

刺網の網目選択性に基づくハタハタの漁獲死亡係数の 推定と漁業管理への応用のための基礎的研究

学位論文内容の要旨

北海道において、ハタハタ *Arctoscopus japonicus* は重要な漁業資源であり、なかでも漁獲量の8割以上を占める太平洋が主要な漁場となっている。また、太平洋では漁獲量の多寡によらず、刺網による漁獲が大きな比重を占めている。刺網は、漁場に来遊した魚を網目に刺さらせるという漁獲機構上、曳き網のように特定サイズ以上の魚が全て漁獲されるわけではなく、その選択性は釣鐘型となることが知られている。これは、選択漁獲を行なう上での利点である一方、特定のサイズ範囲のみが間引きされることを意味している。したがって、刺網による漁獲圧が高いような魚種を効果的に管理するためには、使用する目合の網目選択性を定量的に評価するとともに、それによって生じる選択漁獲が資源に与える影響を十分検討する必要があると考えられる。しかしながら、刺網の網目選択性が資源に与える影響について具体的に言及された研究はこれまでにない。

本研究では、北海道におけるハタハタ刺網漁業を対象として、漁期や海域などのそれぞれの条件に応じた刺網の網目選択性を求め、網目選択性と努力量を用いた漁獲死亡係数の推定方法を考案し、特定目合を使用する際に起こる選択漁獲の状態を定量的に評価した。また、この漁獲死亡係数をもとに、成長乱獲の指標となる加入当たり漁獲量 YPR (Yield Per Recruit) と加入乱獲の指標となる加入当たり産卵資源量 SPR (Spawning Per Recruit) の解析を行ない、使用する目合および投入される努力量と%SPR(漁獲がない時の SPR に対する漁獲がある時の SPR の比)、YPR との関係から、目合規制の管理効果について評価するとともに、ハタハタ刺網漁業における適切な使用目合と努力量配分方法についても検討した。

① ハタハタ(釧路群)に対する選択性曲線

ハタハタ釧路群に対する選択性曲線を推定するために、複数目合を用いた比較操業実験を行な

い、漁獲物の体長、体重、性別、各部胴周長、生殖腺重量を測定した。絡み漁獲(全体の 17 %)を除いた目合別体長階級別漁獲データより、選択性曲線を SELECT モデルマスターカーブ法 (Fujimori and Tokai 2001) により推定した。選択性曲線のパラメータの推定は最尤法を使用し、AIC により最適なモデルを選択した。ハタハタ釧路群に対する選択性曲線の形状は左右非対称の対数正規関数が最適であり、雌雄で選択性曲線の形状が大きく異なることが明らかとなった。体長 l_j と目合 m_i の比である目合相対体長 $R_{ij} (l_j / m_i)$ におけるオス、メスの選択性曲線をそれぞれ以下に示す。

$$s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(\ln R_{ij} - \ln(3.47))^2}{2(0.06)^2}\right) \quad (1)$$

$$s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(\ln R_{ij} - \ln(3.22))^2}{2(0.09)^2}\right) \quad (2)$$

産卵期におけるメスの生殖腺の発達により、体長－最大胴周長の関係が雌雄で大きく異なった。選択性曲線の最大値を得る目合相対体長(以降、モード体長とする)の雌雄の差は、羅網機構と選択性の関係から、産卵期における生殖腺重量指数 GSI の違いによる体長－最大胴周長関係の違いに起因していると考えられた。

② 漁期中の GSI の変化にともなう選択性曲線モード体長の変動と雌雄の分離効率

GSI の変化にともなう選択性曲線の変化を明らかにするため、魚体形状に関するパラメータと選択性曲線モード体長パラメータの定量を行なった。GSI と、体長と最大胴周長の比が直線関係になることが示された。成熟状況による魚体形状の変化の指標を体長と最大胴周長の比で表すことにより、魚体形状の違いによる選択性曲線のモード体長の変化を推定することができた。特に GSI が大きくなる産卵期において、雌雄の選択性曲線のモード体長に顕著な差が生じることが明らかになった。

産卵期における雌雄の選択性曲線の違いを利用して、漁具の特性の一つとして雌雄の分離効率について定義した。目合 4.8 cm を使用した場合には、体長 14.9 cm のオスとメスが網に遭遇した時に最も効率よくメスを取り分けることができ、体長 17.0 cm のオスとメスが網に遭遇した時に最も効率よくオスを取り分けることができる。また、対象とする母集団のオス、メスそれぞれの平均体長を基に推定された各目合の分離効率は、各目合による雌雄分離の実測値の相対的な傾向を示した。

③ ハタハタ釧路群の成長と年齢別漁獲死亡係数の推定

調査用小型かけまわし網により採集された4年分の標本から、ハタハタ釧路群の体長、体重と年齢の関係を von Bertalanffy 式により求め、95% 信頼区間も推定した。オス、メスそれぞれの成長式を以下に示す。

$$\left. \begin{array}{l} \text{体長: } l(t) = 208[1 - \exp\{-0.49(t - 0.143)\}] \\ l(t) = 264[1 - \exp\{-0.41(t - 0.201)\}] \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{体重: } w(t) = 263[1 - \exp\{-0.35(t - 0.119)\}]^3 \\ w(t) = 471[1 - \exp\{-0.32(t - 0.186)\}]^3 \end{array} \right\} \quad (4)$$

以上の結果から、体長、体重ともにオスよりもメスの方が早く成長することがわかった。

推定された選択性曲線と成長式のパラメータを用いて、ハタハタ釧路群の年齢別漁獲死亡係数 F_a を、相対的な総使用反数を表す努力量パラメータ E と目合 m_i により求めることができた。 F_a は次式により得られた。

$$a = a_r, \quad F_a = E \sum_{i=1}^v r_i \int_0^{l_\infty} \rho_a(l) s_i(l) dl \quad (5)$$

$$a > a_r, \quad F_a = \left\{ \exp \sum_{g=a_r}^{a-1} (-F_g - M) \right\} E \sum_{i=1}^v r_i \int_0^{l_\infty} \rho_a(l) s_i(l) dl \quad (6)$$

ここで、 $s_i(l)$ は v 種類の目合 m_i における体長 l の選択性であり、 $\rho_a(l)$ は対象母集団中の a 歳における体長 l の確率密度関数、 l_∞ は極限体長である。また、 r_i は漁場全体に投入された努力量 X に対する目合 m_i の努力量 x_i の割合である努力量配分率であり、 M は自然死亡係数である。漁場加入年齢 a_r は1歳とした。雌雄の成長と選択性の違いから、同じ目合、同じ努力量においてもオスとメスで漁獲死亡係数が大きく異なることが明らかになった。また、各年齢の漁獲死亡係数は釣鐘型の選択性を持つ刺網による漁獲の特徴が表れた。漁獲の主体となる1歳魚では、目合40 mm 以上を用いると漁獲される個体のほとんどがメスとなることがわかった。

④ 刺網の網目選択性に基づくハタハタ釧路群の YPR, SPR 解析

各使用目合の選択性の影響による選択漁獲が、資源と漁獲に与える影響を評価するため、ハタハタ釧路群の YPR と %SPR を目合と努力量パラメータにより求めた。複数目合を使用するよりも目

合 54 mm の単一目合を使用する場合が、YPR, %SPR の両面からみて非常に効率的であることが明らかになった。また、YPR は自然死亡係数 M の影響を大きくうけた。雌雄別の YPR および雌雄を合計した YPR と目合との関係では、局所的に YPR が高くなる目合が存在した。これは刺網による選択漁獲の影響によって各年齢に対して効率的な目合が存在するため、各目合における YPR の極大は各年齢群によって構成されると推測された。雌雄合計の YPR の極大は雌雄それぞれ別の年齢群の漁獲によって構成されていると考えられ、YPR の値の大小だけではなく、雌雄の年齢構成も考慮することができると考えられた。

本研究では漁具能率 q が未知であるため総使用反数と努力量パラメータ E の関係は明らかになっていない。そのため、提案したモデルは、現状で漁場に投入される総使用反数および使用目合の配分率を把握し、総使用反数と E の関係を明らかにすることにより、実際の漁業管理の方策を提言できるようになる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	三浦汀介
副査	教授	木村暢夫
副査	准教授	清水晋
副査	准教授	藤森康澄

学位論文題名

刺網の網目選択性に基づくハタハタの漁獲死亡係数の 推定と漁業管理への応用のための基礎的研究

刺網は、漁場に来遊した魚を網目に刺さらせるという漁獲機構上、曳き網のように特定サイズ以上の魚が全て漁獲されるわけではなく、その選択性は釣鐘型となることが知られている。これは、選択漁獲を行なう上での利点である一方、特定のサイズ範囲のみが間引きされることを意味している。そこで、本研究では、北海道におけるハタハタ刺網漁業を対象として、網目選択性と努力量を用いた漁獲死亡係数の推定方法を考案し、特定目合の使用による選択漁獲が資源に与える影響を明らかにした。また、推定された漁獲死亡係数をもとに、成長乱獲の指標となる加入当たり漁獲量 YPR (Yield Per Recruit) と加入乱獲の指標となる加入当たり産卵資源量 SPR (Spawning Per Recruit) の解析を行ない、使用する目合および投入される努力量と %SPR (漁獲がない時の SPR に対する漁獲がある時の SPR の比)、YPR との関係から、目合規制の管理効果について評価するとともに、釧路沖ハタハタ刺網漁業における適切な使用目合と努力量配分方法についても検討した。得られた成果は以下のとおりである。

- 1) ハタハタ（釧路群）を対象として刺網漁獲試験を実施し、SELECT 解析により選択性曲線を推定するとともに、産卵期には雌雄で選択性曲線の形状が大きく異なることを明らかにした。さらに、羅網機構と選択性の関係から、この形状の違いが産卵期の雌雄の魚体形状の顕著な差異の影響であることを示した。
- 2) 産卵期における生殖腺重量指数 GSI と体長－最大胴周長の比が直線関係となることを示し、こ

の関係を用いて GSI の変化にともなう選択性曲線のモード体長の変化を推定する方法を提案した。また、この結果から特に GSI が大きくなる産卵期で雌雄のモード体長に顕著な差が生じることを示した。

- 3) 目合による雌雄の分離効率の推定法を提案し、目合による雌雄の獲り分け状態の変化を示した。
- 4) 調査用小型かけまわし網により採集された標本から、ハタハタ（釧路群）の成長曲線を求め、体長、体重ともに雄よりも雌の方が早く成長することを明らかにした。
- 5) 推定された雌雄別の選択性をもとに、年齢別漁獲死亡係数を努力量パラメータ（相対的な総使用反数）と目合により表すモデルを提案し、同じ目合、同じ努力量においても雌雄で漁獲死亡係数が大きく異なることを明らかにした。また、各年齢の漁獲死亡係数には釣鐘型選択性による特定サイズ範囲の漁獲の影響が反映されることを示した。
- 6) 推定された年齢別漁獲死亡係数を用いて、加入量が等しいと仮定した場合の年齢別雌雄分離比を推定し、使用する目合によって漁獲物の雌雄比、年齢構成が大きく異なることを明らかにした。また、漁獲の主体となる 1 歳魚では、40 mm 以上の目合を用いると漁獲される個体のほとんどが雌となることを示した。
- 7) 各使用目合の選択性が資源と漁獲に与える影響を評価するため、ハタハタ釧路群の YPR と %SPR を目合と努力量パラメータの関数として表現し、資源の再生産への影響をできるだけ低減し、且つ効率的な漁獲（40%SPR における YPR の最大化）を行うには、現状の複数目合（36～63 mm）使用よりも、単一目合の場合では目合 54 mm の使用、複数目合であれば 48～63 mm の範囲での均等な反数使用が妥当であることを示した。

本研究は、ハタハタ刺網漁業を対象として、これまで主に漁業管理における目合規制の基礎資料としてのみ用いられてきた漁具の選択性を資源解析手法に導入する方法を考案し、対象資源の成長等の資源特性値に加えて目合と努力量（反数）といった操業上の具体的要因の資源状態への影響の評価を試みており、その成果を通して、より漁業の実態に即した管理手法の実現の可能性を示している。よって、審査員一同は申請者が博士（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。