

石油価格モデル—その1—

キーワード：石油価格モデル，シミュレーションモデル，
最適化モデル，石油輸入国，OPEC

佐 和 隆 光 荒 井 泰 男

〔要 旨〕

1973 年の中東戦争を契機に高騰した世界の石油価格水準は、その後比較的安定した動きを示してきたが、イラン政変をきっかけに、1979 年に再び急騰した。このような近年の世界石油価格の動向と政治的イベントとのかわりから、石油価格の決定プロセスに関して、“不可測な政治的要因”を重視しすぎる傾向が一部にある。しかし、短期的にはともかく、中長期的には石油も一般の財と同様に経済合理性の枠内にあるはずで、むしろ石油価格決定にかかわる経済要因を理論的に追求することにより、政治的要因の影響力を確定し得ると考えるべきではないか。そうした観点から、今回われわれは世界石油需給モデルの構築に着手した。本論はその第 1 章にあたる、過去の石油モデルの文献サーヴェイと概念モデルの構成に関する部分である。このあと、このプロジェクトでは、世界石油市場の需要ブロックと、OPEC 石油供給ブロックとを推定し、続いて、需給両ブロックを連動して石油市場のシミュレーション分析を行う予定である。

今回の報告では、まず ① 1974 年以後、欧米で数多く試みられた石油の市場分析を、最適化型モデルとシミュレーション型モデルの二群に分けてサーヴェイし、次いで、② ひとつの典型例として Pindyck モデルを詳しく紹介した。そして、③ Pindyck モデルの検討を土台として、主要な石油需給決定要因を抽出し、それぞれ実証分析に移す前段として、モデルのフローチャートに描いた。

第 1 章 石油価格決定の主要因

1. はじめに
2. モデル分析の意義

3. Pindyck のモデル
4. 石油需給の決定要因
5. モデルのフローチャート

世界石油市場の計量モデルを構築することにより、石油価格の動学的シミュレーション分析を試みるのが、本研究の主目的である。石油市場のモデル分析は、とくに 1974 年の石油危機以来、欧米において盛んに行われてきたが、わが国では従来、ほとんど試みられた例をみない。

まずはじめに、本論文の構成について、簡単に述べておこう。この論文は、全体で 4 章から

成りたっている。過去の文献のサーヴェイに始まり、われわれの“mental model”（数式に表現される以前のモデル）について説きすすめ、モデルのフローチャートを描くまでが、第 1 章である。石油価格の決定メカニズムにかんする、われわれの基本的な観点が、第 1 章において詳説される。ひき続く第 2 章では、世界石油市場における需要サイドの“formal model”（数式によって表現されるモデル）を定式化し、

それらの推計結果と、若干のシミュレーション分析結果が与えられる。続いて第3章において、OPEC 石油の供給モデルの定式化と推計が行われる。従来のモデル分析においては、OPEC 諸国の国内事情の分析が不十分であり、もっぱら OPEC は市場の不足を補う残余供給者 (residual supplier) か、あるいは単なる価格設定者 (price-setter) として扱われている。こうした不備を補おうという意図のもとに、データの制約等のために不完全ではあるが、OPEC の各加盟国別にマクロ計量経済モデルを推計し、国内経済が価格決定や産油量にどう影響を及ぼすかを、この章で分析してみる。そして第4章において、需要側のモデルと供給側のモデルを連結させて、国際石油市場の分析を試みる。

今回の報告は、以上4章のうちの第1章である。第2章の石油需要ブロックについては、モデルの第一次推定を行ったが、その結果は若干検討の余地を残しており、それらの点を検討修正のうえ早い時期に報告する予定である。第2章に関する現在までの暫定的な分析結果は、経済研究所内部資料 No. 213「石油価格モデル——石油需要ブロックの推定——」を参照されたい。

なお、本作業を進めるに当って、「石油価格モデル研究会」のメンバー諸氏から、有益なコメントを得た。以下、研究会のメンバーの名を記して、感謝のしるしとしたい。大平純彦 (国土庁)、加納 悟 (横浜国大)、鈴木 武 (法政大)、廣松 毅 (東大)、舟岡史雄 (大和証券)、美添泰人 (立正大)、和合 肇 (筑波大)、矢島昭、内田光穂、斉藤雄志、森清 堯、斉藤観之助、大山達雄、山地憲治 (以上、電研) (順不同)。

第1章 石油価格決定の主要因

1. はじめに

計量モデルを構築するに先だち、石油価格の決定メカニズムにかんする、われわれの基本的な考え方の枠組み——mental model——を、この章で明らかにしておきたい。

まずはじめに第2節において、従来のモデル分析の諸例を簡単にサーヴェイし、モデル分析の目的とその果たしうる役割について述べておく。第3節では、アメリカの経済学者 Pindyck のモデルを詳しく紹介する。第4節では、石油価格を決定する9つの主要因を列挙し、これらの諸要因にかんする、われわれの基本的見方を述べる。第3節と第4節を読みあわせることにより、Pindyck のモデルによって代表される従来のモデル分析が、どういう要因を明示的にとり入れ、どういう要因を考慮の外に置いているかが明らかになろう。最後の第5節においては、第4節で述べられた“mental model”を“formal model”に書きなおすための準備として、モデルのフローチャートが与えられる。

2. モデル分析の意義

1974 年以来、アメリカの経済学者を中心に、原油価格の決定メカニズムをモデル分析しようという試みが、きわめて盛んである。論文や書物の形で公けにされたモデル分析を通覧してみると、大別してそれらを、シミュレーション・モデルと最適化 (optimization) モデルに分類できる (表 1.2.1 と表 1.2.2 を参照)。

要約して述べれば、シミュレーション・モデルとは、静学的または動学的な連立方程式の解の径路として、原油価格の変動を予測するモデルか、あるいは外生的に与えた価格径路が石油輸入国と輸出国の経済に及ぼす影響を調べるた

表 1.2.1 シミュレーション・モデル

モデル	OPEC の構造	価格 径 路	シミュレーション期間の終点
Kennedy (1975)	ペルシャ湾岸と北アフリカの諸国が residual supplier として価格を設定：他の OPEC 諸国は能力一杯の生産	2.80\$/B から 1075\$/B の範囲の定常価格径路の相互比較	1980年
Blitzer-Meeraus-Stousjesdijk (1975)	residual supplier を： i) OPEC 全体 ii) サウジ、クウェート、アブダビとする	i) 10\$/B で不変 ii) 10\$/B から 7\$/B まで年率7%で下落 iii) 10\$/B から年率2%で上昇 iv) 10\$/B から年率2%で下落 v) 産油量が年率2%で増加 vi) 能力一杯の産油を継続	1995年
Kalymon (1975)	residual supplier を： i) OPEC 全体 ii) サウジ iii) サウジとイランとみなす	価格の初期値 (P ₀) と資源が涸渇する時点 (T) を与えて、時点Tにおいて価格が 15\$/B になるまで連続的に上昇することを仮定 i) P ₀ =8.50\$/B, T=2030 ii) P ₀ =7.00\$/B, T=2025 iii) P ₀ =10.00\$/B, T=2040	50年から100年
Ben-Shahar (1976)	OPEC 全体を residual supplier とみなす	様々な定常価格径路および定率上昇径路を比較	1985年
Eckbo (1976)	i) OPEC 全体 residual supplier とみなす ii) OPEC 諸国を “core”, “price pusher”, “expansion ringe” に分類	i) 1975年の価格が1990年まで不変 ii) 1979年に 2.50\$/B まで下落し、その後、1990年に 10.00\$/B まで連続的に上昇 OPEC の安定度、生産割当のルール、収入の必要度、加盟国の力関係等に応じて、様々な価格径路が結果する	1990年 1950年
Gately-Kyle(1977)	OPEC 全体を residual supplier とみなす	価格を市場の状況に応じて変動させる “rule-of-thumb.” を想定	1995年

めのモデルの意味である。OPEC の供給関数の定式化が困難なためもあって、価格を外生的に与える後者のタイプのモデルが大半を占めている。個々の方程式の関数型と係数値は、過去の時系列データに基づいて、統計的に推定されたものもあれば、“専門家の推量”に基づいて、先験的に定められたものもある。もちろん、適切なデータが利用可能ならば、統計的推定に頼ることが望ましい。しかしながら、1974年以前には、エネルギー関連のデータ整備が遅れていたこともあって、統計的推定には、多くの困難が付きまとう。その結果、不十分なデータから、無理な推定をおこなうよりは、専門家の判

断を尊重した方が、かえって現実的であるとも言える。また周知のとおり、1960年代には、原油の実質価格は低落傾向を示しており、この間のデータに基づいて、需要の価格弾性値や所得弾性値を計測し、予測に供することには、少なからぬ疑義が生じてくる。すなわち、需要の価格にたいする反応は、多かれ少なかれ非可逆的(irreversible)であり、価格が傾向的に上昇している局面と、傾向的に下落している局面とでは、弾性値にも差異があると考えた方が、より現実的ではなからうか。したがって、かつて経験したことのない価格の大幅上昇に対応する、需要の減少を予測するのに、1960年代(価格漸

表 1.2.2 最適化モデル

モデル	OPEC の構造	目的関数	最適価格経路
Kalymon (1975)	residual supplier を： i) OPEC 全体 ii) サウジ iii) サウジ, クウェート, カタール, UAE iv) サウジ, イランとする	便益（収入－費用＋国内消費者余剰）の現在価値	8.68\$/B に急落後、年率 1% で年 15\$/B まで上昇
Ezzati (1976)	主要 9 カ国とその他（4 カ国）に 10 分割	計画期間内の年次別消費（国別）の現在価値と最終年次の GNP の現在価値との和	価格水準を不変に保ち、国別の最適供給量を求め、国別の需要量とつきあわせて、OPEC の安定度（stability）を吟味
Cremer-Weitzman (1976)	ベルシャ湾岸諸国と北アフリカ諸国を residual supplier とする	1975 年を始点とする 10 年間隔の 4 時点における利益の現在価値	1975—85 および 1985—95 の価格はほぼ一定に止まり、その後は徐々に上昇
Ben-Shahar (1976)	OPEC 全体を residual supplier とする	1990 年までの OPEC の収益の現在価値と 1990 年の原油埋蔵量の和	価格の変動幅を 3\$/B～18\$/B に限定：1982 年までは 4\$/B に安定、その後 18\$/B に上昇し安定
Pindyck (1978)	同上	2010 年までの純収益の現在価値	1975 年に 13\$/B から出発して、1978 年に 10\$/B まで低下し、その後、徐々に上昇して 1995 年に 13\$/B の水準を回復する
Hnyclicza-Pindyck (1976)	OPEC を savers（サウジ, クウェート, UAE, カタール）と spenders（その他）に二分割： i) 市場占拠率は一定 ii) 2 人協力ゲームの方式に従って、市場占拠率を決定	各群に異なる割引率を想定した上で、各々の純収益の現在価値の一次結合 割引率については同上；ゲーム論理接近法	大筋において上に同じ 代表的な結果は以下のとおり、15\$/B から出発して 1982 年に 10\$/B、1985 年には 5\$/B まで下落し、1986 年には 14\$/B に急騰して 2000 年までその水準を維持（市場占拠率は、いわゆる“bang-bang”）
Pindyck (1979)	1) residual supplier を： i) サウジ, UAE, クウェート ii) サウジ とし、その他 OPEC 諸国は能力一杯の生産 2) supplier については同上、メキシコ原油の供給量を外生的に与える	Pindyck (1978) と同じ 同上	価格は低落することなく趨勢的上昇 Pindyck (1978) と同様

減期)のデータから推計された弾性値を拠り所とするのは、非現実的である、とのそしりをまぬかれない。ただし、1973年末の原油価格の大幅上昇以降、すでに7カ年を経過した今の時点で、(価格急騰期における)弾性値を過去のデータから統計的に推定することは、おそらく可能であろう(本論文の第2章を参照)。しかし、既成のモデルのほとんどが、75年前後に構築されたことを勘案すれば、モデルの推定にあたり“専門家の判断”を大幅にとりいれざるをえなかったのは、やむをえないことであったといえよう。

他方、最適化モデルにおいては、「residual supplierとしてのOPEC(またはその一部諸国)が所定の目的関数を最大化するように独占的に価格を決定する」という想定のもとに、価格の動学的径路が予測される。後にPindyckのモデルを用いて例示するように、独占体としてのOPECは、価格に弾力的な需要関数の形状を既知のものとして、目的関数(将来収益の現在価値)を最大化すべく、計画期間全域にわたる価格径路を一挙に決定する。シミュレーション・モデルとおなじく、需要関数は、過去のデータと先験情報を組みあわせて推計される。最適化モデルの場合、既存の数理計画法のアルゴリズムを適用する都合上、複雑な需要関数を用いることは許されない。

最適化モデルとシミュレーション・モデルの基本的な差異は、次の点にある。後者においては通常、価格にたいしてプラスの弾力性をもつ供給関数が組みこまれており、需給の均等条件により、いわゆる均衡価格が決定されるか、あるいは価格の径路を外生的に与えて、その維持可能性(sustainability)が吟味される。他方、最適化モデルには、供給関数が組みこまれてお

らず、そのかわりに、residual supplierとしてのOPEC(またはその一部)が、将来収益の現在価値を最大化するように価格を決定する、という石油輸出国側の合理的行動様式が前提とされる。

現実の原油価格の決定プロセスをどうみるかは、人によって見解の別れるところであろう。政治的背景を重視する人もおれば、短期的な変動はともかくとして、中長期的には、一定の経済合理性が貫徹していると考える人も少なくあるまい。ともあれ、経済モデルによって価格決定のプロセスを分析しようとするかぎり、“政治的”な側面は、あえて切り落とさざるをえない。むしろ“政治的”な側面を捨象した、純粋な経済合理性に基づくモデルを作動させてみることによりはじめて、“政治的”な要因の影響の大きさを秤量することができる。すなわち、モデルが予測する価格径路と現実の価格径路との間の“乖離”を分析することによりはじめて、いわゆる“政治的”要因の及ぼす効果の大きさについて、確たることを述べるのが許されるのではなからうか。経済合理性に固執したモデルの、分析上の意義は、たんに“あてるため”の予測にあるのではなく、上記のような意味における“理念型”の提示にあることを、蛇足を承知のうえで強調しておきたい。

ところでしかし、経済合理性の意味について、必ずしも万人が一致した見解にたつわけではあるまい。「結局のところ、価格は競争的な市場均衡によって決定される」という観点にたつならば、需給均衡型のシミュレーション・モデルが妥当とみなされるであろう。逆に、「合理的な独占体であるOPECが、収益最大化をめざして“最適価格”を設定する」という観点にたつならば、最適化モデルが妥当とみなされ

るであろう。また、OPEC を構成する 13 カ国の行動様式が、かならずしも一枚岩的ではなく、賦存資源の量や人口の多寡、工業化促進政策のあり方、等々によって諸国の行動様式に違いが生ずると考えるならば、いわゆる absorptive power の強弱によって、OPEC 13 カ国を二つのグループに分かつ Hnyclicza-Pindyck のゲーム論的モデルに、一層の現実味を見出すことであろう。

OPEC 原油にたいする需要関数の想定についても、おなじことが言える。輸入国の需要が価格に弾力的であることをひとまず認めるにしても、反応が瞬時的 (spontaneously) になされるのか、もしくは分布ラグ的であるのか、さらに、どういう型の分布ラグに従うのかを、一切合切“データに語らしめる” (let data speak themselves) ことはほとんど不可能であり、あるていどの先験的判断をもちこまらざるをえない。

以上述べきたったように、一般にモデルは、経験的データと先験的理論の双方を足場に構築されており、予測結果もまた「しかるべき前提と理論から発した論理的帰結である」と解されなければならない。“予測”と“現実”とがくい違うのは、モデルの成りたちからして当然である。そうしたくい違いの生じたゆえんを解説することに、モデル分析の積極的な意義を見出すべきである。章末に掲げた文献の価格“予測”を一覧してみると、いずれにせよ、現実との隔たりは、現時点において、途方もなく大きい。だからといって、これらの文献でなされたモデル分析は無意味であると、一方的に斥けてはならない。予測が見当外れに終わったゆえんを仔細に調べてみることにより、多くの有意味な結論が導かれるはずである。

3. Pindyck のモデル

すでに公表された原油価格決定モデルの代表例を一覧表にまとめたのが、前掲の表 1.2.1 と表 1.2.2 である。この節では、とくに Pindyck のモデルをとりあげて、その構造について詳細な検討を加えておこう。数あるモデルのなかから、とくに Pindyck のモデルをとりあげたのは、次のような理由による。第一に、最も簡単であること。第二に、比較的あたらしいこと。第三に、このモデルによる予測結果が、たんに学術雑誌に公表されただけでなく、*Wall Street Journal* 等にも公表され、さまざまな反響を呼んだこと。そして第四に、このモデルは、しごく簡単であるにもかかわらず、たとえば「メキシコ原油の供給増」だとか、「資源温存的傾向のたかまり」などといった今日的な状態変化が、原油価格の径路に及ぼす影響を、数量的に評価できるという点である。

方程式体系は以下のとおりである。

$$TD_t = 1.0 - 0.13 P_t + 0.87 TD_{t-1} + 2.3(1.015)^t \quad (1)$$

$$S_t = (1.1 + 0.10 P_t) \cdot (1.02)^{-CS_t/7} + 0.75 S_{t-1} \quad (2)$$

$$CS_t = CS_{t-1} + S_t \quad (3)$$

$$D_t = TD_t - S_t \quad (4)$$

$$R_t = R_{t-1} - D_t \quad (5)$$

TD_t = 石油に対する総需要 (単位: 10 億バレル/年)

D_t = OPEC に対する石油需要 (単位: 同上)

S_t = 非 OPEC 産油国の石油供給量 (単位: 同上)

CS_t = 非 OPEC 産油国の累積供給量 (単位: 10 億バレル)

R_t = OPEC の埋蔵量 (単位: 同上)

P_t = 石油の実質価格(単位: ドル/バーレル
1975年基準)

方程式の係数値は、原油の埋蔵量、生産量、所得弾力性にかんする OECD の見通し、および、集計された時系列データから推定された弾性値の、双方との整合性 (consistency) を基準にして、なかば恣意的に定められたものである。(1) 式は非 OPEC 諸国の原油にたいする需要関数である。価格 (P_t) と前期の需要 (TD_{t-1}) の係数値は、価格が 1 バーレルあたり 6 ドル、総需要が 180 億バーレル/年としたときの、短期の価格弾力性が 0.04 であり、長期のそれが 0.44 である」という前提から計算されたものである。線型式が用いられているため、弾力性は価格と需要のレベルに依存する。たとえば、価格が 1 バーレルあたり 12 ドルで需要が 180 億バーレル/年 とすれば、短期と長期の弾力性は、それぞれ 0.09 と 0.90 になる。(1) 式の右辺の第 4 項は、経済成長率を 3%、需要の所得弾性値を 0.5 と仮定したときの趨勢的な需要の伸びを示す項である。(2) 式は、非 OPEC 産油国の石油供給関数である。価格が 1 バーレルあたり 6 ドル、産油量が年産 65 億バーレルとしたときの価格弾性値は、短期で 0.09、長期で 0.75 である。おなじ産油量的もとで価格が 12 ドルとすれば、弾性値は、それぞれ 0.16 と 0.52 に上昇する。こうした数値を目安にして、 P_t と S_{t-1} の係数値が決められる。産油にともなう埋蔵量の減少が、供給力に及ぼす影響 (枯渇効果) を加味するために、 $(1.02)^{-CS_t/7}$ という項が付け加わっている。埋蔵量のデータは概して不精確なため、「累積産油量 (CS_t) の増加が供給曲線を左にシフトさせ、供給の価格弾力性を低下させる」という関係によって、枯渇効果を表現している。仮に年

産 70 億バーレル平均で 30 年間産油を継続したとすれば、累積産油量は 2,100 億バーレルとなり、 $(1.02)^{-80} \approx 0.55$ より、価格が不変としても、産油量は初期の水準の 55 パーセントに低下する。

さて独占的カルテルである OPEC は、計画期間 (N 年) にわたる将来収益の現在価値

$$W = \sum_{t=1}^N \frac{1}{(1+\delta)^t} [P_t - 250/R_t] D_t$$

が最大になるように、価格系列 $\{P_t\}$ を決定する。 $250/R_t$ は 1 バーレルあたりの採掘コストをあらわす。埋蔵量 (R_t) が減少するにしたがい、採掘コストが逡増してゆく関係をあらわしている。埋蔵量の初期値を 5,000 億バーレルと想定し、初期時点における単位あたりの採掘コストを 50 セントと仮定することにより、 $250/R_t$ という費用関数が結果する。計画期間 (N) および割引率 (δ) をどう定めるかは、OPEC の行動様式にかんする解釈に依存する。すなわち、OPEC が近視眼的 (myopic) であるとの解釈にたてば、より小さな N 、より大きな δ が想定されるであろう。逆に、より大きな N 、より小さな δ を想定することにより、資源温存的傾向のたかまりを表現することができる (Pindyck は $\delta=0.05$, $N=40$ を標準ケースに想定している)。割引率 δ の値をどう想定するかは、最適価格径路にたいして、きわめて大きな影響を及ぼすと予想される。このことは、いわゆる「資源温存的傾向の高まり」が、今後の石油価格の動向に甚大な影響を及ぼすであろう、という専門家筋の見解と相符合すると考えてよい。

上記のモデルに基づいて Pindyck は、1977 年 12 月 20 日付の *Wall Street Journal* に、次のように書いた。「現時点において OPEC の最適価格は 12.5 ドル/バーレルないし 13 ドル/

バーレルである。これは、現実の公示価格(12.7ドル/バーレル)にはほぼ一致している。これから先の10年間、実質価格は平均して年率2%弱で上昇するであろう。」こうした予測は、現在のところ、大幅に狂っている。(1980年の実質価格の予測値は、9.88ドル/バーレル、名目価格になおすと約14.8ドル/バーレル。他方、現実の公示価格は24ドル/バーレルである)。実際、歴史的にみても、OPEC原油の公示価格は、なんらかの事件をきっかけに、階段状に上昇してきた。Pindyckの予測も、イラン政変という“事件”がなかりせば、さほどの狂いは生じなかったはずであろう。1973年末の価格急騰の後1978年末まで、名目価格が横ばいに推移したこと、等に着目すれば、次のことが言えまいか。“事件”によって誘発された価格の急上昇が、市場の需給を適切に反映したものでないかぎり、やがては“適正”な水準に引きもどされるであろうし、また逆に、価格が“適正”な水準以下に押え込まれているとすれば、いずれは何らかの“事件”をきっかけに価格が急騰し、適正な水準に調整されるであろう。だとすれば、中長期的な視野に立つかぎり、Pindyckのモデル予測を“非現実的”であるとして、一概に斥けるべきではない。ただし、何をもって“適正”な価格とみなすかという問題は残される。Pindyckは、需要関数にかんする完全情報をもつOPECが目的関数(将来収益の現在価値)を最大にするように決定する価格経路をもって、“適正”なカルテル価格とみなしている。5節で述べるように、目的関数を適当に修正することにより、多種多様な“適正価格”を定義することができる。

4. 石油需給の決定要因

前節で述べたとおり、少なくとも中長期的な

視点に立つかぎり、石油の価格は、市場における需給条件を、なんらかの形で反映して決まるものと考えてよい。そこでこの節では、石油の需給を決定する要因を、若干のコメントを付しながら、順不同に列挙しておこう。

i) 日本や米国をはじめとする主要輸入国の 経済成長

国民総生産(GNP)の成長がエネルギー需要をいくばくか増大させることは、ほとんど自明のことである。GNPにたいするエネルギー需要の弾性値(所得弾性値)は、通常、1.0前後だといわれている。もちろん、産業構造のあり方、気候、発展段階などに応じて、所得弾性値は国々の間で異なるであろう。その意味では、非OPEC諸国の需要をぜんぶ集計して一本化したPindyckのモデルは、単純にすぎるといふべきかもしれない。今後の成長余力、エネルギー需要構造のあり方などについてみると、少なくとも先進諸国(OECD)と非OPEC発展途上国(LDC)に二分することが望ましい。今後の世界石油市場において、非OPEC・LDCの高い経済成長に伴う需要の急増が、そうとうな攪乱要因になると予想される。ちなみにIEAの見通しによると、1978年の非OPEC・LDCの石油輸入は590万B/D(バーレル/日)であったのにたいし、1990年には1,340万B/Dに達すると予測されている。IEAにしる国連にしる、1990年ないし2000年を見通すにあたり、OECD諸国には、平均して3~4%の成長率を予想し、LDCには5~7%のかなり高い成長率を予想している。成長率が3.5%と6%とでは、10年間のエネルギー需要の伸び率において、40%と80%の開きがでてくる。

経済成長がエネルギー需要に影響を及ぼし、それが市場を通じて価格に影響することは当然

としても、逆方向の因果関係、すなわち石油価格の上昇が経済成長を阻害するという関係もまた、見逃さないであろう。現に、1973年から74年にかけての価格の急上昇は、ひき続く数年間にわたる世界不況をもたらし、ひいてはそれが石油需要を減少させ、結果的には実質石油価格の低落を招いた、と言われる。こうした過去の経緯を教訓として、OPECは、価格上昇→成長率低下→需要減→価格下落という“負”のフィードバックを考慮に入れたうえで、最適価格の決定を行うと考えた方が、より現実的であろう。

また経済成長との関連で、次のことも指摘しておきたい。OPEC諸国は、現在、産油量の約1割を国内需要にあてているが、域内の経済成長（とくに工業化）の促進によって、今後、内需の占める比率が一層高まる可能性がある。非OPEC産油国である中国やメキシコについても、ほぼ同様のことがいえる。世界石油市場を逼迫させる要因のひとつとして、この点を無視してすまずわけにはいかないであろう。

ii) 産出量1単位あたりに要するエネルギー投入量の変化（産業用需要の節約効果）

iii) 民生用需要の節約効果

以上の2点は、いわゆる省エネルギーに関連するものである。こうした“節約”が、価格の上昇によって自動的にかけられる場合もあれば、なんらかの統制によって（価格とは無関係に）かなえられる場合もある。エネルギー需要が価格にたいして十分に弾力的であれば、いわゆる「エネルギー危機」は、価格メカニズムによって自動的に解決されるであろうし、経済学者の提案する租税政策もまた十分に有効なはずである。しかしながら、既存の実証研究によっても、またわれわれの実証分析（第2部参照）

によっても、短期の価格弾性値はさほど大きくないことが、一様に示されている。直観的にも明らかなように、価格が上昇した結果、即座に需要が大幅減少するわけではあるまい。ある時点で起きた価格変動の効果が、100パーセント浸透するまでには、そうとうな長時間を要することであろう（専門家の多くは、こうした調整がほぼ完全にゆきわたるまでに要する時間は、およそ6～7年であると言う）。別の言い方をすれば、短期の価格弾性は微々たるほどに僅少であっても、長期のそれはかなり大きいと考えてさしつかえないようである。

価格弾性は通常、“実質価格”の変動率に対する需要の変動率の比として定義されている。ところで、実質価格とは何なのか、という疑問が生じてくる。言いかえれば、名目価格を何によってデフレートすれば、実質価格を求め得るのであろうか。通常は、OECD全体のGNPデフレーターや米国のGNPデフレーターが用いられることが多いが、統一はされていない。これと関連して、価格弾性を計測する際に、為替レートの変動をも考慮に入れる必要のあることを指摘しておきたい。

iv) 従来からある一次エネルギー源（天然ガス、石炭、原子力、水力）による石油代替の進捗

基本的には、石油価格とこれらの代替エネルギーの価格との相対関係によって、燃料転換の進捗具合が決まるであろう。すなわち、理論的には石油価格の上昇が必然的に既存代替エネルギーへの燃料転換を促すはずである。しかしながら、需要の価格弾性とおなじく、価格効果が完全にゆきわたるまでには、かなりの長時間を要することであろう。1950年代から60年代にかけて実現した「流体革命（石炭から石油

への転換)」が、中東からの相対的に安価な石油の大量供給によるものであったことは疑いをいれない。ところが、いまや主客が転倒し、価格にかんしては、まったく逆の事態が進展しつつある。だからといって、石油の石炭による逆もどりの代替が、市場機構のはたらきによって速かに進行するわけではあるまい。港湾等の infra-structure が石炭向きにできていないことによる輸送面での隘路（ボトル・ネック）、環境規制の強化等を、その理由の一端として挙げておこう。

- v) 新エネルギー（太陽熱、シェール・オイル、タール・サンド、地熱、波力、石炭液化、等）による石油代替

新エネルギー導入の可能性は、たんなる技術の問題ではなく、なかば経済問題であるかのようによく言われる。つまり、既存エネルギーの価格と、新エネルギーの供給コストとの相対関係が、新エネルギー導入の可否を決定すると言われる。アメリカの経済学者 Nordhaus によって発案された、backstop technology という概念がある。たとえば、オイル・シェールから石油を合成する技術が、当面の backstop technology（石油価格の上昇に歯止めをかける役割を荷う技術）だとしてしよう。石油 1 バレル相当のシェール・オイルを生産するのに要するコストが 40 ドルならば、石油価格は 40 ドル以上に上昇しえないはずである。言いかえれば、石油価格が 40 ドルを超えた時点で、シェール・オイルによる石油代替が実現する。以上が、Nordhaus の backstop technology の考え方の骨子である。

backstop technology のコスト計算には、多くの不確実性がつきまとう。物価上昇率、利子率、稼働率、耐用年数、環境保全に要する費

用、等の想定値のいかんによって、結果は大きく左右される。また、設備の建設コストじたいが石油価格によって多分に影響されるため、石油価格の上昇は新エネルギー供給用設備の建設コストを押し上げ、更にそれが、石油価格の上限をスライドさせる、というイタチゴッコの関係にあるとも言える。実際、1974 年に米国で公けにされた報告書によると、石油換算 1 バレルあたりのシェール・オイルの生産コストは 6.80 ドル、石炭からの合成石油の生産コストは 7.70 ドルと見積られている。これを 1979 年価格に換算すると、それぞれ約 10 ドルと 12 ドル前後になる。現実の石油価格が、これらの水準を大幅に超過しているにもかかわらず、新エネルギーの導入は未だしの感あることを思えば、1974 年時点における新エネルギー導入にかんする見通しは、あまりに楽観的にすぎたといえるだろう。今後の見通しを語るにあたっては、Nordhaus 流の単純化された議論を適用して、事が足りるわけではあるまい。

- vi) サウジアラビアの産油能力と産油政策
vii) その他 OPEC 諸国の産油能力と産油政策

サウジアラビアの産油量が、OPEC 全体の産油量の約 30% を占めるという事実、さらに、1974 年以来、サウジアラビアが、市場の需給調整役 (swing producer) として穏健な価格政策を堅持してきたことを考えあわせると、OPEC 13 カ国をひとくくりにとまとめるよりは、穏健派であるサウジおよび湾岸首長国と、その他 OPEC 諸国に二分して、各々に異なる行動様式を仮定した方が、より現実味に富む接近法と言えよう。過去の文献のなかでは、前者は savers と称呼され、後者は spenders と命名されている。少なくともイラン政変の直

前までは、こうした OPEC 諸国の二分法は、かなりの妥当性をもっていた。しかしながら、かつて典型的な spender であったイランが、政変以来、急速に資源温存傾向を強めたこともあって、最近では、二分法にかわって、次のような三分法が提案されている。従来の穏健派 4 カ国（サウジアラビア、クウェート、アラブ首長国連邦、カタール）はそのままひとくくりにしておいて、強硬派の 9 カ国を、price-pushers（リビア、アルジェリア、イラン、ベネゼラ）と fringe producers（イラク、ナイジェリア、インドネシア、ガボン、エクアドル）に分割する。fringe producers は、人口が多く、経常収支を均衡させるために多額の石油収入を必要とする反面、概して生産余力の乏しい国々である。そのため、これらの諸国は、OPEC 価格の決定に及ぼす影響力が乏しく、price-taker の立場にあって、能力一杯の生産を継続して、収益最大化をはかろうとする。1979 年間における、fringe producers 5 カ国の産油量が、OPEC 全体のそれに占める割合は、約 26% である。price pushers の 4 カ国は、価格決定に際し、常に強硬派の立場にたつ国々である。より多くの石油収入を得たいという願望と、資源温存政策を両立させるために、価格の大幅上昇を主張してやまない。1979 年現在、これら 4 カ国の産油量が、OPEC 全体のそれに占める割合は、約 28% である。さて、OPEC 全体の産油量の 47% を生産する穏健派 4 カ国は、いずれも、割に豊富な埋蔵量を持ち、人口が寡少なため（工業化を急ぐ必要もなく）現在の石油収入で十分な豊かさを享受している。穏健派の諸国にとっての最大の関心事は、王制の護持であり、それがために従来は、穏健な価格政策をとり続けることを得策と考えてきた。たとえ

ば、1978 年末から翌年の初めにかけて、イランからの供給が全面停止した際には、急拠、サウジアラビアが増産に応ずることにより、価格の安定につとめたことは、われわれの記憶に新しい。しかしながら、サウジアラビアをはじめとする穏健派の諸国が、これから先も当分の間、需給調整役として価格安定に寄与するかどうか（従来の政策を継続するかどうか）、はなはだ疑わしいとの見解を抱く専門家が多数。その理由の第 1 として、イラン政変の及ぼした影響があげられる。すなわち、イラン政変後の政治不安のたかまりは、王制護持のための軍事費増大を余儀なくさせ、そのため経常収支が思いがけずも逼迫し、従来のように市場がゆるんだ時の（生産を減らして価格維持につとめるといふ）調整能力を失ったのではないかと詮索される。また、このことは同時に、サウジアラビアが price-pushers と共同歩調をとる可能性をも示唆することになろう。第 2 の理由として、王朝内における若手資源温存派の台頭があげられる。あらたに台頭しつつある勢力は、政治的には等距離外交を旨とし、また世代間の所得分配の公平という観点から、資源の温存を主張する。そして第 3 の理由として、サウジアラビアの生産余力が、従来考えられていたほど大きくないのではないか、という憶測の広まりがあげられる。サウジ以外の穏健派諸国は、産油政策および価格政策において、ほぼサウジに追随すると考えてよい。

ところで、OPEC 諸国全体としては、今後、埋蔵量の飛躍的増加は望めないというのが、専門家筋のほぼ一致した見解である。したがって、今後の 10 年ないし 20 年間を見通すとき、OPEC 諸国の産油量は横ばいないし漸減するであろうというのが、常識的な見方といえよ

う。埋蔵量の逡減からくる物理的な制約のほかにも、従来の spenders 諸国の政策転換がもたらす、減産の可能性もまた、見過してはならない。「石油の大量輸出による高収入に基づく工業化促進」という従来の近代化路線が、(infrastructure の未整備等のアンバランスのために)インフレを昂進させ、結果的には政治不安をかもした、というイランの経験を教訓として、穏建派諸国をも含めて各国とも、工業化にたいして慎重な構えを見せ始めている。こうした傾向が、「高価格で少量生産」という price-pushers の発言力を、さらに強めることになると予想される。

viii) 非 OPEC 産油国の供給力

前節で紹介した Pindyck のモデルにおいては、非 OPEC 産油国の産油量が、価格にたいして弾力的であると仮定されている。北海やアラスカからの新規供給、あるいはメキシコ油田の開発が、価格急騰後の 1975 年以降軌道に乗り始めたという過去の経緯を省みると、確かに「供給は価格に弾力的である」かのように思えなくもない。海底からの採油に要するコストが、既存陸上油田からの採油コストにくらべて、格段に高いことを考えに入れれば、前述の backstop technology とおなじく、「石油価格が一定の閾値 (threshold) を超えると、海底油田からの採油、既存油田からの二次採取等が経済的に可能となり、新規の供給増がもたらされる」という価格と供給量との対応関係は、確かにありうることであろう。しかしながら、その反面、アメリカやソ連の油田の老朽化 (可採年数 $-R/P$ 比) はそれぞれ 8.4 年と 12.7 年) という悲観材料もあって、既存油田からの供給量は漸減するであろう、との見通しが一般的である。とくに、ソ連の産油量はすでに頭を打

ち、1980 年代のなかばには、ソ連・東欧圏は約 200 万バレル程度の石油を圏外に求めざるを得ないであろう、と言われている。

北海油田は 1985 年頃に産油能力のピーク (約 400 万 B/D) に達し、その後、漸減の方向をたどる。中国やメキシコには、新規油田の発見による供給増の期待が大きいものの、内需の増加によって相殺され、80 年代中頃に、中国は 100~200 万 B/D、メキシコは 250 万 B/D の輸出余力をもつにすぎない。以上が、非 OPEC の供給力にかんする、平均的な見通しである。以上を要するに、非 OPEC 産油国の産油量は、ある程度まで価格に弾力的に反応するであろうが、それは一部の新規発見油田にたいしてのみ言えることであって、既存油田からの増産は多くを望めないばかりか、涸渇効果 (depletion effect) による産油量の漸減傾向が続くであろう。

ix) 先進工業国のインフレーションとドル価値の変動

OPEC 諸国は、石油を輸出して得た収入の大半を、先進工業国 (石油輸入国) からの工業製品の輸入代金の支払いにふりむけている。したがって、先進工業国におけるインフレーションの進行は、OPEC にとっての交易条件の悪化をもたらし、ひいてはそれが、石油の公示価格引上げを正当化するための口実ともなる。逆に、石油価格の上昇は、先進工業国におけるインフレの一因となる。先に経済成長と石油価格の相互作用について述べたのとおなじく、先進工業国の物価水準と石油価格の間にも、一定の相互依存関係が存在しており、その関係を見極めておくことが、石油価格の動向を予測するうえでの、ひとつの重要な鍵となることを指摘しておきたい。

とりわけ米国におけるインフレの進行は、ドルの減価（購買力の低下）につながり、OPECの海外資産を目減りさせる。その結果、「石油をドルに換えるよりも、地下に保存しておいた方が得策である」という資産選択の論理がはた

らき、OPECの資源温存傾向を助長することにもなる。

5. モデルのフローチャート

以上、石油価格の決定過程において、重要なはたらきをもつと思われる要因を、いくつか列

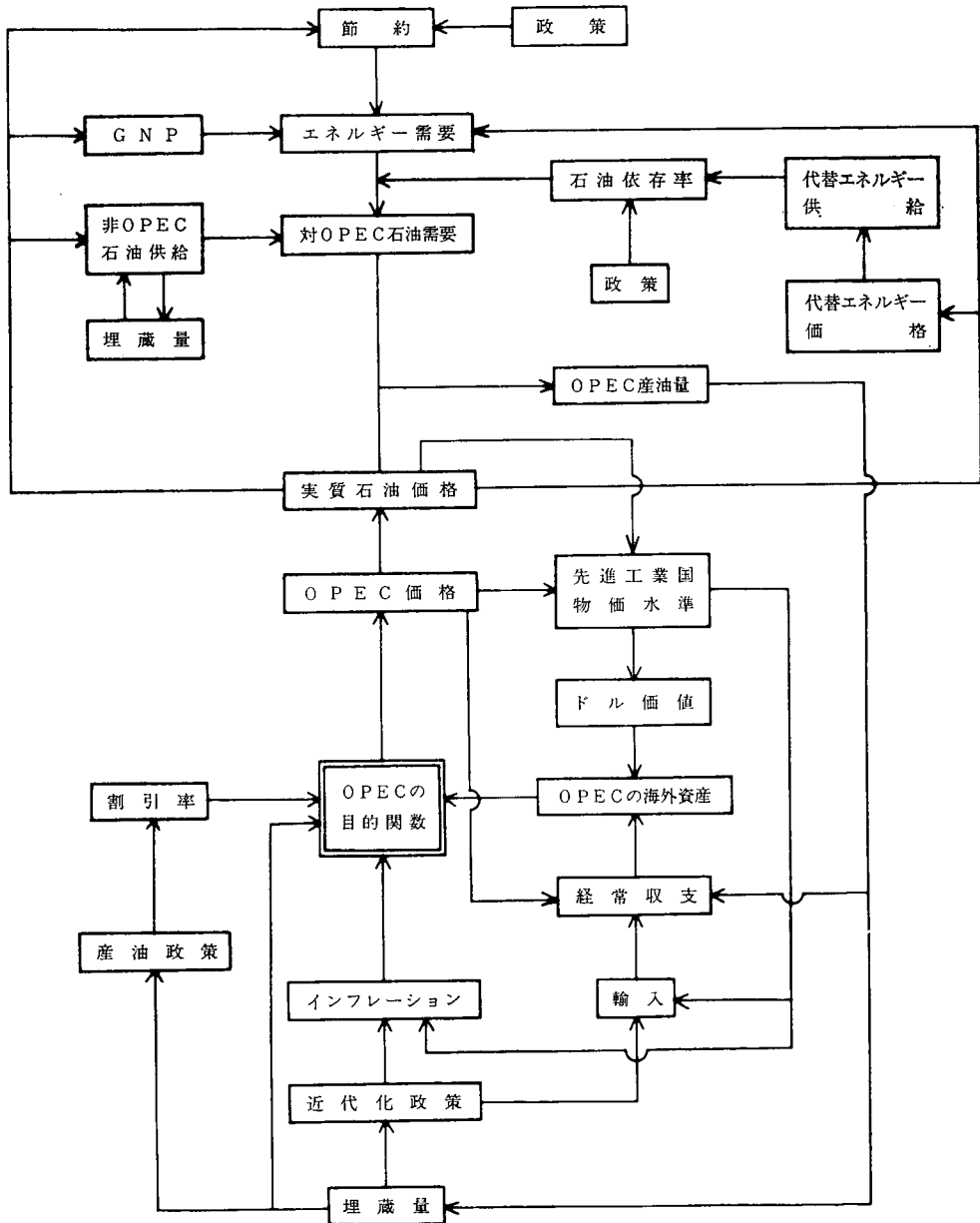


図 1.5.1

挙してみた。言いかえれば、石油価格の決定にかんするわれわれの“implicit mental model”を、言葉で表記してみた。“mental model”から“formal model”へと進むための準備として、要因間の関連を図1.5.1のようなフローチャートに描いてみた。“mental model”を図式化することにより、モデルの構造がみやすくなる反面、ある程度の単純化と捨象という犠牲を払わざるをえなかったことを断っておきたい。

第1章の参考文献

- Adelman, M. A. [1978], “Constraints on the World Oil Monopoly Price,” *Resources and Energy*, Vol. 1, pp. 3-19.
- Adelman, M. A., and H. D. Jacoby [1978], “Oil Gaps, Prices and Economic Growth,” *M. I. T. World Oil Project Working Paper*, No. MIT-EF-78-008WP, May, pp. 1-31.
- Adelman, M. A., and H. D. Jacoby [1979], “Alternative Methods of Oil Supply Forecasting,” *Advances in the Economics of Energy and Resources*, Vol. 2, pp. 1-38.
- Blitzer, C., A. Meeraus, and A. Stoutjesdijk [1975], “A Dynamic Model of OPEC Trade and Production,” *Journal of Development Economics*, Vol. 2, pp. 319-335.
- Cremer, J., and M. L. Weitzman [1976], “OPEC and the Monopoly Price of World Oil,” *European Economic Review*, Vol. 8, pp. 155-164.
- Eckbo, P. L. [1976], *The Future of World Oil*, Ballinger, Cambridge, MA.
- Ezzati, A. [1976], “Future OPEC Price and Production Strategies as Affected by its Capacity to Absorb Oil Revenues,” *European Economic Review*, Vol. 8, pp. 107-138.
- Fischer, D., D. Gately, and J. F. Kyle [1975], “The Prospects for OPEC: A Critical Survey of Models of the World Oil Market,” *Journal of Development Economics*, Vol. 2, pp. 363-386.
- Gately, D., and J. F. Kyle [1977], “Strategies for OPEC’s Pricing Decisions,” *European Economic Review*, Vol. 10, pp. 209-230.
- Hnylicza, E., and R. S. Pindyck [1976], “Pricing Policies for a Two-part Exhaustible Resource Cartel: The Case of OPEC,” *European Economic Review*, Vol. 8, pp. 139-154.
- Hotelling, H. [1931], “The Economics of Exhaustible Resources,” *Journal of Political Economy*, Vol. 39, pp. 137-175.
- Kennedy, M. [1974], “An Economic Model of the World Oil Market,” *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5, pp. 540-557.
- Mead, W. J. [1979], “An Economic Analysis of Crude Oil Price Behavior in the 1970s,” *Journal of Energy and Development*, Vol. 4, pp. 212-228.
- Pindyck, R. S. [1979], “Some Long-Term Problems in OPEC Oil Pricing,” *The Journal of Energy and Development*, Vol. 4, pp. 259-272.

（ さわたかみつ
京都大学
あらいやすお
電力経済研究部
立地環境研究室 ）