

石油と世界経済

——資源制約の下における世界経済の動学的均衡分析——

永谷敬三

I まえがき

1973年における世界の石油確認埋蔵量(proven reserves)は860億トンで¹⁾、この量は、1973年中の生産量28億トンの約30倍にあたる。この埋蔵量の分布状況をみると、中東55.4%、ソ連・東欧・中国16.3%、アフリカ10.4%、北米7.7%、カリブ海地域2.9%、西欧2.6%等となっているが、これからソ連圏及び中国を除外して、ベネズエラ、エクアドル、インドネシアを加えたいわゆるOPEC諸国について考えると、これらOPEC諸国が世界の石油輸出市場を独占しているといつて差支えない。OPEC諸国の1972年における石油輸出額は200億ドル台と推定されるが、1973年秋のいわゆる「石油危機」のあとの1974年についてみると、この金額は940億ドルにはね上り、うち600億ドル余が純受取となったわけであるから、このショックがいかに大きかったかが容易に理解できる。世銀の推計によれば、OPEC諸国の資金累積額は、1980年までに6000億ドル、1985年までに1兆2000億ドルに達するとされている。

この間石油消費国が直面する問題は数多い。第1に、年々OPEC諸国に吸収される資金は、直ちに、自分達の生産物に対する有効需要の減少を意味する。この結果は、広範囲にわたる不況である。第2に、石油価格の引上げは、すでに慢性化しているインフレを更に増進させる役割を果たしている。第3に、先進工業国は、自国の問題の他に、いかにして低開発諸国を救済するかという緊急な任務をかかえている。この最後の問題の解決

が、いわゆるペトロ・ダラーの効率的なリサイクルリングにあることは自明であるが、OPEC諸国に低開発国投資という危険な投資をするよう説得することは容易ではない。

他方、OPEC諸国にも問題はある。第1に、これらの国はすべて債務国であり、国内総生産のかなりの部分を年々債権国に支払っている。国民総生産の国内総生産に対する割合、すなわち、国内で年々生産される総価値のうち自国民に帰属する部分の割合は、イラク、クウェート、リビア、サウディアラビア等の国々が特に低く、いずれも80%~85%台である。第2に、OPEC諸国の生活水準は、概して低位にある。国民1人当りの私的消費支出でみると、クウェートの1252ドル(71年)を例外として、リビア、ベネズエラが600ドル前後で、あとはせいぜい200ドル程度である。従って、OPEC諸国にとっては、石油から得た余剰資金をもって、いかに債務国から債権国への転換と国民の生活水準の向上を図るかが課題となる。

さてこの石油問題は、少くとも現状においては、主として短期的かつ貨幣的な問題として把握されている。確かにこの面も重要であるが、石油問題は同時に長期的かつ実物的側面もあわせもっている。第1は、石油のような資源の制約の下で、世界経済の長期的成長の可能性はどうなるかという問題である。これは古典的なリカードの問題であるが、石油は土地と違って費消可能な資源であるから、リカードの土地よりも深刻な問題となる可能性がある。この第1の問題は、産油国及び消費国に共通の問題である。第2は、最初に述べた消費国から産油国への大規模な資源の再配分が将来どういう径路をたどるかという問題である。本稿の目的は、このような資源制約の下での世界経済の動学径路を研究するための簡単なモデルを

1) 本稿に利用したデータは、すべて、International Financial Statistics (IMF), Statistical Review of the World Oil Industry (British Petroleum Co.) によった。

提供することである。お断りするまでもなく、以下に述べるモデルは極めて単純であって、石油問題にかかわる多くの重要な問題を無視している。しかし、世界経済の将来を左右する 2, 3 の基本的要因については、このモデルの範囲内で言及することができる。

II アラブのモデル

まず OPEC 諸国(以下簡単のため「アラブ」という)の行動から始めよう。われわれは、アラブが石油の独占的供給者であって、純利益の現在割引値が最大となるように、石油の採取量(=販売量)とその価格の時間経路を決定するものとする。以下に導入される変数は、いずれも時間の関数であるが、明示する必要のある場合を除き、時間は省略することとする。

石油の採取には資源の投入が必要である。石油の採取量を x とするとき、「生産関数」は次のように表わされるものとする。

$$(1) \quad x = F(a, b)$$

(1)式において、 a は、生産要素として投入される非石油財の量、 b は、採取時における石油埋蔵量とする。更に、この関数 F は、通常の仮定、すなわち、 a, b に関し一次同次、単調増加、凹、及び 2 回連続的に微分可能であって、かつ、 $F(0, b) = F(a, 0)$ (すべての $a, b > 0$ につき) とする。

次に、アラブの念頭にある粗収入関数を

$$(2) \quad R(x; k)$$

とする。ここで k は、とりあえず、所与のパラメーターとする。この粗収入関数の正確な形は、次節において決定される。

さて、アラブの目的は、

$$(3) \quad \int_0^T [R(x; k) - a] \exp(-rt) dt$$

を最大にすることである。 r は、いうまでもなく、アラブが直面する利子率である。正確には、この r は、 k と同様に、計画期間 $[0, T]$ の上に定義された関数であるが、第 V 節に述べる理由により、単に現在時点における利子率によって代表されるものとする。他方、制約条件は、

$$(1) \quad x = F(a, b)$$

$$(4) \quad b(0) = b_0 > 0 \text{ 所与}, b(T) \geq 0$$

$$(5) \quad \dot{b} = -x$$

である。われわれは、計画期間 T もそれ自身アラブの選択変数であると仮定する。

さてこの問題における Hamiltonian は、次のように与えられる。

$$(6) \quad H(b, q, a, t) \equiv \exp(-rt)[R(x; k) - a - qx]$$

まず与えられた (b, q, t) において、 H を最大にするように a を選ぶと²⁾

$$(7) \quad [R_x(x; k) - q]F_a - 1 \leq 0 \leq a$$

すなわち、

$$\text{もし } [R_x(0; k) - q]F_a(0, b) - 1 \leq 0 \text{ ならば } a = 0,$$

$$\text{もし } [R_x(0; k) - q]F_a(0, b) - 1 > 0 \text{ ならば } a > 0$$

となる。われわれは、計画期間中 a の最適値が常に正(従って x も正)であると仮定する。

$$(7)' \quad [R_x(x; k) - q]F_a = 1, a > 0$$

(すべての $0 \leq t < T$ に対し)

(7)' 式において、 $(R_x - q)$ は資源のコストを差引いた限界純収益、 F_a は非石油財の限界生産物をあらわし、また右辺の「1」は限界要素費用をあらわす。(7)' 式から

$$(8) \quad [R_{xx}F_a^2 + (R_x - q)F_{aa}]da \\ = F_a dq - [(R_x - q)F_{ab} + F_a F_b R_{xx}]db \\ - R_{xk}F_a dk$$

を得るが、ここでジャコビアン、 $J \equiv R_{xx}F_a^2 + (R_x - q)F_{aa}$ は負でなければならない。 J が負であれば、 a の解は $\hat{a}(b, q, k)$ と表わされ、 $\hat{a}_q < 0$ 、また、第 III 節で得られる事実から $\hat{a}_k > 0$ となる。 $\hat{a}_b$ の符号は未定である。次に、状態変数 b と補助変数 q の運動は

$$(9) \quad \dot{b} = -F(\hat{a}, b)$$

$$(10) \quad \dot{q} = rq - (R_x - q)F_b(\hat{a}, b)$$

で与えられる。(10)式において、 $(R_x - q)F_b$ は資源 b の限界収入生産物、 rq は、いわば、資源 b の借手費用、そして、 $\dot{q}$ は同じく資源 b のキャピタルゲインをあらわす。すなわち(10)式は、資源 b の使用からくる利潤がゼロであるという周知の条件である。

最後に、transversality conditions を決定す

2) $x \leq 0 \leq y$ は Kuhn-Tucker の不等式で、 $x \leq 0$, $y \geq 0$, $x \cdot y = 0$ を意味する。

る必要がある。われわれは、先に計画期間 T 及び T 時点における資源量 $b(T)$ には制約がないと仮定した。このことから、最適の T において、次の 2 条件が満足されることが必要となる。第 1 は、Hamiltonian がゼロとなること、第 2 は、資源の現在割引値がゼロとなることである。

$$(11) \quad \exp(-rT)[R(x(T); k(T)) - \dot{a}(T) - q(T)x(T)] = 0$$

$$(12) \quad \exp(-rT)q(T)b(T) = 0$$

(12) 式が成立する組合せは 2 つある。第 1 は、 $q(T) = 0$, $b(T) > 0$ となる場合である。この場合、(11) 式は単に $R(x(T); k(T)) - \dot{a}(T) = 0$, すなわち、 $t = T$ のとき、最大純利潤がゼロとなる。これは、具体的にいえば、石油のストックを使い尽す前に、採取費用が上がって採算がとれなくなる場合である。もしこのような T が存在すれば、その T は有限であり、石油の供給はこの時点で終了する。第 2 の組合せは、 $q(T) > 0$, $b(T) = 0$ である。この場合にも、やはり (11) 式は、前の場合と同様の形をとるが、 T に達する以前の時点では、常に純収入は正であり、また、(9) 式及び F に関する仮定から明らかのように、 b は漸近的にゼロに収束する。このことは、 T が無限大であることを意味する。従って、この第 2 の場合には、(11), (12) 式は、正確には、 T が無限大に近づくときの極限として表現されるべきである。

さて以上の準備をもって、アラブの最適経路の分析に入るわけであるが、そのために、まず動学変数 (b, q) が静止するような (b, q) の軌跡を求める必要がある。まず (9) 式及び F に関する仮定から、すべての $0 \leq t < T$ について、

$$(13) \quad \dot{b} = 0 \Leftrightarrow b = 0$$

となることが直ちに従う。次に (10) 式から、

$$(14) \quad \left. \frac{dq}{db} \right|_{\dot{q}=0} = \frac{(R_x - q)(F_{ab}\dot{a}_b + F_{bb}) + F_b R_{xx}(F_a\dot{a}_b + F_b)}{(r + F_b) - (R_x - q)F_b\dot{a}_q}$$

を得る。この式の分母は、 $R_x - q > 0$, $\dot{a}_q < 0$ であるから、正であることが明らかである。分子については、(7)' 式及び同次関数についてのオイラーの定理により、

$$(15) \quad F_a\dot{a}_b + F_b = \frac{FF_{ab}}{-aF_{aJ}} > 0$$

$$(16) \quad F_{ab}\dot{a}_b + F_{bb} = \frac{F_a F_{ab} F R_{xx}}{-bJ}$$

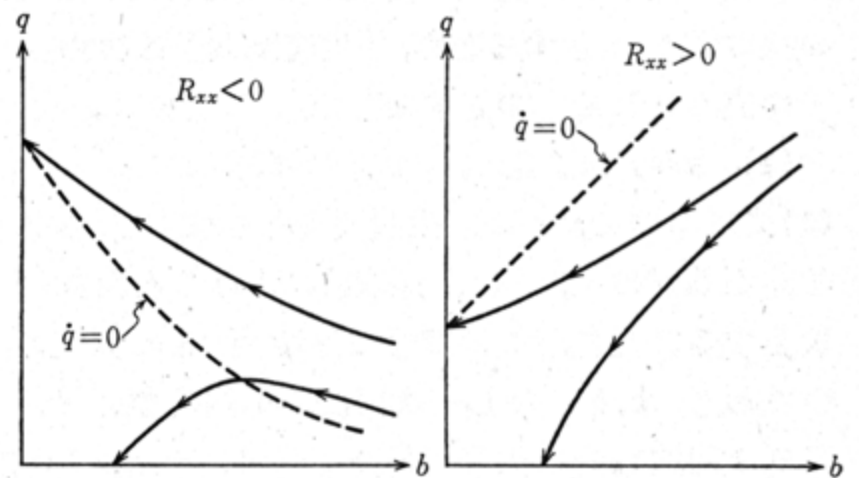
を得る。これらを (14) 式に代入すると、

$$(17) \quad \left. \frac{dq}{db} \right|_{\dot{q}=0} = \frac{F^2 F_{ab} R_{xx}}{(-abF_{aJ})[r + F_b - (R_x - q)F_b\dot{a}_q]}$$

すなわち、 $\text{sign}(dq/db)|_{\dot{q}=0} = \text{sign } R_{xx}$ となる。従って、 (b, q) の運動は、 R_{xx} の符号に依存して決まる。その差異は、第 1 図に示すとおりである。これらの図において、縦軸に至る実線は、 T が無限大であるときの (b, q) の最適経路を示し、他方、横軸に至り、正の b の値で終わる実線は、 T が有限である場合の (b, q) の最適経路をあらわしている。

第 1 図(A)

第 1 図(B)



第 1 図から明らかなように、共通な b の値に対応する q の値は、 T が有限の計画における方が常に低い。このことは、 T が有限の計画においては、石油の年々の採取量は、 T が無限の計画におけるよりも常に高いことを意味する。第 1 図の軌跡は、パラメーター k 及び r が一定であるという仮定の下に描かれている。これらのパラメーターが変化しつつあるときは、この軌跡は、ある所与の時点におけるスナップ写真として理解されなければならない。パラメーターが変化するときの、より一般的な分析については、第 IV 節を参照されたい。

III 非アラブのモデル

本節においては、OPEC 諸国を除いた世界の諸国(以下「非アラブ」という)のモデルを定式化する。われわれは、非アラブは、競争的な一群の

石油消費者であって、アラブが設定する石油価格を所与としてこれに従い、また、アラブが行う非アラブへの投資に対しては、自己の投資と区別せず競争的リターンを支払うものとする。つまり非アラブはアラブに対して一切対抗的手段をとらないものと仮定する。

われわれは、また、アラブの貯蓄はすべて非アラブの生産的資本に投資されるものと仮定する。この仮定は、少くとも現状においては、かなりの正当性をもっている。例えば、1972年におけるいわゆる $(C+I+G)$ の GNP に対する比率をみると、クエート 62%、リビア 79%、サウディアラビア 78% となっており、国民総生産の 2 割以上が対外投資の形をとっている。この比率は、石油ショック以後、更に著しく低下したものとみられる。いずれにせよ、上記の仮定の下では、資本財をその持分によって区別する必要はない。アラブの持分を d とし、非アラブの持分を e とすると、世界の資本量 k は d と e の和としてあらわされる。

$$(18) \quad k \equiv e + d$$

われわれは更に、アラブから購入される石油は資本 k とともに生産要素として、同質的な非石油財の生産に用いられるものとする。第 II 節で述べた石油の価格は、こうした非石油財の単位で測られた石油の相対価格である。非石油財の生産関数 $G(x, k)$ は、やはりスムーズな新古典派的関数であるとする。

任意の時点において、 k 及びその構成が与えられている。この他に、非アラブは次のようなフローの制約に従っている。

$$(19) \quad \dot{e} = G(x, k) - c - rd - px - ge$$

ここで $c \geq 0$ は、非石油財の国内消費、 g は資本の減耗を含めた成長要因とする。 c を決定するために、非アラブの目的は、消費から得られる効用の現在割引値

$$(20) \quad \int_0^{\infty} U(c) \exp(-\delta t) dt, \quad \delta > 0$$

を最大にすることであると仮定する。(20)式において、 p 及び r はともに所与のパラメーターであることに注意されたい。Hamiltonian

$$(21) \quad H'(e, \lambda, c, x, t) \equiv \exp(-\delta t) [U(c) + \lambda \{G(x, k) - c - rd - px - ge\}]$$

が与えられ、これを (c, x) について最大にすると、次の 2 式が従う。

$$(22) \quad U_c - \lambda \leq 0 \leq c$$

$$(23) \quad G_x - p \leq 0 \leq x$$

われわれは、(22)式については、 c が常に正であると仮定する。従って、最適消費量は、

$$(24) \quad c = \hat{c}(\lambda), \quad \hat{c}_\lambda < 0$$

で与えられる。(23)式については、石油に対する需要 x がゼロとなる可能性を除外することはできない。もし x がゼロとなるような有限な p の値が存在すれば、そのクリティカルな p の値は、 $G_x(0, k) = \bar{p}$ で与えられる。このような $\bar{p}$ が存在するかどうかは、明らかに生産関数 G の形状に依存する。CES 関数

$$G(x, k) = [Ax^{-\rho} + Bk^{-\rho}]^{-1/\rho}, \quad \rho > -1$$

においては、

$$G_x(x, k) = [A + Bk^{-\rho}x^{\rho}]^{-(1+\rho)/\rho}$$

であるから、 $\rho > 0$ ならば

$$G_x(0, k) = \lim_{x \rightarrow 0} G_x = A^{-(1+\rho)/\rho},$$

$\rho < 0$ ならば $G_x(0, k) = +\infty$ となる。 ρ がゼロに近づくとき CES 関数は、極限において、コブ・ダグラス関数となるが、この場合にも、 $G_x(0, k)$ は無限大となる。 $G_x(0, k)$ が無限大となるときは、 $\bar{p}$ は存在しない。 $G_x(0, k)$ が有限であれば $\bar{p}$ は存在するが、そうであれば、アラブは、技術的に可能な限り、価格をそれ以下に設定するに違いない。従って、 x は、第 II 節で述べた T 時点に到達するまでは常に正であると仮定して差支えない。(23)式が内部解をもてば、解は次のように書ける。

$$(25) \quad x = \hat{x}(p, k) \quad \text{又は} \quad p = \hat{p}(x, k)$$

(25)式により、アラブの収入関数 R における k が世界の資本量であることが確認される。(23)式と(25)式から、

$$(26) \quad \hat{p}_x = G_{xx} < 0,$$

$$(27) \quad \hat{p}_k = G_{xk} > 0$$

が従う。さて $R(x, k) = p(x, k) \cdot x$ であるから、

$$R_{xx} = 2\hat{p}_x + x\hat{p}_{xx} = 2G_{xx} + xG_{xxx}$$

となり、前述の CES 関数を用いると、

$$(28) \quad 2G_{xx} + xG_{xxx} \\ = [-1][(1+\rho)A - \rho Bk^{-\rho}x^{\rho}]$$

となる。ここで $[-1]$ は符号が負となる係数である。このことから、 $\rho \leq 0$ であれば、 R_{xx} は明らかに負であることがわかる。 $\rho > 0$ のときは、 R_{xx} が正となる可能性があるが、石油の生産高 x が時間とともに減少するに従い、(28)式の右辺の最後の項は減少する。以下においては、簡単化のため $R_{xx} < 0$ と仮定する。

非アラブ経済の動学は、次のように表わされる。

$$(29) \quad \dot{e} = G(\hat{x}(p, k), k) - \hat{c}(\lambda) - rd - p\hat{x}(p, k) - ge$$

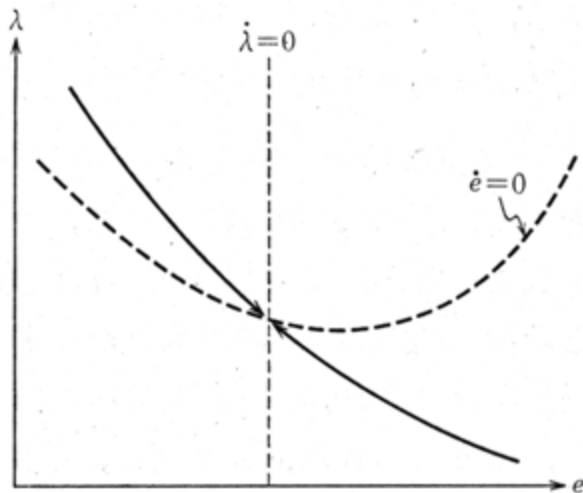
$$(30) \quad \dot{\lambda} = \lambda(\delta + g - G_k)$$

$$(31) \quad e(0) = e_0 > 0 \text{ 所与}$$

$$(32) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \exp(-\delta t) \lambda(t) e(t) = 0$$

第2図は、与えられた (d, r, p) の下での動学変数 (e, λ) の最適運動を描いている。右下りの実線が、非アラブ経済の最適経路のスナップ写真を示す。

第2図



IV 世界経済の一時均衡

前2節でアラブと非アラブの行動を個別に確定したので、本節では、これらを統合して世界経済の一般均衡を考察することができる。しかしながら、この統合は、上記の極端に簡単化されたモデルにおいても、そう容易ではない。従って、われわれは、以下に述べるように、2, 3の簡単化の仮定を追加することにした。

まず第1に、世界市場は皆常に均衡にあると仮定する。このことは、次の2式が常に成立することを意味する。

$$(33) \quad \hat{x}(p, k) - F(\hat{a}, b) = 0$$

$$(34) \quad r - G_k(\hat{x}(p, k), k) = 0$$

この2式が体系内の価格 (p, r) を決定するわけであるが、この解は、(33)式の $\hat{a}$ を通じて、石油のシャドー価格 q に依存するため、あまり便利ではない。そこで q をとり除く方法を考えよう。第1図(A)の T が無限大である場合に限定して考えると、石油のシャドー価格 q は石油埋蔵量 b の単調減少関数であることがわかる。しかし、 q は同時に r 及び k に依存する。まず r が増加したとしよう。(10)式から、 $\partial \dot{q} / \partial r > 0$, $\partial \dot{q} / \partial q > 0$ であるから、 $\dot{q} = 0$ となる軌跡は、すべての b に対して、下方にシフトする(第1図(A)参照)。これに伴って、最適経路を示す実線も下方にシフトする。すなわち、 $\partial q(t; r) / \partial r < 0$ である。より正確には、 q の極限値を q^* とすれば、

$$q(t) = q^* - \int_t^{\infty} \dot{q} d\tau$$

となり、両辺を r について偏微分することにより上記の結論を得る。次に k の変化については、

$$\partial \dot{q} / \partial k = R_{xk}(R_x - q)(F_a F_{ab} - F_b F_{aa}) / J < 0$$

であるから、 $\dot{q} = 0$ の軌跡は、 k の増加とともに上方にシフトし、これに伴って、最適経路も上方にシフトする。これらの結果をまとめて、

$$(35) \quad q = \hat{q}(b, r, k); \quad \hat{q}_b < 0, \quad \hat{q}_r < 0, \quad \hat{q}_k > 0$$

を得る。

世界経済の一時均衡を分析するには、とりあえず(35)式の情報で充分であるが、後の動学に備えて、もう一つのシャドー価格 λ について類似の結果を次のようにまとめておこう。

$$(36) \quad \lambda = \hat{\lambda}(e, d, p, r); \quad \hat{\lambda}_e < 0, \quad \hat{\lambda}_d < 0, \quad \hat{\lambda}_p > 0, \\ \hat{\lambda}_r \geq 0 \text{ as } d \geq 0$$

又は、(24)式を用いて、

$$(37) \quad c = \hat{c}(e, d, p, r); \quad \hat{c}_e > 0, \quad \hat{c}_d > 0, \quad \hat{c}_p < 0, \\ \hat{c}_r \leq 0 \text{ as } d \geq 0$$

さて、世界経済の一時均衡体系(33), (34)式について、われわれが第1に知りたいことは、この体系が causal であるかどうか、すなわち、任意の (b, k) の組合せに対して、価格 (p, r) を一義的に決定しうるかどうか、という点である。このために、(33), (34)式のジャコビアンを計算すると、

$$(38) \quad D \equiv \begin{vmatrix} \hat{x}_p & -F_a \hat{a}_q \hat{q}_r \\ -G_{kx} \hat{x}_p & 1 \end{vmatrix} \\ = \hat{x}_p (1 - G_{kx} F_a \hat{a}_q \hat{q}_r)$$

となり、その符号は不明である。このことは、(33)、(34)式が causality の条件を満たさない可能性を意味する。(38)式右辺のカッコ内の項は、次のように書ける。

$$1 - \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{px}{px + rk} \left(\frac{\partial x^s}{\partial r} \cdot \frac{r}{x^s} \right)$$

ここで、 σ は生産関数 G によって決まる x と k との間の代替弾力性、 $px/(px + rk)$ は、非石油財の総生産額に占める石油代の割合、また $(\partial x^s / \partial r)(r/x^s)$ は、石油供給の利子弾力性である。これら3つの要因のうち、容易に計測できるのは、石油代のシェアのみで、あとの2つの弾力性については、概して不明であるといわざるを得ない。再生産可能な要素と再生産不能な要素との間の代替弾力性は、過去においておおむね1より大きかったというノードハウスとトービン³⁾の漠然とした議論があるし、また、石油供給の弾力性についても、アラブ経済の高い石油依存度からみて、そう大きくはなり得ないと考えられるが、これらはすべて憶測の域を出ない。にもかかわらず、causality の条件は、動学的分析にとって不可欠である。従って、われわれは、上記の項が正、すなわち、 D が負であると仮定して議論を進めることとする。 D が負であるという仮定の下で一時均衡の比較静学分析を行うと、次の結果を得る。

$$(39) \quad p_b = \frac{F_a \hat{a}_q \hat{q}_b + (F_a \hat{a}_b + F_b)}{D} < 0$$

$$(40) \quad r_b = \frac{G_{kx} \hat{x}_p [F_a \hat{a}_q \hat{q}_b + (F_a \hat{a}_b + F_b)]}{D} > 0$$

$$(41) \quad p_k = \frac{-\hat{x}_k + F_a (\hat{a}_q \hat{q}_k + \hat{a}_k)}{D} > 0(?)$$

$$(42) \quad r_k = \frac{G_{kx} \hat{x}_p [-\hat{x}_k + F_a (\hat{a}_q \hat{q}_k + \hat{a}_k)]}{D} < 0(?)$$

(39)、(40)式において、われわれは、(8)、(15)、(35)式を使用した。(41)、(42)式においては、 $G_{kx} \cdot \hat{x}_k + G_{kk} = 0$ を使って簡単化が行われている。

(41)、(42)式の符号は、個別には不明であるが、(41)式と(42)式とが逆の符号をもつこと、(41)式の分子が k の増加が石油の超過供給に及ぼす効果をあらわしていること等から、 $p_k > 0$ 、 $r_k < 0$ であると結論することが妥当と思われる。このためには、世界資本量 k の増加が石油に対する超過需要を増大させることが必要かつ充分である。以上のことから、石油の埋蔵量が減少してゆくに従って、石油の価格は上昇し、非石油資本財のリターンは低下してゆくことが予想され、また、資本の蓄積は、おそらくこの傾向を更に強化するように作用するということがわかる。

V 世界経済の動学径路

前節において一時均衡の性質を明らかにしたので、今や動学に移るわけであるが、その前に、われわれの動学モデルの特殊な性格について一言しておく必要がある。先に述べたように、われわれは、将来の予想に関する限り、アラブも非アラブも極めて単純かつ近視眼的な計画者であると仮定した。もっと具体的には、両者とも、現在の価格や利子率が将来ずっと維持されるという予想の下で計画をたてると仮定してきた。従って、価格や利子率が増減しつつある場合には、予想は常に外れていることになる。その反面、われわれは、市場は常に均衡にあると仮定している。われわれが動学と呼ぶものは、予想が常に外れながら市場は常にクリアーしているという実に奇妙な移動均衡の時間径路である。今少しセンシブルな予想ルールを導入することにより、おそらくより現実的な径路が得られると思われるが、そうすることは、反面ある程度の恣意性をモデルに持ち込むこととなる。

さて、世界経済の動学径路を分析するにあたり、今までの分析で足りないものが1つある。それはアラブの貯蓄行動である。第II節においては、われわれは、アラブが石油資源の独占的供給者であると仮定して分析を行ったが、アラブがその収入をいかに処分するかについては言及しなかった。もっとエレガントな方法は、アラブを非アラブと同じような効用極大者として定式化し、石油価格

3) W. D. Nordhaus and J. Tobin, "Is Growth Obsolete?," in *Economic Growth*, NBER (1972).

と消費・貯蓄の配分を同時に決定する方法であるが、われわれは、この方法を下記の理由により採用しなかった。第1は、そうしたモデルでは状態変数の数が2つとなって分析が複雑になるうえに、石油価格を決定するメカニズムが若干不明瞭になること、第2に、現状におけるアラブの行動は、効用極大のルールに従っているとは思われないことである。例えば、クエート、リビア、サウディアラビアの私的消費/GNP 比率は、石油危機以前においても、3割にみたない。この比率は、危機以後は更に低下しているとみられる。従って、アラブの消費が増大した収入に完全に適応するまでには、かなり長い時間が必要であると考えられる。いずれにせよ、本稿では、アラブの貯蓄率はパラメーターとして扱うこととした。

以上のことから、世界経済の動学は、次のモデルによってあらわされることになる。

$$(43) \quad \dot{e} = G(x, k) - c - rd - px - ge$$

$$(44) \quad \dot{d} = s[rd + px - a(x, b)] - gd$$

$$(45) \quad \dot{b} = -x$$

これらの方程式において、 $p=p(b, k)$, $r=r(b, k)$, $x=\hat{x}(p, k)$, $c=\bar{c}(e, d, p, r)$ であることはいうまでもない。初期値($e(0), d(0), b(0)$)が与えられれば、動学体系(43)~(45)は、このモデル世界経済の時間経路を一義的に決定する。この体系は3つの変数から成っているが、このうち b は、明らかに単調減少を続けるから、より一般的な3変数の動学体系に比べれば簡単ではあるが、その定性分析の結果は、いくつかの追加的仮定なくしては確定できない。従って、本稿では、長期的分析にとどめることとした。

さて十分に長い(おそらく30年から50年の)時間を経て、石油ストック b が殆どゼロに近づいた状態を考えよう。この状態においては、(43)式と(44)式は、近似的に次の2式で表現することができる。

$$(46) \quad \dot{e} = G(0, k) - c - G_k(0, k)d - ge$$

$$(47) \quad \dot{d} = [sG_k(0, k) - g]d$$

ここで $G(0, k)$, $G_k(0, k)$ は、 $G(x, k)$, $G_k(x, k)$ の x がゼロに近づいたときの極限形である。世界経済の長期的状態は、これら極限関数の形状に依存す

る。前述のCES関数を用いると、

$$(48) \quad G(0, k) = \begin{cases} kB^{-(1/\rho)} & \rho < 0 (\sigma > 1) \\ 0 & \rho \geq 0 (\sigma \leq 1) \end{cases}$$

$$(49) \quad G_k(0, k) = \begin{cases} B^{-(1/\rho)} & \rho < 0 (\sigma > 1) \\ 0 & \rho \geq 0 (\sigma \leq 1) \end{cases}$$

となる。従って、 σ の値により、2つの可能性がある。第1は、 $\sigma \leq 1$ の場合である。この場合には、石油が依然として生産活動に必須の要素であるため、石油の消失とともに、非石油資本財の限界生産力も失われてゆく。このケースは、いわゆる backstop technology が存在しない場合に相当する。次に、 $\sigma > 1$ の場合であるが、この場合には、(48), (49)式は、それぞれ、

$$(48)' \quad \dot{e} = (B^{-(1/\rho)} - g)e - \bar{c}(e, d)$$

$$(49)' \quad \dot{d} = (sB^{-(1/\rho)} - g)d$$

となるが、まず $sB^{-(1/\rho)} - g > 0$ の場合、すなわち、アラブの最適成長率が自然成長率をこえる場合には、アラブの資本ストックすなわち非アラブの債務は、限りなく増大する。このときは、非アラブの資本ストックも成長することは可能であるが、非アラブの貯蓄率を s とすれば、

$$\frac{\dot{e}}{e} - \frac{\dot{d}}{d} = B^{-(1/\rho)}(s - g)$$

が成り立つから、非アラブの資本シェアは、これら2つの貯蓄率の大小によって増加又は減少する。他方、 $sB^{-(1/\rho)} - g < 0$ の場合には、アラブは究極的には消滅し、非アラブの運命は $B^{-(1/\rho)} - g > 0$ なる条件にかかってくる。

このように、世界経済の長期的状態は、生産要素としての石油の技術的代替可能性にかかっている。本稿では、いわゆる backstop technology を明示的にはモデルに導入しなかったが、上記の $B^{-(1/\rho)}$ が、石油がなくなったあとの世界経済の生産力、すなわち石油に代わる技術の生産性をあらわしている。なお、この生産力が固定的係数になっているのは、われわれの生産関数 G についての仮定の結果であり、もし石油を今1つの消費財とし、生産関数は k だけに依存するという別な仮定をすれば、この生産力係数は固定的でなくフレキシブルになり、世界経済の長期均衡も、上述のような knife-edge でなく、スムーズかつ安定

的となる筈である。

VI あとがき

本稿の目的は、石油のような限られた資源の下で、世界経済の将来を考えるためのフレームワークを提供することであった。こうした費消可能資源の存在は、世界経済にとってグローバルな制約条件となってあらわれる。成長発展の問題を個々の国々について論ずるという従来のパーシャルな方法は、このようなグローバルな制約を考慮に入れないという意味で、充分でないだけでなく危険でさえある。逆に、こうした制約条件を考慮に入れた世界経済の将来の可能性は、相当に限定されたものとなろう。この問題に対するカギは、明らかに、稀少資源の代替物の開発という技術変化(われわれのモデルでは、 $\sigma > 1$ という条件)の可能性にかかっている。しかし、将来の技術開発の可能性及びその性格は、多分に未知数である。経済学にはそういう技術革新の理論はないし、経験的には、過去における悲観的予測はすべて杞憂におわった(例えば、ノードハウス・トーピンが引用している1880年代の予測では、われわれはとくに馬糞の中に埋没している筈であった)。しかし、このことは、将来の成功を保証するものではないし、資源の制約を無視してよいといっているのでもない。

石油がもたらした第2の問題は、産油国と消費国との間の資源再配分の問題である。先に述べたように、アラブはかなりの債務国である。1972年をモデルの初期時点とすると、同年中のアラブの国内総生産はざっと2000億ドルで、このうち1割が非アラブに帰属したとして、200億ドルが対外要素支払となる。このことからみて、アラブは2000億ドルをこえる負債を抱えていたとみられる。しかし、この負債は現に急速に減少しつつある。非アラブのジレンマは、高度成長を続けようとするれば、石油価格に圧力が加わって、国際収支及びインフレを悪化させるおそれがある一方、成長率を落せば、世界資本に対するアラブのシェアが増大するという点であろう。

お断りするまでもなく、われわれのモデルは、非アラブがアラブに対し何ら対抗手段を有しないと仮定している点、有効な backstop technology の開発の可能性を充分考慮していない点、非アラブ自身の石油資源を無視している点、proven reserves という概念自体が経済的概念であり、石油価格の上昇とともにリザーブ自体がある程度自動的に増加するという事実を考慮に入れていない点等において、悲観的バイアスをもっている。石油問題の大きさとその処方箋を正しく知るために、詳細な実証研究が望まれる所以である。

(ブリティッシュ・コロンビア大学)