

科学魚探の中に2通りある。1つはアナログで表示するタイプともう1つはデジタルで表示するものと2通りである。SIMRAD 社ではアナログは一応完成しているようだが、デジタルはまだ試作の段階であろう。日本では両方ともない。SIMRAD 社に世界を独占させると甘えて進歩がないかもしれないから日本でも大いに開発して自由社会の原則にのっとり競争して良いものを作っていくことになれば資源学者にとっても役立つし漁業者にも役に立つことになる。

科学魚探で一番良いことは、漁業が開発される前に資源を測ることができる点であろう。今までは資源を漁業

がつぶして資源がなくなってから研究者に資源がいくらあったか計算しろということになっていた。漁業の始まる前に資源量の計算が科学魚探では出来るのであれば、日本の略奪漁業・濫獲漁業の汚名を返上できると云うものである。

このように科学魚探には良いことが多い。だから金がかかっても取組みに値しよう。いや、それほど金はかからないと思われる。物理の理論通り作ればよいのであるから。科学魚探が実用化に向って進んでいく趨勢は否定しがたいので私もそれを先取りして科学魚探の開発に働いてゆく心積りである。

科学魚探の原理

土井長之(東海区水産研究所)

科学魚探は海の中の魚群の絶対重量(或は絶対尾数)を測定するものでなければならない。そのために先ず正確に測るべきものとしては、体積後方散乱強度である。魚群の密度測定の基本となる体積後方散乱強度とは「入射音波強度に対する、散乱層単位体積当りの入射方向への散乱音波の強度の比」である。但し入射・散乱強度は散乱体より単位距離の点での値とする。発信器の強さ、受信器の特性、音波の指向特性、魚群までの距離、音速、発信パルス幅、海水の吸収率などのパラメーターと体積後方散乱強度との理論的關係は次の(1)式で示される。

$$v_{rms}^2 = R^2 I_0 \frac{1}{r^2} e^{-2\beta r} s_v \frac{c\tau}{2} \phi \dots\dots\dots(1)$$

- ここに s_v : 体積後方散乱強度
- I_0 : 送波軸上での音源強度(単位距離における)
- R : 受信器の受波器を含めた電圧感度
- r : 魚群までの距離
- β : 海水の吸収減衰係数
- c : 海水の音速
- τ : パルス幅
- ϕ : ビーム幅(指向特性 $b(\theta, \phi)$ より求める)
- v_{rms} : 受信器出力の平均電圧

I_0, R, ϕ, τ の魚探機のハードウェアの特性が校正されており、海水の吸収特性 β が既知であるとする、魚群からの反射波による受信電圧 v_{rms} を測定すれば、目的とするところの体積後方散乱強度 s_v を(1)式によって求めることができる。

音響理論ではデシベル単位で式をたてることが多い。デシベルは変数の常用対数を10倍したものである。(1)式をこれで表せば

$$V_{rms} = VR + SL - (20 \log r + 2\alpha r) + SV + 10 \log \frac{c\tau}{2} + 10 \log \phi \dots\dots\dots(2)$$

となる。ここに

- $V_{rms} = 10 \log v_{rms}^2$: 受信出力レベル
- $SL = 10 \log I_0$: 出力レベル
- $VR = 20 \log R$: 感度レベル
- $(20 \log r + 2\alpha r)$: 距離拡散減衰と吸収減衰

$SV = 10 \log s_v$: 体積後方散乱強度レベル

$\alpha = \beta \log_{10} e$: 吸収減密係数

(2) 式を変形して、知りたい項 SV を左辺に移して書き直せば、

$$SV = V_{rms} - SL - VR + (20 \log r + 2 \alpha r) - 10 \log \frac{c\tau}{2} - 10 \log \psi \dots \dots \dots (3)$$

を得る。体積散乱強度 SV は (3) 式に示す様に、 SL , VR , c , τ , ψ を知り、 $20 \log r + 2 \alpha r$ の距離減衰項を正確に補正すれば、受信器出力の 2 乗平均電圧 V_{rms} (v_{rms}^2) を測定する事により求める事が出来る。従って科学魚探としての基本条件は次の 3 点である。

- (1) SL , VR , τ , ψ の値は、較正された値である事
- (2) 測定距離範囲において $20 \log r + 2 \alpha r$ の減衰補正が正確になされる事。これを TVG (時間差利得) と呼んでいる。
- (3) 出力電圧の自乗値 V_{rms} (v_{rms}^2) が出力として得られる事。自乗回路が必要。

従来の漁業用魚探は上の条件のいずれも満していない。

なお、上記理論式は、

- a. 音波伝搬路は直線とする。
- b. 任意の瞬間における散乱体は一様かつランダムに分布している。
- c. 散乱体は散乱の方向性を持たない。
- d. パルス幅は十分小さく、微小体積が伝播に与える影響は無視出来る。
- e. 散乱層による音波強度の減衰は無視する。
- f. 多重散乱は起こらないとする。

のような条件が満されるものとして、導き出したものである。故にこれらの仮定が成り立たない場合には、理論式の補正が必要となる。

体積後方散乱強度 s_v あるいは SV が求まっても、魚群の絶対量はまだ不明である。 s_v と魚群密度 n (具体的には n 尾/ m^3 , 単位体積に存在する魚の尾数) との関係は

$$s_v = \frac{n\sigma}{4\pi} \dots \dots \dots (4)$$

で表わされる。ここに

- n : 散乱層内における散乱体の密度即ち魚群密度, 尾数/ m^3
- σ : 散乱断面積

である。散乱断面積 σ は、音響的断面積である。 σ は魚種により、また同じ魚種でも魚体の大きさにより異なる。オキアミでは、魚体の各部を球に近似させて求めた幾何学的断面積を基にして求められている。また既知の数の魚を網に入れて海中に沈めて s_v をはかり、実験的に σ を求めることができる。

さて、体積散乱強度 SV (これを s_v に直すには $SV = 10 \log s_v$ の関係式によって直ちに求められる) を (3) 式で正確に求めることができ、対象魚群の魚種の散乱断面積が分っておれば、魚群の密度 n が絶対値として (4) 式より求められることになる。そして、 n を空間的に時間的に積分すれば、走航海面下の資源量を求めることができるのである。積分はアナログ型でも、デジタル型でも可能であるが、小型マイクロコンピュータの出現により、デジタル型が主流となる。