

学位論文題名

STUDIES ON THE OPTIMUM DESIGN
OF FISH TRAPS FOR CATCHING ARABESQUE
GREENLING (*Pleurogrammus azonus*) USED
IN MATSUMAE, HOKKAIDO

(北海道松前町におけるホッケ籠の最適設計に関する研究)

学位論文内容の要旨

【研究の目的】ホッケ(Arabesque Greenling *Pleurogrammus azonus*)は北海道沿岸に広く分布する漁業重要種であり、2000年度の漁業生産統計年報によれば、我が国のホッケ生産量の97.0%にあたる160,085トンが北海道で漁獲されている。ホッケは沖合底びき網、定置網、まき網、刺し網、釣り等で漁獲されるが、北海道松前郡松前町では17年程前から籠によってホッケを漁獲するユニークな漁業が行われている。このホッケ籠による2000年度の漁獲は306トンと僅かであるが、籠で漁獲したホッケは鮮魚として出荷できることから価格が安定しており、また、1年中操業できること、漁具資材に掛かる経費が少なくて済むこと等から、この地域の漁業者にとってホッケ籠漁業は無くてはならない漁業となっている。しかし、このホッケ籠の仕様は漁業者の経験に基づいており科学的知見によるものではない。

本研究は、このホッケ籠漁業に注目し、この漁業に使用されている籠の最適設計を目的として、籠の側面に取り付けられている漏斗状の入り口の導入角度とその長さについてモデル実験を屋外水槽で行い、その結果に基づいて製作した入り口を取り付けた籠(入り口以外は全て漁業者が使用している籠と同じ)を使用して比較操業実験を行ない入り口の導入角度とその長さがホッケの入籠率に与える影響について検討した。また、ホッケの資源保護の立場から籠に脱出口を取り付けて実験を行い、脱出口の大きさと脱出魚の体高との関係を求めた。さらに、海底上に設置された籠の潮流に対する安定性についても検討した。

【ホッケ籠の仕様】現在、松前町で使用されているホッケ籠の形状は、上面が直径73cm、底面が直径87cm、高さが30cmの円錐台形である。上面、底面、側面にはPE製網地(網糸太さ1.6mm、目合い25mm)が張っており、この側面に2つの入り口が相対する位置に設けられている。入り口は、角目網地(直径0.6mm PEモノフィラメント、目合い15mm)で作られており、上下各1枚の平面網地と左右2枚の三角網地から成り、入り口の前面は幅37cm高さ30cmで、先端部は漏斗状に上下の網地が籠の中

中央部に向かって長さが 22 cm になるよう傾斜している。下の網地が籠の底面となす角度（導入角度）は 37° で入り口の先端は籠の底面より 22 cm の高さに位置し、その両端はゴムバンドで引っ張られて先端は閉じ、籠の上面中央部に餌袋が吊り下がっている。

【入り口の導入角度と長さが入籠に与える影響】入り口の導入角度と長さがホッケの入籠に与える影響を調べるために、1) 入り口の長さを 22 cm 一定とし導入角度 0° , 20° , 34° , 45° , 53° の入り口モデルと、2) 入り口先端の高さを 22 cm 一定とし長さを 1 cm, 8 cm, 15 cm, 22 cm, 29 cm の入り口モデルを製作し、北海道大学北方圏フィールド科学センター付属臼尻水産実験場の海水を満たした屋外円形水槽（直径 427 cm, 高さ 80 cm）で実験を行った。この水槽内に、それぞれの入り口モデル 5 個を、長さ 118 cm 高さ 50 cm の仕切網地枠 5 枚を正五角形に組んだ辺の中央に入り口の先端を正五角形の内側に向けて配置し、5 区画それぞれに 8 尾のホッケ（体長 261mm~381mm）を入れ、水槽中央に餌を置いて、入り口モデルに対する魚の行動をビデオ撮影によって観察した。

その結果、1) 通過率は導入角度 34° で 43%、導入角度 54° で 8% とそれぞれ最大最小を示し、この両者の間の通過率には有意な差が見られたが、他の角度の通過率には有意な差は見られなかった。また、2) 入り口長さの違いによる通過率は長さ 8 cm で 28%、長さ 22 cm で 15% となり、両者の間には有意な差は見られないものの、通過率は長さ 8 cm の入り口の方が長さ 22 cm の入り口のほぼ 2 倍となった。

【試験籠による比較操業実験】上記の実験結果から、入り口の長さを 22 cm 一定とし導入角度を $46^\circ(T_{E1})$, $27^\circ(T_{E2})$, $0^\circ(T_{E3})$ とした試験籠（他は全て漁業者が使用している籠と同じ）と、入り口の長さを 8 cm（導入角度 37° ）とした試験籠(T_E)それぞれ 5 個合計 20 個を製作し、松前町さくら漁業協同組合所属のホッケ籠漁船翔陽丸(9.9 トン)の操業時に漁業者の籠(T_C)を 1 つ置きに試験籠と付け替えて比較操業実験を 5 回行なった。漁業者の籠も含めて総計 200 籠で漁獲されたホッケの数とその体長を船上で測定し、また、混獲された生物名を記録した。籠の浸漬時間は 5 回のうち 3 回が 1 日、2 回が 2 日であった。ホッケの総漁獲尾数は 2200 尾で、このうち 289 尾については帰港後、体長、体高、体幅、体重を測定した。

その結果、入り口の長さを 22 cm 一定とした籠では、1) 1 籠当たりの平均漁獲尾数は、浸漬時間 1 日では、 T_{E3} , T_{E1} , T_C , T_{E2} の順に多くなり、導入角度 27° の試験籠の方が導入角度 37° の漁業者が使用している籠よりも大きい値を示し、導入角度 0° の籠では極端に漁獲尾数が少なかった。2) 導入角度を 37° 一定とした T_E と T_C との比較では、浸漬時間 1 日の場合には、試験籠 T_E の方が有意に漁業者が使用している籠 T_C より 1 籠当たりの平均漁獲尾数は多かった。3) 漁獲されたホッケの体長組成には、どの籠の間にも有意な差は見られなかった。

【脱出口の大きさと体高との関係】上記の比較操業実験において漁獲されたホッケの体長範囲は 223 mm から 398 mm であったが、漁業者は価格の高い大きなホッケが獲れることを望んでおり、小さなホッケが沢山獲れることを嫌っている。また、ホッケの資源保護のためにもなるべく小さいホッケは脱出口を設けて逃がすことを考え、この脱出口の大きさとホッケの体高との関係を求める室内実験を行った。漁業者が使用している籠

の側面下部に直径 47.5 mm, 51.0 mm, 53.5 mm, 57.0 mm, 60.0 mm, 62.0 mm の円形の脱出口を取り付け、この籠の中にホッケを入れて海水の入った水槽(2m×2m×1m)の真ん中に沈め、水中に設置したテレビカメラを通して隣の部屋で魚の脱出を観察した。実験に使用したホッケ 28 尾(体長 242 mm から 341 mm)には予め尾鰭にタグを打ち込み実験終了後、体長、体高、体幅、体重を測定した。

その結果、ホッケは自身の体高より小さい脱出口からでも脱出するのが観察され、1) 自身の体高より小さい脱出口から脱出したホッケの体高 B_d (mm)とその脱出口の直径との差 D_1 (mm)との間に、 $D_1 = 0.218B_d - 8.74$ なる関係式が、また、2) 脱出できなかった脱出口のうちで最も大きな脱出口の直径とそのホッケの体高との差 D_2 (mm)との間には、 $D_2 = 0.194B_d - 4.07$ なる関係式が得られた。

以上の結果を利用すると、出荷最小体重 400 g 以下のホッケを獲らないための脱出口の大きさ S_v は次のように求まる。比較操業実験で測定した 289 尾のうち体重 400 g に分類されたホッケの体高範囲は 57.9 mm から 70.6 mm であるから、この最小値 57.9 mm から、上式を使って求めた D_2 の値 7.2 mm を引いて $S_v = 50.7$ mm となる。

【籠の潮流に対する安定性】実験には現在漁業者が使用している円錐台形の籠(籠 A)と四角形の(籠 B)および籠 B の籠の底面にプラスチックの網目状の防護材を取り付けた籠(籠 C)を用いた。籠の抗力は回流水槽で測定し、籠の向きを 0° から 90° まで 15° 毎に変化させて行い、各姿勢について流速と抗力との関係を求めた。また、籠と砂地および岩盤との摩擦力を求めるために、平面水槽内に砂および岩盤に見立てたコンクリート板を敷きこの上を籠を曳いて摩擦力を計測した。

その結果、籠が滑り始めるのに必要な流速は、砂地の場合に籠 B が最も大きく、岩盤の場合には籠 C が最も大きくなった。転倒し始める流速については円錐台形の籠 A が最も大きくなった。また、3つの籠とも転倒し始める流速は滑動し始める流速より大きく、籠は転倒する前に滑動し、籠が転倒する可能性は少ないことが推定された。

【ホッケ籠の改良点】本研究の結果から、北海道松前町におけるホッケ籠の改良点として次の3つが上げられる。

- 1) 入り口の導入角度は 27° 程度とし、入り口先端部の高さは籠の高さの丁度半分になるようにする。
- 2) 入り口の長さは 8 cm 程度と短くし、なるべく籠の内容積を大きくする。
- 3) 体重 400 g 以下のホッケが籠内に残らないように、内径 50.7 mm の脱出口を籠側面の下部に設ける。

また、籠の形状については、円錐台形が潮流に対して安定していること、漁業者が取り扱い易いこと、船上の狭い甲板上に重ね積みができることから円錐台形のままで良いと考える。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 本 勝太郎
副 査 教 授 廣 吉 勝 治
副 査 教 授 平 石 智 徳
副 査 助 教 授 山 下 成 治

学 位 論 文 題 名

STUDIES ON THE OPTIMUM DESIGN OF FISH TRAPS FOR CATCHING ARABESQUE GREENLING (*Pleurogrammus azonus*) USED IN MATSUMAE, HOKKAIDO

(北海道松前町におけるホッケ籠の最適設計に関する研究)

ホッケ(*Arabesque Greenling Pleurogrammus azonus*)は北海道沿岸に広く分布する漁業重要種であり、沖合底びき網、定置網、まき網、刺し網、釣り等で漁獲されるが、北海道松前郡松前町では17年程前から籠によってホッケを漁獲するユニークな漁業が行われている。このホッケ籠による2000年度の漁獲は306トンと僅かであるが、籠で漁獲したホッケは鮮魚として出荷できることから価格が安定しており、また、1年中操業できること、漁具資材に掛かる経費が少なく済むこと等から、この地域の漁業者にとってホッケ籠漁業は無くしてはならない漁業となっている。

現在、松前町で使用されているホッケ籠の形状は、上面が直径73 cm、底面が直径87 cm、高さが30 cmの円錐台形である。上面、底面、側面にはPE製網地(網糸太さ1.6 mm、目合い25 mm)が張っており、この側面に2つの入り口が相対する位置に設けられている。入り口は、角目網地(直径0.6 mm PEモノフィラメント、目合い15 mm)で作られており、上下各1枚の平面網地と左右2枚の三角網地から成り、入り口の前面は幅37 cm高さ30 cmで、先端部は漏斗状に上下の網地が籠の中央部に向かって長さが22 cmになるよう傾斜している。下の網地が籠の底面となす角度(導入角度)は37°で入り口の先端は籠の底面より22 cmの高さに位置し、その両端はゴムバンドで引っ張られて先端は閉じ、籠の上面中央部に餌袋が吊り下がっている。しかし、このホッケ籠の仕様は漁業者の経験に基づいており科学的知見によるものではない。

本論文は、このホッケ籠漁業に注目し、この漁業に使用されている籠の最適設計を目的として、籠の側面に取り付けられている漏斗状の入り口の導入角度とその長さについてモデル実験を屋外水槽で行い、その結果に基づいて製作した入り口を取り付け

た籠（入り口以外は全て漁業者が使用している籠と同じ）を使用して比較操業実験を行い入り口の導入角度とその長さがホッケの入籠率に与える影響について検討した。また、ホッケの資源保護の立場から籠に脱出口を取り付けて実験を行い、脱出口の大きさと脱出魚の体高との関係を求めた。さらに、海底上に設置された籠の潮流に対する安定性についても検討したものである。

特に審査員一同が高く評価した点は以下の通りである。

1) 籠の入り口の長さを一定とし導入角度を 0° , 20° , 34° , 45° , 53° の入り口モデル 5 個と、入り口高さを一定とし長さを 1 cm, 8 cm, 15 cm, 22 cm, 29 cm の入り口モデル 5 個を屋外水槽内に正五角形に組んで配置して入り口モデルに対する魚の行動を観察し、導入角度を 27° 前後、入り口の長さを 8 cm 程度とすればホッケの入り口通過率が大きくなることを見出した点。

2) 上記の実験結果から、導入角度を 46° , 27° , 0° とした試験籠（他は全て漁業者が使用している籠と同じ）と、入り口の長さを 8 cm とした試験籠それぞれ 5 個合計 20 個を製作し、松前町茂草沖で漁業者の籠（導入角度 37° , 入り口長さ 22 cm）を 1 つ置きに試験籠と付け替えて比較操業実験を 5 回行なった。その結果、1 籠当たりの平均漁獲尾数は導入角度 27° の試験籠が導入角度 37° の漁業者が使用している籠よりも多く、また入り口長さが 8 cm の試験籠の方が漁業者が使用している入り口長さ 22 cm の籠より 1 籠当たりの平均漁獲尾数は多くなることを見出した点。

3) また、ホッケの資源保護の立場から籠に脱出口を取り付けて室内実験を行い、ホッケの脱出行動を観察し、脱出口の大きさと脱出魚の体高 $B_d(\text{mm})$ との関係性を求めた。その結果、脱出できなかった脱出口のうちで最も大きな脱出口の直径とそのホッケの体高との差 $D_2(\text{mm})$ との間に、 $D_2 = 0.194B_d - 4.07$ なる関係式を求め、この式を適用して、出荷最小体重 400 g 以下のホッケを獲らないための脱出口の大きさを 50.7 mm と算出した点。

4) さらに、海底上に設置された籠の潮流に対する安定性について検討するために、現在漁業者が使用している円錐台形の籠の抗力と、籠と砂地および岩盤に見立てたコンクリート板との摩擦力を測定し、籠が転倒し始める流速は滑動し始める流速より大きく、籠は転倒する前に滑動し転倒する可能性は少ないことを指摘した点。

以上の成果は、北海道松前郡松前町で使用されているホッケ籠の最適設計をする上で重要な基礎的知見を得たものと高く評価できる。よって、審査員一同は本論文が博士（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。