

論文の内容の要旨

論文題目： 大阪湾に出現するイカナゴの資源管理に関する研究

氏 名： 日下部 敬之

大阪湾に出現するイカナゴ資源を有効かつ持続的に利用するため、漁況予測の精度向上を目的として、仔魚の鉛直分布様式の把握と採集方法の検討、耳石による成長解析を行った。また、イカナゴ仔魚の資源量を定量的に把握する方法を開発するとともに、加入量に影響を与える諸要因についてモデルを用いて検討を加えた。さらに、資源量に応じた経済的最適解禁日についても検討した。研究成果の概要は以下のとおりである。

1. イカナゴ仔魚の鉛直分布様式とその形成要因

漁況予測のための仔魚採集方法検討の基礎資料とすることを目的として、大阪湾におけるイカナゴ仔魚の鉛直分布および摂餌と環境要因との関係を調べ、飼育実験により得られた光強度と摂餌量との関係とあわせて解析することにより、イカナゴ仔魚の鉛直分布様式とその形成要因について検討した。

イカナゴ仔魚は、日中水深 5m を中心として、10m 深層以浅の層に集中的に分布していた。また、1, 5, 10, 20, 40m 深層の順に、浅い層の仔魚ほど多くの餌料を摂食していた。しかし同時に行なった水温、塩分、および主餌料であるカイアシ類幼生の鉛直分布調査の結果からは、これら仔魚分布と摂餌量の鉛直変化を説明できなかった。一方、摂餌実験では、平均全長 6.8mm のイカナゴ仔魚が摂餌したワムシの平均個体数は光量子束密度が高いほど多く、光量子束密度 $1.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の区では、それより低い、暗い区よりも有意に多かった。これらのことと、現場で日中測定した水中の光量子束密度が 16~22m 深層以深

で $1.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ を下回っていたこと、さらに活発に摂餌を始める全長以上の個体で浅い水深帯への集かが顕著であったことから、イカナゴ仔魚が日中 10m 深層以浅に分布するのは、摂餌に適した明るい層に鉛直移動を行った結果だと考えられた。したがって、本種の発生量規模を把握するための採集調査を行う際には、一定の水深帯に偏ることなく、傾斜曳きか鉛直曳きにより水柱全体から仔魚を採集する必要があることが明らかとなった。

2. 仔魚調査における採集方法の検討

イカナゴ漁況予測のための仔魚採集調査方法を改良するため、大型リングネットの鉛直曳きとボンゴネットの往復傾斜曳きによるイカナゴ仔魚の採集効率を比較検討した。

大阪湾内の 5 調査点において、口径 130cm、目合い 0.335mm リングネットの海底上 3m から水面までの鉛直曳きと、口径 60cm、目合い 0.335mm ボンゴネットの水面から海底上 3m までの往復傾斜曳きを連続して行い、両ネットで採集された単位ろ水量あたりイカナゴ仔魚数を全長階級別に比較した。その結果、ボンゴネットに対するリングネットの採集数の比は全長 3mm 台で 0.47, 4mm 台で 0.59, その後は急激かつ単調に減少し、6mm 台で 0.16, 9mm 台で 0.02 となった。リングネット鉛直曳きの採集効率が、ボンゴネット往復傾斜曳きに較べ、特に大きな仔魚で低かった原因は、リングネットではブライドルと曳索が網口の前方に位置し仔魚の逃避行動を促進すること、ワイヤー巻き上げ時の対水速度がボンゴネットより遅いことにより仔魚の網口逃避がより多くなったためであると考えられた。これらの結果から、漁況予測には、全長の大きな仔魚に対してもリングネット鉛直曳きより採集効率の高いボンゴネット往復傾斜曳きによる採集調査の方が適していると判断された。

3. 成長予測を目的とした耳石日周輪によるイカナゴ仔稚魚の成長解析

大阪湾・播磨灘では漁期前に試験操業を行い、漁獲されたイカナゴの全長をもとに成長予測によって解禁日を決定している。しかしこれまで当海域では漁獲物平均全長推移を参考にして求めた群成長速度しか算出されておらず、仔魚の実際の成長速度は明らかになっていなかった。そこで、耳石の日周輪を観察し、個体ごとの成長解析手法として多く用いられる Biological intercept 法をイカナゴ仔魚へ適用できることを飼育実験によって確認したうえで、複数年の解禁日の漁獲物からその成長履歴を解析し、試験操業日前後の成長速度と水温の関係を検討した。

飼育実験において、耳石輪紋径から Biological intercept 法によって逆算した成長履歴が、定期的にサンプリングして直接測定した成長軌跡とよく一致し、イカナゴ仔魚の成長解析に本手法を使用してもよいことが明らかとなった。次に、4 年間の解禁日に漁獲されたイカナゴの成長履歴を Biological intercept 法で解析し、Richards の成長式をあてはめた。成長式のパラメータ値から、イカナゴの初期成長は logistic 曲線に近いことがわかった。得られた成長式によれば、試験操業実施時期にあたるふ化後 37 日目における日間成長量は 0.64～

0.89mm day⁻¹の範囲であった。この日間成長量 (GR) と 2 月上旬の大阪湾 10m 深層平均水温 (WT₁₀) の関係は $GR = 0.1142 WT_{10} - 0.323$ で表され ($R^2 = 0.82$) , 水温が高いほど仔魚の成長が速かった。このことから, 試験操業から解禁日までのイカナゴ仔魚の日間成長量を水温から推定可能であることが示された。

4. 漁獲努力量を用いたチューニング VPA によるイカナゴ 0 歳魚の資源尾数推定

イカナゴ資源を定量的に管理するため, 資源尾数を VPA により推定した。イカナゴの資源管理においては, 翌年の親魚となる資源を一定量残す必要があることから, 終漁時の資源尾数も把握するために漁獲努力量データを用いたチューニング VPA を新たに開発し, これにより漁の始めと終りの資源尾数を推定した。

大阪湾に出現するイカナゴは, 播磨灘および紀伊水道に出現するイカナゴと同一の地域個体群であると考えられるため, 大阪湾, 播磨灘, 紀伊水道の 3 海域をあわせて対象海域とし, 1990~1995 年の 6 年間について資源尾数推定を行った。漁開始前の 2 月 1 日の資源尾数を初期資源尾数とし, 終漁後の 6 月 1 日の資源尾数を最終残存尾数とした。まず, 通常の後退法 VPA により, 仮の最終残存尾数を与えて旬別解析で初期資源尾数を求めた。次に, 得られた各旬の漁獲尾数を通常漁獲方程式に当てはめ, 各旬の漁獲係数 F を求めた。漁獲係数 F と漁獲努力量 X の間に, 漁獲効率 q を介して $F = qX$ の関係があることを利用し, q を期間中一定と仮定することにより X の旬別値の変化傾向を真の F の変化傾向とみなして, 最終残存資源尾数を増減させて, 漁獲方程式から求めた旬別 F の変化傾向を旬別 X の変化傾向に可能な限り近づけた。こうして初期資源尾数と最終残存資源尾数を推定した結果, 対象海域全体で毎年 1,600 億尾あまりの初期資源があり, そのうち約 60% が漁獲され, 30% が漁期中に自然死亡し, 10% あまりが生き残ると推定された。また, 6 年間の初期資源尾数推定値の増減傾向は, 漁業操業日誌等から推定された資源量増減傾向と一致していた。今回開発したチューニング法は, 通常 VPA と異なり終漁時の資源尾数が算出可能であることから, 翌年以降の親魚資源を確保するために適切に終漁することが必要なイカナゴの資源管理にとって有効なものであると考えられた。

5. ニューラルネットワークによるイカナゴ加入尾数予測

イカナゴの加入尾数を漁期前に予測する手法を確立するため, 加入尾数に影響を及ぼすと考えられる気象・海象・生物に関するデータを入力変数とし, 大阪湾, 播磨灘, 紀伊水道 3 海域合計の 0 歳魚加入尾数を実績値として, 階層型ニューラルネットワークモデルにより予測モデルを構築した。そして, 入力層細胞と中間層細胞との間のシナプス荷重値を比較することにより, 加入尾数を大きく左右している入力変数について考察した。

解析対象期間は 1985~1994 年の 10 年間とし, 前年 9 月の大阪湾底層水温, 産卵時期, 産卵期前後の西風平均風速(12 月下旬と 1 月上旬), 1 月の大阪湾底層の水温と塩分, および

仔魚採集調査の結果(1月と2月の播磨灘と大阪湾それぞれの1調査点あたり平均採集尾数)の10項目を入力変数とした。1985~1991年の7年間を学習期間としてモデルを構築し、1992~1994年の3年間について推定値と実績値との比較を行なったところ、実用上十分な精度の予測結果が得られた。出力値に対して大きな影響を及ぼすシナプス荷重値をもつ入力変数は、正の要因として西風平均風速(12月下旬, 1月上旬とも)と大阪湾の2月仔魚採集尾数, および負の要因として前年9月大阪湾底層水温であり, イカナゴ仔魚資源量に及ぼす機構において重要な働きをするものであった。このようにシナプス荷重値の大きさを調べることで入力変数のスクリーニングができることから, 漁況予測のために実施すべき調査項目検討のツールとしてもニューラルネットワークモデルは有効であるのみならず, 入力変数の個数がデータ年数の規制を受けず, また入力変数相互の独立性も考慮する必要がないという点で, 実際の資源管理の現場に適したモデルであった。

6. 漁獲シミュレーションによるイカナゴ漁の最適解禁日推定

大阪湾のイカナゴの最適解禁日について, 漁期の総漁獲金額と資源尾数との関連で数値的に検討されたことはこれまでなかった。そこで, 漁獲シミュレーションモデルを作成して, まず対象年の漁獲を再現し, つぎにその再現過程から得られたパラメータを用いて, 解禁日を変化させたシミュレーションを行って, 対象年の初期資源尾数の下で漁期の総漁獲金額が最高となる解禁日を求めた。

漁獲シミュレーションの対象海域を大阪湾とし, イカナゴ仔魚の初期資源尾数が少なかったと考えられる2003年を対象年として, まず, 漁獲能率と操業時間の積で表される漁獲係数と, その日の当初資源尾数から漁獲方程式によって漁獲尾数を計算し, その後自然死亡係数を用いてその日の自然死亡を減じて翌日当初の資源尾数を算出する方法によって, 標本漁船の2003年の漁獲尾数と漁獲重量実績値が再現される初期資源尾数と漁獲能率を探索的に求めた。次に, 求めた初期資源尾数と漁獲能率を用い, 解禁日を変えて漁獲尾数と重量を計算し, さらに漁獲金額を推定した。その結果, 漁期の総漁獲金額のピークは2003年の実際の解禁日よりかなり遅い解禁日で出現した。すなわち, 資源量が特に少ない年には, 従来の解禁基準全長よりも大きい全長で解禁した方が有利であることが示された。

以上, 本研究により, 大阪湾に出現するイカナゴ仔魚は, 日中に視覚により動物プランクトンを摂餌し, 10m深以浅の明るい層に分布すること, 成長速度が水温に大きく影響されること, 前年夏季の高水温は加入資源尾数に負の影響を与えることなど, 生態的な新知見を得た。また, 漁況予測に適した採集方法の検討, 資源量の定量的把握と予測, 最適解禁日推定手法の開発を行い, 漁況予測と資源管理に反映させることにより, 漁期総漁獲金額を増大させることができることを数値的に示した。これらの成果は漁業解禁日の設定などに活用され, 持続的なイカナゴ漁業の実現に大きく貢献するものと期待される。