HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	魚探機によるサケ・マス資源現存量の推定について：III. 中層曳航式魚探機の試作・試用
Author(s)	安間, 元; 佐野, 典達
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 28(2), 74-82
Issue Date	1977-06
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23607
Type	bulletin (article)
File Information	28(2)_P74-82.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
28(2), 74–82. 1977.

魚探機によるサケ・マス資源現存量の推定について
III. 中層曳航式魚探機の試作・試用

安間　元*・佐野典達**

Study for Estimating the Existent of Salmon Resources by Means of Echo Sounding Techniques
III. On the trial production and use of the towing type echo sounder recording echo pattern under the sea surface

Gen Anma and Noritatsu Sano

Abstract

The preparative experiments for estimating the existent amount of salmon resoruces by means of a vertical echo sounder (50 KHz, 22 beam angle) were undertaken in the Bering Sea in June, 1974 (Vol. 26, No. 2, 137–153, September 1975).

Because it was impossible to take echo patterns under the sea surface (0～7 m) of the existent salmon by means of a vertical echo sounder, the authors tired to use a wired Towing Type echo sounder that can take echo patterns near the surface, scanning ultrasound from the middle layers to the sea surface.

The echo sounder used was the 50 KHz ultrasound, a transducer having 53 degrees of effective beam angle.

The recording range of the echo sounder set was 25 m from the surface, the number of transmissions of ultrasound waves per minute was 113: and the forward of recording paper per minute was 40 millimeters.

The object of this experiment is to compensate for the vertical echo sounder records that are impossible to take under the sea surface.

Most experiments came to success by towing an echo sounder in the middle layers horizontally and in stability. One of them could take the echo pattern calculating the salmon's echo trace. The ship's speed was about 2 Kt.

These experiments were undertaken by the training ship "*Oshoro Maru*" of the Faculty of Fishries Hokkaido University, in the Bering Sea in summer, 1975, 1976.

緒　　言

著者らは，1974年6月，ベーリング海アンドレアノフ諸島沖において垂直方向探知の商用魚探によるサケ・マス魚探記録 (echo pattern) の取得と echo pattern に記録された単体記録像 (echo trace) の

* 北海道大学水産学部練習船おしょろ丸
(*Training Ship "Oshoro Maru" Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
** 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*)

計数，および海況漁況等の総合判断から，一定漁場におけるサケ・マス資源現存量の推定のための予備実験を行い，その結果から，問題点について考察した。[1)]

II 報では，サケ・マスの生態的パターンに，サケ・マスの漁業生産活動をシステム・モデル化し，さらに魚探技術によるサケ・マス個体群に関する情報を統一的に考察し，サケ・マス資源現存量推定のための研究の位置づけを行った。[2)]

予備実験の結果，船底装備の垂直方向探知の魚探機では，喫水までの水深部分が盲目範囲となり，さらに発振ノイズと S.L のため表層近くのサケ・マスの echo trace が計数できない。この水深範囲の echo pattern を取得して，ごく表層近くのサケ・マス魚探情報を得ることは，資源現存量推定の精度を高める上で重要な点となった。

そこで，今回，中層曳航式魚探機を試作し，その試用によって，中層から超音波パルスを上向きに発振させ，ごく表層近くの echo pattern を取得し，その echo pattern 中の echo trace を計数し，垂直方向探知の魚探機では得られなかった情報を加味して，より正確なサケ・マス資源現存量を推定することを試みた。そのうち一回について良好な echo pattern を取得できたので，その結果を報告する。

中層曳航式魚探機による上向きのサケ・マス魚探記録は，本邦では初めての試みである。

この試用実験は，北海道大学水産学部練習船おしょろ丸（1119.66 t）によって 1975, 76 年の夏，ベーリング海アンドレアノフ諸島沖，およびアナデール湾沖で 10 数回行われた。今回は 1976 年アナデール湾沖での実験結果を報告する。なお，現存量試算にあたり北海道大学水産学部海洋調査試験要報第 20 号を引用した。

サケ・マス用中層曳航式魚探機の試作・試用

一般漁船の船底装備の垂直方向探知の魚探機では，ごく表層を遊泳中のサケ・マスの探知は不可能である。つまり喫水以下の水深の反射体しか探知できない。

サケ・マスの遊泳水深は，一般的にはごく表層を含む水深 60 m 附近までと考えられている。[3)] 時刻や魚種によっては 0～20 m 附近の層を遊泳するものが多い。

したがって，ごく表層近くのサケ・マスの echo pattern を取得するためには，おしょろ丸のような大型漁船では，送受波器を舷側に装備することは，技術的困難をともなうので，とくに新しい方式のサケ・マス資源現存量推定のための魚探機の試作が必要である。

その一方式として，中層曳航式上向き魚探機を試みた。最初の試みは，従来トロール用魚網監視装置（ネットモニター方式）に使用されている送受波装置（22 Kg）を曳航板（52 Kg）に取付け（T.T. 装置と略称），ある一定水深を一定速度で曳航したときに T.T. が安定し送受波器は表層に向って上向きに発振し，同時に受信した超音波信号を，本船から振り出された受波器の方向に発振し，その signal が伝送されて，船橋にある増幅器で増幅して記録紙に記録させる方式であった。この方式に使用したモニター用超音波は上向き方向の指向角は半減半角 9° でせまく，低出力（1.5 W），周波数 170 KHz，パルス幅 1 m $sec.$ で電源として D.C 15V を使用している（図 1-a）。

1975 年夏，T.T. 装置を試作し，それに上記送受波器を取付け，沈降用に 18 Kg のディプレッサーを吊下させ，北洋で曳航実験を行った。このときは気象条件が良好で，一定速力で曳航すれば，中層を水平にしかも安定に曳航できることが実証されたが echo pattern を得るに至らなかった。

1976 年夏には，サケ・マスの echo trace を取得するため前年の実験を検討し，T.T. 装置をそのまま使用し，送受波器は兼用，広指向角（半減半角 26.5°），周波数 50 KHz，パルス幅 0.6 m $sec.$，出力 800W で有線により電力を供給する魚探機を装備して（図 1-b）ごく表層近くの echo pattern の取得を計った。10 数回の実験のうちほとんどが水平でしかも安定に記録されたが，ごく表層近くは厚く濃い雲状の層に覆われた。ごく表層近くまで echo trace が計数できたのは一回のみであった。

なおこの実験でディプレッサーを取除いた T.T. 装置に浮子をつけて海面に浮べ，海面から下方・

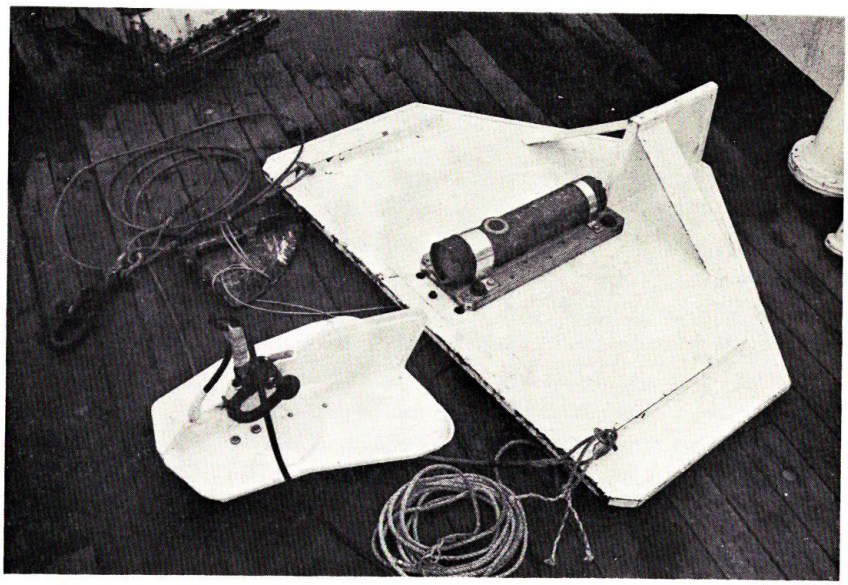

Fig. 1–a). Photograph showing T.T. echo sounder No. 1 used in 1975.

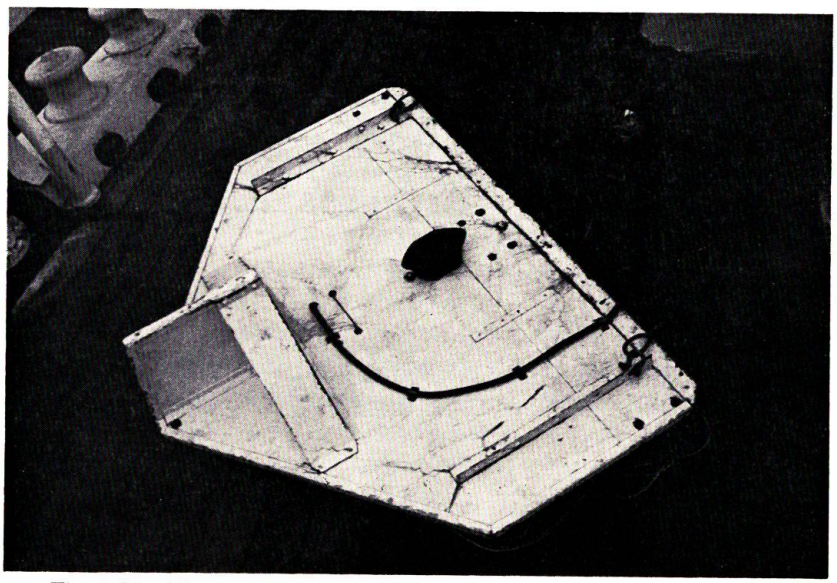

Fig. 1–b). Photograph showing T.T. echo sounder No. 2 used in 1976.

鉛直方向に発振させ echo を受信したが，この試みは表層近くの波浪，うねりやプランクトン等の影響で echo trace の計数はできなかった。

図2に T. T. 装置の構造，寸法および仕様を示す。

曳航は航走中の本船（船尾トロール式）の船尾から T. T. 装置を，本船装備の 8 *mm* ワイヤーロー

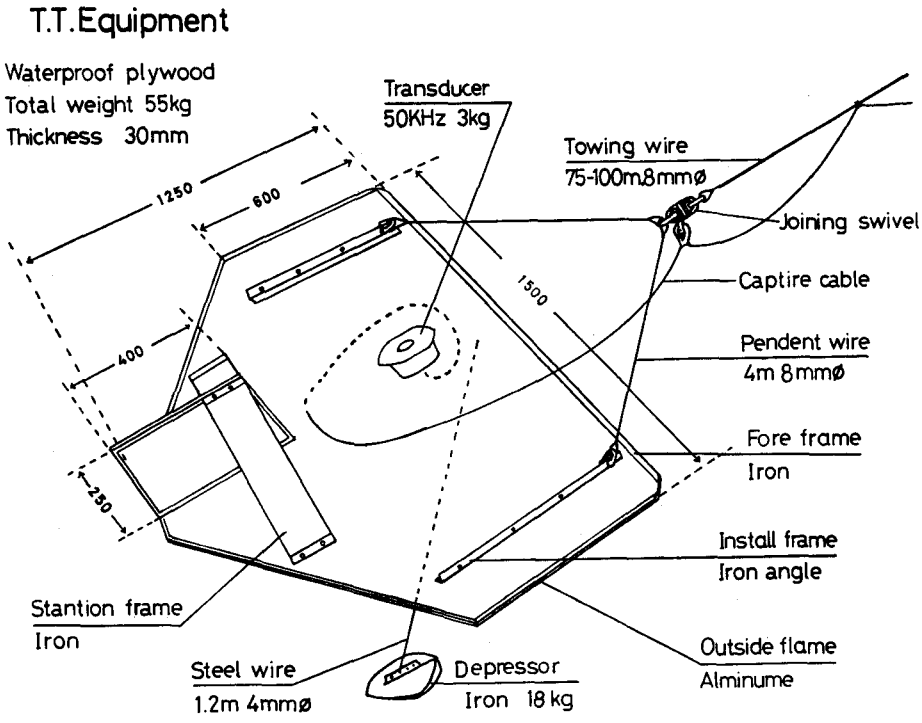

Fig. 2. Construction of T.T. echo sounder No. 2.

Table 1. *Data of observations of the salmon gillnet operation and experiment point aboard the "Oshoro Maru" in Bering Sea, July 12, 1976.*

		Com^{ced} setting net	Com^{ced} heaving in net
Position	Lat. Long.	58°–14′N 177°–15′W	58°–18′N 177°–07′W
Time (S.M.T.)	Com^{ced} Fin^{ed}	18^{h}–03^{m} 19^{h}–00^{m}	03^{h}–10^{m} 06^{h}–15^{m}
Wind	Direction Force	NNW 3	NNW 3
Weather		overcast	overcast
Water collar Transparency			4 9 m
Net number Operation direction		140 260°	140 285°
Catch No. of salmon Catch No. of Alaska Pollack		743 200 over	

Table 2. *The number and density of echo traces, and total estimated*

	Zone	D (m)	h (m)	r (m)	$V_h = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ (m^3)	$W_h = \frac{S_f}{2} \times D$ (m^3)	$V_h + W_h$ (m^3)
T.T.	A	0-7	25-18	12.46 8.97	2,547.82	477,962.10	480,509.92
V.E.S.	A	7-20	16-3	3.11 0.58	161.00	139,464.60	139,625.60
	B	40	20	7.00	1,685.19	587,387.76	589,072.95
	C	60	20	10.89	5,107.34	1,039,314.37	1,044,421.71
	D	80	20	14.77	10,407.54	1,488,953.40	1,499,360.94
	E	100	20	18.66	17,642.30	1,942,567.28	1,960,209.58

T.T.: Towing Type echo sounder

Table 3. *Estimation of standing crop calculated from age composition*

Salmon	Salmon catch		Estimating No. of salmon kind	Age composition		
	(No.)	(%)		age	Obs. (No.)	%
Sockeye	2	0.27	18,465		2	
Chum	714	96.10	6,572,204	0-1	1	0.78
				0-2	30	23.26
				0-3	89	68.99
				0-4	9	6.98
Pink	7	0.94	64,286	0-1	7	
Chinook	20	2.69	183,967		19	

プに鋼線入キャップタイヤーコードを沿わせて投入，約 2Kt の速力で曳航・記録した。

実験方法および結果

表 1 は，本実験が行われた場所および操業記録である。サケ・マス流網投網直後に T.T. 装置を投入し，約 2Kt の船速で 30 分間曳航しながら，ごく表層近くの echo pattern を取得（発振回数 113/*min.*，紙送り速度 40 *mm/min.*，記録紙幅 31 *cm*）（図 3-a, 図 3-b），同時に垂直方向探知の魚探機によって echo pattern を取得した（発振回数 250/*min.*，紙送り速度 20 *mm/min.*，記録紙幅 15 *cm*）（図 4-a）。

垂直方向探知の魚探機で取得した echo pattern からサケ・マスの echo trace を計数し，それに T.T. 装置で取得したごく表層近くの（0～7 *m*）echo trace の計数値を付加して補完し，一定漁場におけるサケ・マス資源量を求め（表 2）翌日の漁獲結果より魚種別・年令組成から求めた平均体重の値よりサケ・マス資源現存量の試算を行った（表 3）。

曳航水深は垂直方向探知の魚探機による投網中の echo pattern（図 4-b），水温躍層およびワイヤー繰り出し長さから決定，船速・ワイヤーの長さを調節してセット・曳航した。本実験では，水深約 25 *m*，ワイヤー長 100 *m* を走出・曳航した。曳航距離は電磁ログにより 30 分間の測定によった。また，これらの echo trace の解析方法は I 報に述べた魚探記録像の解析と同一方法である。ここで漁場とは網の長さ 7000 *m*，サケ・マスが投網から揚網時まで遊泳する推定距離（1.4 浬×10 時間）[4]，深さ 100 *m* の立方体の容積である。

number of salmon resoruces from echo traces on July 12, 1976.

Echo trace (No.)	$\rho_{eh}=\frac{\text{Echo trace}}{V_h+W_h}$	A_{wh} (m^3)	M_h (No.)	Estimating total echo trace (No.)	Salmon catch (No.)	Estimating salmon echo trace (No.)
300	6.24×10^{-4}	1.27×10^{9}	792.480			
435	3.12×10^{-3}	2.36×10^{9}	7,363,200		743	6,838,922
55	9.34×10^{-5}	3.63×10^{9}	339,042	8,679,816		
38	3.64×10^{-5}	3.63×10^{9}	132,132		other	other
15	1.00×10^{-5}	3.63×10^{9}	36,300		fish	fish
9	4.59×10^{-6}	3.63×10^{9}	16,662		200	1,840,894

V.E.S.: Vertical Echo Sounder

and average weight in part of the Bering Sea in 1976.

Estimating No. of age composition	Average weight (g)	Estimating standing crop (Kg)	Total estimating standing crop (Kg)
	2,750	50,778.75	
51,263	630	32,295.69	15,481,204.70
1,528,695	1,752	2,678,273.64	
4,534,163	2,319	10,514,723.99	
458,740	3,693	1,694,126.82	15,481 ton
	1,430	91,928.98	
	2,278	419,076.83	

サケ・マス漁獲のために使用した流網は商用網 110 反（目合，130, 121, 115 *mm*），試験網 30 反（目合，48, 55, 63, 72, 82, 93, 106, 121, 138, 157 *mm* 各 3 反）計 140 反である。一反の大きさは長さ 50 *m*，網丈 6 *m* である。漁獲はサケ・マスの外スケトウダラが多数あった。

図 5 に本実験地点における水温と塩分の鉛直構造を示す。

考　　察

表層近くを遊泳するサケ・マスの echo trace を記録する方法としてソーナー方式によるサケ・マス魚探機や水平魚探機が使用されてきているが，資源量の正確な推定のための有効な手段には現在まだ至らない。したがって，中層から超音波を上向きに発振し，ごく表層近くの echo trace を記録することができると，表層近くの魚族の資源の解析のための新しい一助となろう。

T. T. 装置を試作するにあたり二つの大きな問題があった。その一つは中層でどのように発振器を水平にしかも安定に保つことができるか，他方どのような方式で記録を取得するかにあった。二年間にわたる著者らの実験によってディプレッサー付の水平曳航板に小型の送受波器を取付け，有線で曳航する装置を試作，試用実験の結果一応の解決をみた。T. T. 装置では echo trace を計数する上で発振ノイズやその他のノイズ等の影響は少なく，また S. T. C. 回路を使用し，表層のプランクトン等の影響の除去が可能になれば，サケ・マスの echo trace の計数が容易となり，この T. T. 装置によるサケ・マス資源現存量推定を可能にするであろう。

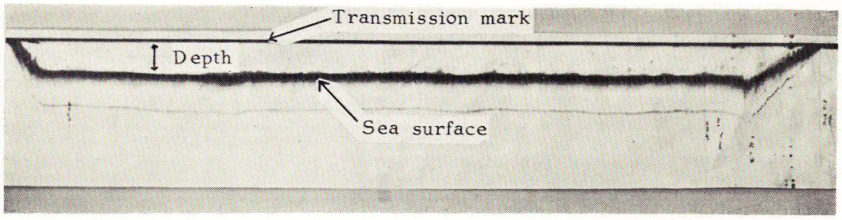

Fig. 3–a). Photograph showing the record of T.T. echo sounder of the net setting (Time of observation 19.34–20.04).

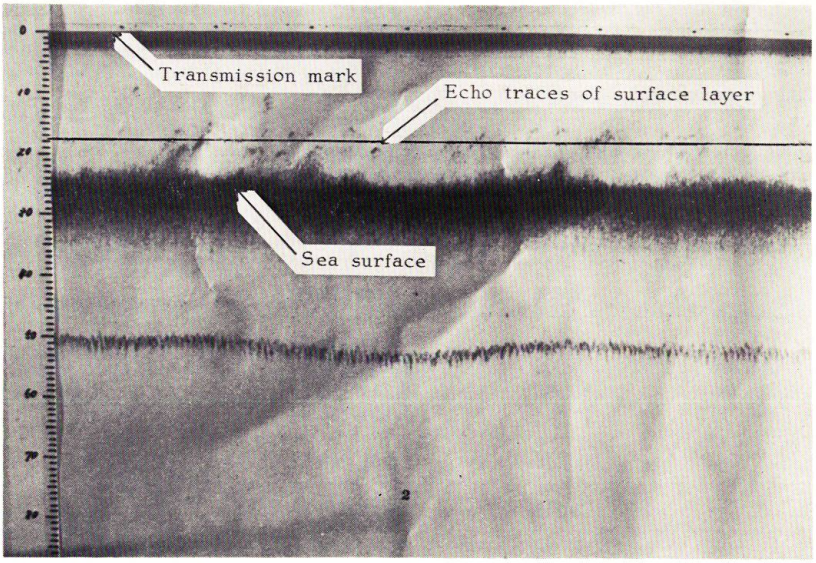

Fig. 3–b). Photograph showing part of the echo patterns recorded by the T.T. echo sounder.

しかし現段階では技術，構造，性能，echo trace 計数上の点で改良しなければならない諸問題点があり，次に列挙してみる。

1. T.T. 装置操作上の問題点

a) T.T. 装置の重量が重く，さらにキャップタイヤーコードを使用するため操作が面倒であり，とくに投揚時には 6～8 人の人手を要する。

b) キャップタイヤーコードとワイヤーロープの長い走出は，重量が重くなり，対水抵抗が大きくなる。

以上の問題点は，T.T. 装置専用のキャップタイヤーコード自動巻取装置の取付けや船尾を改良すれば解決できる。

2. T.T. 装置付魚探機の問題点

a) 北洋では，表層付近に厚く，濃いプランクトン等の層があり，実験のほとんどの echo pattern が雲状の厚い層に覆われ echo trace が計数不可能であった。これは技術的に S.T.C. 回路を適度に調整すること，周波数，指向角等を変えることにより表層付近の鮮明な echo trace が記録されるだろう。

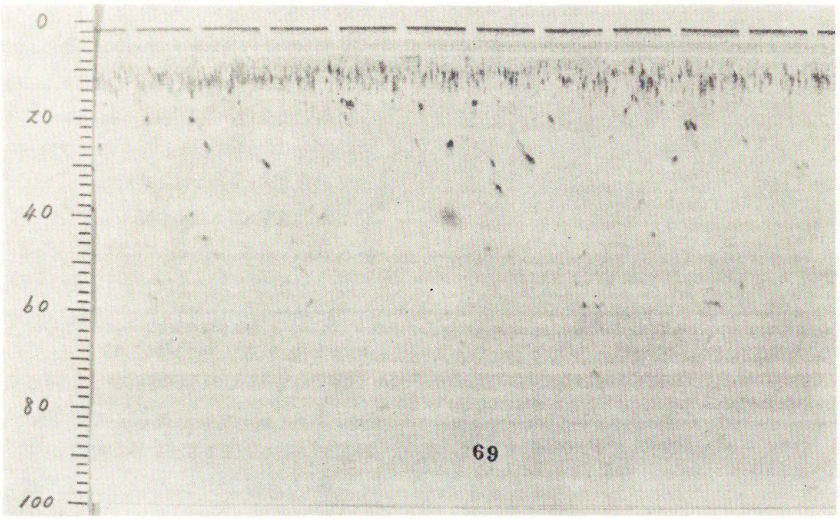

Fig. 4–a). Photograph showing the echo pattern of the vertical echo sounder during the T.T. echo sounder No. 2 towing (Time of observation 19.45).

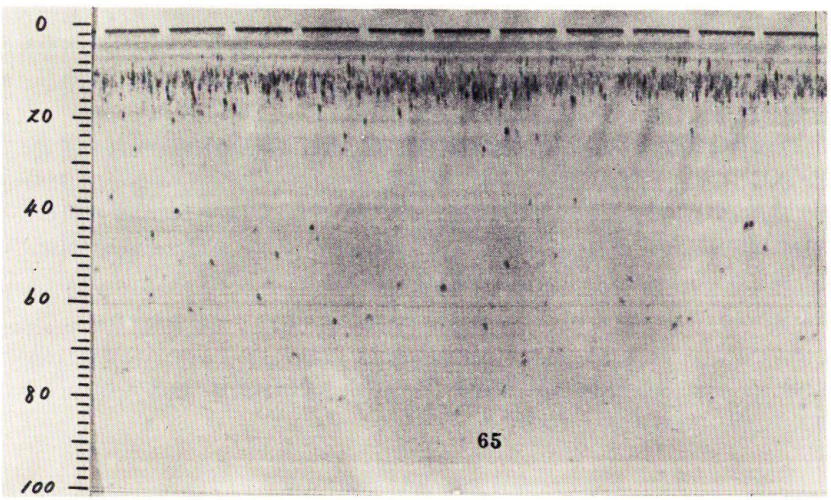

Fig. 4–b). Photograph showing the echo pattern of the vertical echo sounder during net setting (Time of observation 18.15).

b) T.T. 装置がスクリュー音，航跡やキャップタイヤーコードの後を曳航することになるため，表層近くの魚が逃避することが考えられる。今回は船が風浪を横に受けて流されるようなコースをとって曳航したが，ワイヤーロープは 100 m しか走出できず充分とはいえない。

c) 中層から上向きに発振される超音波は，魚の腹側から入射し，その echo を記録することになるので腹側の反射強度についての研究が必要である。

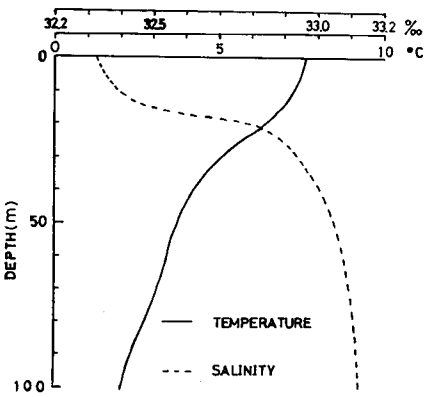

Fig. 5. Vertical structure of temperature and salinity at experiment point.

3. 資源量推定のための問題点

a) 同時に行った垂直方向探知の魚探機との比較では，T.T. 装置で海面まで scanning しているにもかかわらず表層で echo trace の数が垂直方向探知の魚探機によるものの方が多かった。これは垂直方向探知の魚探機では，ごく表層近くの他生物の echo や雑音を数えやすいこと。他方 T.T. 装置魚探機では理論上広指向角のため方位分解能が鈍くなり，一定の pulse volume 内に数尾の魚が接近している時でも一つのecho trace にしか数えられない。

b) 垂直方向探知の魚探機による投縄時と曳航時の echo pattern を比較してみると，曳航時の方が echo trace 数が多く密度が高くなっているのは，時間的経過によって下層にいたスケトウダラ等が上層に浮上してきたためと考えられる。これは図 4-a と図 4-b を比較すれば明白である。

c) 漁獲ではサケ・マスの外スケトウダラが多く漁獲されているので，記録された echo trace は，すべてサケ・マスの echo として推断することはできないが，図 4-b のように日没前の適当な時期において魚種により離層していることが考えられるので，この時間帯に曳航・記録すれば，サケ・マス資源現存量推定のために T.T. 装置付魚探機を，なお有効に使用できると思われる。菊地の立なわ試験によれば，[5] 大陸だな上のスケトウダラの主遊泳層は，水深 30 *m* 以下であると報告している。

d) T.T. 装置魚探機は，サケ・マス資源現存量の推定のため垂直魚探機の欠点を補完する目的で試作・試用したが，T.T. 装置によるごく表層近くの計数値，すなわち，0～7 *m* 範囲の echo trace 数を，垂直方向探知の魚探機による計数値，すなわち，A zone の echo trace に付加してサケ・マス資源現存量推定のための魚探機情報とする方がよい。また，資源現存量の試算は，今後魚探情報を積重ねることによってより精度の高いものにすることができる。

本研究実験にあたり御指導いただいた本学部石田教授，藤井教授，実験実施にあたり積極的に御協力をいただいたおしょろ丸船長をはじめ，同乗組員諸氏に深謝する。また T.T. 装置の試作に御助言，御協力をいただいた本学部増田助教授，函館ドック K·K，魚探機の改造，使用に御協力をいただいた海上電機 K·K，ホシ電機 K.K，に深謝する。

文　　献

1) 安間　元・佐野典達 (1975). 魚探機によるサケ・マス資源現存量の推定について. I. ベーリング海アンドレアノフ諸島沖における予備実験. 北大水産彙報 **26**, 137–153.
2) 佐野典達・安間　元 (1976). 魚探機によるサケ・マス資源現存量の推定について. II. 資源現存量推定におけるシステム・モデル. 北大水産彙報 **27**, 78–90.
3) 伊藤　準 (1967). 水産庁，立なわによるサケ・マスの垂直分布調査結果,
4) Hartt, A.C. (1962). Movement of salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea as determined by Tagging 1956–1958. INPFC Bull 6, 1–157.
5) 菊地　享 (1973). 北西部北太平洋における主要浮魚類の鉛直分布と海洋構造の比較研究. 修士論文.