

2. 音響機器による海洋漁場測定について

西 村 実 (水産庁漁船研究室)

(1) 緒 言

魚群探知機・音響測深機などは漁業の科学化に可成りの貢献を行つてゐることは周知の通りである。しかしながら、海洋・漁場調査並びに計測分野に於ては、その利用は余り行われていないように思う。例えば魚群密度の算定、魚群遊泳層の垂直分布測定を行う方法は従来余りなかつたが、魚群探知機の利用により順次解明されるようになって来た。¹⁾

そこで、これら音響機器を海洋・漁場計測に用いるための基本的な考え方について述べる。

これら音響機器を計測器として利用する方法については便宜上次の4つの方法にわけて考えることができると思う。

第一は魚群探知機などの原理である。海水中の音波の往復時間を測定することにより船から海底或は魚群までの距離を知る測深、測距である。第二は測深と同一の考え方であるが、魚が単位時間内に船との相対距離の変化を測定することにより、魚の速力を求められる。第三は指示器上に記録される超音波のエコーの強弱を測定することにより、魚種、海底質、D.S.L.などの性質を調べる。第四は輻射される超音波ビーム内において得られるエコーの数より、魚の分布密度を知る方法である。

これらに関して今日までに行われた諸研究を参照して、考えてみたい。超音波を搬送波として、海中で得られた情報を伝達する水中テレメーターについては次の機会にゆづる。

(2) 測深ならびに測距

音波の海中における伝播時間を測定することにより、二点間の距離を測定することは古くから行われている。

(a) 測深 船と海底または魚群との距離を連続して測定することにより、海底地形、漁具形状等を知ることが出来る。海図作成、魚礁調査²⁾、魚群探知、延縄調査等³⁾ 広い応用がある。

(b) 水位測定 測深の逆で、海底等より音波を海面にむけて輻射し、水位の変動、波高を測定するものである。^{4) 5)}

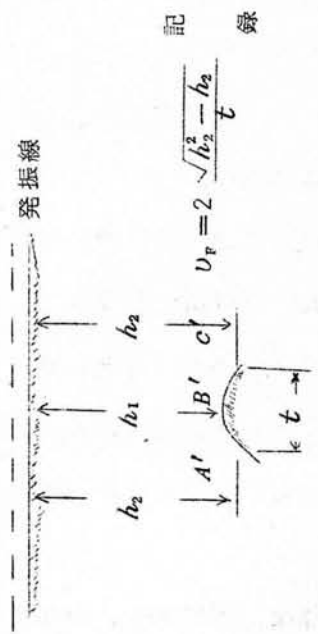
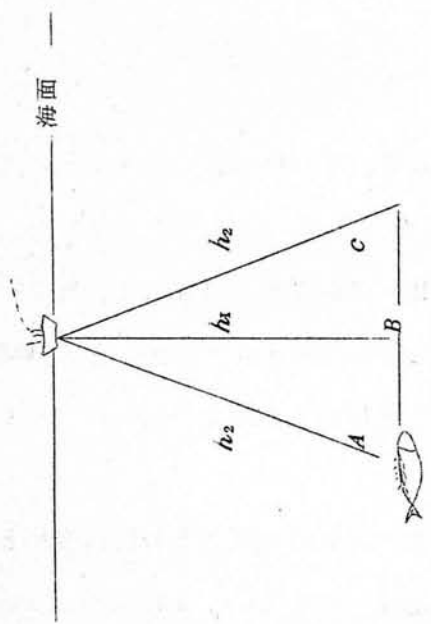
(c) 測距 海中に沈める諸測器に音響装置をとりつけ、測器の深さ或は海底上の距離などを測定するもので、中層曳網の深さ計、或は最近開発されつゝある水中テレビなどに併用される。特に水中TVに於てはカメラと被写体との距離を測定することにより、受像器画面上で被写体の寸法を求めることができる。⁶⁾

(3) 魚群速度の測定

魚群探知機を垂直或は水平方向に用いるいづれの場合にも記録上より魚の遊泳速度を計算によつて求めることができる。

(a) 垂直方向 魚群探知機を垂直方向に用いる場合、一尾の魚は図1Aの如く現れる。今船が停止していて魚が左から右方へ移動するとすれば、超音波ビームのために、A点に魚がいるときは記録上ではA'にそのエコーが h_2 の深さに現れ、B点のときには h_1 の深さのB'点に記録される。従つて魚の速度は

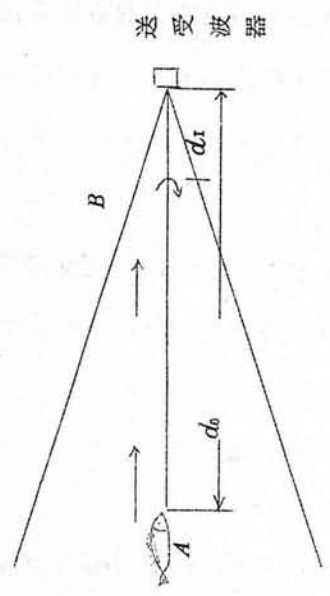
$$v_F = \frac{2 \sqrt{h_2^2 - h_1^2}}{t} \quad (\text{但し } t \text{ は } A \text{ より } C \text{ に魚が移動するための所要時間})$$



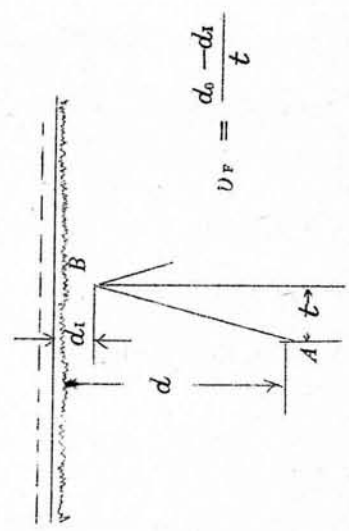
記 録

$$U_F = 2 \sqrt{h_2^2 - h_1^2} / t$$

(A)



送 受 波 器



$$U_F = \frac{d_0 - d_1}{t}$$

(B)

图 1 魚 群 速 度 测 定 原 理

となる。船が進行している場合、船速を u_s とすれば、 u_F の代りに $u_F \pm u_s$ として u_F を求めればよい。実際には船と魚との相対的な移動方向は色々考えられ解析はむづかしいが、送受波器を船の前後に 2 個以上用いるか、船の前後方向と左右方向への送受波器の指向性を異なるようにすれば測定も簡単になる。しかし漁場では停船中に魚がビームを横切り記録されることがしばしばあり、この様にしてマグロの速度を求めると 1~2 Kt 程度である。¹⁾

(b) 水平方向 水平方向に超音波を輻射すれば、魚が送受波器に向うか、送受波器より離れる場合の、単位時間内の移動距離を計算すればよい。

(図 1 B) この場合の速度は

$$u_F = \frac{d_2 - d_1}{t}$$

である。但しこれは魚が指向性主軸上を移動した場合の計算式で、これは速度の下限を求めることになる。網内のクロマグロで 2~2.9 m/Sec という値が得られている。⁷⁾

(4) 魚種の判別

(a) 魚種の判別 魚は図 2 に示した如く、その種類、大きさなどによつて超音波の反射損失が異つている。

魚群の密度が超音波のビームに比べて疎である場合には、魚のエコーは単体として記録される。従つてこの単体のエコーの強さを記録機上に於て測定すれば図 2 の反射損失の値を用いて魚種を推定することも可能である。

魚群探知機に於て、単体に対して、単体の水深とその反射音圧との関係を示したものが図 3 で、反射音圧は $-40 \log_{10} \alpha$ に比例している。

一定の反射損失の魚を探知する場合の音圧レベルは機械によつて求められる。従つて海上に於て記録される魚体の反響余裕値を測定すれば、その魚がどの程度の反射損失を有するかがわかり、大体の魚種、あるいは魚の寸法を推定することができる。

例えば南太平洋のピンチヨウ漁場では図4の記録に示したように、エコーの強さの異なる魚種が混在している。これらの魚の反響余裕値を測定すると、表面附近のエコーは図5の如く反射損失40~60 db 40~80 mの魚の反射損失は15~30 db 位で、表層は小魚、中層はマグロ程度の大きさの魚であることがわかる。このように魚の種類が大体わかるので、それぞれの魚の遊泳深度の日変化を示したものが図6で、漁場の漁獲物の状況から判断して、マグロの深度が日変化することが推定できるわけである。¹⁾

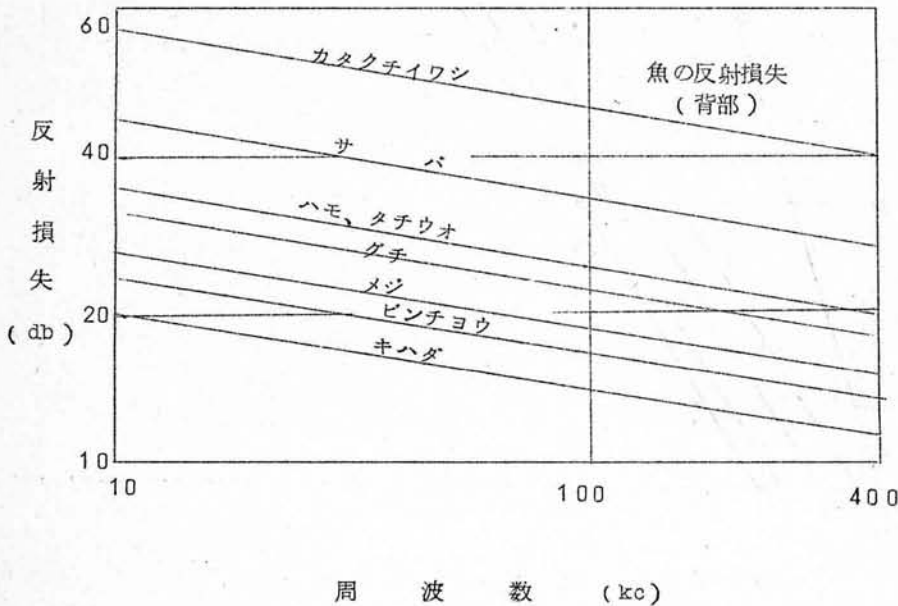


図2 魚体の反射損失

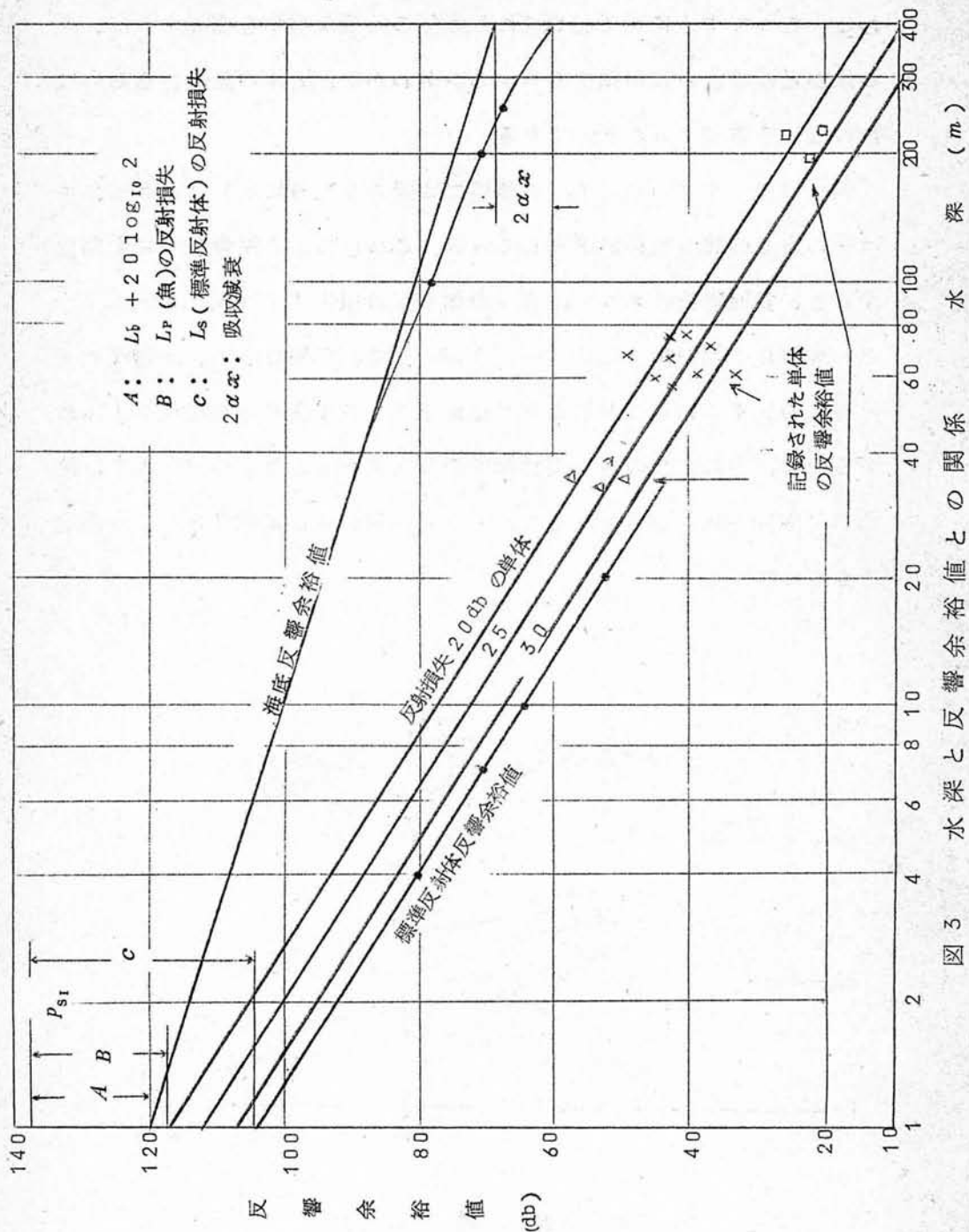


図3 水深と反響余裕値との関係

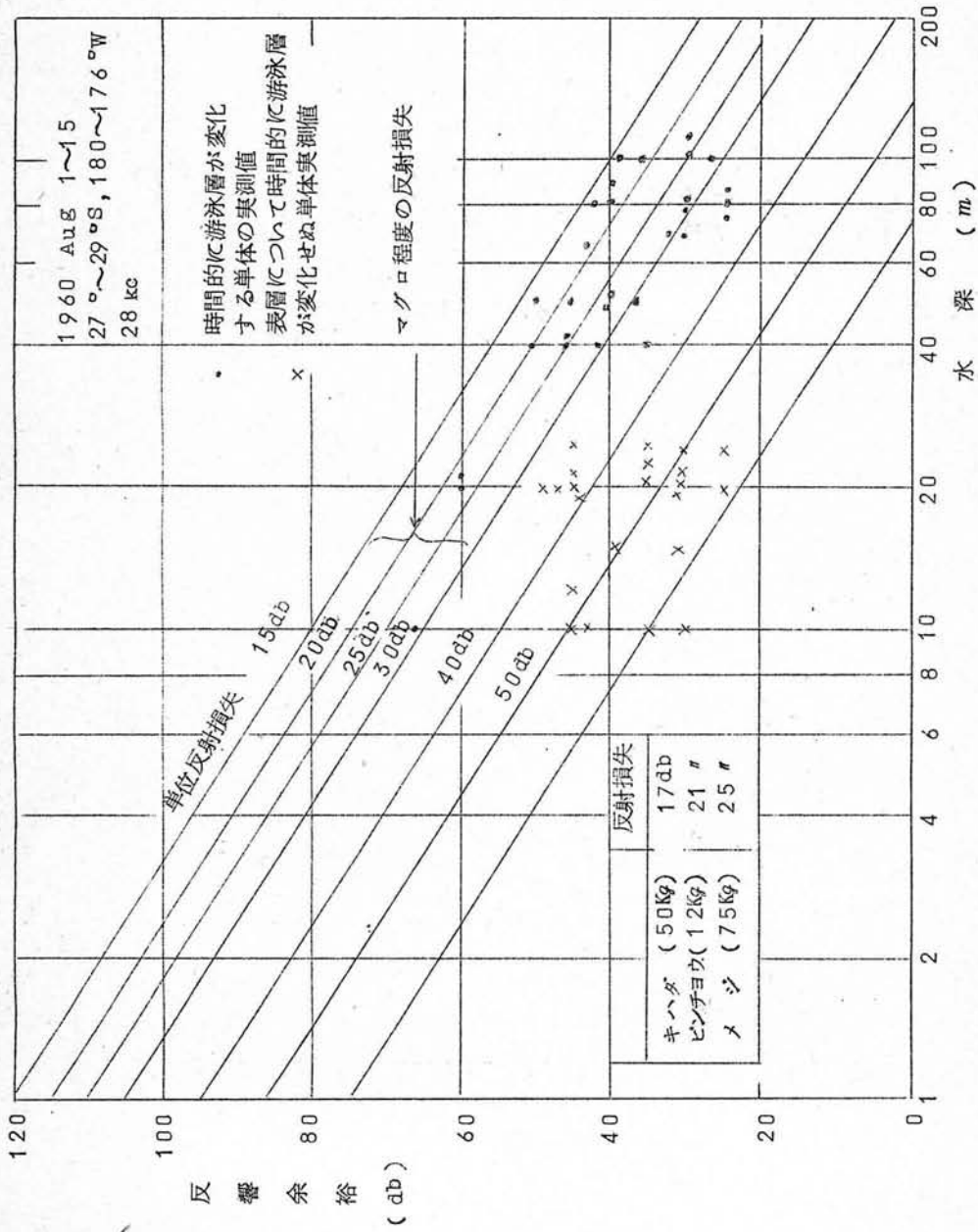


図5 魚種の判別

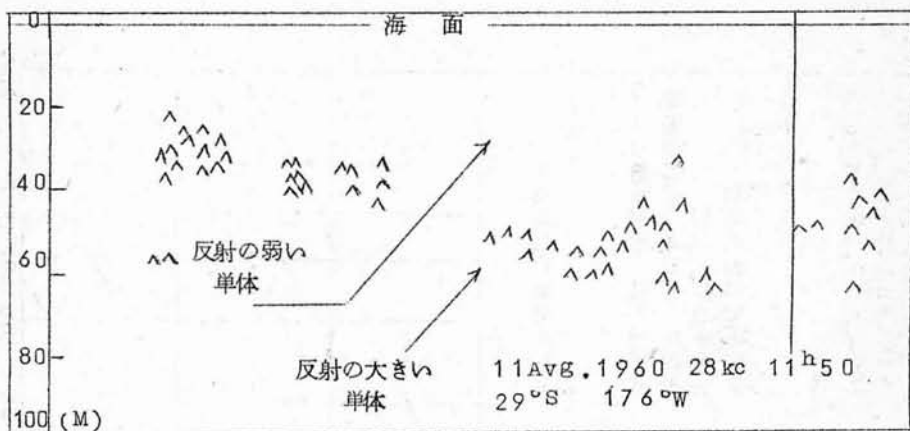


図4 ピンチョウ漁場記録

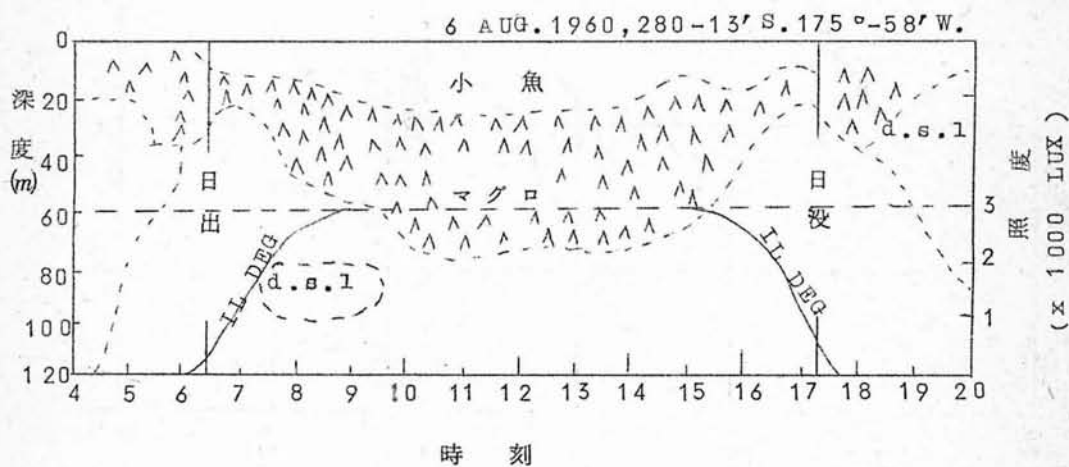


図6 ピンチョウ漁場魚の深度の日変化

(b) *D. S. L.* の判別の可能性

D. S. L. あるいは *S. L.* は、プランクトン、海水の温度変化、密度変化などに起因すると考えられている。特に最近ではこの *D. S. L.* は魚の棲息或は漁獲と密接な関係があるといわれている。

魚探記録上には単純な層状から、複雑な様相の形状を呈するこれら *D. S. L.* 或は *S. L.* が現われる。これらの *D. S. L.* を船上から、プランクトン層であるか、温度躍層であるかを判定することは仲々困難であるが、*D. S. L.* に対する基礎実験があるので、⁸⁾ 将来は多くの海上における測定データを加えることにより判定を下すことも可能になるだろう。

(5) 魚群量の測定

魚群探知機の記録上に現れた像より魚群の分布状況或は魚群の密度を求めることは可能であると考えている。図7はマグロ漁場で得られた記録の一例である。図において上方が群棲する小魚（ハダカイワシと推定される）、下方に三角状に点在するエコーはマグロと思われる。この図でわかるように同一の超音波ビーム巾を有する魚群探知機で測定しても魚群は二通りの現れ方をする。前者は群像、后者は単体像というべきもので、これは超音波ビーム内に於て魚群があたかも超音波ビームを平面の如くカバーする場合と、ビームの中に魚が一乃至数尾しか分布していない場合とが考えられるからである。

(a) 魚群の場合

イワシなどの場合、一般に魚群の密度は濃く、ビームを充分カバーしていると考えられるから、個々のイワシが集つて平面になつてるとみなしてよいであろう。

この場合魚群の密度は求められないが、魚群の長さ或は巾及び深さは求められるから、魚群集団の容積を求めることができる。

しかし濃密な魚群の場合でも、指向性を極端に鋭くし、またパルス巾を短くすれば、単体として記録させうる。

(b) 単体の場合

いま距離関数指向性について考える。或る魚群探知機の指向性主軸方向の魚探能力を α_m とすれば、或る角度方向における魚探能力 α は次式で求められる。⁹⁾

$$\alpha = \alpha_m \sqrt{R_s(\theta) R_r(\theta)}$$

ここで $R_s(\theta)$ 、 $R_r(\theta)$ は送受波器の指向性函数である。送受が同一指向性の場合には

$$\alpha = \alpha_m \cdot R_s(\theta)$$

いまこれを図示するには $\theta = 0$ で最大探知距離に見合うように指向性の極座標曲線を作図すればよい。これを図8に示した。これを別な観点からみれば、等受波音圧曲線を示している。即ちこの曲線上のいづれの点に居る魚からの反射エコーも指示器上で同一のマーzinで記録されるということである（但し魚体の反射には方向性がなく吸収係数 α は無視した。また副極は示さなかつた）。

魚群探知機の送受波器が円板である場合には、音波の一回の発射によつて図8に示された曲線で囲まれた容積内の魚からのエコーが受信される。船が移動する場合には図8のビーム巾を以て掃海するから、単位時間内に現れた単体の数と、ビームの切る海水の容積との比から魚群密度を求めることができる。

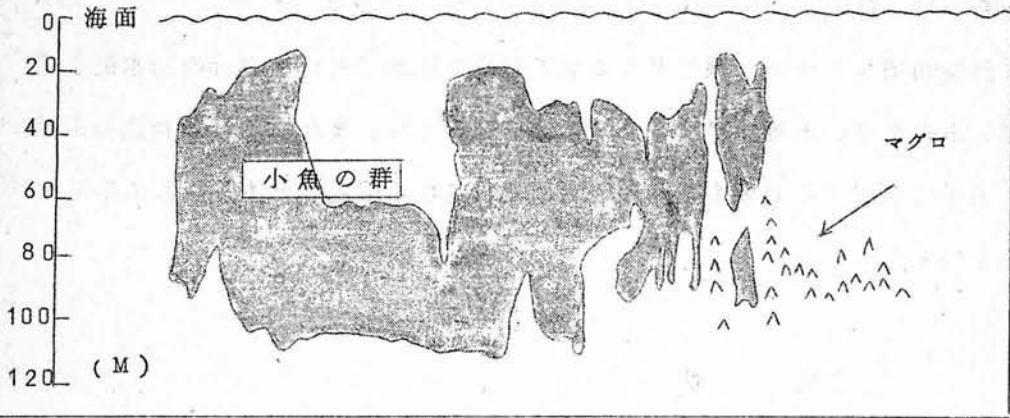


図7 キハダ漁場記録

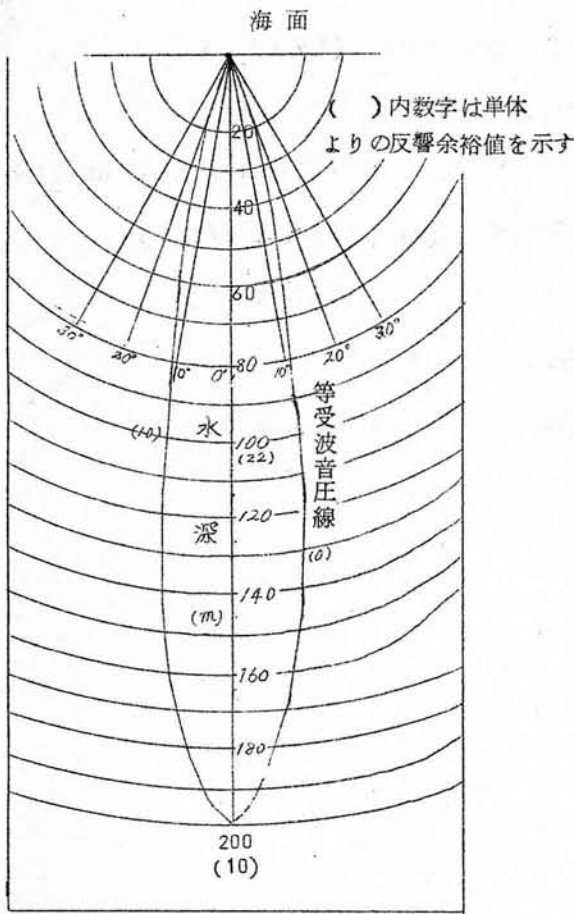


図8 等受波音圧線

む す び

魚群探知機・音響測深機などによつて海洋漁場測定を行う場合の基本的な問題にふれたが、実施上では多くの条件に制約され、また他の音響特性の条件を加えて検討する必要もあり今後更に要求される精度等をも加味して考えてゆくつもりである。

文 献

- 1) M. Nishimura: Exper. Pap. No. 20, F. A. O.—World Scient. Meet. Biol. Tuna and Related Species, La Jolla (1962. 7. 2)
- 2) 西村: 水産学会年会 (1961. 4)
- 3) 河口、平野、西村: 水産学会年会 (1962. 11)
- 4) 秋元他: 沖電気時報, 26. 3. 32 (1959)
- 5) G. G. McIlwraith and S. D. Hays: Jour. Mar. Res. 21. 2. 94 (1963)
- 6) 橋本他 : 超音波研究会資料 (1964. 1. 27)
- 7) 平野、西村: 水産学会年会 (1963. 10. 8)
- 8) 橋本、間庭: 漁研技報 5. 167 (1954)
- 9) 菊池: 超音波委資料 (1954. 9. 3)