

JAERI-M
86-054

我が国の長期にわたるマクロ経済
および、エネルギーシナリオ

1986年3月

萬 金 修 一

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公開している研究報告書です。

入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

JAERI M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1986

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 H 青工業株式会社

我が国の長期にわたるマクロ経済およびエネルギーシナリオ

日本原子力研究所動力炉開発・安全性研究管理部

萬金 修一

(1986年2月18日受理)

高温ガス炉と核熱プロセスヒート利用の役割りに関するシステム分析研究の一環として、我が国の2030年に至る長期マクロ経済シナリオ、および、長期マクロエネルギーシナリオの創出を行った。そこで、シナリオ創出に用いた2つの解析モデル、長期マクロ計量経済モデルとエネルギーシステムダイナミクスモデルの概要、経済エネルギーシナリオ創出のための将来の社会の促え方と外生変数の設定、創出した経済・エネルギーシナリオ、について報告する。

創出したシナリオは現状の経済見通しを反映して極めて低成長なものとなっているが、この中で上記のエネルギーシステムの役割を明確に分析しうるものと考えており、シナリオに込めたフィロソフィーについても言及した。

日本原子力研究所：茨城県那珂郡東海村白方字白根2の4

本報告の英文翻訳版はマサチューセッツ工科大学が中心となって行っている I E S 国際協力研究の台北会議(1月17日)に於いて発表した。

Macro-Economic and Energy Scenarios
for Japan through the Long-Term

Shuichi MANKIN

Department of Power Reactor Projects
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-Ken

(Received February 18, 1986)

As one of studies and systems analyses on the role of VHTR and process heat utilization in future energy systems, long-term macro economic and energy scenarios of Japan until the year 2030 have been generated. This paper presents,; 1) the outline of the long-term macro econometric model and the energy system dynamics model by which these scenarios were generated, 2) back grounds and prospects on future societies of Japan and exogeneous assumptions for calculations, and 3) macro energy and economic scenarios generated.

Reflecting the present economic prospects, these scenarios are seemed to be of extremely low-growth type, however, the role of VHTR and its energy systems could be prospected clealy to play a large and important role within these scenario regions. Basic philosophies of scenario generations are also mentioned in this paper.

Keywords: Macro-economic Scenarios, Energy Scenarios,
Process Heat Utilization, Long-term Macro Econometric Model,
Energy System Dynamic Model, GNP, Supply and Demand

The English-translated version of this paper were distributed to participants and received favors at IES meeting (held at TAIPEI on Jan. 16-18) that was one of activities in the international cooperative study on the Integrated Energy Systems hosted by MIT (Massachusetts Institute of Technology).

目 次

1. 序 論	1
2. 長期マクロ計量経済モデルの概要	3
3. マクロ経済シナリオの創出	8
3.1 過去及び現在における経済発展	8
3.2 シナリオの背景と外生変数の設定	9
3.3 我が国のマクロ経済シナリオ	10
4. マクロ経済とエネルギー需給の接合	13
5. マクロエネルギーシナリオの創出	17
5.1 外生変数設定とその背景	17
5.2 マクロエネルギーシナリオ	20
6. 結 論	23
図 表	25
謝 辞	52
参考文献	52

Contents

	Page
1. Introduction	1
2. Long-term Macro Econometric Model	3
3. Presentation of Macro Economic Scenarios	8
3.1 Past and Present Economic Development	8
3.2 Backgrounds of Scenarios and Exogenous Assumptions	9
3.3 Macro-Economic Scenarios for Japan	10
4. Interfacing Economy and Energy Demand/Supply	13
5. Generation of Macro-Energy Scenarios	17
5.1 Recent Situation and Exogenous Assumptions	17
5.2 Macro Energy Scenarios	20
6. Conclusion	23
Tables and Figures	25
Acknowledgements	52
References	52

1. 序 論

1984年度末から、日本原子力研究所はM. I. T. (米国, マサチューセッツ工科大学)と将来のエネルギーシステムに於ける高温ガス炉と核熱プロセスヒート利用の役割りに関するシステム分析を中心とした協力研究を行ってきた¹⁾。この研究は将来の我が国に於けるトータルエネルギーシステムの中で、有効と考えられる高温ガス炉とその核熱利用システムを中心とするIES (Integrated Energy System) を設計し、我が国の経済、エネルギー、環境面でその有意性を分析する事を最終目標としたもので、当面は4つの研究課題、すなわち1) 我が国の将来のエネルギー需給状態の展望、2) IESの要素となるエネルギー技術の特性化、3) エネルギー技術の経済、環境に与える効果の分析、4) 研究開発経路の同定、から成っている。そしてこれらの課題に対応する研究プロセスの前半部に重点を置いて、その概要を研究項目と情報の流れで示したのがFig. 1である。

図に示されるように、第一の課題の研究目標は社会、経済、エネルギーの我が国における長期にわたる発展経路(シナリオ)を解析モデルを用いて創出(予測、推定)する事であり、1985年4月IIASA*で開かれたIES会合で簡単に研究の目的、方針、考え方について報告した²⁾。

今回はエネルギーシナリオの感度解析を残して、経済、エネルギー両シナリオの創出作業をほぼ終了し、1986年1月17、18日に台北で開かれたIES会議に報告する為に、1)、シナリオ創出の為の解析モデルである長期マクロ計量経済モデルとエネルギーシステムダイナミックスモデルの概要、2)、経済/エネルギーシナリオ創出の為の将来社会のとらえ方と外生変数設定の説明、3)、解析結果の経済/エネルギーシナリオとシナリオに込められたフィロソフィーについて纏めたので、ここに報告する。

最初に日本に古くから有る(多分、古い時代に中国から伝承されたものであると思うが)2つの諺を想起してみる。すなわち「砂上の楼閣」と「絵に描いた餅」である。前者の諺は砂の上にいくら美事で立派な御殿を立てても土台が砂のようにもろいものであれば崩れてしまう事を意味しており、実現不可能をたとえと共に、現代の様に科学技術の進歩した今日では堅固な土台の撰択と作成を勧めるものと解釈できる。後者の諺の意味は、絵には円くて美味そうな餅を描く事が出来るが、所詮、絵は食べる事ができない事を意味し、労作とは云え役に立たぬものたためである。これらの諺はシステムアナリストとして普段から心得ているものの1つではあるが、高温ガス炉と核熱利用に係わる当システム分析を行う場合にも、これらの諺は非常に重要な意味を持っていると思われる。

未知の世界である長期将来における高温ガス炉の役割りや、環境無排出を目指す顕著なエネルギーシステムを経済やトータルエネルギーシステムの詳細な構造に深く立ち入って分析し、その意味付けを行うには、これら解析手法の持つ特性や解析で扱う対象の境界条件、前提条件を十分に吟味し、堅固な分析の土台を形成した上でなされなければならない。さもなくば、戦略分析やア

* IIASA — International Institute for Applied System Analysis ウィーン, オーストリア

セメントに必要なトータルエネルギーシステムの各技術に関連する技術特性、経済特性、環境特性、等の莫大なデータの収集や特性データの微妙な競合を基本原理とする解析計算や、これと結合して行う詳細な産業連関分析³⁾や、その計算はまさしく砂上の楼閣であり、得られた結果は絵に描いた餅となってしまふ恐れがある。

当分析課題の最終目標は現実の社会に於いて実現性を多分に持ち、現実の社会からの連続した発展線上に存在する「高温ガス炉を中心とした顕著なエネルギーシステム；IES (Integrated Energy System)」の所在を提案するものである。この意味を工学的に表現すると、現実の社会を時間、経済、環境、エネルギー、技術等に表わされる多次元の時間空間に投影したときに得られる1つの空間領域が安定に、連続的に将来に向かって動いてゆく領域を長期にわたって予測、推定し、この領域の中で目標とする顕著なエネルギーシステムを設計し、評価する事と等価と考えられる。そこで、この様な領域をシナリオ領域と呼び、解析の前提や基盤を堅固なものとする為に最低限の requirement としてマクロな経済、エネルギーのシナリオ領域を求める事が出発点となった次第である。

そして求めるエネルギーシステムに関するパフォーマンス分析(エネルギーシステムの経済/エネルギー/環境へ与える影響や効果を評価する為のシステム挙動分析)の全てをこの合理的な E² (経済/エネルギー)シナリオ領域内で行う事とする。すなわち、1). パフォーマンス分析の全ての入力データはこのシナリオ領域に存在しうるか否かチェックする。2). 全ての解析の境界値はシナリオ領域から求める。3). シナリオ領域の主要なエネルギー経済指標は解析計算の制約条件値として設定する。4). 全てのシステム解析の結果はシナリオ創出モデルの入力データとして再編し、連続性、安定性チェックの為に再計算される。この様な手順を経る事によって戦略分析や、その主アルゴリズムとして用いる L.P. (Linear Programming) 手法から導かれた結果の動的、非線形性、安定性、連続性等の現実面に於ける弱点が補償され、Robust性(堅牢性)、Resilient(弾力性)が増す事となる。

マクロ経済シナリオの創出は“LTMEMO”と名付けられた長期マクロ計量経済モデルで行ない、2030年に至る我が国の経済シナリオ α , β を創出した⁴⁾。エネルギー需給を概観するマクロエネルギーシナリオの創出は“ENERGYSD”と名付けられたエネルギーシステムダイナミックスモデルを用いて行ない、上に述べた経済シナリオ α , β の結果に対応して2030年に至る我が国のエネルギーシナリオ α , β を創出した⁵⁾。

以下の章にそれぞれの分析モデルの概要説明を行なうと共に、我が国の経済、エネルギーの現状をマクロな観点から概観した上で、これらのモデルによって創出した経済、エネルギーのシナリオ領域、すなわち、我が国の2030年に至るマクロ経済、エネルギーの主要指標についてProjections(予測、展望)を示すと共に、これら指標値の意味する社会像とそのフィロソフィーについて述べる。

2. 長期マクロ計量経済モデルの概要

我が国の長期マクロ経済シナリオ創出を行う為に、1981年から長期マクロ計量経済モデル(LTMEMO)を開発してきた⁴⁾このモデルはFig.2に示すように、過去の統計データから計量経済モデルの係数パラメータを推計する部分、基準計量経済モデル部分、シミュレーション部分から成っていて、周辺に、経済統計データファイルとエネルギー経済変数間のCausality Studyやモデル同定を行う事ができる経済、エネルギー関連の多変数自己回帰型モデル同定コード(EEMVAR)を備えている。この様なシステム構成としたのは、モデルが長期の予測に耐えるように、すなわち、日々の社会や経済の進展、将来展望の変化、構造の変化、理論の進展に適合して基準モデルの長期適合性を常に改良しつつ、長期にわたるマクロ経済指標の予測、シナリオの創出をより精度よく行う為である。

現在の基準モデルは75本の構造方程式、87本の定義式、70の外生変数から成っており、経済均衡型/非線形/時不変固定係数の記述タイプ(descriptive type)のモデルの範ちゅうに属するものである。基本形のわく組みは、ケインズ学派、新古典学派の各種理論、仮説をシステム工学的に融和させたものであり、基本的な概念を数学的に、より静学的な式で近似的に記述すると次の様に表現される。

$$C = C(X, W), \quad (2-1)$$

$$I = I(X, i, W), \quad (2-2)$$

$$I + G = S(X, I, W, i), \quad (2-3)$$

$$M/P = M(X, i), \quad (2-4)$$

$$C + I + G = X, \text{ 及び } X_p = X(\ell, k, t), \quad (2-5)$$

$$\partial X / \partial \ell = W/P, \text{ すなわち } P = W / (\partial X / \partial \ell), \quad (2-6)$$

$$U = L - \ell, \quad (2-7)$$

$$W = W(U, P, J), \text{ 及び } J = X_p / X, \quad (2-8)$$

ここで、Cは消費及び消費関数、Iは投資及び投資関数、Gは政府支出、Sは貯蓄関数、 X_p は生産及び生産関数、Xは最終需要、iは名目利子率、rは実質利子率、Mは名目貨幣量、Vは貨幣流通速度、Pは物価水準、Kは資本、tは技術進歩率、Wは賃金、Lは労働力、 ℓ は雇用量、Uは失業量、Jは需給比を表わしている。

Table 1 に示すように、Keynes 学派、新古典学派と対比して当モデルの概念を述べると、

1) (2-1)式と(2-2)式はそれぞれ消費関数と投資関数を示しており、これらの関数は新古典派では利子率 i に依存すると考え、ケインズ派では国民所得 X に依存すると考えているが、当モデルに於いて消費関数はケインズ派と同じく国民所得に依存すると考える一方、投資関数は新古典派の考えを入れて名目利子率 i にも依存するとしている。

2) (2-3)式は財市場の均衡を表現した貯蓄関数であるが、ケインズ派では実質利子率、新古典派では名目利子率を採用しているのに対し、当モデルでは名目利子率を採用、更に(2-1)~(2-3)式に W の効果を考慮している。

3) (2-4)式は貨幣市場の均衡式であり当モデルでは i を採用した。

4) (2-5)式の左側はケインズ派の最終需要均衡の式であり、右側は古典派、新古典派の生産関数である。ケインズ派はこの式から労働需要量を求めており、新古典派では生産量 X_p を求めて、三面等価からこれを X としているが、当モデルでは両式を共に使用し、 X, X_p を求めて(2-8)式から需要/供給比を求め、賃金 W にフィードバックし価格にはねかえす構造としている。

5) (2-6)式はケインズ派では価格-粗収益方程式として物価水準を決定するのに用いられるが、新古典派では労働需要関数とする。当モデルではケインズ学派の概念を採用して価格決定式として用いるが、(2-8)式の効果を構成変数に組み入れている。

6) 従って労働需要関数は(2-7)式として、いわゆるフィリップス曲線の考え方と同様の概念で導いているが、最近、フィリップス曲線の実証性が云々されているので、フィリップス曲線そのものを採用せず、賃金、失業率、等を構成変数とした独自の労働需要関数を作成している。

以上の経済理論の構成の概念は我が国の長期にわたる経済の特色を経済シナリオ創出に反映させるために、以下に述べる必要性から導いたものである。

a) 我が国の経済制度、政策にはケインズ学派の理論をベースとしたものが多かったので、将来に於いてもこれらの検討を可能にする。

b) 最終需要項目の全てが実質国民所得の変動を招くというケインズの有効需要の原理は我が国の現時点までの経済構造の一部に適合しているとみなす事ができる。

c) 国債発行の激増した現在、クラウディングアウト効果や資本蓄積の多様化も考慮できるようにする。

d) 供給制約の概念及び「心理的な慣性の法則」と呼ばれる市場機構をモデル中にとり込む。

e) 賃金関数では労働市場の動きと市場均衡への動きを重視して柔軟性をもたせる。などである。

以上の概念にもとずいて当長期マクロ計量経済モデルシステムの基準モデルは Fig.3 に示す構成を持っている。即ち、大きく分けて最終需要部門、所得分配部門、賃金価格生産部門、金融部門、国際収支部門から成っている。最終需要部門は分配部門から在庫調整、所得を、生産部門から生産量、デフレーターを、金融部門から利子、マネーサプライを受けて民間最終消費支出、民間設備投資、住宅投資、在庫投資、輸出入、固定資本減耗、国民総支出、等を算出する。主たる関数を示すと消費(C)関数は、

$$C = 8268.3 + 0.37375 \left(\frac{YD+AU}{P_c} \times 100 \right) \\ - 0.0025412 \left(\dot{P}_C \times \frac{YD+AU}{P_c} \times 100.0 \right) + 0.48234 C_{-1} \\ \bar{R}^2 = 0.9970, \quad \bar{S} = 974.48, \quad d = 1.64, \quad (2-9)$$

投資 (Ip) 関数は,

$$I_p = 13853.97 + 0.02689319VE + 0.3324665 (Y_{cc} + Y_{cc-1}) \times \frac{1}{2} \\ - 101.686 (I - PW) \\ \bar{R}^2 = 0.93286, \quad \bar{S} = 879.4, \quad d = 2.5907, \quad (2-10)$$

である。ここで YD は個人可処分所得, AU は個人企業在庫品評価調整額, P_c は民間最終消費支出デフレーター, \dot{P}_c はその変化分, VE は国民総支出, Y_{cc} は民間法人企業所得, I は全国銀行貸出約定平均金利, PW は卸売物価指数を示している。なお, パラメータは 1965~1980 年の統計データから推計されたものである⁴⁾

所得分配部門は最終需要部門から最終需要構成値を, 生産部門からデフレータを, 金融部門から利子率を受けて所得, 税, 在庫調整を計算し, 政府, 民間バランスを計上する。主たる関数を示すと, 民間法人企業所得 (Y_{cc}) 関数は,

$$(Y_{cc} + A_c) = 7914.233 + 0.6638253 (Y + A) - 0.8086281W \\ - 779.41 (I + I_{-1}) \times \frac{1}{2} \\ \bar{R}^2 = 0.9844, \quad \bar{S} = 805.3, \quad d = 1.78 \quad (2-11)$$

個人企業営業余剰 (Y_{dn}) 関数は,

$$Y_{dn}/L_n = 1.485670 + 0.6460216W + 0.1363369PC \\ \bar{R}^2 = 0.99244, \quad \bar{S} = 0.551, \quad d = 1.7335 \quad (2-12)$$

である。ここで A_c は民間法人企業在庫品評価調整額, Y は国民所得, A は在庫品評価調整額, W は賃金, I は金利, L_n は個人業主数, P_c は民間最終消費デフレータを示している。

賃金, 価格, 生産部門は最終需要部門から構成値を, 分配部門から所得を, 国際収支部門から為替レートを受けて生産量, 雇用量, 賃金, デフレーター, 卸売物価指数等を算出する。主たる関数を示すと, 生産 (V_p) 関数は,¹⁴⁾

$$\log (V_p / HL) = 2.137030 + 0.2385386 \log \left(\frac{K_p}{L} \right)$$

$$- 0.01986 \left(\frac{\bar{P}E}{P} \right) + 0.0264880 \text{Trend} \\ (0.32) \quad (0.25)$$

$$\bar{R}^2 = 0.97978, \quad S = 0.021, \quad d = 0.659, \quad (2-13)$$

ここで $\bar{P}E$ はエネルギー価格, HL は労働生産性, K_p は資本蓄積, Trend は技術進歩率, L は雇用者数を表わしている。また賃金 (W_s) 関数は,

$$\dot{W}_s = 14.62929 - 6.567501 \frac{\bar{u}}{(2.37)^0} \times \frac{1}{2} + 0.6995198 \frac{\dot{P}_c}{(2.87)^0} \times \frac{1}{2} \\ + 59.31532 \left(\frac{YC+AC}{Y+A} \right) + 9.513551 \text{Dummy} \\ (1.95) \quad (3.47)$$

$$\bar{R}^2 = 0.9274, \quad \bar{S} = 1.84, \quad d = 1.88, \quad (2-14)$$

である。ここで u は失業率, \dot{P}_c は民間最終消費デフレータの変化分, YC は法人企業可処分所得, ACとAは前出の通りである。この部門の特色は, 生産関数を導入した事により, 価格計算に需要(国民最終消費支出)と供給(潜在国民総生産)の間のギャップをフィードバックする事ができるようになった事である。さらに, (2-13)式から資本ストックの増加が供給能力を増加させると共に, 資源制約やエネルギー政策等によるエネルギー価格の上昇が供給能力の低下を招き, ひいては市場価格の上昇につながるという社会機構を反映しうようになった事である。

金融部門は最終需要部門から最終需要の構成, 賃金価格・生産部門からデフレータ, 分配部門から所得, バランス, を国際収支部門から為替レートを受け, 銀行, コール, 債権等の長短期の金利, マネーサプライ, 債権, 国債, 株式等のフローとストックを算出する。主たる関数を示すと全国約定平均金利(I)関数は,

$$I = 2.279754 + 0.4549307 I_N - 0.5848692 \left\{ \frac{(DD+DT+DB)}{1000} \right\} \cdot \frac{1}{2} \\ (23.22) \quad (4.68)$$

$$+ 0.298894 \left\{ \frac{(IH'_1 + IP'_1 + JP'_1)}{100000} \right\} + 0.4513371 IBD_{-1} \\ (15.75)$$

$$\bar{R}^2 = 0.99550, \quad \bar{S} = 0.068, \quad d = 3.23, \quad (2-15)$$

である。ここで, I_N は公定歩合, DDは預金通貨流通残高, DTは定期性預金残高, DBは金融債残高, IH' , IP' , IJ' は民間住宅投資, 民間企業設備投資, 民間在庫投資の名目値を, IBD は債権利回りを表している。当金融部門の特色は, 貨幣の需要関数によるマネーサプライを計量すること, 利率を決めて資金需要と供給を細かく把握する事, 及び国債の大量発行による赤字財政下における投資及び利率の挙動や金融の多様化を把握する事を十分に考慮した構造になっている事である。

国際収支部門は最終需要部門から輸出入を, 賃金-価格-生産部門からデフレーターを受けて国際収支ベースの輸出入, 為替レートを算出する。主たる関数として直物為替レート(RES¥)関数を示すと,

$$\log_{10} \text{RES¥} = 9.913251 - 0.5063986 \log_{10} (\text{Ecb\$}) \\ (2.58)$$

$$\begin{aligned}
& + 0.3859663 \log_{10} \text{Mc b\$} - 1.175686 \log_{10} \left(\frac{\overline{\text{RFL}}}{\overline{\text{ie u}}} \right) \\
& \quad \quad \quad (2.26) \quad \quad \quad (3.34) \\
& + 0.4461541 \log_{10} \left(\frac{\text{Pc}}{\text{PCLI}} \right) \\
& \quad \quad \quad (1.20) \\
\bar{R}^2 & = 0.87309, \quad S = 0.054, \quad d = 3.3249 \quad (2-16)
\end{aligned}$$

である。ここで、 $\text{Ec b\$}$ は国際収支ベースの商品輸出、 $\text{Mc b\$}$ は国際収支ベースの商品輸入、 $\overline{\text{RFL}}$ は海外長期金利、 $\overline{\text{ie u}}$ はユーロダラー金利、 $\overline{\text{PCLI}}$ は米国消費支出デフレーターを表わしており、変数記号の上部のバーがついているのは外生変数を意味している。

当モデルの外生変数は約70あり、主たるものをあげると、将来の社会状態を規定するものに人口関係（総人口、高齢化率、男女15才以上人口、世帯数）、労働関係（労働力人口、男女子労働力率、労働時間数）、教育関係（高校大学進学率）、社会保障関係、があり、世界の経済状態を規定するものに海外の金融関係（海外長期金利、ユーロダラー金利）、経済成長や景気指標関係（世界工業製品物価指数、米国消費支出デフレーター）、価格関係（輸入デフレーター、石油輸入価格）がある。国内の経済政策に依存するものとして、財政支出関係（政府資本形成、政府消費、補助金）、国債関係（国債発行、資産、利回り）、金融政策関係（公定歩合、金融債利回り）、税金関係（法人一般税率、個人直接税、個人減税額）がある。

以上に概説した長期マクロ計量経済モデル(LTMEMO)は外生変数に過去の統計データを設定して実施するいわゆる部分テスト/全体テスト/最終テストと呼ばれる内挿テストにおいて満足な結果を得ている。特に、2度の石油ショックを経験している1971~1980年を対象としたテスト結果においても、国民最終需要(GNE)が平均誤差3%以内、分散0.9892で得られた。最終需要値と潜在生産量の差を価格へフィードバックする市場原理のモデル化においても、卸売物価指数は平均誤差0.24%、分散0.9920、得られたほか、賃金も平均誤差1.14%、分散0.9976なる良好な結果を得た。そこで、いくつかの長期マクロ経済予測を試行錯誤的に行った結果、いずれも満足しうる結果が得られたので、当研究に適用した次第である。

3. マクロ経済シナリオの創出

3.1 過去から現在に至る経済発展

マクロ経済の観点から、これまでの我が国の経済の発展過程を考察すると、その特色を次の様に要約することができる。

a) 戦前、戦後を通じて20世紀前半の日本は積極的な資本蓄積と欧米先進国からの積極的な技術導入を行った結果、非農業部門での労働生産性が高い成長をした。そしてこのような日本経済の工業化の進展が国民所得の上昇をもたらし、所得の上昇が国民の社会的、文化的能力を向上させ、新技術の吸収を容易にするという良い意味でのpositive feedback効果を伴って成長を加速した。

b) 特に戦後には重化学工業を中心とする設備投資は大きなものがあり、設備投資の相乗効果は素材産業を中心に長期的成長パターンを設定した。

c) 設備投資の拡大は一方で景気の過熱を招き国際収支を赤字として成長を制約する要素が出てきたが、この国際収支による成長の制約を押し上げたのが輸出の急成長であり、こうして「投資-輸出主導型」の高成長のパターンの原型が形成された。

d) こうして1960年代を仰える。Fig.4に示すように、1965年から1970年までは過去の高度成長を持続するが、1970年代に入り国際収支の大巾な黒字の累積は対外不均衡の発生と国際通貨体制の動揺といった海外からの圧力ばかりでなく国内での過剰流動性インフレと資本ストックの増大純化という現象が現われ、成長パターンの変化の兆ざしが見えはじめてくる。

e) 一方、1960年代後半の高度成長に伴って現われた精神文化の発展は高度福祉国家への移行、環境保全の提唱を呼び、価値規範の転換を促がし、技術開発についても量的開発よりも質的開発への転向の必要性を求めようになった。

f) この時に石油危機が発生し、安価で豊富な石油を前提として進めてきた経済が構造的に大きな打撃を受ける事となり、更に先進主要国の経済パフォーマンスが軒並み悪化して日本経済にインフレ、不況、国際収支の赤字の圧力がかかる事となった。この結果、戦後初めてのマイナス成長、経常収支の赤字、所得の低下をもたらした。

g) 実質所得の低下は家計部門だけでなく、企業収益への圧迫となり家計は消費をさしひかえ、企業は減量経営を行って雇用の調整、投資の抑制、適正在庫率の引き下げ、借入金の圧縮をした。一方、政府もインフレを抑える為に総需要抑制政策をとった。すなわち、国民をあげて供給重視の新古典学派経済学の実行を余儀なくされた。70年代初めに打出された福祉国家への夢もしばらく遠のく事となった。

h) こうして日本経済の大きな混乱はようやく回避され、5年余りの調整期間を経てようやく安定しはじめた1979年に石油価格高騰の第2次石油ショックに見舞われる事になる。しかし、g)項に述べた国民あげての経済努力は、このショックに対する抵抗力を示した。財政金融政策もマネーサプライの安定管理などを行ってインフレを抑圧し、賃金の上昇指向圧力も低くとどまっ

た。

i) さらに、e)項に述べた技術の質的開発は環境保全や省資源の技術的成果をもたらし、素材産業や重化学工業の構造変化を余儀なくされたものの機械や電子機器の国際技術競争力を向上させ、ここに再び国際収支の大巾黒字となって低率ではあるが安定した成長を維持しえるようになった。

j) しかし、現在の世界の経済情勢は厳しい。前回の石油危機後の世界景気回復の主導力を示したアメリカ経済は現在インフレと生産性の低下によって世界経済の指導力を失っている。中進開発国(NICS)が世界的な高金利と対外債務負担増大で拡大均衡への原動力の1つになりうる期待は持てない。先進国間の経済、貿易摩擦が日々に大きくなっている。為替相場が動揺し、国際的な金融不安も増大している。

k) 国内では消費は低下し、行政改革に終止符の打たれる兆ざしは見えない。最近の円高基調は結果として貿易摩擦を加速し、企業の減量経営をより強いてゆくだらう。減速経済、減速成長は世界経済ばかりでなく日本経済にも定着してきている。

この様な経済情勢の中で、新たな高度成長は期待しえないし従来の経済理論は成長への説得力を持たなくなっている。そして社会情勢の連続的な展開を前提として将来を展望するとき、将来は経済的な安定を第一条件とし、安定はしているが低成長型の発展像を描く事が理性的でかつ自然の方向と考えざるを得ない。

3.2 シナリオの背景と外生変数の設定

前章に於けるマクロな観点による経済分析から、2030年に至る我が国の社会発展像として低成長型に属する2つのシナリオを創出すべく、その背景となる社会像を設定した。すなわち、

1) 現在から2010年近くまでは低い成長率と云えども安定した成長が維持されるが、その後急速に成長率が低下する限界成長型のもので、これをシナリオ α と呼ぶ。

2) 現時点からも経済の実力を抑えぎみに評価し、将来の経済情勢の最低限界はどの辺にあるかを見極めめる事をも目的の1つとした最低成長型のもので、これをシナリオ β と呼ぶ。

シナリオ α に於ける社会発展像は次のように設定した。すなわち、石油危機後の世界経済に於ける低滞は次第に回復し、1985年から1990年にかけて3%弱/年近くの成長率を持つに至る。しかし資源の制約がとり払われる訳がなく、又世界の成長力を押し上げる基礎的な技術が急速に開発される訳がなく、成長率は除々に低下して、2030年頃には2.0~2.5%以下の成長率となる。日本国内でも成長率は低下すると思われるが、政府の経済指導力によりインフレは懸命に抑えられる。また、特別にオイルショックのような状態が生じない限り世界の工業製品物価指数も4~3%以下で安定して推移すると考えられる。米国に於ける経済の回復も調調に行われ、貿易赤字、財政赤字もわずかではあるが減少方向に動き1990年台に於けるソフトランディングが実現されて消費デフレクターの上昇の上限は年5%が維持される。エネルギー関連では石油産出国も世界の経済情勢を受け入れざるを得ず、急激な価格上昇もなく年1.5%台の上昇が維持される。我が国の社会像を考えると人口については2000年で13億に達し、その後きわめてわずかの増加に止まる。労働人口は女子の就労率が上昇し、一時2000年で頂点に達し、力率にして60%に達するが、そ

の後一定すると考える。政府の財政については2010年に至るまでの成長のなだらかさを求められ、投資、消費共に年3%の成長で2000年の峠を越えるが、2010年に至って急激な成長減速が強いられる。このシナリオのゆいいつの夢は前章のg)項でついでた高度福祉国家の建設である。国内需要の低迷と貿易摩擦の問題は社会保障関係の上昇に答を見出し経済の低成長とは別に年8.0%以上の成長を見込みたい。国内の所得は成長よりも均衡の考慮に力が入られ、物価上昇は抑えられるものの消費者米価の上昇は3%が維持されると共に、個人減税も2%台を維持する。すなわち、シナリオαは石油危機後の我が国に於ける景気回復とここ2~3年の成長を評価し、2010年に至るまで安定成長を維持するが、消費や投資の急激な拡大もなく2010年以後、世界経済の成長が飽和に達する事により、技術力を背景とした貿易拡大も立ち行かなくなり、貿易摩擦の圧力や資源制約の圧力に限界成長への転換を余儀なくされる姿を表わしている。しかし21世紀の中頃までを見通して高度の社会福祉国家の実現を目指している所に夢を持たせたものとする。

シナリオβ創出にあたって設定した社会発展像を描くと次のようになる。すなわち、シナリオαが3%とは云え、当面の中位安定成長を見通しているのに対し、現時点から成長を低く抑えている。世界経済のGNP成長の見通しの中で低位側は米国のDOEの例⁶⁾で、1980年から2010年迄10年毎に3.3%、2.8%、2.3%であるから現在からすでに成長が低下しはじめるという設定は少し極端かも知れない。世界輸入にしても2%からの低下は厳しすぎるとも思えたが、最近の経済摩擦や輸出の大巾超の現状を考慮して思い切った仮定を試してみた。もう1つの特徴はインフレ政策も充分になされ、公共料金指数や消費者米価指数など物価面の成長も抑えている点である。すなわち、前章のg)項で述べた石油ショック時のように、家計、企業、政府は国家あげての減速経済を現在から実施しようというものである。現在の我が国の経済がそうであるように、一時的な成長力があったとしても21世紀を見込んでこれを抑える、すなわち混乱や疲労を後に招く一時的な成長よりも長期的でストイックとさえ見えるが堅実に21世紀に対処してゆこうとするものである。考え方としては新古典学派的発想であり、新古典派のもつ欠点である「所得の上昇策の欠如」はそのまま現われるだろうが、国民の精神文化がどこまで耐えられるかが1つの鍵となっている。

以上のシナリオα、βの社会展望に沿って2章に述べた長期マクロ計量経済モデルの外生変数の設定を行った。Table 2に世界経済、国内社会経済、政府政策の主要な外生変数の設定値を示している。又、主要な外生変数の伸びの傾向をFig.5に示している。この図はそれぞれのシナリオに対応した計算ケースで設定した主要な外生変数の上昇率、成長率を表現したもので、縦軸は1976年と2030年の実績値の差を1.0に正規化して示している。従って左上にトツな曲線は現在の成長が急であり、将来の成長が抑えられるもの、右下にトツな曲線は将来の成長が急なもので、コーナーに近づくほどその傾向が大きい事を示している。1976年から1980年は現実の統計データを表示しているため、現在の傾向が将来にどのように引き継がれてゆくかの連続性の判断もこの図から可能である。

3.3 我が国のマクロ経済シナリオ

前章で概要を説明した外生変数を設定し、2章に述べた長期マクロ計量経済モデルでシミュレ

ーション計算を行った結果、162個の内生変数について2つの時系列で示される予測値とそれらに規定されるマクロ経済シナリオ領域を創出する事ができた。更に計算では、内生変数ばかりでなく外生変数を含めて分析の為にマクロ経済指標値を計算し、表の形で出力を得ている。

マクロ経済シナリオで最も重視される国民総支出のシナリオ領域をFig.6に示している。図には最近に発表された公的機関や著名な予測例も併せて示している。1H, 1Lの予測は少し古く1982年に於いてなされたものであり、⁷⁾3は未来の消費社会を強調したものである。⁸⁾2H, 2Lは1984年になされたものでありJAERIと同じくエネルギー研究機関が行ったものである。⁹⁾この機関の用いたモデルは公表されておらず、外生変数設定の説明もないので、この予測値の下半分に今回の予測値が入ったのは偶然ではあるが3.2に示した経済シナリオ創出の背景に同様の将来展望がある事を示唆している。国民最終需要の1980年から2030年に至るまでの10年毎の成長率はシナリオαで3.4, 2.9, 2.0, 1.5, 0.6%, シナリオβで2.7, 2.4, 1.3, 1.0, 0.4%であり成長率はいずれの場合も極端に大きすぎたり、小さすぎたりしていない。

Fig.7には我が国の2030年に至る総国民支出の内訳をそれぞれのシナリオについて示している。シナリオαに於ける特徴は近い将来、輸出-輸入が高い上昇を示しているが、2010年を境に減少を始める事であり、シナリオβは低い上昇であるが着実に増加している事である。シナリオαの2030年における輸出、輸入のGNEにおける割合は47.5%, 46.1%で非常な貿易国となっているのに対し、シナリオβでは39.2%, 25.7%でそれほど大きくなく、ここで得られたシナリオが前3.2章のシナリオ創出の背景にフィットしている事が判断される。シナリオαに於ける輸出、輸入の減少は直接にGNEの成長に影響を与えているが、一方で2010年以降も民間設備投資が増大している事も明らかな特徴の1つである。これは輸出の絶対額の増加と民間最終消費の拡大に対応したものであり、有効需要先導型のケインジアンタイプの経済の性格が現われていると考えられる。

シナリオβはそれぞれの構成項目に「ほどほどに長く成長を」という傾向が見られ、Fig.7に関して言えば、決して悲観的なものではない。政府投資、政府消費はシナリオα, βにおいて同様の傾向を示しており、大きな拡大も縮小もない事を示している。3.2で述べた政府の経済抑制政策が十分に反映されており、これらのシナリオの大きな前提条件となっている。

Fig.8には両シナリオで得られた国民所得面の推移を示している。シナリオαの成長パターンがどちらかと云えばケインジアンタイプであり、シナリオβの成長パターンは新古典派であると述べたがその性質はこの図に顕著に表われている。国民所得総額の成長においてシナリオαは2020年以降その成長に少しの陰げりが見えるものの順調に成長するのに対し、シナリオβは2015年近傍から低成長となり、2025年には成長が止まってしまう。雇用者所得にいたっては2010年でゼロ成長となる。構成比でみるとシナリオα, β共に雇用所得が減少し、民間企業所得が増大する。これは民間設備投資の減少に対応した企業の自衛策であると同時に、社会保障関連企業など第3次産業関連企業の発展を示唆している。個人企業余剰が増加しているのも同じ理由と考えられる。そして雇用者所得が激減していても、社会保障給付に8.0%以上の高成長率が維持されるので、国民の生活はそんなに圧迫されたものとならない。

そこで、国民の経済的な生活がどのようになるかを示したのがTable 3である。まず卸売物価指数はシナリオα, β共に大きくない。消費性向は極端に悪化して、華やかな消費社会はもう

出現しないだろうが、マネーサプライのバランスは2030年に至るまで平均3.3%の成長を示すから国民はがっちり貯蓄しており、2030年以降の資源制約社会へ充分に対応してゆく事が可能である。失業率も2030年で2.5%は少しも増加したとは云えない。ただ税金はシナリオ α で36%、シナリオ β で28%とかなりの重圧となっている。

以上、シナリオ α 、 β の意味する経済はいずれもガッチリ型の経済で21世紀を見通して十分に理性的な姿である。2030年と云えば、現在から50年あり、いわゆる戦中、戦前に生まれて戦争を知る世代はもうこの世にいない。石油ショックの話も昔話にも現われなくなって、資源節約や資源制約の経済に与える意味も薄れてくる事であろう。この様な時代にシナリオ β で概観してきたストイックな経済生活を国民合意の上で実施できるだろうか。国民の所得増大に策を持たない新古典学派の理論がそこまで支持されるであろうか。シナリオ α 、 β の1つの大きな疑問はこの点に存在する。しかし同時に、現在のこの苦節の50年を耐える事ができれば21世紀の中盤になって、高度福祉社会の出現と、新たな飛躍を約束する経済力が育くまれている事をこれらのシナリオは保証している。そして、この飛躍を実現する、すなわち、育くまれた経済力を有効に開花させる事ができるのが、技術の力である。エネルギーの面で考えると中期では、既存及び漸進的な技術、2030年の長期を目指して質的にも高い、いままでの経済理論のとり扱っていない可能性を誘導する革新的な技術の開発がなされなければならない。従って投資や消費を抑制する経済の中でも、又、短期の相乗効果は期待しえないとしても、長期の十分に管理された研究開発投資はなされるべきであろう。シナリオ β からシナリオ α への経済環境の緩和の方向は逆に技術開発速度の加速の必要を生む事と理解したい。

4. マクロ経済とエネルギー需給の接合

創出した我が国の長期経済シナリオに対応して、長期のマクロなエネルギー需給状態を予測し、トータルエネルギーシステムの構造分析や最適構成を求める計算解析の前提条件や境界条件を設定するために、長期エネルギーシナリオ創出を目的とした解析モデル、エネルギーシステムダイナミックスモデル(ENERGYSD)がある。このモデルは米国のDOEの為にE.E.A. Inc.によって開発されたエネルギー政策モデル“FOSSIL-2”¹⁰⁾を参考に1982年から開発してきたものであり、いわゆるエネルギー供給サイドのモデルと呼ばれる範ちゅうに属するものである⁵⁾。当モデルはSDモデル化技術を用いて日本のトータルエネルギーシステムに於けるお金とエネルギーの流れとストックの現実のバランスを記述する準非線形微分方程式を中心として構成したものであり3章の経済モデルと同様に記述形式(descriptive type)のモデルである。

モデルに投影される我が国のトータルエネルギーシステムはマクロ化してFig.9に示される構成となっている。図中の四角はエネルギーに関連する代表的な技術(又はエネルギー産業)を示し、記号C, R, I, Pはそれぞれ変換, 資源採掘, 輸入, 生産のカテゴリーを示しており、輸入も技術の1つと見なして扱い、式を導出している。隋円で示されるものはエネルギーの各種の形態での需要と供給の接点(インターフェイス)を示し、ここで需給のバランスが調整されると共に市場価格が設定される。四角と円を結ぶ線はエネルギー媒体の流れを示しており、全体でいわゆるエネルギーフロー線図が構成されて、エネルギーの各形態でのバランスがとられる事を示している。すなわち、図の右端は経済から求められる正味集中エネルギー最終需要を、ガス/石油/石炭/電気に分筆してそれぞれのエネルギー製品の最終需要を決め、より左側のエネルギー製品の需要へと分かれてゆく。図の左端はエネルギー国内資源と輸入を示しエネルギー製品供給の出発点であり、各種の技術を介してより右側のエネルギー製品の供給へ分筆してゆく。これらの接点が円で示される需給調整の場であり、現実のエネルギー市場はこれらの接点が混在して集合したものと考える事ができる。

従って、これらの接点毎に、次の右側の接点までの間に存在する技術を集めてFig.10に示されるように、エネルギー製品(媒体)とエネルギー技術(又は産業)の需給バランス/生産又は採掘/生産又は変換/財政/資源/輸入の各セクターを構成する。再びFig.9を参照すると、当モデルには19の接点が存在し、19の類似したこの基本構造を用いてエネルギーとお金の収支配分を行なう。基本構造は数学的に表現すると次の7個の微分方程式とお金とエネルギーのバランス式から成っている。

$$\frac{dR}{dt} = -R_{ex}, \quad (4-1)$$

$$\frac{dR_e}{dt} = R_a - R_x, \quad (4-2)$$

$$\frac{dR_{es}}{dt} = R_d - R_x - R_{dr}, \quad (4-3)$$

$$\frac{dG_a}{dt} = I_{nv} - A_{rt} - Vlos, \quad (4-4)$$

$$\frac{dP_a}{dt} = I_{nv}/C_r - P_{ar}, \quad (4-5)$$

$$\frac{dS_t}{dt} = Sinc - Sdec, \quad (4-6)$$

$$\frac{dI_{lc}}{dt} = I_{nc} - I_{fr} \quad (4-7)$$

ここで、 R は資源量を、 R_{ex} は資源の抽出率、 R_e は未確認資源量を、 R_a は未確認資源の推定追加量を、 R_x は再確認と延長評価を、 R_{es} は確認資源量を、 R_d は発見割合を、 R_{dr} は資源枯渇割合を、 G_a は総資産を、 I_{nv} は投資を、 A_{rt} は総資産の減耗を、 $Vlos$ はインフレによる価値損失を、 P_a は固定資産を、 C_r は固定資産補充率を、 P_{ar} は固定資産減耗を、 S_t はエネルギーストック量を、 $Sinc$ はストック増加量を、 $Sdec$ はストック減少量を、 I_{lc} は輸入の長期契約量を、 I_{nc} は新しい長期契約の成立量を、 I_{fr} は長期契約の終了割合を表わしている。

(4-1)~(4-3)式はエネルギー国内資源の挙動を表わし、(4-4)~(4-5)式は資源採掘、エネルギー生産、変換の技術又は産業の総資産と生産設備に直接関係する固定資産の挙動を表わしている。(4-6)式は生産と輸入による供給量と需要量の差が蓄積される可能性を考慮してエネルギーのStockの挙動を示すものである。(4-7)式はエネルギーの輸入が常時的であり、現実に長期契約輸入の挙動を示すものである。(4-1)~(4-6)式の右辺の変数はこれらの式だけでは不十分で、このままではこの連立微分方程式は解けない。これらの変数を出発点として現実のエネルギーやお金の流れと因果関係を記述して収支をとる収支式を追加する必要がある。これらの式を現実の社会の機能に沿ってまとめたのがFig.10に示す各セクター構成の概念図である。特定のエネルギー需要とこれに対応する供給の各接点毎に需給バランスセクターを約40本、財政セクターを約60本の式で表現し、この接点にエネルギーを供給する技術毎に、生産セクターとして資源からの抽出技術の場合は9本、変換技術の場合は12本の収支式で表わす。さらに、資源セクターを16本、輸入ストックセクターを25本の式で表現している。これらの収支式はフローの入出力収支を表わす式ばかりでなく、時間遅れ(1次~3次遅れ及びむだ時間遅れ)を表現する式や、非線形関係を表現するテーブル関数や、最大値最小値を選ぶ関数など、SD手法で表現しうる各種の関数を含んでいる。以下にこれらの収支関係を説明する。

Fig.9に於ける右端、すなわちそれぞれのエネルギー種の需要を合計した正味総需要はGNP値、エネルギー平均価格、エネルギーの平均アベイラビリティ及びそれぞれの弾性値の関数として決定する。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{エネルギー需要} &= \text{エネルギー需要初期値} \times f_g(\text{GNP}, \text{GNP弾性値}) \\ &\quad \times f_p(\text{エネルギー平均価格}, \text{価格弾性値}) \\ &\quad \times f_a(\text{需要/供給比率}, \text{需給平衡平滑期間}), \end{aligned} \quad (4-8)$$

から求める。ここで f_g 、 f_p は指数関数で f_a はスムーズ関数である。ガス、石油、石炭、電力の最終需要値を求める場合も(4-8)式と同様の構造であるが、エネルギー需要初期値が正味集中

型エネルギー需要値に置き代えて求めることになる。電力を例にとると、

$$\begin{aligned} \text{電力最終需要} &= \text{正味集中型エネルギー需要値} \times f_{ge} \text{ (GNP, GNP 電力乗数値)} \\ &\quad \times f_{pe} \text{ (電力平均価格, 価格乗数値)} \\ &\quad \times f_{ae} \text{ (電力需要 / 供給比率, 需給平衡平滑期間)}, \quad (4-9) \end{aligned}$$

で求める。ここで f_{ge} , f_{pe} , f_{ae} は関数を表わしている。計算は $t = t$ で Fig.9 の図の右端から左端へ進められ、この結果を十分に細かいタイムメッシュ Δt で $t = t + \Delta t$ にフィードバックして積分計算が進められ、ここに動的特性が反映される。すなわち、右端の各々のエネルギーの最終需要が求まると、より左側の需要と供給の接合点で、エネルギーとお金の収支、配分を Fig.10 の構造によって決める事となる。配分の原理は市場価格の競合であるが、産業構造や資源、輸入状況など市場以外の要素で決まるものについては制約条件やパラメータを外生変数として入力し、決定に配慮される機構となっている。

需給バランスセクターでは Fig.11 に示すように、国内生産量、輸入量から決まる供給量と需要量の比を求めて市場価格へ反映させる事、生産容量と輸入容量から求まる供給量と需要量から設備の利用率や新設の必要量を決定する事が中心となる。すなわち、需要が増大すると設備の利用、価格が増大し、供給を増やす。需要が減少すると設備の利用や価格が減少し、供給を低下させる。市場価格は正味の資産から減耗、金利分を求め、これに入力値の税や運転維持費、燃料費を加えて原価を求め、更に、利益やマージンを加える他、供給と需要のギャップから市場要素を加えて決定する。この価格メカニズムを Fig.12 に示している。Fig.12 の前半部分は資金源から各エネルギー技術への投資配分とその結果決定される総資産の算出メカニズムを示しており、この部分は財政セクターで扱っている。

財政セクターは Fig.13 に、そのメカニズムを示すように、各技術（又は産業）ごとに総需要量から必要な固定資産を算出し、現実の資産と比較して生産設備新設に必要な資金を算出する。各産業から算出された資金需要は、それぞれのエネルギー生産品のマージナルコスト（限界費用）を考慮して、logistic allocation function (Fig.12 の左端に示している。)を用いて配分する。配分された資金（投資）は固定資産となり、生産量を増加させる。原価、生産量、価格、負債、配当から余剰利益が求まり、外部資金を加えて、先程の資金源となる。

生産セクターは2つのタイプがある。すなわち、エネルギー抽出技術を扱う場合と、エネルギー変換技術を扱う場合に分かれる。前者の技術は大地からエネルギーを抽出する技術で石炭、原油、天然ガス、採掘などであり、後者の技術はエネルギーを他の有益な形のエネルギーに変換する技術で例えば発電や石炭液化、石炭ガス化、石油精製、等を含んでいる。Fig.19 は抽出技術を対象としたものであり右下部分に資源セクターの一部を含んでいるが、変換技術の場合は、この部分を持たない。生産セクターでは生産容量と各エネルギー技術の限界コストを計算する。エネルギー生産量は需給バランスの関数で短期では需給セクターで求められた設備利用率、長期では新設と古い設備の廃棄処分で調整される。限界コストは資本生産性と固定資産から資本コストを算出し、入力データである運転維持コストを加えて算出し、財政セクターにおいて投資の配分に用いられる。抽出技術の場合は資本生産性と生産率を介して資源セクターに接合しており、原油、石炭、天然ガスのような天然資源は埋蔵量のサイズ、技術の限界資源発見量や政策変数で生産を

制約するよう資源セクターから資本生産性を規定する機構となっている一方、固定資産から決まる生産量と需給バランスセクターで決められる生産率を資源セクターの資源枯渇割合へフィードバックする。

2章に述べたように、日本は大量のエネルギー資源を輸入しているので、エネルギー供給モデルではエネルギー輸入は重要な役割りを演じる。その上に、石油危機のような場合に、輸入状況やエネルギーストックの量を推定する事は重要な課題である。従って当モデルではエネルギー媒体の輸入とストックを扱うもう1つのセクターを持っている。Fig.15に示すように、輸入・在庫セクターでは需給バランスと並行して適正ストックの概念を導入している。同時に輸入も技術の1つと見なして輸入量を決定する為の資金を固定資産の概念で把えと共に、適正ストックから輸入機構の利用率を決定する。すなわち、スポット輸入の量は輸入量、ストック量、価格を調整した後に決定される。長期契約輸入 (Long Term Contact) 需給バランスセクターで得られた輸入の利用率と輸入の資産 (実際は輸入資金を指す) から長期将来の望ましい輸入量を定め、新しい契約を需要し、長期契約輸入量とストックのとり崩しから必要とされるスポット輸入需要を加えて総輸入量を算出する機構としている。

以上のエネルギーとお金の収支構造をFig.9に示した我が国のトータルエネルギーシステム構造に対応させた結果、約70本の微分方程式と約1500本の収支式から成る連立微分方程式モデルができ、これに初期値、パラメータ、テーブル関数値を設定して積分すると将来のマクロエネルギー需給状態が得られる。

当モデルは現在1965年から1982年に至るデータを装備しており1965年値を初期値として各種パラメータの調整を行った結果、1965年～1982年の内挿テストには充分満足のゆく結果が得られた。さらに、いくつかの長期エネルギー需給予測を試行錯誤的に行った結果、いずれも良好な結果が得られたので、当システム解析研究に適用する事とした次第である。

5. マクロエネルギーシナリオの創出

5.1 外生変数設定とその背景

前章で述べたように、当研究に於けるマクロ経済シナリオとマクロエネルギーシナリオの接点はエネルギー需要（消費）に対するG N P値及び弾性値、エネルギー価格及び価格弾性値を介したものである。すなわちマクロエネルギーシナリオ領域の創出は構造変化を内包してマクロな観点で行うので、まず第一にこの観点で最近のエネルギー情勢を概観してみる。

Table 4 には最近10年のエネルギー需要弾性値とその平均伸び率を文献11)から引用して示しており、Fig.16には我が国の長期のG N Pあたりエネルギー消費量とG N Pを文献12)から引用して示している。まずTable 4の値からはG N P弾性値が短期の値に於いては非常に不規則な変化を示しており、3.1章に述べた経済情勢と対比すると経済の転換期などには余り正確な指標とならぬ事を示している。そこでより長期の観点でFig.16の値をマクロ経済の情勢と対応させると消費量の上昇には1905年～1920年、1930年代、1960年代のように何回かのうねりが存在し、これが日本経済の加速期に対応している事が明白に視察できる。すなわち、エネルギー消費が上昇している時は経済も著るしく成長しており、弾性値は1.0以上の値を示し、逆に下降している時は1.0以下の値を取っており、上昇、下降の期間で見た弾性値は経済の成長加速、減速と有意の関係がある事を見出すことができる。そして、G N P弾性値とエネルギー消費量の相関関係に関する研究は石油ショック後も続けられ、Fig.16に示すような、我が国の長期のデータでは有意の関係が証明されている。^{12),13)}そこで、ここで意図するようなマクロ経済とマクロエネルギーの接合を長期にわたって行うにあたっては、前章から述べてきた方法の妥当性が確認できるのであるが、ここでは、将来の予測を行うにあたって、まず、これらの観点に立って現状の把握をする。

Table 5 には、最近20年の我が国のエネルギー消費構成をFig.17にはG N P当りエネルギー消費量を1970年値で正規化して示している。（いずれもエネルギー経済研究所エネルギーバランス表統計値から算出したものである。）これらの図表の値を3.1章に述べた経済情勢と対比すると次の事が考察される。

a) 戦後の日本経済が重化学工業を中心とする工業化によって急成長したが、これはエネルギー消費に明確に反映されており、1970年に至るまで鉄鋼、化学、窯業、非鉄金属、紙パルプ、等のエネルギー多消費産業の需要ウエイトが高く、日本の高度成長がこうした素材産業を基盤になされてきた事を示している。

b) 欧米のエネルギー消費形態と比較してよく云われるのは、欧米はモータリゼーションの進展（米国）や、家庭暖房（西欧）など、最終需要面でのウエイトが高いのに対して、我が国の場合は生産構造にエネルギー消費のウエイトが高い事を示している。従って、民生における消費構造の変革よりも、産業構造の変革の方がエネルギー需要へのインパクトが大きい性質を示している。

c) 1970年以前と以後を比較するとTable 5からは1970年を境にして製造業を中心とする産業部門のエネルギー消費構成が減少し、民生、運輸、交通部門の割合が高くなっている。

d) Fig.17の特徴は石油ショックを境に明らかに全てのGNP当たりエネルギー消費量が減少している事と産業部門の消費量はこの図に於いても1970年以降減少していることである。このc),d)項を経済情勢と対比すると、3.1章のd),e)項の考察に符号する。すなわち日本の重化学工業中心の産業は石油ショックに融発されたのではなく、1970年前後に体質改善に入り過剰な設備投資よりも構造変化を始めていた事を裏付けている。そして石油ショックを経て造船や鉄鋼といった重工業よりも食品、機械といった比較的エネルギー少消費産業への体質改善が徹底されると共に省エネの大きな努力が払われてきた事が考察される。1960年代前半に造船王国と云われた日本が現在は自動車と電子機器を輸出の主産業としている点からもこの事は明白である。

e) 民生に於けるエネルギー消費は石油ショックに至って始めて省エネを始めている。これは経済面でみると3.1章のg)項に対応していると考え事ができる。

次に、3.3章で創出した経済シナリオからエネルギー需要を概観してみると3.3章で述べた経済シナリオは成長が低く、 α 、 β いずれのケースにおいても消費及び投資の急激な拡大はなかった。そして産業構造もエネルギー少消費型への転換や省エネルギー努力、代替エネルギー開発努力は続けられるもののエネルギー多消費産業へのUターンや民生に於けるエネルギー多消費化の傾向はどこにも見受けられなかった。従って2000年以降、急激な技術進歩があったとしてもエネルギー少消費型産業のわく内で生じるものと仮定して差しつかえないだろう。ここに長期のエネルギー需要予測を行うにあたってのGNP弾性値としては基準年価格等の調整を行った結果、基準ケースに於いてオイルショック以前を1.2とし、オイルショック後を0.8とし、将来値については1.1~0.5の範囲で感度解析を行う事とした。価格弾性値においても同様の検討を行った結果基準値として-0.12を採用し、-0.11~0.16の間で感度解析を行う事とした。これらの設定はいずれも将来の経済が現在の抑制経済の性格を維持するとした経済シナリオ結果を前提としたものである。

次にエネルギー種別ごとの供給と需要の最近の状況を考察する。Fig.18は1965年から1984年の我が国のエネルギー供給/需要を示したもので、上図は一次エネルギー供給を石油、石炭、ガス、電気の4種のエネルギー種に分けて示している。ここで石油は原油と石油製品の一次供給合計量を、石炭は原料炭、一般炭、無煙炭、豆炭の合計を、ガスは天然ガス、LNG、炭鉱抜きガスの一次供給量を、電力は水力発電、原子力発電、地熱発電の一次エネルギー供給量である。Fig.18の下図は同年の最終エネルギー消費のエネルギー種内訳を石油、石炭、ガス、電気で示しており、石油は石油製品、石炭は供給の石炭にコークス、練豆炭、薪、木炭を加えたもの、ガスは供給に都市ガス、コークス炉ガス、高炉ガスを加えている。電力は最終エネルギー消費端の合計値を示している。供給面での特徴は

1) 1955年では76.0%であった国産比率が流体エネルギー革命と安価な原油輸入、国内資源の枯渇から1975年には12.0%にまで下がり、最近、原子力の成長と共に1983年には16.7%に上昇していること。

2) 1965年以降ガス供給の占める割合が多くなり1965年当時、石炭系ガスと石油系ガスが約半分づつで占めていたガス生産が1980年に於いては石炭系ガス、石油系ガス、天然ガスの構

成比がそれぞれ約11,39,50%となってきたこと。

3) 石炭の内訳は1965年当時一般炭と原料炭の比が約53:47であったが、1984年には26:74と原料炭の比重が増している事である。

次に、以上の考察を将来のシナリオ創出へ反映する観点で検討する。まず、ENERGYSDに於ける供給面でのエネルギー種構成は解として求まって来るものであり、構成に関する基本的な外生変数の設定は少なく、1965年における初期値の設定のみである。消費面でのエネルギー種構成の特徴は石油、石炭、ガス、電気の比が石油危機をはさんで1970年には約61:13:13:13であったのが、1984年には約51:15:15:19となっており石油の減少分が電気に多く負担をかけている。これは原子力の成長が大きく、電力生産において石油減少分を越えた事と自動車や電子機器といった電力使用産業の成長が原因と考えられる。

エネルギー種別の最終需要はENERGYSDでは4章の(4-9)式に示すように、より正確度を期して過去のそれぞれのGNPあたり、価格あたりのエネルギー消費量を変数とする関数で求めている。Fig.19には1965年～1980年の各エネルギー種の全エネルギー消費に対する割合の実績値をGNP乗数に対して示すと共に、将来値として設定した値の範囲を点線で示している。横軸には経済シナリオ α 、 β が達成する年度も併せて示している。石油の2つのピークは1972年と1978年であり、いずれもオイルショックの前年である。二度の石油ショックを経て1980年には石油シェアは確実に減少している。将来に対しては産業に於ける石油ばなれが、今後確実に浸透するとみて図の様な下降線を設定し、感度解析の範囲とした。石油ショックの他のエネルギー種に与える影響は、この図における限り石炭に於いて顕著であり、将来もこの傾向を持つと仮定した。

石油、石炭、ガス、電気それぞれの消費割合の比を価格の比(それぞれ1975年値に対する比)で示しているのがFig.20である。前のFig.19に於いて石油ショックの影響を直接に示す石油、石炭はこの図においても1975年を境として異った状況を明示している。すなわち、石油と石炭においては1975年以前と以後の2つの曲線を持っている。1975年以前の石炭は少し価格が上昇するだけで、極端にshareを低下させた。1975年以降の石炭は1980年までは価格が安くなっているにもかかわらず、そのshareは低迷している。石油の場合は1975年以前と以降で価格は大きく異なるにもかかわらず、その割合の比は余り変化していない。変化量は59.3%から53.0%へと約6%であり、これは全エネルギー消費量の10%に相当する。これに対し、ガスと電気は価格の上昇に対し、割合の比は確実に低下している。ここでの価格は当章の前半部で内訳けを示したそれぞれのエネルギー種ごとのエネルギー媒体(最終消費の項で示したもの)の最終消費価格を消費量の重み平均したものであり、1965年から1980年の値をFig.21に示している。

供給側のエネルギー価格は4章に於けるモデル説明で述べたように、輸入エネルギー価格が重要な外生変数の1つである。Fig.22は原油、LNG、石油製品、LPG、一般炭、原料炭の1965年から1980年の輸入実績価格(1975年度円表示)とそれぞれの2030年に至る価格シナリオ設定値を示している。過去の実績値から将来の設定値への主たる特徴は、

1) LPG価格は1970年では石油製品価格より高かったが、常に少し安いので将来においては石油製品価格と同じに推移するとした。

2) 1980年以降原料炭は一般炭より安くなっているが、これは最近の原料炭の市場でのだぶ

つきを反映していると考え、基本的な性格を考慮して1990年以降では少し高めで推移するとした。

3) 将来の高価格シナリオの場合、石油系及びLNGは40年間にわたり平均2.5%/年の増加率とし、低価格及び石炭系のシナリオは約1.5%/年と設定した。

以上に、ENERGYSDモデルの主たる外生変数の設定に関連して、1965年以降最近に至るエネルギー情勢をマクロな観点から概観すると共に、2030年に至る設定値を示した。ENERGYSDの外生変数については以上の他にイ) 全ての変数についての初期値の設定、ロ) 需給バランスと生産調整率、配当率、資金状況、成長率、資金投下率、価格限度、資本投下率、資本費、建中金利、運転維持費等のテーブル関数が全ての技術にわたって必要なほか、資源セクターでは資源枯渇率や最低生産率、輸入セクターで輸入制限などのテーブル関数が必要である⁵⁾。

5.2 マクロエネルギーシナリオ

前章に述べたように、ENERGYSDモデルによりシナリオ創出するにあたっては多くの外生変数の設定を必要としており、多くの感度解析が可能である。しかし、これらの感度解析を進めるとエネルギーシステムの詳細な構造分析に立ち入ってしまう、マクロなエネルギーシナリオの創出という本来の目的から離れてしまう事となる。従って、当報告書では経済シナリオ α 、 β に対応し、多くの外生変数やパラメータの設定には現時点の我が国で標準と考えられている値を設定し、特に将来に於いてエネルギーシステムを構成する要素技術の特性の向上や経済性の向上を大巾に考慮しない計算例を基準ケースとして抽出して報告する。

エネルギーシナリオ α 、 β のGNP成長率は経済モデルの出力値であるシナリオ α 、 β に対応して設定している。また、ここで述べる例では前章で述べた輸入エネルギー価格シナリオとしていずれも高価格シナリオのケースを採用している。全ての計算は1965年を出発点とし、1965年度の初期値を設定して計算を行う一方、Projectionの出発点は経済シナリオ計算に於けると同様1980年としている。すなわち、外生変数の設定にあたって1965年～1980年は統計実績データを、1980年以降は経済シナリオから得られた値や、将来の予測、推計値を設定している。こうする事によって1965年～1980年の計算結果を計算ケース毎にチェックでき、過去の実績データと照合する事によってシナリオ創出の誤まりを防ぐばかりでなく、現在から将来への連続性のチェックができるほか、極端なパラメータの設定や外生変数の設定の誤まりを正すことが可能である。

Fig.23は実現GNP及び一次エネルギー供給、最終エネルギー需要及び前章で定義したエネルギー種毎の供給量のprojectionを示しており、ENERGYSDの計算結果の中で、基準ケースに対応したものである。右欄に示す α 、 β は、それぞれが経済シナリオ α 、 β に対応する事を示している。この図でGNP値とあるのは経済シナリオで求めたGNP成長率を外生変数として入力した後、エネルギーの平均価格の変動の効果を価格弾性値を用いて計算して得られた実現GNPと呼ばれるものである。3章で得られた経済シナリオの値と比較するとエネルギーシナリオにおける実現GNPと経済シナリオにおけるGNPの比の2000年～2030年における平均値はシナリオ α で1.05、シナリオ β で1.07であり、いずれのケースも設定した値よりも少し大きいGNPを目標と

したエネルギーシナリオが得られた事になる。次に1965年～1980年値をチェックしてみる。供給量の1965年～1980年値を5.1章のFig.18と比較してみると、シナリオではピークが1974年にあり、実績では1973年であるから1年のずれを出しているが、これは石油ショック時の価格平定時間が1年長すぎた結果であり、大きな差異でない。一方、総量においては満足すべき値を得ているとみなしうるのではないだろうか。さらに1980年～1985年値については、実現GNPがほんの少し高い分だけ供給量も少しづつ高くなっている。総需要量についてはFig.18との比較から良いフィットネスを示している事が判かる。1980年の供給のエネルギー構成は石炭が少し多い目に出ており、ガスが少し少な目に出ているようだ。少し調整の必要はあるが、足元合わせは満足できるものと判断して、次に将来のProjectionに目を向けてみよう。1980年から2030年に至るGNPの伸びがシナリオ α で年平均2.7%、 β で1.7%に対し、エネルギー供給の伸びはそれぞれ1.1%、0.8%できわめて低い。シナリオ領域の占める割合もGNPで約21%が、エネルギー供給では約14%である。この事はGNP当りのエネルギー供給量が少なくて良い事を示している。そこでGNP当りのエネルギー需要量を2030年値/1980年値で比較してみるとケース α で0.55、ケース β で0.60である。この様な値がとれるのであろうか、過去での値を調べてみると5.1章のFig.17にこの値がプロットされている。この図によると1970年の値と1984年の値の比が0.65であり到達不可能な値ではないが、かなり厳しい値である。すなわち1970年から1984年迄に行ってきたエネルギー節約と省エネルギーの努力及びエネルギー多消費産業からエネルギー少消費産業への産業構造変換をもう少し押し進めなければならない。或いはエネルギー生産、変換、消費に於けるエネルギー効率の向上を計らなければならない事を示している。

次に、エネルギー種毎の供給値を考察する。石油需要に於けるGNP乗数の下降設定にもかかわらず、石油供給の減少が少ない(すなわち構成比にして1984年の57%から2030年のケース α で約30%、ケース β で約32%)のは、高価格シナリオと云えども年2.5%の上昇では、まだ石油が電気、ガスに比して安い事によるものである。しかし、石炭はさらに安く、石炭需要における価格乗数の上昇設定が低いにもかかわらず、構成比においては大巾に上昇している。但し次図の最終消費のProjectionを見ると大半がガスや電気等転換用需要にまわっているものと思われる。

一次供給に於ける電力は水力、原子力、地熱だけを扱っており、1984年に於いて約13.5%であるが、2030年で19.3%(ケース α)、18.4%(ケース β)である。電力の構成比については各種の定義があるので、最終エネルギー需要電力分から効率を仮定し、一次エネルギー換算して一次エネルギー供給での構成を求めると1984年に於いては約32%であり、2030年で約48%(シナリオ α)、約46%(シナリオ β)である。水力、原子力、地熱だけの場合の高い構成比は、水力、地熱の昇びがほとんどないので原子力の成長を示しているとみて差しつかえないだろう。ガスは1984年13%であるが、2030年で α 、 β 両ケース共約9%に減少している。これはガス消費量のGNP乗数が電気と同程度の上昇値にセットしたにもかかわらず、輸入エネルギー価格を高く設定していること、価格乗数を石炭よりかなり低く設定している事が影響している。

Fig.24は最終エネルギー需要の合計と最終エネルギー種ごとのprojectionを示している、それぞれのprojectionはFig.23のそれぞれのケースに対応している。1965年～1980年の実績データを比較してみる。最終エネルギー消費合計値は1979年のピーク値が少し低いのを除いて概む

ね満足できる結果を示している。1980年以降の値が少し高くなっているのは実現GNPの値が少し高いことによるものであろう。石油、石炭、ガス、電力の構成比は1970年で約59,13,14,14%で5.1章での値と良い一致を示していると云えよう。しかし、1984年にはそれぞれ約51,16,21,21%となり実績値からガス、電力に僅かの差が出ている。すなわち、電力に於いて2%高く評価され、ガスに於いて2%低く計算されている。2030年に於ける構成について考察すると、石油、石炭、ガス、電気の構成はケース α において約28,25,16,31%、ケース β において約28,26,15,31%であり、両ケースともほぼ同じ構成である。

以上に示したエネルギーシナリオは経済シナリオがそうであったように、かなり低需要、省資源、省エネ型のものである。しかし高価格シナリオとは云え、石油の供給が中盤の1990年～2020年に於いて比較的大きなシェアを持っている点や、2030年に於ける電力シェアが比較的大きな値を持っている点が少し甘い点であるようにも思える。公表されている他の機関の予測例⁹⁾と比較するとそれでも相当に厳しい予測となっているようだ。

4章のENERGYSDモデルに関する説明で述べたように、このモデルからは多くのエネルギー指標について出力がある。例えば、エネルギー産業の将来の資産状況や資金割り付け状況、設備稼働状況、エネルギー市場価格などがある。上に述べてきたシナリオ α 、 β に対しても、これら全ての計算結果を得ているが、現在は未だ発表の段階に無いと考えている。この章の最初に述べたように詳細な指標値については現在進めている感度解析を十分に終えた後に、最終的に基準値も選択、決定されるべきであると考えている。すなわち、現在までの感度解析の結果を見るとエネルギーの需要・供給値は大きな変化巾を持っていないが、他の出力、例えば資金、資産、稼働率、市場価格は互に相関を持っていて関連する外生変数設定値のほんの僅かの変化で大きく変動するからである。この変動は経済シナリオ α 、 β の設定による変動よりも時として大きく、感度解析の範囲を間違っていると得られた結果の意味が判断できぬ場合も生じるという経験をしてきた。この様な状況なので、多くのパラメータによる感度解析結果、およびこれらのパラメータの感度の大きく左右した結果については、充分なる整理、分析を行ったのち、別稿で報告する。ここに示したエネルギーの需要供給のprojectionについてはパラメータ感度の影響は少なく、今後の感度解析の結果を考慮しても、当基準ケースで示したシナリオ領域が余り変化しないであろう事がいままでの感度解析の結果に示されている事をことわって、公表した次第である。

6. 結 論

原研に於ける「高温核熱の役割りと核熱のプロセスヒート利用」に係わるシステムズ分析研究の一環として行った我が国の2030年に至るマクロ経済シナリオとマクロエネルギー需給シナリオの創出について、解析モデルである長期マクロ計量経済モデルとエネルギーシステムダイナミックスモデルの説明、経済/エネルギーシナリオ創出の為の将来のとらえ方と外生変数設定の説明、解析結果の経済/エネルギーシナリオについて報告した。創出した経済シナリオはいずれも低成長型であり、この為エネルギーの需給シナリオも石油ショック以前に発表された数多くの高成長型のものに比べると極端とも思える程に低予測のシナリオである。かつてはエネルギー開発の分野に属する人々は研究開発促進の為により高い成長を予測しがちであった。しかし現代はもうそのような時代ではない。低成長で保守化傾向をもつエネルギーシステムに充分に打勝つ魅力あるエネルギー技術、又はエネルギーシステムの開発を目指さなければならない。21世紀の中盤の社会に充分にベネフィットする技術開発をしてこそ意味がある。従って低成長のシナリオ創出は技術開発者への意地悪ではなくて、技術開発の必須の条件であると考えている。

もっとも、ここに示したシナリオ創出の用具である長期マクロ計量経済モデル、エネルギーシステムダイナミックスモデルはまだ開発、改良の余地のあるもので、ここまで読んでこられた読者は多くのコメントを持たれている事と思われる。筆者自身も現在いくつかの開発課題を抱えており、モデルの改良中である。例えば、LTMEMOの場合には、より詳細なシナリオ創出と経済均衡に産業構造面からの不備や誤りを犯さぬ為に多部門化を計ると共に、将来の我が国の経済における輸出入部門の重要性を考慮して国際収支部門の精緻化を試みている。エネルギー需給シナリオを作成するENERGYSDの場合は、熱の最終需要系列を設けて現在テストランを実施中である。そしてエネルギー需給シナリオの場合は特に、5.1章に述べたように、エネルギー弾性値を用いる弱点を補う方法を開発中である^{3), 15)}。

しかし経済シナリオが一度設定されるとエネルギー需給シナリオは石油ショックのような危機でも発生せぬ限りそんなに大きな自由度でもって創出するものではない。原材料・中間材を含む総生産高で見た場合でも、エネルギーの経済に示める割合は約4.4%である。1973年の石油ショック後の経済への生産を通じての直接の効果は1974年で約10%に及ぶと推定され、時間で積分すると多大のものがあると考えられるが、これはエネルギー領域に於ける石油ショックのような大きな変動が経済に与える影響であって、経済の変動がエネルギーに与える影響ではない。

従って、エネルギーシナリオの自由度が大きい事は、経済シナリオが充分に分析されていない事を意味するので、エネルギー需給モデルの改良、開発もさることながらシナリオ創出に於いては経済モデルとそのシミュレーションスタディを充分に行う事に意味があると考えられる。

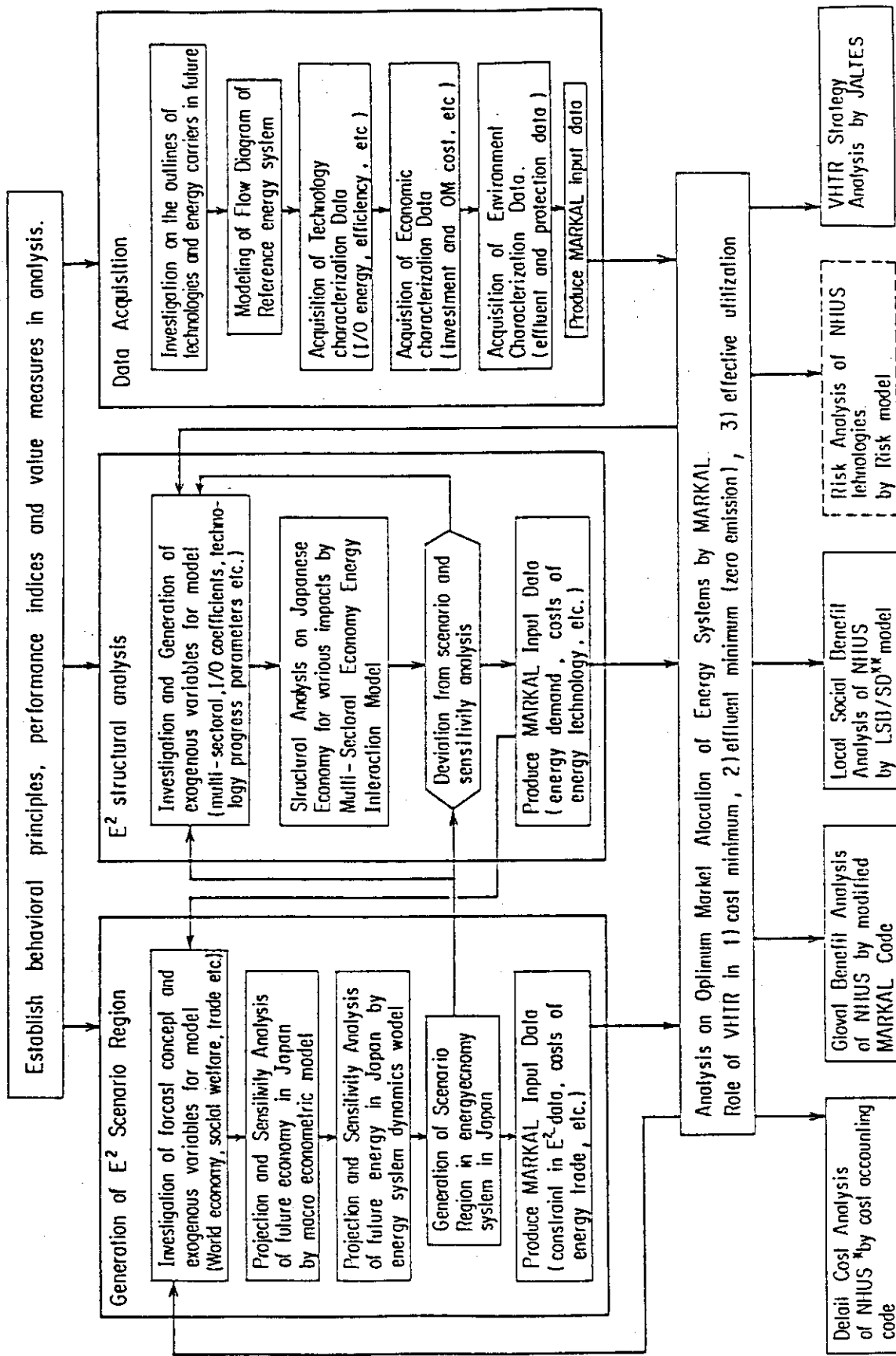
3章で創出した経済シナリオは単に最低成長、限界成長を求めたのではなく日本経済の最近の体質を充分に分析した上で、これなら21世紀中盤を目指して堅実で夢のある、そして実現可能なものであると経済的な行動の提案を込めて作成したつもりである。そして3章に述べたように、技術開発と、もう一つ重要なのは我が国に於ける企業、国民、行政の充分なる合意の程度がシナ

リオ α とシナリオ β の領域を作り出していると言っても過言ではない。企業倫理に片寄らず、雇用者所得向上に片寄らず、行政改革は常に行って政府の拡大は求めず、勤勉で貯蓄を励行し、消費は必要最低限で耐用年数の長い、1つ1つに原材料としても、又付加価値の上からも価値の高い消費材の生産と購入を行ない、老人、子供など弱者を大切に充分な社会保障を行なう社会、高齢者でも健康であれば若者を助けて働き、若者は驕る事なく技術革新に頭脳を提供する。高度の社会保障は老人や弱者のみにあらず、現在の働きバチのような労働条件を改善し、創意工夫に充分な時間の取れる生活、輸出は安価で多量にではなくて、真に技術的価値、付加価値の多いものを精選する経済が指向されなければならない。

この様な東洋的倫理観にあふれた国が出現し、社会福祉面や技術の開発面での投資や消費が経済の成長に結びつき、貿易面で多少の輸出超となったとしても、真に技術的価値のあるものを供給する国に、貿易まさつの批判の矢は向けられるだろうか。

最後に当研究の今後の予定と進め方についてふれておく。1章に示したように、ここに示したシナリオに沿って、経済・エネルギーの構造分析が進められる予定である。そして、これらの解析結果はLTMEMO, ENERGYSD の再計算を含めてシナリオ領域内に存在するか否かの検討を行う。万が一に逸脱するものが出てきた場合にも、シナリオ領域の自由度を分析して新たな経済的意味を持った経済シナリオ提案の余地は充分に残している。

もう1つの課題は、危機シナリオの分析である。長期の将来に対していくつかの政治的、外交的、或いは石油ショックのようなエネルギー供給の危機を仮定したシミュレーションスタディを実施する事により、経済、エネルギーのシナリオの安定余裕に関する分析を行ない、この観点からも将来の代替エネルギー技術の役割り分析が可能と考える。又、役割り分析結果のRoboustnessを充分に吟味する為にも極端なシナリオの設定を含めた感度解析を充分に行う予定である。



* NHUS — Nuclear Heat Utilization Systems

** LSB/SD — Local Social Benefit / System Dynamics Model

Fig. 1 Breakdown of study procedures. (especially related to the task (1), (2), and (3))

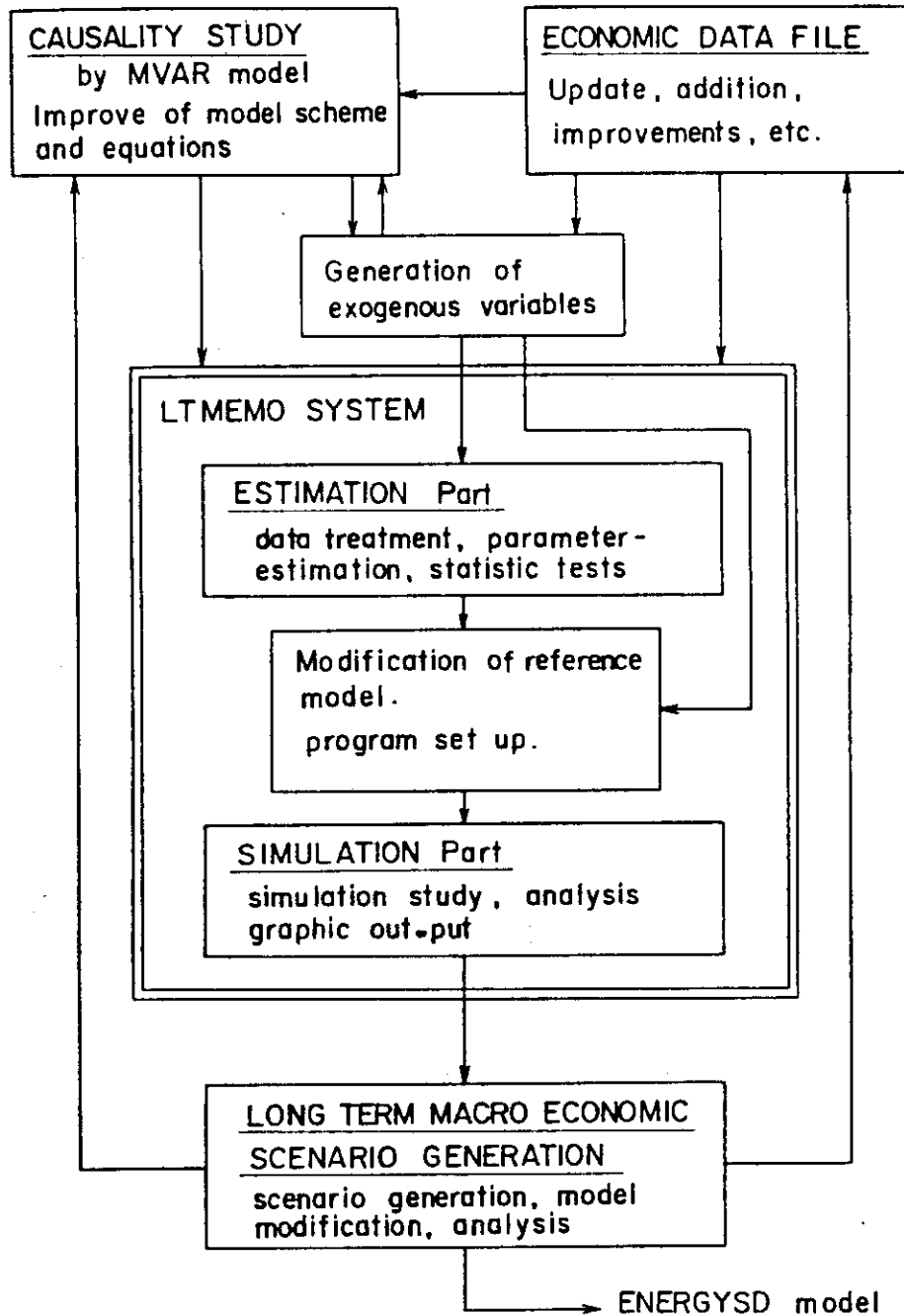


Fig. 2 Flow and Schemes of Long-Term-Macro-Econometric Model (LTMEMO) System

Table 1 Comparison of Model Concept by Statistical Descriptions

Keynsian Concept	Neo - Classical Concept	This Model Concept
$C = C(X)$	$C = C(I)$ or $C = \bar{C}$	$C = C(x, w)$
$I = I(x, r)$	$I = I(i)$	$I = I(x, i, w)$
$I(r) + G = S(x), v = i + ig$	$I(i) + G = S(x, i)$	$I + G = S(x, I, w, i)$
$\frac{M}{P} = M(x, i)$	$MV = PX$ or $\frac{M}{P} = M(x, i)$	$\frac{M}{P} = M(x, i)$
$C + I + G = X$	$X = X(N, K, \uparrow)$	$C + I + G = X$
$X = x(l^p, K, \uparrow)$	$F(N^p) = \frac{\partial X}{\partial N} = \frac{W}{P}$	$Xp = X(l, K, \uparrow)$
$\frac{\partial X}{\partial I} = \frac{W}{P}$ or $P = \frac{W}{\partial X / \partial I}$	$Ns = N(\frac{W}{P})$	$\frac{\partial X}{\partial l} = \frac{W}{P}$ or $P = \frac{W}{\partial X / \partial l}$
$U = L - l, W = \bar{W}_0$		$U = L - l$ $W = W(U, P, J)$ $J = Xp / X$

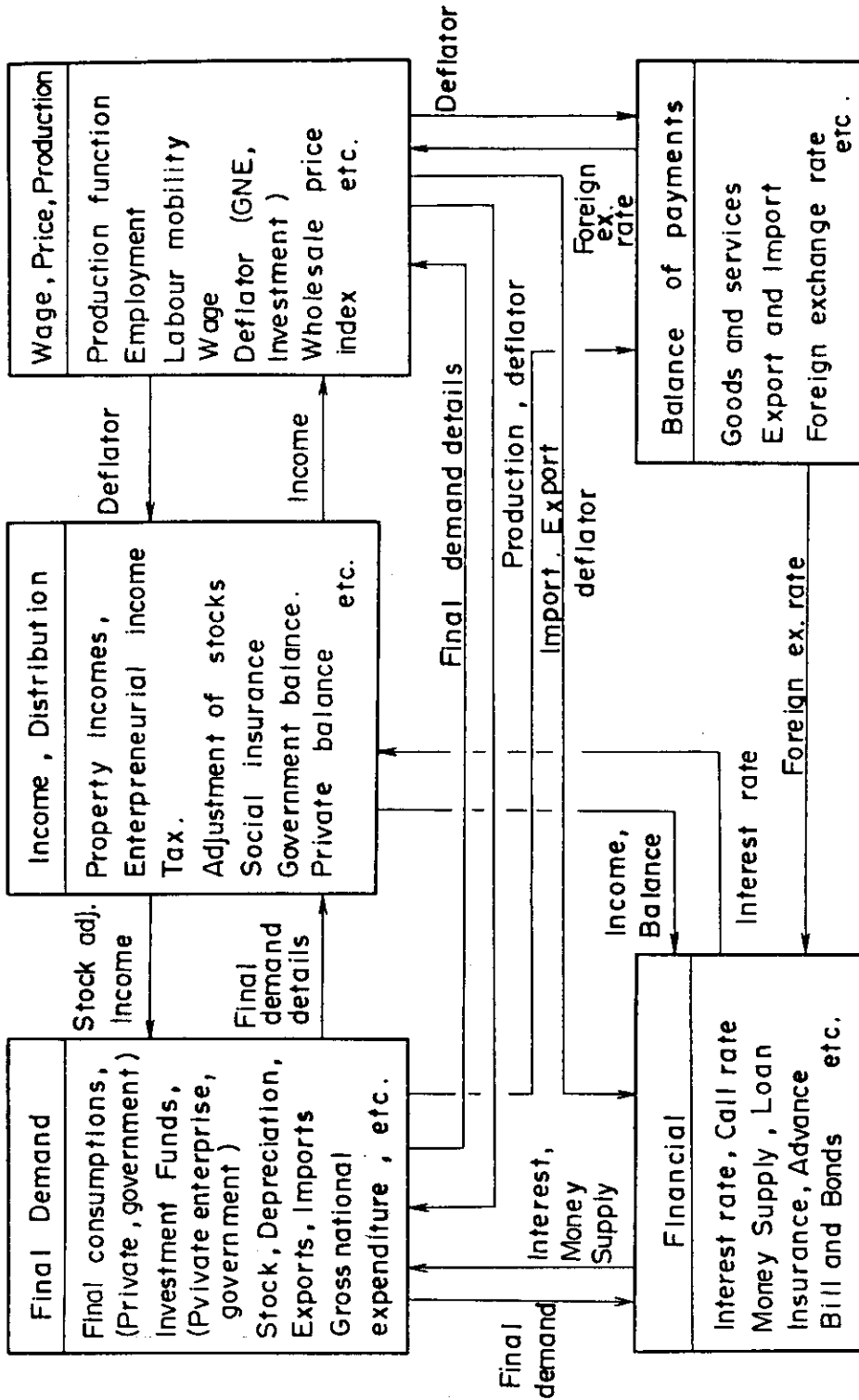
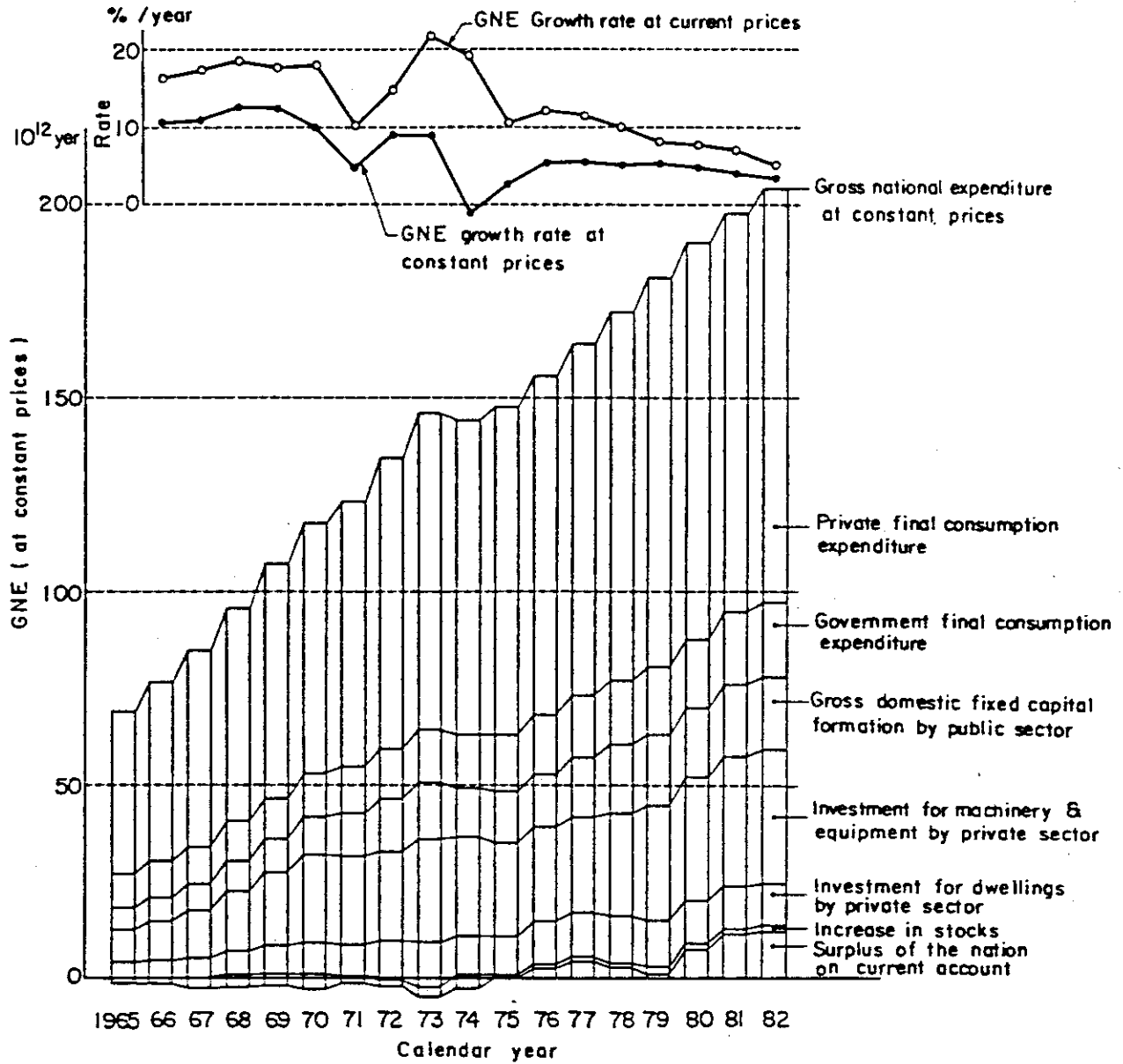


Fig. 3 Schematic Diagram of LTMEMO

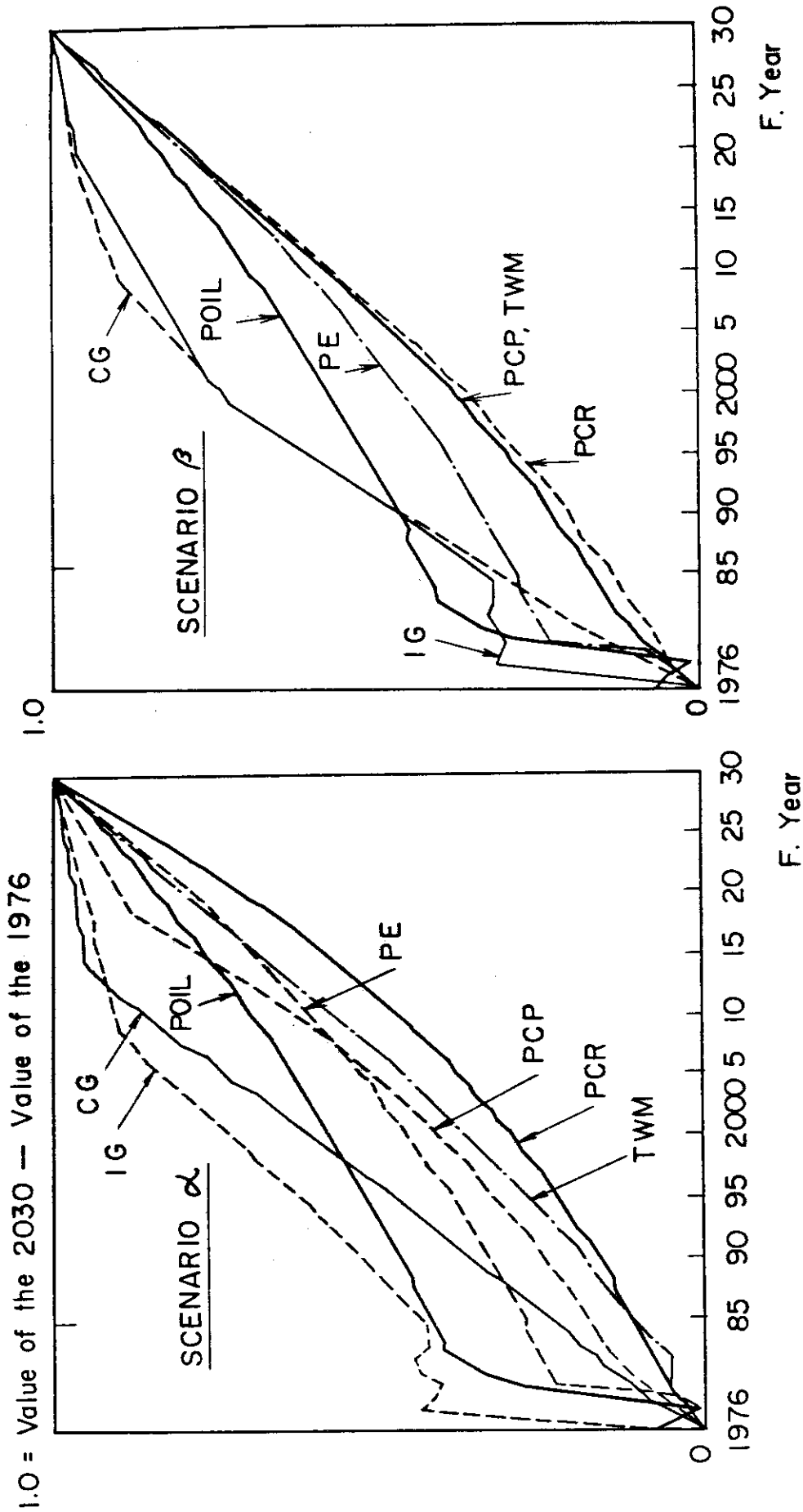


(Source : Economic Planning Agency
 data are based on the system of national accounts)

Fig. 4 Gross National Expenditure at Constant Prices and Its Growth Rate (Base Year : C.Y. of 1975)

Table 2 Setting Value for Main Exogeneous Variables

Variables	Case Year	Scenario α			Scenario β					
		1980	1990	2000	2010	2030	1990	2000	2010	2030
World	World Import	992 (10 ⁹ B)	1445	2024	2700	4149	1299	1584	1931	2777
	Industry Products Price Index	159 (1975=100)	194	260	350	632	191	252	326	512
	Consumption Deflator in USA	183 (1975=100)	310	505	822	2181	271	364	489	883
Social	Labour Population	5671 (10 ⁴ man)	6629	7267	8297	10533	6486	6994	7790	9528
	Social Security	25 (10 ¹² Yen)	52	118	267	1363	52	118	267	1363
	Public Fee Index	103 (1975=100)	144	194	260	379	144	194	257	391
Government	Government Investment	18 (10 ¹² Yen)	19	21	23	24	20	24	26	28
	Government Consumption	18 (10 ¹² Yen)	24	29	35	39	24	29	32	34
	Rice Price Index at Consumer	101 (1975=100)	140	189	253	458	140	189	250	381



(CG; government consumption expenditure, IG; investment funds of government, POIL; price of import crude oil, PE; average energy price, PCP; price index of rice, PCR; price index of public fee, TWM; world trade import)

Fig. 5 Growth Tendency of Main Exogenous Values

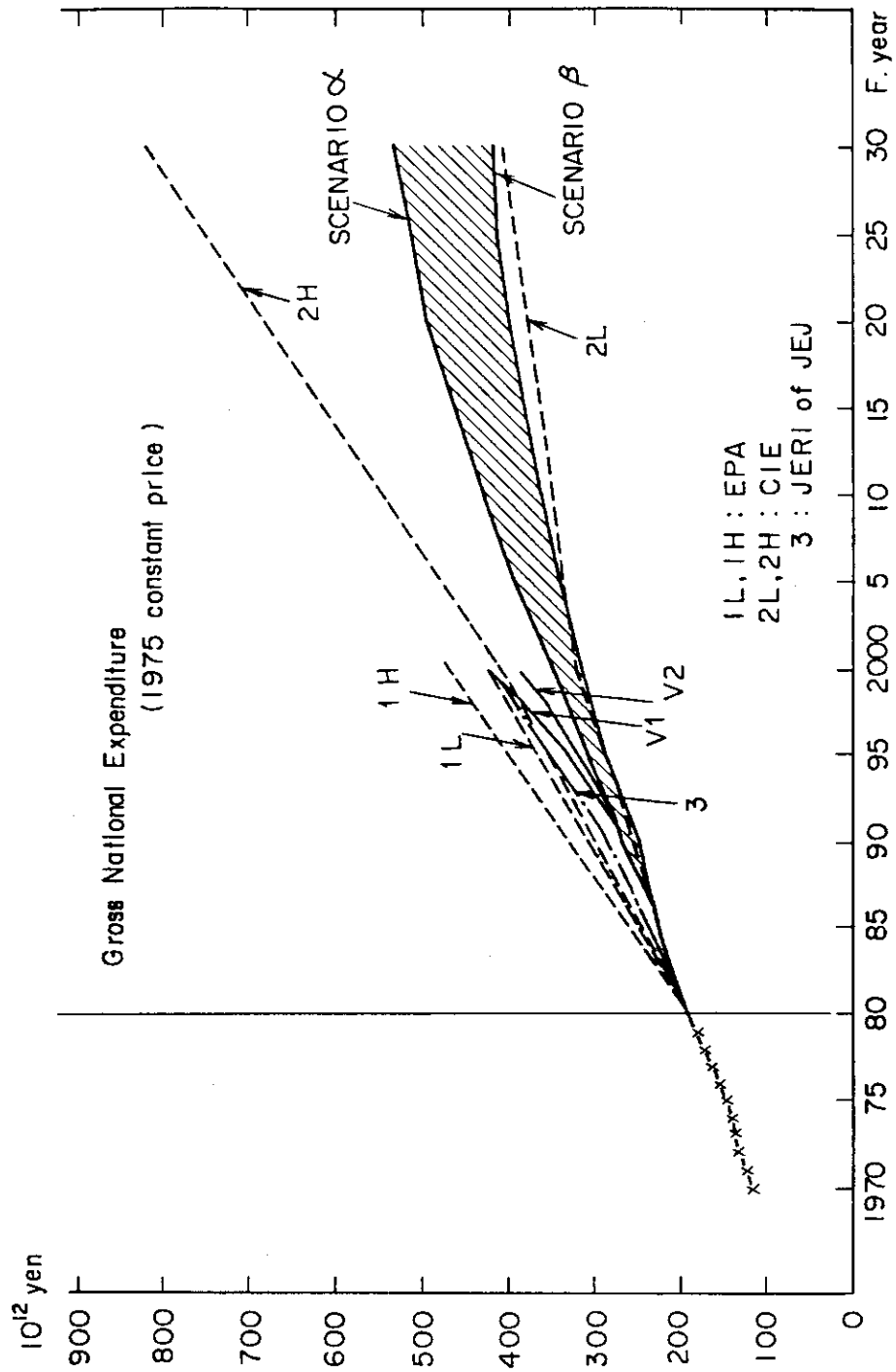


Fig. 6 GNE (Gross National Expenditure Scenarios Through 2030

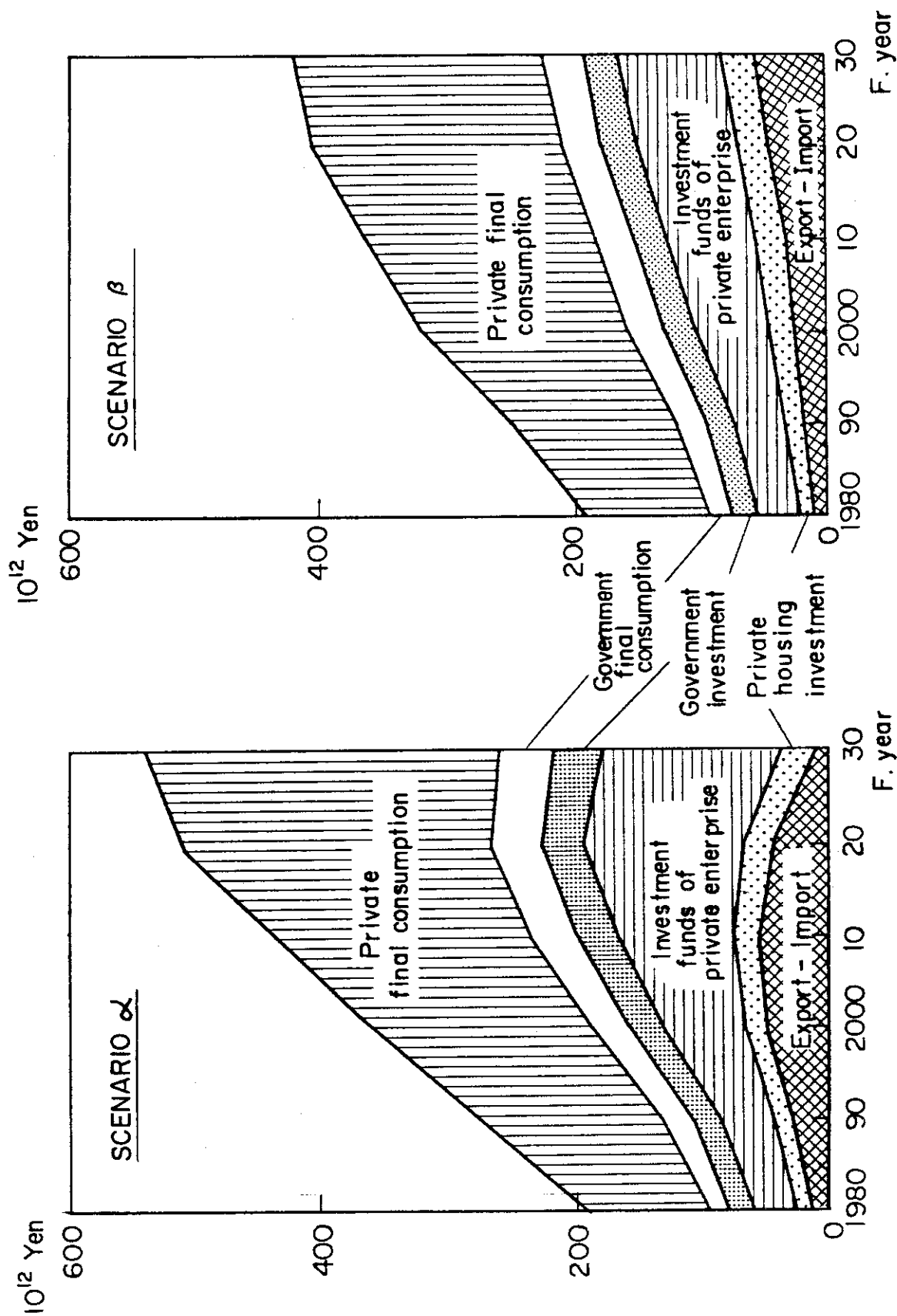


Fig. 7 Composition of Gross National Expenditure in the Future

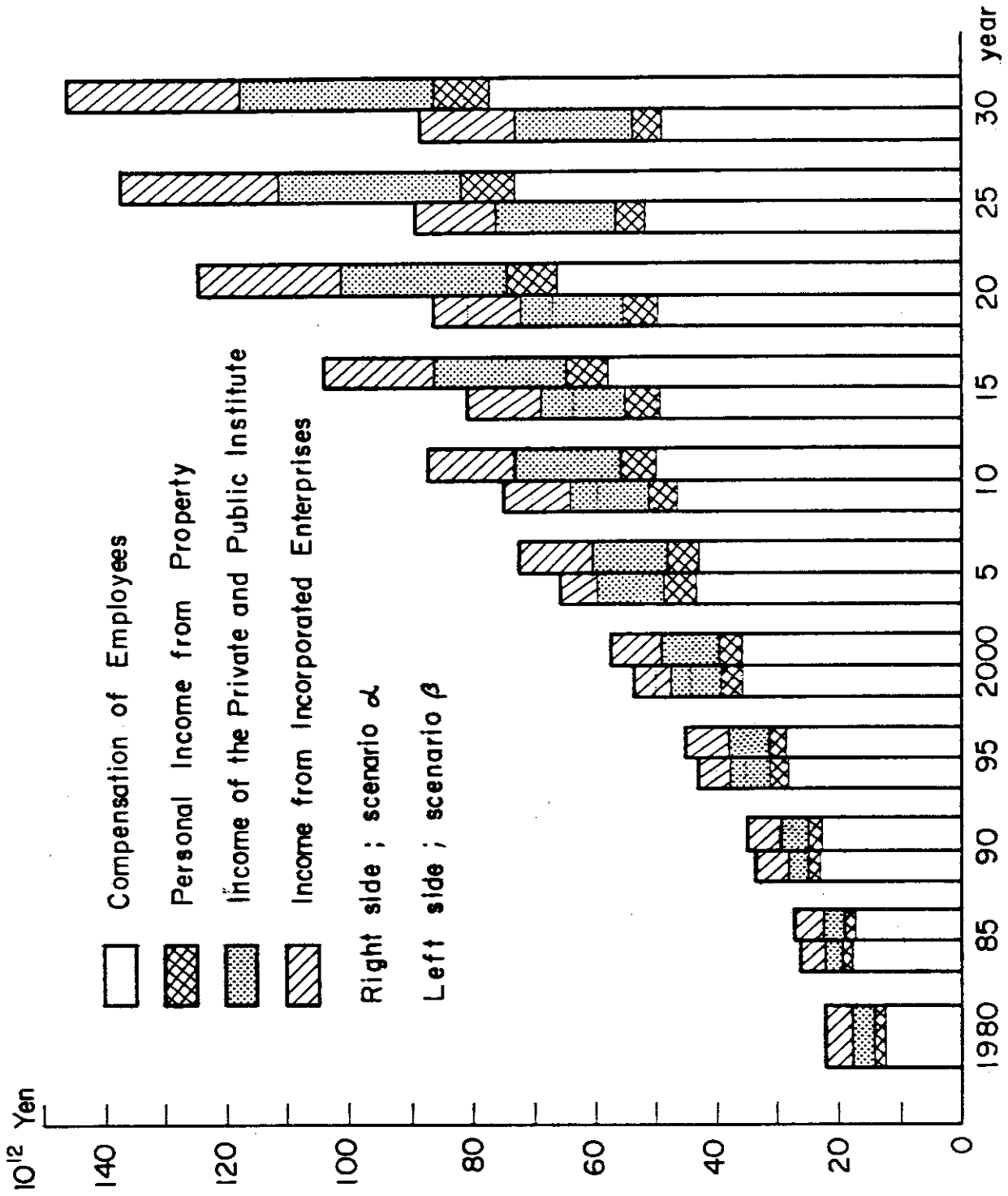


Fig. 8 Composition of National Income in The Future of Japan

Table 3 Outline of Economic Life In The Future of Japan

Scenario Case Year Item	1980	Scenario β				Scenario α			
		1990	2000	2010	2030	1990	2000	2010	2030
Gross Domestic Product (10 ¹² YEN, 1975 const.)	192	250	318	364	422	268	355	431	527
Real growth rate (%/y)	4.5	2.4	1.4	1.2	0.7	2.9	2.3	1.6	0.4
Indexes of Industrial Production (1975=100)	143	182	234	261	281	193	254	298	330
Wholesale price Index (1975=100)	132	159	206	248	306	152	190	238	359
Consumption tendency ($\frac{\text{Private consumption}}{\text{national income}}$) %	62	41	31	26	24	41	31	24	20
Tax burden (Tax/national income)%	17	19	21	22	36	19	20	20	28
Unemployment rate	2.3	2.0	2.1	2.4	2.5	2.2	2.5	2.7	2.5
Compensation of employees (10 ¹² YEN, 1975const.)	125	230	364	469	489	227	358	497	770
Money Supply balance (10 ¹² YEN, 1975 const.)	201	350	544	743	1023	352	553	809	1469

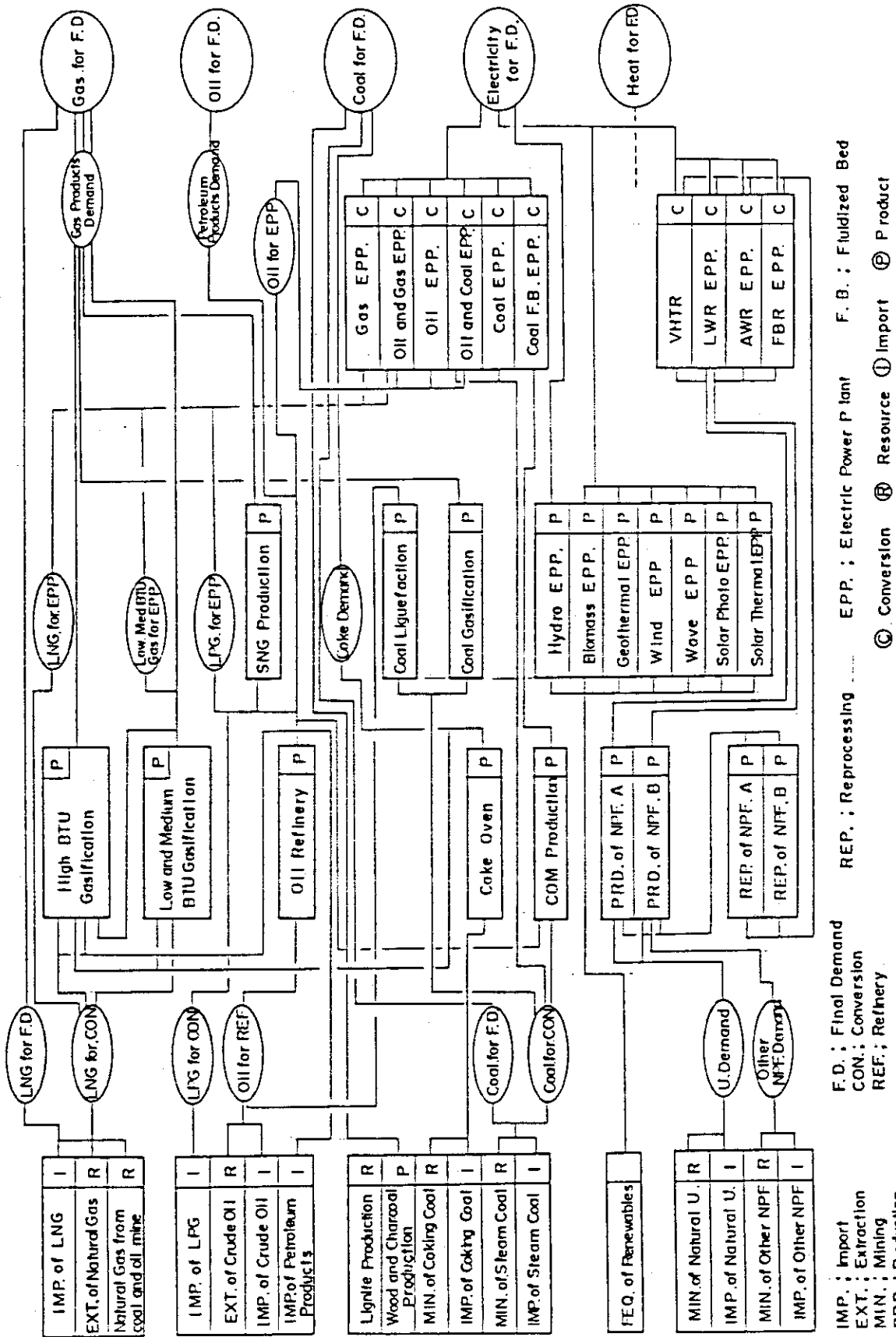


Fig. 9 Model Structure of ENERGYSD (Relation of Demand and Supply Technologies)

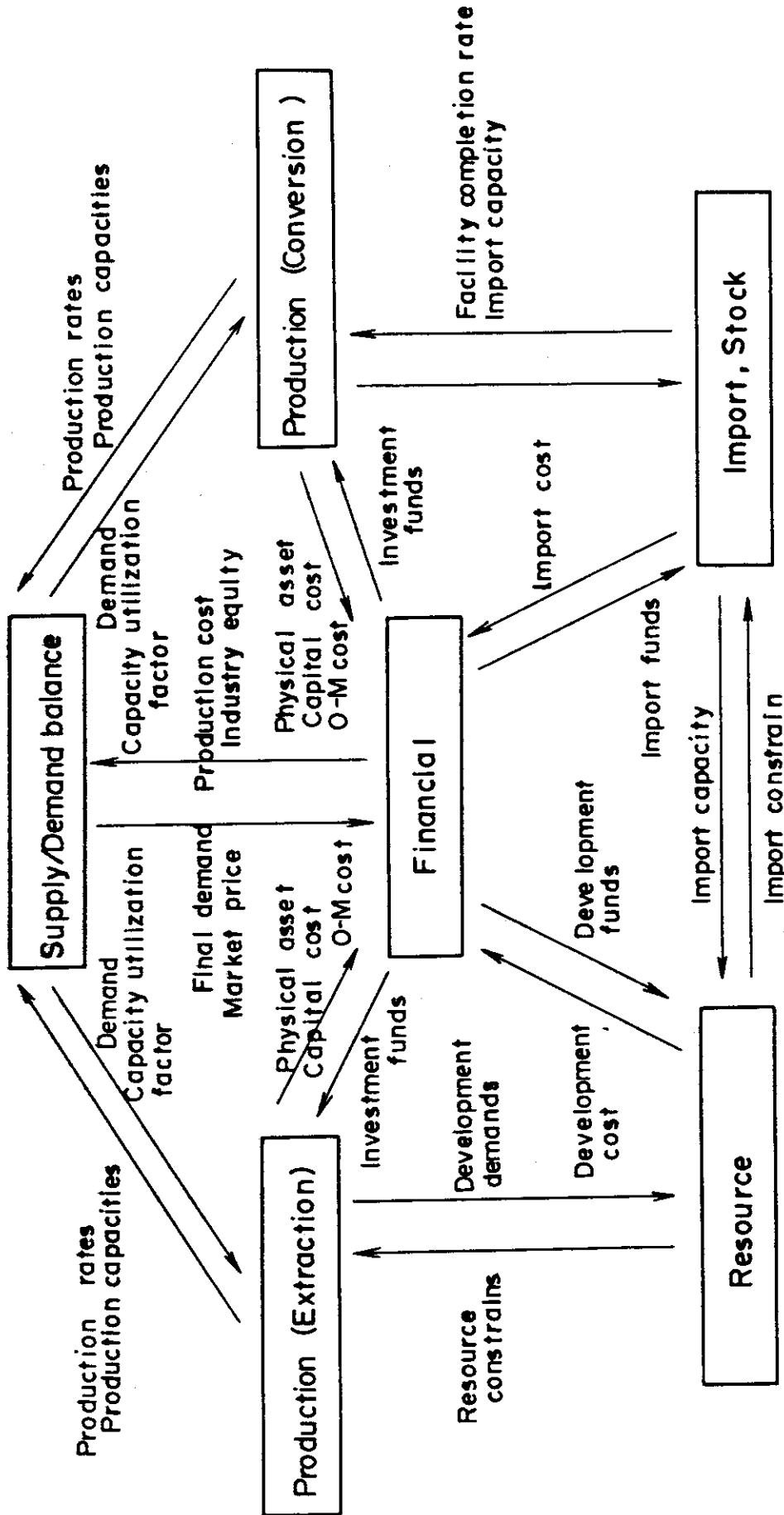


Fig. 10 Basic Structure of Macro Energy SD Model

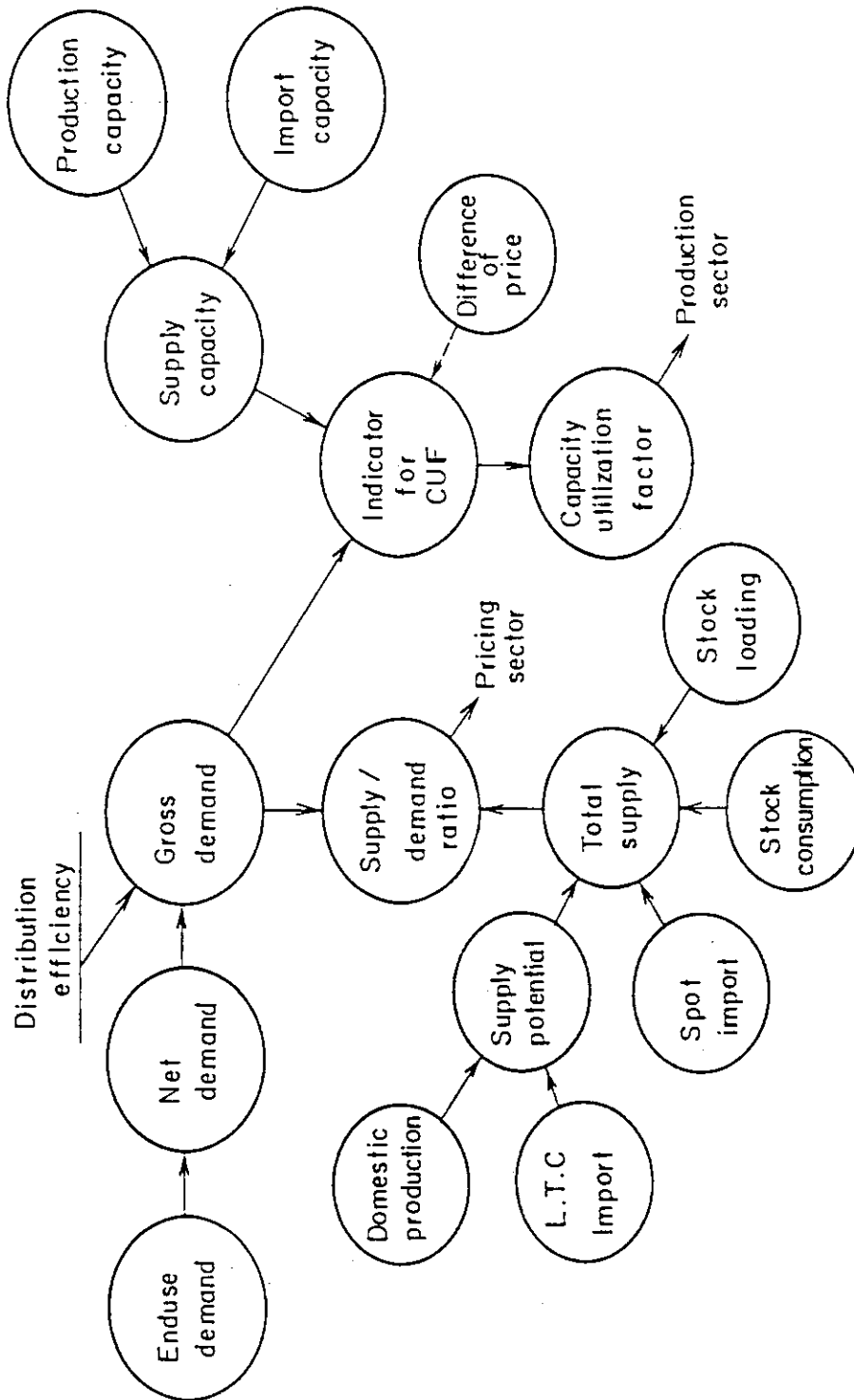


Fig. 11 Basic Structure of Supply / Demand Balance

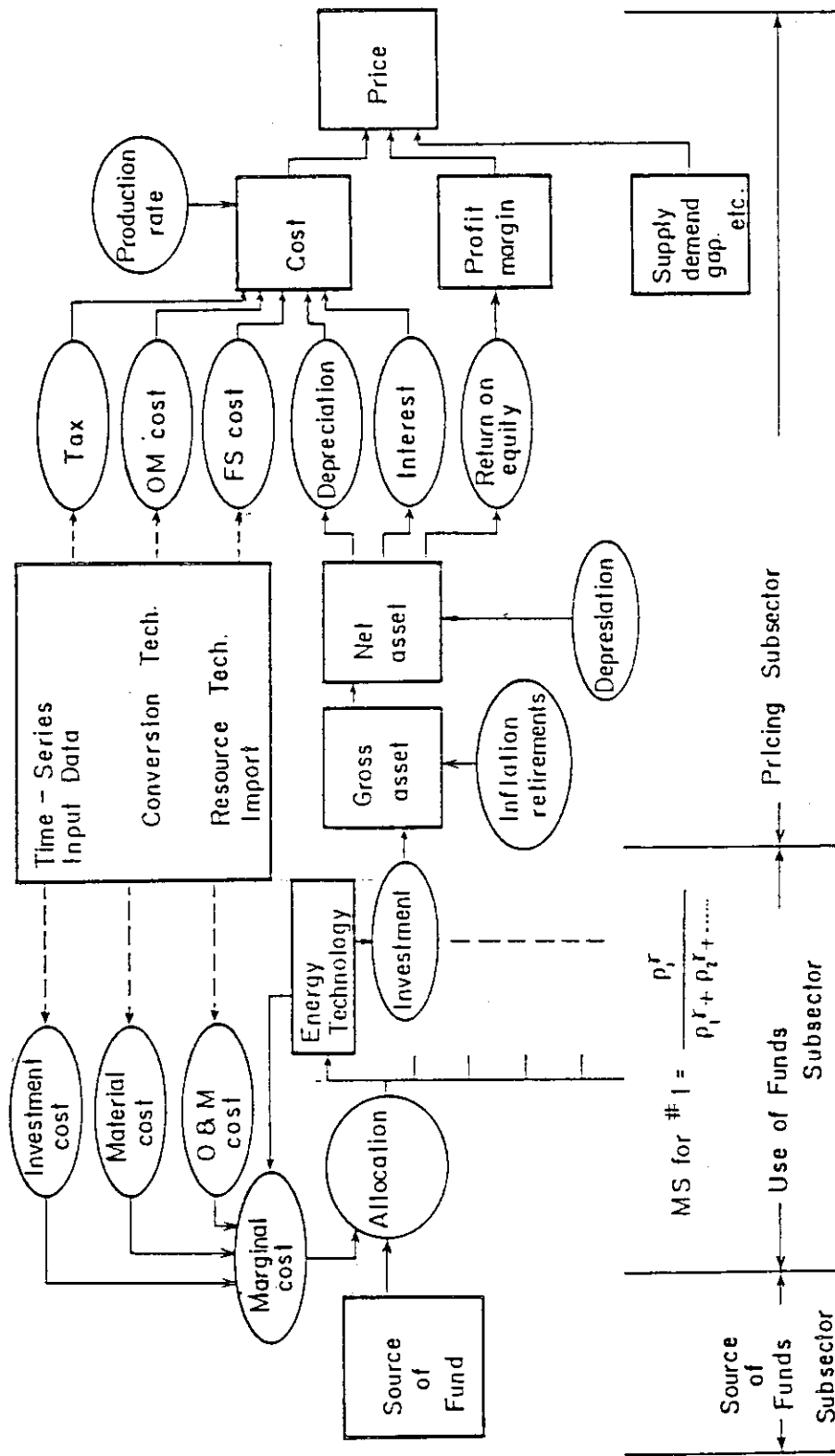


Fig. 12 Basic Mechanism of Pricing

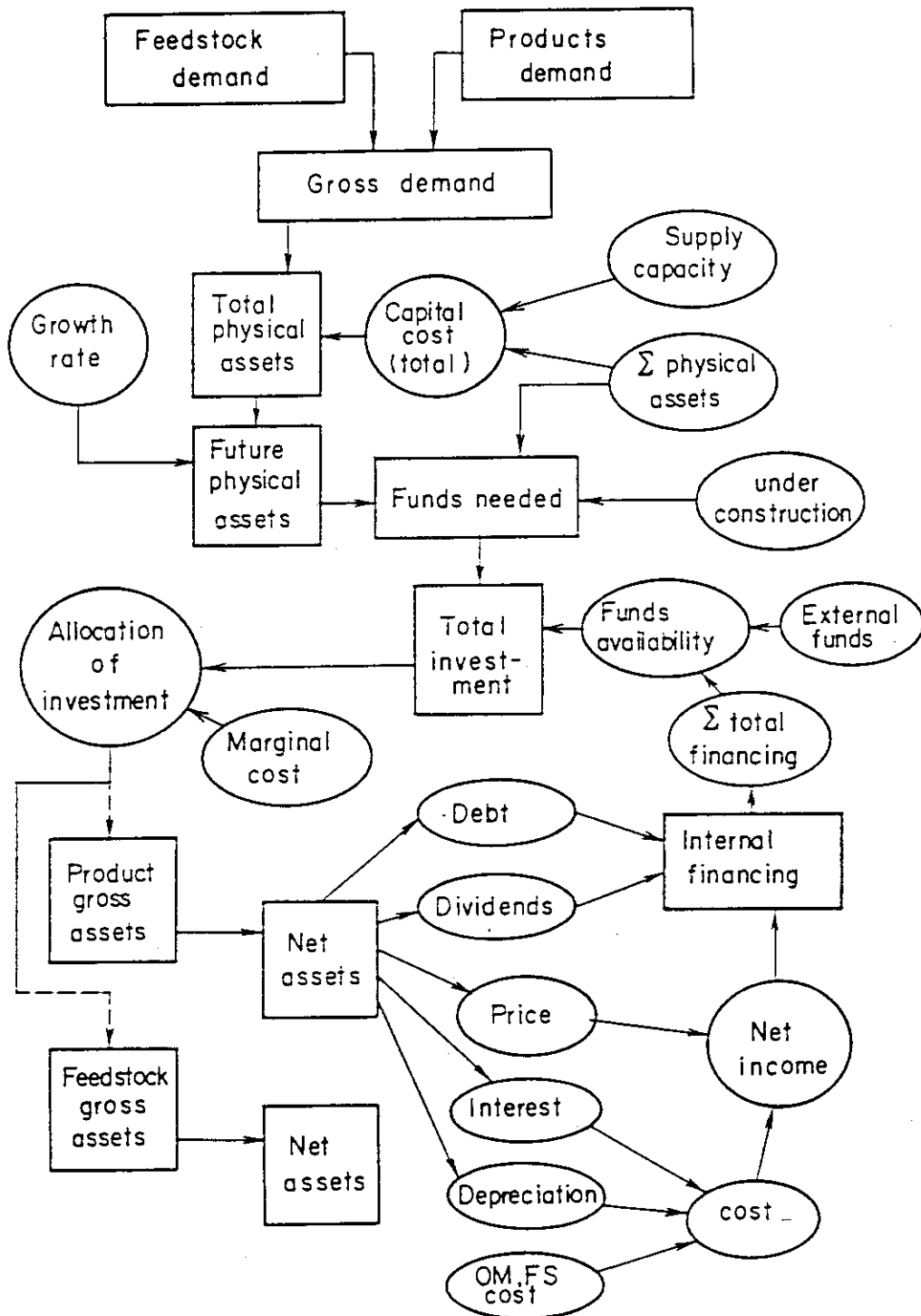


Fig. 13 Basic Mechanism of Source of Funds

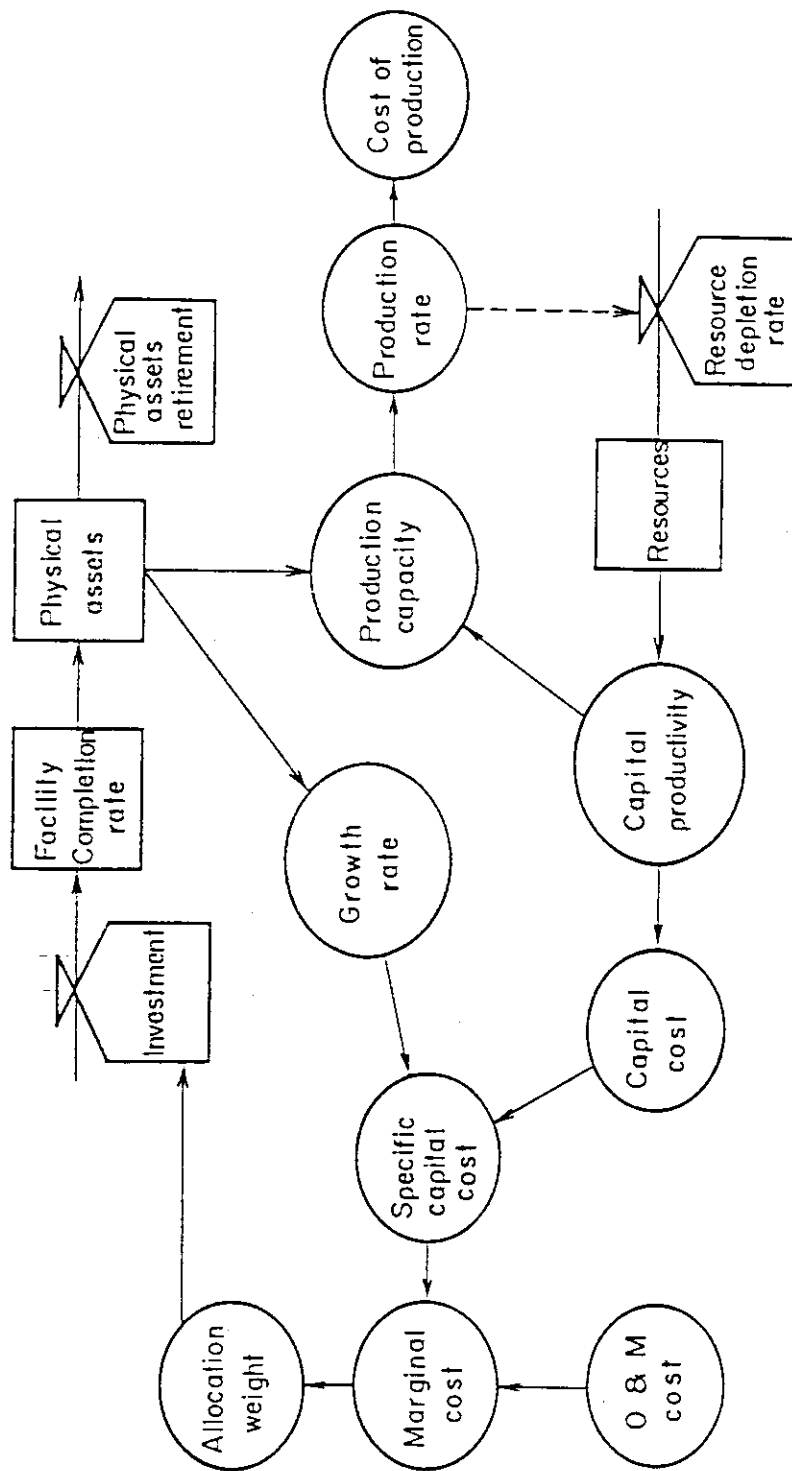


Fig.14 Basic Structure of Invest & Production

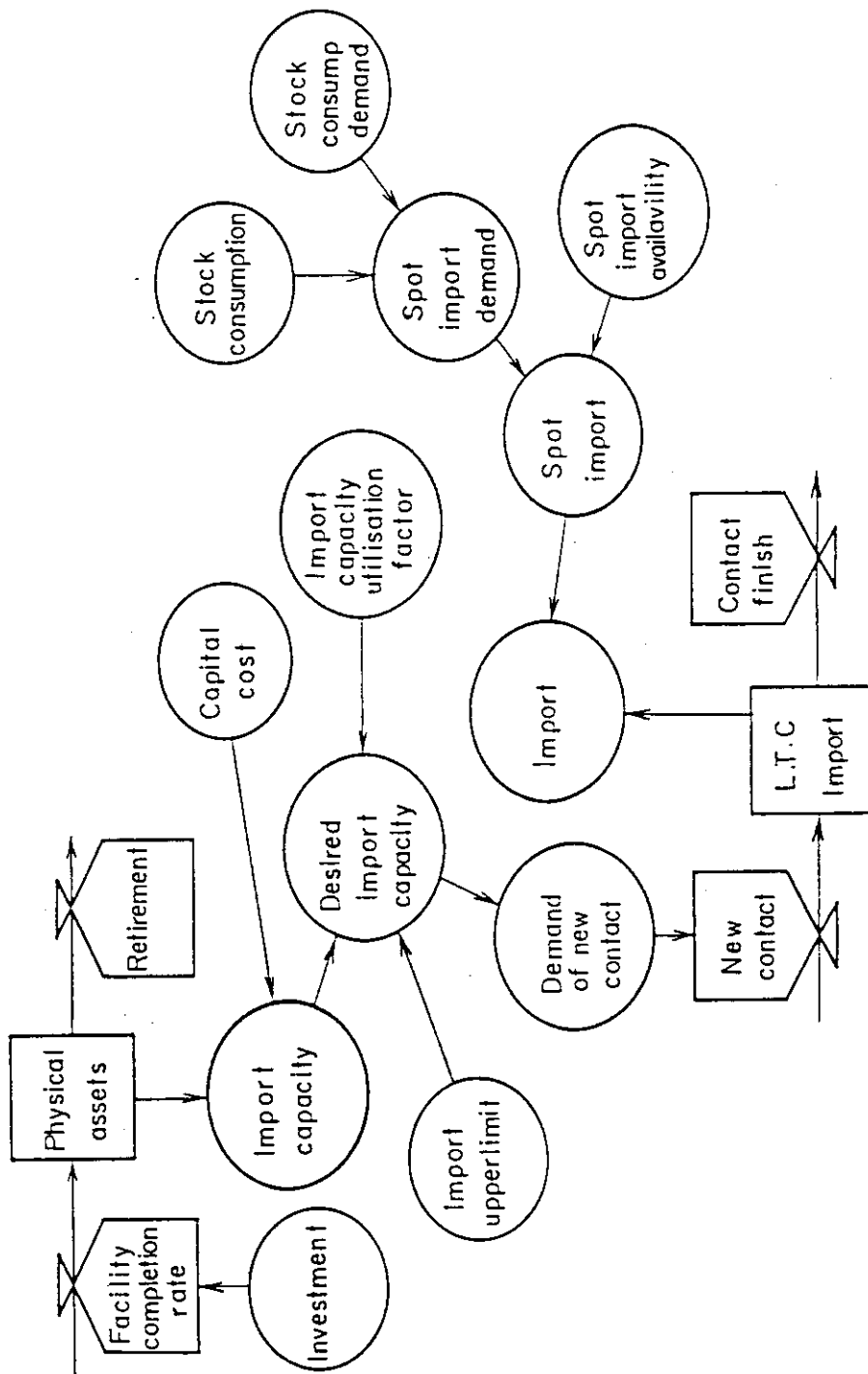


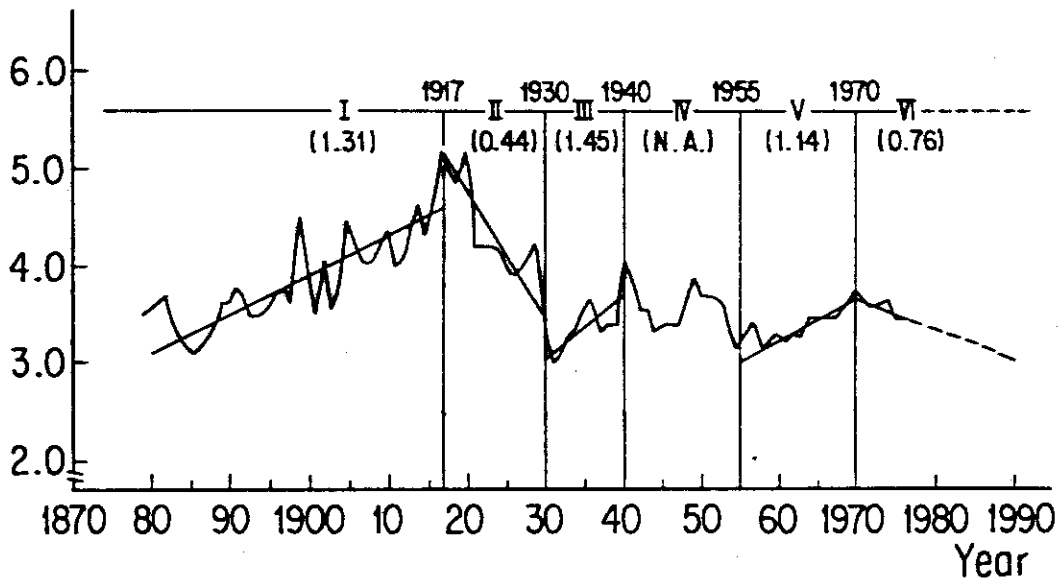
Fig. 15 Basic Structure of Import Subsector

Table 4 GNP Elasticity for Energy Consumptions of Japan from 1970 to 1979

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1969	1.17	0.94	0.88	0.91	0.91	0.77	0.76	0.70	0.67	0.70
70		0.45	0.66	0.79	0.78	0.59	0.62	0.56	0.54	0.60
71			0.78	0.88	0.87	0.62	0.66	0.58	0.55	0.61
72				0.97	0.96	0.49	0.59	0.50	0.48	0.57
73					1.29	-3.94	0.09	0.14	0.23	0.41
74						-2.59	0.15	0.17	0.25	0.42
75							0.75	0.50	0.48	0.60
76								0.20	0.32	0.55
77									0.43	0.70
78										0.98

(Quoted from Energy Balance of OECD¹¹⁾)

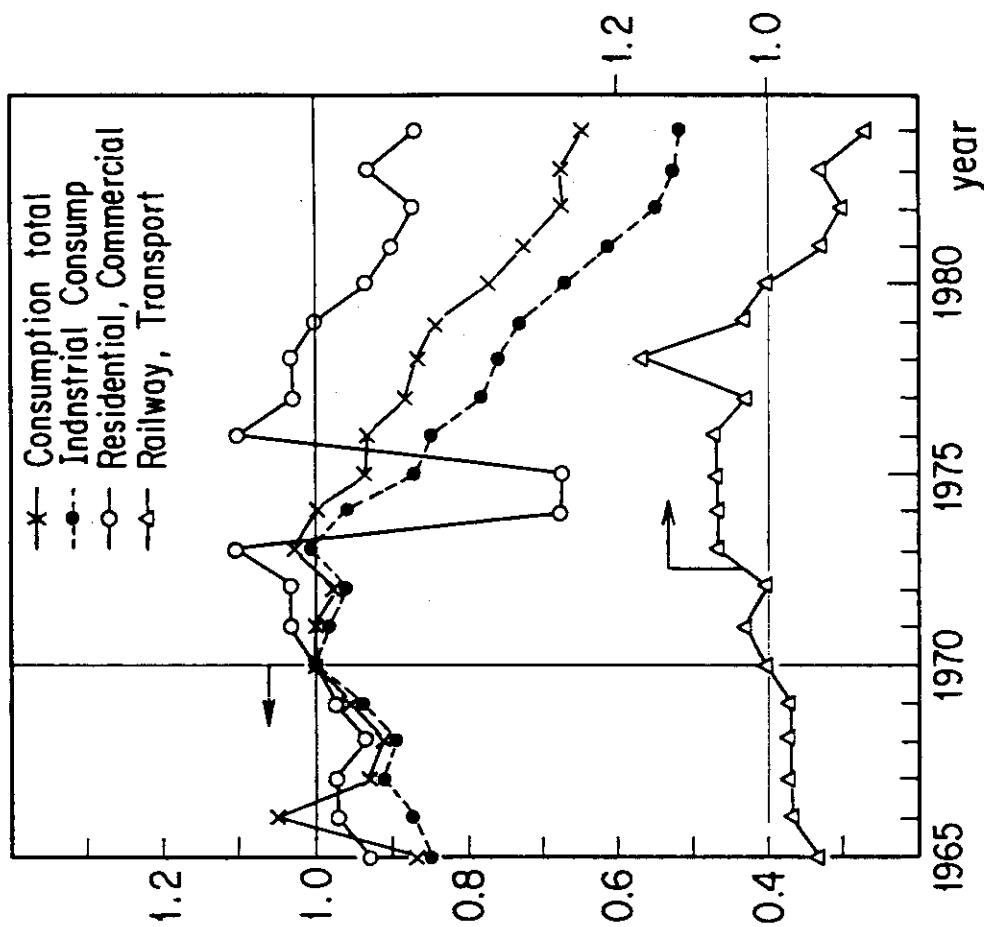
Energy consumptions (10^6 TCE)
 GNP (10^9 YEN : 1935 CONST. PRICE)



(Quoted from reference 12)

Fig. 16 Transition of Energy consumptions / GNP and GNP Elasticities

Energy Consumption / GNP
Energy Consumption / GNP 1970



(Cal. from Source ; Energy Matrix of IEE)

Fig. 17 Energy Consumption per GNP

Table 5 Composition of Energy Consumption

	1965	1970	1975	1980	1984
Agr. For. Fish	2.9	2.9	2.8	3.2	3.1
Mining	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
Construction	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
Total	56.4	59.3	54.0	50.3	46.5
Food	2.7	1.9	1.9	1.7	1.6
Textiles	2.5	2.5	2.6	1.9	1.6
Pulp. Paper	3.5	2.5	2.2	2.0	1.7
Chemical	14.5	16.7	13.4	11.9	11.9
Cement	6.8	5.7	4.8	5.0	3.7
Iron Steel	18.3	21.5	22.3	18.8	16.5
Non Fer	1.4	1.8	1.5	1.5	1.1
Met. Machine	3.5	3.1	2.4	2.7	2.9
Others	3.1	3.2	3.4	4.2	5.3
Residential	18.3	17.2	19.5	21.1	23.4
Railway	18.4	17.2	18.6	21.9	23.0
Non-Energy	2.5	2.7	2.4	2.5	2.6

(Cal. from Source ; Energy Matrix of I.E.E)

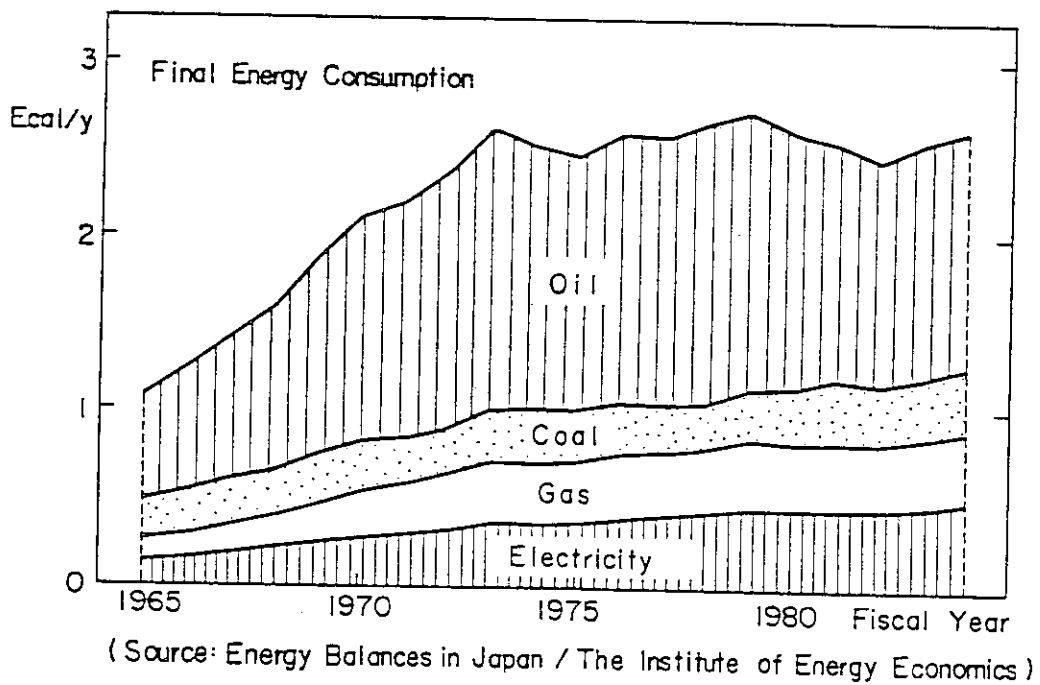
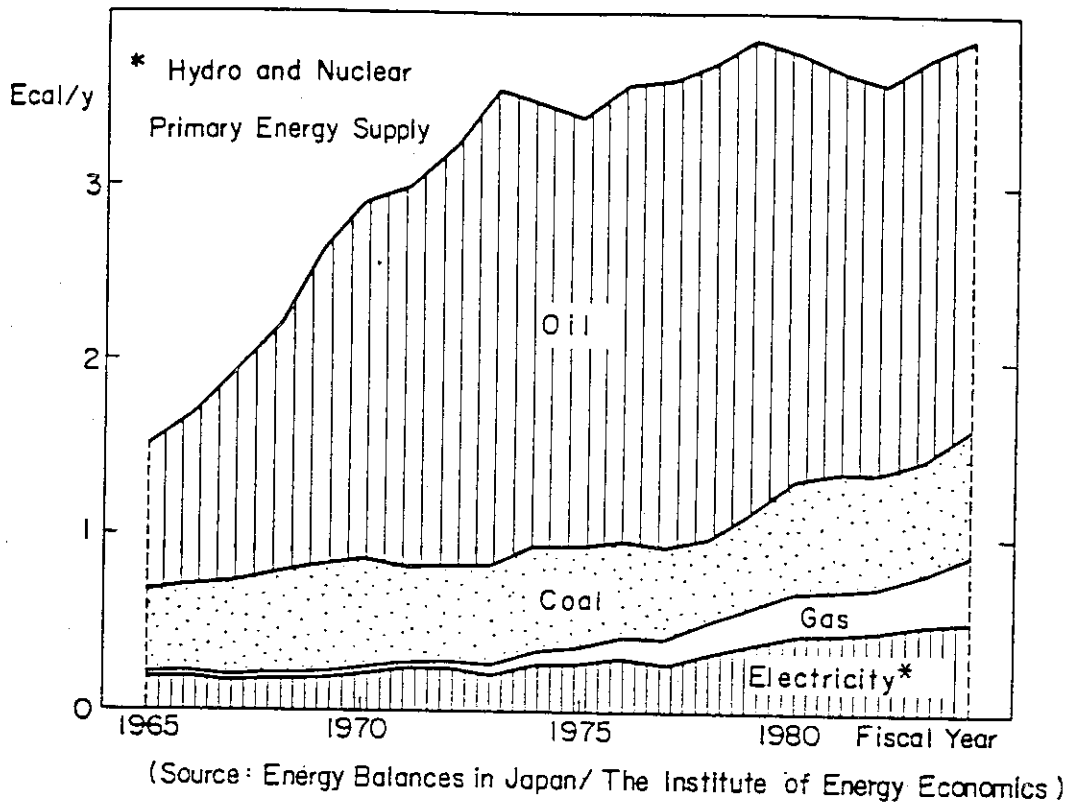


Fig. 18 Energy Supply/Demand Situation of Japan 1965-1984

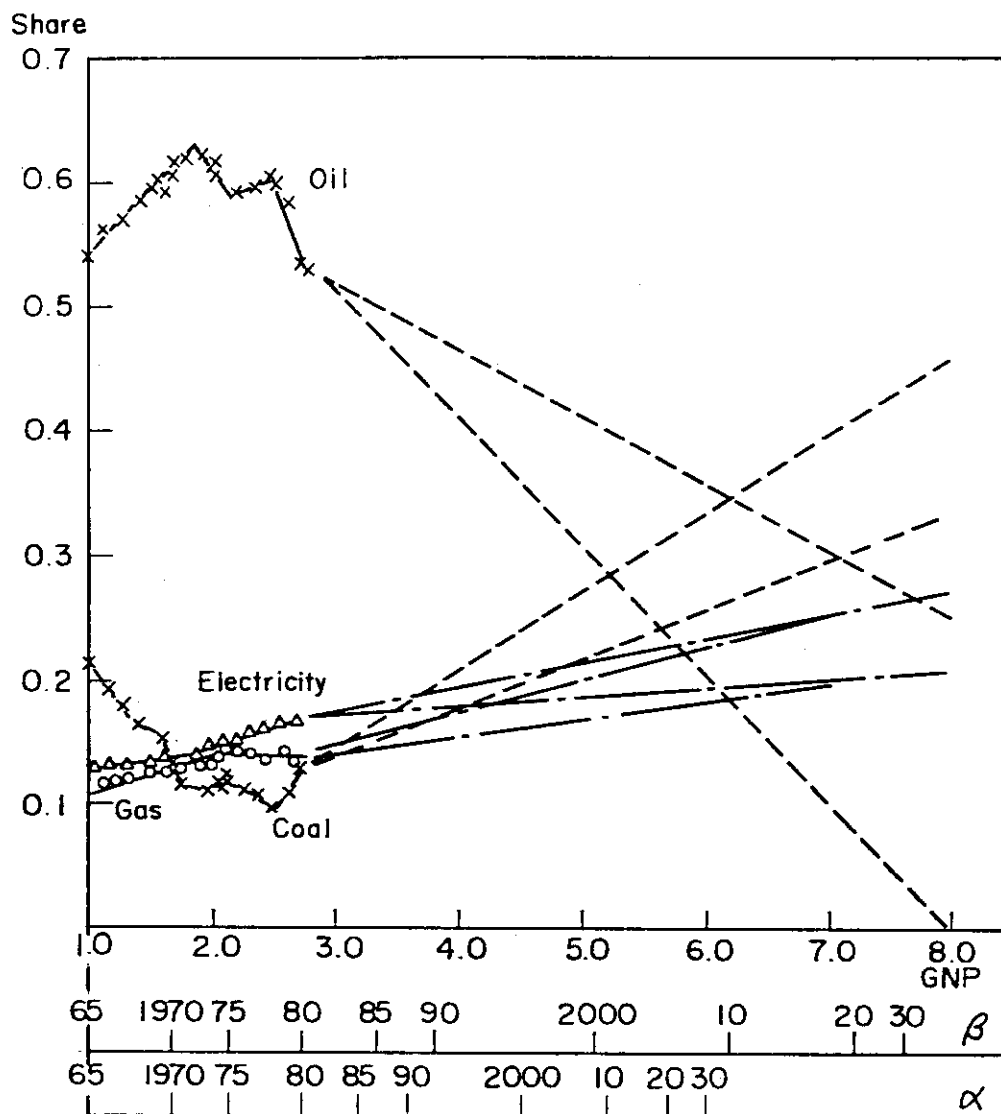


Fig. 19 GNP Multiplier for Final Energy Demand

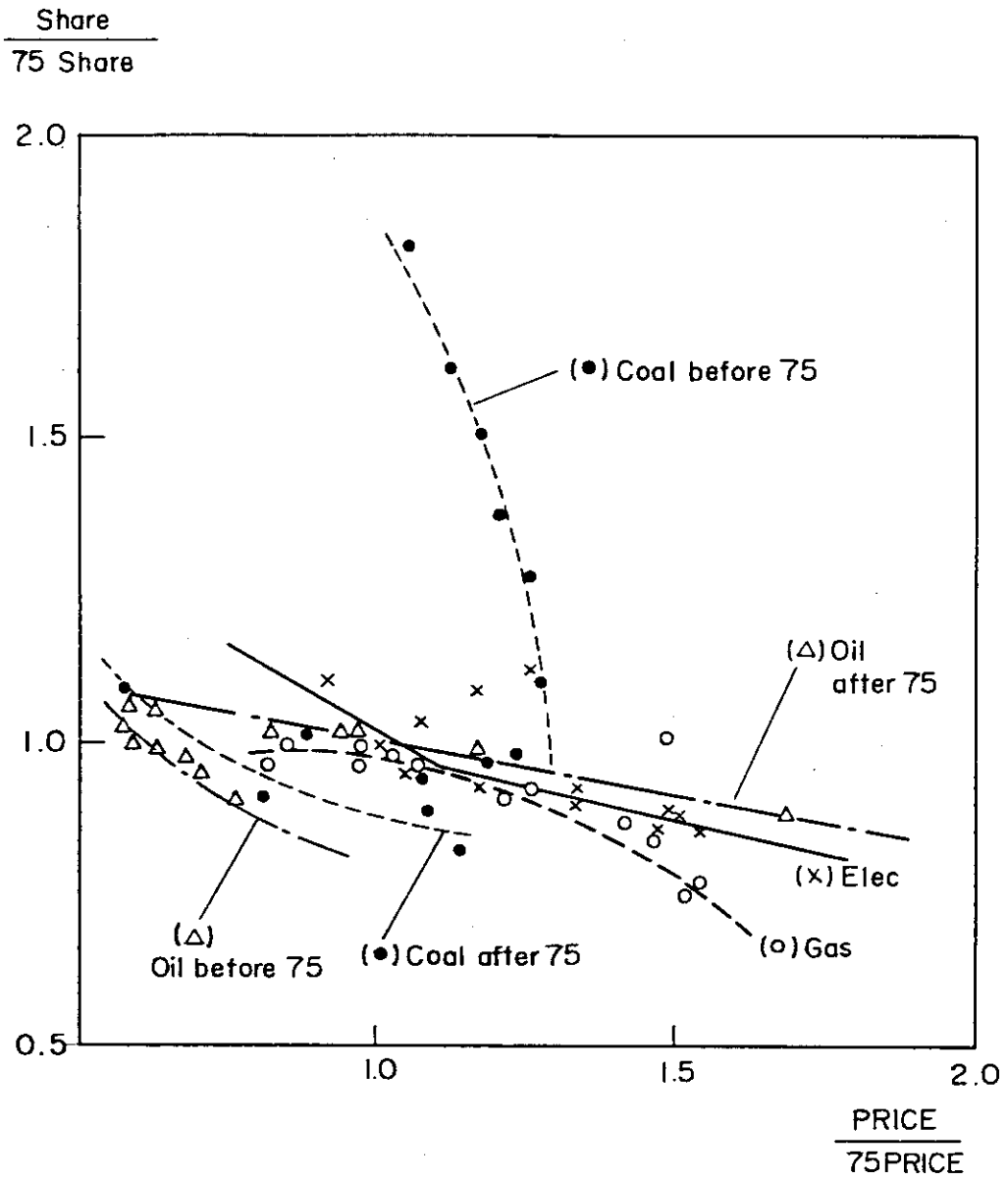


Fig.20 Price Multiplier for Final Energy Demand

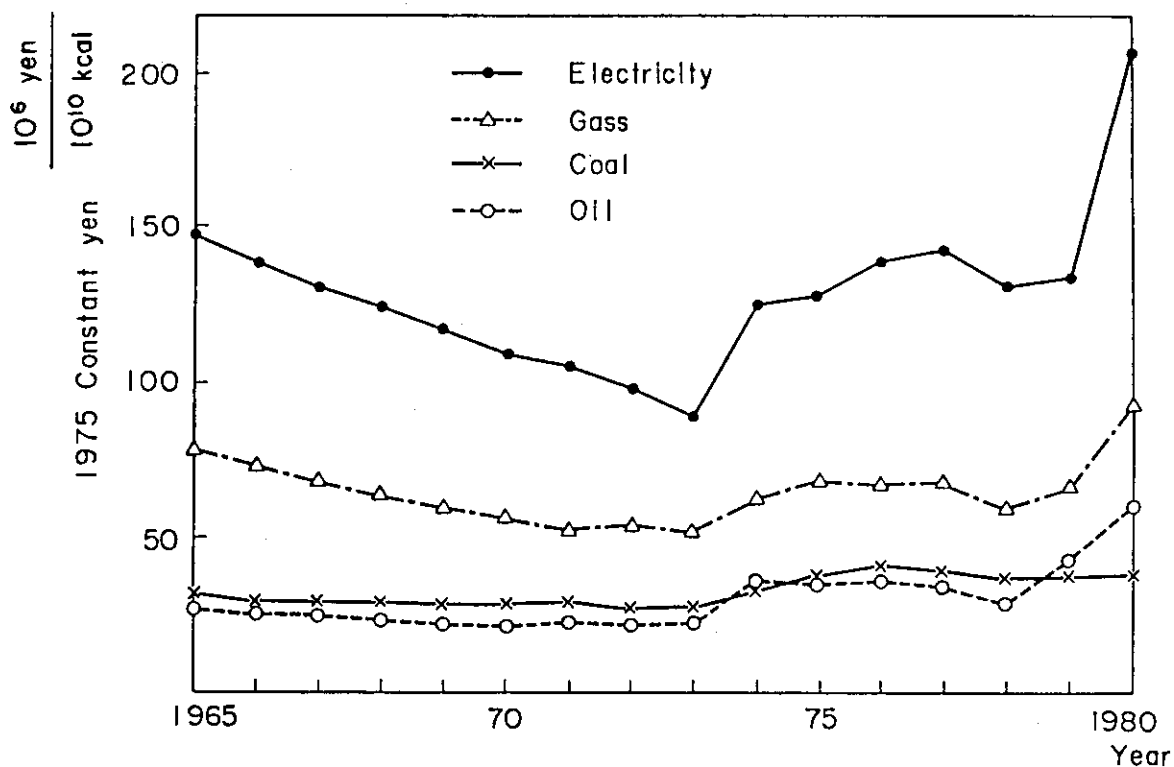


Fig. 21 Average Price of Final Energy Consumption

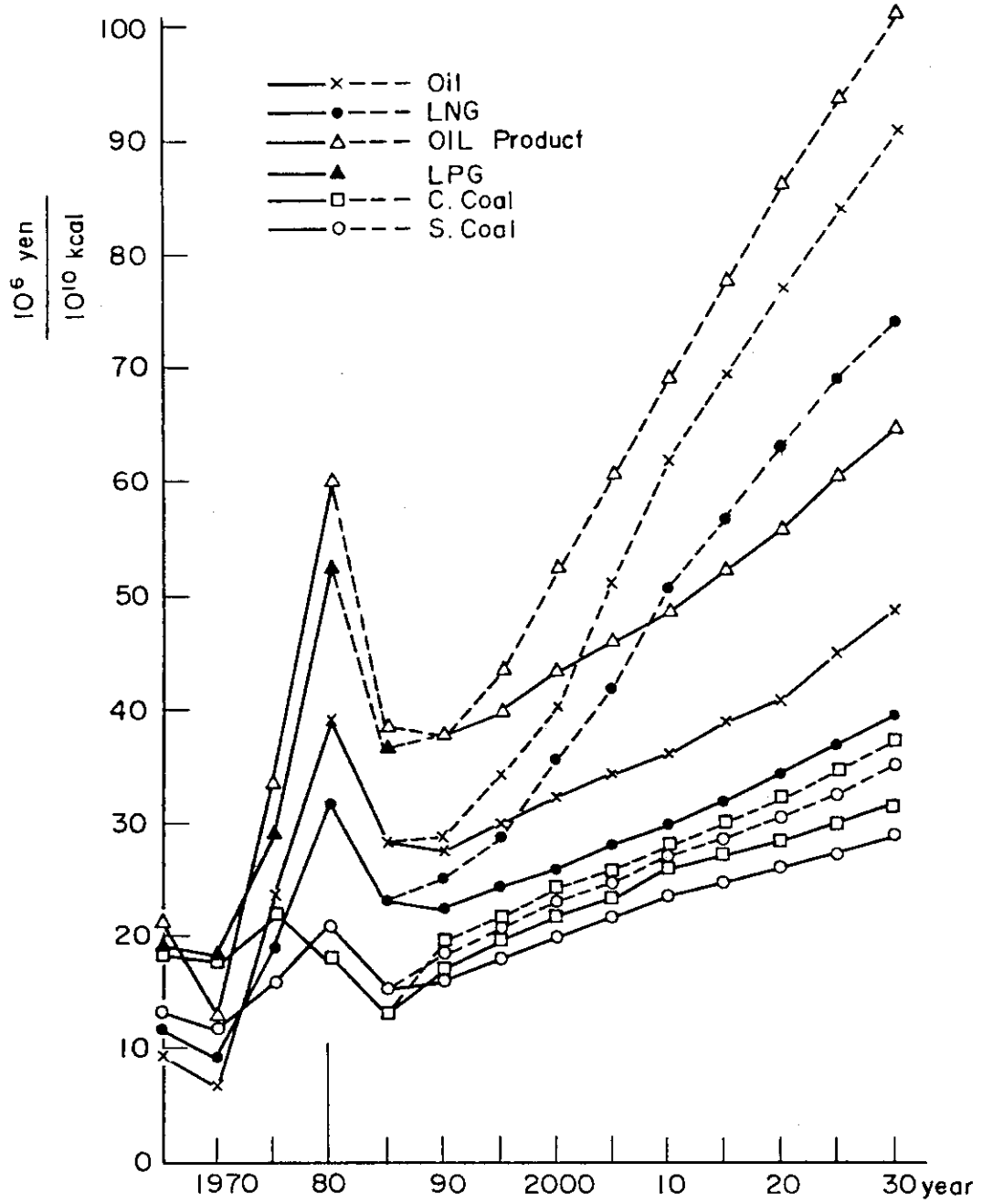


Fig. 22 Setting Exogenons Variables
(Price of Import Energy)

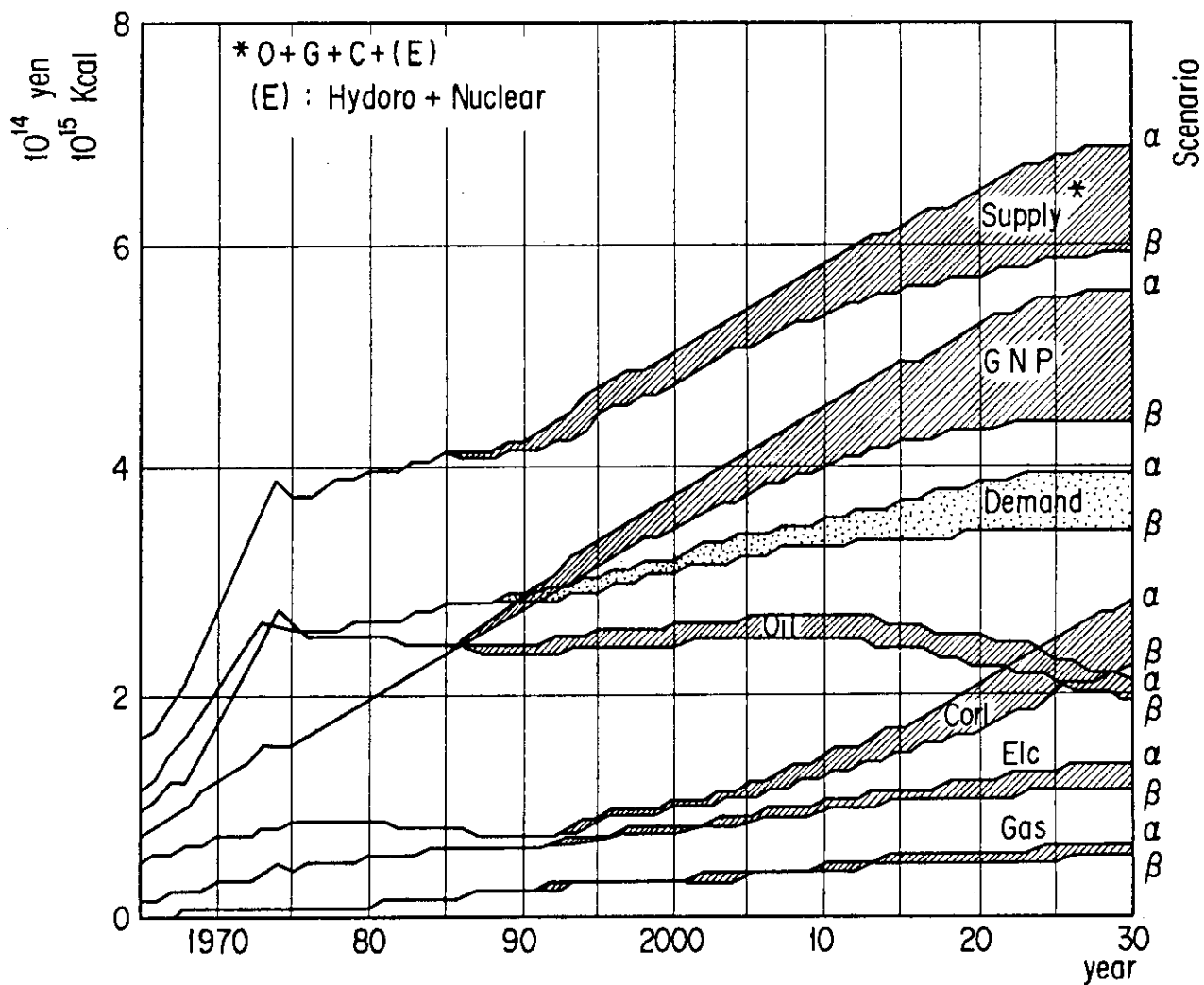


Fig. 23 Projection of Energy Demand / Supply Situation of Japan

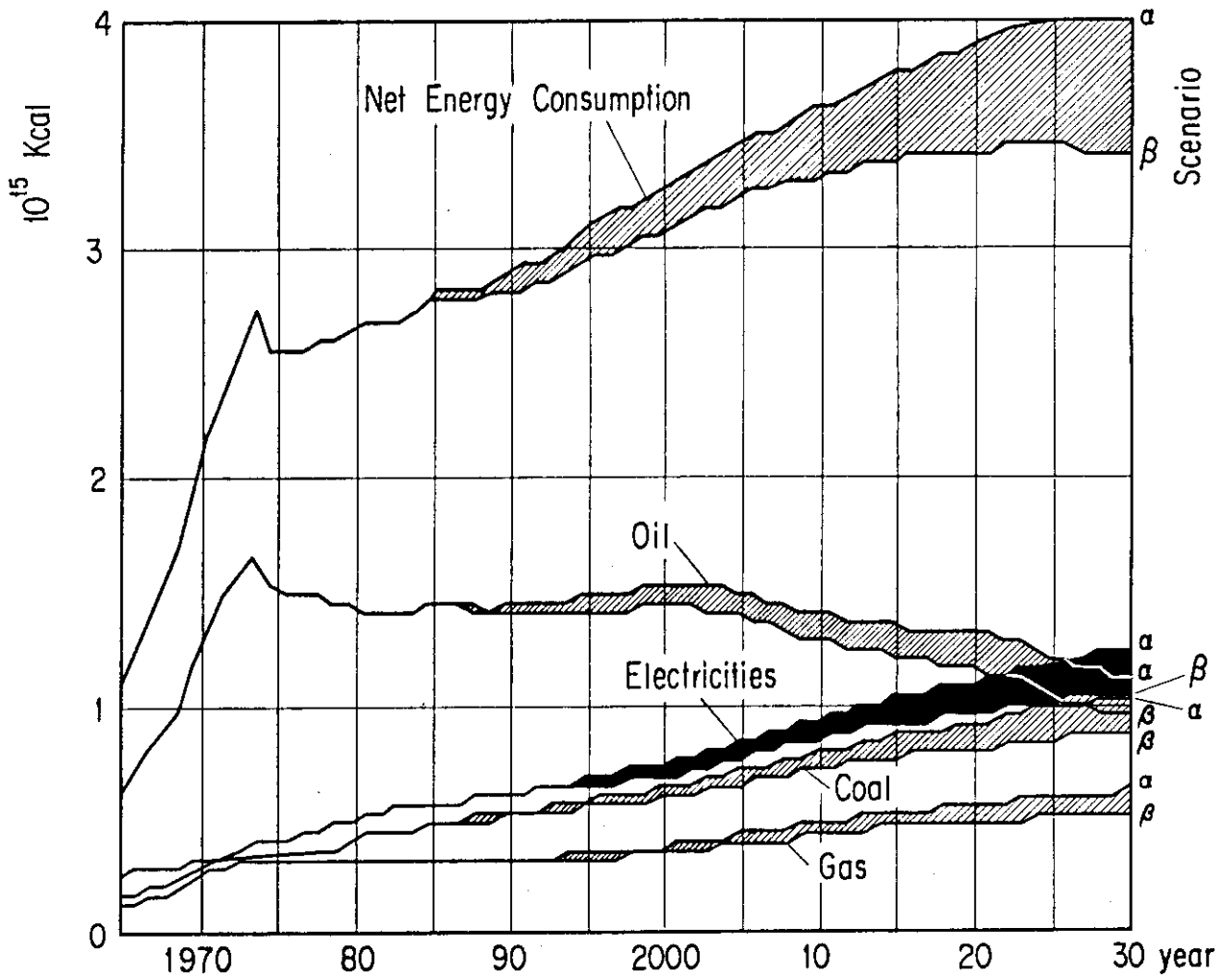


Fig. 24 Projection of Final Energy Consumption of Japan

謝 辞

当報告書の基盤となっている2つのモデル、長期マクロ計量経済モデル、エネルギーシステムダイナミクスモデルはいずれも1981年から開発してきたものであり、前者のモデル開発についてはセンチュリーリサーチセンタ株式会社開発部山崎茂樹氏、後者のモデル開発については、当時、技術営業第6部（現、日興証券株式会社）吉越昌治氏の協力を得た。ここに深く感謝の意を表します。

また、当研究を進めるにあたり、安川室長をはじめとして核エネルギーシステム研究室の方々からは多くの助言と激励を受けた事を記して、ここに感謝の意を表わします。特に、当報告書のFig.18, Fig.4については、同室の佐藤 治、上野精一両氏に統計実績データからの作図をしていただいた。ここに深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Hara, M., Yasukawa, S., Tadokoro, Y., Mankin, S., Sato, O., and Yamaguchi, K. "Work Plan for the Study on the role of very High Temperature Reactor and Nuclear Process Heat Utilization in Future Energy Systems". Dist. paper at IES Meeting held at Washington D.C. (1984)
- 2) Hara, M., Yasukawa, S., Mankin, S., Sato, O., and Yamaguchi, K., "The Study on the Role of Very High Temperature Reactor and Nuclear Process Heat Utilization in Future Energy Systems (Progress Report No.1) April 15, 1985 Dist. paper at IES Meeting held at IIASA (1985)
- 3) Yasukawa, S., Mankin, S., Sato, O., and Yonese, H. "Development of integrated models for energy-economy system analysis at JAERI" JAERI-M-84-139 (1984)
- 4) Mankin, S., and Yamazaki, S. "Development of a Long Term Macro Econometric Model for strategic analysis and cost assessment in nuclear R & D fields" JAERI-M-85-166 (1985) [in Japanese]
- 5) Mankin, S., and Yoshikoshi, S. "Development of a Long Term Energy System Dynamics Model and Examples of Energy Scenario Generation" (to be published) [in Japanese]
- 6) DOE office of policy, planning and analysis; "Energy projections to the year 2010" DOE/PE-0029/2 (1983) DOE/Office of energy market and end use; "Annual Energy Outlook 1983" DOE/EIA-0383 (1983)

- 7) Economic Planning Agency/Government of Japan; "Series; [2000 nen no Nippon] (Prospects of Japan in 2000) EPA Tokyo (1982) [in Japanese]
- 8) Japan Economic Research Institute (Japan Economic Journal); "Consumption Society in the 2000 year" J.E.J in Tokyo (1984) [in Japanese]
- 9) Central Electric Power Research Institute; "Long-term Prospects on the Demand and Supply of Energy and Electlicities" CEPRI in Tokyo (1985) [in Japanese]
- 10) DOE/Office for policy and evaluation; "Fossil 2 Energy Policy Model" DOE/PE/70143-02 (1980)
- 11) OECD; "Energy Balance of OECD Countries, National Accounts of OECD Countries" OECD Paris (1982)
- 12) Toichi, T.; "Growth of Energy and Economics" Journal of Energy Economics, The Institute of Energy Economics (1977) [in Japanese]
- 13) Murota, Y.; "GNP elasticity an energy consumption""Discussion paper of J.E.R.I (Japan Economic Journal) (1977)
- 14) Rasche, R.H., et al.; Rev. of Federal reserve bank of st. Louis. USA vol 59, No.6 10-23 (1977)
- 15) Yasukawa, S., Mankin, S., Sato, O., Yamaguchi, K., and Ueno, S.,; "Recent Progress in Energy Technology Systems Analysis at JAERI" Dist. paper at OECD/IEA/ETSAP meeting at KFA Jülich on Nov. (1985)