〔研究ノート〕

海洋資源の経済学 ―その1―

――漁業理論の展開――

山　田　健　治

は　じ　め　に

世界の経済体制は，戦後のグローバリズムからリージョナリズムへと徐々に移行した。IMF・GATT 体制が，その将来を模索していることは，われわれにとってはすでに周知の事実である。世界の枠組みの変化は，単に経済体制の変革にとどまらず，法律および政治体制も巻き込まざるを得なかった。

日本を考えてみれば，わが国は戦後の自由貿易体制によって大きな利益を受けた国の1つであった。しかし，日本を取り巻く環境は徐々に変化しつつあった。その中で，日本人に時代の変化を決定的に知らしめたのは，1971年のニクソン・ショックであり，1973年に起こったオイル・ショックであった。前者

は，主に先進国間の経済調整であったのに対し，後者は開発途上国に調整バイアスをかけたものであった。この2つの事件は，日本人が意図すると，せざるとにかかわらず，自国の方向を決定するために，日本が態度を明示することが今後必要になるであろうことを日本人に知らしめたものであった。

世界の枠組みが変化した以上，それを支える制度は新しく構築されねばならない。日本にとっては，今後何を失なって何を得るのかの計算が必要となると共に，時代の流れに逆らって変化への対応に遅れることがあってはならない。

特に，資源問題に関しては，日本は今後ともその制約よりのがれることはできない。その資源の中で，海洋から得られてきた資源のコストが徐々に上昇してきていることに注目しなければならない。従来は free-access resources[(1)] であった海洋が，私有化の方向に進む一方で，共同財産の名の下に海洋資源の再配分を制度的に要求する途上国の攻勢にさらされている。これらの問題は第3次国連海洋法会議が遅々として進展しないことをみても，制度面より実態が先行する事態が今後ますます起こることが予想される。

ヘンリー・A. キッシンジャーによれば，当面以下の4つの課題があると述べられている[(2)]。

① 領海の範囲

② 経済水域の範囲

③ 大陸縁が200カイリを越える場合の大陸縁の資源に対する沿岸国と国際社会の権利

④ 海洋環境の保全

さらに，3つの未解決の問題として，第1に科学調査の問題，第2に海洋法の実効力を高めること，第3に深海海底の資源開発にともなう国際的な制度の確立があるとキッシンジャーは指摘している。

これらの諸問題に対する経済的な接近については，現在ほとんどなされていない。アナリティカルなものとしては，後述する漁業の分析があるが，鉱物資源については記述的なものは多いが，モデルによる分析はきわめて少ない。

さらに経済水域の拡大の影響とか大陸棚の問題については，その分析の主流が海洋法よりのアプローチである。海洋の環境保全については環境経済学の発達により近年分析が進んでいる。[(3)]

以下では，問題をとくに漁業問題に限定して経済的な分析を行なうことにする。

1. 200カイリ経済水域のとらえ方

経済水域が200カイリに拡大するというのは世界の大勢であって，日本としてもこの流れに逆らうことはできないであろう。

戦後日本をめぐる漁業環境は悪化の一途をたどり，「日ソ漁業条約」，「日米加漁業条約」の締結と，わが国にとって操業規制区域が年々拡大して，漁民の不安を増大させている。[(4)] 今回の第３次海洋法会議において，200カイリ経済水域設定への動きが高まっていることは，以前からの一方的な制限措置が法的根拠に裏付けられて実効力を持ってくることになるのである。

200カイリの経済水域が設定されて日本が従来の漁場より締め出されてしまうという危惧がある一方で，わが国に属する海域が広がるというメリットが他方でみられる。[(5)]

2. 漁業理論の展開

漁業規制が正当化されるためには，そこには科学的根拠がなければならなかった。[(6)] それは乱獲に対して資源を保存しながら，生産量を最大にしようとするものであった。規制はその魚種の最大持続的生産量（Maximum Sustainable Yield）を維持するために必要な措置であるとの考え方に立脚するものであった。

John Butlin は漁業経済学の最近の動向をサーベイしている。[7] 彼は漁業経済の問題を提起した Scott Gordon のモデル[8]を説明して，その問題点を発展させる形で体系的に漁業問題を分析している。以下では，まずこの論文を出発点として分析する。

2—1．Butlin の問題提起

Gordon は乱獲を説明するのに，単一の所有者がいない海において，各々の漁業従事者が，現在の利益を最大にしようと行動すると仮定している。

Pを魚のストック，Lを水揚げ量（捕獲量），Eを魚の生産に投入された変動的な生産要素の投入量，Cを漁業従事者の私的コストとすると，Gordon のモデルは⑴～⑷の式で表わされる。

⑴ $$P=f(L)$$

⑵ $$L=g(P,\ E)$$

⑶ $$C=h(E)$$

⑷ $$C=L$$

⑴式は，魚のストック（Population Size）は水揚げ量によって決定されるとするものである。しかも，$f'<0$ を仮定して，水揚げ量が増加すればストックは減少すると考える。

⑵式は，水揚げ量は魚のストックと，生産要素の投入量（努力量）によって決定されるとしている。$g_p>0$，$g_E>0$ と $g_{pp}<0$，$g_{EE}<0$ を仮定して，収穫逓減の生産函数を考えている。

⑶式は費用函数である。

⑷式は，均衡状態では，費用と収益が等しくなると仮定する（利潤がゼロとなる）。

以上の Gordon モデルは，魚のストックと経済行動を同時に説明するモデルとして高く評価されるが，以下のような欠点があると Butlin は指摘している。

(a) スタティックなモデルであって，ダイナミックなモデルではない。

(b) 私的コスト（private cost）のみが対象とされていて，外部効果は考慮されていない。

(c) モデルは deterministic であって，漁業に特有な不確実性が考慮されていない。

(d) 漁業モデルを進歩させたモデルではあるが，政策決定の道具としてはモデルは限定されたものである。

以上の4つの観点より，Butlin はサーベイを試み，最後により政策決定者に役立つ漁業規制の理論を確立することが大切であると述べている。(9)

Gordon のモデル以後発表されたものは，数々の外部効果をモデルに導入している。以下では，代表的なモデルとして Vernon L. Smith の論文を中心に解説してみよう。

2―2. V. Smith のモデル

Smith は天然資源の生産に適用するモデルを1968年に開発している。(10) さらに，1969年には，漁業についてこのモデルを適用して詳しく分析を行なっている。(11) 本節では，1969年の Smith の論文について詳しく吟味する。

漁業の特色としては以下のものがあげられる。

1. 漁業資源は再生可能な資源である（replenishable resource）。

2. 資源からの生産活動はストックとフローの関係にある。個体数が新たに生長するのは，捕獲率と自然再生率（harvest rate and natural recruitment rate）に依存する。もし，捕獲率が自然再生率を越せば，ストックは減少する。

3. 外部経済，外部不経済について次のものが考えられる。

(a) Resource stock externalities

魚の個体数が増加するに従って，漁船の捕獲コストは低下する。

(b) Mesh externalities

漁網の網目の大きさが漁業従事者の私的コストと収益に影響を与えるだけでなく，魚の個体数の生長過程にも影響する。

(c) Crowding externalities

魚が特定海域に集中している場合には，漁船が集中して，漁船の操業費を上昇させせるようになる。

2—2—1．一般モデル

Kを漁船の数，xを一定時間の捕獲率，Xを個体数とすると，自然状態における生長法則は(5)式で与えられる。

(5) $$dX/dt=\dot{X}=f(X)$$

但し，$f(\underline{X})=f(\bar{X})=0$，$f'(X_0)=0$，$f''(X)<0$ であって，$0<\underline{X}<X^0<\bar{X}$ である。

$\bar{X}$は自然状態における均衡個体数であり，$\underline{X}$ は生存に必要な最小の個体数とする（$\underline{X}$以下では，病気とか，生殖力不足等によって個体数は増加しえないとする)。X^0 は魚種の生長率が最大となる個体数である。 この $\dot{X}=f(X)$ の微分方程式の解は生長法則を示すものであって，$f(X)$ が二次形式である場合には，生長のロジスティック法則を示すものである。(12)

(5)式に人間による捕獲を考慮に入れた生長法則を示す式は(6)式で与えられる。

(6) $$\dot{X}=f(X,\ m,\ Kx)$$

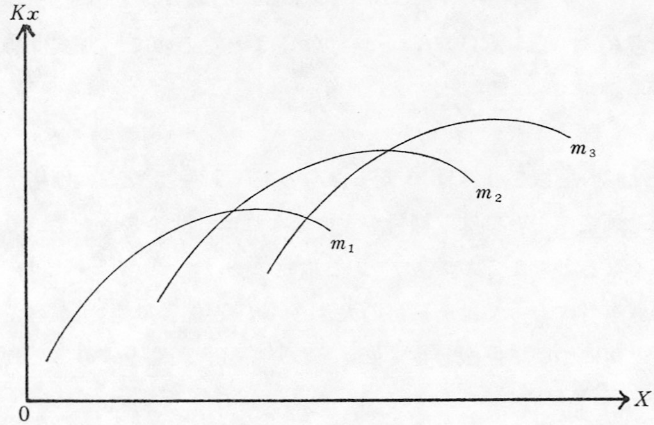
ここで， m は網目の大きさであるし，Kx は単位時間当たりの捕獲量である。ここで，捕獲量が大きくなれば，生長率は低下することから，$f_3<0$ である。(13)

(6)式でmを一定にして， Xと Kx の関係を考えてみよう。(6) 式を全微分して(7)式がえられる。

(7) $$(d(Kx)/dX)_{\dot{X}=0}=-(\partial f/\partial X)/(\partial f/\partial Kx)$$

(7)式で左辺の分母は負，分子はXの増加に従って， 正，ゼロ ($X=X^0$)， 負

となるから，(6)式は上に凸のグラフとなる。また，網目が大きくなると同一の個体数に対して捕獲量が低下することから，$f(\cdot)$ は第1図の如くになる。



第 1 図

次に費用函数について考えてみよう。Cを漁船1隻当たりの総費用とする。Cは(8)式で示される。

$$C=\phi(x,\ X,\ m,\ K)+\hat{\pi} \tag{8}$$

(8)式で $\hat{\pi}$ は漁船を操業するのに必要な固定費（あるいは最低限必要な利潤とも考えられる）と考えられる。ここで $C_1>0$, $C_2\leq 0$, $C_3>0$, $C_4\geq 0$ である。

$C_1>0$ は，捕獲量が増加すればコストが増加することを示す。$C_2<0$ は，個体数が増加すればコストは低下することを示す。$C_3>0$ は網目が大きくなるに従って捕獲コストが増加することを示す（逃げる魚が多くなるから）。また，$C_4\geq 0$ は船が増加することによって漁場が混雑することによって発生するコストを示している。

産業全体の収入について考えてみよう。捕獲量は Kx とmによって決定され，単位当たりの魚の販売価格は魚のサイズが大きくなる程高くなることを考えれば，価格と捕獲量を掛けた収入（R）は，(9)式の如く示される。

(9) $$R=R(Kx,\ m)$$

(8)式と(9)式より，漁船１隻当たりの利潤（π）は(10)′式で表わされる。

(10)′ $$\pi=\frac{R(Kx,\ m)}{K}-\phi(x,\ X,\ m,\ K)-\hat{\pi}$$

ここで，$R(\cdot)/K=[R(\cdot)/Kx]\cdot x=p(m)\cdot x$ となるので，(10)′式は(10)式の如く書き直せる。

(10) $$\pi=p(m)\cdot x-\phi(x,\ X,\ m,\ K)-\hat{\pi}$$

$p(m)$ は収入総額を捕獲量で割ったもので，１匹当たりの価格と考えられる。また，価格については，網目が大きくなれば，サイズの大きい魚がとれて単価が高くなると考えて，$p'(m)>0$ と仮定する。

漁船の保有者にとっては，網目の大きさ（m）と捕獲量（x）が与えられる。(10)式を x と m について偏微分してゼロとおいて極大条件を求めると(11)式の如くになる。

(11) $$C_1=p(m)$$
$$p'(m)x=C_3$$

(11)式の上の式は，限界捕獲費用が価格に等しくなるまで操業を行なうことを示す。下の式は，網目の大きさを変化させて得られる限界収入（$p'x$）が，それによって発生する限界費用に等しくなるまで網目が大きくされることを示している。また，$p'(m)x<C_3$ なる m を考えれば，網目を大きくしてゆけば，ついに限界収入が限界費用より小さくなるようになる。その限界点は等号が成立するところである。

次に，新たに漁業に参入あるいは撤退する漁船の数の変化について考えよう。

(12) $$\dot{K}=\begin{cases}\delta_1\pi, & \text{if } \pi\geq 0\\ \delta_2\pi, & \text{if } \pi<0\end{cases}$$

(12)式は利潤が正である限り参入があり，負であれば撤退があることを示している。

以上の体系より，(6)，(11)，(12)式を選んで，(11)式より x，m を X，K につい

て解いて(6)，(12)式に代入すれば，縮約された体系(13)式がえられる。

$$\dot{X}=F(X,\ K)$$
(13)
$$\dot{K}=I(X,\ K)$$

(13)式は生態的な均衡式と資本の均衡式を示すものである。

2—2—2．二次形式によるモデル

一般モデル(13)式でフェイズ・ダイヤグラムを用いて均衡状態を分析するのはむずかしいので，二次形式を利用して特性を考えることにする。単純化のために，crowding externalities は存在せず，かつ網目の大きさは考慮しないとしよう。

収入は $R(Kx)=(\alpha-\beta Kx)Kx$； $\alpha,\ \beta>0$ で示す。１隻当たりの費用は $C=\dfrac{\gamma x^2}{X}+\hat{\pi}$；$\gamma>0,\ \hat{\pi}>0$ とする。さらに，$f(X)=(a-bX)X$ で，$X=0$, $\bar{X}=a/b$ で示されるとする。

二次形式によるモデル体系は以下の如くである。

(14) $$\dot{X}=(a-bX)X-Kx$$

(15) $$\pi=[(\alpha-\beta Kx)/Kx]x-[\gamma x^2/X+\hat{\pi}]$$

(16) $$\partial\pi/\partial x=(\alpha-\beta Kx)-[2\gamma/X]x=0$$

(17) $$\dot{K}=\begin{cases}\delta_1\pi\,(\pi\geq 0)\\ \delta_2\pi\,(\pi<0)\end{cases}$$

(16)式を x について解いて (14)式に代入して $\dot{X}=0$ とおけば(18)式がえられる。

(18) $$(a-bX)X-[\alpha X\cdot K/(2\gamma+\beta KX)]=0$$

(15)，(17)式より(16)式を考慮して $\dot{K}=0$ とおいて整理すれば，(19)式がえられる。

(19) $$\alpha^2\gamma X-\hat{\pi}(2\gamma+\beta KX)^2=0$$

(18)式より，$\dot{X}=0$ のグラフ，(19)式より $\dot{K}=0$ についてのグラフが(20)，(21)式によって与えられる。

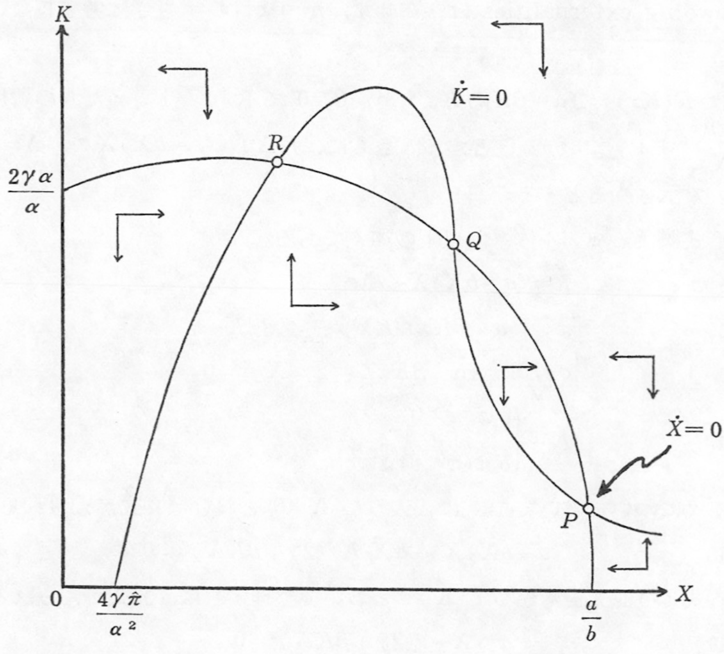
(20) $$(dK/dX)_{\dot{X}=0}=[(a-2bX)(2\gamma+\beta KX)^2-2\alpha\gamma K]/2\alpha\gamma X$$

(21) $$(dK/dX)_{\dot{K}=0}=(4\alpha\beta+2\beta^2X^2K)\hat{\pi}/[\alpha^2\gamma-2\hat{\pi}\beta^2K^2X-4\gamma\beta K\hat{\pi}]$$

(20)式で $X=a/b$ のときには$-bK/a(<0)$，$X=0$ のときにはゼロとなって第2図の $\dot{X}=0$ のようになる。

(21)式の分子は正である。分母は $\hat{\pi}\lesseqgtr\left[\alpha^2\gamma/\left(\frac{8\beta^2\gamma K^2}{\alpha^2}+4\alpha\beta K\right)\right]$ に応じて分母$\gtreqless 0$ であるので，Kが大きくなれば(21)式は負となると考えられる。

(20)，(21)式の関係は第2図に示されている如くである。$\dot{X}=0$ については，$\dot{X}=0$の上方はK が増加して個体数が減少する。下方は逆に個体数が増加する。$\dot{K}=0$ については，上方は船が増加して収益が減少して撤退が起こり，下方については収益が増加して参入が起こる。



第 2 図

第2図でR点は cyclical に安定であり，Q点は不安定点，Pは安定的な点となる。従って，P点では種の保存が充され，しかも長期的にみて参入がない状態を同時に充す状態が実現されることになる。

しかし，$4\gamma\hat{\pi}/\alpha^2 > a/b$ ならば，$\dot{X}=0$ と $\dot{K}=0$ とが交点を持たず均衡解がない。このようなケースは，以下のような経済的意味を持っている。

（i） α が小さい，つまり魚の市場価格が小さいため魚の捕獲が少ない。

（ii） $\hat{\pi}$ が大きい，つまり固定費が大きいために参入がむずかしい。

（iii） γ が大きい，つまり操業費が大きい。

（iv） a/b が小さい，つまり自然状態における均衡個体数が小さく，捕獲と両立しない。

逆に，市場価格が高い，固定費が小さい，操業費が小さい，均衡個体数が大きいことが，生態的にも，経済的にも均衡を保証する条件にそれぞれなっているのである。

2—2—3．海の所有者が１人の場合

海は common property と考えられる。当然，領海とか経済水域とかは完全な common property ではありえない。common property に自由な参入が認められる場合には，漁業の場合には overexploitation が起こる。[14] これに対して private property の場合には，企業の利潤がゼロになる以前に参入が阻止される。それ故に，common property rights の場合には，労働生産性いいかえれば労働の限界生産力は private property rights のケースに比較して小さいのである。[15]

H. Demsetz[16] は property rights と externalities の関係について以下の如く述べている。

ロビンソー・クルソーの世界には，所有権は役割をもたなかった。所有権が導入されると，所有者は他人がその地域に干渉を許さなくするであろう（但し，その行動が禁止されない限りであるが）。つまり所有権は，人々がどのように利益を得，害を蒙むるのかということと密接に関係しているのである。

所有権と外部性の関係について考えてみれば，所有権は外部性を内部化 (internalize) させるようなインセンティブをもたらすものである。外部性が

存在する場合には，資源の利用者は，費用と便益の一部を考慮しないのである。しかし，取引が増加すると内部化の度合を高めるものである。たとえば，奴隷を使用する企業は，すべてのコストを考慮しない（会社は生存賃金のみを奴隷に支払うだけであるからである)。もし奴隷と主人との間の交渉が認められるなら，そのようにはならない。奴隷は自由であるから，その期待収益に基づいて会社に支払いを要求するであろう。このようにして，奴隷のコストは企業の計算の中に内部化されることになる。

外部性を内部化してえられる利益が，その内部化することによって発生するコストよりも大きければ，外部性を内部化しようとして所有権が発達するものである。

内部化が増大するのは，主に経済価値が変化したり，新しい技術の発展とか，新しい市場ができたとかであって，従来の所有権がうまく妥当しなくなっている結果である。

以上のような Demsetz の指摘よりもわかるように，最近の200カイリ経済水域の設定は海という資源を内部化しようとする動きに他ならない。

Smith は漁業が唯一の人もしくは企業によって営まれるのは，非常に非現実的であるとはしながらも，原始社会においてはよくあったことだとしている。また，この場合には，外部性が内部化されて，完全競争下では社会的費用であったものが，私的コストに転化するモデルを考えている。以下，本節ではそれを紹介しよう。

1人の漁業従事者の生産は，世界の供給に比べて小さいので，価格は所与と考えられる。

1企業の利益（π）は(22)式で与えられる。

(22) $$\pi=p(m)Kx-K\cdot C(x,\ X,\ m,\ K)$$

当該企業は $f(X,\ m,\ Kx)=0$ の制約の下に，π を極大にしようとする。λ をラグランジュ乗数とすれば，(23)式を x, m, X, K について微分すれば，(24)～(27)式がえられる。

(23) $\phi=p(m)Kx-K\cdot C(x,\ X,\ m,\ K)+\lambda f(X,\ m,\ Kx)$

(24) $Kp(m)-KC_1+\lambda Kf_3=0$

(25) $p'(m)Kx-KC_3+\lambda f_2=0$

(26) $\lambda f_1-KC_2=0$

(27) $p(m)x-C-KC_4+\lambda xf_3=0$

(26)式より $\lambda=KC_2/f_1$ を(24)式に代入すれば(28)式をえる。

(28) $p(m)=C_1-\lambda f_3=C_1-KC_2f_3/f_1$

ここで C_1 は限界私的費用である。また，KC_2f_3/f_1 は漁業資源のストックの外部性による限界社会的費用である（$f_3<0$）。これを前述のモデルと比較すると，単一の所有者にとっては，以前の外的コスト（external cost）が私的コストになることを示している。

(22)式と(27)式より(29)式がえられる。

(29) $\pi/K=p(m)x-C=KC_4-\lambda f_3x$

(29)式で π/K は漁船に資本を投下することからえられる直接限界収益である。KC_4 は漁船の増加によって生ずる crowding externalities を示す。λf_4x は漁船をもう1隻追加投入することによって発生する資源の減少コスト（catch externalities by additional vessel）と考えられる。故に，直接限界利益は船が参入することによって発生する限界的な社会費用に等しくなるのである。結局のところ，従来の社会的費用は内部化されて私的費用に転化するのである。

ここで考察した Sole Ownership は，さらに次のような特徴を持っている。

① Sole Owner は決して漁業資源を涸渇させない。換言すれば，操業は常に最大持続生産点の右側でなされる。

このことは，X^* と $X^{**}(X^*<X^{**})$ を考える。かつ，$f(X^*,\ x^*,\ m^*,\ K^*)=f(X^{**},\ x^*,\ m^*,\ K^*)$ を充し，$f_1(X^*,\cdot)>0$，$f_1(X^{**},\cdot)<0$ であるとする。$\pi/K=p(m)x-C$ より $C_2<0$ を考慮すれば，X^{**}の時の利益の方が，X^* の時の利益より大きくなることがわかる。このことは $\dot{K}=0$ が Sole Owner

の場合には考慮されていないことにあるのである。

② Sole Owner の時には，$\pi/K=KC_4-\lambda f_3 x$ で $C_4>0$，$f_3<0$ であるから，πは必ず正であるとされる。これも，完全競争の下では $\pi>0$ である限り参入が続いて $\pi=0$ となるのは明白である。

2—2—4．完全競争に対する規制

Sole Owner は漁業資源を涸渇させないが，競争的な状態では $\pi=0$ になるまで参入があって，overexploitation が起こりやすいことが知られた。両者の関係より漁業規制が現実面[17]からも，理論面からも検討されている。

漁獲の規制を可能にするためには，external cost であるものを，企業活動の中に組み入れて内部化させることが必要となる。

内部化すべき external cost としては以下のものが考えられる。

(1) 単位当たりの捕獲費用

これは，１単位さらに魚が捕獲されることによって個体数が減少するが，その減少した魚を捕獲するのに発生する費用である。この社会的費用は，船１隻当たり１単位魚を捕獲するごとに extraction fee として $U=-\lambda f_3$ を課すことによって内部化される。

(2) Crowding Cost

1隻の漁船が新たに参入することによって生ずる混雑の費用が船の operating cost に追加される。これは，漁船の年間のライセンス・フィー $L=KC_4$ として課せられることによって内部化される。

(3) 網目の大きさのコントロールを目的とするペナルティー・コスト

漁船が最適な網目の大きさ（m^0）と異なる網目の網を使用した場合に，ペナルティー・コストPを支払うことにする。

$$k=\begin{cases}P, & \text{if } m\lesseqgtr m^0 \\ 0, & \text{if } m=m^0\end{cases}$$

Pは純利益に相当する大きさの金額であって，漁船が m^0 以外の網目を選択

することはありえない。

これらの social cost を内部化した場合には，長期的均衡条件は以下の如くになる。

(30) $$p(m)=C_1+U$$

(31) $$m=m^0,\ \ k=0$$

(32) $$\pi=p(m)x-C-Ux-L=0$$

(33) $$f(X,\ m)=Kx$$

ここでは，個々の漁業従事者は， extraction fee をも含んだ費用が価格に等しくなるまで捕獲率を調整する。また，罰金が高いために，最適な網目が採用されることになる。このようにすると，完全競争状態を Sole Owner のケースと一致させることができる。

これまで詳述してきた Smith のモデルは，従来のモデルを一般化して，externalities についても論及した点ですぐれたモデルと云えるであろう。

2—3．A. Leung and A. Wang のモデル

Leung and Wang は，Smith のモデルを書き直して，新たに漁獲技術の進歩を考慮に入れてモデルを拡張している。以下，このモデルを紹介しよう。

Smith のモデルと同様に，個体数と資本について(34)，(35)式を考える。

(34) $$\dot{X}=(a-bX)X-Kx$$

(35) $$\dot{K}=\delta K\psi(X,\ K,\ \alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \hat{\pi},\ x)$$

ここで $\psi(\cdot)$ は漁船１隻当たりの利潤を示すもので，Smith 流のモデルによると，$\psi(\cdot)=(\alpha-\beta Kx)x-(\gamma x^2/X+\hat{\pi})$ と書ける。ここで $(\alpha-\beta Kx)$ は価格であり，第１項は収入を示す。第２項は費用を示し，$\hat{\pi}$ はここでは機会費用を示すものである。

一定期間に捕獲される x は，個体数 X と(36)式で示される技術的な関係にあるとする。

(36) $$x=rX$$

ここで，r は漁業の技術進歩を示す定数である。

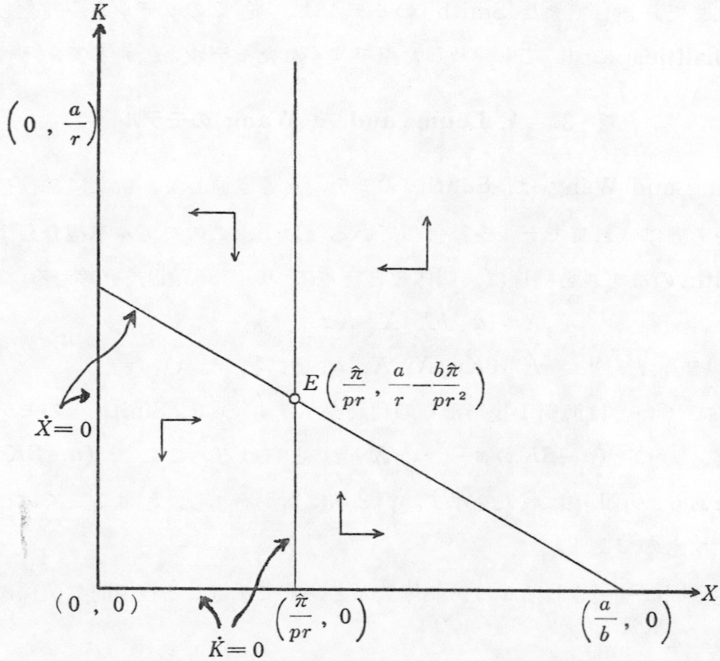
$\psi(\cdot)$ の式を簡単にするために，$\hat{\pi}$ を単に売上げに無関係な固定費としよう。利潤は（売上げ－固定費）から労働コストを引いたものと考えられる。q を労働コストの（売上げ－固定費）に占める割合とする $(0<q<1)$。ψ は(37)式の如く書ける。

(37) $$\psi(\cdot)=(1-q)[prX-\hat{\pi}]$$

(34)，(36)，(37)式をまとめて，(38)の体系が得られる。

(38) $$\begin{aligned} F(X,\ K)&=\dot{X}=X[a-bX-rK] \\ I(X,\ K)&=\dot{K}=K\delta(1-q)[prX-\hat{\pi}] \end{aligned}$$

(38)式で $\dot{X}=0$，$\dot{K}=0$ とおいてフェイズ・ダイヤグラムを書いて分析してみよう。



第 3 図

$a/r-b\hat{\pi}/pr^2>0$ を仮定すれば，第3図の如く個体数と資本を共に定常状態にする cyclical で安定的な均衡点がえられる。

ここで，均衡点Eの性質について調べてみよう。

（i） 魚の価格（p）が上昇すれば，資本が増大して個体数が減少することになる。

（ii） 労働コスト（q）が変化すれば，漁船の数に影響を与えると考えられるが，長期においては漁船の数に変化を与えない。

（iii） 漁業技術に進歩があれば（rが上昇する場合），Kが減少して長期的には投資が減少する。けれども，一方で魚の数は減少することになる。

（iv） インフレーションによって，$\hat{\pi}$ と pが同時に上昇すれば，生産にも投資にも影響を与えない。

（v） $\hat{\pi}$ と r の関係についてみれば，コスト・インフレ率と技術進歩率が同率であるならば（但し，価格は一定である），魚の数は変化しない。

Leung and Wang は Smith のモデルを一般化して（経済的意味のとりにくいものになるが），技術進歩が生産に与える効果の方がインフレの効果より大きいとのべ，取りすぎによる個体数の減少（extinction）の可能性が大きいとしている。

2—4. R. J. Agnello and L. P. Donnelley のモデル

Smithとその流れをくむモデルは，魚の個体数と投下資本の問題について，価格を媒介として均衡解を与えている。しかし，そこでは，割引率が異時点間の行動の選択に重要な影響を与えることが考慮されていない。

以下では，比較静学分析で割引率をとりあげているR. J. Agnello and L. P. Donnelley の論文(18)を紹介して，割引率の役割について考えてみよう。

漁業産業は単一の所有権の構造に従い，多くの小さな企業より構成されていると考えられる。さらに，個々の企業は一定の非回遊性魚種のストックを捕獲している。漁業資源が固定されているという仮定は，伝統的な漁業理論と対比

して，短期的な特性を持つものである。モデルに適用される期間は，生物学上，もしくは規制という観点よりそれぞれ異なるものである。さらに，単純化のために，われわれは漁業産業への参入については，法的な規制に従うものではなく，努力の投入は完全に弾力的であるとしよう。製品の船渡し価格は，他のすべての商品の価格の如く，現在の生産から供給されるものと，在庫より放出されるものからなる供給と，需要によって市場で決定される。

もし，資源ストックが common property として取り扱われるのであれば，個々の漁業従事者には t 期と比べて $(t+1)$ 期はより少ない資源ストックしかないという確率が高まるという事実に直面する。漁業従事者は，もし収穫を価格が高くなるまで延期すれば，ストックが減少するので一定量を確保するのがより困難になるから，同量を収穫するのにより多くの努力をせねばならないと期待されるのである。他の戦略としては，現在収穫して，貯蔵をして，$t+1$ 期に売却する生産物に利子をつけるという方式である。限界点では，t 期に収穫して，それをストックすることから得られる利益と，$t+1$ 期に収穫して $t+1$ 期に売却することからえられる利益とは等しいと考えられる。最後に考えられる漁業従事者の戦略としては，t 期に収穫して t 期に売るという方式がある。3者については，均衡状態では，それぞれの戦略から得られる限界的な収益が等しくなると考えられる。

ここで，企業に対する努力（Input）の供給は完全に弾力的とする。また，単純化のために，努力の供給価格の現在価値は与えられており，$(t+1)$ 期の価格に等しいとしよう $(P_t^e(1+r)=P_{t+1}^e)$。

MP＝魚の重さで測られた努力の限界物的生産性

P_s＝t 期と $(t+1)$ 期の間における生産物単位当たりの在庫費用

r＝割引率

P^e＝努力の供給価格

π＝利潤

X＝努力の投入量

Q＝生産函数

とすると，上述の3つの戦略について利潤の極大条件は次のように求められる。

戦略 A：t 期に収穫して t 期に販売する

$$\pi_t = P_t Q_t(X_t) - P_t^e X_t \tag{39'}$$

(39)′式を微分してゼロとおけば，(39)式がえられる。

$$MP_t \cdot P_t = P_t^e \tag{39}$$

戦略 B：$(t+1)$ 期に収穫して $(t+1)$ 期に販売する

$$\pi_{t+1} = P_{t+1} Q_{t+1}(X_{t+1}) - P_{t+1}^e X_{t+1} \tag{40'}$$

(40)′式を微分してゼロとおけば，(40)式がえられる。

$$P_{t+1} \cdot MP_{t+1} = P_{t+1}^e \tag{40}$$

戦略 C：t 期に収穫して $(t+1)$ 期に販売する

$$\pi_{t+1} = P_{t+1} Q_t(X_t) - [P_{t+1}^e X_t + P_s Q_t] \tag{41'}$$

ここで，$P_{t+1}^e X_t$ は投下された生産要素を1期間在庫として持つことの機会費用であり，$P_s Q_t$ は在庫のコストである。

(41)′式を X_t について微分して，$P_{t+1}^e = (1+r) P_t^e$ を利用して整理すれば，(41)式をえる。

$$MP_t [P_{t+1} - P_s]/(1+r) = P_t^e \tag{41}$$

戦略AとBより(42)式がえられる。

$$MP_{t+1} \cdot P_{t+1}/(1+r) = MP_t \cdot P_t \tag{42}$$

ここで，漁業資源が common property resources の場合には，時間の経過にともなって資源ストックが減少するので $MP_{t+1} < MP_t$ と考えられる。(42)式より $P_{t+1}/P_t > (1+r)$ となって，右辺の割引率が大きくなれば，異時点間の利益の差が大きくなって現在に引き直されるので，$(t+1)$ 期の価格は大きくなければならなくなる。

次に戦略Aと戦略Cが無差別な場合について考える。(39)式と(41)式より，(43)式がえられる。

(43) $$P_{t+1}-P_s=(1+r)P_t$$

私的所有のケースでは，自然界における在庫コストはゼロであるので，$P_s=0$ となって $P_{t+1}=P_t(1+r)$ となる（t 期に収穫せずに $t+1$ 期に収穫するとするが，その間の資源の貯蔵コストはゼロである)。しかし，common property のケースでは，限界生産性の高い t 期に収穫して，ストック・コスト P_s を支払うために，P_{t+1} は，私的所有のケースに対して ストック・コスト分だけ価格が割高になる。

以上考察したように，異時点間の比較をする場合に割引率を考慮することによって，将来の価格の持つ意味が明らかにされた。

2—5. C. W. Clark のモデル

現在，種の extinction については鯨の捕獲禁止が問題となっている。この種の問題については，いたずらに感情論ではなく理論的な根拠に立って論じられねばならない。

Clark は[19]，このような観点よりダィナミック・モデルを展開して，割引率が overexploitation に与える影響を分析している。以下，彼の議論についてみてみよう。

A. スタティック・モデル

y を再生率とし，x を魚のストックの大きさとし，$\bar{x}$ を自然の均衡魚数 (natural equilibrium population) とすると，(44)式が与えられる。

(44) $$y=f(x)=Ax(\bar{x}-x)$$

ここで，個体数が x_1 の時には，$f(x_1)$ が個体数を維持してゆく捕獲数だと考えられる。

次に，単位当たりの捕獲費用 $C(x)$ は，魚のストックの大きさに反比例すると考えるので，総費用 C は $C(x)$ に $f(x)$ を掛けてえられる。この関係は(45)式に示される。

(45) $$C=By/x=AB(\bar{x}-x)$$

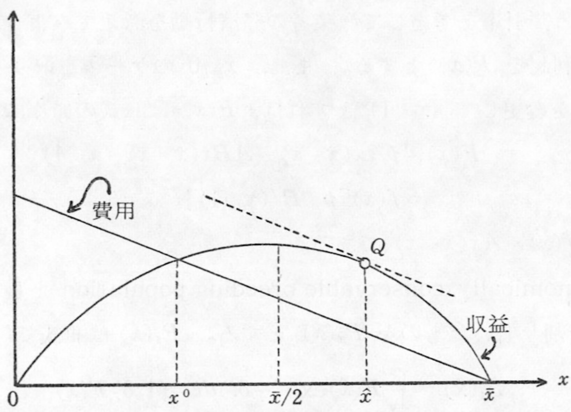
利潤πは収益Rから費用Cを差し引いたものであって，企業は利潤を極大にするような最適捕獲量 $\hat{x}$ の下で操業すると考えられる。

(46) $$\pi=R-C=pAx(\bar{x}-x)-AB(\bar{x}-x)$$

(46)式をxについて微分してゼロとおけば，(47)式がえられる（ここでpは単位当たり価格)。

(47) $$\hat{x}=\bar{x}/2+B/2p$$

これらの関係は第4図に与えられる。費用線と収益曲線の差は，$\hat{x}$ の時に最大になる。$\hat{x}$ では企業の利潤極大の行動が，種の保存と両立する。しかし，利潤がゼロになるまで参入が続けば，結局 $x=x^0$ になって，種の消滅が発生する可能性がでてくる。[20]



第 4 図

しかしながら，$x=x^0$ まで参入が続くかどうかは，漁業者が他産業へ移動する機会費用が大きいかどうかによって決定される。もし，機会費用が大きければ，$x=x^0$ 以前に他の産業へ生産要素の流出が起こり，消滅の可能性は小さくなる。しかし，生産要素の移動に大きな摩擦がともなう場合とか，失業率が高

い場合は，$\bar{x}/2$ を越えて生産がなされ x^0 に到るようになって，overexploitation が発生することになろう。

B. ダイナミック・モデル

上述のスタティック・モデルでは，生物学的にも，経済学的にも時間の変化にともなう各変数の動きをたどることはできない。スタティック・モデルでは，現実の漁業規制の問題を考察する場合には，分析が不十分になる危険性がある。

消滅は，common property の場合には，利潤がゼロになる点まで捕獲が起こることによって通常説明される。現実には，異時点間の比較をする場合には，割引率を考慮に入れて経済行動がなされることに注目しなければならない。技術が進歩している社会においては，割引率は高くなるし，他に投資される資本の限界機会費用に関係して割引率がきめられると考えられる。

以下では，割引率を考慮して漁業者の経済行動を考えてみよう。

ここで，利潤を $F(x)$ とする。また，$x=0$ のケースを取り扱えるように $f(x)$の分母を変更して $(x+1)$ とすれば，$F(x)$ は(48)式の如くに書ける。

(48)
$$F(x)=pAx(\bar{x}-x)-ABx(\bar{x}-x)/(x+1)$$
$$=f(x)[p-B/(x+1)]$$

ここで，$f(x)=Ax(\bar{x}-x)$ である。

$\hat{x}$ を economically conservable breeding population として，毎年の利潤 $F(\hat{x})$ を割り引いたものを $P_1(\hat{x})$ とする。$P_1(\hat{x})$ は(49)式で与えられる。

(49)
$$P_1(\hat{x})=\int_0^{\infty}F(\hat{x})\exp(-\delta t)dt=(1/\delta)F(\hat{x})$$

但し，δ は割引率である。

次に，ストックが初期に自然均衡水準 $\bar{x}$ にあるとする。$\bar{x}-\hat{x}$ は捕獲が可能な剰余である。故に，$p(\bar{x}-\hat{x})$ はある時点における収益であって，そのためのコストは $\int_{\hat{x}}^{\bar{x}}C(x)dx$ で示される。但し，$C=B/(x+1)$ である。よって，捕獲可能な剰余よりえられる利益を P_2 とすれば，(50)式で与えられる。

(50) $$P_2(\hat{x})=p(\bar{x}-\hat{x})-B\ \log\ [(\bar{x}+1)/(\hat{x}+1)]$$

ここで，最適な捕獲量は，$P_1(\hat{x})+P_2(\hat{x})=P$ を最大にする $\hat{x}$ である。P を $\hat{x}$ で微分してゼロとおけば(51)式がえられる。

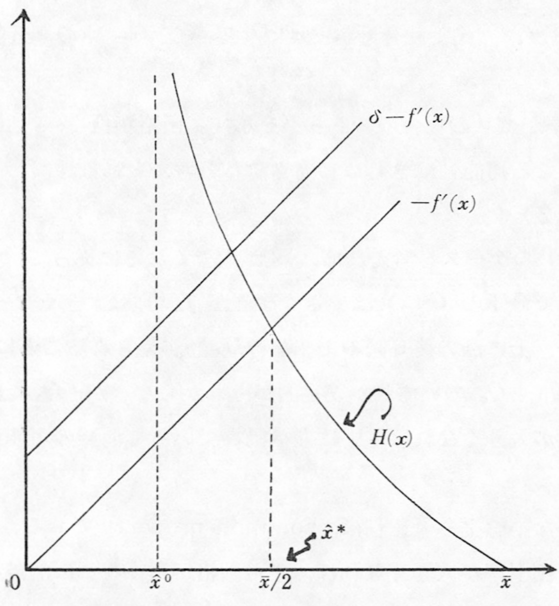
(51) $$(1/\delta)\,F'(\hat{x})=p-B/(\hat{x}+1)=p-C(\hat{x})$$

ここで $C(\hat{x})=B/(\hat{x}+1)$ である。また，$p-C(\hat{x})$ は $\hat{x}$ より１単位捕獲することからえられる限界的な純収益である。また，$(1/\delta)\,F'(\hat{x})$ はある期に追加的なストックを捕獲しないでおくことによってえられる毎年の利潤の総和の限界的な増加分を示している。

(48)式を微分して $F'(\hat{x})=f'(\hat{x})[p-C(\hat{x})]-f(\hat{x})C'(\hat{x})$ となるから，(51)式を考慮すれば，均衡条件式(52)がえられる。

(52) $$\delta-f'(\hat{x})=-C'(\hat{x})f(\hat{x})/(p-C(\hat{x}))$$

(52)式をみたす $\hat{x}$ は(52)式の左辺と右辺のグラフの交点によって与えられる。



第 5 図

左辺の $\delta - f'(x)$ のグラフについて考えよう。$\hat{x}$ の定義より，$\bar{x}/2 < \hat{x} < \bar{x}$ では $f'(\hat{x}) < 0$ となる。δ が大きくなれば，このグラフは上方へシフトすることになる（第5図）。

(52)式の右辺を $H(x)$ として，微分すれば(53)式がえられる。

$$(53)\quad H'(\hat{x}) = -[1/(p-C(\hat{x}))^2]\,[(C''(\hat{x})f(\hat{x}) + C'(\hat{x})f'(\hat{x}))(p-C(\hat{x})) + (C'(\hat{x}))^2 f(\hat{x})]$$

ここで，$f(\hat{x}) \geq 0$，$f'(\hat{x}) > 0$ $(x < \bar{x}/2)$，$f'(\hat{x}) < 0$ $(\hat{x} > \bar{x}/2)$ である。また $C'(\hat{x}) < 0$，$C''(\hat{x}) < 0$ であるから，(53)式において $H'(\hat{x})$ の符号はユニークには決定できない。

次に2つのケースに区分して考えてみよう。

ケース（1）

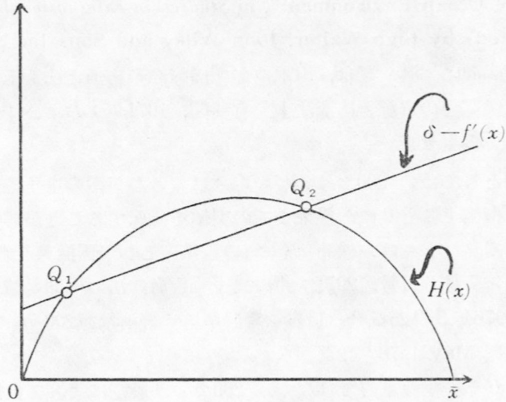
$p = C(\hat{x}^0)$ なる $\hat{x}^0$ を考え，$\hat{x}^0 \leq \bar{x}/2$ と仮定すると，$p - C(\hat{x}) < 0$ で $f'(\hat{x}) \geq 0$ となるので，$H'(\hat{x}) < 0$ となる。このような $H(x)$ は第5図の如くになり，x が x^0 に近づけば，(53)式より分母がゼロになるから，$x = x^0$ の漸近線に近づくことになる。

$\hat{x}^*$ は割引率がゼロの場合のストックを示す。価格が低く，割引率が高くなれば消滅の起こる可能性はきわめて高くなると考えられる。

ケース（2）

$p - C(\hat{x}) > 0$ のケースを考えれば，$\hat{x}$ が大きくなるに従って $p - C(\hat{x})$ は大きくなる一方で分子の $C'(\hat{x})$ は小さくなるが $f(\hat{x})$ は大きくなって，次に小さくなるので，上に凸の第6図のような $H(x)$ がえられることになる。この場合，交点 Q_1 と Q_2 のいずれが安定的かはわからないが，Q_1 では消滅の可能性がある。δ が大きくなれば Q_2 は左へ動いていって消滅の可能性が大きくなる。

以上のような結論より考えれば，common property であろうと，私有財産であろうと，割引率が大きくなれば，また価格が高くなれば消滅の可能性があることがわかる。



第 6 図

しかし，このモデルは代替財のない供給側の条件のみであるので，需要サイドが考慮に入れられれば結論はかわってくるであろう。たとえば外部性を内部化すれば，価格メカニズムによって，価格の上昇が起これば，他財への代替がなされることになり，単一の魚種が消滅の危機にさらされることはなくなるであろう。

鯨の問題はまさに，価格メカニズムによって解決されねばならないものであり，水産資源の代替の問題としてとらえねばならない。

注(1) free-access resources とは，市場価格がゼロであるが，パレート最適に対して正の shadow price を持つものである。また，使用者に対して排除的である資源のことをいう。詳しくは J. R. Gould, "Externalities, Factor Proportions and the Level of Exploitation of Free Access Resources", *Economica*, Vol. 39, No. 156, Nov. 1972. を見よ。

(2) ヘンリー・A. キッシンジャー「地球上最後のフロンティア」『トレンズ』29号，1976年。

(3) たとえば，下記の論文を参照のこと。

Paul Burrows, Charles Rowley and David Owen, "The Economics of Accidental Oil Pollution by Tankers in Coastal Waters", *Journal of Public*

Economics, Vol. 3, No. 3, Aug. 1974. Charles Pearson, "International Externalities: The Ocean Environment", in *Studies in International Environmental Economics,* (ed) by Ingo Walter, John Wiley and Sons Inc., 1976.

(4) このような動向については，山本草二『国際漁業紛争と法』玉川大学出版部，1976年；小田滋『海の資源と国際法Ⅰ』有斐閣，1971年；および『海洋法研究』有斐閣，1975年を参照せよ。

(5) 最近の論調としては， 200カイリが設定されるとわが国の水産業が受ける打撃が大きいことを指摘すると共に，従来までの実績を確保することが必要だと指摘する方向がみられる。たとえば，松浦 昭「海の新秩序とわが国漁業を考える(完)」『世界週報』1976年7月6日号，29頁；井口武夫「新海洋法の早期妥結が国益に合致」『世界週報』1976年5月25日号，14頁；森沢基吉「経済水域200カイリの被害度」『プレジデント』May 1976, 42頁。

これらのネガティブな見方ではなく， 200カイリ設定によって自国の管轄下にある海域は拡大するが，それによって利益を得る面もあると指摘するものもある。そして，日本は拡大した海域を積極的に利用することによって，時代にそくした新しい方向へ進まねばならないと指摘する。たとえば，中楯 興「日本経済の発展と漁業問題」『書斎の窓』No. 249, 1975年11月1日号， 6頁。

(6) 経済学者の見解と異なる国際法学者の代表的な意見としては，小田 滋，1971年（前掲書）第Ⅱ部を参照せよ。

(7) John Butlin, "Optimal Depletion of Reprenishable Resources: An Evaluation of Recent Contribution to Fisheries Economics", in *The Economics of Natural Resource Depletion,*(ed)by D.W. Pearce and J. Rose, The Macmillan Press Ltd., 1975.

(8) H. Scott Gordon, "The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery", *Journal of Political Economy,* Vol. 62, April 1954.

(9) 従来の最大持続生産量方式による規制は，価格の変化による市場メカニズムを通ずる方式よりも，需要が変化した場合の価格変動が大幅になるので，まずい方式だとする考え方がみられる。現在までのところは，実績主義に基づく方式がとられている。上述の考え方については，次の論文を見よ。

B. J. Rothschild, "The Need for Analysis in the Development of United States Fisheries Policy", in *World Fisheries Policy,* (ed) by B. J. Rothschild, University of Washington Press, 1972.

(10) Vernon L. Smith, "Economics of Production from Natural Resources", *American Economic Review,* Vol. 58, No. 3, June 1968.

(11) Vernon L. Smith, "On Model of Commercial Fishing", *Journal of Political Economy*, Vol. 77, No. 2, March/April 1969.

(12) ロジスティック式の導出については，E.C.ピールー著，南雲仁一監訳『数理生態学』第2章を参照せよ。

(13) (6)式のかわりに$\dot{X}=f(X,\ m)-Kx$ と書かれることがある。この場合には，捕獲が1単位増加すれば，直ちに生長率は1単位分だけ減少するケースを示している。(6)式においては，個体数と捕獲数は必ずしも直接的に関係づけられるものではなく，相互依存関係にある場合を示す。

(14) J. R. Gould (1972)，前掲誌386頁。

(15) R. J. Agnello and L. P. Donnelley, "Property Rights and Efficiency in the Oyster Industry", *The Journal of Law and Economics,* Vol. 18, No. 2, Oct. 1975, p. 522. S. N. S. Cheung, "The Structure of a Contract and the Theory of a Non-Exclusive Resource", *The Journal of Law and Economics,* Vol. 13, No. 1, April 1971, Fig. 1, p. 61.

(16) H. Demsetz, "Toward a Theory of Property Rights", *American Economic Review,* Vol. 57, No. 347, May 1967.

(17) たとえば，長崎福三「資源管理論」田中昌一編『海洋講座 12 水産資源論』東大出版会，1973年を参照せよ。

(18) R. J. Agenello and L. P. Donnelley, "Prices and Property Rights in the Fisheries", *Southern Economic Journal,* Vol. 42, No. 2, Oct. 1975.

(19) Colin W. Clark, "The Economics of Overexploitation", *Science,* Vol. 181, No. 4100, 17 Aug. 1973.

(20) これは Smith のモデルの $\dot{K}=0$ と対応している。