



|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 音響的手法を用いた仔稚魚及び動物プランクトンを対象とした曳網採集具の採集効率の推定に関する研究<br>[全文の要約]  |
| Author(s)        | 呂, 振  |
| Citation         | 北海道大学. 博士(水産科学) 甲第13533号  |
| Issue Date       | 2019-03-25  |
| Doc URL          | <a href="http://hdl.handle.net/2115/74246">http://hdl.handle.net/2115/74246</a>   |
| Type             | theses (doctoral - abstract of entire text)   |
| Note             | この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。  |
| Note(URL)        | <a href="https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/">https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/</a> |
| File Information | Zhen_Lu_summary.pdf   |



[Instructions for use](#)

# 主論文の要約

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名： 呂 振

## 学位論文題目

音響的手法を用いた仔稚魚及び動物プランクトンを対象とした  
曳網採集具の採集効率の推定に関する研究

### 【目的】

水産資源を適切に管理していくためには、プランクトンから大型魚類まで幅広いサイズの生物を定量的に評価する必要がある。これらの生物を定量採集するためには、そのサイズに応じて異なる採集技術を用いる必要がある。その中で、次期加入量として重要な仔稚魚や多くの魚類の餌生物である動物プランクトンに関して、定量採集技術の確立が急務となっている。採集具の定量性を示す指標として、採集具前方に存在する生物のうち何割を採集することができるかを表す採集効率があり、定量採集を行うためには、対象生物ごとに使用する採集具の採集効率が把握されていることが好ましい。しかしながら、これまでに仔稚魚や動物プランクトンを対象とした採集具について、その採集効率を推定した研究はほとんどない。

採集効率は、濾水率、入網率、および網内残存率の積で表される。しかし、入網率を求めるために必要な曳網採集具の前方に存在する生物の量は一般には未知であることから、採集効率を単純に求めることはできない。一方、計量魚群探知機（計量魚探機）を用いた音響資源調査では、対象生物に忌避されることなくその生物量を推定することが可能である。したがって、音響情報により推定した生物密度が現場の生物密度を表すとすれば、その値と採集結果から得られる生物密度の比が採集効率となる。そこで本研究では、仔稚魚や動物プランクトンの採集に用いられる曳網採集具の採集効率を、計量魚探機による音響情報を利用して推定する方法を提案する。

### 【方法】

まず、稚魚を対象としたフレーム型中層トロール（Framed Midwater Trawl, FMT）について、音響情報と採集結果から採集効率を導く方法を提案した。次に、採集効率に影響を与える要素の検証を行った。さらにこの方法を用いて、動物プランクトンの採集に用いら

れるプランクトンネットの採集効率の推定を試みた。これらの結果から、本研究で提案する方法の有効性を検証した。

### ① 曳網実験

**採集具と曳網方法** 北海道大学附属練習船うしお丸 (179 トン) を用いて実験を行った。使用した FMT の網口は 2 m×2 m の正方形であり、網地は脚長 1.5 mm のナイロンモジ網 (黒色)、身網の長さは 7.75 m であった。曳網方法は水平曳きとし、対水船速 3 kt で曳網を行い、スケトウダラ稚魚や動物プランクトンの採集を行った。さらに、口径 80 cm のリングネット (網地脚長 0.5 mm) を用いて、約 1 m/s の垂直曳網で動物プランクトンの採集を行った。この時、各曳網の濾水量を算出するため、FMT の網口上部とリングネットの網口に濾水計 (RIGO 社製) と曳網深度を知るための深度計をそれぞれ取り付けた。

**スケトウダラ稚魚を対象とした実験** スケトウダラ稚魚を対象とした FMT による曳網実験を、2013 年 6 月に臼尻沖、2014 年 6 月に室蘭沖、および 2015 年 4~6 月に鹿部沖と室蘭沖西部で、計 17 回行った。さらに、採集効率に影響を与える採集条件を検討するために、網地色や曳網速度を変えて実験を行った。網地色別採集実験では黒色と青白色の網地を用いて、昼夜間で計 42 回の曳網を行った。また曳網速度別採集実験は、黒色網地のみを用いて、夜間に対水船速 2 kt, 3 kt, 4 kt で計 12 回、昼間に 4 kt で計 3 回行った。

**動物プランクトンを対象とした実験** 動物プランクトンの種別の採集効率を推定するため、噴火湾湾口外部の水深 300 m の海域で、FMT で計 20 回、リングネットで計 18 回の曳網実験を行った。

### ② 音響データの収録と解析

うしお丸に搭載された計量魚探機 EK60 (SIMRAD, Kongsberg, Norway) を用いて、周波数 38, 120, 200 kHz の音響データを収録した。音響データの処理には、水中音響データ処理ソフトウェア Echoview 4.0 (Myriax, Australia) を用いた。深度計から得られた FMT の曳網深度を確認し、曳網深度を含む 4 m の幅で、曳網範囲内の平均体積後方散乱係数 ( $S_v$ ) を算出した。リングネットについては、深度計から得られた曳網深度と曳網時間からなる矩形範囲内の平均  $S_v$  を算出した。音響情報により推定される生物密度  $\rho$  は、これらの  $S_v$  を後方散乱断面積  $\sigma_{bs}$  で除することにより推定できる。ここでスケトウダラ稚魚の  $\sigma_{bs}$  は、貞安 (2005) が尾叉長 100 mm 以下のスケトウダラ稚魚について求めた平均  $\sigma_{bs}$  と尾叉長の関係式を使って推定した。オキアミ類やカイアシ類などの動物プランクトンの  $\sigma_{bs}$  は、Distorted-Wave Born Approximation (DWBA) 変形円筒モデルを用いて計算した。

### ③ 音響情報による採集効率の推定

対象生物が単一種である場合、音響情報により推定された生物密度  $\rho_{Ac}$  と採集具により採集された生物密度  $\rho_{Tr}$  の比を用いて採集効率  $q$  を推定することができる。対象生物が複数種あるいは複数体長階級のとき、計量魚探機で推定される採集具前方の  $S_v$  は、各生物 (各体

長階級) の  $\sigma_{bs}$  と  $\rho_{Ac}$  との積和で表される。そこで、多数回の採集実験を行い、計量魚探機で測定した平均  $S_v$  を目的変数、採集生物密度  $\rho_{Tr}$  と各生物の  $\sigma_{bs}$  の積を説明変数とした重回帰モデルを作り、採集効率の逆数となる偏回帰係数を重回帰分析により推定し、種別、体長別に採集効率を推定する方法を考案した。

## 【結果と考察】

### ① スケトウダラ稚魚を対象とした FMT の採集効率

尾叉長 10~70 mm のスケトウダラ稚魚が採集され、FMT の採集効率は 0.99~0.08 であった。曳網回ごとに求めた採集効率と体長階級別に求めた採集効率のいずれにおいても、体長の増加に伴い採集効率が低下する傾向が確認された。この原因は、スケトウダラ稚魚の体長増加に伴う遊泳能力と視認能力の向上によるものと考えられた。そこで、この採集効率からスケトウダラ稚魚の反応距離を試算したところ、2.7~10.2 m となり、体長の増加に伴い反応距離が大きくなり、先行研究の結果とほぼ一致した。

### ② 採集条件が曳網採集具の採集効率に与える影響

曳網時間帯、網地色、曳網速度によって採集効率は変化した。時間帯では夜間、網地色は黒色、曳網速度は速いほど採集効率が高くなる結果となった。これは、現場の光条件がスケトウダラ稚魚の視覚に影響していることを示唆している。背景色と採集具の網地とのコントラストが採集具の視認に大きく影響していると考えられることから、今後、現場の光強度やスペクトル分布などの光条件を測定し、採集への影響を定量的に調べる必要があると考えられた。

### ③ 音響的手法を用いたプランクトンネットの採集効率の推定

リングネットと FMT の採集効率を生物種別に推定し比較した。小型オキアミ類 (体長 13 mm 未満) とカイアシ類については、リングネットの採集効率が FMT の採集効率より大きくなった。この理由は FMT に用いた網地脚長が 1.5 mm と大きく、サイズの小さい動物プランクトンが網目から逸脱したためと考えられた。一方、大型オキアミ類 (体長 13 mm 以上) については、リングネットの採集効率が FMT の採集効率より小さくなった。この理由はリングネットの口径 (80 cm) が小さいため、サイズの大きな動物プランクトンが網口逃避したことによると考えられた。これらは、採集効率の要素である入網率と網内残存率の貢献度が採集具の規模、対象生物のサイズや遊泳能力によって異なることを示している。

以上の知見は、異なる曳網採集具間での採集データの標準化に寄与するほか、トロール網を用いた魚類資源調査への応用も可能であり、音響技術とトロール技術を融合した資源調査法の発展に貢献するものと考えられる。