



Title	エコー積分とトロールデータから算出した東シナ海における底棲魚族のターゲットストレングスについて
Author(s)	黄, 斗濤; HWANG, DooJin; 佐野, 典達 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 44(4), 197-208
Issue Date	1993-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24125
Type	departmental bulletin paper
File Information	44(4)_P197-208.pdf



エコー積分とトロールデータから算出した東シナ海における
底棲魚族のターゲットストレングスについて

黄 斗溱*・佐野 典達*・飯田 浩二*・向井 徹*
増田 紀義**・佐々木成二**

Target Strength of Demersal Fish Calculated from
Echo Integration and Bottom Trawl
in the East China Sea

DooJin HWANG*, Noritatsu SANO*, Kohji IIDA*,
Tohru MUKAI*, Kiyoshi MASUDA**
and Seiji SASAKI**

Abstract

Estimating fish biomass by utilizing the quantitative echo sounder is based on the echo integration method which integrates fish echo energy along with time and space. The target strength of fish is necessary to calculate the fish density or numbers from echo integrator data.

It was common knowledge that target strength depends on both the shape and size of fish, as well as the size of swimbladder and acoustic frequency of echo sounder.

The acoustic research for biomass estimation and target strength (TS) measurement on demersal fish has not been investigated enough due to technical difficulties in separating fish echoes from sea bottom. The survey was carried out in the East China Sea by using T/S "Oshoro-maru". It occurred between 1989 and 1992 as a cooperative work of Hokkaido University and the National Fisheries University of Pusan. The survey was conducted for the purpose of evaluating demersal fish abundance.

This paper is based on the analysis of echo integrator data and trawl data of 1989. It describes the target strength of different demersal species in the East China Sea, calculated from the relationships between weight density from bottom trawling and acoustic volume backscattering strength (SV).

The results are as follows.

1. There was no correlation between echo integrator data and weight density calculated from trawl data.

2. TS_{kg} calculated from echo integrator data and caught by trawl hauls in respective areas, were from -33 dB to -15 dB at 25 kHz and -36 dB to -23 dB at 100 kHz. Later, when comparing TS_{kg} , calculated by proportional allotment with TS measured in the tank, it was concurred at the area with a high fish yield and the area with a low fish yield was not concurrent. This meant that TS_{kg} was easy to overestimate in the case of fish being selective or accidentally caught. In addition, it was easy to underestimate the low fish yield.

3. When comparing the results of TS_{kg} in difference of frequency, it was larger in 25 kHz than in 100 kHz 3 to 9 dB. The comparison between the difference of frequency (Δ

* 北海道大学水産学部漁業測器学講座
(Laboratory of Instrument Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部付属練習船おしよろ丸
(Training Ship Oshoro-maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

$TS_{k,g}$) measured in the tank calculated *in situ*, found that it was distinct to a characteristic of frequency that the more simple one caught a greater yield. However, it was not distinct that the more complex composition of fish had a lower yield.

はじめに

計量魚群探知機を用いた資源量推定法は、魚群密度に比例する魚群エコーの信号強度を時空間的に積分し、魚群量に換算するエコー積分法に基づいている。

エコー積分データから魚群密度または個体数を算出するためには魚の音響ターゲットストレングス (以下 TS) が必要であるが、この TS は魚の体型や大きさ、鰭の大きさ、そして測定する魚群探知機の周波数等によって大きな変動があることが知られている。現在までに多くの音響を用いた水産資源調査と TS に関する研究が行われているが、これらは主に表中層性魚族を対象にしており、魚のエコーと海底との分離が技術的に難しい底棲魚族に対する音響を用いた水産資源調査およびそれらの TS に関する研究はあまり行われていない。

本報は1989年から1992年までの4年間にわたって実施された、北海道大学水産学部と韓国釜山水産大学校との共同研究である「東シナ海における底魚類の音響による資源調査システムの高度化に関する研究」において、1989年のデータを用い資源量推定のために必要な TS の算出について、現場で収集した計量魚探の積分データとトロールによる漁獲量との関係から検討・分析を行いその結果について報告する。

着底トロールによる生物採集とエコー積分

調査は、1989年11月5日～11月11日の間、北海道大学水産学部練習船おしよ丸 (1,383 吨) を用い、図1に示す調査海域 (海表面積 124,619 km²) において、計量魚探によるエコー積分データの収集と着底トロールを行った。便宜上、調査海域をAからHまでの等面積の8海域に分割

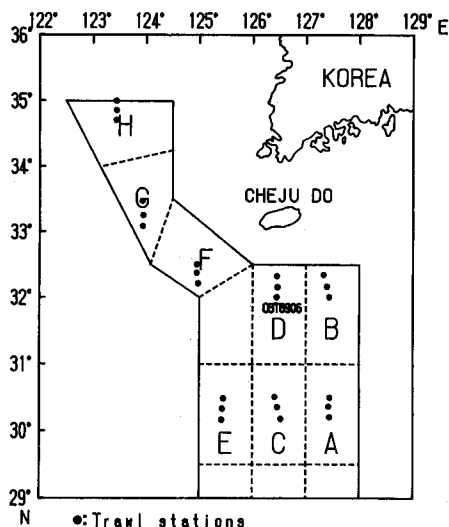


Fig. 1. Survey area and trawl stations. (5th-12th November, 1989.)

し、トロール操業地点を(●)で示した。

着底トロールによる生物サンプリングは船速3ktで約2時間曳網し、一日3回昼間のみ実施し、漁獲物から魚種とその量の測定を行った。

着底トロールによる漁獲量と卓越魚種を海域別に表したのが図2である。図は漁獲量を円の大きさと、卓越4魚種の構成比率を円グラフで表した。また、便宜上グラフ位置は地理的位置に対応させている。漁獲された魚はおよそ300種に達し、その内5kg以上漁獲されたのは約20種類で、ウマヅラハギ (*Thamnaconus modestus*)、イカ類 *Sepia* (*Platysepia*) (*esculenta*)、マアジ (*Trachurus japonicus*)、マトウダイ (*Zeus faber*)、サワラ (*Scomberomorus niphonius*)、ホンニベ (*Miichthys miiuyi*)、マナガツオ (*Pampus argenteus*)、タチウオ (*Trichiurus lepturus*)、クサウオ (*Liparis tanakai*) 等であった。海域別には済州島の南方にあたるA, B, C, D, E海域では比較的漁獲量が多く、北西のF, G, H海域では少なかった。

一方、エコー積分データの収集に用いた計量魚探はKFC-200型(カイジョー製)で、周波数は100kHzと25kHzの2周波で、船底装備のトランスデューサーを用いた。エコーインテグレーションの出力する深さ1m毎の平均体積後方散乱強度(以下SV)は1分毎に船位や潮流、水温等のデータとともにRS-232Cを介してパソコン(NEC製PC-9801)に転送し、フロッピーディスクに収録した。同時にカラーモニターの画像をビデオテープにPCM(デジタルオーディオプロセッサ)で収録した。計量魚探を用いた音響調査は期間中連続的に行われた。

図3は1989年11月11日12時54分から14時54分までに記録された操業中の魚探画像の一部である。上が100kHz、下が25kHz、両周波ともレンジは海底から海底上20mまでを拡大表示している。比較的大きな魚群が二つ記録されているが、2周波間で比較すると魚群エコーは、低周波に比べて高周波が弱く記録された。図4は図3と同時刻に測定されたSVの垂直分布を海底か

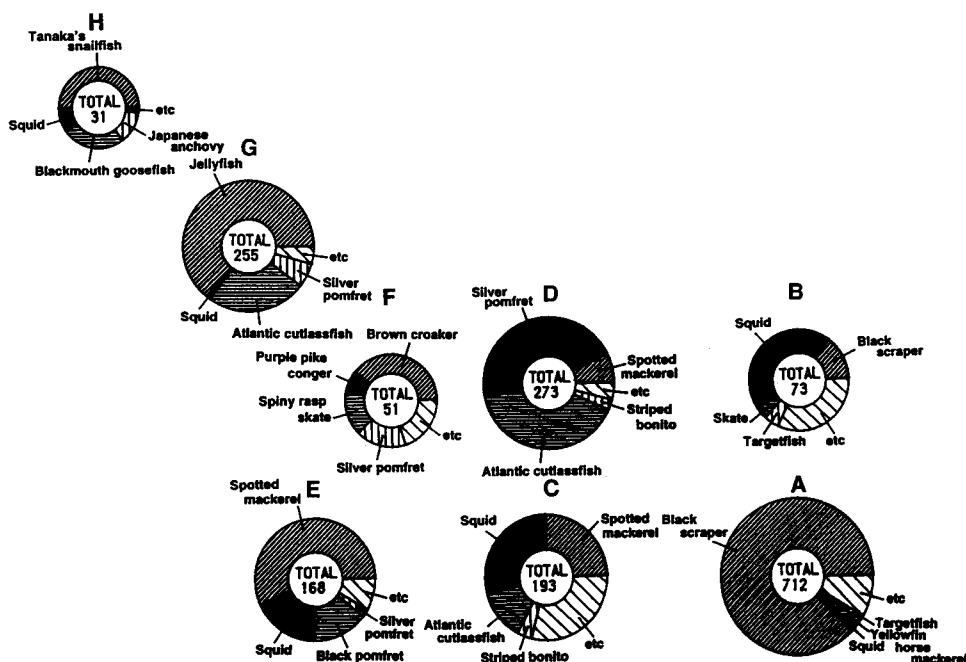


Fig. 2. Total weight (kg) and species composition of the catch by the area.

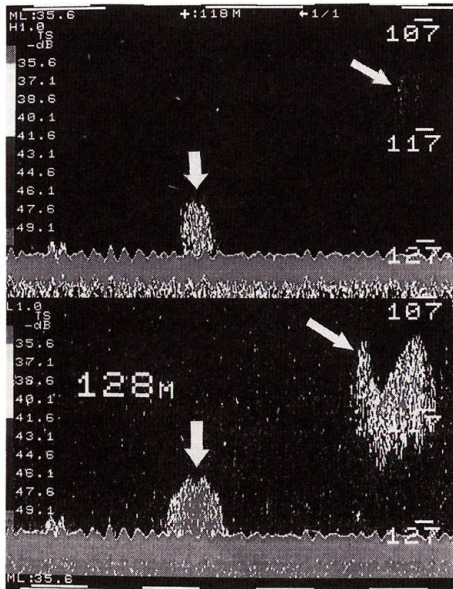


Fig. 3. An echogram of demersal fish on color display at the station OST8926, enlarged from 0 to 20 m above sea bottom.
(upper ; 100 kHz, lower ; 25 kHz, → ; school of fish)

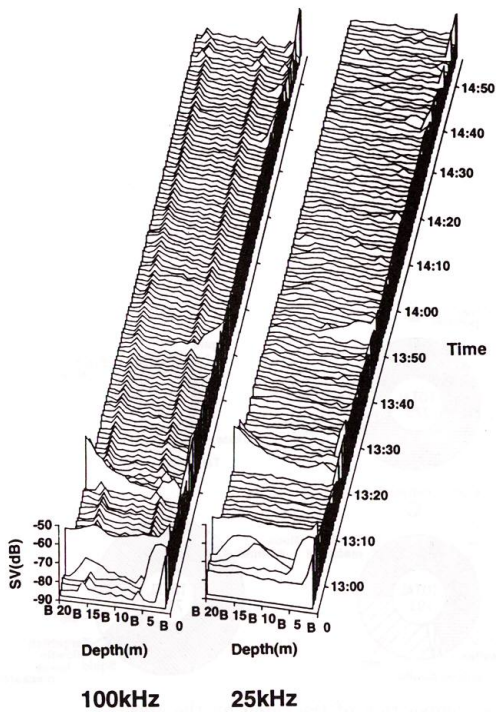


Fig. 4. Three dimensional plots of SV profiles for 20 m above sea bottom along with time history every one minute at the station OST8926.

ら海底上 20 m まで 3 次元表示したものである。左は 100 kHz, 右は 25 kHz で両図とも水平軸に深さ (m) を, 垂直軸に SV (dB) を, 奥行き方向に経過時間である。図を見ると 13:00 頃と 13:16 頃に海底付近に SV の突出が見られた。なお 100 kHz において海底上 5 m と 18 m に見られる SV の連続した小さなピークは受信回路内のノイズである。なお本操業による漁獲は主にウマヅラハギで 524.9 kg であった。

漁獲データから算出した魚群密度と体積後方散乱強度

着底トロールによる漁獲量から魚群密度を算出するにあたり, 曳網容積 V (網口幅×網口高さ×曳網距離) を知る必要があるため, オッターグラフとネットレコーダーを用いてオッター間隔 (Z) や網口高さ (H) を実測した。なお曳網距離 (L) は GPS の測位データから算出した。

網口幅 (W) は小山の方法¹⁾ により推定した。すなわち, L_n をダンディ・ライン (手網と網ペンデント) 長, L_n をコードエンドを除いたトロール網の全長, オッター間隔を Z とすると網口幅 W は次式で表わせる。

$$W = \frac{L_n \cdot Z}{L_h + L_n} \quad (1)$$

従って, 曳網容積 V は

$$V = H \cdot W \cdot L = H \cdot L \cdot \frac{L_n \cdot Z}{L_h + L_n} \quad (2)$$

魚群重量密度 ρ_w は

$$\rho_w = \frac{I}{\eta} \cdot \frac{c}{V} \quad (3)$$

となる。但し, c は漁獲重量, η は漁獲効率で本論文では $\eta = 1$ として取り扱った。一方, 計量魚探のエコー積分値は体積後方散乱強度 (SV) として出力される。 SV は元来, 単位体積 (1 m^3) に含まれる散乱体の数 (個体数密度, $\rho_n [1/\text{m}^3]$) とその平均後方散乱断面積 σ_{bs} の積の dB (デシベル) 値として定義される。すなわち,

$$SV = 10 \log (\rho_n \cdot \langle \sigma_{bs} \rangle) = 10 \log \rho_n + \overline{TS}_n \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

ここで \overline{TS}_n はターゲットストレングスを表す。一方, SV を重量密度 ρ_w で考えた場合は $\rho_w = \rho_n \cdot \overline{W}$ (\overline{W} は平均個体重量) であるから

$$SV = 10 \log (\rho_w \cdot \sigma_{bs} / \overline{W}) = 10 \log \rho_w + TS_w \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

となって単位重量当たりのターゲットストレングス TS_w が定義される。なお, 便宜上単位重量として 1 kg を用いることが多いので, これを TS_{kg} と呼ぶ。

漁獲データと音響データの比較に当たって, トロール網が着底してから揚網開始までの約 2 時間にわたり, 海底上 1 m から網高さ (ヘッドロープ高さ) までの区間のエコーを積分し, トロール曳網容積中の平均 SV を算出した。

調査海域毎の曳網容積, 漁獲量, 重量密度 (kg/m^3), 平均 SV , 平均 TS_{kg} , および主な魚種を表 1 に示す。重量密度が最も高かったのは A 海域のトロール観測点 OST8926 で $37.3 \times 10^{-5} (\text{kg}/\text{m}^3)$ であり, 総漁獲量の 88% がウマヅラハギであった。次に D 海域と G 海域が密度が高く, 主な魚種はそれぞれマナガツオ, タチウオであった。一方, 非常に密度が低かった海域は B 海域, F 海域, H 海域で, 卓越魚種はそれぞれウマヅラハギ, ホンニベ, クサウオであるが, その漁獲比率

Table 1. Summary of the bottom trawl research data. The mean volume backscattering strength $\langle SV \rangle$ from 1 meter above the bottom, below the height of the net entrance is denoted by $SV(L)$ and $SV(H)$, to frequencies 25 kHz and 100 kHz, respectively. The mean target strength TS_{kg} from the trawling area is denoted by $TS_{kg}(L)$ and $TS_{kg}(H)$, respectively. The dominant species of fish taken in respective areas are summarized in the last column.

Area	Station	Volume of trawling (m ³)	Catch (kg)	Fish Density (kg/m ³)	SV (dB)		TS _{kg} (dB)		Dominant Species
					L 25 kHz	H 100 kHz	L 25 kHz	H 100 kHz	
A	OST8924	1,004,400	25.66	2.55×10^{-5}	-71.9	-74.9			Black scraper
	OST8925	1,083,600	153.31	14.1×10^{-5}	-68.6	-70.8	-33.1	-36.0	
	OST8926	1,427,600	532.54	37.3×10^{-5}	-71.9	-77.1			
B	OST8927	2,080,500	34.01	1.63×10^{-5}	-74.7	-83.6			Black scraper
	OST8928	1,304,500	15.56	1.19×10^{-5}	-76.0	-84.3	-26.0	-34.7	Squid
	OST8929	2,203,000	23.44	1.06×10^{-5}	-74.2	-82.8			
C	OST8921	2,016,000	52.23	2.59×10^{-5}	-59.0	-66.8			Spotted Mackerel
	OST8922	1,724,500	88.58	5.13×10^{-5}	-65.2	-72.8	-17.9	-25.6	Squid
	OST8923	1,707,500	52.17	3.05×10^{-5}	-66.9	-74.5			Atlantic cutlassfish
D	OST8906	1,710,000	88.50	5.17×10^{-5}	-69.6	-77.0			Silver pomfret
	OST8907	1,961,500	74.80	3.81×10^{-5}	-68.3	-74.5	-22.9	-29.3	Atlantic cutlassfish
	OST8908	2,024,500	109.35	5.40×10^{-5}	-63.2	-69.4			Spotted Mackerel
E	OST8918	1,376,800	53.23	3.86×10^{-5}	-63.1	-67.1			Spotted Mackerel
	OST8919	1,560,400	51.82	3.32×10^{-5}	-62.6	-67.6	-18.5	-22.9	Squid
	OST8920	1,543,600	62.63	4.05×10^{-5}	-62.5	-66.8			Black pomfret
F	OST8915	1,684,500	4.52	0.26×10^{-5}	-66.2	-72.8			Brown croaker
	OST8916	1,595,500	22.01	1.37×10^{-5}	-65.7	-72.2	-16.1	-22.6	Spiny rasp skate
	OST8917	1,533,500	24.55	1.60×10^{-5}	-65.4	-71.9			Silver pomfret
G	OST8909	1,857,500	122.83	6.61×10^{-5}	-69.0	-73.5			Jellyfish
	OST8910	1,755,000	56.31	3.20×10^{-5}	-69.2	-74.6	-26.8	-32.0	Atlantic cutlassfish
	OST8911	1,649,500	75.87	4.59×10^{-5}	-72.7	-79.6			
H	OST8912	2,252,296	0.54	0.02×10^{-5}	-57.4	-59.7			Tanaka's snailfish
	OST8913	1,815,000	9.16	0.05×10^{-5}	-68.1	-76.7	-15.0	-23.9	Blackmouth goosefish
	OST8914	1,915,000	24.41	1.11×10^{-5}	-64.5	-73.5			

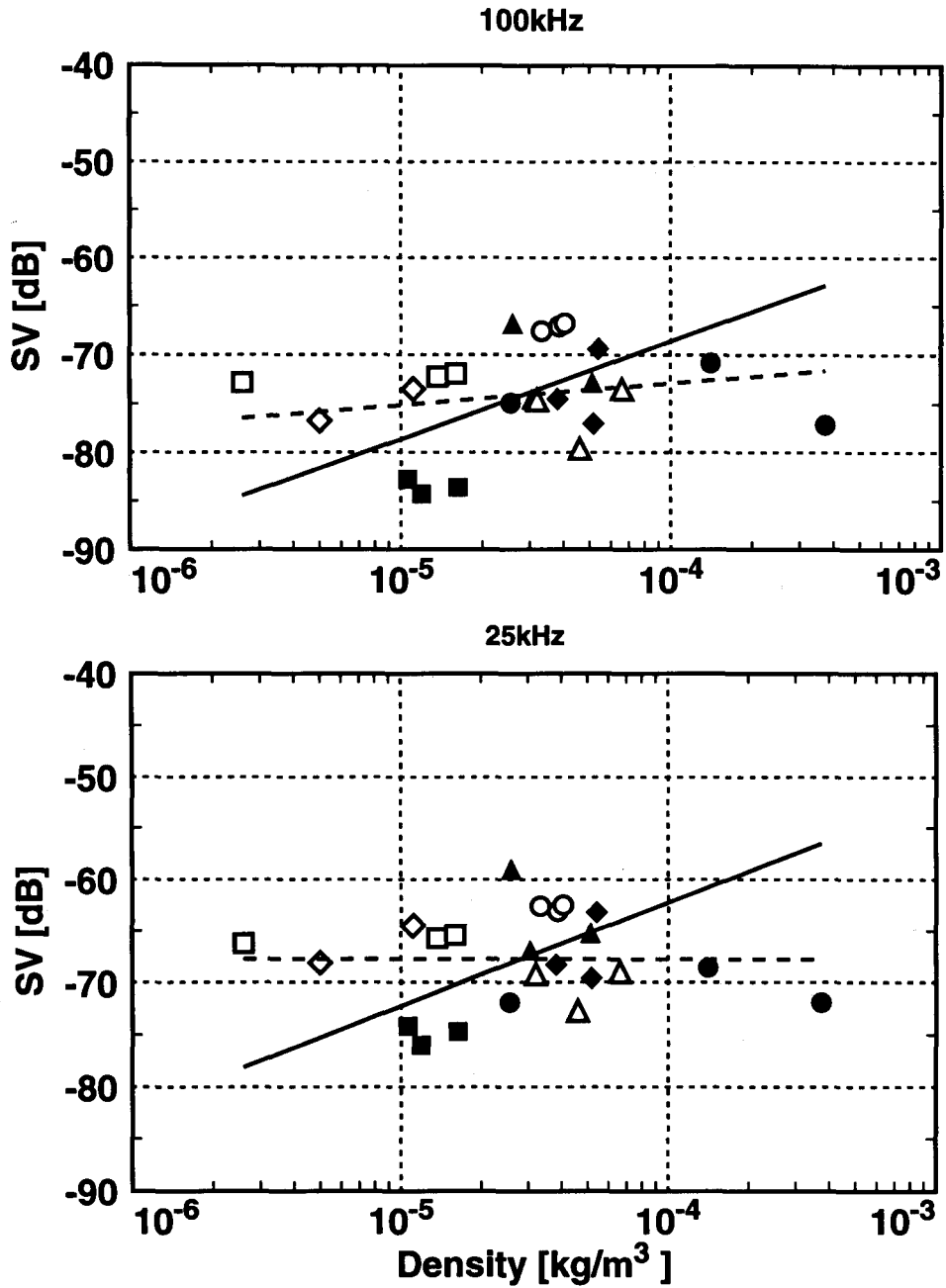


Fig. 5. The relationship between mean volume backscattering strength SV (dB) and fish density ρ (kg/m^3) calculated by bottom trawl at frequencies of 100 kHz and 25 kHz. These symbols indicate the respective areas.

●: A, ■: B, ▲: C, ◆: D, ○: E, □: F, △: G, ◇: H.

は他の海域に比べて小さかった。

次に漁獲データから求めた重量密度 ρ_w と平均 SV との関係を周波数別に図5に示した。図の横軸は重量密度、縦軸は平均 SV で、最小2乗法で求めた両者の回帰式(破線)は

$$100 \text{ kHz: } \langle SV \rangle = 2.24 \log \rho_w - 63.91 \quad (r=0.2) \quad (6)$$

$$25 \text{ kHz: } \langle SV \rangle = -0.027 \log \rho_w - 67.89 \quad (r=-0.0028) \quad (7)$$

となり SV と ρ_w には相関が見られなかった。また体積散乱理論に基づく、傾きを10に固定した回帰式(実線)でも同様であった。

重量密度と平均 SV から(5)式で算出した TS_{kg} については、25 kHz ではクサウオとアンコウが主魚種であるH海域の平均 TS_{kg} が-15 dBで最も高く、同様にウマヅラハギが主魚種であるA海域では-33.1 dBで最も低かった。一方100 kHz ではホンニベ、ガンギエイ、マナガツオが主魚種であるF海域では-22.6 dBで最も高く、次にクサウオとアンコウが主魚種であるH海域が-23.9 dBであった。また最も低い海域は低周波と同様、A海域で-36 dBであった。

考 察

前述したように平均 SV と漁獲データから算出した魚群密度の間には全く相関が認められなかったが、この理由の一つにトロール網の漁獲効率があげられる。たとえばトロールの曳網速度は約3ktであり遊泳速度の大きな魚種の回避行動は十分考えられる。表1のH海域のトロール観測点OST8912を見ると両周波数とも SV は-57.4 dBと-59.7 dBを示すが漁獲量は僅か0.54 kg

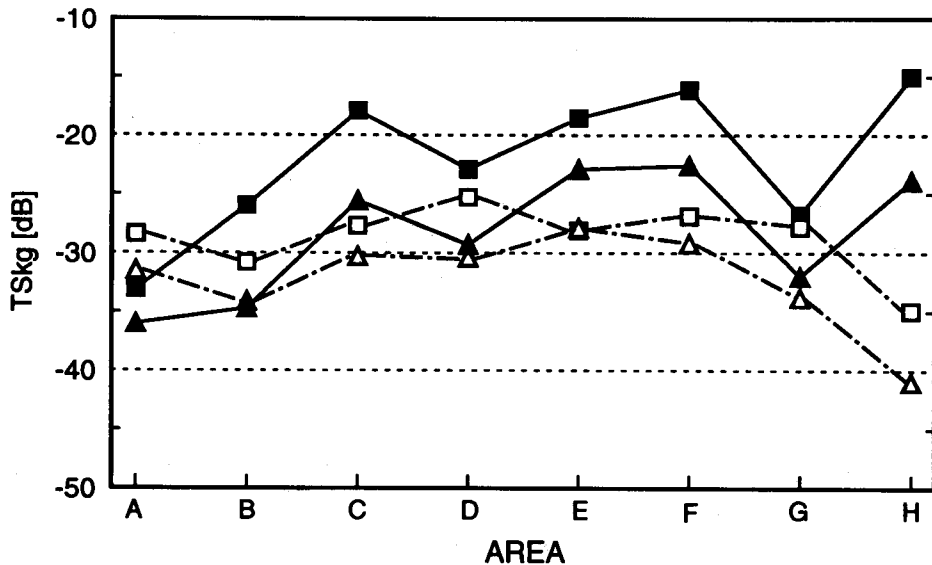


Fig. 6. Estimated and calculated target strength (TS_{kg}) in respective areas.

- : TS_{kg} estimated from the relationship between trawl data and SV data at 25 kHz
- ▲: TS_{kg} estimated from the relationship between trawl data and SV data at 100 kHz
- : TS_{kg} calculated from proportional allotment measurement taken in the tank at 25 kHz
- △: TS_{kg} calculated from proportional allotment measurement taken in the tank at 100 kHz.

で魚種はクサウオであった。またサワラが漁獲された C, E 海域でも同様の傾向が認められた。

またトロール網の選択性も考慮する必要がある。F 海域では魚群の外に平均 SV が約 -65 dB のプランクトン層が広範囲わたって海底に分布しているのがカラーモニターで確認できたが実際の漁獲は極めて少なかった。

次に、各海域毎に算出した TS_{kg} を図 6 に示す。図中 (■) は 25 kHz, (▲) は 100 kHz での値である。 TS_{kg} が最も小さいのは、ウマヅラハギでほぼ単一魚種として漁獲された A 海域で、25 kHz で -33.1 dB, 100 kHz で -36 dB であった。逆に最も大きいのは漁獲のほぼ半分がクサウオであった H 海域で 25 kHz で -15 dB, 100 kHz で -23.9 dB であった。

次に算出した TS_{kg} の妥当性を検討するため、漁獲物の冷凍標本を用いて音響実験水槽 (コンクリート製 3×3×12 m) おいて TS の精密測定を行った。測定は 8 魚種各 10 個体の標本を解冻後、魚体のピッチ角を変化させてその背方向の TS を測定し、最大 TS を求めた。次に魚の後方散乱断面積が体重の 2/3 乗に比例すると仮定し、各魚種について 1 kg 当たりの最大 TS_{kg} を算出した。

$$TS = 20/3 \log W + TS_{kg} \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

次に各海域での漁獲物組成に従ってこれを比例配分して、当該海域の TS_{kg} の理論予測値を求めた。図 6 の (□) および (△) はそれぞれ 25 kHz および 100 kHz の当該海域での理論値を示す。測定値と理論値を比べて見ると、漁獲の大部分がウマヅラハギだった A 海域では両者の差は低周波で 2.2 dB, 高周波で 2.4 dB, タチウオの漁獲比率が約 30% だった G 海域では低周波で 1.7 dB, 高周波で 0.8 dB, イカが 44% だった B 海域では低周波で 4.8 dB, 高周波で 0.6 dB および D 海域では低周波で 2.4 dB, 高周波で 1.1 dB と、上記 4 海域で比較的良好一致を示したのに対し、他の 4 海域すなわち C, E, F, H では低周波で 10 dB 以上、高周波で 5 dB 以上理論値よりも大きい値を

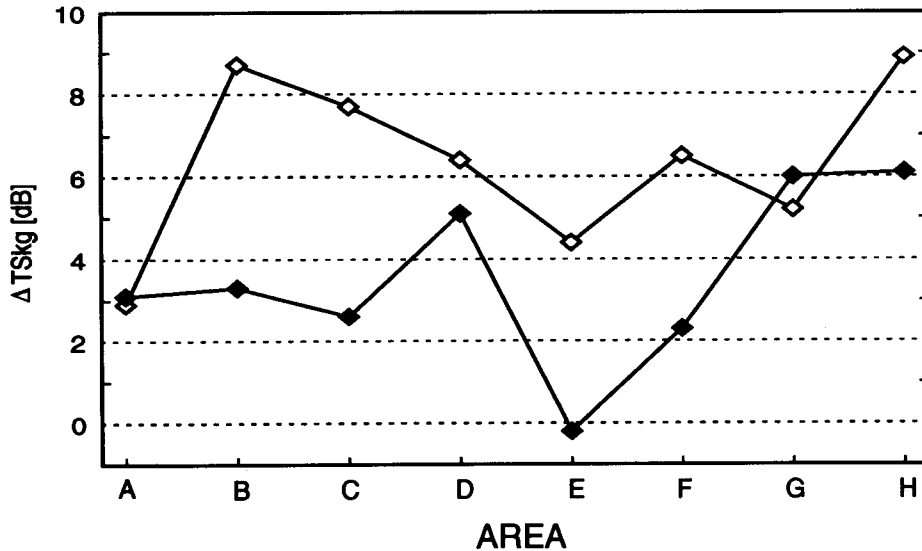


Fig. 7. Frequency difference of target strength between two frequencies in respective areas.
 ◇: ΔTS_{kg} difference between 100 kHz and 25 kHz, estimated from the relationship between trawl data and SV data in the Sea.
 ◆: ΔTS_{kg} difference between 100 kHz and 25 kHz, calculated from proportional allotment measurement taken in the tank.

示した。特に H 海域では低周波で 20 dB, 高周波で 17 dB も大きい値を示した。

先に, SV と重量密度との間に相関が見られない理由の一つとして漁獲効率の不安定を上げたが, それは同時に TS_{kg} の推定値が漁獲効率の影響を受けることを意味する。

すなわち表 1 において TS_{kg} の計算値と理論値が比較的良好一致した A, B, D, G 海域は漁獲量が多く, 逆に両者の値が大きく異なった C, E, F, H 海域は比較的漁獲量が少なかった。このことは, 実際の平均的な魚群密度に比べて, 魚群が選択的にあるいは偶然的に漁獲された場合は TS_{kg} は過大評価され, 逆に漁獲が極めて少ない場合, TS_{kg} は過少評価されやすいことを示唆している。

次にエコー積分データと漁獲データから算出した TS_{kg} の 2 周波数間について比較を行った。図 7 は各海域の TS_{kg} の 2 周波間の差 ΔTS_{kg} (\diamond) を示したものである。さらに水槽で測定した 8 魚種の TS_{kg} を魚種組成比率に応じて比例配分して得た理論値の 2 周波間の ΔTS_{kg} (\blacklozenge) も合わせて示した。なお, 先に問題となった漁獲効率の影響は低周波の TS_{kg} と高周波の TS_{kg} 共に同程度現れるから, 2 周波数間の差である ΔTS_{kg} は漁獲効率の影響を受けない筈である。従って ΔTS_{kg} は当該魚種の周波数特性を表すものと考えた。本図から言えることは, 全ての海域において低周波の TS_{kg} が高周波より 3~9 dB 大きいことである。表 2 に示すように水槽で測定した各魚種の 2 周波の TS_{kg} を比較すると, いずれも低周波が高周波より大きく, 最小の ΔTS_{kg} はサワラで 1.5

Table 2. Summary of maximum target strength (TS_{kg}) measured in the tank, with respective fish species caught in the East China Sea.

Fish species	TS_{kg} (dB) 25 kHz	TS_{kg} (dB) 100 kHz	ΔTS_{kg} (dB)
Atlantic cutlassfish	-21.76	-27.84	6.08
Spotted mackerel	-33.28	-34.81	1.53
Brawn croaker	-33.06	-37.39	4.33
Black scrapper	-34.30	-38.36	4.06
Tanaka's snailfish	-39.23	-45.13	5.90
Blackmouth goosfish	-39.23	-45.13	5.90
Silver pomfret	-42.64	-47.09	4.45
Squid	-42.54	-44.92	2.38

Table 3. Summary of target strength (TS_{kg}) in respect to the area in the East China Sea, calculated by proportional allotment from the result in table 2.

Area	TS_{kg} 25 kHz	TS_{kg} 100 kHz	ΔTS_{kg} (dB)
A	-28.4	-31.5	3.13
B	-30.8	-34.1	3.38
C	-27.7	-30.3	2.60
D	-25.3	-30.4	5.11
E	-28.1	-27.9	-0.22
F	-26.9	-29.2	2.37
G	-27.8	-33.8	6.06
H	-34.9	-41.0	6.17

dB, 次にイカが 2.4 dB, 他の 6 魚種は ΔTS_{kg} が 4 dB 以上あり, 最大はタチウオで 6.1 dB であった。これら TS データを漁獲比率に応じて比例配分して求めた ΔTS_{kg} の理論値は, E 海域においては周波数特性を示さなかったが, 他 7 海域では全て, 低周波が高周波より 2~6 dB 大きかった。

次に図 7 において計算値と理論値を比較すると A, D, G 海域で比較的良く一致したが, 他海域では約 3~6 dB の差が認められた。これを図 2 あるいは表 1 の漁獲データで比べて見ると, 両者が良く一致した海域では漁獲量が多かったこと, および魚種組成で見た場合, 単一種か, または少数の魚種が卓越している傾向があった。

一方, 計算値と理論値との差の大きかった 5 海域 (B, C, E, F, H) では漁獲量も相対的に少なく, かつ組成も多魚種からなり, 複雑であった。このことから A 海域 (ウマヅラハギ), D 海域 (マナガツオ, タチウオ, サワラ), G 海域 (タチウオ, クラゲ) で見られた ΔTS_{kg} は明かに当該魚種の周波数特性を示すと考えた。なお, 他 5 海域については漁獲が少なかったこと, 複雑な魚種組成のために周波数特性を結論するに至らなかった。

要 約

東シナ海の底魚類資源現存量の調査において, 計量魚探によるエコー積分と着底トロールの漁獲データから算出した TS_{kg} , および水槽で測定した TS データを用いて予測した TS_{kg} とを比較検討した結果次の様に要約した。

1. トロールデータから算出した重量密度と, これと同時に測定したエコー積分値 (SV) の間には相関が認められなかった。多魚種の混在による TS の不均一性と漁獲効率の不安定性がその理由と考えた。

2. エコー積分値と漁獲量から TS_{kg} を算出して海域毎に比較したところ, 低周波 (25 kHz) で -32~-15 dB, 高周波 (100 kHz) で -36~-23 dB を示した。後日, 水槽で測定した標本の TS を, 漁獲物組成に応じて比例配分して得た TS_{kg} の理論予測値と比べたところ, 漁獲量の多かった A, B, D, G 海域では両者は良く一致し, 漁獲量の少なかった C, E, F, H 海域では大きく異なった。これは選択的あるいは偶然的に漁獲された場合, TS_{kg} は過大に評価され, 漁獲の少ない場合は過小評価されやすいことを示唆している。

3. 漁獲効率の影響が相殺される TS_{kg} の周波数間の差 ΔTS_{kg} に着目して検討した結果, 全ての海域で低周波が高周波より 3~9 dB 大きかった。水槽で測定した標本の TS を比例配分して得られた理論予測値の ΔTS_{kg} と比較したところ, 漁獲量が多く, 魚種組成の単純な A, D, G 海域で良く一致したが, 漁獲量が少なく, 魚種組成の複雑な B, C, E, F, H 海域では一致しなかった。

従って A, D, G 海域で漁獲された魚種には明かな周波数特性があると言えるが, B, C, E, F, H 海域で漁獲された魚種の周波数特性については言及できなかった。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり, ご指導頂いた韓国釜山水産大学梁龍林教授はじめ同大学諸先生方, および調査に多大な御協力を頂いた北海道大学水産学部練習船おしよ丸乗組員諸氏に深謝の意を表する。

文 献

- 1) 小山武夫 (1974). 船尾トロールについての実験的考察. 東海区水産研究報告, 77, 177-247.

- 2) 古澤昌彦 (1990). 水産資源推定のための超音波による魚群探知に関する研究. 水工研報告, **11**, 173-249.
- 3) 山田梅芳・田川勝・岸田周三・本城康至 (1986). 東シナ海・黄海のさかな。水産庁西海区水産研究所, 1-501.
- 4) 朱 徳山・S.A. Iverson. (1991). 黄海・東海のカタクチイワシ及びその他重要魚類資源の音響学的評価研究 (大滝英夫訳), 中国水産科学研究院黄海水産研究所, 青島, ノルウェー海洋研究所, ベルゲン, pp. 1-147.
- 5) Burczynski J. (1982). Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass, *FAO fish. Tech. Pap.*, 191.
- 6) Rovert T. Cooney. (1989). Acoustic evidence for the vertical partitioning of biomass in the epipelagic zone of the Gulf of Alaska. *Deep-Sea Research*, Vol. **36**, No. 8, 1177-1189.
- 7) E. Marchal. (1984). Target-strength measurements in situ. *Rapp.p.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, **184**, 73-80.
- 8) K.A. Johannesson and R.B. Mitson. (1983). "Fisheries acoustics-A practical manual for aquatic biomass estimation". *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER* No. 240.
- 9) B. Morgenstern. (1984). Classification, Special techniques, and data handling. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, **184**, 96-112.