

学 位 論 文 題 名

北海道南部周辺海域で漁獲される
マダラ *Gadus macrocephalus* の資源評価に関する研究

学位論文内容の要旨

マダラ (*Gadus macrocephalus*) は、北太平洋の大陸棚および大陸棚斜面に分布する底棲魚であり、北海道南部周辺海域では冬期の主要漁獲対象種である。この海域におけるマダラ漁獲量は、1989 年の 4,800t から 1992 年まで大きく減少し、近年は約 1,500t の低レベルで安定している。この資源について、過度の漁業による資源の崩壊を予防し、持続的な漁業生産を行うために資源状態の把握が求められてきた。

一般に、魚類の資源量推定には年齢をベースとしたコホート解析法 (VPA; Virtual Population Analysis) が用いられ、資源診断には加入量当り漁獲量 (YPR; Yield Per Recruitment) および加入量当り産卵親魚量 (SPR; Spawning biomass Per Recruitment) が広く用いられている。しかし、北海道南部周辺海域で漁獲されるマダラに関してはこれらの手法による定量的な資源解析は行われていない。その原因の一つとして、年齢ベースの解析に不可欠な、経時的な年齢査定が行われていないことがあげられる。しかし、マダラの場合には、漁協荷捌所にマダラの体重が記載された水揚げ票が保存され、これにより漁獲物の体重組成を過去にさかのぼって入手することが可能である。本研究では、北海道南部周辺海域で漁獲されるマダラの資源量推定および資源診断を行うために、VPA を改良した、体重に基づく資源量推定法および資源診断法を開発した。さらに本海域に分布するマダラにこれを適用し、マダラの持続的資源利用に資することを目的とした。

1. 資源量推定法および資源診断法

本種の資源量推定を行うために、体重組成に基づくコホート解析法 (WPA ; Weight

based Population Analysis)を開発した。WPA に必要とされるデータは、自然死亡係数 M 、年別体重別漁獲尾数 C_{ij} 、および体重成長情報である。体重成長には、 j 年に体重階級 i に属する個体が $(j-1)$ 年に体重階級 k に属していた確率、すなわち後退型体重成長遷移確率が用いられる。

WPA による資源量推定の手順は次の通りである。まず、年別漁獲強度係数 f_j と体重階級別漁獲選択係数 s_i に初期値を与え、自然死亡係数 M および観測された年別体重階級別漁獲尾数 $C_{j,i}$ を用いて、最終年 J と最大体重階級 I の資源尾数 $N_{J,i}$ 、 $N_{j,I}$ を計算する。次に、後退型体重成長遷移確率により、それ以前の体重階級の資源尾数 $N_{j,i}$ をすべて計算する。さらに、漁獲方程式を用いて資源尾数 $\hat{N}_{j,i}$ から理論漁獲尾数 $\hat{C}_{j,i}$ を計算する。以上を繰り返し計算することにより、観測漁獲尾数 $C_{j,i}$ と理論漁獲尾数 $\hat{C}_{j,i}$ の間の残差平方和が最小になるように、 f_j と s_i について最適化を行い、資源尾数を推定する。また、体重に基づく加入量当り漁獲量 (YPR^W) および体重に基づく加入量当り産卵親魚量 (SPR^W) の算出法も、前進型体重成長遷移確率を用いて示される。

2. WPA の模擬資源および実在資源への適用による推定精度の検討

WPA による資源量推定の妥当性を検討するため、コンピュータ上で作成した模擬資源を用いて資源量推定シミュレーションを行い、模擬資源の資源量真値と WPA による資源量推定値を比較した。漁獲死亡、漁獲選択率、成長、自然死亡の各パラメータに年変動を与えない場合には、WPA による推定値が資源量真値に近似し、推定値の信頼区間も狭かった。WPA と VPA の推定精度を比較するために、WPA および VPA の推定値と資源量真値の間でそれぞれ回帰分析を行ったところ、両者の相関係数はほぼ等しく、回帰係数は、WPA の方が 1 に近かった。これらのことから、シミュレーションで設定した条件の下では、WPA が VPA と同等の資源量推定精度があると判断された。

実際の漁獲データは、シミュレーションで想定した以外の誤差が混入していると考えられる。そこで、VPA により資源量推定が行われた噴火湾のスケトウダラ資源に WPA を適用し、WPA と VPA の推定値を比較することにより、WPA が VPA と同等の性能を示すかどうかを調べた。WPA および VPA の両推定値の間で回帰分析を行った結果、相

関係数は $r=0.93$ であり、回帰係数は 1.01 で 1 に極めて近かった。このことから、実際の漁獲データを用いた場合でも、WPA が VPA と同等の推定を行うことが示された。

3. 北海道南部周辺海域で漁獲されるマダラの資源評価

資源評価の対象となるマダラの分布域を確定するため、本海域周辺のマダラの系群構造を研究した。16 地点から得られた標本の脊椎骨数組成を t 検定により比較すると同時に、海域ごとの CPUE (単位努力量あたり漁獲量) 時系列について因子分析を行った。その結果、東北から北海道太平洋側海域に分布するマダラは、北海道襟裳岬以東群、北海道襟裳岬以西群、東北太平洋群の 3 系群に分けられた。このうちの北海道襟裳岬以西群を、「マダラ襟裳西系群」と定義し、資源評価の対象にした。

「マダラ襟裳西系群」の漁獲情報から、WPA を用いて 1994～2000 年の資源量推定を行った。また、推定結果をもとに、 YPR^W および SPR^W 解析により資源診断を行った。資源量推定に必要とされる漁獲量は、「襟裳西系群」が分布する北海道知内町から北海道様似町、青森県陸奥湾・津軽海峡海域、および沖合底曳網漁業の襟裳西海区から得た。漁獲物の体重組成については、本海域のマダラの主要な水揚げ港である、北海道室蘭市、恵山町および青森県脇野沢村の 3 漁業協同組合の水揚げ票から得た。WPA による資源量推定の結果、「マダラ襟裳西系群」の推定資源量は、1994 年が最も少なく 7,300t であった。1995 年以降は資源量が増加し、1998 年には 10,000t を超え、2000 年の推定資源量は 14,000t となった。年度が下るにつれ小型サイズの割合が増加し、1999 年および 2000 年は、体重階級 0-1kg, 1-2kg に属するマダラの割合が 50%以上であった。

YPR^W および SPR^W 解析において、現在の漁業の漁獲係数 F を 0.47、漁獲開始体重 w_c を 0.5kg としたとき、 YPR^W (加入量当り漁獲量) は $1.2\text{kg}/R$ となり、最適値 (1.8kg/ R) より小さかった。また、 $\%SPR^W$ (加入量当り産卵親魚量) は 9% となり、理想とされる値 (30%以上) より低かった。 YPR^W および SPR^W の等量線図から、現状より漁獲係数を小さくすると $\%SPR^W$ は増加するが、 YPR^W には変化が見られないこと、一方、漁獲開始体重を大きくすると、 YPR^W と $\%SPR^W$ が共に増加することが分った。

以上の結果から、「マダラ襟裳西系群」の資源を有効に利用するためには、小型サイズ個体に対する漁獲圧の低減が効果的であることが分った。さらに全サイズ個体に対する漁獲圧の引き下げにより、産卵親魚量の増加に伴う加入量の増加が期待できると考えられた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 菅 野 泰 次

副 査 教 授 高 橋 豊 美

副 査 教 授 岸 道 郎

学 位 論 文 題 名

北海道南部周辺海域で漁獲される

マダラ *Gadus macrocephalus* の資源評価に関する研究

マダラは北太平洋の大陸棚および大陸棚斜面に分布する底棲魚であり、北海道南部周辺海域では冬期の主要な漁獲対象種である。この海域におけるマダラ漁獲量は、1989年の 4,800トンから1992年にかけて大きく減少し、近年は約 1,500トンの低レベルで推移している。本論文は、この海域のマダラの資源管理を目的とした水産資源解析学的な研究であり、結果は次のように要約される。

魚類の資源量推定には、一般に年齢をベースとしたコホート解析法（VPA: Virtual Population Analysis）が用いられ、資源診断には加入量当り漁獲量（YPR: Yield Per Recruitment）および加入量当り産卵親魚量（SPR: Spawning Biomass Per Recruitment）が広く用いられている。本研究ではまず、マダラの資源量推定および資源診断を行うために、VPA を改良した、体重に基づく資源量推定法（WPA）および資源診断法（YPR^W、SPR^W）を開発し、次いで、WPA の推定精度を検討するために、コンピュータ内に作成した模擬資源に対して資源量推定シミュレーションを行った。その結果、漁獲死亡、漁獲選択率、成長、自然死亡のパラメータに誤差的な年変動を与えない場合には、WPA による推定値が資源量真値に近似し、WPA は VPAと同等の推定精度があると評価された。さらに、VPA で資源量推定が行われた噴火湾のスケトウダラ資源に WPAを適用し、WPA と VPAの推定値を比較することでも、WPA が VPAと同等の推定精度をもつことが示された。

資源評価の対象となるマダラの分布域を確定するため、本海域周辺のマダラの系群分布構造を研究した。16地点から得られた標本の脊椎骨数を t 検定により比較すると同時に、海域ごとの CPUE(単位努力量当り漁獲量) 時系列について因子分析を行った。その結果、東北から北海道にかけての太平洋側海域に分布するマダラは、北海道襟裳岬以東群、北海道襟裳岬以西群、東北太平洋群の 3 系群に分けられた。本研究では、このうちの北海道襟裳岬以西群をマダラ襟裳西系群と定義し、資源量推定の対象にした。

マダラ襟裳西系群の漁獲情報を用いて、WPA により1994～2000年の資源量を推定した。推定に必要とされる漁獲量は、襟裳西系群が分布する北海道知内町から北海道様似町、青森県陸奥湾・津軽海峡海域、および沖合底曳網漁業の襟裳西海区から得た。漁獲物の体重組成については、マダラの主要な水揚げ港である北海道室蘭市、恵山町および青森県脇野沢村の3漁業協同組合の水揚げ票から得た。WPA による資源量推定の結果、マダラ襟裳西系群の推定資源量は、1994年が最も少なく 7,300トンと推定された。1995年以降は資源量が増加し、1998年には 10,000 トンを超え、2000年の資源量は14,000トンと推定された。年度が下がるにつれ小型サイズの割合が増加し、1999年および2000年は、0-1kg、1-2kg の体重階級の割合が全体の 50%以上であった。

資源量推定結果を基に、YPR^W 解析および SPR^W 解析により、マダラ襟裳西系群の資源診断を行った。現在の漁獲係数を0.47、漁獲開始体重W_cを 0.5kgとしたとき、YPR^W（加入量当り漁獲量）は 1.2kg/Rとなり、最適値（1.8kg/R）より小さかった。また、%SPR^W（加入量当り産卵親魚量）は 9% となり、理想とされる値（30%以上）より低かった。YPR^W および SPR^W の等量線図から、現状より漁獲係数を小さくすると、%SPR^W は増加するが、YPR^W には変化が見られないこと、一方、漁獲開始体重を大きくすると、YPR^W と %SPR^W が共に増加することが分った。これらの結果から、現在のマダラ漁業は過剰漁獲（乱獲）の状態にあると判断された。マダラ襟裳西系群を有効に利用するためには、小型サイズ個体に対する漁獲圧力の低減が効果的であり、さらに全サイズ個体に対する漁獲圧の引き下げが、産卵親魚量の増加を介して加入量の増加につながると考えられた。

以上の通り、本研究は北海道南部周辺海域のマダラについて、系群構造を解明し、資源量推定および資源評価を行ったもので、資源量推定方法の開発とマダラへの適用結果、および資源評価に示される具体的諸施策が評価の対象になる。審査員一同は、本論文が学位審査に値するものであることを認め、2003年1月27日に本論文について公開發表審査を行った。その結果、13名の出席教官全員による合格の判定を得、さらに2月19日に開催された水産科学研究科教授会において、教授会構成員の全員が、申請者を博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。