

学 位 論 文 題 名

FMT (Framed Midwater Trawl) の 採集特性と流れの影響

学位論文内容の要旨

現在、資源管理、海洋動態の解析、および海洋生物の生態学的調査などの目的から、採集具を用いた調査は海洋において広く行なわれている。

フレームトロール（以下、FMT）は、マイクロネクトンを対象として開発された採集具の1つである。FMTに関する研究は、板谷（2002）が、その操作性とマイクロネクトンの定量採集法に関して報告し、米澤（2006）は運用性に関して船を含むモデルの構築を行なった。板谷はその研究の中で、FMTの採集効率の変動には網前方の流れの状態変化が影響していることを示唆している。また、採集量と採集具近傍の流れを関連付けた研究はほとんど行われていない。

そこで、本研究では、現在使用されている FMT について、網前方から網内を含めた近傍の流れの状態を明らかにし、これらが生物の採集に与える影響を検討するとともに、こうした影響を軽減する FMT の構造について考察することを目的とする。

1. FMT の採集過程と流れの影響

入網過程における網口前方の流れの影響 初めに、FMT の曳網速度がツノナシオキアミの採集に与える影響を調べる目的から、モデルによる入網率の推定と実網による採集試験を行った。使用したモデルは FMT の網口形状に合わせて拡張した Barkley のモデル（以下、モデル 1）とこのモデルを基にした確率モデル（以下、モデル 2）によるシミュレーションの 2 通りを用いた。モデルに使用した FMT は網口が 2×2 m であり、曳網速度は $0.5 \sim 2.5$ m/s の範囲である。対象としたツノナシオキアミの回避速度は $0.3 \sim 1.0$ m/s、反応距離は $0.1 \sim 5.0$ m とした。モデル 1 では、生物の網からの回避は最短経路をとるように設定されており、モデル 2 では網の前方のランダムな方向へ回避するように設定した。採集試験は、北海道大

学所有の練習船うしお丸により行い、曳網速度を2~4 ktとし、夜間の反復採集を行なった。

これらの結果から、モデル1では曳網速度が1.0 m/s程度までは急激に入網率が増加し、その後増加傾向が緩やかになり、モデル2においては、1.0 m/s以降ではさらに緩やかな増加傾向であった。採集試験においても、採集量は曳網速度の変化によって大きく変化せず、モデル2による傾向と同様な結果を示した。このことから、モデル2における生物回避の仮定は、実際のツノナシオキアミの回避の状態とある程度一致していると考えられた。

次に、FMTの前方から近傍の流れの状態を調べるため、トレーサ注入法と表面タフト法による可視化実験と、模型網と実網による網近傍の流速を測定した。可視化実験の結果、網口を通過する流れにおいて網口枠付近では、網口枠を避けて網外側に迂回する流れが生じていた。また、流速の測定結果から、網口前方および網口面の流速が減少する事が示された。

実際の採集において、ツノナシオキアミの採集量には曳網速度の変化による顕著な影響はみられず、こうした網近傍の流れの影響は小さいものと考えられる。本研究で対象としたFMTの場合、ツノナシオキアミに対しては1.0 m/s以上の曳網速度において入網率は変化せず、定量的な採集が行えることが確認された。

網目逸脱過程における網内の流れの影響 FMTの網内の流れがツノナシオキアミの網目逸脱に与える影響を調べるため、実網によるポケットネット試験、模型網による可視化実験そして模型網と実網による流速測定を行った。ポケットネット試験は、曳網速度を3 ktとし、夜間に行なった。

この結果、FMTの身網の部位別の網目通過頻度は、身網1/3前方側で多くなる特徴的な傾向がみられた。また、可視化実験において、網口を通過したコッドエンド付近では水が滞留している事や網口枠の後方では乱流を生じている事が確認された。模型実験において、網内での曳網方向の流速はコッドエンド付近を除き減少し、実網実験においても同様な傾向が確認された。

これらのことから、網目からの水の流出量は網内の部位によって異なる事がわかった。本研究での採集試験はツノナシオキアミの視覚反応が生じにくい夜間に行なっており、対象としたツノナシオキアミの低い遊泳能力から網内での

逃避行動が能動的な網目逸脱とは考えられないため、ツノナシオキアミは網内の流れに沿って、網目を通過していると推測できる。

2.FMTの網構成に関する提案

遊泳速度の低いマイクロネクトンは、網近傍の水塊とともに採集されている事が示唆された。すなわち、遊泳能力の低いマイクロネクトンを定量的に採集するためには、網近傍の流速や流向の変化が少ない採集具が理想的である。このことから、筒網と網口枠の形状に着目し、模型実験により流れの歪みの少ない FMT の網構成を検討した。FMT の模型網は、フルード側に従い 1/5 のものを製作した。模型網地は実網と同様のテトロン製ラッセル網とナイロン製モジ網を使用した。改良に使用した筒網の長さは 20 と 40 cm であり、網口枠には 8, 16 そして 30 cm の幅を持つ平板枠を用いた。

この結果、平板枠や筒網の利用により網口や網口前方の流れを整えることができた。特に、8 cm の幅を持つ平板枠と 20 cm の筒網を装着した網構成が、網口前方や網口の流れの変化を小さくし、流速分布形状が極端な凸型から緩やかな均一な分布となり、理想的な条件に近づく結果となった。この枠の実網換算での枠幅は 40 cm 程度であり、筒網長さも 100 cm であることから、実操業において使用できる容易な改善法だと考えられる。

ナイロン製モジ網の FMT と比較して、テトロン製ラッセル網の FMT は、網内の位置により流速の低下が大きくなった。魚類が対象の場合、網内の過度な流速低下はその逃避を促す可能性があるため、身網網地に網目形状がより変化しにくいナイロンモジ網を用いる方が好ましいと考えられる。

3.FMTの採集特性

本研究で対象としたツノナシオキアミは、従来の調査においては網口口径 60 cm 程度のプランクトンネットで採集される場合が多く、その網規模と回避能力の関係により定量的な採集は困難と考えられてきた。しかしながら、本研究の結果から、 2×2 m の網口の FMT の通常の 1.0 m/s 以上の曳網速度の範囲では、確率モデル、実網試験のいずれにおいても採集量に曳網速度の変化による大きな変化は見られず、懸念された流速にともなう網口枠近傍の流れの状態変化の影響も認められなかった。これは、ツノナシオキアミの回避行動が FMT の採集性能に影響を与えないほど小さかったためと思われる。このことから、動物プランク

トンに類する生物に対しては、曳網速度が 1.0 m/s を超す範囲において、定量的な採集が可能であると考えられる。しかし、ツノナシオキアミに比べてより遊泳能力が高く、感覚器官の発達した魚類の場合、小型であっても本研究で示した網近傍での流れの影響を無視することができないであろう。採集において定量性を確保するためには、対象とする生物の遊泳能力や流れの影響を考慮し、曳網条件と採集性能の関係を明らかにしておく必要がある。こうした作業の結果、定量性が保証された精度の高い採集データが得られ、資源調査研究の発展に大きく寄与することができる。

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

FMT (Framed Midwater Trawl) の 採集特性と流れの影響

FMT は、マイクロネクトンを対象として開発された定量採集を目的とする採集具であり、スケトウダラや餌生物であるオキアミ等の採集に使用されている。定量採集を行うにあたっては、採集効率が変化すると定量性が保証されなくなる。FMT の採集効率が変化する要因の 1 つに網口前方の流れの状態に影響を受けることが示唆されている。しかし、FMT 近傍の流れの状態に着目して、採集量や採集効率への影響に関係した研究はほとんど行われていない。本研究は、現在使用されている FMT について、網近傍の流れの状態を明らかにし、この流れの状態が生物の採集に与える影響を検討するとともに、こうした影響を軽減する FMT の構造について提案したものである。得られた成果を以下に示す。

1. 曳網速度の異なる採集試験を行った結果、夜間には、ツノナシオキアミの採集量は曳網速度 1.0m/s 以上の曳網条件において大きく変化しないことを明らかにした。
2. 採集試験結果とモンテカルロ・シミュレーションにより推定された採集量の比較により、ツノナシオキアミの夜間の回避行動はランダムな方向へ逃げることを示唆した。
3. ツノナシオキアミの FMT の身網の網目通過頻度は、部位により異なり、身網前部 1/3 の部分に集中している特徴的な傾向が確認された。
4. FMT (2×2 m) において船速 2 kt 以上の夜間曳網を行う場合、ツノナシオキアミの定量的な採集が可能なことを明らかにした。
5. 網口枠近傍での、網口枠を避けて迂回する流れやコッドエンド付近に生じる流れの滞留を可視化実験において明らかにした。

6. 網口断面の流速分布を測定し、網口中央部で 15 パーセントほどの流速低下が生じていることを示した。
7. 網口枠と筒網を利用した網構成により、模型網における FMT の網口や網口前方の流れを整えることが可能であることを示した。

以上の成果は、FMT の定量採集特性を明らかにしたものであり、現在の FMT の仕様における定量採集条件を示している。さらに、対象生物の逃避行動、遊泳能力により採集効率が大きく変わる条件を明示し、網近傍の流れの状態を明らかにしたことは、FMT の採集性能の向上と資源調査結果の精度向上に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。