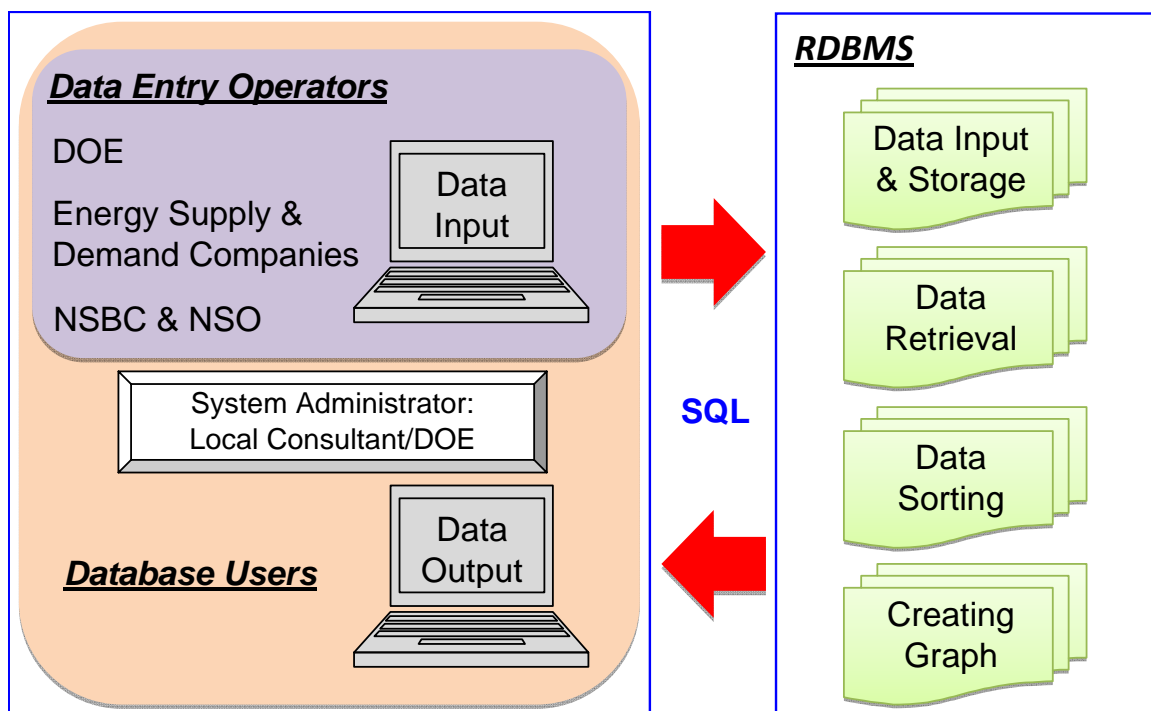


図 13.1-1 データベースのシステム構造案

13.1.1 データ項目

調査のエネルギーバランス表では、フィリピン DOE が現在利用しているエネルギーバランス表

を採用し、DOE の要望に沿って一部項目の追加を行った。データ項目は 29 エネルギー項目×58 エネルギー需給項目=1,682 セルとなる。表 13.1-1 は本調査のエネルギーバランス表のエネルギー項目およびエネルギー需給項目を示している。

表 13.1-1 エネルギーバランス表の項目

No.	Energy Source Items	Energy Supply and Demand Items
1	Coal	Indigeneous
2	Natural Gas	Imports (+)
3	Crude Oil	Exports (-)
4	NGL	Bunkering (-)
5	Premium Gasoline	Stock Change (+/-)
6	Regular Gasoline	Primary Energy Supply
7	Kerosene	Refinery (Crude Run)
8	Diesel Oil	Power Generation
9	Fuel Oil	Fuel Input (-)
10	LPG	Electricity Generation
11	Jet Kerosene	Gas Manufacture
12	Aviation Gasoline	Transmission/Distribution Loss (-)
13	Naphtha	Energy Sector Use & Loss (-)
14	Asphalt	Net Domestic Supply
15	Lubes & Greases	Statistical Difference
16	Other Petroleum Product	% Statistical Difference
17	Electricity	Net Domestic Consumption
18	Wind	INDUSTRY
19	Solar	Manufacturing
20	Geothermal	Beverages
21	Hydro	Tobacco
22	Ricehull	Coco/Vegetable Oil
23	Charcoal	Sugar
24	Fuelwood	Other Food Processing
25	Bagasse	Textiles/Apparel
26	Coco Residue	Wood Prod/Furniture
27	Animal Waste	Paper Prod/Printing
28	Ethanol	Chemicals Except Fertilizer
29	CME	Fertilizer
30		Rubber/ Rubber Products
31		Glass/Glass Products
32		Cement
33		Lube Refining
34		Other Non-Metic Minerals
35		Basic Metal
36		Machinery/Equipment
37		Other Manufacturing
38		Mining
39		Construction
40		TRANSPORT
41		Railway
42		Road Transport
43		Water Transport
44		Domestic Air Transport
45		International Civic Aviation
46		RESIDENTIAL
47		COMMERCIAL
48		Public Services
49		Hotels and Restaurants
50		Hospitals
51		AGRICULTURE
52		Agri Crops Product
53		Livestock/Poultry
54		Agri Services
55		Forestry
56		Fishery
57		OTHERS, NON-ENERGY USE
58		Sefl-sufficiency

DOE は IEA や APEC に対して定期的なエネルギーデータの提供を行っているが、IEA と APEC のエネルギーバランス表は DOE のそれとはエネルギー項目およびエネルギー需給項目が異なる。(文削除) IEA では、エネルギー項目が 61、エネルギー需給項目が 82 に分類されており、データ入力セルは約 5,000 セルになる ($61 \times 82 = 5,002$) が、これらの項目のうちエネルギー源やプラントが存在しないために、全ての項目が必要となるわけではない(例えば、フィリピンの場合は原料炭、褐炭、CHP プラント、石炭液化プラントなどは存在しない)。

13.1.2 検索および並び替え

エネルギーデータベースに格納されているエネルギーおよび社会経済データの項目数は、約 1,700 項目ある。さらに、データは時系列に 1990 年から 2006 年まで入力され、総データ数は約 29,000 に及ぶ。これらの膨大なデータの中から必要なデータを抽出するには時間を要するため、データベースプログラムを現地コンサルタントに委託、開発し、検索、並び替えなどの機能を持たせた。データベースプログラムは開発期間が短かったため、今後もプログラムの修正・改善が必要である。(削除)

13.1.3 エネルギーバランス表

エネルギーバランス表は、対象国のエネルギー需給状況を総合的に把握するために作成されている。このバランス表は各エネルギーの単位を物量から石油換算トンに換算し、その国全体のエネルギーフローを示している。(文削除)

13.2 データ収集システム

データ収集システムは、データ所有・提供者が当面はウェブサイト上からエネルギーデータベースへアクセスし、それぞれがデータを入力・更新を行うことで、DOE のデータベース専用のハードディスクへ集約する方式を採用した。

また、Philippine Statistical Development Program 2005-2010 において、2010 年までに DOE 内部にデータベースのワンストップサービスセンター機能が構築される計画である。この計画の実現に当たっては、広域ネットワーク (WAN) ならびに DOE 内ローカルエリアネットワーク (LAN) などネットワーク上でデータ収集を行い、また、DOE のサーバーコンピュータを最適化した上でデータベースシステムを統合することが見込まれる。

13.2.1 エネルギーデータ

エネルギーデータは、DOE の 5 つの Bureau がそれぞれ関連するエネルギー生産・供給者から月、四半期、年ベースのデータ提供を受け、一部は NSCB/NSO によるアンケート調査結果を採用している。

13.2.2 社会経済データ

社会経済データは、NEDA、BSP、NSCB/NSO、PIP といった社会経済データを公表する機関より、DOE の EPPB が日、月、年ベースのデータを入手している。

13.3 データベース機能および操作

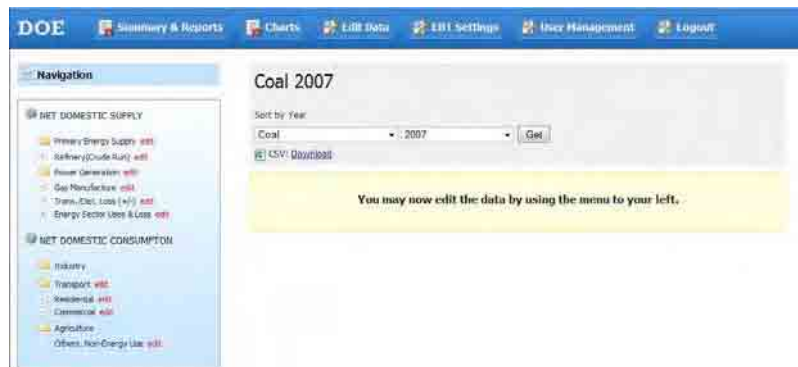
データベースプログラムはデータ処理を行うために開発されているが、その機能および操作は以下のとおりである。

13.3.1 データ入力および更新

a) “Edit Data”の項目：更新／編集をするエネルギー源と暦年を選択する。



b) ここで、利用者は左側の検索欄を使用して区分ごとのエネルギーバランステーブルを検索および編集することができる。



c) 利用者が編集する区分（例：Primary Energy Supply）を選択すると、区分の項目が表示される。



d) 利用者が編集する区分の項目（例：Indigenous）を選択すると、月、四半期、年ベースでデータを入力／編集することができる。



13.3.2 エネルギーバランステーブルの項目追加

“Energy Balance Table Setting”の項目：利用者はエネルギーバランステーブルの全項目が並んだコントロールパネルを確認することができる。それに従い、利用者は項目を編集または追加したい区分を選択し、その単位変換係数や母集団を指定することができる。下図のとおり、利用者は全てのエネルギー源、データの原単位、変換係数、そして小項目を確認することができる。

Name	Unit	Conversion Factor	Parent Name	Unit Conversion
Coal	BTU	1.000000	Coal	1.000000
Oil	BTU	1.000000	Oil	1.000000
Gas	BTU	1.000000	Gas	1.000000
Electricity	BTU	1.000000	Electricity	1.000000
Waste Heat	BTU	1.000000	Waste Heat	1.000000
Other	BTU	1.000000	Other	1.000000

13.3.3 エネルギーバランステーブル

a) “Summary & Reports”の項目：利用者が暦年を選択することで、その該当年のエネルギーバランステーブルが容易に表示することができる。（ただし、管理者はエネルギーデータベースの全てを閲覧可能であるが、利用者はエネルギーデータベースのサマリーレポートしか閲覧することができない。）

b) 利用者が確認したいエネルギー源を選択すると、そのエネルギー源のエネルギーバランステーブルが表示される（画面例を以下に示す）。

Energy Source	Coal	Oil & Gas	Natural Gas	Hydro	Low Pressure	High Pressure	Steam	Electricity	Other	Total
Coal	1.000000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Oil	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Gas	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Electricity	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Waste Heat	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.000000
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.000000

第 14 章 エネルギー需要予測モデル

14.1 国家エネルギープラン構築のためのモデル

エネルギーの将来展望を描いてエネルギー分野の課題を分析し、エネルギー政策やさまざまな対策の効果を検討し、エネルギー計画を構築するツールとして、色々な機関により各種の計量モデルが開発されている。国際エネルギー機関（IEA）や日本エネルギー経済研究所などで開発、利用されているエネルギー需給予測モデルは、一般的に図 14.1-1 に示すように、①マクロ経済モデル、②エネルギー需要予測モデル、③エネルギー需給最適化モデルの 3 つのエンジンで構成されている。

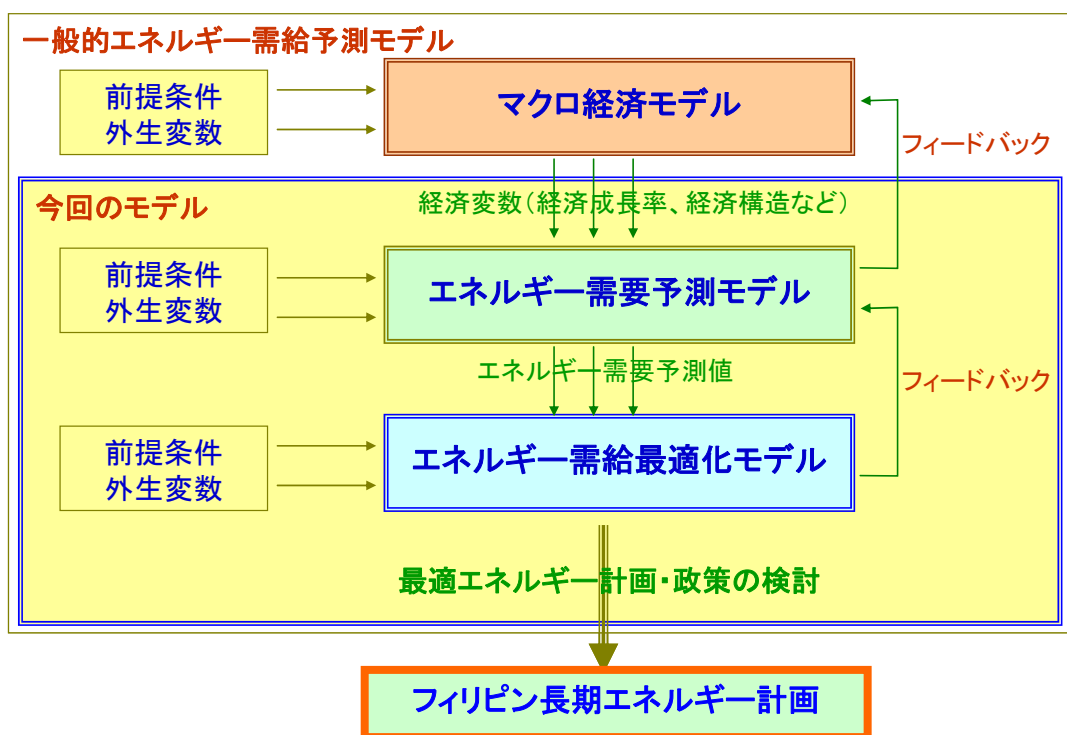


図 14.1-1 エネルギー需給予測モデル

マクロ経済モデルは内外の経済環境や社会経済政策に基づいて経済動向を予測するツールで、そこで予測された経済成長率や経済構造などの経済変数はエネルギー需要予測モデルの与件として与えられる。エネルギー予測モデルは、これらの経済変数とエネルギーを巡る内外の環境やエネルギー政策などを反映してエネルギー需要の予測を行うツールである。エネルギー需給最適化モデルは、エネルギー需要予測モデルで推定された将来のエネルギー需要に対し、各種エネルギーの供給可能性と価格動向、エネルギー政策やその他の前提条件などを勘案して、最適エネルギー供給パターンを計算するツールである。一般にはこの 3 つのエンジンを用いて、予想される世界のエネルギー動向や内外の政治・経済環境の下での最適エネルギー計画の構築や、そのための各種エネルギー政策の検討が行われている。

エネルギーの供給や消費は経済活動の一環であるから、これらの3つのモデルで検討される諸活動は本来相互依存的である。たとえば、経済活動が旺盛であればエネルギー需要は増加するが、その結果エネルギー価格の高騰を招くならば、経済活動は抑制される。エネルギー供給が潤沢であれば価格高騰は起こりにくいが、エネルギー供給に制約が生じたり、エネルギー供給システムに隘路などがあれば、需要増加の早い段階で価格上昇が起こるだろう。また、これらの動向はエネルギー価格、市場、供給などに関する政策によっても左右される。したがって、理論的にはこれらの3つのモデルは「同時決定モデル」であることが望ましい。

一方、そのような同時決定モデルを作ることは技術的には不可能ではないが、モデルが巨大化し、モデルの各パートの整合性を計るのが困難で、操作性が極端に悪化する。このため、一般には3つのモデルに分けて分析エンジンを組み立てて、利用している。また、エネルギーを巡る活動は経済活動の一部であるとはいえ、エネルギー動向が経済活動全般に及ぼす影響は歴史的に見ても石油危機が発生した特殊な時期を除けば比較的限定されたものである。また、マクロ経済モデルで経済政策全般を検討する際に、重要なエネルギー政策は織り込んでおけば良い。したがって、マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルとから整合的な解が得られることをモデル構築の段階で十分チェックし、モデルの調整をしておけば、モデル上でフィードバックループを組むほどの必要はなく、マクロ経済モデルから需要予測モデルへの流れは一方通行という組み立てで十分所期の目的は達成できる。

マクロ経済モデルとエネルギー需要予測モデルの関係は上記のごとくであるが、マクロ経済モデルの構築は大変な作業で、今回調査の目的ではない。したがって、今回はマクロ経済モデルは構築せず、経済変数の予測値は与件として需要予測モデルに与えることとする。

また、現状ではエネルギーに関するデータや情報が限られているので、上記モデルの作成にあたっては、①需要と供給の両面におけるエネルギーシステムを整合的に表現すること、②モデルの操作性を重視し、簡便化可能な論理は極力簡便化すること、③エネルギーバランス表を作成し、シナリオの差異や政策選択の効果を明示的に表現できること、を目指している。今後、データや情報が充実し、モデル操作の練度が上がっていけば、各エネルギーセクターのより詳細な分析を行うなどの目的に応じてモデルの内容を高度化していけばよいであろう。

14.2 エネルギー需要予測モデル

14.2.1 需要予測モデルの構造

エネルギー需要予測モデルは、図 14.2-1 のようにマクロ経済ブロックとエネルギー需要ブロックに大別して構成される。

前項で述べたように、本モデルでは基本的に政府発表の経済計画指標や関係省庁などの諸計画に基づく経済変数の予測値を外生変数としてモデルに入力する。それにより、社会経済発展計画や各種の経済政策、産業政策などが反映されるモデルとなる。しかし、後段の需要予測ブロックで必要とされるすべての指標がこのような形で入手できるわけではない。そこで、モデル内で必要とされるこれらの経済変数については、次項で説明するように、モデル内部のマクロ経済ブロックで計算する。例えば、セクター別のエネルギー消費係数などがこれに相当する。

次に、エネルギー需要ブロックでは、まず、最終エネルギー消費をガソリン、軽油などの輸送

用燃料とその他の一般エネルギーに分けて、セクター単位（農業、工業、家庭、商業、交通）で予測する。一般エネルギーは電力率を考慮して電力需要とその他のエネルギーの需要に区分する。電力以外のエネルギー需要は石炭、石油、ガス、再生可能エネルギーなどにさらに区分する。一方、電力部門では発電、送電などのエネルギーシステムを考慮して一次エネルギー需要を燃料別に計算し、需給最適化モデルへのインプットとする。エネルギーバランス表は需給最適化モデルで作成する。

モデルの構築に当たっては、一般的に入手可能なデータをできるだけ使用し、モデルを継続的に運用する上での利便性を高めたい。今回は不足するデータを補足するためエネルギー需要調査

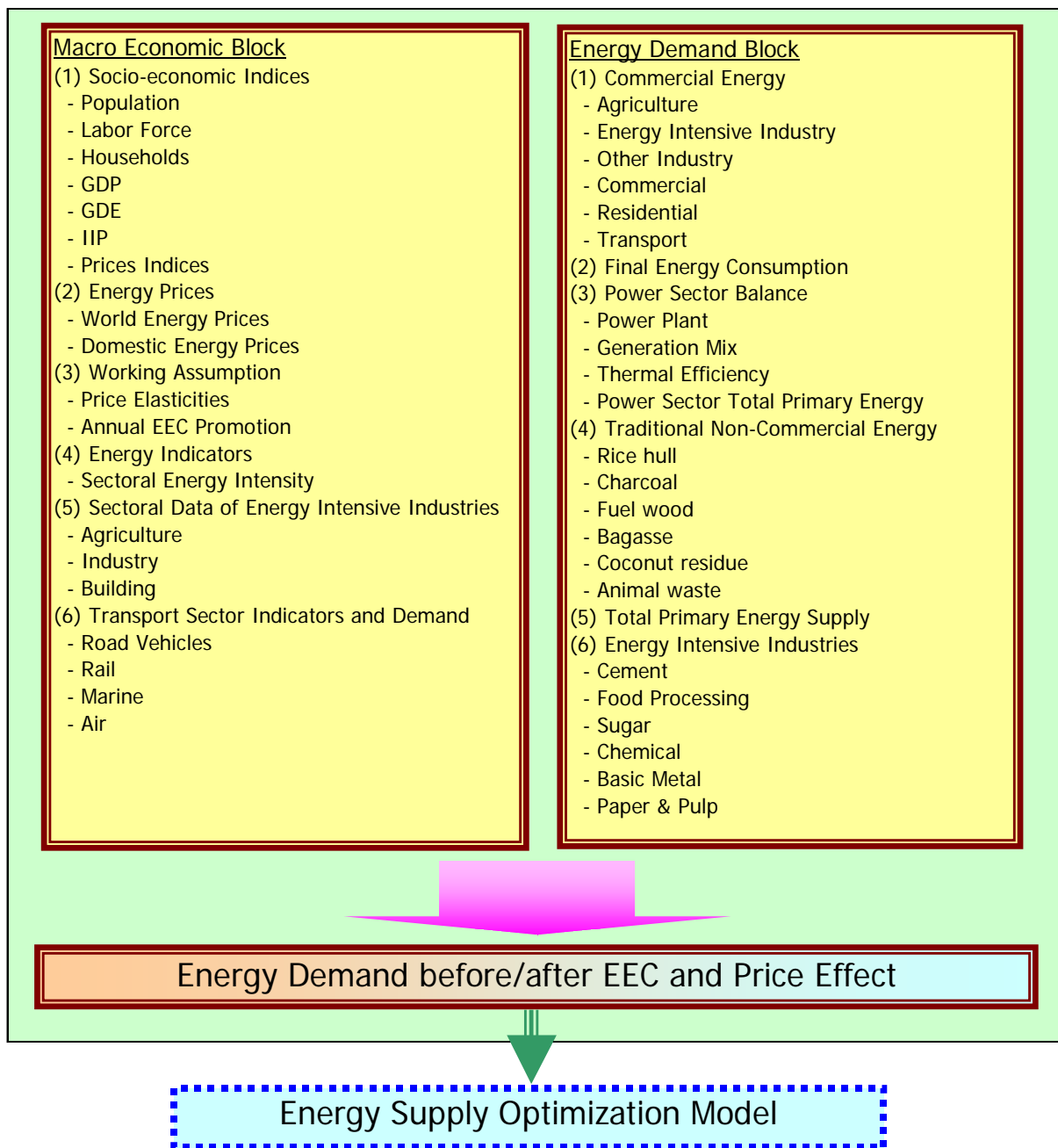


図 14.2-1 エネルギー需要予測モデルの構造

を実施した。これらのデータはフィリピンのエネルギー消費動向を的確に捕捉するために必要な基本データであり、収集制度を確立し、エネルギーデータベースの拡充を目指したい。特に、今後も経済発展が見込まれるフィリピンでは、産業のエネルギー消費構造や国民のライフスタイルの変化、省エネルギー政策などがエネルギー需要動向に大きなインパクトを及ぼすと見込まれるため、エネルギー動向を継続的に把握する制度を確立することが望まれる。

14.2.2 需要予測モデルの機能

今回調査で使用する需要予測モデルでは予測期間を 2008 年から 2030 年と設定し、モデルは下記のような機能を備えることに留意した。

①社会経済変化とリンクした需要予測

人口動向、経済構造、経済成長などの社会経済変化を前提とした「リファレンスケース」や「高成長ケース」、「高価格ケース」などのシナリオについてエネルギー需要予測を行う。

②省エネルギー動向を考慮した需要予測

フィリピンでは、省エネルギーを推進することを目標に省エネルギー制度・体制の整備を進めている。これらの活動を定量化し、エネルギー需要予測に反映させる。

③価格効果を織込んだ需要予測

原油価格の上昇は、天然ガス価格、石油製品価格の上昇をもたらす。一般的に燃料となる石油製品やガスなどの価格が上昇したとき、エネルギーの節約が行われる（需要への価格効果）。これらのエネルギー価格上昇にともなう節約効果をエネルギー需要予測に反映させる。

④新・再生可能エネルギー開発を反映した需要予測

フィリピンではバイオ、風力、原子力などの新エネルギーの開発が進行しつつあるが、これらの開発状況を考慮したエネルギー需要予測を行う。

14.2.3 予測式の検定

需要予測モデルは計量経済モデルであり、一般的に回帰式と恒等式の集合体として表現される。回帰式の選択にはいくつかの統計学的、経済学的な検定が用意されていて、予測式の適合性のテスト（検定）を行う。今回は、以下のテストにより回帰式の採否を判定する。

①需要予測式の評価

- ・決定係数（0.85 以上を目標とする）
- ・係数の t 値検定（2.0 以上を目標とする）
- ・ダービンワトソン比検定（ $1 < DW < 3$ の範囲以内であることを目標とする）
- ・係数の符号検定（経済原則のチェック）

②マクロ経済予測の評価

- ・実質経済成長率
- ・一人当たり GDP（ドルベース、国際比較）
- ・1,000 人当たり自動車保有台数

③エネルギー需要予測の評価

- ・エネルギー需要伸び率
- ・GDP 当たりエネルギー消費（GDP 弾性値、国際比較）

- ・一人当たりエネルギー消費
- ・一台当たり自動車燃料消費

この予測式を選定する段階では、特に次のような点に注意しなければならない。

①データの代表性(Representativity)と非斉一性(Hetero-schedasity)

回帰式について得られる統計学的係数は与えられたデータに対して計算されたものであるが、データそのものが含んでいるさまざまな誤差についても検討し手億個とが必要である。サンプル数が少なく、あるいは偏っていて母集団の動向を必ずしも代表していないケース、調査方法の変更などでデータの一貫性が確保できないケースなどには十分注意する必要がある。そのような場合は横断的(Cross-section)分析や国際比較などによって分析を補うことが求められる。

②モデルの発散

モデルに用いる予測式については、回帰分析の段階でダービンワトソン比により多重共線性(Multi-colinearity)のチェックを行うが、ときおり予測モデルが発散するようなパラメーターが出てくることがある。このような事態を避けるため、異なる期間を対象に回帰式を計算してパラメーターの安定性をチェックする、回帰式の外挿チェックで予測力をチェックする、モデル全体を動かして解の挙動をチェックするなどの方法により、適切な予測式を選択することが重要である。モデルのパラメーターの大きさは、経験則や技術的分析からもある程度推定できる³¹⁾ので、そのようなチェックも必要である。

③誤差の調整

決定係数がダブルナイン(0.99)のような回帰式においても、推定式による推定値と直近の実績値との誤差が2~3%も生じるような例がある³²⁾。そのような場合、予測値をそのまま採用するとかかなりいびつな予測結果が出るので、誤差の動向を勘案しながら予測式のパラメーターを調整する必要がある。誤差の調整方法がある程度定義しておく方法もあるが、誤差の原因は異常気象であったり事故であったりと必ずしも一様ではないので、その都度事情を吟味しながら調整するのが適切であろう。

いずれにせよ回帰式は過去の統計値、つまり過去の事象について計算されたものであり、未来は過去のコピーではない。特に、発展段階にあるフィリピン経済においては今後経済構造や国民のライフスタイルが急速に変化すると予想されるので、過去を単純に未来に外挿しても、未来を見通すのは難しい。経済の発展段階や構造変化、商品のライフサイクルなど、多面的な分析を行うことが重要である。

31 需要の所得弾性値、価格弾性値や消費原単位、エネルギー効率などから、パラメーターの大きさや符号はある程度推定できる。

32 定義により、決定係数は従属変数の総分散のうち回帰式により説明される分散の比率である。このため、高度成長期のように従属変数が大きく変化するような期間については回帰式の決定係数は高く出る傾向がある。また、ラグ付き従属変数を説明変数に用いる場合には決定係数が高くなるが、②で述べたような予測力が極端にダメージを受けるような場合があるので、注意を要する。極論すれば、回帰分析は従属変数の変化をいくつかの説明変数の変化の組み合わせで説明しようとするものであるが、回帰分析によって得られるパラメーターが真のパラメーター(説明変数と従属変数の真の関係)を表すという保証はどこにもない。したがって、予測式の採用に当たっては、常に「説明変数と従属変数の本来の関係と論理はどのようなものであるか」ということを念頭に置いた検討が優先されるべきである。状況によっては、回帰分析による予測式を採用するよりも、勇気を持って論理的な式を適用すべきときもある。

14.2.4 需要予測モデルの計算手順

エネルギー需要は第6章で説明したように農業、工業(エネルギー多消費型産業と一般製造業)、運輸、商業、家庭のセクター別に分けて予測している。本モデルでは、最初にセクター別のエネルギー需要量(BAU: Business as Usual)を計算し、その後、価格弾性値、省エネルギーの促進、経済成長率を変えていくつかのケーススタディを行っている。本調査のエネルギー供給は最適供給モデルにより求められるが、需要予測モデルでも発電構成、送配電ロス、発電効率などを設定することにより一次エネルギー供給を計算できるようになっている。本モデルにおける各セクターのエネルギー需要の予測手順は第6章で詳しく述べたが、要約すると以下のとおりである。

- 省エネおよび価格効果前のセクター別化石燃料需要
- 省エネおよび価格効果前のセクター別電力需要
- 省エネおよび価格効果を考慮したセクター別化石燃料需要
- 省エネおよび価格効果を考慮したセクター別電力需要
- 最終エネルギー需要
- 発電用エネルギー需要
- 国内一次エネルギー総供給

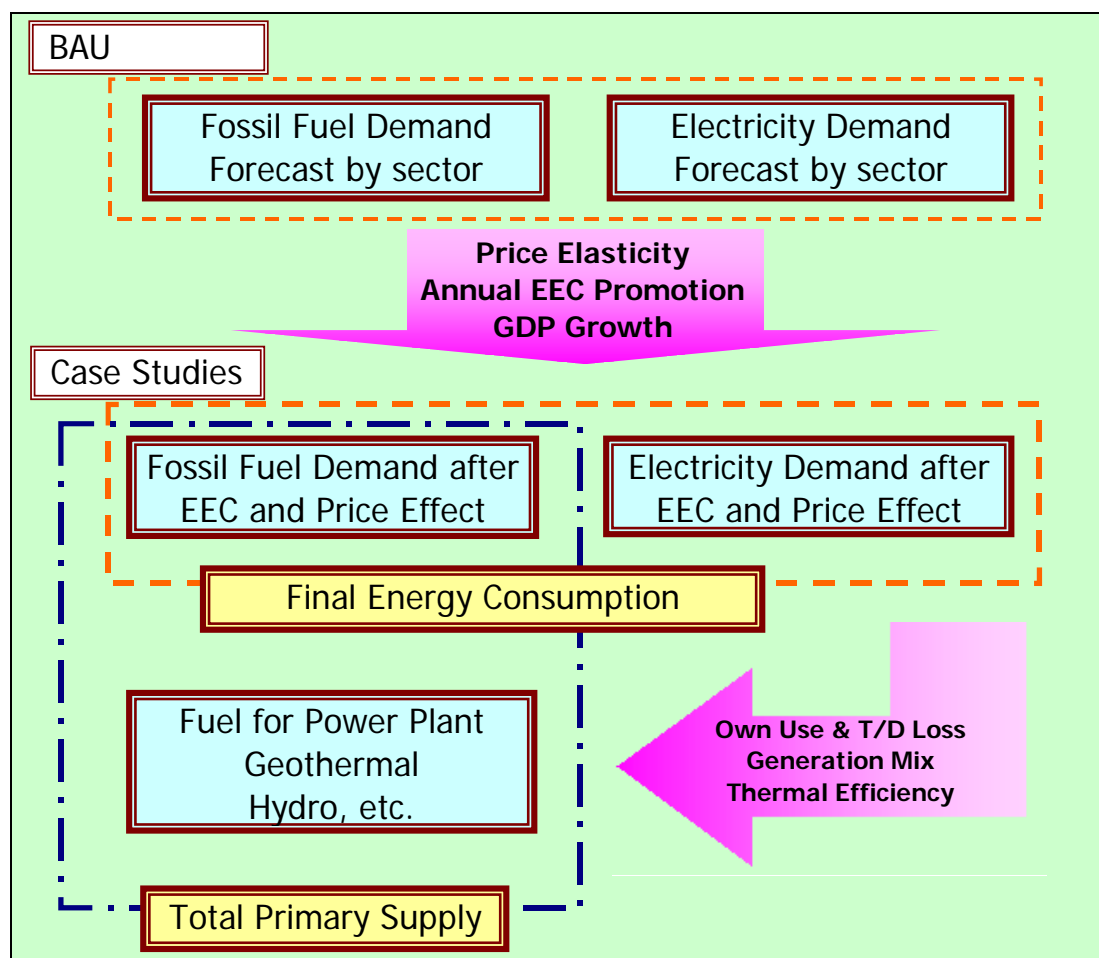


図 14.2-2 需要予測フロー

省エネルギー率をマクロデータの回帰分析によって確認することは難しいので、日本の経験や省エネルギー努力目標などを参照して設定できるようにモデルを構築した。すなわち、毎年の省エネ前のエネルギー需要を想定し、これに毎年の省エネルギー率をかけて需要を算出する。BAU ケースでは省エネ率をゼロとして過去のトレンドをそのまま採用しているのに対し、リファレンスケースでは毎年 0.5%の省エネが進行すると想定している。さらに省エネ強化ケースではより高い省エネ率が適用される。モデルでは、毎年の省エネ率を X_t % とするとき、毎年の累積省エネ率は $Y_t = Y_{t-1} \times (1 - X_t)$ という形で反映される。モデル上省エネ率は需要セクターごとに設定でき、また、毎年異なる値を設定することが可能である。

また、価格弾性値に関しては、過去のデータからは価格弾性値が $-0.01 \sim -0.02$ とかなり低い値しか得られなかった。これはデータの対象期間である 1990 年～2006 年の過半を占める 1990 年～2003 年頃までの期間ではエネルギー価格が比較的安定的に推移してきたため、価格変化の影響がエネルギー消費に現れることが無かったこと、これとは逆に最近のエネルギー価格の上昇が激しいためにその効果がエネルギー需要動向に反映しきれていないことなどの事情によるのであろう。このため、本モデルでは価格弾性値を外生値として入力し、その効果を検討することとしている。

モデルでは毎年の価格弾性値を A_t 、毎年の価格上昇率を B_t とするとき、価格効果の累積を表す指標 $Y_t = Y_{t-1} \times (1 - A_t \times B_t)$ を作成して、各年の累積的価格効果を計算している。本調査での検討では価格弾性値として BAU ケースではゼロ、それ以外のシナリオでは「-0.10」を与えている。なお、モデル上、価格弾性値は需要セクターごとに設定でき、また、毎年異なる値を設定することが可能である。

14.3 消費関数論と需要予測式

本モデルでは、前項で説明したような需要予測式を採用しているが、今後、モデルの改善や短期モデルの構築などを目指す上でのポイントについて若干触れておきたい。

エネルギーはあらゆる経済活動において消費される。エネルギーの消費形態や消費率はセクターにより千差万別であるが、エネルギー消費が多量でそのコストが強く意識されるようなエネルギー多消費型産業における消費動向と、総コストに占めるエネルギー比率の低い産業や一般家庭などでのエネルギー消費動向とはかなりの差がある。ただし、共通して言えることは、エネルギーの消費にはかならずエネルギーを消費する設備や器具（工場、自動車、厨房、風呂、エアコンや電気器具など）がなくてはならないということである。すなわち、エネルギーを使用する設備や器具が設置、購入された段階で、工場や家庭でのエネルギー需要はかなりの程度ビルトインされる。

家計部門の消費動向を論じる消費関数論では恒常所得（Permanent Income）や流動資産（Liquid Assets）の多寡と価格動向とが消費水準を定義すると論じられるが、エネルギー需要の場合には上記のような消費水準のビルトインと歯止め効果（Ratchet Effect）があることを念頭においておくことが肝要である。その上で、エネルギーコストが強く意識されるエネルギー多消費型産業では、エネルギーの需要量やエネルギーソースの選択において価格が強く作用するだろう。他方、総コストに占めるエネルギーコストの低い産業ではもっと優先して検討すべき他の課題があつて、エ

エネルギーの消費パターンは新製品の製造や、店舗の新增設など、エネルギー以外の要素で決まることが多い。一般家計においては、まず生活水準の向上が強く意識されて、①所得効果はある程度高い、②歯止め効果は強い、③価格効果はあまり高くない、というのが一般的な特徴である。自動車やエアコンの購入時にエネルギー効率がある程度は検討されても、エネルギー効率が機種選定の第一理由になるということはずまない。エネルギー需要は設備建設や機器の購入によりビルインされ、その際にエネルギー効率が必ずしも設備設計や機器選定の第一理由にはならないことは、特に省エネルギーを考える上で意識しておかねばならない点である。

このような特徴と所得効果や価格効果の浸透速度への考察を組み合わせた一般的な消費関数として、ラグ付き従属変数を用いた次のような関数を使用されることが多い。

$$C_t = aC_{t-1} + bY_t - cP_t + d$$

ここで、 C は消費需要、 Y は所得、 P は価格である。

Y は所得の多寡が消費に及ぼす影響を説明する変数であるが、一定期間の所得の慣性を代表する恒常所得や耐久消費財購入時の手元資金の多寡という意味で貯金などの流動資産額を適用するなどの議論がある。ただ、消費関数は一般的には安定した関数であり、また、長期的には GDP や家計所得が恒常所得や流動資産を代表すると見ることができるので、このような議論にあまりこだわることではない。むしろ、家電製品や自動車などの耐久消費財で普及率曲線 (Logistic Curve) が問題となる場合、あるいは、家庭におけるエネルギー源の選択 (薪・炭⇒灯油⇒ガス・電力) のように上級財と劣等財という選択が存在するような場合には、パラメーター b を非線形で表すような工夫が必要となる。

次に、上記の式における $1/(1-a)$ は需要の調整速度、 $b/(1-a)$ は長期の所得効果で、 $-c/(1-a)$ は長期の価格効果と定義される。例えば、 $a = 0.7$ の時には需要の調整速度は $1/(1-0.7) = 3.3$ で、年次モデルであれば所得や価格の変動に対する需要の調整に3年程度かかるという計算である³³。ただし、前述のようにラグ付き従属変数を用いる際にはモデルが発散するリスクがあるので、今回のモデルでは極力それを避けて、前項で説明したような予測式を使用している。

14.4 モデル開発と利用手順

本モデルの構築にあたっては、モデル開発エンジンとして日本エネルギー経済研究所で開発し、途上国などに無償供与している「Simple.E」を用いている。Simple.E は Microsoft Excel の Add-in ソフトとして開発されており、基本的には「Data」、「Model」、「Simulation」の3枚のシートを使用してモデル分析を行う。詳細については資料—3 に添付したマニュアルを参考に、PC上でモデルそのものを参照されたい。

エネルギー需要予測モデルは以下の手順で構築され、シミュレーション、解析、需給最適化モデルへのデータの引継ぎなどの機能を有している。

33 このような手法を用いて、たとえば IEA では、石油需要の所得弾性値は短期では 0.09、長期では 0.48、価格弾性値は短期では -0.15、長期では -0.44、また、電力需要については、所得弾性値は発展段階によって大きく異なり、長期で 0.4~1.3、価格弾性値は長期で -0.01~-0.14 という試算を出している。(IEA World Energy Outlook 2006 第 11 章)

- ①モデル構造記述の手順
 - データの入力
 - モデル構造の記述
 - シミュレーションエリアの確保
- ②テストとシミュレーションの手順
 - データの整合性チェック
 - 回帰分析の計算とテスト
 - 予測値計算
- ③予測結果の解析手順
 - 需要予測式の全体評価
 - マクロ経済予測値の評価
 - エネルギー需要予測値の評価
- ④データの引継ぎの手順
 - 要約表の作成
 - 報告書用テーブルの作成
 - 最適化モデルへのデータ引渡し

14.4.1 需要予測モデルにおけるシートの機能と役割

今回のエネルギー需要予測モデル構築では Simple.E を使用し、1つのブックが19のシートで構築されている。Data sheet、Model sheet、Simulation sheet は Simple.E によって用意される sheet で、それ以外はシミュレーションの結果を分析するシートと需給最適化モデルに受け渡すデータを整理したシートである。それぞれのシートの機能と役割は、表 14.4-1 のとおりである。

表 14.4-1 モデルのシート別機能と役割

シート	機能と役割
Data Sheet	モデルで使用するデータを入力する。
	1. データの変数名、ソースやコメント
	2. 人口、経済、エネルギー価格、エネルギー消費実績などの社会経済データ
	3. 上記の変数の合計値や原単位などに加工した数値
Model Sheet	4. 各種の変数の将来予測値、シナリオや政策などを与件として与える将来値(GDPや価格など)
	モデルを記入する
	1. モデルの構造式(恒等式と回帰式)の記述
	2. シミュレーションによる回帰式の評価(回帰係数ほか各種の統計値の表示)
Simulation Sheet	モデルによるシミュレーション結果の表示
	1. 実績値および予測値の表示
	2. 計算式および実績と予測の平均成長率の表示
Summary Sheet	シミュレーション結果のサマリー
	1. 需給最適化モデルに受け渡すデータ
	2. シミュレーション結果のサマリー(この段階ではまだ未完成)
Analytical Sheets	セクター別の分析シート
	1. エネルギー別最終需要、2. 部門別最終需要、3. 一次エネルギー供給(仮の計算値)
	部門別のエネルギー別需要: 4. 農林水産業、5. エネルギー多消費型製造業、6. 一般製造業、7. 商業・サービス業、8. 家計部門、9. 輸送用燃料)
	エネルギー別の部門別需要: 10. 電力、11. 石炭、12. 石油、13. ガス(天然ガスとLPG)、
	14. バイオマス

需要予測モデルでケースのシミュレーションが行われると、需要予測結果をエネルギー需給最適化モデルに受け渡すデータが「サマリーシート」に書き込まれる。ただし、あとでこのシートを再利用するために色々な変数を書き込む欄が設けてあり、この段階ではシートは未完成で空欄が残っている。この後に行う需要予測と需給最適化の両モデルによる最終的なシミュレーション結果の集約作業については、次章の 15.4 項で説明する。

14.4.2 予測対象とするセクターとエネルギー

モデルで用意されているセクターおよびエネルギーの種類は以下の通りである。

(1) セクター分類

- ①農林漁業部門 (Agriculture, Firestry and Fishery)
- ②エネルギー多消費型製造業 (Energy Intensive Industry)
セメント、食品加工、砂糖、化学、基礎金属 (鉄鋼など)、紙パルプの 6 業種
- ③一般製造業部門 (General Manufacturing Industry)
電子、機械、自動車などの組み立て産業や建設業など
- ④商業・通信・サービス業 (Commercial & Services)
商業、通信、サービス、公務部門
- ⑤家庭部門 (Residential)
家庭でのエネルギー消費
- ⑥輸送部門 (Transportation)
自動車、鉄道、海運、航空部門

(2) エネルギー別分類

- ①電力需要
- ②化石燃料：石炭、
天然ガス
石油製品 (LPG、ガソリン、ジェット燃料、灯油、軽油、重油)
- ③再生可能エネルギー：バイオフェューエル (石油需要の代替)
- ④非商業エネルギー：籾殻、木炭、薪、バガス、ココナツ残滓、動物性廃棄物

なお、需要予測モデルでも総合的な動向をチェックするため、電力分野について送電ロス、自家燃ロス等を織り込んで発電端需要を計算した上で、さらに燃料別配分を試算して一次エネルギー総需要を計算している。ただし、この値はあくまでも仮の計算値であり、需給最適化モデルによるシミュレーション結果が最終的な検討結果である。

第 15 章 エネルギー需給最適化モデル

15.1 需給最適化モデルの開発目的

エネルギー需給最適化モデルの目的は、論理的に正しく、エネルギー間の整合性のとれたエネルギー需給バランスを算出することである。このモデルで使う需要量は需要予測モデルによる予測のアウトプットで、モデルにはインプットデータとして与えられる。エネルギー需給最適化モデルは、こうして与えられた需要を満足し、総コストを最小にするには、各種エネルギーをどのような組合せで供給するのが最適かを決定する。最適化の手法としては線形計画法（LP：Linear Programming）を使用している。

さらに、このエネルギー需給最適化モデルは前提条件を種々に変化させた場合各エネルギーのバランスがどのように変化するかを検討する為のツールとしても利用する。そのような比較検討を簡単に行うため、モデルの計算結果をサマリーシートとしてアウトプットするよう設計されている。

15.2 需給最適化モデルの概要

15.2.1 モデル構築の方針

まずエネルギー需給最適化モデル構築に当たり基本となる枠組みを定めなければならない。今回の構築で大きな枠組みは 2 種類ある。最初はフィリピン 1 国を単位とするか、地域毎に分割するかということである。次は投資問題をモデルでどう取り扱うかである。

1) 1 国モデルモデルとする

フィリピンは多島群国家であり経済状況も資源賦存状況も異なる。現状を忠実に反映するには事情の異なる地域を分割し、地域間のエネルギーの授受をモデルに組み込むことが重要な要素となると考えられる。しかし、地域分割する場合には下記のような問題が生じる。そのため、今回はプロジェクトの目的や時間的制限等に鑑みて全国 1 国モデルを構築した。

- ①本モデル構築の目的はフィリピン国の今後 25 年間の長期のエネルギーマスタープランを作成し、将来についての示唆を得ることであり、目先の運営を細かく計画することではない。
- ②エネルギー需給最適化モデルを構築するには非常に多くのデータを準備する必要がある。これらのデータはいずれも将来時点における供給や価格などの各種条件に関するもので、1 国全体モデルの場合でもデータの入手、作成にはかなりの困難が予想される。フィリピンにおける統計データの整備状況等を考慮すると、地域分割モデルとする場合にはデータ入手面で格段の困難が生じると予想される
- ③仮にモデルを 3 地域に分割した場合には、単純にモデルの規模が 3 倍になるだけでなく、各エネルギーの地域間輸送が加わるので、モデルの規模は 3 倍以上になり、取り扱いが複雑となる。これまで C/P は LP を用いたエネルギー需給モデルについては未経験であるので、技術移転も今回のミッションの目的の一つである。従って、モデルの規模は操作性を考える一定規模以下にすることは、技術移転を効果的に進める上でも有効である。

2) 投資問題は対象外とする

長期計画を論じる場合には、プラントの新增設投資を何時どのような規模で行うかが常に問題となる。投資の時期と規模の両方を現実即した形で LP モデルに決定させることは論理的に極めて困難である。「投資金額は新プラントの稼働に比例する」というような仮定を置くことが許されれば、純粹の LP モデルでも投資の規模とタイミングを決定することができよう。しかし現実には、一定規模のプラントの建設がある時期に実行され、投資はその年から発生し、投資金額はある期間にわたって原価償却の形で総コストに算入される。この論理をそのまま忠実にモデルに反映するには、規模はデータとして与え、年別に建設をするか否かを示す 0-1 整数変数をモデルの中に導入しなければならない。0-1 整数を導入し、混合整数 LP モデル (Mixed Integer Programming : MIP) として構築すれば、最適解を得ることができる。しかし、この場合もプラントの規模やコストは与件として与えなければならない。また、MIP モデルを扱うには LP 手法について相当な経験を必要とするので、LP 初経験の C/P にこのようなモデルを紹介しても消化不良になることも危惧される。

この問題への対応策としては、次のような手法がある。予めプラントの規模と建設時期を前提条件として与え、その条件の下で最適解を求める。そして、そのようなケースを複数計算してみて、その中から最も有利なケースを選定することが出来る。このように最適化手法とシミュレーションとを組み合わせることによって、より簡単なモデルでも投資問題を扱うことができる。

以上のように、今回のモデル開発にあたっては 1 国全体を対象とし、新規プラントの投資問題は直接モデルの中では扱わないこととし、純粹な LP モデルとして構築することとした。

15.2.2 モデルの対象

1) 対象エネルギー

本エネルギー需給最適化モデルの開発目的はフィリピン国のエネルギーマスタープラン策定に供することにあるから、基本的には同国で使用される可能性のある全てのエネルギーが対象となる。

- ・原油：国産原油、
輸入原油
- ・石炭：国内炭と輸入炭
- ・天然ガス：国産天然ガスと輸入天然ガス (PNG、LNG)
- ・石油製品：LPG、ガソリン、ジェット油、灯油、軽油、重油
- ・電力
- ・その他：

2) 対象設備(エネルギー転換プラント)

本モデルでは製油所、選炭プラント、ガスプラント、火力発電所をエネルギー転換プラントとしてモデルに組み込む予定である。

①製油所

製油所は常圧蒸留装置、減圧蒸留装置、改質装置、分解装置、脱硫装置等の一連の設備群で構成されている。これらの設備群が 1 セットになって 1 製油所を構成する。フィリピンでは 2 社が製油所を保有しているので 2 種類をモデルとした。ただし予備としてもう 1 製油所を

用意しているが、まだ実際には使用していない。

②選炭プラント

石炭については、原炭をそのまま燃料とするようにしているので、選炭プラントは導入していない。

③ガス処理プラント

ここでいうガス処理プラントは、ガス田で採掘され、陸上まで輸送されたガスをコンデンサート（C5+）と天然ガス（C1、C2）に分離する設備をいう。

③発電所

発電所は使用燃料を基準にしてタイプ別に分類する。

3) 対象期間

マスタープラン作成対象期間に合わせて 2006～2030 年の 25 年間である。

4) 決定すべき項目

この項目はモデルの中では変数と呼ばれ、モデルはこの変数を総コストが最小（最適）になるように決定する。実際には、上で定義した各エネルギーの毎年の生産、消費、輸入、輸出量とコストを決定する。このモデルで算出される各エネルギーの消費量は各プラントにフィードされるエネルギーの量と直接最終消費に回る量の合計である。

5) 目的関数

リファレンスケースなど標準的な検討では、対象期間中の総コストを 2006 年の現在価値に換算し、目的関数としている。必要に応じて他の基準を設定することが可能である。

15.2.3 エネルギーフロー

1) エネルギーフロー図

エネルギーフローはエネルギー需給最適化モデル構築にあたっての基礎資料であり、フィリピン国の現在並びに将来のエネルギーフローを表現している。ただし、モデル簡素化と理解のしやすさを考慮したものである。各エネルギーは鉱山や油田から生産されて色々な経路を経て最終的に消費者に届けられる。この流れを示したのがフロー図で、図 15.2-1～図 15.2-2 に示されている。

図 15.2-1 はこの最適化モデルにおける全体のフローを表している。この図に示すように、需要量は本モデルとは別の需要予測モデルで予測したデータをインプットデータとして使用している。図 15.2-1 の製油所の部分は、モデルの中では 2 製油所構成を考えている。図 15.2-2 は製油所の一つであるペトロン製油所のフローを表したものである。

もちろん今後の検討次第では、投入・産出エネルギーの種別や変換プラントの構成が変更となり、それぞれのフローは修正、変更される可能性がある。その場合は、変更在即してモデルを修正することになる。

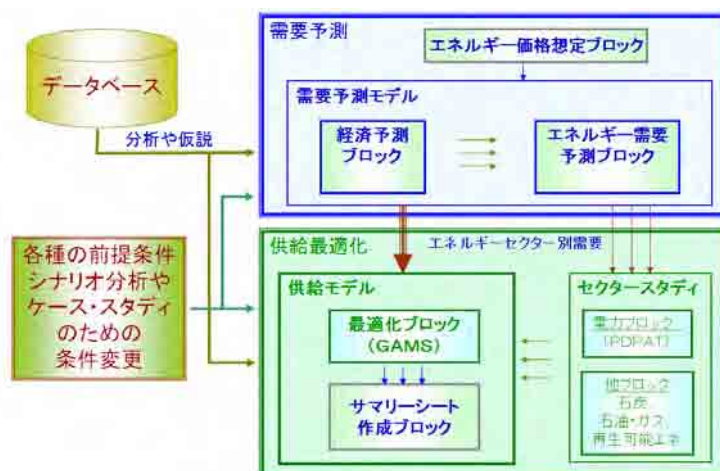


図 15.2-1 需給最適化モデル全体フロー図

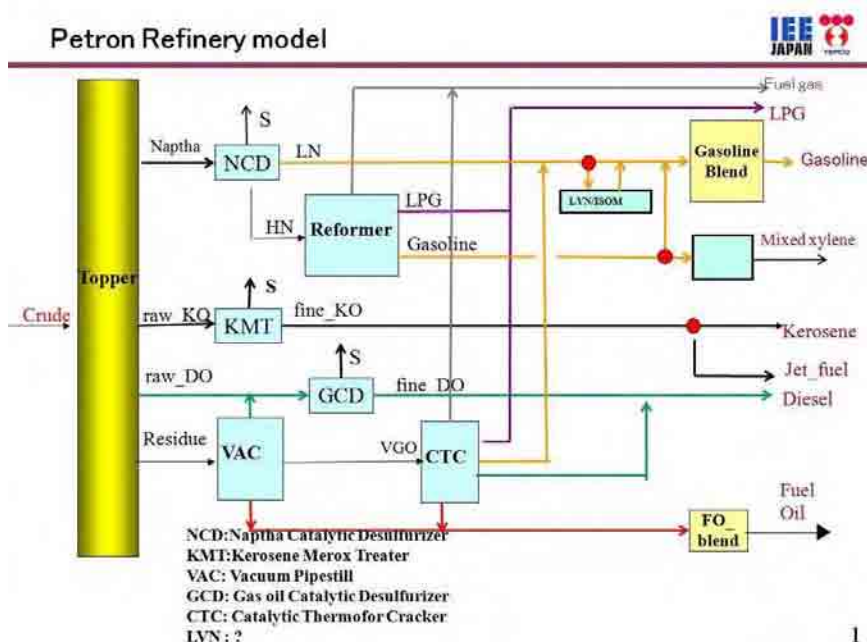


図 15.2-2 ペトロン(Petron)製油所フロー図

15.2.4 基本的な制約式

フロー図ではエネルギー間の関係が図示化されているが、LP手法を適用するためにはモデルの中でこれらの関係はすべて1次式の形式で表現しなければならない。さらに各種の制限(設備の容量制限等)もすべて1次式で表現しなければならない。この1次式を制約式と呼び代表的な制約式は次のとおりである。

- ① トッパーからの製品生産量 = 収率 × 原油フィード量
- ② トッパーのフィード量 (原油の消費量) ≤ トッパー容量
- ③ 火力発電所 : 燃料消費量 = 発電量 × 860 / (燃料の発熱量 × 熱効率)
- ④ バランス式の原則 : 生産量 + 輸入量 = 消費量 + 輸出品

⑤石油備蓄 : 備蓄量 = 石油消費量 * 備蓄日数

⑥CO₂総排出量 ≤ 最大許容量

15.2.5 入力データ

本モデルで扱うデータは約 30 項目で、エクセルの 1ブックに納められている。

データの項目は 1シート 1項目である。代表的なインプットデータの項目には次の様なものがある。データは全て年別である。

1次エネルギーの生産量の最大、エネルギー別の需要量、輸出入量の最小最大、

プラントの技術情報（容量、収率、熱効率）、燃料の特性（発熱量、比重）、発電所別の発電量並びに燃料消費量、石油備蓄日数、コスト関連（生産コスト、輸出入価格、プラントオペレーションコスト）、為替、金利、今後モデルの変更によりこれらの入力データも変更される可能性がある。

15.2.6 出力データ表

GAMS からはテキストファイルが自動的に作成され、基本的にはこの中に全ての情報が格納されている。このファイルは非常に大きく整理もされていないので、これを使って計算結果を解析するには適切ではない。このため、本モデルでは 15 種類以上の出力データ表が自動的に作成される機能が付加されている。

代表的な出力表は次のとおりである。

①エネルギーバランステーブル（エネルギー分野で利用されている代表的なテーブル）

②ワークシート（エネルギーセクター別のサマリー表）

③サマリーシート（25年間の国全体のサマリー表）

15.2.7 モデル構築のツール

モデル構築の基礎となっているのは LP（Linear Programming：線形計画法）と呼ばれる理論である。この手法では制約式、目標関数はすべて線型形式で表現され、制約式を満足する解のうち、目的関数を最大又は最小となる解を最適解と称する。得られた解は数学的に必ず最適解の保証があるという特徴がある。非線型モデルの場合は、必ずしも数学的な最適の保証はない。

モデル構築用ツールとしては GAMS というモデリングソフトを利用している。GAMS は General Algebraic Modeling System の略称で、アメリカの GAMS 社の製品で正規版は正式に契約をしなければ利用することができないが、同社からフリーソフトウェアとしてデモ版（または Student 版）を自由に入手できる。正規版ではモデルの規模の制限はないが、デモ版では変数の最大個数が 300、最大制約式が 300 までである。この需給最適化モデルは 1年だけを対象にすれば、デモ版で実行させることができるように設計した。これは技術移転を容易にし、カウンターパートの習熟を早める効果を目的としている。

また、インプットデータはエクセルで作成される。1シートに 1種類のインプットデータを割り当てていて、多くのシートある。GAMS は直接にはエクセルのブック形式を扱うことができないので、1シートずつ CSV（Comma Separated Value）形式ファイルにしなければならない。エクセルブックにマクロを作成し、1クリックで 1シートに 1CSV ファイルが自動的に作成できるよ

うになっている。

また、アウトプットも GAMS でいくつかのアウトプット表を CSV 形式で作成するようにしてあるので、エクセルで容易に見ることができる。以上の関係を図に示したのが図 15.2-3 である。

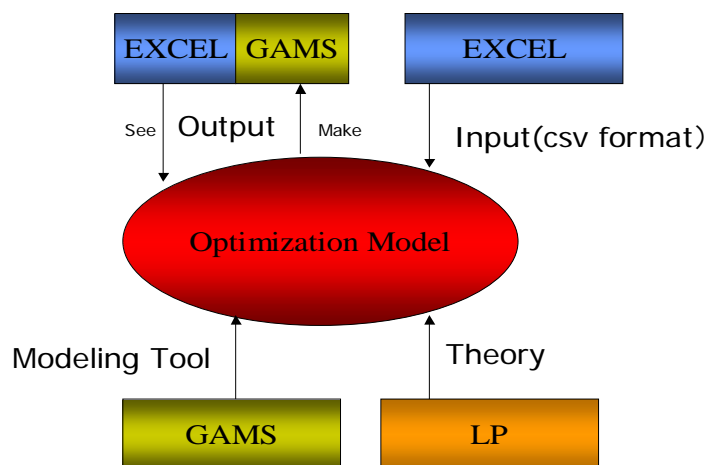


図 15.2-3 モデル構築ツール

15.2.8 システムブロックフロー

予測モデルからデータを受けて最終の結果を得るまでのシステムフローを、図 15.2-4 に示す。

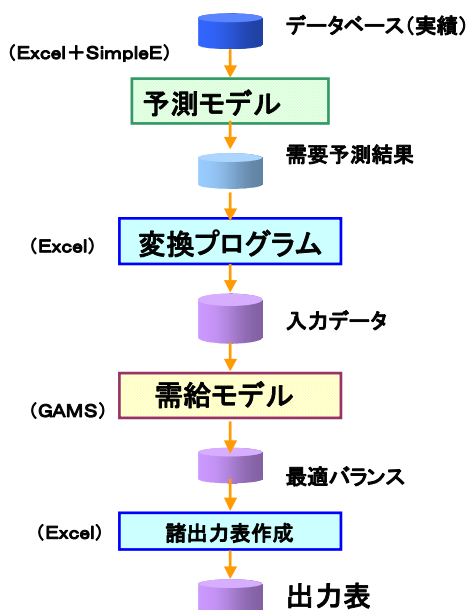


図 15.2-4 システムフロー

15.3 エネルギー需給最適化モデルの機能

エネルギー需給最適化モデルは次のような機能を有している。

(1) 作成される情報(主機能)

- ①与えられたエネルギー別・年別需要量を満たす、各エネルギーの論理的に正しい需給バランス

スを算出する。例えば、

- ・各製油所の各設備の原料フィード量や製品生産量
- ・製造された石油製品を他の製品へと転換する量（例：灯油からジェット油、軽油）
- ・各エネルギーの輸入量や輸出量

②最小の総コスト（2006年の現在価値に換算）

(2) サービス機能(利用者の便宜のための機能)

③入力された各種データを GAMS が取り扱える CSV ファイル形式に自動変換（エクセルマクロ）

④最適解を種々の形式の表として作成（GAMS で作成）

⑤検討用作業シートを作成（エクセル）

(3) GAMS が本来持っている機能

⑥モデルの全ての情報を含むファイルを作成（拡張子が lst のテキストファイル）

この lst ファイルには、次の情報が格納されている。

- ・モデラーが作成したオリジナルプログラム
- ・インプットデータ
- ・展開された制約式
- ・モデルの諸統計（モデルの規模、計算時間等）
- ・解情報

⑦プログラムの文法エラーの指摘

⑧Infeasible の原因と思われる箇所の指摘

⑨Infeasible の個数

⑩作成されたアウトプットファイル名

15.4 モデルによるシミュレーション結果のサマリー

需給最適化モデルによる計算が終わると、それぞれのケースに対応する供給量の計算値を記載した「Supply」シートが作成される。このシートを「アウトルックサマリー」レポートに組み入れることで需給最適化後の最終的なサマリーが作成される。最終的なサマリーレポートの内容は、表 15.4-1 に示すように、需要予測モデルからえられる「Simulation」シートと需給最適化モデルから得られる「Supply」シートをベースに、主要エネルギー指標の毎年の予測値を記載した「Summary」シートと、さらにそれを要約した「Overview」シートで構成されている。追加の 3 枚のシートは参考資料として巻末に添付しておいたので参照されたい。

この最終段階のサマリーシートの内容は、需要予測結果を示す「Simulation」シートについては表 14.4-1 に示したものと同じだが、需給最適化計算の結果を示す「Supply」シートが新たに織り込まれたことにより「Summary」シートの内容は変更されている。

さまざまなシナリオやケースの比較検討は、各ケースごとに作成されるこれらのシートを比較しながら進めることになる。部門別のエネルギー需要動向などの一般的な指標はここにできるだけ抜き出したので、このアウトルックサマリーシートを比較することで概ね各ケースの特徴を把握できると考える。しかし、ここに抽出されていない指標の比較検討を行う場合には、やや複雑

となるが直接「Simulation」シートを参照する必要がある。さらに、モデルや仮説、前提条件などの細かな比較を行う場合には、モデルの中味に立ち入った検討が必要だし、場合によってはモデルの変更も必要となろう。需要予測の Book に添付した部門別分析シートやここに示した「アウトブックサマリー」はあくまでも便利帳なので、今後の検討過程で使い勝手の良い形に改善されるよう希望する。

表 15.4-1 最終的なアウトブックサマリーの内容

シート	機能と役割
Simulation	需要予測モデルによるシミュレーション結果の表示
	1. 実績値および予測値の表示 2. 計算式および実績と予測の平均成長率の表示
Supply	需給最適化モデルによる計算結果のサマリー
	1. 電力部門:エネルギー別発電電力量(化石燃料、原子力、再生可能エネルギーなど) 2. 一般部門:化石燃料(石炭、天然ガス、原油および石油製品)の国内生産、輸出、輸入量 3. CO ₂ 発生量
Summary	シミュレーションの総合結果(完成版):2005~2030年の毎年の推計値と5年ごとの平均成長
	1. 主要エネルギー指標(一次エネルギー供給、最終エネルギー供給、輸出入、その他) 2. 部門別主要指標:石油・ガス、電力、石炭、非商業エネルギー
Overview	サマリーシートの要約版(5年ごとの推計値)
	1. 一次エネルギー供給、最終エネルギー需要 2. エネルギー価格、一人当たりエネルギー消費、CO ₂ 排出量などの主要指標

あとがき

2007年9月に本調査を開始して以来、一年余の間に世界はエネルギー価格の激変を経験した。2007年夏には米国でサブプライムローンの破綻が伝えられたが、ナイジェリアの生産不調などを背景に原油価格はじり高を続け、WTI先物は2008年1月2日に1バレル100ドルを突破した。さらに1月以降は商品市場への大量の資金流入が進み、7月11日には史上最高の147ドルを記録した。8月に入るとWTI価格が120ドルを切ったことが大々的に報道されたが、市場はまだ「下げ基調」という程度の認識であった。しかし、9月15日のリーマンブラザーズ破綻をきっかけに原油価格は一気に60ドルまで暴落した。11月はじめにはやや持ち直して、70ドル前後で推移している。

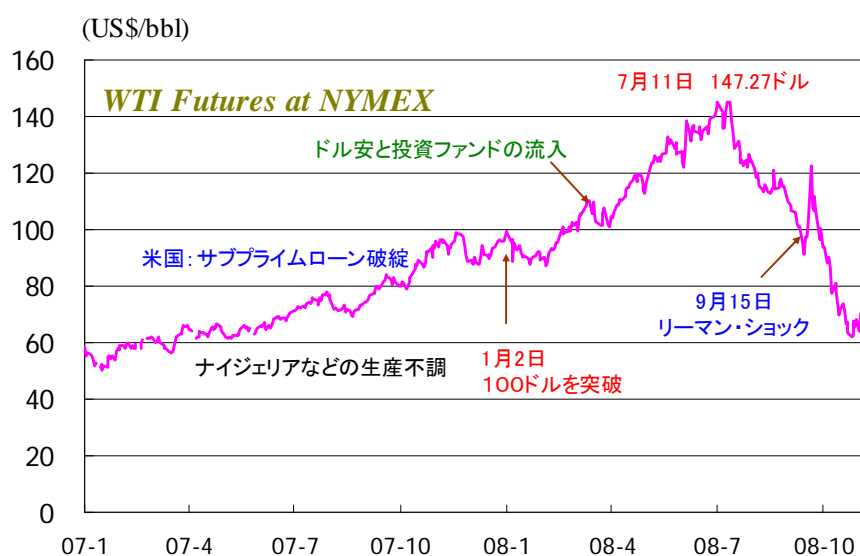


図 16.1-1 WTI 先物価格の推移

本調査では価格上昇のさなかの2008年5月に前提条件をセットしたため、原油価格の出発点を1バレル120ドルとし、今後さらに上昇が続くと想定を採用した。しかし、最近の価格動向をみれば、「この想定はいささか過大で、より低い価格シナリオの下ではどんな見通しになるだろうか」と誰もが考えるだろう。実は、価格シナリオの変更による長期エネルギー需要見通の変化はそれほど大きくはない。とはいえ強い関心が湧くのが当然なので、補遺として1バレル70ドルを出発点とするケースを試算し、そのインプリケーションを検討しておきたい。

もともと本調査ではフィリピンエネルギー計画（Philippine Energy Plan）の基本となる長期エネルギー需給予測を行うための総合モデルを構築し、技術移転を行うこと、また、モデルによる検討をもとに現行計画への提言を示すことを目指した。1年余りの作業で一応当初の目的に沿った成果物を作成し、今後のエネルギー政策における重点課題を抽出し、対応策検討の方向も示すことが出来たと考える。しかし、データやモデルの内容にはまだ改善すべき点が多い。今後フィリピンの人たちの手でテストが繰り返され、改善が図られることを希望する。そのためのヒントとして、幾つかの点を書きとめておきたい。

価格シナリオの変更と長期エネルギー需要見通し

2008年の平均原油価格は1バレルあたり100ドル程度³⁴となる見込みだが、2009年の価格については直近の70ドルという価格が基点になると考えるのが妥当だろう。それ以降は、世界の石油需給タイト化傾向を反映し、石油価格は2030年には100ドルまで上昇するものと想定する。原油以外のエネルギー価格も、原油価格の動きに準じて変化するものとする。

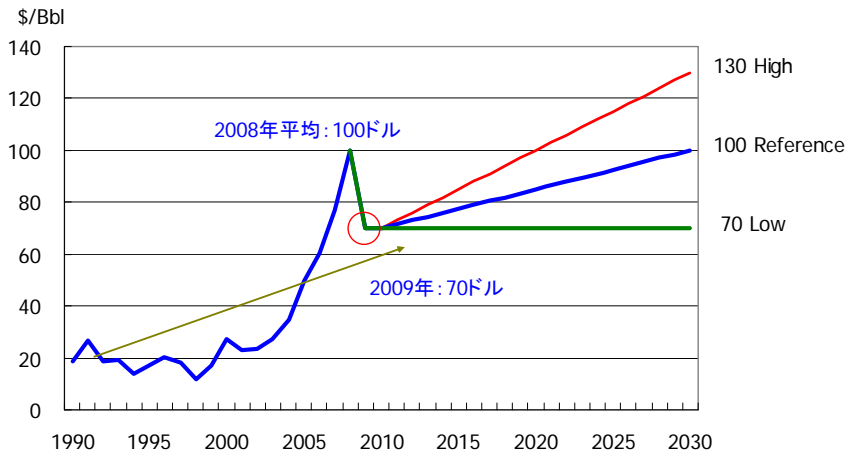


図 16.1-2 原油価格シナリオ

また、経済見通しについては、金融危機のために世界経済が急減速する可能性が高まっている。フィリピンもこの影響を免れることは難しいだろう。そこで、2008～2010年の経済成長率が当初見込みの6.4%からその半分の3.2%に低下し、2030年までの予測期間全体でも5%から4%に低下するとしたケースを検討する。この場合、2015年頃までは、経済規模が当初検討した低成長ケース（4%成長）を下回るが、2020年頃までに概ね低成長ケースに追いつくことになる。

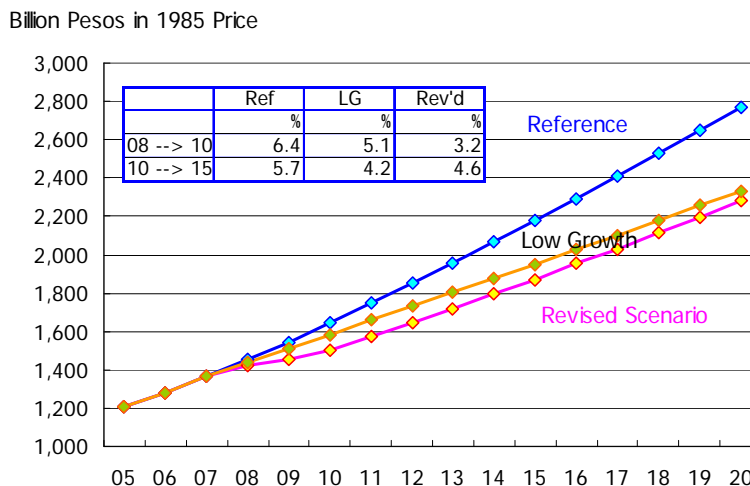


図 16.1-3 経済成長シナリオの見直し

³⁴ 2008年1月～10月のWTI先物価格の単純平均は104.0ドル。

図 16.1-4 に、①原油価格 120 ドルを出発点とするリファレンスケース、②原油価格 70 ドルを出発点とするケース、そして、③世界的なリセッションに伴いフィリピン経済もしばらく減速するケースの需要見通しを示す。また、エネルギー輸入量と輸入比率の見通しを表 16.1-1 に示す。

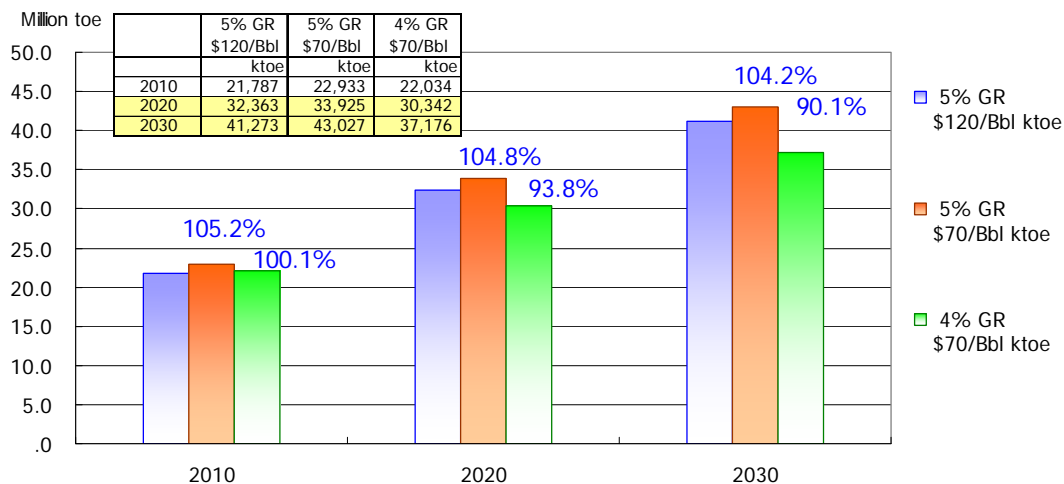


図 16.1-4 最終エネルギー需要の見通し

表 16.1-1 エネルギー需給と輸入比率

Case	GDP Growth	Primary Energy		Import Quantity/Ratio			
		2020	2030	2020		2030	
(Original)	%	Mtoe	Mtoe	Mtoe	%	Mtoe	%
Reference	5.0	63.4	78.5	32.3	56.2	44.3	60.9
Low Growth	4.0	56.9	67.4	26.9	52.4	34.9	56.2
(Revised)							
Price	5.0	57.2	80.7	34.2	57.3	46.5	61.9
Price+GR	4.0	54.2	71.4	29.5	54.5	38.6	58.3

上記の試算から、価格シナリオをかなり大幅に変更したケースでも、エネルギー需要見通しの振れ幅は本報告書におけるさまざまな検討の範囲³⁵に収まっていることが見て取れる。原油価格の出発点が 120 ドルから 70 ドルに下がることにより、最終エネルギー需要はリファレンスケースに比べて 4~5%増加する。一方、経済成長が減速することで、エネルギー価格が低めのシナリオのもとでも、長期的にはエネルギー需要の増加が抑えられる。ただし、全予測期間の成長率を同じ (4%) と想定した当初の低成長ケースと今回の成長率見直しケースを比較すると、当面は経済の減速により需要増加が抑えられるが、経済規模のキャッチアップとともにエネルギー需要も増加すること、予測期間後半の経済成長率が高くなることで、ある時期を境に追い越してしまうことが見て取れる。価格はエネルギー政策を考える上で重要なファクターではあるが、経済動向や省エネ努力などのファクターが長期的にはより大きなインパクトを持つことが見て取れる。

このように、今回構築したモデルではかなり広範囲な課題の検討が可能なので、ぜひフィリピンの専門家の手で色々なシナリオを検討し、モデルの習熟と改善を図っていただきたい。

35 表 6.1-1 に示したように、各ケースの 2030 年の最終エネルギー需要見通しは石油換算 3,270 万~4,967 万トンである。

分析の進め方について

本調査で構築したデータベースやモデルについて不断の改善を図るべきことは論を待たないが、そのための追加研究や改善のテーマは概ね次のように分類できよう。

カテゴリー1：総合エネルギー計画に織り込むべき重要な要素や前提条件、シナリオとそれらの効果についてのさらなる検討

カテゴリー2：セクター別のエネルギーの需要、供給に関するより詳しい分析。このような研究はセクタープランの重要な要素であるとともに、総合エネルギー計画の一翼を担うものでもある。

カテゴリー3：セクタープランの裏付けとなるような、さまざまなテーマに関して深く掘り下げた研究

カテゴリー1 に分類される課題は、総合エネルギー計画を作成する上での基本的な検討要件である。しかし、本調査の前提条件をセットした 2008 年 5 月以降に生じた世界経済やエネルギーをめぐる環境の激変は、時間的に本報告書に盛り込むことができなかった。前項にエネルギー価格についての追加検討結果を記したが、経済動向なども含め、更なる検討が必要であろう。また、カテゴリー1 やカテゴリー3 に分類される検討の充実は「次の段階の作業」と考えている。これらのテーマについては今後フィリピン側でさらなる検討が行われるものと期待するが、われわれもできるだけの支援を提供していきたい。

分析ツールについて

分析ツールとしてはエネルギーデータベース、エネルギー需要予測モデル、エネルギー需給最適化モデルを作成した。

第1に、データは全ての分析の出発点である。データベースとしてデータの入れ物はできたが、その中に質の高いデータをどのようにして入れるかはこれからの課題である。世界的に省エネルギーが重要な政策課題になるなか、より詳しくかつ総合分析を可能とするデータの収集が必要になる。より良い社会や市場を構築するにはまずデータが必要で、その意味ではデータは社会的財産である。企業の知的財産権の保護は前提としつつ、「きちんとした透明なデータを定期的に社会に提供することは市場参加者の義務である」ということを市場設計の基本におき、社会がデータを共有する法制と組織を整備することが必要である。

第2に、エネルギー需要予測モデルは、一応、全エネルギーセクターを網羅する形で完成した。しかし、十分なデータがないこと、過去のデータだけで将来を予測するのは困難なことなどの問題がある。モデルはトップダウン型のマクロ分析が中心で、完結したモデルを構築することを大前提に作業を進めたため、ややモデルが大きくなったきらいがある。モデルの慣らし運転と調整の時間が十分に取れなかったが、操作性の点ではダウンサイジングを図ることが望ましい。

一番の課題は今後の産業構造の動向や各分野におけるエネルギー需要の動向をもっと精緻に捉えることである。例えば、積み上げ型のミクロ分析を加えたり、耐久消費財や自動車の普及についてはサブモデルによる検証を行うなど、論理や精度の向上を図ることが望まれる。特に、産業用エネルギー需要の大きな部分を占める鉄鋼やセメント、化学、紙パルプなどのプラントは大規模で、プラントの新增設とともに需要は階段状に増加するので、積み上げによる需要想定は重要な手法である。また、フィリピン社会が将来の交通システムやライフスタイルをどのように設計

するのもエネルギー需要動向に大きな影響をもつファクターである。モデルがこのような課題をもつことを含んで、不断の改善を図ることが望まれる。

第3に、需給最適化モデルは操作性向上を図るためにかなり簡略化した。電力部門ではPDPATをサブモデルとして使用し、需給最適化モデルが合理的な解を出しているかどうかを検証した。石炭、石油・天然ガス、再生可能エネルギーなどの分野でも、メインモデルで細かい分析を行うのは難しいので、サブモデルや補完的分析により解の検証を行う体制とすることが望まれる。特に、現在のモデルは石油精製の分野がやや細かいので、サブモデルの利用で簡略化できれば、操作性の向上を期待できよう。

需給最適化モデルのLPの操作には専門知識が必要であり、モデルに組み込んだ論理と解との関係が分かりづらいので操作経験の蓄積が必要である。つまり、このモデルの利用には専門のエキスパートを育てることが必要である。

なお、地域別分析は論理的には難しい話ではないが、地域別に正確なデータを集め、意味のある論理を盛り込むのは容易ではない。また、LPモデルを使用する場合には地域間輸送コストが必要で、その推計は極めて煩瑣である。国家戦略や政策の分析を行うという目的と、地域別計画を整合的に作成するという目的に応じて、目的にあった手法を使い分けた方が良い。

政策検討について

第3部では、第2部での分析をベースとし、日本や諸外国での過去の経験や最近の議論を参考にエネルギー分野の課題を抽出し、今後の検討の方向を提示した。しかし、残念ながら、全体のフレームワークや個々のテーマについてフィリピンの人たちと意見交換する時間が十分ではなかった。モデル分析の結果をどのように政策に組み立てていくかはこれからの検討課題であり、ここでは以下の点を指摘しておきたい。

第1に、エネルギー基本政策は、他の社会経済政策との整合性と優先順位のバランスの中で組み立てられるべきである。そして、エネルギーや環境について現代世界が要求するような精度で政策を詰めていくには、産業構造や生活水準の改善などについて、従来よりももう一步掘り下げた政策設定が必要である。少なくとも、基礎物資・主要物資の需要や生産量などについて物量ベースの見通しが計算されていることが必要である。一方、エネルギー政策においても、できるだけ数値目標を設定する方が分かりやすいだろう。

第2に、エネルギー政策は、現実と実現可能性に立脚することを大前提とし、また、環境変化を織り込みつつ適宜修正していくことが必要である。例えば、エネルギーのもつ戦略的商品としての性格、エネルギーシステム構築に要する長いリードタイム、巨額の資金、規模の経済の作用、エネルギー政策の社会政策全体との整合性などを考慮すれば、エネルギー市場の自由化に向かって一直線に進めばよいというものではない。欧米先進国でも市場の失敗を経験したことは我々の教訓とすべきである。一方、省エネルギー型経済の実現は理想ではあるが、経済建設の途上にあるフィリピンではまだまだ産業、住宅、交通システムや社会インフラの建設に基礎資材やエネルギーを必要とするだろう。角を矯めて牛を殺すような政策であってはならない。それを避けるためには、かなり長期の目標を立て、各セクターのバランスをとりながら経済建設を進めていくことが大切である。

第3に、本調査の試算結果から、フィリピンでは輸入化石燃料への依存が一層進む見通しであ

る。だから国産エネルギーの開発に注力するというのは筋の通った話だが、実現確度の高い計画が基本になければならない。バイオマスや地熱の利用には大規模送電幹線の建設や土地所有制度、農業行政などの見直しが必要であろう。一貫性のある計画の確立にはかなり時間がかかることを見込んでおく必要がある。

一方で、輸入依存の高まりへの備えも同時に進めなければならない。東アジアのエネルギー消費量に占めるフィリピンの比率は2020年頃でも1%程度だから、中国や日本が大量のエネルギーを輸入していることと比較すれば、国際市場での調達をさして心配する必要はない。ただし、①国際価格で調達すること、②国際水準のコンパクトな輸入設備をもつこと、③輸出国・企業との取引チャンネルを作ること、が大前提となる。また、フィリピンのエネルギー産業の規模とエネルギー安全保障の観点から、石油精製やLNG、PNGなどの分野では周辺国との連携によるエネルギー産業の発展も視野において検討を進める必要がある。

第4に、環境問題はいまやエネルギーと切っても切り離せない課題である。大気環境や水質の向上などの環境対策に加え、地球温暖化問題への世界的な関心の高まりへの対応も必要とされよう。エネルギー消費量が比較的少ないとはいえ、ポスト京都議定書の議論が高まる中、フィリピンとしてもこの問題にどのように取り組んでいくかを議論し、基本スタンスを固めておくことが必要である。

今後フィリピンの皆さんが自らの手でモデルを操り、政策評価の議論を進めていくと、この報告書に記した以上に色々な政策のあり方や組み立て方に気付くと思う。この報告書はそのような試みの出発点である。今回の調査で開発した手法を我が物に取り込み、改良して、長期エネルギー計画の向上に役立てていただくことを心から期待する。

2008年12月

調査団を代表して 兼清 賢介