

BEVERTON 博士講演会

イギリスの水産資源学者 R. J. H. BEVERTON 博士が 1982 年 4 月 17 日にはじめて来日された。この機会に水産海洋研究会主催の講演会を開きたいとお願いしたところ、快く引き受けて下さった。講演会は 4 月 22 日午後 2 時から 5 時まで、東京大学海洋研究所講堂において開催され、約 40 人が熱心に聴講した。この講演記録は、当日

の録音テープをもとに、田中が要約したものである。もしこの記録にあやまりがあれば、その責任は田中にある。博士は多くの図を示されたが、ここでは省略した。この講演会に参加された若手研究者 2 名に、博士の講演を聞いての感想を書いていただいた。

(田中昌一 東京大学海洋研究所)

1. 講演 魚類の生活史と加入量変動

今日は、過去 10 年、20 年の間に資源研究がどのように発展して来たかについて、私の見解をお話したい。私は 1965 年に Lowestoft の水産研究所をはなれたため、資源研究には直接たずさわってこなかったが、そのため外からこの発展を眺めることができた。この間、資源学は著しく進歩し、漁獲や自然的作用がどのように資源に影響するかについて、豊富なデータが得られている。自然的密度調節の機構は、20 年前には単に理論的に論じられていたにすぎなかったが、今では多くのデータによって証明されている。これから、北東大西洋および北海での、各国の多くの研究者による研究成果をご紹介します。

Plaice (*Pleuronectes platessa*)

北海の plaice は重要な漁業資源であって、古くからよく研究されており、産卵場、稚幼魚成育場、親魚の分布が明らかにされている。冬期 1~3 月、北海のバンクで産卵し、仔魚は 2 カ月ほど浮遊生活をした後、5、6 月頃着底して沿岸域に集って来る。この段階のものを postage stamp fish と呼ぶが、1 m 以浅のごく沿岸部で、著しく高い密度を示す。10、11 月には沖へ出るが、翌年再び沿岸にもどって来る。しかし、密度は第 1 年ほど高くはない。親魚の産卵場への回帰性が高く、95% にも達する。

plaice の個体群調節機構について話をするのに、その生活史をくわしく説明したのは、生活史を完全に理解することが、資源がどうして、永い間何世代にもわたって、環境の中で存在し得たかを解釈するために不可欠であるからだ。

R. J. H. BEVERTON (Swindon, England)

plaice の資源は第 2 次世界大戦以前に強度に漁獲されていたが、1940~45 年の間は戦争のため休漁となり、資源の著しい回復が見られた。1945~50 年の間に資源は再び減少したが、以後安定して、一定の幅の中におさまっている。自然的調節が作用しているといえる。

資源への加入量は、virtual population 法で計算された 2 才魚の量で示されるが、その年変動は小さく、大部分は $\pm 30\%$ の中におさまっている。1963 年級は平均水準の 3~4 倍に達しているが、このことについては後でふれる。加入量と親魚資源を比較すると、その間に相関関係のないことがわかる。1946 年には資源量は大きであったが、年級群の大きさは平均的であった。1957~59 年級は比較的大きかったが、これらの年の親魚量は少なかった。優勢年級の生じた 1963 年の親魚量も平均水準であった。このように、親魚量にかかわらず加入量が安定しているのは、自然調節作用のためであるが、どの发育段階で、どこで、どのようにして作用しているかが問題である。

かつて HJORT が明らかにしたように、魚類は初期生活史の段階で大きな減耗を受ける。したがって、この段階で調節されている可能性がある。我々は口径 80 cm の高速プランクトンネットを考案し、産卵全域を 4 日間で調査できるようになった。1962 年 1~4 月に、毎週月~金の 5 日間の調査を繰返し、尨大な資料を入手した。1963 年 1 月には、100 年に 1 度といわれるような異常低温が観測されたため、再び前年同様の調査を実施した。

2~4月の仔稚魚の分布を兩年で比較してみると、次のことがわかった。1962年の産卵場での水温は6~7°Cで、平年の値であった。仔魚はふ化後60日で、北海の中央部で浮遊生活を終り、底棲生活に移行したが、その結果沿岸の成育場まで、長い場合には100kmも底層を移動しなければならなかった。一方1963年には、低温のため発育が著しくおくれ、4月でも発育初期の段階の仔魚しか見られず、浮遊生活中の仔魚の分布は著しく拡がり、調査海域の外にまで達した。この年には、浮遊生活の段階で沿岸の成育場まではこぼれ、生残率は高かったと思われる。

仔魚の生残曲線を1962, 63年, および1968, 69, 71年の5年級について比較すると、1962, 68, 71の3年級の生残曲線はよく重なっていた。一方1963年には、分布が調査海域外にまで拡がっていったため、80日間しか追跡できなかったが、豊度は極めて高く、平年水準の100倍にも達していた。なお、1963年級の2才魚(加入量)は平年の4倍程度に過ぎなかった。1969年の産卵量は平均的であったが、生残がよく、浮遊性仔魚の量は、120日頃で平年の100倍にもなった。この年級の豊度は加入時点では平均的水準となっていた。

以上の結果は、浮遊生活期には調節作用がまだはたらいておらず、その後に調節が行われたことを示している。実際に、浮遊期の密度は最も高い場合でも1m³に1個体程度であって、密度の効果が強く作用するとは考えられない。一方沿岸部の稚魚の分布密度は極めて高い。成育場はデンマークやオランダの沿岸にあり、イギリスでは調査ができない。底棲生活に移ってから成育場へ移動する間にも問題があるが、調査が困難で、150日以降の生残曲線は得られていない。

私と入れかわりにLowestoftの研究所に來た若い研究者が、北海の沿岸各地での稚魚の5~10月の間の生残について研究した。自然死亡係数を密度に対して示すと、死亡係数は密度とともに増加する傾向が見られた。このように、比較的高い死亡係数が半年間にわたって作用するとすれば、仔魚期の豊度の大きな差が加入時には縮まってしまうことを説明できるであろう。密度調節の作用は沿岸の稚魚の段階で作用していると考えられる。

密度調節の機構が餌をめぐる競争であるとする、成長にも影響が表れているはずである。Aberdeenの水産研究所で調べた1965年の稚魚の体長組成を見ると、5月の沿岸到着時には型がそろって分散が小さいが、季節とともに分布幅が拡がり、秋から年末頃には非常に分散が大きくなっている。このことは個体間の競争のはげ

しいことを示唆しており、成長のよいものだけが生残ることによって、密度の調節が行われると考えられる。

魚体の大小による摂食の違いをplaiiceを用いて実験できれば大変よいのだが、これが困難であったため、熱帯魚のベタ、*Betta splendens*の稚魚を用い、一定の密度の*Daphnia*のnaupliusを与えて、捕食の回数を調べた。摂食率を体長(mm)に対して、両対数方眼紙上に示すと、直線的傾向が見られ、その傾斜は5.3であった。即ち摂食は体長*L*に対して*L*^{5.3}に比例することになる。体長がわずかに増すだけで、摂食率は著しく大きくなることがわかる。これと同様のことがplaiiceでも起っていると考えられる。

以上の研究はまだ十分に系統づけられていないが、海での研究がいかにもむずかしく、時間とお金のかかるものであるかが理解されるだろう。我々は仮説を立て、これを検証し、さらに次の段階に進むというようにして真実に近づいていく。ここではplaiiceの加入量が小さい変動幅の中に調節されているのは、沿岸域に密集するという生活史によってもたらされる自然調節の作用の結果であるという仮説を立てた。それでは他の種にもこの仮説が適用できるかが次の問題である。以下で、北海のいくつかの魚種について、それぞれの種の生活史と加入量の変動の関係を、比較して検討しよう。

Sole (*Solea solea*)

Soleの生活史はplaiiceに似ているが、産卵場と成育場が共に沿岸域にあって、区別されていない点が異っている。資源と加入量の関係はplaiiceに類似しており、資源の4~5倍に達する変動幅に対して、加入量は1958, 63の兩年を除いて±50%の範囲内にある。1963年は大寒波の年で、plaiiceでも大きな年級が出現した。1958年については、plaiiceでも1958~60年に比較的大きい年級が得られているが、この年は、ドーバー海峡の海流が強く、大西洋の水が北海の産卵場に多量に流入した。

plaiiceの産卵場が沖合の特定海域に集中しているのに対して、soleのそれは沿岸各地に分散しており、地域的条件の違いによる影響を受け、加入量の変動幅がplaiiceよりは大きい、なおよく調節されている。

Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*)

plaiiceやsoleにくらべて全く対照的な魚種がhaddockである。産卵場、成育場は共に北海の北部にあり、浮遊性仔魚、稚魚は同一海域に分布している。分布域は非常に広く、南北350km、東西150kmの海域におよぶ。底棲生活への移行もその海域内で行われる。Aberdeenの水産研究所は何十年にもわたってこの魚種の研究を続

けている。そのデータによって、資源量と加入量の関係を見ると、一見して加入量の変動の極端に大きいことがわかる。変動の幅は1,000倍にも達する。haddockの仔稚魚は北海全体に分布しており、狭い沿岸水域に密集することはない。したがって、調節作用をほとんど受けなれないものと考えられる。

Herring (*Clupea harengus*)

herring はいくつものストックにわかれているので、状況は複雑であるが、基本的には産卵場および成育場とも沿岸にある。しかしherringは浮魚であるから、plaiceのように底棲生活はせず、また浅海域に密集することもない。最初の1~2年を沿岸域で過ごすことが知られている。資源と加入量の関係を見ると、資源および加入量の変動幅は少数の例外で2~3倍である外は、比較的狭い範囲の中におさまっている。沿岸の成育場にいる間に調節作用を受けていることがわかる。

資源—加入量関係

以上述べた生活史と加入量の変動に関する仮説を証明するためには、他の多くの魚種についても同様な研究を行う必要がある。日本では黒潮が流れていて、海洋条件は北海ほど簡単ではないが、同様なことが見られるだろう。ここで話題を変えて、漁獲の影響について考えてみたい。

資源の再生産関係で、加入量が安定していて減少しないならば、加入量当り漁獲量の理論にしたがって、加入量の減少の起こる限界まで資源を減少させることができる。しかし北海で実際に起ったことは、最高時には75万トンもの漁獲のあったherring資源の崩壊であった。1970~75年の間、資源も加入量も急速に減少し、1975年には潰滅的状态となった。その結果1976~80年の5年間漁獲が禁止された。幸い、1981年には資源が回復し、10万トンの漁獲がゆるされるまでになった。以上のことは、資源が一定限度以下になると、急速に崩壊することを示している。1903年以来、戦争中の減産を除いて、漁獲量は非常に安定していた。漁獲の減少は1965年頃から見られた。一方努力当り漁獲量で見ると、戦後資源は減

少を続けていたことがわかる。

ここで、ソーナーを装備した巾着網漁業で、herringのような浮魚の資源が減少した時に、漁獲強度にどのような変化が起ったかということが重大な問題である。1946~75年の漁獲係数Fの値を見ると、資源が減少していった1967年頃から急増し、1.5くらいにまで達した。漁獲率になおすと8割にもなる。漁獲技術の向上により、ソーナーを用いて効率よく漁獲するようになったためである。ノールウエーのherringではもっとはげしい資源の崩壊が起った。

Fが0.5程度であった頃は資源は安定していた。しかし近年資源が減少するにつれてFは1.0以上に上昇してしまった。最近Lowestoftの研究者が、資源—加入量関係を組入れた漁獲係数Fと漁獲量との関係を推定した。加入量当り漁獲量では、漁獲を強めても漁獲量が減少することはない。しかし資源—加入量関係を考慮すると、状況が変わってくる。F=0.5では高い平衡漁獲量が期待できる。Fが0.7を越えると漁獲量は急激に減少し、F=0.9で0となってしまう。実際にはFが1.0を越えたのであるから北海のherring資源が崩壊したのは当然である。幸い漁獲が禁止され、資源は絶滅の直前で回復へ向った。

20年前には、モデルに基づいて理論的に計算をしていたが、実際にこのようなことが起こるとは思わなかった。かなしいことに理論的予想が実証されたのである。soleの資源は近年強度の漁獲を受け、資源が著しく減少しているが、1974~76年級の加入量を見ると安定していて、減少傾向を示していない。しかしこれ以上資源を減少させると加入量も減少するかも知れないので、科学者達は資源を現在の水準以下にまで下げるべきでないと考えている。ところが実際に見られていることは、加入量が安定しているということであって、漁業者や行政官に、加入量の減少の心配はないという誤解を与えるおそれがある。事実、大変危険な状態の瀬戸際立っているのかも知れないのである。