

音響的調査手法による日本海産キュウリエソの 資源量評価のための魚種判別法について

濱野 明*・内田 和良*・武田 靖昭*

Sorting Echoes of Sternoptychid Fish, *Maurolicus muelleri*, from Quantitative Sounder Echograms with Verification by Midwater Trawl

Akira HAMANO*, Kazuyoshi UCHIDA* and Yasuaki TAKEDA**

Abstract

One of the key points to increase the accuracy of biomass estimation through quantitative echo sounders, is how to sort only the information of target species from the continuous records along preliminarily settled transect lines.

The echo source probable was detected by midwater trawling aimed at various types of DSLs found in the area along 200m isobath off Oki Islands, in the summer of 1986 to '89 and Nov. of 1989. Just before or after the trawlings, XBT and CTD were adopted for collecting water temperature information.

Examining in detail these records and vertical curves of volume backscattering strength, which is the most effective information and usually obtained during an echo survey, it became possible to settle the following criteria to sort out the echo of the target fish, *Maurolicus muelleri*, from the continuous records.

- 1) Sounding at night and dawn is unsuitable for biomass estimation, because of difficulty in separating the echo of target fish from that of other sources, as indicated by the results of trawling. Therefore, daytime sounding is preferable.
- 2) Sort the information from DSLs found in the layer deeper than 150m of the cold water area (below 7°C). As shown in Fig. 10, DSLs with catch of the target fish and that without it were separated vertically and with respect to water temperature.
- 3) When DSLs are stratified into shallow and deep categories, the deep layer should be chosen, as indicated by the comparison of Trawl No.16 with No.26 (Table 3).
- 4) Adopt the information from the continuously recorded echoes of over -67 dB in small clusters, as indicated by Fig. 11.

1. 緒 言

音響計測法を用いた資源量評価において、計測線に沿って連続的に得られる情報の中から必要な情報だけを抽出する魚種判別法の確立は、音響システムによる水産資源の推定精度を向上させる上で最も重要な問題の一つ

1992年5月6日受理

* 水産大学校 Shimonoseki University of Fisheries, Nagatahonmachi, Shimonoseki 759-65, Japan.

** 北海道区水産研究所北光丸 Hokkaido National Fisheries Research Institute, Hokko-maru, Kushiro, Hokkaido 085, Japan.

である。特に、日本近海のように多数の魚種が混在して生息しているような海域においてその重要性は著しい。さらに、同一魚種であっても、発育段階（三谷, 1987）、昼夜（竹下ほか, 1987）、季節、分布域等の違いにより、その分布様式が全く異なることから、魚種判別法の問題をますます複雑にしている。この問題は音響資源調査において基本的な問題にもかかわらず、具体的な判別法が未だ確立されていない。

一方従来、音響調査における魚種判別には主として魚探機のechogram（以下、エコグラムという）に記録されるそれぞれの魚種のecho（以下、映像という）に関

する経験的知識や漁獲結果等との対比から判別するという間接的な方法がとられていた。音響調査における魚種判別の精度向上に関し、まず第一に明らかにしなければならぬ基本的な点は、魚探機から得られる音響情報の実体を、漁獲やサンプリングによる方法と環境情報を用いて、定量的に確認しておくことである。特にキュウリエソ (*Maurolicus muelleri*) のような漁業の直接の対象とならない種を対象とした魚種判別を考える場合には、これが最も基本的な点となる。

そこで、本研究では生態的知見が十分でない資源に対して適用できる魚種判別法を見いだすため、この魚種を対象として取り上げ、計量魚探機による音響強度の計測、

いくつかの典型的なDSL (Deep scattering layer) の映像に対する中層トロールによるサンプリング並びにCTD・XBTの観測結果を組み合わせ、魚種判別法の識別基準を作成することを試みた。

2. 材料及び方法

DSLは日本海において魚探機のエコグラムに時空間的に特徴的な変化をしながら現れる。そこで、1986-1989年の間、日本海南西海域 (Fig. 1) の対馬海峡東部から隠岐島周辺の200m等深線を中心とした海域で、水産大学校練習船耕洋丸 (総トン数1,990. 17トン) により、DSLの観測とDSLの構成種について調べた。

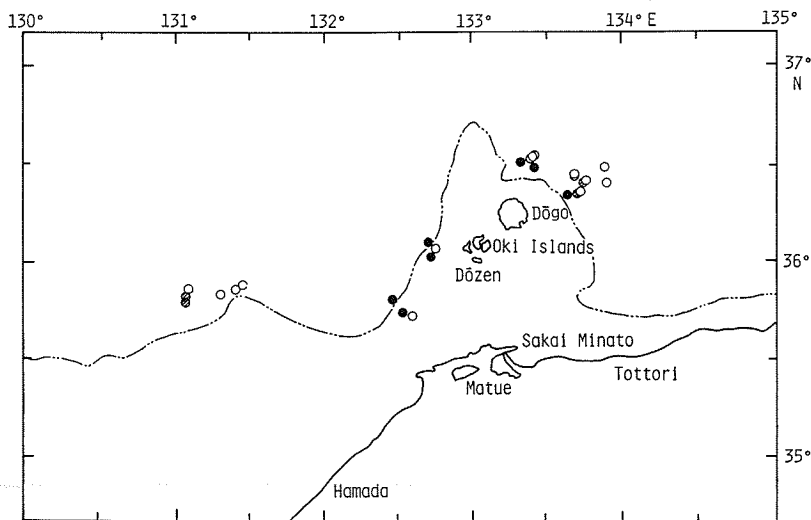


Fig. 1. Locations of midwater trawling.
○: daytime, ●: night, ⊘: twilight.

Table 1. The outline of surveys.

Date	Major subject	Area
July 29-31. 1986	Mid-water Trawl, XBT・Nansen cast	North-East to West of Oki Islands
July 26-29. 1987	Mid-water Trawl, CTD・XBT	West of Oki Islands
July 31-Aug. 1. 1988	DSL observation	North of Oki Islands
Aug. 2-Aug. 3. 1988	Mid-water Trawl, CTD・XBT	North of Oki Islands
Aug. 2-Aug. 3. 1989	DSL observation	North of Oki Islands
Aug. 3. 1989	Mid-water Trawl, XBT・Nansen cast	North-East of Oki Islands
Nov. 18. 1989	Mid-water Trawl, CTD・XBT	North-East of Oki Islands

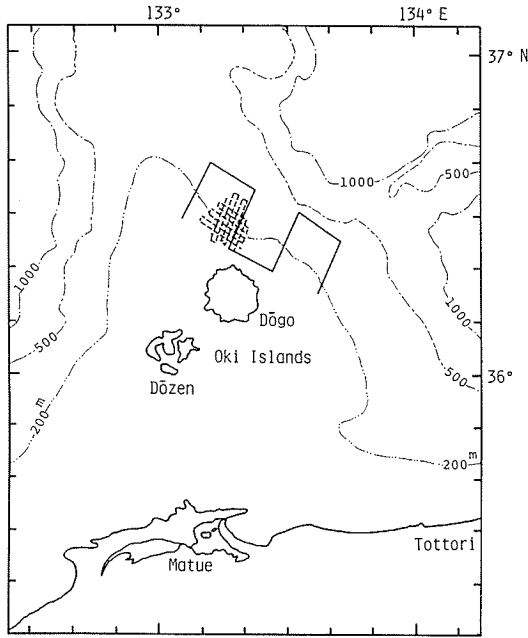


Fig. 2. The transect lines for DSL observation.
 — : In meso scale survey.
 - - - : In small scale survey.

まず第一にDSLの出現パターンと音響強度の時刻にともなう変動を観測するため、計量魚探機を用い、メソスケール(10×30マイル)とスモールスケール(10×10マイル)の範囲で調査海域を設定し、昼夜別に同一コースを航走し観測した。さらに、これらDSLとその構成種との関係を明らかにするため、中層トロールによるDSL内生物のサンプリング調査を行った。また、サンプリングに並行してXBT(鶴見精機製)・CTD(Neil Brown製)観測もしくは各層採水を実施し、DSLと水温との関係を調べた。これら調査実施状況をTable 1に

Table 2 Control setting of quantitative echo sounder and integrator (Furuno FQ-60, FQ-510) during acoustic surveys in 1988 and 1989.

	1988	1989
Frequency	88kHz	88kHz
Pulse duration	1.8ms	1.8ms
Equivalent beam width	0.019	0.019
Absorption coefficient	25.4dB/km	25.4dB/km
Gain constant	83.9	82.8
TVG	20logR	20logR
Threshold	0dB	0dB
Sound velocity	1500m/s	

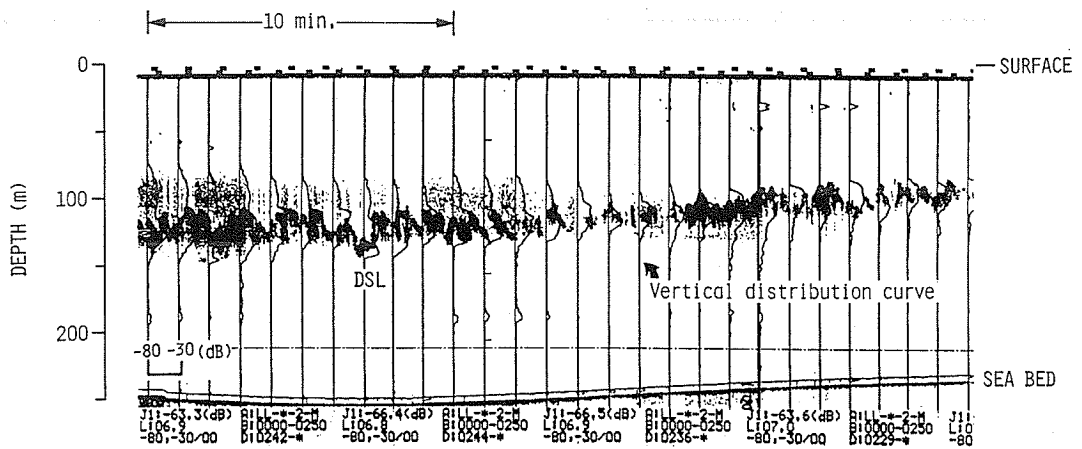


Fig. 3. An example of echogram in DSL observation. Vertical curves, so-called vertical distribution curve, indicate vertical profiles of volume backscattering strength (SV) at 1 minute intervals.

示す。但し、1989年11月の調査は水産大学校練習船天鷹丸（総トン数603トン）により行った。

2-1. 計量魚探機によるDSLの観測

メソスケールの観測は1988年7月31日から8月1日の間、スモールスケールの観測は1989年8月2日から8月3日の間、隠岐島北東海域において実施した。調査海域および定線計測ラインをFig. 2に示す。ここで、実線はメソスケール、破線はスモールスケールの計測ラインを示している。使用した音響システムは、古野電気製FQ-60型曳航式計量魚探機（周波数88kHz、出力1kW）で、魚探機システムの較正は水中標準マイクロフォンを用いてJOHANNESSON and MITSON (1985) の方式によった。魚探機システムの較正と積分設定値をTable 2に示す。

DSLの音響強度の測定には、体積散乱強度 (SV) の鉛直プロファイルとしてエコグラム上に縦方向の曲線として記録される積分曲線 (Vertical distribution curve) を用いた (Fig. 3)。この積分曲線は任意に設定した周期ごとにSVのアナログ量を求めることができる。DSLの音響強度を求めるにあたっては積分曲線の積分周期を1分毎として、DSL層内のSVのピーク値10個ずつを平均して求めた。なお、記録上におけるSVの分解能は0.5dBである。

2-2. 中層トロールによる魚種確認

魚探機のエコグラムに現れるDSLの構成種を確かめるため、Fig. 1に示す地点で中層トロールを行った。ここで、DSLの日周期鉛直移動に関し、日出没前後におけるサンプリングを昼間・夜間のサンプリングと区別するため、各調査日における日出没の前後それぞれ約30分間を生物薄明時間（以下、薄明時間という）とした。白丸は昼間、黒丸は夜間、斜線は薄明時間に行ったサンプリングの位置を示す。出現層と出現パターン異なるDSLに対して昼間16回、夜間7回、薄明時間4回の計27回、各約30分間の曳網を行った。採捕された生物種は直ちに船上でソーティングののち、種ごとに湿重量を測定した。

1986年から1989年までの夏季におけるサンプリングに用いた中層トロール（内張網を含む）の網構造はFig. 4に示す通りである。なお、マイクロネクトンの採捕を考え、サンプリングに用いた中層トロールのコッドエンドには目合20mmの内張網を装着した。また、1989年11月の調査に用いた中層トロールは袖網の長さ10.3m、目合800mm、胴網の長さ42.22m、目合は600, 400, 200, 135, 90, 75および72mm、コッドエンドの長さ8.6m、

目合60mmで、コッドエンドに装着する内張網の目合は13mmとした。

中層トロール曳網中は網口がDSLを通過するようにするため、ネットレコーダ（古野電気製FNR-400 II, 200kHz）を用い、網口水深をモニターしながら船速とワーブ長を調整しながら行われた。

一方、中層トロール中におけるDSLの音響強度の計測については、FQ-60およびインテグレーター（FQ-510）を用いて積分周期0.1マイルとして求めた。なお、1989年の天鷹丸による調査では計量魚探機は、FQ-50

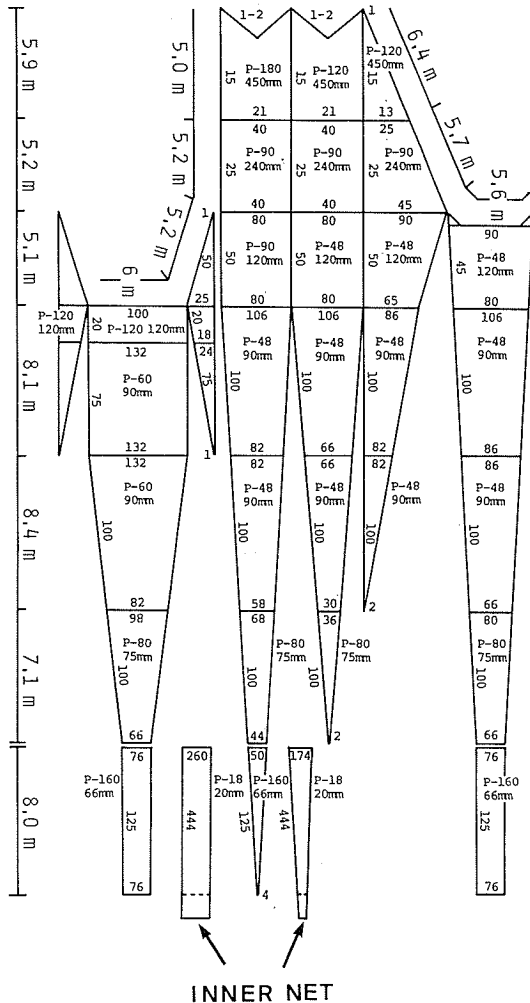


Fig. 4. Net plan of midwater trawl and inner net attached.

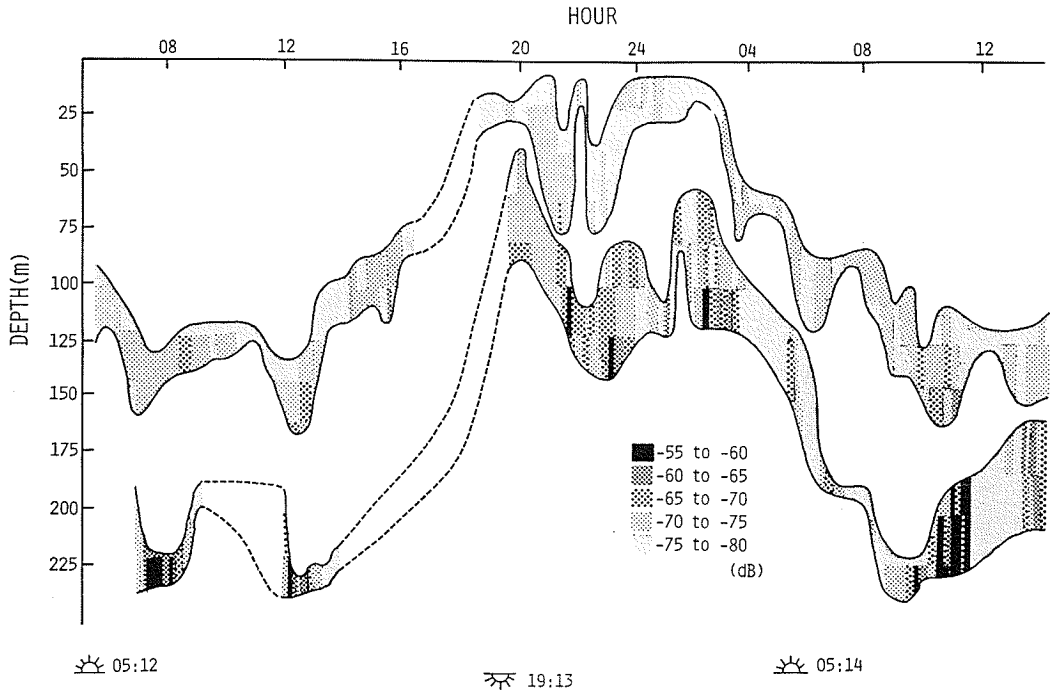


Fig. 5. Time depending vertical variation of acoustical scattering layer observed in meso scale survey (July 31-Aug. 1, 1988).

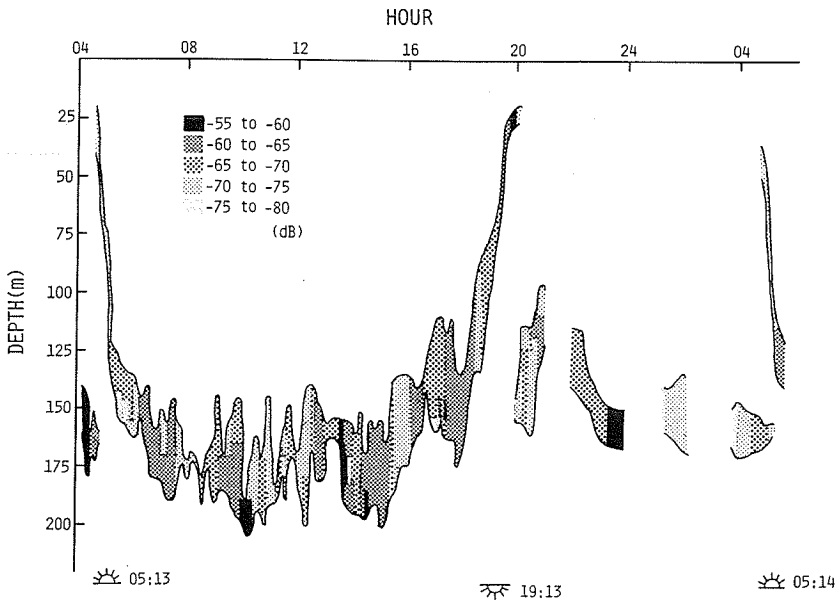


Fig. 6. Time depending vertical variation of acoustical scattering layer observed in small scale survey (Aug. 2-Aug. 3, 1989).

(周波数88kHz, 出力2kW)を用いた。また, 1988年度における中層トロール中は計量魚探機不良のため音響データが得られなかった。

2-3. 水温の測定

1986年の調査ではXBTと各層採水, 1987年の調査では, CTDとXBT, 1988年はCTDおよびXBT, 1989年

ではXBTのみによる観測を行った。また, 中層トロールによるサンプリングに際しては, XBTにより, 水温鉛直構造の測定を実施した。

Table 3. Catch by respective towing of midwater trawl.

Sampling				Catch (kg/0.5hours)					
No.	Date, Time	Hour	Depth range (m)	<i>Maurollicus muelleri</i>	<i>Thamnaconus modestus</i> (GÜNTHER)	<i>Enoplateuthis chunii</i> ISHIKAWA	<i>Arctoscopus japonicus</i> (STEINDACHNER)	<i>Todarodes pacificus</i> STEENSTRUP	Other species
1	July 29, '86	20:12-20:32	55-64	11.25	7.35	0.3			
2	29	21:30-22:02	30-60		204.2	3.15			
3	30	13:15-13:45	125-150						* 1
4	30	14:20-14:55	150-206	2.14		0.15			
5	30	19:12-19:45	27-65	60.3					
6	30	20:15-20:53	50-60	0.81	2.2				
7	31	08:47-09:55	179-189	31.8					
8	July 26, '87	16:47-17:16	140-150	0.73					
9	26	19:53-20:23	110-130		75		5	* 2	
10	26	21:17-21:44	40-50			0.2			
11	27	10:15-10:45	167-177	0.25					
12	27	13:28-13:51	70-85						
13	27	14:36-15:00	90-100						* 3
14	28	04:10-04:40	40-50		17.5	1.1			
15	28	05:29-06:00	130-145	0.73	1.65	0.48			
16	28	08:51-09:51	170-195	0.25					
17	29	08:52-09:30	147-157	3.79					
18	Aug. 2, '88	09:45-10:15	209-219	5.8	0.3	0.4			
19	2	11:39-12:10	134-146						
20	2	13:09-13:40	137-148						
21	3	22:03-22:35	97-112	8.34	49.22				
22	3	23:25-23:55	42-52		18.1				
23	Aug. 3, '89	09:59-10:42	198-208	0.84					
24	3	13:02-13:42	208-223	8.55					
25	3	18:45-19:05	113-123	40.2					
26	Nov. 18	07:49-08:24	115-140						* 4
27	18	09:11-10:09	211-221	2.28					

Note: * 1 Two *Trachurus japonicus* and a siphonophor.
 * 2 Two individuals.
 * 3 15.27kg of siphonophor per 0.5 hours towing.
 * 4 An individual of *Etrumeus teres*.

3. 結 果

3-1. DSLの時空間的変動と音響強度

DSLの分布が時空間的にどのように変動しているかを明らかにするため、DSL層の音響強度をエコグラム上に記録される積分曲線から求め、5段階に分け模式図をFig. 5, Fig. 6に示した。

Fig. 5に示すように、1988年夏季におけるメソスケールの観測では、2層のDSLが現れ、昼間上層のDSLは140m付近、下層のDSLは200-225m付近にはほぼ一定の深度を保ちながら連続的に記録された。日没前の16時頃から上層のDSLは浮上をはじめめる傾向を示したが、観測位置がDSLとはずれため、上昇過程を記録できなかった。しかし、日没後にはDSLは20-75mと120mで記録された。また、薄明時の4時頃から2層とも降下を始め、再び昼間の深度に移動定着することが認められた。

一方、1989年夏季に行ったスモールスケールのDSLの観測 (Fig. 6) の結果は、メソスケールの観測と異なり1層のDSLしか現れなかった。日周期鉛直運動については、昼間150-200m層に一定の深度を保ちながら連続的に現れた層が16時頃から浮上しはじめ、夜間には25mまで上昇した後、見られなくなった。しかし、少し遅れて、125-150m付近に継続的に層が見られ、薄明時の4時頃から再び深層に移動する現象が記録された。

このように日本海南西部の200m等深線を中心とした海域におけるDSLは、顕著な日周期鉛直運動を行い、時空間的に特徴のある変化をすることが明らかにされた。

3-2. 中層トロールによる魚種確認

これらのDSLの構成種を明らかにするために、この層を対象として中層トロールを曳網した。その結果をTable 3に示す。この表では採捕重量は、結果を規準化するため、30分間曳網の採捕重量に変換して表した。

27回実施されたサンプリングの結果、キュウリエソが採捕されたのは16回で、そのうち昼間16曳網中10回、夜間には7曳網中3回、薄明時には4曳網中3回であった。そこで時空間的に変化するDSL層の動きと各曳網時の深度がどのように対応しているかを知るため、曳網層と単位時間当りの採捕重量の時刻にともなう変化をFig. 7に示した。なお、異なる調査航海の結果の間に大きな差異は見られなかったため、図を簡略化するために航海番号を省略した。この図からキュウリエソが採捕された曳網層はDSLの動きとほぼ一致していることが分かる。エコグラムに記録された映像からでは夜間表層近くまで浮上した群のその後の行動を確認できなかったが、曳網調査の結果、薄暮時に上昇したキュウリエソ群は日没後分散し、夜間は100-120m付近に滞留していることが示唆された。このことは、川口 (1971a ; 1971b) が行った魚探機によるキュウリエソの観測結果とほぼ一致した。また、単位時間当りのキュウリエソ採捕重量は、日没前後の薄明時間において最も多く、キュウリエソが密集している時間帯であると考えられた。

DSL層の曳網を試みた時の代表的なエコグラム例をFig. 8に示す。このエコグラムに記録された映像は

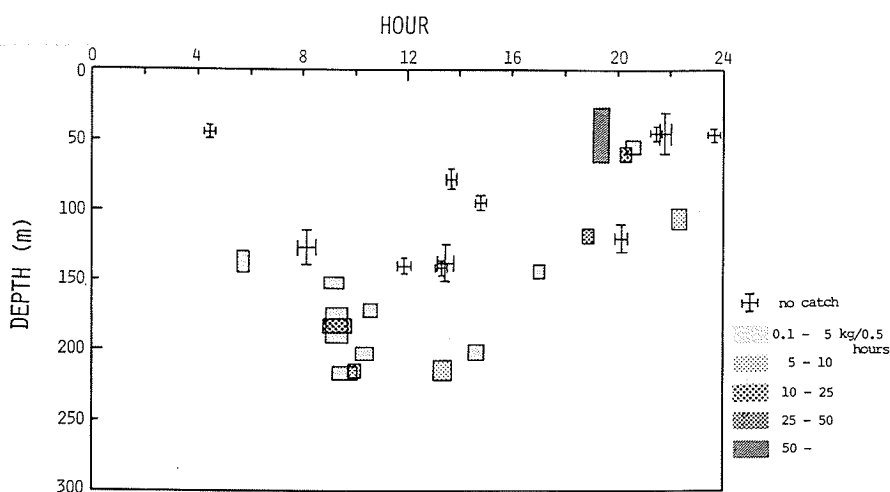


Fig. 7. Catch of per half hour of target species by midwater trawl for DSLs detected at various layers in various hours.

1989年8月3日18:45から19:12(日没は19:11)に観測された2層のDSL映像で、80-90mに薄い層、120-150mに濃い層が記録された。この図は下層のDSLを対象に曳網を試みた時のエコグラムである。破線はトロールの網口の通過層を示し、下図は同時に計測したネットレコーダの記録を示している。この曳網ではキュウリエソ40.2kgのみが採捕された。次に、Fig. 9の(1)は、1986年7月30日の日没前後(日没は19:14)にかけて上昇中のDSLを対象に19:12から19:45の間曳網した状況を示している。この結果はキュウリエソが66.2kg採捕され、他種の混獲は見られなかった。さらに(2)では1987年7月28日8時頃から観測された2層のDSLのうちの下層を

曳網した。この結果は0.5kgのキュウリエソが採捕された。しかし、同時に現れた上層のDSLについては、この時には確認できなかったが、同様の映像が1989年11月18日に見られた。このDSLを対象とした曳網をNo. 26サンプリングにおいて行い、No. 26ではウルメイワシ(*Etrumeus teres*)1尾のみが採捕され、キュウリエソは見られなかった。(3)は、1987年7月26日19時頃から観測されたDSLを対象とした19:53から20:23の間、曳網した状況を示している。結果はウマズラハギ(*Thamnaconus modestus*)75kg、ハタハタ(*Arctoscopus japonicus*)5kg、オキアミ(*Euphausia pacifica*)、スルメイカ(*Todarodes pacificus*)が数個体採集さ

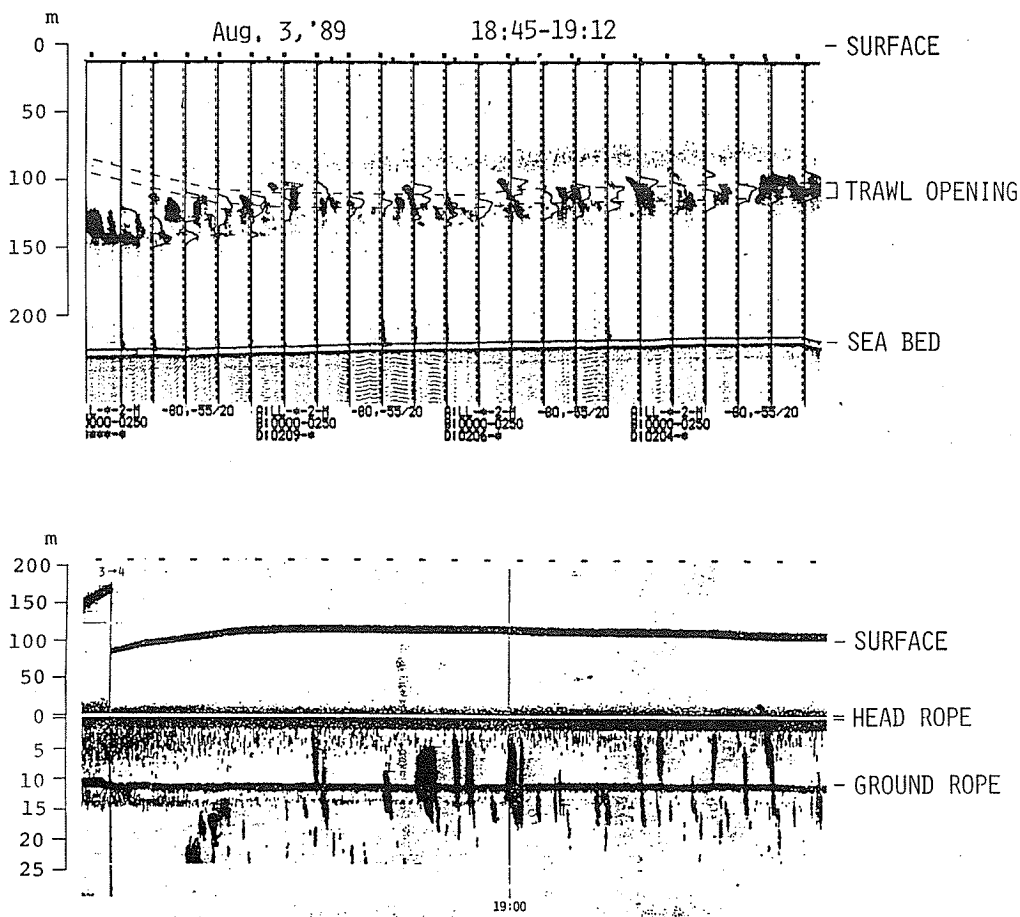


Fig. 8. Echogram of quantitative echo sounder with track of trawl and record of net-telemetry.

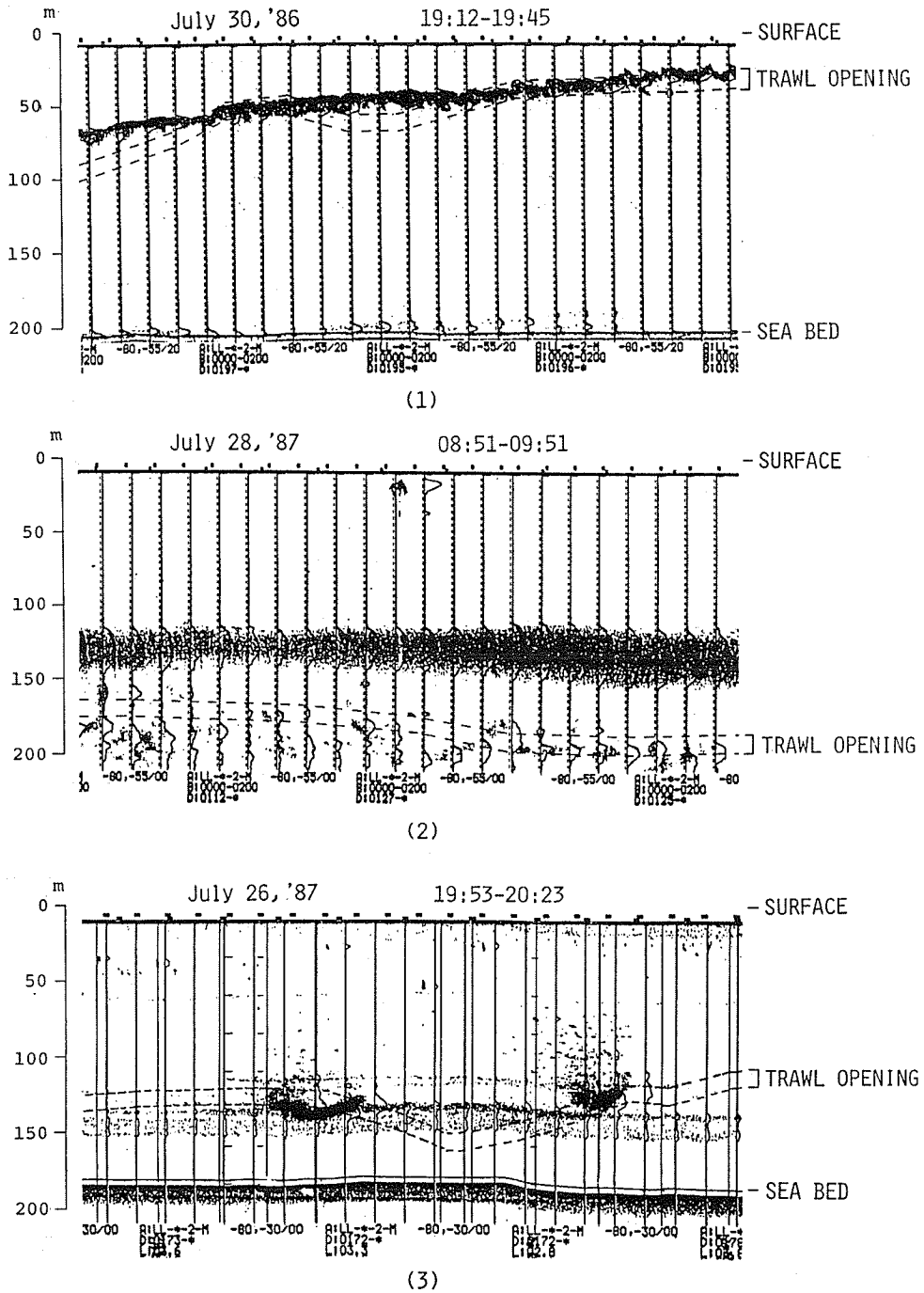


Fig. 9. Examples of track of midwater trawl in relation of DSLs, with vertical distribution curves of SV.

れただけで、キュウリエソは採捕されなかった。

以上代表的な曳網例を示したが、これら魚探機のエコグラムで得られた映像からキュウリエソが採捕された時のDSL映像を定性的に表すと、ほぼ次の3つの特徴が認められた。

1. 小塊群が連続的に現れる。
2. 16:00頃より濃密群が連続的に形成され、日没時に上昇する。
3. DSLが2層現れる場合は、第2層の構成種として現れる。

3-3. 魚種判別のための識別基準

前項までに得られた結果とさらに調査期間中に得られた水温および積分曲線の結果に基づき、魚種判別のための定量的識別基準について検討した。

キュウリエソの生息深度と水温との関係を明らかにするため、中層トロールを行った地点におけるCTD・XBT観測の結果を用い、キュウリエソが採捕された場合とされなかった場合におけるこれらの関係を昼 (a)、薄明時 (b)、夜間 (c) に分けて Fig. 10 に表した。この図は、トロール曳網中における網口の深度をネットモニターから読みとり、キュウリエソが採捕された場合とされなかった場合の深度層の水温データを各曳網ごとに整理したものである。この図からキュウリエソは深度、水温とも極めて広い範囲に分布していることが分かった。しかし、時刻によって分けると分布範囲は限られる。すなわち、昼間 (a) には深度70mから230m (水温1.1°C

-14.0°C) の範囲で16回曳網したが、キュウリエソが採捕された曳網は150m以深で水温6.5°C以下の場合に限られていた。薄明時 (b) にはDSLの鉛直移動が激しいが、時間が短いので深度40mから150mにわたって4回しか曳網できなかつた。水温は水深の変化にともなって、21.5°Cから7.2°Cまで下がった。この4曳網の中でキュウリエソが採捕されなかったのは1回だけであったため、採捕の有無と深度・水温との関係については論議できない。夜間 (c) には30mから130m (水温26°C-12.5°C) の範囲で7回曳網し、うち3回において採捕が見られた。しかし、いずれの深度・水温にも採捕が見られた曳網と、見られなかった曳網が混じっており、深度、水温情報からの分布の識別は困難と考えられた。

以上のことからキュウリエソは、広範囲にわたる日周期鉛直移動を行っているが、昼間における分布は150m以深に限られており、キュウリエソの識別に関してはこの深度帯で見られる映像について検討すればよいことが分かる。また、この際水温情報が得られれば夏から秋における水温7°C以下において得られた映像を対象とすれば推定精度はさらに向上する。したがって、キュウリエソの魚種判別をしながら資源量観測をするためには成群性も考慮して昼間計測が最適であると考えられる。

さらに、資源量の推定精度を上げるために追加できる情報として、音響調査中常に魚探機のエコグラム上に記録されるSVの鉛直プロファイルとしての積分曲線がある。そこで、各曳網について網口が通過した深度層にお

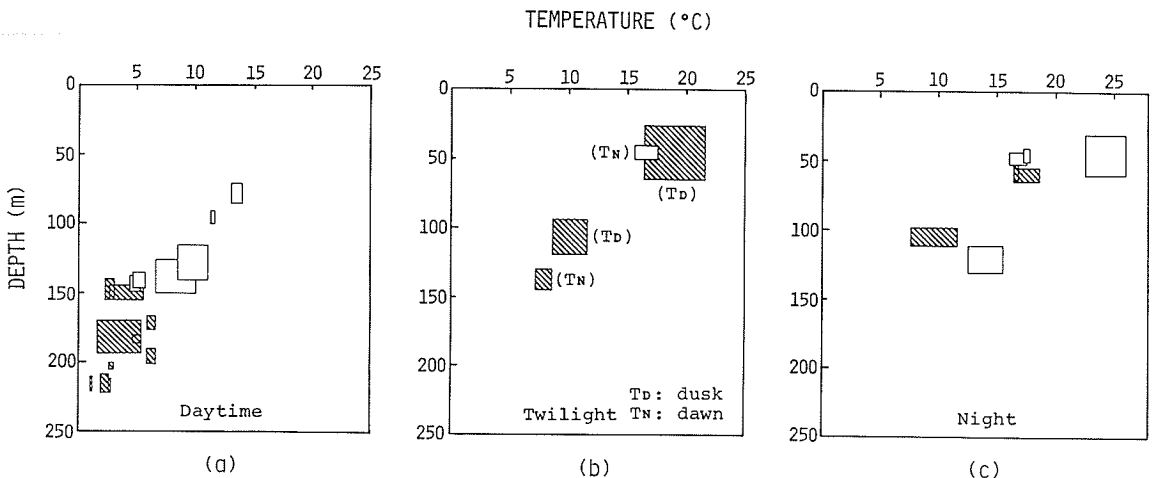


Fig.10. Catch in daytime (a)-, twilight (b)- and night (c)- trawling in respect of depth and temperature. :catch, :no catch.

音響的調査手法による日本海産キュウリエソの資源量評価のための魚種判別法について

ける0.1マイル毎の音響強度の分布について調べた。なお、天鷹丸で行った11月の曳網については季節が異なることや魚探機と中層トロール内張網の目が異なるので、この検討からは除外した。また、1988年実施の曳網については計量魚探機不良のため音響強度のデータが欠落している。

20回の曳網時における音響強度の分布を、キュウリエソのみが採捕された場合 [A]、他種の混獲があった場合 [B]、およびキュウリエソが全く採捕されなかった場合 [C] に分けてFig. 11に示す。この図において0.1マイル毎に得られた積分曲線の曳網深度層におけるピークがほぼ同じ値で連続している場合、すなわち映像に連続性がある場合を●印、それ以外のものを×印として表した。また、曳網を実施した時刻については昼間 (D) 薄明時 (日出 T_N 、日没 T_D)、夜間 (N) と表した。なお、

キュウリエソが採捕された場合については曳網番号と採捕重量 (kg/0.5hours) を併記した。この図より次のことが分かる。

(1)キュウリエソが採捕されなかった場合で映像に連続性があるのは7例中4例 (No. 2, 3, 9, 14曳網) あり、これらの音響強度は-67dB以下であった。したがって、映像に連続性があっても-67dB以下の反応は今用いた中層トロール網では採捕できない程度の小型の散乱体 (網に付着した生物からアミの可能性はある) によると考えられる。一方、No. 9曳網には-67dB以上の音響強度が得られ、ウマズラハギが多数漁獲された。しかし、それらの映像は不連続であった。したがって、音響強度が強くても映像に連続性がない場合はキュウリエソ以外による反応と考え、識別対象から除去する必要がある。

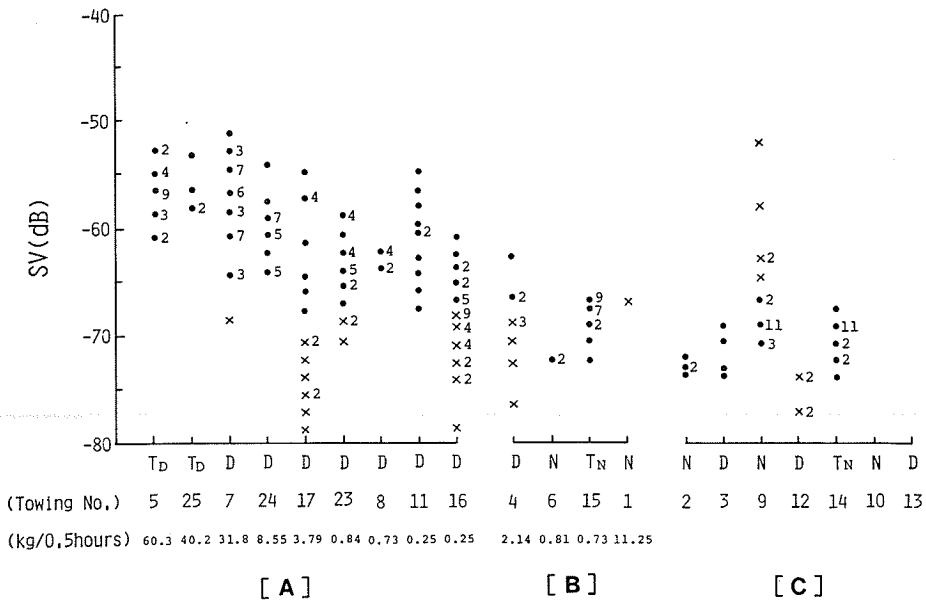


Fig.11. Different continuity and peak values of SV between the tows with and without catch of target species (SV--taken at 0.1mile intervals).

For the tows No.10 and 13, all the echoes are lower than-80dB in SV.

For the towing No. 1, only a part of echoes were recorded.

D: Daytime tows, T_D : twilight (dusk) ones, T_N : twilight (dawn) ones, N: night ones.

●: Continuously recorded echoes, × : isolated ones (Subscripts show data frequency. Here, subscript is omitted in case of single value).

[A]: Catch exclusively of target species, [B]: target species and other ones, [C]: target species not caught (whether other species was caught or not was not dealt.).

(2) キュウリエソのみが採捕された場合には-67.5dB以上の映像が連続的であった。また、-67dB以下の音響データは、映像が途切れた場合のものである。したがって、キュウリエソの識別に関しては、映像に連続性があり、かつ-67dB以上のDSL映像を対象とすればよい。

(3) キュウリエソのみが採捕された場合は日没直前の2例を含めるとすべて昼間の曳網である。

(4) 他種が混獲されている場合は曳網回数は少ないがNo. 4の昼間を除くと、3例(No. 1, 6, 15曳網)が夜間および、日出前における曳網である。ここで、日本海においてキュウリエソを対象とした音響調査を行う場合、同じマイクロネクトンであるホタルイカモドキ(*Enoplateuthis chunii* ISHIKAWA)を分離することを考えなければならない。昼間のNo. 4曳網でキュウリエソとホタルイカモドキが混獲されているが、この際の曳網は非常に不安定で曳網層が大きく上下した。したがって、目的の層より上層を曳網した部分でホタルイカモドキが混獲された可能性が高い。このNo. 4曳網以外では昼間ホタルイカモドキはキュウリエソと混獲されていない。このことから昼間においてはこれらの種は同一の層には生息していないと考えられる。以上のことから他種との分離識別が困難な夜間および日出前を避ける必要があると考えられる。

資源量計測を目的とした音響調査では、計測線に沿って連続的に得られる情報の中から、対象とする種以外の不必要な情報を取り除かなければならない。そこでこれまで得られたエコグラムに記録された映像、生息水深と水温との関係および音響強度に関する知見をキュウリエソの魚種判別のための識別基準としてまとめると次の通りとなる。

1. キュウリエソとそれ以外の種の分離識別が非常に困難な夜間および、日出前は計測時機としては避ける必要がある。
2. 小塊群が連続して分布する昼間が最適な計測時機である。
3. 昼間、2層のDSLがある場合はその下層を対象とすればよい。
4. 広範囲な日周期鉛直移動を行っているが、昼間に深度150m以下、水温7℃以下で見られるDSL映像を対象とすればよい。
5. -67dB以上のDSLを対象とし、かつ積分曲線のピーク値がほぼ同じ値で連続している映像がキュウリエソによるものである。

4. 考察と論議

日本海大陸棚の200m等深線を中心とした海域に集中的に、しかも濃密に分布していると考えられているキュウリエソの魚種判別のための識別基準を、音響調査、中層トロール、およびCTD・XBTによる水温観測結果を組み合わせた計測手法を用いることにより検討した。

日本海で唯一の魚類マイクロネクトンであるキュウリエソは、イカ類マイクロネクトンとともに日本海におけるDSLの主要な構成種として、その生物量は莫大なものと推定されている(西村, 1959; 沖山, 1971; 1978)。一方、超音波散乱層として魚探機のエコグラムに現れるDSLは、その構成体として、動物プランクトン、マイクロネクトン、魚類仔稚等の生物(MOORE, 1950; URICK, 1979; BAIRD *et al.*, 1974; 柴田, 1963; 鈴木・伊藤, 1967; 内田ほか, 1986)。また、水温躍層等の海水の密度差(稲垣, 1987)、懸濁物、漂砂、気泡等の非生物と、様々な要因によって構成されており、その実態のすべてについてはいまだ十分に明らかにされていない。

本研究では、日本海大陸棚周辺において時空間的に特徴的に変化し日周期鉛直運動を行う超音波散乱層として魚探機のエコグラムに現れるDSLの中から、資源量評価の対象とするキュウリエソのみを抽出するとを目的として、中層トロールによるDSLの調査を行った。

ここでトロールを用いた方法により海洋生物の垂直分布と音響散乱の垂直分布との関連を検証する際に生ずる問題として、HERSEY and BACKUS (1960)は次の3つの問題点を提起している。まず第1に、用いた採集器具が対象とする生物に対して適切であるかということである。キュウリエソのような中深層性魚類マイクロネクトンは、遊泳力は弱い、プランクトンと異なり逃避能力がある。したがって、プランクトンネットやIKMT (ISAACS and KIDD, 1953)といった採集器具では、これら5cm程度のマイクロネクトンの採集に対しては不十分である(GJØSAETER・川口, 1981)。本研究で用いた中層トロールは通常1.5m/sのスピードで曳網することや、網口が十分に大きいことからマイクロネクトンの網からの逃避は無視できるほど小さい。したがって、この点では魚類マイクロネクトンの採集に際しては、十分な能力をもっていると考えられた。しかし一方で、内張網の目合がプランクトン採集用の目合より大きいためプランクトンの採集ができず、この点では問題が残った。したがって、すべてのDSL構成種を採捕することを考える場合には、各種の採集器具を組み合わせた使用法も検

討する必要がある。

第2に、目的のDSLの曳網中における他の海洋生物の入網に関する問題である。本研究に用いた中層トロールは目合が13mm, 20mmであることから体長13mm以上の生物が混獲採集されることはあるが、それ以下の場合には考慮する必要がない。したがって、ここで13mmより大きい捕獲種について考えればよいわけであるが、採集時間内に数多く採捕された生物種と映像の連続性、音響強度を考えれば、十分判別がつくものと考えられた。

第3に、一回の曳網で多種多様の海洋生物が採集されることにより、観測された音響散乱層と採捕された生物が真に一致しているかという問題である。この点については、本研究において中層トロールにより採捕された生物のほとんどがキュウリエソもしくはウマズラハギおよびホタルイカモドキである。これらの種との識別において、ウマズラハギの映像は不連続であること、ホタルイカモドキは昼間の生息層がキュウリエソと異なっていることから、昼間計測を行えば容易に識別できると考えられる。このように、混獲された種との識別については映像の連続性、計測時刻および生息層を考慮することにより識別が可能と考えられる。ただし、季節的にマイワシなどの浮魚類が混獲される場合も考えられることから、産卵回遊を行う種に対する生物学的知見も検討しておく必要がある。

もう一つの問題として、網口が表層から曳網層まで移動する間における混獲が上げられる。しかし一般に、目的の層に対する曳網時間に比べ、この通過時間は短い。したがって、この間に他の生物が採捕されたとしても全体の総生物量に占める割合は少ないと考えられる。このことから表層から曳網層までの移動は、曳網層と採捕された種とを判別するのに大きな影響を及ぼさないと考えられる。

本研究における曳網調査のほとんどが夏期において行われており、わずかに2回11月に実施している。したがって、季節的差異についての検討が必要となる。

以上、マイクロネクトンの現存量評価のための魚種判別の基準を日本海産キュウリエソについて検討した。この結果、音響調査、中層トロール、およびCTD観測を組み合わせることにより魚種判別のための確度の高い基準を設けることができた。しかし、ここで得られた魚種判別のルール他に、蓄積された定性的情報、経験的知識も魚種判別に活用できるはずである。このような人の持つ経験的知識や、従来、断片的であった定性的、定量的情報をデータベースとしてコンピュータに組み込み利用

する人工知能を応用した(青木ほか, 1989), 魚種判別のためのエキスパートシステムの構築については、魚種判別の新しい判別方法として今後検討されてもよいだろう。

5. 要 約

音響的調査手法による資源量評価に関する計測法確立において、対象生物に関する必要な情報だけを抽出する魚種判別の問題は、最も基本的な問題であるにもかかわらず、いままで具体的な判別法が確立されていなかった。

そこで、本研究では実際の音響調査で必要とされる実用的な魚種判別のための識別基準の作成を試みた。

(1) 本研究の対象生物であるキュウリエソは漁業の直接の対象でないため、魚種判別のための基礎データが十分でない。したがって、本研究では基礎データ蓄積の第一歩として中層トロールによるサンプリング並びにCTD観測と音響情報を組み合わせることにより魚種判別のための識別基準作りを行った。

(2) 季節的差異に関する問題が検討課題として残されたが、日本海において唯一の魚類マイクロネクトンであるキュウリエソに関する魚種判別のための確度の高い識別基準を明らかにすることができた。得られた結果は音響的調査手法を用いた日本海産キュウリエソの資源量評価のための音響調査に際し、実用的な魚種判別法として有効に利用されるものと考えられる。

(3) 音響的調査手法による日本海産キュウリエソの資源量評価のための魚種判別のための識別基準として得られた結果は次の通りである。

1. キュウリエソとそれ以外の種との分離識別が非常に困難な夜間および、日出前は計測時機としては避ける必要がある。
2. 小塊群が連続して分布する昼間が最適な計測時機である。
3. 昼間、2層のDSLがある場合はその下層を対象とすればよい。
4. 広範囲な日周期鉛直移動を行っているが、昼間に深度150m以下、水温7℃以下で見られるDSL映像を対象とすればよい。
5. -67dB以上のDSLを対象とし、かつ積分曲線のピーク値がほぼ同じ値で連続している映像がキュウリエソによるものである。

(4) 本研究のような中層トロールによるサンプリング並びにCTD観測と音響情報を組み合わせた手法は、他の生態的知見が十分でない種を対象とした魚種判別法を検

討する場合にも適用できる有効な手法と考えられた。

6. 謝 辞

本報告をまとめるにあたり貴重な御教示を賜った東京大学海洋研究所教授石井丈夫博士、同所助教授青木一郎博士に深く感謝の意を表す。また、本報告を懇切に御校閲いただくとともに貴重な御教示を賜った水産大学教授前田 弘博士、及び同校練習船耕洋丸大村千之氏、(前船長片岡昭吉氏)並びに天鷹丸船長乾 栄一氏始め乗組員諸氏に心からお礼申し上げる。

文 献

- 青木一郎・稲垣 正・三谷 勇・石井丈夫(1989) カクチイワシの漁況予測へのエキスパートシステムへの応用。日水誌, 55, 1977-1983.
- BAIRD, R. C., D. F. WILSON, R. C. BECKETT and T. L. HOPKINS (1974) *Diaphus taaningi* Norman, the principal component of a shallow sound-scattering layer in the Cariaco Trench, Venezuela. J. Mar. Res., 32, 301-312.
- GJØSAETER, J.・川口弘一(1981) 世界の中層性魚類の資源量に関する総説(川口弘一訳)。海洋水産資源開発センター。東京, 157pp.
- HERSEY, J. B. and R. H. BACKUS (1960) Sound scattering by marine organisms. In, The sea, Vol. 1, ed. M. N. Hill, Interscience. New York, 498-539.
- 稲垣 正(1987) 魚群探知機による生物量の測定及び海洋構造の計測。海洋音響研究会誌, 14, 132-134.
- ISAACS, J. D. and L. W. KIDD (1953) ISAACS-KIDD midwater trawl. Scripps Inst. Oceanogr. Ref., (SIO Ref. 53-3), 21 p.
- JOHANNESSON, K. A. and R. B. MITSON (1985) 水産音響学(柴田恵司・見元孝一訳)。海洋水産資源開発センター, 149-171.
- 川口哲夫(1971a) 日本海におけるキュウリエソに関する研究-I。魚群探知機に記録されるキュウリエソ魚群映像と日周期活動。鳥取水試報告, 17, 37-54.
- 川口哲夫(1971b) 日本海におけるキュウリエソに関する研究-II。魚群探知機の映像よりみたキュウリエソ魚群の生息環境。鳥取水試報告, 17, 55-61.
- 三谷 勇(1987) 相模湾奥部シラス漁場におけるカクチイワシ魚群の仔稚魚組成の魚探映像による判定。水産海洋研究会報, 51, 120-123.
- MOORE, B. H. (1950) The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. Biol. Bull., 99, 181-212.
- 西村三郎(1959) 1955年春季能登半島近海におけるキュウリエソの産卵ならびに卵・仔魚の生態。日水研年報, 5, 61-75.
- 沖山宗雄(1971) 日本海におけるキュウリエソの初期生活史。日水研年報, 23, 21-53.
- 沖山宗雄(1978) 日本海における中・深層性魚類マイクロネクトン・いか類マイクロネクトンの生物学。海洋科学, 109, 895-900.
- 柴田恵司(1963) 魚群探知機に現われた記録解析の試み-IV。DSLとマグロ類の食物環境について。長大水研報, 15, 59-81.
- 鈴木恒由・伊藤 準(1967) 北西部太平洋水域におけるDSLについて-I。垂直移動・水中照度およびプランクトン量などについて。日水誌, 33, 325-337.
- 竹下貢二・小川信次・三谷卓美・浜田律子・乾 栄一・久保田勝彦・築山一雄・濱野 明(1987) 音波散乱(SL)における生物サンプリング調査とマイワシ産卵群を対象とするサンプリング調査及び魚群量分布調査。昭和60年度漁業資源評価システム高度化調査結果報告書, 水産庁研究部, 223-251.
- 内田和良・濱野 明・巽 重夫・広瀬 誠(1986) 東シナ海大陸棚斜面におけるDSLについて。水産大研報, 34, 105-114.
- URICK, R. J. (1979) 水中音響の原理(土屋 明訳)。共立出版, 東京, 414pp.