

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 安間 洋樹

本研究では、音響手法によりハダカイワシ科魚類の定量評価を行うことを目的として、理論散乱モデルによりターゲットストレングス(TS)を推定し、TSの周波数特性や計量魚群探知機の設定等、資源量推定への適用にむけた検討を行った。そして、これらの結果を基に、モデルケースとして実海域において音響手法による生物量推定を行った。

1. 鰾の形態観察

14 魚種を対象に、軟X線法を用いて鰾内の気泡の有無、及び形状を観察した。観察の結果、鰾の状態は次の3つに大別された。1)鰾内が気泡で満たされている 2)鰾状の構造は見られるが、著しく萎縮し鰾内に気泡は存在しない 3)鰾状の構造自体が欠如している。気泡を含む鰾を備える魚種においても、魚体の体積に占める鰾体積の割合は最大でも3%以下で、他の有鰾魚類に比べ大幅に低いことが判明した。これらの鰾形態には発育段階による変化が見られた。また、多くの魚種では、鰾が体長と比例して成長しないことが示され、さらにいくつかの魚種では、ある発育段階を境に鰾が退行していくことがわかった。

2. 無鰾魚の魚体の密度比と音速比の測定

鰾観察の結果から音響的に無鰾と判断された3魚種と、気泡が完全に消失した3魚種について、密度比と音速比を測定した。測定に供した6魚種の密度比はアラハダカを除く5魚種では1.003~1.020の範囲内にあり、特に、セッキハダカ属の2種では密度比が低く(1.004)、海水と非常に近い値を示した。一方、アラハダカは他の魚種に比べても高い密度比(1.050)を示した。測定した3魚種全てにおいて、音速比には顕著な温度特性が見られた。各魚種の生息水温を考慮すると、音速比はコヒレハダカで1.032~1.039、オオクチワシでは1.024~1.036であり、一方、アラハダカの音速比は1.012~1.024で、他の2魚種に比べて低い値となった。

3. TSの精密測定による理論モデルの検討

回転楕円体モデル(PSM)もしくは変形円筒形モデル(DCM)を使用し、モデルにより計算したTSパターンと測定実験の結果とを比較することで、両モデルの実用性について検証した。実験は大型水槽内で懸垂法により行い、姿勢角を変化させながら38kHzにおけるTSを測定した。

有鰾魚において鰾形状を気体反射モデルに適用した場合、全ての個体でPSMとDCMによる推定値には2~5dB程度の差が生じていた。測定値はPSMの結果と比較的よく一致していた。有鰾魚においてはPSMの使用が適していると考えられる。一方、無鰾魚では、測定した体長範囲ではPSMとDCMのTSパターンはピーク値の付近で比較的よく一致した。無鰾魚においてはDCMの方がより実用的であると考えられる。

4. 理論モデルによる TS の周波数特性に関する検討

ハダカイワシ類の鰾は非常に小さいため、38~200kHz の範囲内では姿勢による TS の変化は殆ど見られなかった。この周波数範囲内では、全ての個体で基準化 TS(TScm)が-70dB 以下を示し、かなり低いことがわかった。また、魚体と鰾が比例的に成長しないことから、有鰾のハダカイワシ類では TS を体長の 2 乗で一般化できないことがわかった。このため、本研究では体長(log)と各周波数における TS を直線回帰に当てはめることにより、両者の関係を得た。無鰾魚において、姿勢分布で平均化した TS(平均 TS)の TScm と最大 TS の TScm との間には L/λ (L: 体長, λ : 波長)が約 1.5 より大きい領域において最大約 5dB の差が生じていた。平均 TS の TScm は L/λ が約 2 で収束し始めた。その値は全ての魚種で-85~-90dB を示し、他の無鰾魚における多くの報告の範囲内にあることが判明した。

5. 音響調査に基づく生物量推定

ベーリング海アリューシャン海盆南部海域におけるコヒレハダカの音響調査 2002 年冬季に得られた 38kHz の音響データを解析に用いた。マイクロネクトンによる散乱層は昼夜を通して水深 500m 以深における 280~400m の深度層に現れ、調査海域全体に帯状に広がっていた。トロールによる魚種確認では、この反応のほとんどが体長 10cm 前後のコヒレハダカ成魚によるものと判明した。約 44000km² の調査海域における推定バイオマスは 280 万 t、魚群密度は 50~100g/m² と見積もられた。

道東海域におけるトドハダカの音響調査 2000 年冬季に得られた 38kHz の音響データを用いた。日中、トドハダカの魚群は比較的強い反応で構成され、300m 以深の海域に現れた。また、これらは顕著な日周鉛直移動を示した。推定された平均魚群密度は約 35g/m² で、道東陸棚斜面におけるバイオマスは約 7.5 万 t と推定された。

本研究では魚類マイクロネクトンに有効な TS 推定法を示し、日本近海で優占的な魚種の音響反射特性を明らかにすると同時に、現場データの解析例を示した。これらの成果は本科魚類の音響資源評価の実現に向けて重要な知見を与えるものであり、学術上、応用上寄与するところが少なくない。よって、審査員一同は本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。