HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	無鰾魚の音響散乱特性に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	閻, 乃箏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第14183号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/80007
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Naizheng_Yan_review.pdf, 審査の要旨



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：閻　乃箏

	主査　教授	藤　森　康　澄
審査委員	副査　教授	向　井　　徹
	副査　助教	長　谷　川　浩　平

学 位 論 文 題 目

無鰾魚の音響散乱特性に関する研究

近年，音響手法を用いた海洋生物の資源調査は一般的に行われるようになってきた。この手法は資源にダメージを与えることなく調査が出来るため，調査対象魚種の増加が望まれている。魚類を音響的に分類すると，体内に鰾を持つ有鰾魚類とそれを持たない無鰾魚類に分けられる。これは，資源量推定のスケールファクターとして重要なターゲットストレングスの特性によるものである。つまり，音響インピーダンスが海水と異なれば異なるほどその境界で散乱して戻ってくる音波の強さが大きくなり，ターゲットストレングスも大きくなる。魚類で考えると，体内にある鰾はその内部が酸素などの気体であるため，海水や魚肉との音響インピーダンスの差が大きくターゲットストレングスが大きくなる。

これまで，有鰾魚のターゲットストレングスに関する研究は数多くなされ，一般特性も明らかになりつつある。しかし，無鰾魚については有用魚種が少ないこともあり今まであまり研究されておらず，その音響特性はほとんどわかっていない。

そこで本研究は，北海道周辺海域でも多くみられ，資源的にも重要なホッケ，イカナゴ，ソウハチの 3 種の無鰾魚を対象に，ターゲットストレングスの体長依存性，周波数特性などの音響散乱特性について調べ，有鰾魚との特性の違いや他生物との識別の可能性などについて検討し，次の知見を得た。

１．自由遊泳法で測定したホッケとソウハチのターゲットストレングスは，周波数 50 ～ 85 kHz において，周波数が高くなるほど大きくなる傾向が見られた。また，ソウハチのターゲットストレングスは同じ体長のホッケより大きいことがわかった。

２．ターゲットストレングスの平均化に用いる対象魚種の遊泳姿勢角について，海水水槽でビデオカメラにより観察した自由遊泳状態のホッケの遊泳姿勢角分布は，正規分布を仮定した平均値，標準偏差で表現すると N（5.1°，20.7°）であった。ソウハチの遊泳姿

勢角分布は，2 峰性となり，平均 7.9°，標準偏差 24.7°であった。一方，計量魚群探知機で計測した遊泳方向分布は，ホッケについては N（5.8°，22.7°）であり，ソウハチでは 2 峰性で，平均 6.7°，標準偏差 27.9°となった。ホッケとソウハチそれぞれで異なる 2 つの方法による結果に違いが見られなかったため，音響手法による遊泳方向分布を遊泳姿勢角分布とみなしても良いと考えられた。

３．懸垂法により求めた周波数 38 kHz, 45～120 kHz のターゲットストレングスを用いて，個体毎にターゲットストレングスの最大値 TS_{max} や姿勢平均値 TS_{ave} を求め，魚種毎に体長 L（cm），波長 λ（cm）との関係式を求めたところ次のようになった。

ホッケ（$8<L/\lambda<30$）：

$$TS_{max} = 55.4 \log L - 35.4 \log\lambda - 118.0 \quad (R^2= 0.84)$$

$$TS_{ave} = 48.5 \log L - 28.5 \log\lambda - 116.2 \quad (R^2= 0.90)$$

イカナゴ（$4<L/\lambda<11$）：

$$TS_{max} = 16.2 \log L + 3.8 \log\lambda - 73.1 \quad (R^2= 0.46)$$

$$TS_{ave} = 17.1 \log L + 2.9 \log\lambda - 83.2 \quad (R^2= 0.54)$$

ソウハチ（$5<L/\lambda<22$）：

$$TS_{max} = 33.5 \log L - 13.5 \log\lambda - 82.5 \quad (R^2= 0.82)$$

$$TS_{ave} = 29.3 \log L - 9.3 \log\lambda - 85.0 \quad (R^2= 0.77)$$

４．イカナゴのターゲットストレングスの実測値は，魚体を魚肉のみで考えたモデル（DC モデル，DWBA モデル，KRM モデルの魚体のみ）で L/λ が 4～11 の範囲で実測値とよく一致した。ソウハチでは背骨の影響を考えた KRM モデルが実測値とよく一致した（L/λ が 5～22）。一方，ホッケに関しては，L/λ が 8～15 で魚体のみのモデルと一致し，L/λ が 15～30 になると，背骨を考慮した KRM モデルが実測値とよく一致した。従って，無鰾魚のターゲットストレングスでは，L/λ が大きい場合，背骨の影響が顕著になると考えられた。

５．現場において，周波数 38，120，200 kHz を用いて無鰾魚であるソウハチの音響反応を調べたところ，エコーは主に中層にパッチ状に分布していた。また，3 周波数のうちの 2 周波数での差分値で表現する周波数特性は，$SV(120) - SV(38)$ =3.5 dB，$SV(200) - SV(120)$ =1.8 dB，$SV(200) - SV(38)$ =5.2 dB であり，懸垂法による結果から求めたターゲットストレングスの差分値とほぼ一致した。これらの差分値を用いてソウハチの音響判別が可能であることがわかった。

以上の知見は，無鰾魚の音響資源調査あるいは有鰾魚の中に混在する無鰾魚の音響抽出について有益な情報であるばかりではなく，魚類全般の音響散乱特性の解明に多大な貢献をもたらすものである。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。