

Fundamental Studies on Size-selective Bycatch Reduction Devices in Finfish Trawls

(魚類を対象としたトロール網の混獲防止装置に関する基礎的研究)

学位論文内容の要旨

漁業の持続性の実現において混獲防止は重要な技術的課題であり、混獲防止装置(BRD, Bycatch Reduction Devices)の開発・利用は世界的関心事となっている。混獲防止装置は、魚種選択とサイズ選択の機能の違いにより大別される。特に、サイズ選択は未成魚の混獲を防止する上で重要な機能である。効果的な装置を開発するためには、実際の操業時と同条件下でのこうした装置に対する魚の反応行動に関する情報が必要であるが、実操業における詳細な魚の行動観測は困難である。そこで、本研究ではトロール曳網中の状態をシミュレートできる水槽装置を考案し、通常の変目網と魚の脱出に有効とされる角目網、さらに、グリッドを対象として実験を行い、これらの結果を基に未成魚等の小型魚類に対する適切な混獲防止装置の設計を提案することを目的とした。

1. 小型魚の網内からの脱出における曳網速度、照度、網目形状の影響

考案した水槽装置は、直径 2.6m の円形水槽において金属枠で構成されたかご網を回転移動できるようにしたものである。なお、かご網の駆動には速度可変型モーターを用いた。かご網は網地パネルで構成され、実験により網地の仕様を変更できるようにした。この装置を用いて、トロールで通常利用される変目網と角目網に対する魚の脱出行動を観測した。本実験では、供試魚としてウグイ *Tribolodon hakonensis* (平均体長 13cm) を用いた。かご網の移動速度 (以下、曳網速度とする) は 30, 60, 90, 110 cm/s の 4 段階とした。1 回の試行において照度を 0.003 lx 以下 (測定限界), 0.2, 2.0, 6.0, 23lx の 5 段階に変化させ、赤外カメラにより魚の行動を観察記録した。なお、かご網の試験部パネルを交換 (変目と角目) して実験を繰り返した。実験の結果、曳網速度の増加により魚のかご網からの脱出頻度は有意に減少した。また、照度の増加によって、脱出頻度は有意に増加した。ただし、変目と角目に関する結果には有意な差は認められなかった。

2. 角目網とグリッドの設置位置が脱出行動に与える影響

供試魚としてヤマメ *Oncorhynchus masou maso* (平均体長 13cm) を用い、明暗条件下 (0.003 lx 以下, 26 lx) における角目網とグリッドに対する魚の脱出行動の比較を行った。また、網地パネルの設置位置をかご網の底部、前方部、後方部の 3 種類とし、各結果の比較も行った。実験時の曳網速度を 50, 80 cm/s の 2 段階とした。明条件下では、角目網の場合、脱出頻度はパネルの設置位置がかご網底部、後方部、前方部の順に増加した。一方、グリッドでは、設置位置に関わらず脱出頻度は高かった。暗条件下では、供試魚は能動的な行動を示さなかった。この傾向は、角目網、グリッドそれぞれにおいて同様であったが、特に、角目網において曳網速度が速い場合 (80 cm/s)、かご網底部、後方部から脱出した個体は皆無であった。ただし、後方部に設置した場合は、脱出割合は増加した (13%)。一方、グリッドの場合では、脱出頻度は明条件に比べて減少したものの、設置位置や曳網速度に関わらずその値は 40% 以上と角目網に比べて高い値を示した。なお、設置位置が後方の場合では、67% (50cm/s)、87% (80cm/s) であり、後方部で脱出頻度が高くなる傾向は角目網の場合と同様であった。

3. 接近するグリッドに対する魚の反応行動

同装置においてかご網に代えてグリッドを設置したフレームを装着し、暗条件下において、水槽内に放流された魚 (ヤマメ、平均体長 14cm) のフレームに対する行動を観察記録した。また、グリッドについては、格子間隔の同じ 2 枚のグリッドパネルを立体的に重ねた構造を新たに考案し、通常のグリッドと比較した。なお、同グリッドの断面がジグザグ形状であるため、以降これをジグザグ型、通常のグリッドをシングル型とする。水槽内の供試魚尾数を 3 段階とした (密度 5, 10, 20 尾/m³)。曳網速度は 30, 50, 70 cm/s の 3 段階とし、照度は 0.003 lx 以下, 26 lx の 2 段階とし、各条件において曳網時間を 5 分間とした。明条件下では、供試魚はフレームを避け、まったくフレーム内には入らなかったが、暗条件下では、魚はフレームの接近に気づかずフレームやその間隙で驚いて反応する傾向が見られた。フレームに入った個体数に対するグリッドを通過した個体数の割合は曳網速度にともない増加した。この割合は、シングル型では 20 尾/m³ の場合で 15.5% であったが、ジグザグ型では 39.4% と大幅に増加した。これは、ジグザグ型の場合、グリッドの前面における格子間隔がシングル型よりも広いためと考えられた。また、グリッドの位置をフレーム上面と底部で比較した場合、底部の方がより通過割合が増加した。この原因は、ヤマメの障害物からの逃避が底面方向に向かう性質があるためと推察された。

4. 魚類を対象とした着底トロール網における混獲防止装置の考案

着底トロール網を対象としたグリッド型の混獲防止装置の設計を行った。なお、グリッド部に新たに考案したジグザグ型を導入した。この設計に基づき、縮尺比を 1/10 としてグリッドを装着したコッドエンド部の部分模型を製作した。グリ

ツドの装着位置はこれまでの実験結果を踏まえて網の下部とし、小型魚類が後方から通過して網外へ脱出できる構造とした。回流水槽において、流速を 60cm/s として、網の形状を水槽観測部から撮影するとともに、水中カメラにより網内部を撮影し、水中での形状を確認した。コッドエンド全体にわたり、混獲防止装置の装着による歪みは見られず、網の形状は適切に維持されていた。このことから、装置の装着によって過剰な抵抗の発生は生じていないことが推測された。

本研究の結論を以下に要約する。

1. 魚のコッドエンドからの能動的脱出や接近する網に対する姿勢の保持は視覚に大きく依存しているが、暗条件下での受動的脱出は、曳網速度、網目の形状、網地パネルの位置に大きく影響される。
2. 現在、魚類を対象としたトロールにおいて利用されている角目網パネルは、暗条件、速い曳網速度といった実際の作業環境においては、サイズ選択型の混獲防止装置として必ずしも効果的ではない。
3. 魚類を対象としたトロールにおいて、グリッドは角目網パネルよりも効果的な混獲防止装置と考えられる。ただし、グリッドの利用においては、その設計のみならず装着位置の決定においても、対象とする魚種の行動の性質を十分考慮すべきである。現在のトロール網における混獲防止装置では、魚を上方へ脱出させる設計が多いが、底性魚類の場合、反応行動により下方に遊泳する場が多いことが報告されており、さらに、本研究の結果にしたがえば、むしろ底面に脱出させる設計が適切と考えられる。
4. 新たに考案したジグザグ型グリッドは通常のシングル方に比べて、より魚の網内からの脱出を容易にする効果的な装置である。これは、シングル型に比べて前面グリッド部の格子間隔が広いためと考えられたが、これについては、さらにグリッド通過時の魚の行動を詳細に解析し、明らかにする必要がある。
5. 本研究において設計した着底トロール網用の混獲防止装置は、その装着において網形状に歪みを与えることなく、実用上問題なく扱えるものと考えられる。
6. 本研究で使用した水槽装置ならびに実験法は、小型魚の網内からの脱出行動を詳細に調べる上で有効であり、今後の魚類に対する混獲防止装置の設計に貢献するものと考えられる。

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 助 教 授 清 水 晋
副 査 助 教 授 藤 森 康 澄

学 位 論 文 題 名

Fundamental Studies on Size-selective Bycatch Reduction Devices in Finfish Trawls

(魚類を対象としたトロール網の混獲防止装置に関する基礎的研究)

漁業の持続性の実現において混獲防止は重要な技術的課題であり、混獲防止装置(BRD, Bycatch Reduction Devices)の開発・利用は世界的関心事となっている。混獲防止装置は、魚種選択とサイズ選択の機能の違いにより大別される。特に、サイズ選択は未成魚の混獲を防止する上で重要な機能である。効果的な装置を開発するためには、実際の操業時と同条件下でのこうした装置に対する魚の反応行動に関する情報が必要であるが、実操業における詳細な魚の行動観測は困難である。そこで、本研究ではトロール曳網中の状態をシミュレートできる水槽装置を考案し、通常のアメダイ網と魚の脱出に有効とされる角目網、さらに、グリッドを対象として実験を行い、これらの結果を基に未成魚等の小型魚類に対する適切な混獲防止装置の設計について提案を行った。得られた知見は以下のとおりである。

1. トロール曳網中の状態をシミュレートできる行動観察・計測用の水槽装置を考案・製作した。
2. 魚のコッドエンドからの能動的脱出や接近する網に対する姿勢の保持は視覚に大きく依存しているが、暗条件下での受動的脱出は、曳網速度、網目の形状、網地パネルの位置に大きく影響されることを明らかにした。
3. アメダイ網と角目網に対する魚の脱出行動を観測し、曳網速度の増加や照度の増加により魚のかご網からの脱出頻度は有意に増加することを示した。ただし、アメダイと角目に関する結果には有意な差は認められなかった。このことから、現在、魚類を対象としたトロールにおいて利用されている角目網パネルは、暗条件、速い曳網速度といった実際の操業環境においては、サイズ選択型の混獲防止装置として必ずしも効果的ではないことを明らかにした。
4. 網地パネルの設置位置をかご網の底部、前方部、後方部の3種類に変えて、角目網とグリッド

に対する魚の脱出行動の比較を行った。明条件下では、角目網の場合、脱出頻度はパネルの設置位置がかご網底部、後方部、前方部の順に増加した。一方、グリッドでは、設置位置に関わらず脱出頻度は高かった。暗条件下では、グリッドでの脱出頻度は明条件下に比べて減少したものの、設置位置や曳網速度に関わらずその値は40%以上と角目網に比べて高い値を示した。なお、設置位置が後方の場合では脱出頻度は87%(80cm/s)となり、特に後方部で脱出頻度が高くなる傾向が認められた。このことから、トロール網における混獲防止装置の装着位置について、網の底面後方側から脱出させる設計が適切であることを示した。

5. 新たに2枚の格子板により構成される立体的構造のグリッド(ジグザグ型)を考案し、通常のグリッド(シングル型)との比較を行った。この結果、魚のグリッドに対する通過割合は、水槽内の魚の密度が20尾/m³の場合において、ジグザグ型で39.4%、シングル型で15.5%であり、混獲防止装置としてジグザグ型グリッドが有効であることを示した。
6. 着底トロールを対象として、グリッド部に新たに考案したジグザグ型を導入した混獲防止装置の設計を提案した。なお、グリッドを底面側に導入し、小型魚類が底面後方から通過して網外へ脱出できる構造とした。この設計に基づき、縮尺比を1/10としてコッドエンド部の部分模型を製作し、回流水槽における模型実験により、同装置が網形状に歪みを与えることなく実用上問題なく扱えるものであることを示した。

以上の成果では、海上実験では正確に評価することのできなかつた混獲防止装置の構造と魚の反応行動との関係が明らかにされているとともに、その成果を通して新しい混獲防止装置の構造・設計が提案されており、今後の混獲防止に関する技術研究の進展に大きく寄与するものとして高く評価できる。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。