

国際石油市場のモデル分析¹⁾

キーワード：原油価格，原油需給，計量経済モデル，
シミュレーション分析

熊 倉 修

〔要 旨〕

国際石油市場における原油価格の決定メカニズムを経済学的観点から解明することを目的として、OPEC 諸国の国別マクロ経済モデル（供給ブロック・モデル）と、主要な原油輸入国のエネルギー需要モデル（需要ブロック・モデル）からなる国際石油市場モデルを作成した。

供給ブロックと需要ブロックを個別に用いて次のようなシミュレーション分析を行った。

- ① 供給ブロックを用いた、第2次オイル・ショック以降の原油需要の低落の OPEC 諸国経済におよぼした影響の分析、および今後の原油需要の回復とその OPEC 諸国経済におよぼす影響に関する分析。
- ② 需要ブロックを用いた、1983 年 3 月の OPEC による原油値下げの、需要国の経済とエネルギー需要におよぼす影響の分析。

- 1 はじめに
- 2 シミュレーション分析
 - 2.1 供給ブロック
 - 2.2 需要ブロック
 - 2.3 シミュレーション結果から見た原油需給

動向

- 3 付 録
 - 3.1 モデルの構造
 - 3.2 供給ブロックの内挿シミュレーション

1. はじめに

国際石油市場における原油の需要、供給量と、原油価格の決定メカニズムを、経済学的観点から解明することが、この研究の目的である。いままでもなく原油の需要・供給あるいは原油価格は、経済の論理のみによって決まるものではない。しかし国際石油市場のメカニズムを経済の論理によって、どこまで説明しうるかを明らかにすること、あるいは国際石油市場において需要と供給とを均衡させる需給均衡価格と現実の原油価格との関係を明らかにすること

は、原油の国際的な需給と価格決定のメカニズムの解明にとって、1つの有効な接近方法であろう。

このような観点から、この研究においてはオーソドックスな計量経済学的手法を用いて、この問題にアプローチしている。モデルは、原油供給ブロックと原油需要ブロックから構成され

1) 本稿は、京都大学教授 佐和隆光 を主査とし、久保雄志（筑波大学）、齊藤観之助（旭川荘厚生専門学院）、荒井泰男（電力中央研究所）、熊倉修（電力中央研究所）、谷口公一郎（筑波大学学生）をメンバーとする、研究グループによるこれまでの成果を要約したものである。この研究の詳細については、電力中央研究所研究報告「国際石油市場のモデル分析」第 I～III 編と、近刊の第 IV 編を参照されたい。

ている。需要ブロックと供給ブロックを結合し、原油の需給を均等させることによって、国際石油市場における需給均衡価格を解くことができる。

原油供給ブロックは、自由世界における原油輸出量を決定する。われわれのモデルでは、原油輸出国のうち、OPEC加盟10か国（アルジェリア、エクアドル、ガボン、インドネシア、イラン、イラク、リビア、ナイジェリア、サウジアラビア、ヴェネズエラ）について、国別にマクロ経済モデルが作成されている。クウェート、カタール、アラブ首長国連邦のOPEC3か国と、非OPEC原油輸出国については、データの制約などの理由で、国別モデルは作成されていない。したがって、これらの諸国の原油輸出量は、モデルでは、外生変数または単純な原油輸出関数によって説明されるようになっている。

原油供給ブロック各国モデルは、7本の構造方程式と6本の定義式からなる、マクロ経済モデルである。各国モデルは、原油価格、原油需要国であるOECD7か国の平均国内物価などを外生変数として、国別の原油輸出量を決定する。

原油需要ブロックは、自由世界における原油総需要量を決定する。原油需要国のうち、OECDの主要構成国である7か国（日本、アメリカ、カナダ、フランス、西ドイツ、イタリア、イギリス）について、国別モデルが作成されている。その他のOECD諸国と、OPEC諸国を除く途上国の原油需要量は、このモデルでは外生変数として扱われる。

供給ブロック・モデルと、需要ブロック・モデルとは、それぞれ別個に用いるならば、一応使用に耐えるものが得られた。しかし両ブロッ

クを結合して、モデル全体として解くためには、いくつかの解決しなければならない問題が残されている。

そこで今回は、供給ブロックと需要ブロックとを別々に用いて行ったシミュレーション分析の結果を紹介することにする。

2. シミュレーション分析

1983年の原油値下げが、原油輸出国と原油供給国の経済にどのような影響を及ぼすか、原油の世界的な需給関係にどのような影響を及ぼすかなどを検討することを目的として、供給ブロック・モデルと需要ブロック・モデルを別々に用いてシミュレーション実験を行った。

2.1 供給ブロック

供給ブロックの各国モデル（付録参照）では、需要ブロック・モデルと結合させないで、単独で解く（原油価格を外生変数として与える）場合には、原油輸出国は、与えられた原油価格の下で、自国の経済にとって必要とされる原油輸出額（外貨必要額）を常に実現することができるという状態が想定されている。

今回は、モデルの構造をかえて、原油転出額が与えられたときの原油輸出国経済のビヘイビアについてシミュレーションを行うことにした。付録に示した供給ブロック・モデルの方程式体系から原油輸出関数を除外し、原油輸出額（原油輸出量×原油価格）を外生変数として与えてモデルを解いた。

モデルが作成されている10か国のうち、観察期間が1972年までしかないガボンは、シミュレーション実験から除外した。

モデルの観察期間以後の、1980年～1987年の各国の原油輸出額について、次の3つのケー

スを設定し、第1次オイル・ショック後の1975年から1987年までの期間について、シミュレーションを行った。

ケース1：原油輸出量は、1975年～1982年は実績値、1983年～1987年は、1983年3月のOPEC総会で決定された各国の生産割当量の水準に固定される（ここでは、原油の国内消費を無視している）。原油価格は、1975年～1982年は実績値、1983年～1987年は、1983年3月に値下げされた基準原油価格29ドルに固定される。

ケース2：原油価格と、1983年までの原油輸出量は、ケース1と同じであるが、1984年以降の原油輸出量は各国とも毎年同一率（約10%）で増加し、1987年にはOPEC9か国合計の輸出量が、1979年の9か国合計の水準に回復すると仮定する。

ケース3：原油輸出量は、1979年までは実績値をとり、1980年以降は1979年の水準が維持される。原油価格は、1982年までは実績値をとり、1983年以降は値下げが行われず、1987年まで34ドルの水準が維持されると仮定する。

ケース1は、1983年以降の原油輸出額が1983年の水準にとどまる悲観的ケース、ケース2は1987年には1979年の水準まで回復する楽観的なケースとして想定したものである。ケース3は、第2次オイル・ショック以後の原油輸出額が、OPECの当初の思惑どおりに推移し、1982年以降の原油輸出額の落込みがなかったと仮定した時の、OPEC各国経済への影響をシミュレートしようとするものである²⁾。

原油輸出額の減少は、原油輸出国の国内総生産を減少させる。また多くの場合、貿易収支の悪化をもたらす、外貨準備を減少させるであろう。

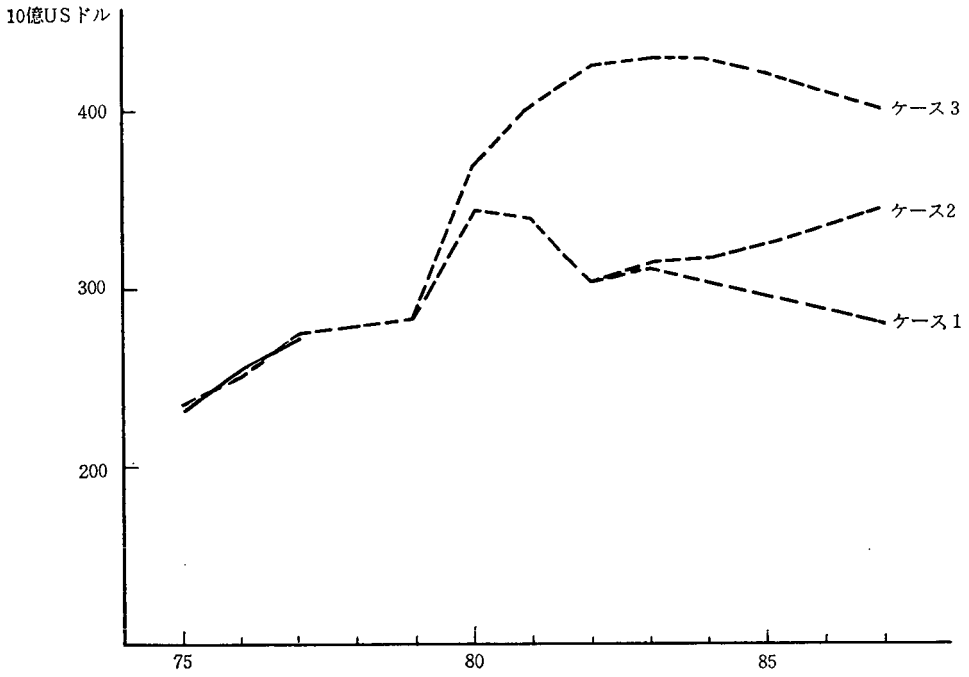
シミュレーション実験の結果に基づいて、第2次オイルショック以降の原油需要の低落が、原油輸出国の経済にどのような影響をもたらしたか、また今後どのような影響をもたらすかについて検討しよう。

図2.1、(1)～(3)に、OPEC9か国合計の実質国内総生産、名目輸入額、名目貿易収支の推定値を示す。

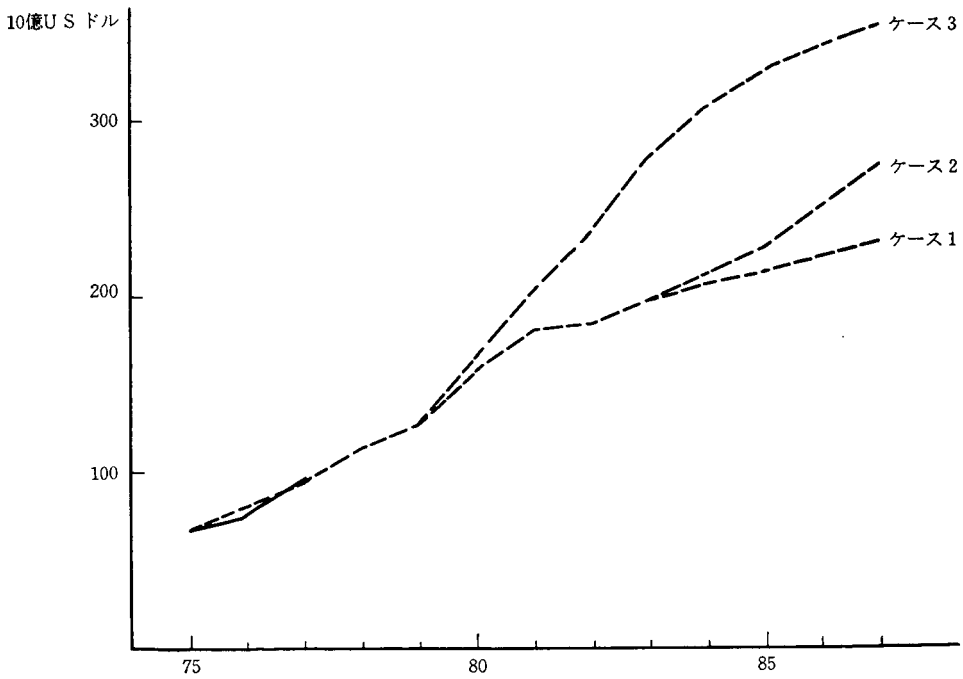
OPEC9か国合計の実質国内総生産は、ケース1においては84年以降マイナス成長になると推定されている。ケース2においては、84年の1.7%から87年の3.0%まで、成長率は逡増していき、1987年の実質国内総生産は1979年の水準にほぼ等しくなる。一方、79年の輸出量がその後も維持され、原油価格も34ドルの水準が維持されると仮定したケース3では、実質国内総生産は、1979年から1982年までの3年間に1.5倍に増加する。しかしその後成長率は低下し、1984年以降はマイナス成長に落ち込む。実質国内総生産は、原油輸出額が増加している間は増加するが、原油輸出額が停滞すると、まもなくマイナス成長に入る。

名目輸入額の推定値は、実質国内総生産のトレンドにはほぼ対応した傾向を持って推移している。原油輸出額が1983年の水準に固定されているケース1の場合、名目輸入額は年率4%前後の伸びを示す。原油輸出額が年率約10%で増加するケース2においては、名目輸入額は年率7～10%で増加する。ケース2の結果から、名目輸入額の原油輸出額に対する弾力性を計算すると、1984年0.2、1987年0.6と、時間と

2) その他の外生変数のうち、原油を除く輸出と統計上の不突合については、1979年までは実績値をとり、1980年以降については1979年までのトレンドを延長して推定した。為替レートは1982年までは実績値をとり、1983年以降は1982年の水準に固定した。

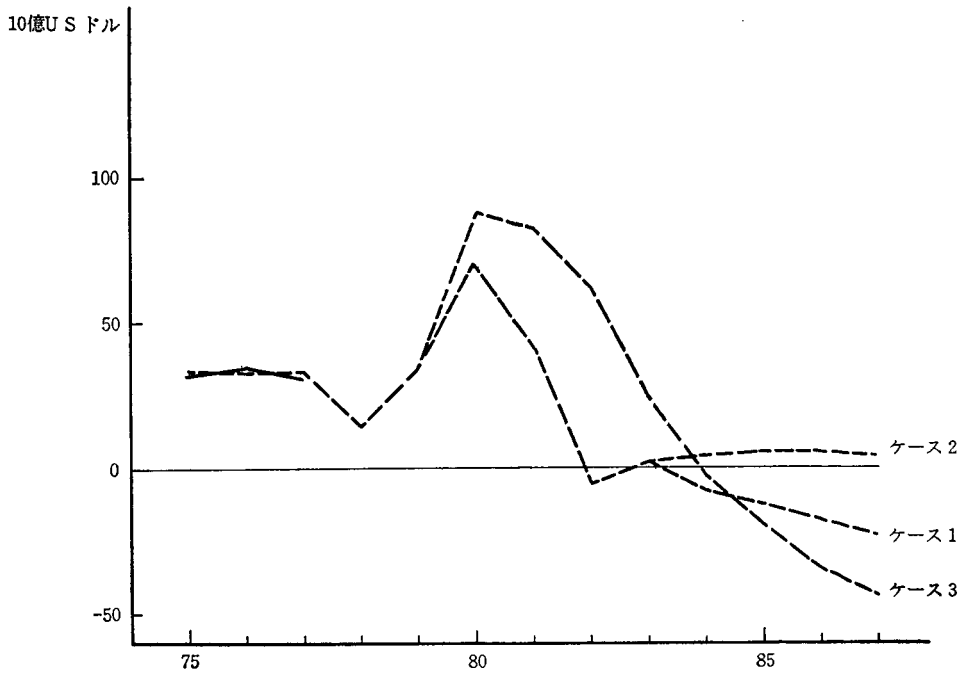


(1) OPEC 9か国計 実質国内総生産
 実線は実績値，以下図 2.5 まで同じ。

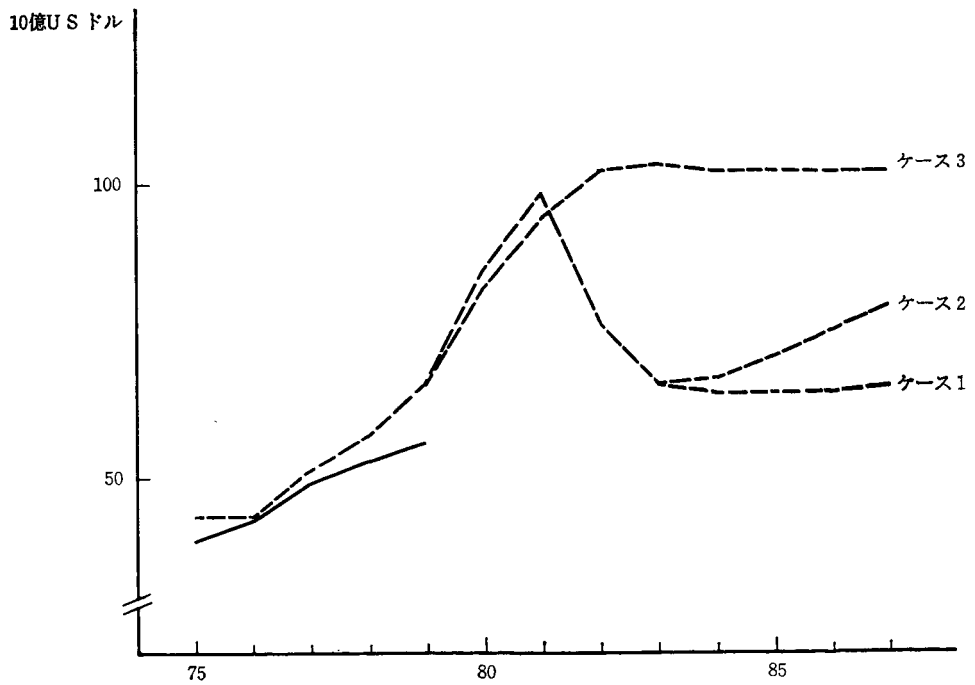


(2) OPEC 9か国計 名目輸入額

図 2.1 原油輸出に関するシミュレーション結果

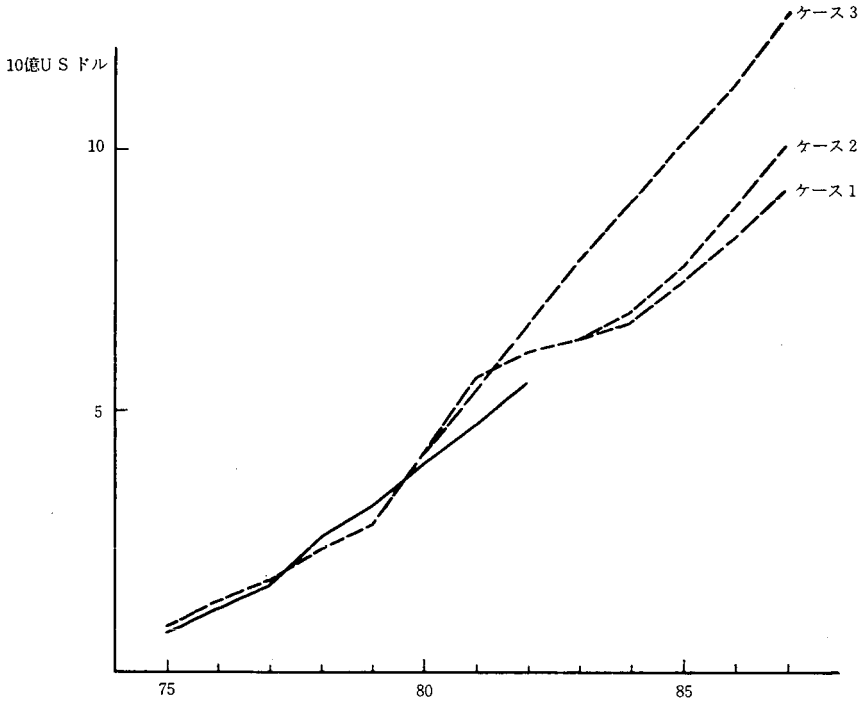


(3) OPEC 9か国計 名目貿易収支

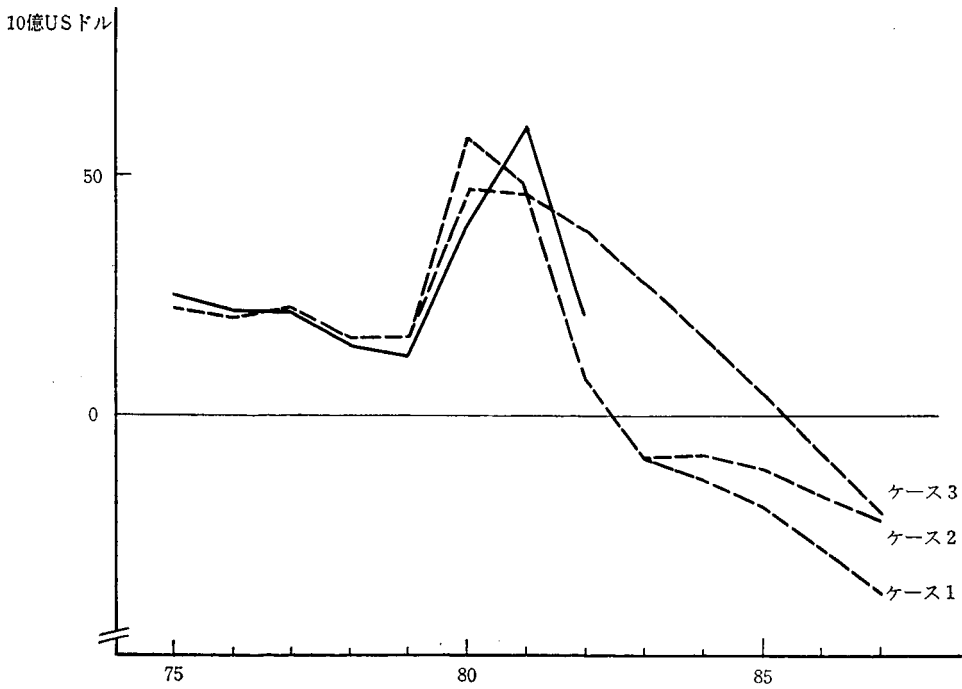


(4) サウジアラビア 実質国内総生産

図 2.1 原油輸出に関するシミュレーション結果

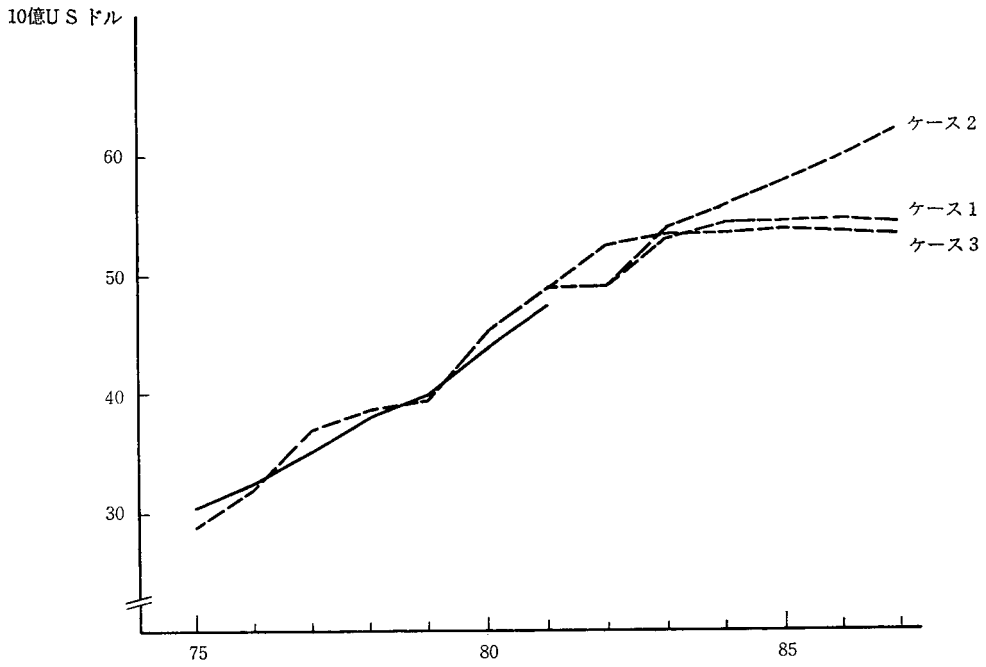


(5) サウジアラビア 名目輸入

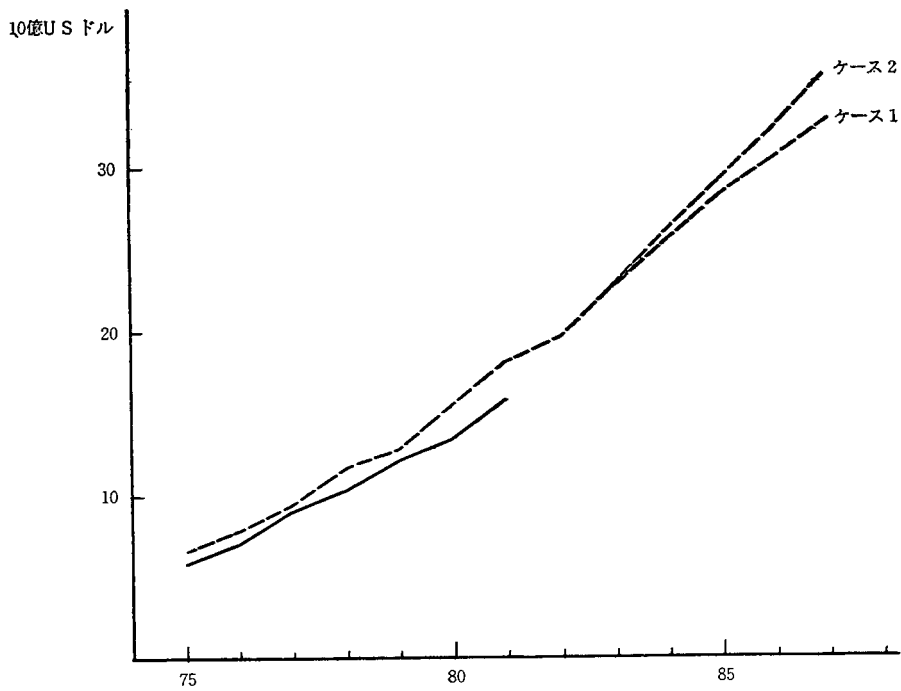


(6) サウジアラビア 名目貿易収支

図 2.1 原油輸出に関するシミュレーション結果



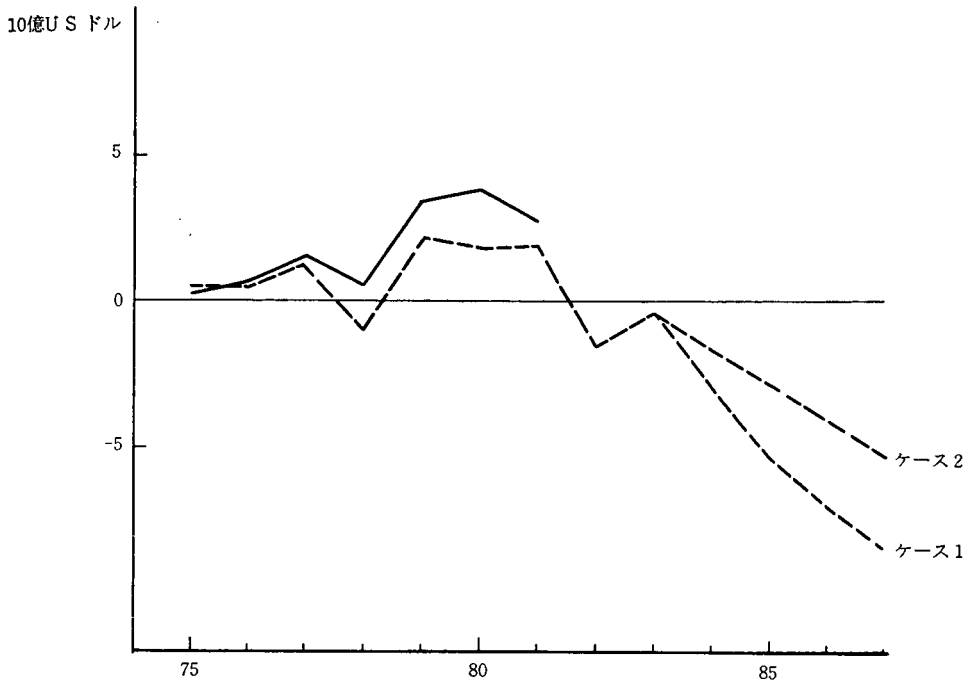
(7) インドネシア 実質国内総生産



(8) インドネシア 名目輸入

ケース3は、ケース1の推定結果とほぼ一致するので省略した(図 2-1 (9) も同じ)

図 2.1 原油輸出に関するシミュレーション結果



(9) インドネシア 名目貿易収支

図 2.1 原油輸出に関するシミュレーション結果

ともに増加する傾向を示す。

以上の結果からも予想されることであるが、名目貿易収支は、ケース1、ケース3においては、悪化の一途をたどる。とくにケース3のように原油輸出額が急増した後に停滞する場合には、その後の輸入の増加によって貿易収支の悪化は一そう顕著となる。

図 2.1, (4)~(9) に、9か国の中から、原油輸出への依存度の高いサウジアラビアと、比較的低いインドネシアのシミュレーション結果を示す。

実質国内総生産は、両国とも原油輸出額の変動を忠実に反映して変動している。原油輸出への依存度の低いインドネシアにおいても、原油輸出額の停滞は、実質国内総生産の成長率を0に近い水準に低下させることが示されている。

原油輸出額の停滞が国別の実質国内総生産にどのような影響を及ぼすかを比較するために、ケース1について1979年の国別実質国内総生産を100として基準化して、推定結果を図示したのが図 2.2 である。1984年以降の原油輸出額一定と仮定した期間を見ると、実質国内総生産が増加する国と減少する国とがある。原油輸出額が不変であっても、その他の輸出の成長率や輸入価格の国内物価への影響などの相違によって、国別の経済成長率にこのような差が生じていると思われる。

名目輸入額を見ると、サウジアラビア、インドネシア両国ともに、OPEC 9か国合計の名目輸入額の増加率よりも高い増加率を示している。両国の実質国内総生産が1984年以降ゼロ成長になるケース2においても、名目輸入額は

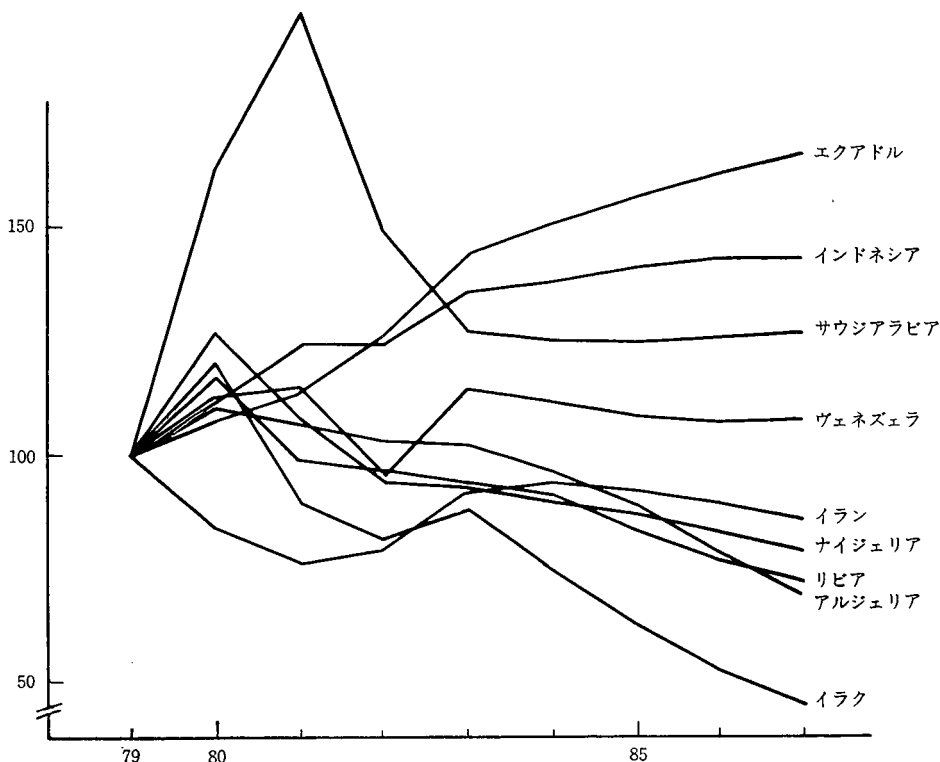


図 2.2 原油輸出に関するシミュレーション結果 (ケース1)
 実質国内総生産 (1979年=100)

高い増加率を示している。

名目貿易収支は、両国ともシミュレーションの各ケースにおいて、原油輸出額の停滞ともなっていて悪化する傾向を示している。とくに、ケース2においては、OPEC 9か国合計では、名目貿易収支は横ばい傾向を示すが、両国では悪化傾向を示す。

以上の結果から、原油輸出(額)の原油輸出国経済に及ぼす影響について、次のことが言えよう。① 原油輸出額(原油輸出量×価格)の変化が各国の経済に及ぼす影響は、各国の経済構造の差によって、国別に差違が生じる。このシミュレーション実験では原油輸出額を外生変数として与えており、原油輸出額の変動が、量の変動によってもたらされるか、価格の変動に

よってもたらされたかは、無差別である。しかし、付録2に示すように原油価格の変化が原油輸出国経済に及ぼす影響にも、国別に差がある。今回は分析できなかったが、原油輸出量と価格の水準の各国経済に及ぼすこのような差違は、各国の原油価格決定ビヘイビアに何らかの影響を及ぼしているであろう。② 原油輸出額の増加は、原油輸出国の経済成長の主要な誘因である。一定期間の間に、一定額の原油輸出額の増加が行われるとした場合、過去2回のオイル・ショックにおけるような、階段状の増加よりもなだらかに増加する方が、長期安定的な経済成長という観点からは望ましい。

2.2 需要ブロック

需要ブロックの外生変数である原油価格についていくつかのケースを設定し、需要ブロック・モデルを解いて、原油値下げの影響に関するシミュレーション実験を行った。需要ブロック・モデルにおいては、原油価格の値下げは、実質国内総生産に対してプラスの効果を及ぼし、一次エネルギーと原油の需要を増加させる。

前項で述べたように、原油需要の減退にともなう原油価格の値下げ（したがって原油輸出額の減少）は、原油輸出国の経済にマイナスの影響をもたらす。ひいては原油需要国の（対 OECD）輸出の減退、国際収支の悪化にともなう対外債務返済不能や海外資産の引き上げなど、原油需要国にとってもマイナスの影響を及ぼす可能性がある。

しかし、ここで行ったシミュレーションには、このような因果関係は反映されていないので、実質国内総生産などの推定結果は、現実に予想される値に比べて過大に推定されている可能性がある。

シミュレーション期間は 1975 年～1987 年とした。外生変数である原油価格は、1982 年までは実績値をとった。1983 年以降については、1983 年 3 月に OPEC が決定したアラビアンライต์ 29 ドルの水準が 1987 年まで維持されるケース（ケース 1）と、原油値下げが行われず、1983 年 3 月までの価格 34 ドルが 1987 年まで維持されると仮定したケース（ケース 2）との、2 つのケースを設定した。

図 2.3 は、OECD 7 か国合計の原油需要量の推定値を示したものである。原油価格が 1983 年に 29 ドルに値下がりし、1987 年までその水準に維持されるならば、原油需要量は 1983 年

には増加傾向に転じ、1987、8 年には、第 2 次オイル・ショック前のピークに近い水準まで回復する。値下げがなく 34 ドルの水準が維持された場合でも 1984 年には増加に転じるが、需要回復の速度は遅い。

図 2.4 は、ケース 1 による各国別原油需要量の推定値を、1979 年=100 として基準化して図示したものである。原子力など石油代替エネルギー開発の進展の度合い、経済成長率などの国別の差によって、今後の原油需要量の動向に大きな差がもたらされることが予想される。

表 2.1 は、OECD 7 か国合計と日本について、ケース 1 のシミュレーション結果と、ケース 1 とケース 2 の結果とから算出した原油値下げの効果を示したものである。

原油値下げのエネルギー需要への効果を見ると、一次エネルギー需要量は、OECD 7 か国合計で、1983 年には原油換算 43 万 b/d、日本では 7 万 b/d 増加する。これは 83 年の需要量のそれぞれ 0.7%、1.0% に当たる。原油需要量は、同じく 1983 年に、OECD 合計で 36 万 b/d (83 年需要量の 1.5%)、日本で 9 万 b/d (同じく 2.1%) 増加する。また OECD 全体で見ると、原油値下げは当初原油以外の一次エネルギーの需要も増加させるが、1986 年以降は、原油需要量の増加が一次エネルギー需要増加を上まわるようになり、原油値下げによって石油以外のエネルギーから石油への代替が進展することが示されている。日本の場合、値下げ当初から、原油需要量の増加が一次エネルギー需要の増大を上まわり、原油値下げによる石油への代替効果が強く現われている。

経済成長率に関しては、今回の値下げは、値下げがなかった場合に比べて、OECD 7 か国合計で、1983 年に 0.39%、1984 年で 0.22%、

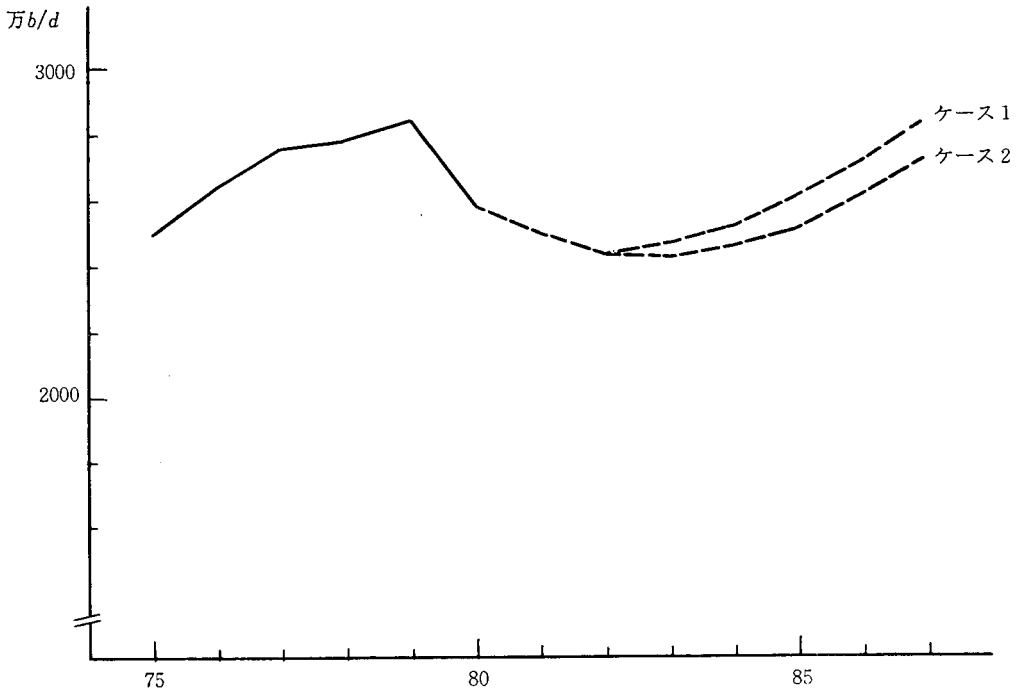


図 2.3 原油価格に関するシミュレーション結果
OECD 7か国合計 原油需要量

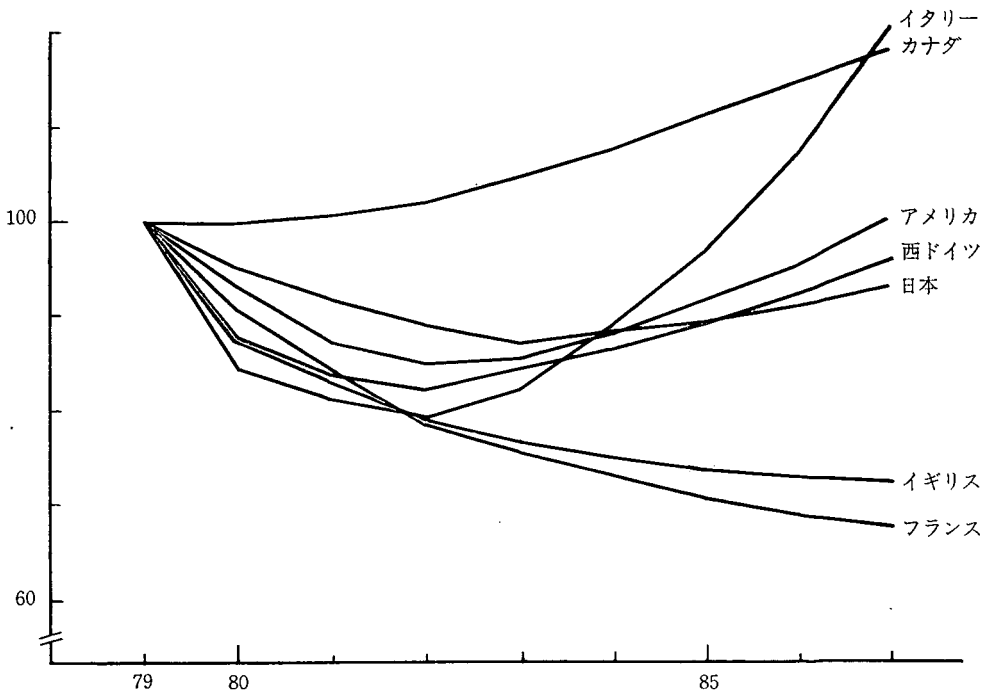


図 2.4 原油需要量の推定値 (1980年=100)
ケース1 (原油価格, 1979年~83年:実績値, 1984年~87年:34ドル)

表 2.1 原油値下げに関するシミュレーション結果（ケース1）

(1) OECD 7か国計

	一次エネルギー需要量		原油需要量		実質国内総生産		
		値下げ効果		値下げ効果	値下げ効果		
					実 額	成 長 率	
1982	58.99		24.38		4,254.3		
1983	61.25	+0.43	24.66	+0.36	4,434.8	16.6	0.39
1984	63.85	+0.68	25.23	+0.61	4,629.5	26.9	0.22
1985	66.78	+0.88	26.09	+0.85	4,836.8	33.9	0.13
1986	69.98	+1.04	27.20	+1.06	5,056.5	39.4	0.09
1987	73.43	+1.18	28.55	+1.26	5,288.6	44.1	0.06
	石油換算 100 b/d		100 万b/d		1975年価格 10億ドル		%

(2) 日 本

	一次エネルギー需要量		原油需要量		実質国内総生産		
		値下げ効果		値下げ効果	値下げ効果		
					実 額	成 長 率	
1982	6.92		4.15		713.1		
1983	7.30	+0.07	4.24	+0.09	762.0	3.7	0.53
1984	7.78	+0.14	4.38	+0.16	816.0	6.4	0.28
1985	8.32	+0.19	4.57	+0.23	875.1	8.5	0.20
1986	8.94	+0.25	4.82	+0.31	939.4	10.3	0.14
1987	9.63	+0.29	5.12	+0.38	1,009.0	11.8	0.08
	石油換算 100 万b/d		100 万b/d		1975年価格 10億ドル		%

経済成長率を引上げる。日本については、1983年0.53%、1984年0.28%、経済成長率を引上げると推定されている。

2.3 シミュレーション結果から見た原油需給動向

最後に、これまでに述べて来た、供給、需要ブロックのシミュレーション結果に基づいて、国際石油市場における需給関係と価格の今後の動向について、とくに今回決定された29ドルという価格水準が、原油需給関係から見てどのような水準にあるのかという観点から検討しよう。

ここでは、自由世界全体の原油需要量から自由世界の非OPEC原油供給量を差し引いたものを、対OPEC原油需要量と定義する(OPEC

の実現された原油輸出量は、対OPEC原油需要量から、需要国の在庫純減と中央計画経済諸国からの純輸入を差し引いた量に等しくなる)。

需要ブロックのシミュレーション結果から推定した、対OPEC原油需要量を図2.5に示す³⁾。自由世界全体の対OPEC原油需要量は、1979年(実績2,600万b/d)以降なだらかに減少すると推定されている。そしてケース1では1983年に、ケース2では1985年に増加に転じる。両ケースとも、1980年～1987年の対OPEC原油需要量は、2,200万～2,500万b/dの範囲で変動すると推定されている。

3) 対OPEC原油需要量の推定は、次のように行った。需要ブロック・モデルに非OPEC原油供給関数を追加し、OECD7か国以外の自由世界諸国の原油需要量は、1981年の水準が1987年まで維持されると仮定し、外生変数としてモデルに与え、需要ブロック・モデルを解いた。

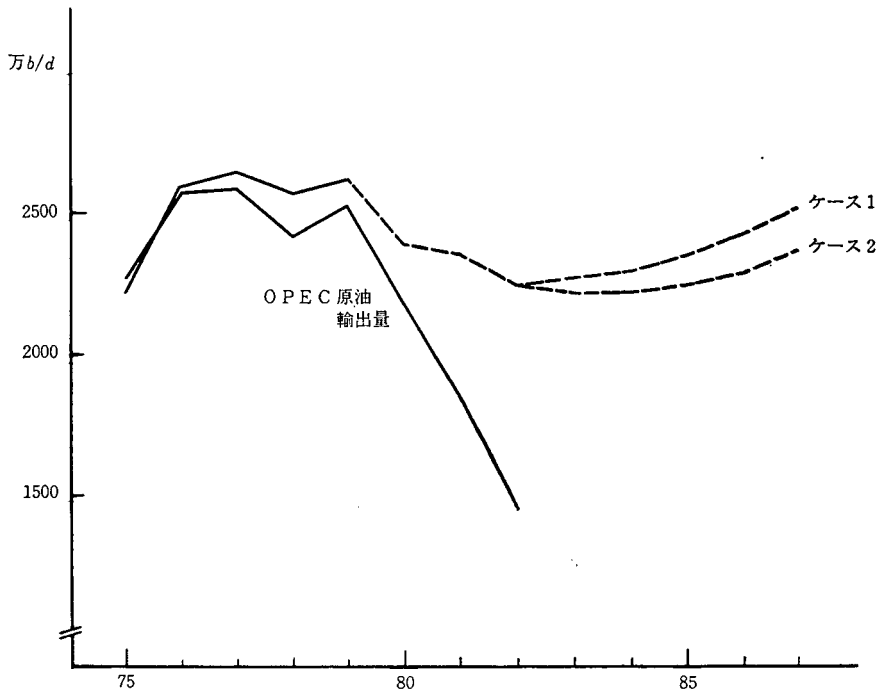


図 2.5 対 OPEC 原油需要量

注) 対 OPEC 原油需要: ~1979年; 実績値
 1980年~1987年; モデルによる推定値
 OPEC 原油 輸出量: ~1979年; 実績値 (モデルのインプット・データ)
 1980年, 実績値 (Arab Oil & Gas, 1861年11月1日)*
 1981年, エネ研推定*
 (* 日本エネルギー経済研究所「エネルギー経済」1983年
 3月号, p. 11 より引用)

一方 OPEC の原油輸出実績は、1979 年の 2,500 万 b/d から急激に減少し、1982 年には 1,500 万 b/d を下まわるに至った。1980 年から 82 年にかけて、対 OPEC 需要量と OPEC の輸出量とのギャップが拡大している。このギャップは、需要国の在庫の取りくずしと、中央計画経済諸国からの純輸入によるものである⁴⁾。

1983 年現在、需要国の取りくずし可能在庫は大幅に減少しており、今後はこのような大量の在庫取りくずしを予想することはできない。そこで、中央計画経済諸国からの純輸入に今後大きな変動がないとするならば、対 OPEC 原

油需要量と OPEC の実現された原油輸出量との間のギャップは今後縮小していくと考えることができよう。

これらの点を考慮すると原油価格 29 ドルの

4) 原油の在庫に関しては、信頼に足る統計は存在しない。自由世界の原油在庫変動の推定値の 1 例として、ここでは、Petroleum Intelligence Weekly によるものを示そう。

1981年 1 億バレル (27 万 b/d)

1982年 5.5 億バレル (151 万 b/d)

1983年 2 億バレル (55 万 b/d)

(P. I. W., Feb. 14, 1983)

中央計画経済諸国からの、自由世界の原油輸入量は、次のように推定されている。

1980年 100 万 b/d

1981年 174 万 b/d

1982年 (上期) 195 万 b/d

(P. I. W., Dec. 6, 1982)

水準による原油輸出量の回復のパターンは、供給ブロック・モデルを用いた原油輸出額に関するシミュレーションのケース2の原油輸出量に類似したものとなるであろう。つまり、供給ブロックのシミュレーション・ケース2と需要ブロックのシミュレーション・ケース1とは、国際石油市場において現実に実現されうる均衡価格と需給量の1つのシナリオに対応した、両ブロックの経済の動向をシミュレートしたものと見ることができよう。そして、シミュレーション結果から、原油価格 29 ドルという水準は、現在の需要国経済にとって好ましい影響をもたらすものであると同時に、原油輸出国にとっても一定水準の経済成長率の実現を可能とする原油輸出額の増加をもたらすものであると言えよう。

3. 付 録

3.1 モデルの構造

(1) 供給ブロック

原油供給ブロックの国別マクロ・モデルは、7本の構造方程式と6本の定義式からなる。

① 消費

$$C/ = f(GDP/, C/_{-1})$$

または

$$C/ = f(GDP/, F/_{-1})$$

② 投資

$$I/ = f(GDP/, F/_{-1})$$

③ 輸入

$$M/ = f(C/, I/, M/_{-1}, PM)$$

④ 輸入価格

$$PM = f(PGAV * EXR)$$

⑤ 国内一般物価

$$PG = f(PM, PG_{-1})$$

⑥ 原油供給

$$XP \cdot \overline{POP} = f(M, F_{-1})$$

⑦ 名目外貨準備高

$$F = f(Z, F_{-1})$$

⑧ 名目輸入

$$M = (M/ \cdot PM) \div \overline{EXR}$$

⑨ 名目輸出

$$X = XP \cdot \overline{POP} + \overline{XO}$$

⑩ 名目貿易収支

$$Z = X - M$$

⑪ 実質外貨準備高

$$F/ = (F \cdot \overline{EXR}) \div PM$$

⑫ 実質輸出

$$X/ = (X \cdot \overline{EXR}) \div PG - \varepsilon$$

⑬ 国内総生産

$$GDP/ = C/ + I/ + X/ - M/$$

変数

(内生変数)

$C/$: 消費 (1975年価格, 百万USドル)

$I/$: 投資 (1975年価格, 百万USドル)

$M/$: 輸入 (1975年価格, 百万USドル)

$X/$: 輸出 (1975年価格, 百万USドル)

M : 名目輸入 (百万USドル)

X : 名目輸出 (百万USドル)

XP : 原油輸出 (百万バレル/年)

Z : 名目貿易収支 (百万USドル)

F : 名目外貨準備高 (百万USドル)

$F/$: 実質外貨準備高

(1975年価格, 百万USドル)

$GDP/$: 実質国内総生産

(1975年価格, 百万USドル)

PM : 輸入価格 (1975年=1.00)

PG : GDP デフレーター (1975年=1.00)

(外生変数)

\overline{XO} : 原油以外の輸出 (百万USドル)

- \overline{PGAV} : OECD 7 国平均物価
 (1975年=1.00)
- \overline{POP} : 原油価格 (US ドル/バーレル)
- \overline{EXR} : 為替レート (国別通貨単位/US ドル, 1975年=1.00)
- ϵ : 統計上の不突合

供給ブロックの国別マクロ・モデルの外生変数は、原油価格、OECD 7 国平均国内物価、為替レート、原油以外の輸出額、および統計上の不突合である。

このモデルでは、国内総生産の構成要素である消費、投資、輸入、輸出は、内生変数としてモデルの中で決定される。輸出に関しては、原油輸出額(原油輸出量×原油価格)が名目輸入額と外貨準備高を説明変数として決まる。そして原油輸出量は、原油輸出額を原油価格で割って求められる。

モデルを構成する関数のうち、消費関数、投資関数、輸入関数は通常のマクロ・モデルで用いられる定式化である。いくつかの国においては、これらの関数の説明変数として、資産効果を示すものとして外貨準備高を含めた式が有意に推定されている。

国内物価は、輸入価格と前期の国内物価によって説明される。輸入価格は OECD 7 国平均の国内物価によって決定される。原油需要ブロックの各国モデルでは、原油価格によって国内物価が決まるようになっているので、原油価格変動の需要側各国国内物価への影響は原油輸出国の輸入価格を通じて原油輸出にフィード・バックされる。

名目輸出と名目輸入から貿易収支が決まり、貿易収支と前期の外貨準備高から当期の外貨準備高が決まる。外貨準備高は次期の消費、投

資、輸入などに影響を及ぼす。

原油輸出関数の定式化は、原油輸出国の行動に関する1つの仮説に基づいて行われている。この関数は、原油輸出国はその輸入の支払代金として必要となる外貨収入をもたらすに十分な量の原油輸出を行なうという仮説から導き出されている。

原油輸出国の貿易収支バランスは次のように定義される。

$$XP \cdot \overline{POP} + \overline{XO} - M / \cdot PM / \overline{EXR} = Z$$

この式を書きかえた。

$$XP = (M / \cdot PM / \overline{EXR} + Z - \overline{XO}) / \overline{POP}$$

において、 \overline{XO} と \overline{POP} は外生変数である。ここで、名目輸入額 ($M / \cdot PM / \overline{EXR}$) と貿易収支 (Z) とが、先決的に与えられるならば、輸入代金を調達し、かつ一定水準の貿易収支を達成するのに必要な原油輸出量を上式から算出することができる⁵⁾。

このモデルでは、輸入と原油輸出とが輸入関数、原油輸出関数によって決まり、貿易収支が、上記の貿易収支バランス式によって内生変数として決まるようになっている。

原油輸出関数は、原油輸出額を名目輸入額と外貨準備高を説明変数とする次のような関数である。

$$XP \cdot \overline{POP} = f(M, F_{-1})$$

上式において、名目輸入のパラメータはプラスを予定する。また外貨準備高の水準が高ければ、原油輸出によって当期に調達しなければならない外貨量は減少するから、外貨準備高のパラメータはマイナスを予定する。

この関数において、原油輸出量の原油価格弾力性は -1 であり、原油輸出量は原油価格の減

5) 「国際石油市場のモデル分析」第 III 編においては、貿易収支を外生変数として、この式を原油輸出関数として用いた。

少関数である。

なお、この原油輸出関数においては、原油供給能力が考慮されていない。モデルを用いてシミュレーションを行う場合には、原油輸出量が供給能力を上まわることがないように、原油輸出量に対して何らかの形で上限を設定しなければならない。

(2) 需要ブロック

需要国モデルは、一次エネルギー需要、原油消費比率、国内総生産、国内一般物価を決定する4本の構造方程式と3本の定義式から構成される。

① 一次エネルギー需要

$$DE=f(GDP, POPR, DE_{-1})$$

② 国内総生産

$$GDP=f(POP, GDP_{-1}, T)$$

③ 国内一般物価

$$PG=f(POP, PG_{-1}, T)$$

④ 原油消費比率

$$OR=f(POPR, OR_{-1})$$

⑤ 原油需要

$$DO=\frac{OR}{1+OR} \cdot DE$$

⑥ 為替レート調整済み原油価格

$$POP=\overline{POP} \cdot \overline{EXR}$$

⑦ 実質原油価格

$$POPR=POP/PG$$

(変数)

(内生変数)

DO : 原油需要 (百万バレル/年)

DE : 一次エネルギー需要

(石油換算, 百万バレル/年)

GDP : 実質国内総生産

(1975年価格, 10億USドル)

PG : GDP デフレーター (1975年=1.00)

OR : 原油需要/その他の1次エネルギー需要

$POPR$: 実質原油価格 (各国為替レート調整済み, USドル)

POP : 名目原油価格 (各国為替レート調整済み, USドル)

(外生変数)

\overline{POP} : 基準原油取引価格 (USドル)

T : 時間

\overline{EXR} : 為替レート (国別通貨単位/USドル, 1975年=1.00)

このモデルでは、外生変数である原油価格の上昇は、国内総生産を減少させる方向に作用する。また一次エネルギー需要と一次エネルギー需要に占める原油需要のウェイトを引き下げる方向に作用する。

①式は、エネルギーをひとつの生産要素として含んだマクロの生産関数から誘導される派生需要を決定する関数であると理解される。②式は、原油価格の上昇による国内総生産への影響を総合的に表現した関数であり、この効果の中には、原油価格上昇による供給側への影響および、原油価格の上昇とそれによってもたらされる一般物価水準の上昇による。需要側への影響(デフレ効果)とが含まれる。③式は、原油価格上昇の一般物価水準への効果を、④式は、原油価格上昇による原油から他の1次エネルギーへの代替効果を表わしている。

(3) 需要、供給ブロックの結合

供給ブロックの各国モデルは、原油価格、OECD 7か国平均国内物価などを外生変数として、原油輸出量を決定する。需要ブロックの各国モデルは、原油価格を外生変数として原油

需要量を決定する。

供給ブロックと需要ブロックを結合して、世界石油市場における原油需給を均等させることによって、原油価格をモデルによって決めることができる。自由世界（計画経済圏諸国との間の原油輸出入は無視する）における原油の総需要量は、OECD 7か国の需要量と、「その他のOECD 諸国」および「OPEC 諸国を除く途上国」の需要量を加えたものであり、原油の総供給量は、モデルが作成されている OPEC 10か国と、今回はモデルを作成しなかったクエート、カタール、アラブ首長国連邦、および非OPEC 諸国の原油供給量を加えたものである。

OPEC 諸国の原油供給量は

$$XTP(POP) = \sum_1^{13} XP_i(POP)$$

となる。OPEC 諸国に対する原油需要量は、

$$DOT(POP) = \sum_1^9 DO_i(POP) - SNO$$

となる（ここで $i=1\sim7$: モデルを作成した OECD 7か国, $i=8$: 「その他の OECD 諸国」, $i=9$: 「OPEC を除く途上国」を示す。SNO は非 OPEC 諸国の原油輸出量を示す）。

$DOT(POP) = XTP(POP)$ として需給均等させれば、需給均衡価格を解くことができる。

モデルにおいては、原油の需要関数も供給関数も右下り（価格弾力性がマイナス）になっている。今回のモデルでは需要関数の傾きが供給関数の傾きより大きく推定された。したがって、世界石油市場にワルラス的な調整過程を仮定するならば、このモデルによる需給均衡価格は不安定解となっている。

(4) 使用データ

① エネルギー、原油需要

供給ブロック、需要ブロックともに、国連の World Energy Supplies, World Energy Sta-

tistics (WES) を用いた。

供給ブロックの原油輸出量は、原油生産量－国内消費量として算出されている。需要ブロックの原油需要は、apparent supply of crude petroleum を用いた。これは原油の非エネルギー需要を含み、在庫の増減を差し引いた原油の純消費量である。一次エネルギー需要は、商業エネルギー総消費量を採用したが、その中の液体燃料の数値を上の原油需要量の数値で置きかえた。

② 実質国内総生産、一般物価指数など

供給ブロックについては、世界銀行、World Tables から、国民所得関係のデータと価格データを採った。需要ブロックについては、これらのデータを OECD, National Accounts of OECD Countries から採った。

③ 原油価格

原油価格は、世界銀行、Commodity Trade and Price Trends から、アラビアンライトの Ras Tanura における年平均実現価格を採用した。

④ 為替レート、外貨準備高

IMF, International Financial Statistics から対 US ドル年間平均為替レートと、外貨準備高を採用した。

これらのデータがすべて利用可能なのは、供給ブロックについては 1979 年以前（イラン、イラクは 1977 年以前、ガボン は 1964 年～1972 年）、需要ブロックについては 1980 年以前である。モデルの推定は、1960 年から、最新のデータの得られる 1979 年（供給ブロック）または 1980 年（需要ブロック）までの期間を対象として行った。

3.2 供給ブロックの内挿シミュレーション

供給ブロック、需要ブロックの内挿シミュレーションの詳細については、「国際石油市場のモデル分析・第IV編」を参照されたい。

ここでは、今回の作業によって大幅に改良された供給ブロック・モデルの内挿シミュレーション実験を簡単に紹介する。

モデルの観察期間について、外生変数である原油価格が現実とは異なった経路をとって変動した場合を想定してシミュレーションを行った。この実験によって、それぞれのケースの原油価格によって、原油輸出の経済がどのような影響を受けるかについて分析する。

供給ブロック各国モデルでは、原油輸出はその輸入の支払代金として必要とされる外貨収入を獲得するに十分な量の原油を輸出するという行動を採ると仮定されている。供給ブロックを単独に用いてシミュレーションを行う場合には、原油輸出は、需要側の要因に制約されることなく、原油輸出量を決定することができることと仮定されている。このような状況の下では、一定の外貨収入を得るという目的からすれば、原油価格を下げて輸出を増加させることと、原油価格を上げて輸出を減少させることとは、原油輸出国にとっては無差別であることになる。

しかし、原油価格の変化は、原油需要国の国内物価に影響を及ぼし、それは原油輸出国の輸入価格の変化となって輸出国にはね返って来る。シミュレーションには、この効果を組入れる。これによって、原油価格の変化によってもたらされる価格面での波及効果が原油輸出国の経済にどのような影響を及ぼすかを知ることができる。

モデルの外生変数である原油価格について次

の2つのケースを設定した。

ケース1：1974年以降、原油価格が1973年～1979年の年平均成長率で上昇した場合。

ケース2：1974年以降、原油価格が、第1次オイル・ショック以前の1968年～1973年の年平均成長率で上昇した場合。

ケース1は、外生変数として実績の原油価格を用いた基準ケース（ファイナル・テスト）に比べて、原油価格の上昇幅は同じであるが、その上昇の経路がなだらかである場合を想定している。ケース2は、基準ケースに比べて、原油価格の上昇幅が小さく、かつ上昇経路がなだらかであった場合を想定している。

もう1つの外生変数である、OECD 7か国平均国内物価は、各ケースの原油価格を需要ブロック・モデルに外生変数として与えてシミュレーションを行い、各国の国内一般物価の推定値から作成した。

供給ブロック10か国のうち、1972年までしかデータの得られないガボンを除き、9か国についてシミュレーションを行った。

図3.1(1)は、9か国合計の実質国内総生産の推定値を示したものである。国内総生産は各ケースとも、基準ケースをわずかに上まわるという結果になっている。つまり、原油価格が1973年に急激に上昇した基準ケースに比べて、同じ上昇幅がなだらかに実現される場合（ケース1）においても、価格上昇率がより低い場合（ケース2）においても、OPEC全体としては経済成長率は高くなる。

しかし、国別にシミュレーション結果を見ると、アルジェリア、イラン、イラクでは、各ケースの実質国内総生産は、基準ケースのそれを上まわっているが、エクアドル、ヴェネズエラの実質国内総生産は基準ケースのそれを下まわ

表 3.1 シミュレーション各ケースの原油価格, OECD 7 国平均国内物価

		1974	1975	1976	1977	1978	1979
基準ケース	POP	9.79	10.72	11.51	12.40	12.70	17.00
	PGAV	0.9098	0.9977	1.0379	1.1295	1.2903	1.4152
ケース 1	POP	3.67	4.99	6.77	9.21	12.51	17.00
	PGAV	0.8613	0.9393	0.9808	1.0774	1.2516	1.3831
ケース 2	POP	3.12	3.62	4.19	4.85	5.61	6.49
	PGAV	0.8564	0.9262	0.9576	1.0387	1.1878	1.2920

単位 原油価格 US ドル
 OECD 7 国平均国内物価 1975年=1.0

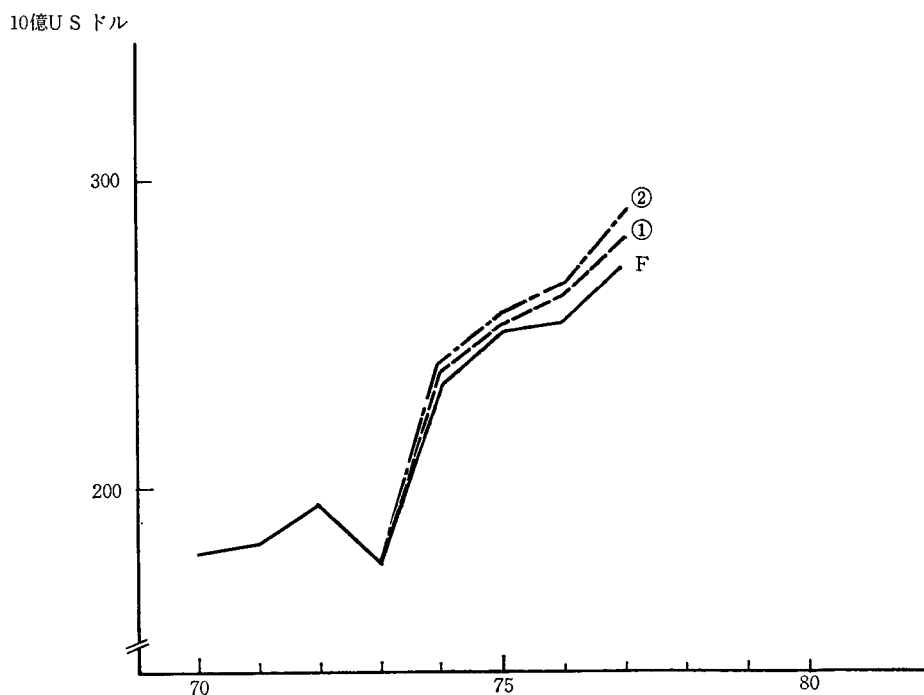
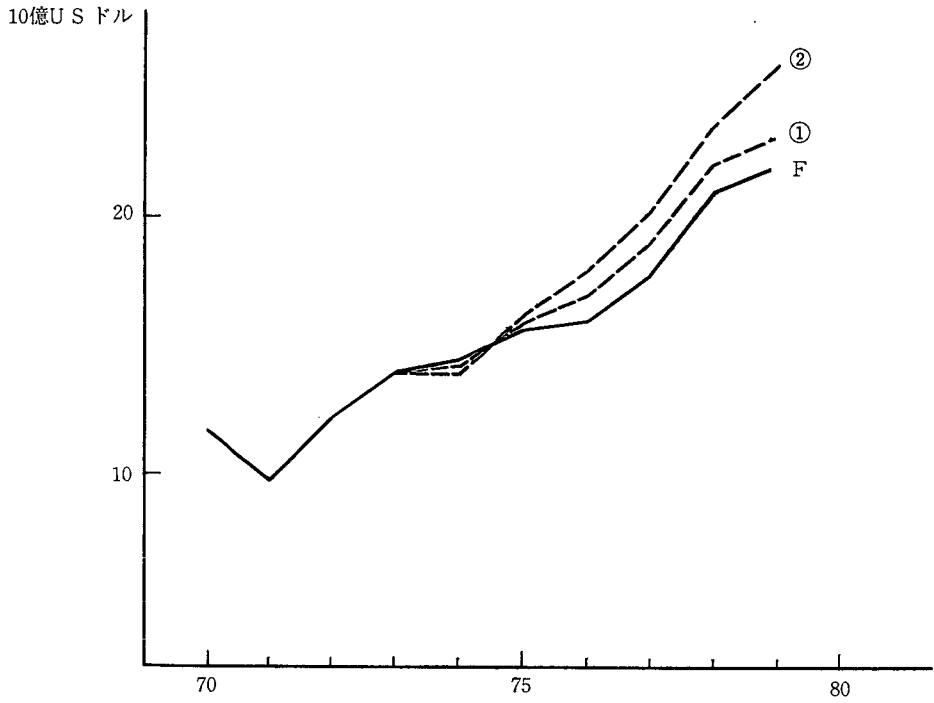


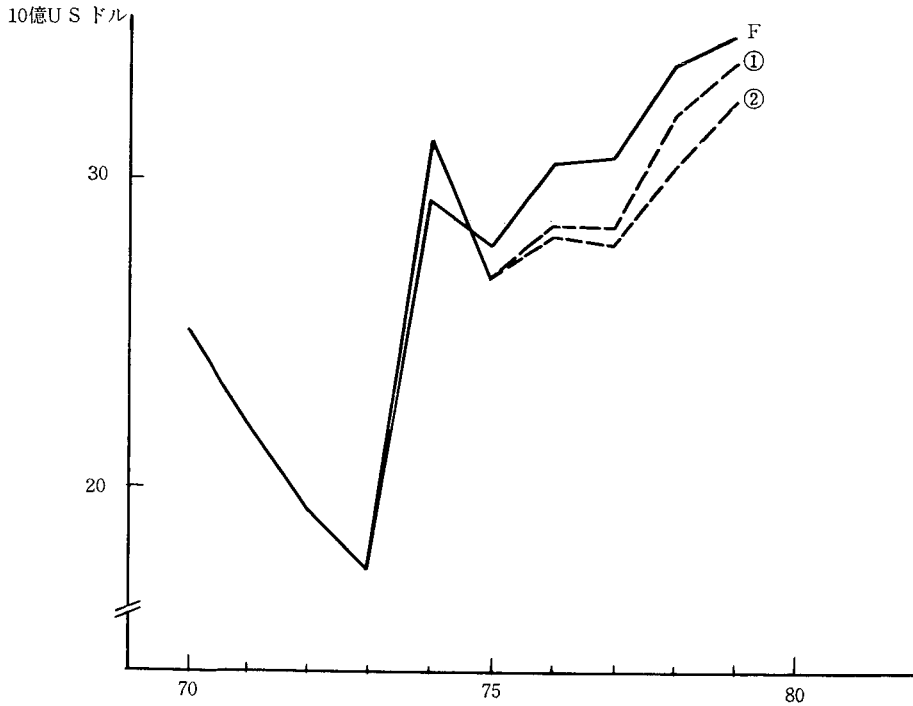
図 3.1 原油価格に関するシミュレーション結果

(1) OPEC 9 国実質国内総生産

①は, シミュレーション・ケース 1, ②は, シミュレーション・ケース 2
 Fは, ファイナル・テストの結果を示す。



(2) アルジェリア 実質国内総生産



(3) ヴェネズエラ 実質国内総生産

っている。その他の諸国では、基準ケースに近い水準の実質国内総生産が推定されている。原油価格水準の変化が、輸出国の実質国内総生産に及ぼす影響には、国別に大きな差が見られる。図 3.1 (2), (3) は、原油価格を基準ケースから引き下げることによって実質国内総生産が増加する国の例としてアルジェリアを、逆に実質国内総生産が減少する国の例として、ヴェネズエラをとりシミュレーション結果を示したものである。

原油価格の変化は、原油輸出国の輸入価格、国内一般物価を変化させる。輸入価格の変化は

名目輸入額の変化をもたらし、原油輸出額などの諸変数に波及していく。国内一般物価の変化は直接実質国内総生産を変化させる。これらの効果に加えて、輸出入の変化は貿易収支（および外貨準備高）を変化させ、次期以降の消費、投資などに影響を及ぼす。原油価格変化の影響は、モデルの各変数間の複雑な因果関係を通じて波及していき、結果として、その影響に上述のような国別の差違が現われているのである。

（くまくら おさむ
経済部
エネルギー研究室）