

論文

閉鎖性水域における地域個体群の生態的環境と競争的漁業

鈴木 康夫

Ecological Environment and Competitive Fishery of Regional Population in Semi-Enclosed Water Area

Yasuo SUZUKI

Faculty of Economics, Shiga University

There is no standard model of regional population in a particular water area in the mathematical theory of population ecology or biology, and the standard model of mathematical theory of fishery of regional population has not ever been built. On the other hand, examination into the local population in semi-enclosed water areas, its habitat and regional ecological environment, and, the local fishery become key issues in Japan. In the first part of this paper, we will attempt to build a simple model based on the mathematical theory of local population and regional properties of its ecological environment by introducing numerous exogenous variables into the standard regeneration function and combining them with the local fishery model. Next, their comparative static effects upon the carrying capacity, the sustainable yield and the maximum sustainable yield are derived in regard to the steady state of the dynamic equation in the surplus production model. We will also analyze the optimal behavior of the local fishing firm to face with a competitive market, and the necessary condition for the maximum economic yield is the marginal cost = the marginal revenue or is equal to the regional level decided by TAC if the optimal solution is the corner one.

Keywords: semi-enclosed water area, population ecology, regional population, local population, habitat, regional ecological environment, surplus production model, maximum sustainable yield, maximum economic yield, local fishery, regional TAC

I 序

諫早湾の閉めきりと干拓に伴う内湾水域（または海域）の水質悪化や生態環境破壊と漁獲低迷の関係についての諸問題で代表されるように、閉鎖性水域、すなわち、従来の湖沼等の内水面閉鎖水域だけでなく、陸間性の沿岸海域も含める水域での生態環境および漁業関係の問題が近年注目されている。中でも、陸間性の沿岸海域とは、例えば湾曲した海岸線のそれも含めることはできるが、むしろ内湾性の海域や陸と島々で囲まれている海域などの閉鎖性海域を意味し、こうした典型的な閉鎖性水域での生態環境と漁業の問題が環境アメニティと防災、そして経済的な諸問題などの各側面から重視されている（政府関係者と学識者からなる「閉鎖性海域中長期ビジョン策定に係る懇談会」により「閉鎖性海域中長期ビジョン」が平成22年3月に出されている）。そこで、本稿ではこれらの中で経済的な側面の問題だけに注目し、特に、基礎となる生態環境からの地域生態系への影響と、これに伴う地域的な漁業問題だけをとり上げることにする。

本稿での考察は、標準的な漁業経済理論の枠組みに基づいて、閉鎖性水域の水産資源の生態系を従来の様式で抽象化し、十分に単純化された基本的な漁業モデルを構築することで、閉鎖性水域漁業の最も基本的な考察を試みる。一般に、標準

的な漁業経済理論または水産経済理論は、近海や遠洋などの大型の漁業が典型的な対象とされており、せいぜい大量水揚可能な沖合漁業が対象とされている。そうした標準理論は、規模や操業の仕方の違いや特有の諸性質が異なっても、漁業として本質的に類似しているため、基本的には共通な考え方も可能で同様の内容もあるが、閉鎖性水域の小規模で雑多な沿岸漁業の実態とは詳細では適合していない。

また、閉鎖性水域の主に環境物理化学的な基礎研究も、分野間の交流はあるものの主に対象地域ごとに分散して展開されており、水質中心の研究の一部に方法論的な試みもあるが（高木朗義・他 [2002]）、ほとんど総合されていないので、包括的な内容どころかある程度の類型化もなされているとは言えず、まだまだ発展途上の諸分野に散在しているという状況である。しかも、閉鎖性水域とはいっても湖沼から極閉鎖的な内奥湾内や半閉鎖的海域などさまざまであり、例えば地理的な相違も重要であり（山本潤・他 [2009]）、それぞれに個性的な存在であるため、標準的な想定や考察が極めて困難である。

それゆえ、現場に近い応用研究を除けば、これまで、閉鎖性水域の沿岸漁業は標準的な理論としては正面からはほとんど研究されてこなかったと言える。しかしながら、本稿では、地域漁業のモデルとして単独種の地域個体群の存在を前提し、これのみを捕獲操業する沖合漁業のような場合を想定し、なるべく標準的な漁業経済理論の枠組みの中で考察が展開される。このため、本稿での基本的な考察は、一見すると初歩的な内容に見えるけれども、閉鎖性水域の沿岸漁業の標準的な理論化という稀な試みであるという点で一定の意義を見出せるものと考えられる。

とはいえ、本稿での考察は、解釈面での変更を除けば、既存の標準理論の枠組みをほぼそのまま踏襲し、わずかに拡張するだけにとどまる。その主な諸結果は、地域的な持続可能収穫量または漁獲量に基づき、新しく導入した外生変数の外生的変化または変位による均衡等への変位効果を扱う（一部で複合的な）比較静学分析と静学的企業行動で導出されている。特に、地域的な生態的環境容量または収容力と、地域的な最大持続可能な収穫量または漁獲量の比較静学効果の分析や、地域的な最大経済収穫量または生産量についての競争的な分析と税導入の解釈が展開される。

以下の考察では、閉鎖性水域の漁業分析のために適した形態となるように、一般的で、周知の単純な漁業モデルを少しだけ拡張してモデル分析が展開される。ここで用いられる漁業モデルは、単純化されているけれども、よく用いられている一般的な類型の1つの表現に過ぎない。また、当該の閉鎖性水域での地域漁業を担う水産企業は、1社のみ存在するが、当該企業の生産物が他の海域で他者により水揚される生産物と同一の市場で完全に競争的なので、極めて利他的で、静学的な利潤最大化行動を採用しているものと想定されている。

まず、その周知の単純な一般的漁業モデルを提示しておく。すなわち、一年間に市場に出荷される漁獲量を q とし、この価格水準を p とし、その総生産費用を $\kappa(q)$ で表すと、当該の地域漁業に従事する企業の合理的行動は次のように表現できる。

$$(1.1) \quad \text{Maximize } \{pq - \kappa(q/\gamma)\}, \gamma > 0, \kappa' > 0, \kappa'' > 0, \kappa(0) > 0.$$

ただし、ここで、当該企業による「漁業努力量1単位当りの平均漁獲量」を γ で表して、しかも、 $\kappa(q) = \kappa(q/\gamma)$ とできるものと仮定されている。それゆえ、当該の限界費用は $\kappa' / \gamma > 0$ となる。考察の対象となる閉鎖性水域には、唯一の資源化可能な地域的水産個体群のみが存在するものと想定して、本稿では、閉鎖性水域での基本的な漁業問題の考察を以下で展開するために、単純化された土台となる一般的なモデルを想定し、当該水産資源の地域個体群の動態を決定する一般的な成長方程式を次のような典型的な1階の常微分方程式で与えられるものと仮定する。

$$(1.2) \quad \begin{aligned} \dot{N} &= g(N) - q, g(0) = 0, g'(\hat{N}) = 0 \text{ for } 0 < \hat{N} < \infty, \\ g'' &< 0, N \geq 0, q \geq 0, g(N) \geq 0 \text{ for } N \leq \bar{N}. \end{aligned}$$

ただし、当該の生物個体群の水産資源ストック量を N と表し、 $g(N)$ は「再生関数」(regeneration function) を表す。また、 $g(N)$ とその微分係数 $g' \equiv dg(N)/dN$ は、 N の範囲で正、負または 0 のいずれの符号も取り得るが、後者は N に対して逓減的な関数と想定されている。つまり、 $g'' \equiv d^2g/dN^2 < 0$ と仮定されている。この g と漁獲量 q は、当該生物個体群の水産資源のフロー量を表している。なお、 \bar{N} は N の生態的環境容量水準を表している。つまり、 $g(\bar{N}) = 0$ である (これらの基本的用語は巖佐 [1998, pp.2-12] に従っている)。

この動学的な個体群成長方程式は、生態学や農林・水産学でよく用いられている (個体群) 密度依存型の一般化されたロジスティック方程式であり、Plourde [1970] や Clark [1976, chap.1] などのように、応用的な考察ではよく用いられている標準的な形式のものであり、「集中定数系モデル」型、あるいは「余剰生産量モデル」型の方程式と呼ばれている (河田 [2008, p.75])。ただし以下では、最適制御理論等の動学的最適化は用いられない。

次の第 II 節では、この周知の単純なモデルを少しだけ拡張して、基本的な閉鎖性水域漁業モデルのための地域生態系個体群成長モデルを構築し、(生態的) 環境容量水準やモデルの性質を確認しつつ、閉鎖性水域の漁業分析の準備と基本的な諸特徴が明らかにされる。第 III 節では次節に続いて、閉鎖性水域の持続可能漁獲量や最大持続可能漁獲量についての地域環境要因による比較静学分析が展開される。最後の第 IV 節では、この節の上で展開した水産企業の静学的な競争的漁業行動モデルにもどって、閉鎖性水域漁業の主な問題点をとり上げてモデル分析し、さらに、応用研究として水産資源保全のための実際的な静学的な課税問題としてそのモデル分析結果を解釈する考察も試みる。

II 閉鎖性水域の地域個体群成長モデルと地域環境、および地域環境容量

前節で提示されている動学的な個体群成長方程式 (1.2) は、あまりにも一般的な個体群成長の式なので、そのままでは閉鎖性水域の地域個体群成長モデルとして用いることができない。そこで、閉鎖性水域の地域環境にありがちな基本的な諸特性を考慮して、これらの主な特徴を備えるように、複数の地域環境変数を表すパラメータとしての「地域環境ベクトル」 E を新たに導入して、前節のモデルを次のように少し変更する。

$$(2.1) \quad \begin{aligned} \dot{N} &= g(N, E) - q, g(0, E) = 0, g'(\hat{N}, E) = 0 \text{ for } 0 < \hat{N} < \infty, g \in c^2\text{-class}, \\ g'' &< 0, N \geq 0, q \geq 0, g(N, E) \geq 0 \text{ for } N \leq \bar{N}, g(\bar{N}, E) = 0. \end{aligned}$$

この定式化の場合では、前節のモデルと異なって、地域個体群の密度だけでなく、地域環境ベクトルの値によっても地域個体群成長が動学的に影響されることになる。したがって、 $g(N)$ の特徴を顕示する \hat{N} や \bar{N} の水準も、この拡張からして全く独立なパラメータとは考えにくく、少なくともその関数表現からすれば、地域環境ベクトル・パラメータの値に影響される 2 次的なパラメータと考えるべきである。また、それらの微分係数も偏微分係数に読み替えなければならない。

その「地域環境ベクトル」 E は、複数の地域環境変数を表しているが、閉鎖性水域が陸域の影響を受ける環境にあることから、中でも最も直接的に影響し得る諸要因をその変数とするように考えるのが適切であろう。すなわち、その変数としては、直接的に影響可能な陸域的な要因が適合しているものと考えられるから、水域に物理的に接しているものももっともらしい要因と考えられる。例えば、水域に流入する河川やその流域、その河口部または干潟や浜、海岸などが代表的なその例と考えられる。それゆえ、これらのものを数量的に指標化したものが、地域環境ベクトル E を構成する諸変数であるものと本稿では基本的に想定されている。以下では、諸変数と関数の諸性質を一層単純化して分析に用いることとする。単純な場合としては、次のような定義が用いられる。

$$(2.2) \quad E = (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9)$$

ここで、 E_1 は、閉鎖性水域の水面の面積であるものと想定され、特に、潮の干満の変動がある場合は、その最小面積で定義され、その最大面積は \hat{E}_1 で表現されるものとする。一般には、個体群の増殖にとって、増殖および生活の場である閉鎖性水域の大きさは、地域環境要因の中でも最も重要な要因と考えられる。この大きさを表す変数としては、水面下

の体積で考えることもできるが、閉鎖性水域が極端に浅い場合でないときは、鉛直的な底深さよりも水平的な広がりの方が商業的な漁業の対象となる一般的な魚種にとっては比較的に重要であり、相対的に、水面の広さが個体群の大きさに影響する重要な要因と考えられる。

次に重要な第2の地域環境要因としては、一般的には潮間帯の大きさであり、例えば内湾での干潟の大きさが考えられる。というのは、潮間帯や内湾での干潟は閉鎖性水域の水面の水塊および水面下の領域にある諸水塊に対して酸素を供給しているだけでなく、並行して、水塊が伴う有機物の分解が行われる場でもあるからである（吉田 [2007, pp.64-65]）。このことは、潮間帯や干潟の大きさがこれに連結する浅瀬の水域の水質を決定することも意味しているわけで、地域性の強い個体群にとってはその生活環境を左右する一層重要な要因と考えられる。また、地域性の強い多くの魚種にとっては、特に仔魚や幼魚のための餌や基本的な栄養の供給源であると同時に生活の場を提供していることから、潮間帯や干潟の大きさが重要な地域環境要因であることは明らかである（吉田 [2007, pp.64-67] および小松 [2007, pp.56-58]）。そこで、潮間帯や干潟の大きさを潮間帯や干潟の面積で定義し、 E_2 で表示する。ここでは、 E_2 は閉鎖性水域の干潟の水面面積差で表示される面積と定義する。すなわち、 $E_2 = \hat{E}_1 - E_1$ と定義することができる。なお、単純化のために大潮や小潮を無視し、これらの現象や土壌など他の特殊事情が変数としては存在しないものと仮定する。

次に重要な地域環境の直接的な諸要因としては、当該水域の海底についての構造や形状ないし諸性質等が考えられる。特に、生物の棲息に十分な酸素濃度を伴う海底領域の広さすなわちこの面積は重要だが、底から上への水深1メートル位の範囲の水塊および水流に含まれる任意の部分的な水の含有土質（つまり透明度）と含有酸素が生物の棲息に十分な場合、その部分水の真下にある鉛直下海底の1平方メートルを単位面積とする海底領域などが重要と考えられる。そこで、その海底領域の全面積を正常な海底領域または正常海底域などと呼ぶこととして、これを第3の直接的な地域環境要因と想定し、 E_3 と表現する（吉田 [2007, pp.66-75]）。したがって、無限定にその用語を用いれば、一般に、1メートル未満の水深の渚の領域が干潮時にも存在するから、正常な海底領域は E_1 よりも狭いはずである。それゆえ、むしろ、干潮時に人間が立てる程の極端に浅過ぎる渚領域は潮間帯ないし干潟領域に含めるべきだろう。そこで、上でやや曖昧に設定されている E_1 の定義には、そのような干潮時渚領域が含まれないものとする。したがって、そのような干潮時渚領域は、 E_2 の定義から、潮間帯ないし干潟領域 E_2 に含まれることとなるから、これらの諸定義より $E_3 \leq E_1$ でなければならない。

また、その E_3 の領域は、大別して、閑散とした主に砂地だけが見える領域と、海草や海藻の群落の領域に分けることができるだろう。以下では、この後者の海草や海藻の群落領域をそれらの適当な最低密度基準、例えば海底1平方メートル当りの最低単位密度などで定義し、それらの群落領域を一括して海草藻場と呼ぶことにする。こうした海草藻場は一般に E_3 よりも餌場や住環境等の総合的に豊かな生活の場と理解されている（吉田 [2007, pp.66-77]）。この一括して定義された海草藻場の分布面積を E_4 と表し、これを第4の直接的な地域環境要因と想定する。したがって、平面図のように各海底領域を海底領域の単位面積からなる集合として扱えば、 $E_4 \subset E_3 \subset \{E_1 \text{ 直下の海底領域} \}$ なので、定義から $E_4 \leq E_3 \leq E_1$ が成立しなければならない。

なお、単なる E_1 の領域よりも、生活可能な場としての E_3 領域の方が水棲生物資源の個体群にとっては生活しやすいのでその増殖につながるものと考えられる。それゆえ、長期的にはより多くの個体群を可能にするように当該の個体群の増殖を促進する可能性が高い。そこで、以下では、より大きな E_3 は、当該の個体群の一層の増殖を起こすものと想定される。さらに、同様のことは E_4 について一層言えるから、以下では、より大きな E_4 は、 E_3 よりも強く、当該の個体群の一層の増殖を起こすものと想定される。ただし、当該水域の海底についての構造や形状ないし諸性質等については、分析の単純化のために以下ではこれ以上詳しく取り扱うことはない。

第5の直接的な地域環境要因としては、一般によく見られることだが、当該の閉鎖性水域に流入する河川の存在が考えられる。流入河川も閉鎖性水域と連結する河口部分やその付近、周辺で、干潟と同様な役割を果たすだけでなく、その河川流入水（量）が干潟よりも遥かに大きな基本的な栄養源となっていること、そして周知のように、河川が仔魚や幼魚のための豊富な餌の発生や生活の場を提供していることから、河川やその河川流入水の大きさが重要な地域環境要因であることは明らかである（吉田 [2007, pp.51-60]）。そこで、河川の大きさよりもその流入水量に注目して、この量を E_5 と定義する。

河川の大きさは重要だが、その深さや底の形状も密接に関係し、また雑多な流域情報も関わってくるために、地域環境の重要な要因ではあるが取り上げるには複雑すぎるため、これらの考察は最も代表的なものを除いて他の機会に譲る。それゆえ、単純化のために、河川による閉鎖性水域への流入水量 E_5 と、田畑中心の非森林的な農林地も含めるところの、流域全体における(総)農林および森林面積 E_6 (以下では農森林面積と言及) に注目し、これら以外の河川の諸側面を変数としては無視することとする。流域全体の(総)農森林面積 E_6 は、河川による流入水量 E_5 の水質、特に流入水の栄養成分を決定するので、上記の説明からもわかるように明らかに第6の地域環境要因と考えられる(吉田 [2007, pp.44-48, 52-58])。

また、河川による流入水量 E_5 の水質と同じく影響するものとして、人間活動で排出される排水量も重要であるが、これもさまざまなものがあり極めて雑多であるので、分析の単純化に適う第7の地域環境要因としては、それらを決定する基本的な変数である地域人口 E_7 を取り上げるのが適切であろう(吉田 [2007, pp.72-77])。こうすることで、排水以外の人間活動が閉鎖性水域に影響を与える何らかの側面(例えば、さまざまなレジャーやゴミ投棄の量のなどの影響)も考慮しているように変数の役割が一般化されることにもなる(こうした細かい考察にはもっと具体的で詳細な諸定義が必要である)。

最後に、残された直接的な地域環境要因としては、一般によく知られていることだろうが、当該の地域における気象条件がそれである。閉鎖性水域の気象的な要因が第8の地域環境要因と考えられる。例えば、風向きや平均風量、平均降水量、平均日射量、平均水温、海流の関わり(平均交換水量)などが、考えられるが、分析の単純化のためにはこれでは要因となる変数が多すぎる。そこで、地域環境要因変数としては、外洋あるいは外海との平均交換水量 E_8 を考慮することとする。この第8要因までで主要な変数がほぼ揃っているように見えるが、特に、地域特性によっては第8以外の残りの気象要因でとりわけ顕著な影響がある要素があるかもしれないので、こうした地域特性で固有に選択される気象要素を不特定の第9の地域環境要因として E_9 を(2.2)では採り上げている。

これら9つ以外の地域環境要因候補は、変数としては考慮せず、上で言及されている他の考慮外要因と同様に、(2.1)の関数の形のどこかに何らかの係数パラメータなどで反映されているものと想定する。比較的に小規模な閉鎖性水域でも気象条件というのは重要だが、エルニーニョなどが強く及ぶ地理的に特殊な地域でないならば、毎年の漁業状況に比べれば遥かに安定している場合が一般的で、ほとんど変動が小さく漁業への影響も小さいのが普通である。地球温暖化もかなり長期的な現象であり、優先度の高い地域環境要因とは考えにくい。

かくして、地域環境ベクトル E は、漁業の面からすれば地域環境の特性を決定する外生変数群と考えるのが適切であり、9つの代表的なあるいは主な地域環境要因変数から成る束として表現されるわけだが、考察の目的によっては、さらにそれらの一部またはいくつかにだけ注目して分析することもできるだろう。例えば、特に直接性の高い最初の5つである E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 に注目して、これらの限りで閉鎖性水域の漁業について考察を展開することもできる。あるいは、河川がない場合には E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_7 の5つで考察することもできるだろう。反対に、河川の影響だけを分析したいときには E_1 、 E_2 、 E_5 、 E_6 、 E_7 の5つに注目して考察するか、または、十分に管理されている河川が対象の場合には、大胆に E_5 と E_6 の2つにのみ注目して考察すればよいかもしれない。こうした意味で、いくつかの基本的想定と共に(2.1)と(2.2)は閉鎖性水域の基本的なモデルを提示していると言える。もちろん、それらの式と共に、漁獲量 q の決定について一層詳しい想定や分析が必要ではある。

ここで、(2.1)と(2.2)を主な部分とする閉鎖性水域の基本的モデルについて、その基本的な性質を明らかにしておく。まず(2.1)で、地域的な(生態的)環境容量または環境収容力の水準 \bar{N} は、前節と同様に、連続微分可能な増殖関数について $g(\bar{N}, E) = 0$ と定義されるから、これに(2.2)を代入して全微分すれば次の関係が得られる。

$$(2.3) \quad \partial g / \partial N \cdot dN|_{N=\bar{N}} + \partial g / \partial E \cdot [dE]|_{N=\bar{N}} = 0,$$

ただし、 $\partial g / \partial E$ は横ベクトルであり、 $[dE]$ は縦ベクトルである。あるいは、

$$(2.3) \quad \partial g / \partial N \cdot dN |_{N=\bar{N}} + (\partial g / \partial E_1 \cdot dE_1 + \partial g / \partial E_2 \cdot dE_2 + \dots + \partial g / \partial E_9 \cdot dE_9) |_{N=\bar{N}} = 0.$$

この式の左辺では、関数 g が連続的に 2 回微分可能で N について区分的に単調と想定されているから、この任意に選んだ区間で各偏微分係数が非ゼロとなり、かつ一定の符号を維持したままで、(2.2) の適当に選ばれたベクトル値に対して (適当に N の値を指定することで) この式の左辺の値を正にも負にもできる。このことは、当該の区間で、その式を充たす陰関数が存在することを (陰関数定理の適用で) 含意する。それゆえ、それらの諸想定または条件は、地域環境要因ベクトルに依存する形で、 N についての一義的な、陽表的関数表現の存在を可能にしている。

したがって、この式を個別の地域環境要因のみの外生的な増大あるいは外生的水準変位について整理し表現を明確にすれば、次の命題と系は明らかである。

命題 2.1 (2.1) と外生的な (2.2) で、 $g(\bar{N}, E) = 0$ となる \bar{N} が一義的に存在し、 \bar{N} の値はベクトル (2.2) の外生的値で決定される。しかも、 \bar{N} について単独の地域環境要因の外生的な水準変位 dE_i は、つまりこの作用が独立に作用し、他の地域環境要因へ全く影響しない場合、 $d\bar{N} / dE_i = \{-(\partial g / \partial E_i) / (\partial g / \partial N)\} |_{N=\bar{N}}$, for $i = 1, \dots, 9$, という比較静学効果を持つ。■

系 2.1.1 (2.1) と外生的な (2.2) で、 $g(\bar{N}, E) = 0$ となる \bar{N} が一義的に存在し、 \bar{N} の比較静学分析が可能で、閉鎖性水域水面の最大面積 \hat{E}_1 と $E_2 = \hat{E}_1 - E_1$ を定義すれば、しかも、このとき外生的な dE_1 の作用が複合的に及ぶならば、 E_1 の外生的な水準変位は、 $d\bar{N} / dE_1 = \{-(\partial g / \partial E_1) / (\partial g / \partial N)\} |_{N=\bar{N}} + \{-(\partial g / \partial E_2) / (\partial g / \partial N)\} |_{N=\bar{N}} \cdot (d\hat{E}_1 / dE_1 - 1) |_{N=\bar{N}}$ であり、もしも $dE_2 = d\hat{E}_1$ ならば、 $d\bar{N} / dE_2 = d\bar{N} / d\hat{E}_1 = \{-(\partial g / \partial E_2) / (\partial g / \partial N)\} |_{N=\bar{N}}$ となる。■

\bar{N} と $g(\bar{N}, E) = 0$ についての (2.1) の基本的な諸想定から、 $(\partial g / \partial N) |_{N=\bar{N}} < 0$ であり、また、偏微分係数等で、 $(\partial g / \partial E_1) |_{N=\bar{N}} > 0$, $(\partial g / \partial E_2) |_{N=\bar{N}} > 0$, $(d\hat{E}_1 / dE_1 - 1) |_{N=\bar{N}} > 0$ の可能性が高いと考えられる。つまり、閉鎖性水域の最低面積の拡大または干潟面積の拡大のそれぞれの単独の外生的な影響は、地域生態系の他の諸側面が不変にして一定のままであるとして、一般に地域個体群の生活環境の拡大を意味するから、当該の地域個体群の増殖力向上という定性的に同様の効果をもたらすと考えられる。また、閉鎖性水域の最低面積の拡大は干潟面積にも直接に影響すると考えられ、地形に関する諸側面が不変にして一定のままであるものとして、前者の拡大は後者に拡大をもたらす可能性が高いと考えられる。

ここで、 $(d\hat{E}_1 / dE_1 - 1) |_{N=\bar{N}} > 0$ の想定は、 $d\hat{E}_1 > dE_1$ という想定と同じことであるが、この想定は現実的にかなりあり得そうな現象を意味している。なぜなら、この場合は閉鎖性水域の水面だけが拡大する (単独の比較効果分析の) 場合なので、浜および海底等の形状が変わらないものとするれば、その水面下体積の水量も増加すると考えられ、一般にその浜辺の陸側への先端周辺が一層浅瀬となっていることから、その最大水域の面積も自然に拡大するものと考えられるからである。それゆえ、これらの場合には、 $d\bar{N} / dE_1 > 0$ となる (干潟面積の非縮小 $d\hat{E}_1 \geq dE_1$ の場合にも、 $d\bar{N} / dE_1 > 0$ となる)。また、もしも、干潟の面積がもっぱら浜辺の渚の先端の陸側への延長によってのみ生起する場合には、明らかに $dE_2 = d\hat{E}_1$ であるから、この場合も、基本的想定と共に $(\partial g / \partial E_2) |_{N=\bar{N}} > 0$ であるならば、 $d\bar{N} / dE_2 = d\bar{N} / d\hat{E}_1 > 0$ となる。かくして、上の命題 2.1 と系に基づく次の系が E_3 や E_4 についても得られる。

系 2.1.2 (2.1) と外生的な (2.2) で、 $g(\bar{N}, E) = 0$ となる \bar{N} について、 E_1 の単独の地域環境要因の外生的な水準変位 dE_1 は、 $E_2 = \hat{E}_1 - E_1$ と定義すれば、複合的に作用し、しかもこのとき $(\partial g / \partial E_1) |_{N=\bar{N}} > 0$, $(\partial g / \partial E_2) |_{N=\bar{N}} > 0$ 及び $(d\hat{E}_1 / dE_1 - 1) |_{N=\bar{N}} \geq 0$ ならば、 $d\bar{N} / dE_1 > 0$ という比較静学効果を持つ。また、 $d\hat{E}_1$ だけの単独の外生的な水準変位では、 $dE_2 = d\hat{E}_1$ として、もし $(\partial g / \partial E_2) |_{N=\bar{N}} > 0$ ならば、 $d\bar{N} / dE_2 = d\bar{N} / d\hat{E}_1 > 0$ なる比較静学効果が得られる。さらに、地域環境要因の外生的水準変位 dE_3 と dE_4 の単独効果は、もし $(\partial g / \partial E_3) |_{N=\bar{N}} > 0$, $(\partial g / \partial E_4) |_{N=\bar{N}} > 0$ ならば、 $d\bar{N} / dE_3 > 0$ 、及び、 $d\bar{N} / dE_4 > 0$ となる。■

この系で、 E_3 や E_4 については上で示しているように、これらが棲息に適した水質や生活環境を提供することになるので、これらの外生的な増大は、生活のし易い空間の増大であるから、共に、当該個体群の増殖を促進するものと考えられる。特に、後者の E_4 の外生的な増大または変位は、個体群の衣食住全般について、いっそうの総合的に豊富な棲息環境への変化を意味するから、 E_3 よりも大きく当該個体群全体に影響して、その増殖をいっそう促進するものと考えられている。

単独の地域環境要因の外生的な増大または水準変位とその比較静学効果は、 E_5 、 E_6 、 E_7 、 E_8 についても考えることができ、同様に分析できる。まず、河川については、それによる閉鎖性水域への流入水量 E_5 とその水質、特に流入水の栄養成分を決定する流域全体の（総）農森林面積 E_6 と、地域経済活動由来の諸排水を河川に放出する地域人口 E_7 は、上でも触れたが、河川を通じて閉鎖性水域へ影響を与える地域環境要因である。もう少し注意深く見ると、これらの地域環境要因は、上記で、少なくとも独立した影響を及ぼし得る外生変数として扱われているが、そうした影響を含めて複合的に地域個体群の増殖へ作用する可能性が十分に考えられる。

周知のように、一般には河川水流の主な水源は、河川流域上での地域降水量を所与とすれば（この気象側面と雨水の流出過程には触れないこととして）、河川流域の農森林が地表を伝って放出する地表水と、それが蓄えている土壤中およびその地下水であり、これらの地表水と地下水から河川へ流出する水量がその母体の大きさに依存して決まるものと考えられ、かつ、水源保水量の意味でのその母体の大きさを河川流域の農森林面積 E_6 で捉えることができるだろう。そこで、こうした諸関係が単調な関係として計測できるものと想定する。このことは E_5 が E_6 に依存する数量的な関係にあることを意味している。

一方、地域人口 E_7 は、地域社会の活動全体の大きさを基本的に左右する重要な要因であり、少なくとも地域経済活動の大きさを決定する主要な要因である。また、地域社会の市街地を中心とする学校・住居地区や空き地・調整地および商工業等の事業所地区等の諸区域を考え、それらの区域で計測される限定的な地域降水量を所与とすれば（この気象側面と雨水の流出過程には触れないこととして）、地域社会の主に経済活動によって放出される諸排水は、河川にその流れの途中で強制的に流出される加入水量である。それゆえ、地域社会の諸排水を地域経済の諸排水と考えて、地域経済の活動水準が非森林的な農林地と地域人口 E_7 に依存して決まると想定すれば、地域社会の諸排水は地域人口 E_7 に数量的に依存するものと考えることができる。このことは E_5 が E_7 に部分的に依存する数量的な関係にあることを意味している。

したがって、河川の流量は、その水源に注目すれば、主として、河川流域の農森林地帯が放出する流出水量と地域社会の人的諸区域から放出される流出量または排水量に依存して決まるものと考えることができる。それゆえ、単純化のために、流域農森林流出水量が E_6 だけに依存して決まり、かつ、人的排水量が E_7 だけに依存して決まることで、流域農森林流出水量＋人的排水量＝河川流量＝閉鎖性水域流入水量（すなわち河川による閉鎖性水域への流入水量） E_5 と想定することで、次のような関数関係が得られるものと仮定される。

$$(2.4) \quad E_5 = E_{56} + E_{57} \geq 0, E_{56} = E_{56}(E_6) \geq 0, E_{57} = E_{57}(E_7) \geq 0, \\ E'_{56} \equiv dE_{56}/dE_6 > 0, E'_{57} \equiv dE_{57}/dE_7 > 0.$$

ただし、 E_{56} は E_6 に依存する連続微分可能な単調関数で決定される流域農森林流出水量を表す。 E_{57} は E_7 に依存する連続微分可能な単調関数で決定される人的排水量を表している。それらの微分係数の符合は、現象理解としては自然なもので特に無理のない性質であろう。これらのことから、

\bar{N} と $g(\bar{N}, E) = 0$ の(2.1)の基本的な諸想定から、 $(\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}} < 0$ であるが、一方、偏微分係数等で、 $(\partial g / \partial E_5)|_{N=\bar{N}} > 0$ 、 $(\partial g / \partial E_6)|_{N=\bar{N}} > 0$ 、 $(\partial g / \partial E_7)|_{N=\bar{N}} > 0$ の可能性が高いと考えられる。つまり、 E_5 の外生的増大は、外海による即座の完全な調整を前提するので、閉鎖性水域の水面面積や干潟面積にほとんど影響が無いものとしても、閉鎖性水域内の水中の栄養を増大させると考えられ、これは餌等を増大させるから地域生態系での当該の個体群の生活を一層容易にし、結果的にその増殖能力を向上させると考えられるので、 $(\partial g / \partial E_5)|_{N=\bar{N}} > 0$ と想定されている。

また、 E_6 の外生的増大は、魚付き林の機能のように、閉鎖性水域への優良な栄養の供給拡大を意味するので、 E_5 外生的増大と同様な性質 $(\partial g / \partial E_6)|_{N=\bar{N}} > 0$ があると考えられる。 E_7 の外生的増大についても、それが適度な範囲では、閉

鎖性水域への栄養の供給拡大を意味するので、 E_5 の外生的増大と同様な性質 $(\partial g / \partial E_7)|_{N=\bar{N}} > 0$ があると考えられる。しかしながら、 E_7 の外生的増大が大きすぎると、閉鎖性水域への栄養の過剰な供給拡大を意味することになり、しばしば閉鎖性水域で一般によく指摘されているように、当該の閉鎖性水域を富栄養化させることになるだろう。このような極めて過剰な場合には、赤潮や青潮のような状況もあり得ると考えられるから、 E_7 の適度な水準の範囲を超える、十分に大きな水準 $\bar{E}_7 < E_7$ において、反対に $(\partial g / \partial E_7)|_{N=\bar{N}} < 0$ となるだろうと考えられる。 E_7 の定義域で、これらを一まとめにして捉えれば、 $(\partial^2 g / \partial E_7^2)|_{N=\bar{N}} < 0$ と言えるかもしれない。したがって、次の系が得られる。

系 2.1.3 地域個体群の定常状態 $g(\bar{N}, E) = 0$ と外生的な (2.2) において、 E_6 の単独の外生的水準変位 dE_6 は、(2.4)の想定と $(\partial g / \partial E_5)|_{N=\bar{N}} > 0$, $(\partial g / \partial E_6)|_{N=\bar{N}} > 0$, $(\partial g / \partial E_7)|_{N=\bar{N}} > 0$ の仮定の下で、 $d\bar{N} / dE_6 = \{-(\partial g / \partial E_5) / (\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}}\} E'_{56} + \{-(\partial g / \partial E_6) / (\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}}\} > 0$ という dE_6 が複合的に作用する比較静学効果を持つ。また、このとき $E_7 < \bar{E}_7$ について、 $d\bar{N} / dE_7 = \{-(\partial g / \partial E_5) / (\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}}\} E'_{57} + \{-(\partial g / \partial E_7) / (\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}}\} > 0$ という複合的に作用する E_7 の比較静学効果を dE_7 は持つ。この \bar{E}_7 は、 E_7 の定義域の内部に含まれ、その適度な水準の上限を表している。■

なお、外洋あるいは外海との平均交換水量 E_8 についても、同様の比較静学分析を行うことができる。自然発生的に常時流動する E_8 は閉鎖性水域内の水流を活発にすることで、新規の餌の導入や成長も誘発する。これは、閉鎖性水域内の地域個体群の運動を刺激して、当該の水域を総合的に活性化させることになり、結果的に地域個体群の生活環境ないし増殖環境としてもその水域を一層活性化させることになると考えられる。一般に E_8 が全く無い場合と比較すれば、それが少なくとも酸素水の水流をその水域に引き込むことがよくあり、これによって地域個体群が活性化されるので、何らかの程度にせよ、個体群の増殖能力の向上をもたらすと考えられる。したがって、 E_8 の外生的水準変位について $(\partial g / \partial E_8)|_{N=\bar{N}} > 0$ と想定されるので、 E_8 の外生的水準変位による比較静学効果は次の系で得られる。

系 2.1.4 外生的な (2.2) と $g(\bar{N}, E) = 0$ で、 E_8 の単独の外生的な水準変位 dE_8 は、このとき $(\partial g / \partial E_8)|_{N=\bar{N}} > 0$ を仮定すれば、 $d\bar{N} / dE_8 = \{-(\partial g / \partial E_8) / (\partial g / \partial N)|_{N=\bar{N}}\} > 0$ という比較静学効果を持つ。■

なお、 E_9 の単独の外生的水準変位による比較静学効果については、想定される地域の地理や地域特性が確定しないと、その地域環境要因の内容等も把握できないため、 E_9 の対象がはっきりしないので、その効果をア・プリオリに明確に扱うことができない。上記では、 E_9 を予備的に採り上げているに過ぎないので、一般的な考察としてその地域特性や状況、対象等を明示できないので、この分析は保留となる（もしもその対象の内容をはっきりさせることができれば、例えば、海流異変や台風や津波に関する要因を E_9 等とすることで、これらの外生的な増大がもたらす諸効果を分析することもできるだろう）。

III 閉鎖性水域の持続可能な地域漁業と地域的的最大持続可能漁獲

以下では、地域環境容量 \bar{N} についての前節の比較静学分析で得られた諸性質、特に各偏微分係数についての性質を用いて、地域個体群成長と漁業の持続可能性について主に比較静学的な諸考察が展開される。ここで注目かつ分析されるのは、周知の諸概念で、当該の動学的モデルに即した持続可能漁獲量（:SY）と最大持続可能漁獲量（:MSY）、すなわち、閉鎖性水域の地域的な持続可能漁獲量（いわば、RSY : regional sustainable yield）と、その地域的な最大持続可能漁獲量（いわば、RMSY : regional maximum sustainable yield）である。

まず、閉鎖性水域の地域的な持続可能漁獲量は、任意のある N の水準に対して $\dot{N} = 0$ を充たす q の水準で定義されるから、この水準を q^* とすれば、これは N の水準を任意に固定して次のように決定される。ここで、前節での分析を踏まえば単独のパラメータの外生的な変位による独立な影響も分かる。

$$(3.1) \quad q^* = g(N, E), \text{ and, } dq^* = \partial g(N, E) / \partial E_i \cdot dE_i |_{(2.1) \& \dot{N}=0}, \text{ for } i = 1, \dots, 9,$$

前節での分析で得られた諸結果を踏まえて、この (3.1) の結果をまとめれば、次のような命題と系が得られる。

命題 3.1 (2.1) と外生的な (2.2) で、 N に対して $\dot{N} = g(N, E) - q^* = 0$ となる q の持続可能漁獲量 $q^* \geq 0$ が一義的に存在する。また、 q^* に対する E の dE_i による単独作用の比較静学効果は、(3.1) のように $dq^*/dE_i = \partial g(N, E)/\partial E_i|_{(2.1) \& \dot{N}=0}$ 、for $i=1, \dots, 9$, となる。■

系 3.1.1 (2.1) と外生的な (2.2) で、閉鎖性水域水面の最大面積 \hat{E}_1 と $E_2 = \hat{E}_1 - E_1$ の定義や (2.4) を用いるとき、 N に対して持続可能漁獲量 $q^* \geq 0$ が一義的に存在し、命題 3.1 の諸比較静学効果が導出できる。しかも、 E_1 の単独での外生的変位の比較静学効果は、複合的に $dq^*/dE_1 = \{(\partial g/\partial E_1) + (\partial g/\partial E_2)\} \cdot (d\hat{E}_1/dE_1 - 1)|_{(2.1) \& \dot{N}=0}$ であり、次に $dE_2 = d\hat{E}_1$ とすると、 $dq^*/dE_2 = dq^*/d\hat{E}_1 = \partial g/\partial E_2|_{(2.1) \& \dot{N}=0}$ となる。同様に、 dE_6 の複合的な比較静学効果は、 $dq^*/dE_6 = \{(\partial g/\partial E_5)E'_{56} + (\partial g/\partial E_6)\}|_{(2.1) \& \dot{N}=0}$ となる。 $E_7 < \overline{E_7}$ で dE_6 の複合的效果は、 $dq^*/dE_7 = \{(\partial g/\partial E_5)E'_{57} + (\partial g/\partial E_7)\}|_{(2.1) \& \dot{N}=0}$ となる。 $\overline{E_7}$ は E_7 の適度な水準の上限を表す。■

これらの結果に、前節の偏微分係数の性質で提示された符合条件を考慮すれば、 q^* に対する E の dE_i による単独作用の比較静学効果の符合が得られる。

系 3.1.2 (2.1) と外生的な (2.2) で、閉鎖性水域水面の最大面積 \hat{E}_1 と $E_2 = \hat{E}_1 - E_1$ の定義や (2.4) を用いるとき、 N に対して持続可能漁獲量 $q^* \geq 0$ は一義的に存在し、命題 3.1 及び、系 3.1.1 等の比較静学効果が導出される。このとき、 $(\partial g/\partial E_1)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ 、 $(\partial g/\partial E_2)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ 、 $(d\hat{E}_1/dE_1 - 1)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} \geq 0$ ならば、 $dq^*/dE_1 > 0$ となる。また、 $dE_2 = d\hat{E}_1$ で、 $(\partial g/\partial E_2)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ ならば、 $dq^*/dE_2 = dq^*/d\hat{E}_1 > 0$ が得られる。 dE_3 と dE_4 では $(\partial g/\partial E_3)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ 、 $(\partial g/\partial E_4)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ ならば、 $dq^*/dE_3 > 0$ 、 $dq^*/dE_4 > 0$ となる。 dE_6 では、 $(\partial g/\partial E_5)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ 、 $(\partial g/\partial E_6)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ 、 $(\partial g/\partial E_7)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ の仮定の下で、 $dq^*/dE_6 > 0$ が得られ、同様に、 dE_7 では、 $E_7 < \overline{E_7}$ の範囲では、 $dq^*/dE_7 > 0$ となる。 dE_8 では、このとき $(\partial g/\partial E_8)|_{(2.1) \& \dot{N}=0} > 0$ を仮定すれば、 $dq^*/dE_8 > 0$ が得られる。■

次に、閉鎖性水域の最大の地域的な持続可能漁獲量（:RMSY）は、任意のある N の水準に対して $\dot{N} = 0$ となる地域持続可能漁獲量 q^* で最大の水準と定義される。この水準を q^{**} と表示し、この水準に対応する N の水準を N^{**} と表示すれば、これらの諸定義は次のようにまとめられる。ただし、 $\{q^*\}$ は q^* の値の集合を表している。

$$(3.2) \quad q^{**} \in \{q^*\} \ \& \ q^{**} \geq q^*, \ g(N^{**}, E) \geq g(N, E), \ \text{and}, \ q^{**} \equiv g(N^{**}, E)$$

こうした最大地域的持続可能漁獲量 q^{**} の水準は、次のような必要条件を充たすように決定される。ただし、 q^{**} 決定のための 2 階の必要条件は、(2.1) の仮定の一部から既に充たされていて、当該の必要条件で q^{**} が決まる場合は一義的であることが分かる。そのための十分条件である $g(N, E)$ 関数の凹性も (2.1) で仮定されているように関数 $g(N, E)$ の単調性とその 2 階の必要条件から既に充たされていることがわかる。

$$(3.3) \quad \partial q^*/\partial N = \partial g(N^{**}, E)/\partial N = 0, \ \text{and}, \ \partial^2 q^*/\partial N^2 = \partial^2 g(N^{**}, E)/\partial N^2 < 0$$

これらのことから、容易に、 $N^{**} = \hat{N}$ であることもわかるように、次の命題の成立は明らかである。

命題 3.2 (2.1) と外生的な (2.2)、および (3.2) で、 (q^{**}, N^{**}) が (3.3) で決定され、かつ一義的に存在する。このとき、 $N^{**} = \hat{N}$ である。■

また、この q^{**} や N^{**} についても、前節とここまでの分析を踏まえれば、単独のパラメータの外生的な変位による独立な比較静学効果も形式的にある程度まで導出できるが、偏微分係数について不明瞭な部分が多く、妥当な想定が困難であり、明確な主張に到達できないので、こうした考察は別の機会に試みることにし、ここではこれ以上展開しない。そうした定性的な性質についての詳細な解明のためには、実験または特定地域のフィールドにおける一層の実証的考察の結果を待たなければならないであろう。

IV 閉鎖性水域の地域的総漁獲量規制と最大経済生産ないし従量資源税

最後に、競争的市場に直面する水産企業の商業的な漁業が q^{**} と両立可能かどうかという問題を Gordon-Schaefer Model (Clark [1976, chap.2:sec.2.1]) 流の静学的な手法で地域的総漁獲量規制の下でかなり単純化して考察する(鈴木[1993]では零細的企業が分析されている)。さらに、地域的総漁獲量規制のための水産資源従量税の可能性が、その競争的企業行動と共に静学的な最適化の枠組みの中で分析される。

上記の (1.1) で、単純化のために、ある水産企業が当該の閉鎖性水域で単独で漁業を行っているものと想定する。また、その水産企業は、所与の $\gamma > 0$ の下で当該水産資源の地域個体群だけを漁獲するように操業していて、唯一の漁港を利用して、地域的水産政策によって地域的な漁獲量規制 (Regional TAC) $q \leq \bar{q} \leq q^*$ が決定されているものと想定することとし、この地域的総漁獲量規制 $q \leq \bar{q} \leq q^*$ に従い、かつ、その地方水産市場では完全競争的企業として静学的に行動するものと想定されている。当該の水産企業は厳しい競争に直面していて、その地方水産市場からいつ撤退に追い込まれても不思議ではない状況下にあると想定されているので、例え近い将来でも企業行動において考慮する余地が全くないものと想定されている。それゆえ、ここでは、当該の水産企業の目的関数は動学的なものではなく、静学的なものと考えられている。

ただし、 $N < N^{**}$ では、地域的総漁獲量規制は $q \leq \bar{q} < q^*$ に従い、反対に $N > N^{**}$ では、 N^{**} の適切な近傍の十分に外側であれば、地域的総漁獲量規制は $q \leq \bar{q} \leq q^*$ も可能である。あるいは、 $N = N^{**}$ に限り、当該の水産企業が正確な操業が可能であれば、地域的総漁獲量規制を $q \leq \bar{q} = q^* = q^{**}$ と設定することも理論的に可能であるが、通常は、地域的総漁獲量規制は $q \leq \bar{q} < q^* \leq q^{**}$ と設定されている。

この場合の静学的に合理的な水産企業行動から、地域的総漁獲量規制の制約の下での最適漁獲量すなわち最大経済生産量は、次のような制約付き最大化問題を解いて最適に決定される。

$$(4.1) \quad \text{Maximize } \{pq - \kappa(q/\gamma)\}, \gamma > 0, \kappa' > 0, \kappa'' > 0, \kappa(0) > 0, \text{ subject to } q \leq \bar{q} \leq q^*.$$

それゆえ、一般的なラグランジュ関数 L を次のように定義すれば、当該の企業はこれを最大化するように行動する。なお、次の ℓ は、クーン - タッカー的な (未定) 乗数を表している。

$$(4.2) \quad L = \{pq - \kappa(q/\gamma)\} + \ell(\bar{q} - q), \text{ when } q \geq 0.$$

すなわち、この最大化の必要条件は、 p と γ を正のパラメータとして、次のように2つの場合に分けられる。ただし、 $\partial^2 L / \partial q^2 < 0$ なので、当該の凹関数条件と共に2階の必要条件が満たされるので、当該の最大値が唯一存在することもわかる。

$$(4.3) \quad \begin{aligned} \partial L / \partial q &= p - \kappa' / \gamma - \ell \leq 0, \quad q \cdot \partial L / \partial q = q(p - \kappa' / \gamma - \ell) = 0, \quad q \geq 0 \\ \text{and, } \partial L / \partial \ell &= \bar{q} - q \geq 0, \quad \ell \cdot \partial L / \partial \ell = \ell(\bar{q} - q) = 0, \quad \ell \geq 0. \end{aligned}$$

それゆえ、次のようになる。

$$\therefore p - \kappa'/\gamma - \ell = 0, \ell = 0 \text{ for } 0 < q < \bar{q}, \text{ or, } p - \kappa'/\gamma - \ell = 0, \ell \geq 0 \text{ for } 0 < q = \bar{q}.$$

したがって、前者の場合の最大化条件は、 $q \neq 0$ とすると、内点解 $q < \bar{q}$ の場合で、 $p = \kappa'/\gamma$ つまり価格が限界費用に等しくなるという条件となる。これは、明らかに、通常の完全競争企業の静学的な利潤最大化条件に過ぎない。この場合は、例えば、需要に対して当該地域的水産資源が十分に存在して、相対的に供給も十分なために、市場価格水準が比較的に低く調整されている場合であり、純粹競争下ではない展開が可能となっている状況と解釈できる。しかしながら、本稿では考慮しなかった自由な参入退出を許せば、このとき実際には、新規参入が $q \rightarrow \bar{q}$ をもたらすかも知れない。

他方、後者の場合の最大化条件は、 $\ell \neq 0$ とすると、端点解 $q = \bar{q}$ の場合で、 $p = \kappa'/\gamma + \ell$ つまり価格が限界費用に乗数 ℓ を上乘せした値に等しくなるということになるが、このことは $\ell > 0$ の分の限界利潤を当該の競争的企业に許すということとして理解することもできるが、あるいは、乗数 $\ell > 0$ の大きさのピグー税的な水産資源従量税または「水揚税」（河田 [2008, p.135]）を課したとしても、当該の競争的企业にとっては、地域的総漁獲規制量の制約の下で $q = \bar{q}$ を達成するように合理的に利潤最大化行動を遂行することになるという理解が可能である。

また、本稿では考慮しなかった自由な参入退出を許せば、上記のように、このとき実際には、新規参入が $q \rightarrow \bar{q}$ となるかも知れないが、完全競争の企業行動としても、やはり、地域的総漁獲規制量の制約の下で供給が $q = \bar{q}$ を達成するまで、企業はその制約を守って合理的に利潤最大化行動を遂行するか、または市場から退出するだけなのである。それゆえ、実際には操業に関する詳細な情報がなかなか得られないので、水産業者やその諸関係者の協力が得られないとか、適正で的確な税率を決められないのではないかという問題はあるものの（河田 [2008, p.135]）、これらの諸問題が解消されれば、実際には水産関係者の反対で受け容れられないだけにすぎず、（水産業者の不正な操業がない場合には）市場競争を通しての諸調整はあるにせよ、一度適用されれば、そうした従量税は、水産物価格の上昇を招くだろうが、水産資源保全のために少なくともある程度効果的に機能すると考えられる。

かくして、上での分析結果と共に、そうした単純な凹計画問題のクーン - タッカー条件から、次の命題が得られる。この場合、静態的な商業的漁業と地域的総漁獲量規制が矛盾しないことが分かる。

命題 4.1 (2.1) と外生的な (2.2)、および (3.2) で、 (q^{**}, N^{**}) が一義的に存在する。このとき、閉鎖性水域に単独の完全競争的企业が存在して、(4.1) の静学的利潤最大化を (4.2) で行うとき、(4.3) はその必要十分条件であり、一義的な最適漁獲量を決定する。また、その最適漁獲量が地域的総漁獲規制量に等しい端点解 $q = \bar{q}$ の場合（一般には $q \leq \bar{q} < q^* \leq q^{**}$ ）、当該の最適企業行動と水産資源従量税 ℓ の課税は静学的に整合する。■

したがって、地域的総漁獲規制量 \bar{q} 以下の範囲内での漁業活動の制御のために、水産企業自身に自ずとその範囲内で操業するようにさせるために、従量水産資源税あるいは水産資源従量税の課税は有効である。その水産資源従量税の課税は、地域的持続可能漁獲量に基づく地域的総漁獲量規制を充たすので地域的な水産資源保全と合致するだけでなく、静態的な当該水産企業の最適な合理的企業行動つまり利潤最大化行動と完全に整合するので、税制の導入や運用面でも問題が無く、市場において十分に達成可能な水産資源政策かつ産業政策として全く支障なく施行できるということが、こうした単純化された漁業の場合で証明されたわけである。

換言すれば、当該水産資源の漁獲量に対する需要が市場でその供給に比して相対的に大きく、その結果、市場価格水準も相対的に高い場合に、もしも端点解が企業に地域的総漁獲量規制を破って超過漁獲を誘う刺戟的な誘因を与えるならば、競争的な場合には水産資源保全のために水産資源従量税の課税がその誘因を企業に自ずと相殺させるのに有効であるということをこの命題は主張している。