

음향에 의한 동해안 남부해역 멸치어군의 분포특성조사 연구

강명희 · 윤갑동 · 최영민* · 김장근*

부산수산대학교, *국립수산진흥원

(1995년 9월 1일 접수)

Hydroacoustic investigations on the distribution characteristics of the anchovy at the south region of East Sea.

Myoung - Hee Kang, Gab - Dong Yoon, Young - Min Choi*, Jang - Keun Kim*

National Fisheries University of Pusan

*National Fisheries Reserch and development

(Received September 1, 1995)

Abstract

Spatial distribution characteristics, volume backscattering strength and species composition of midwater trawling catch was analyzed biological and acoustical characteristics of anchovy shoal, using a high resolution echo - sounder at the south region of East Sea of Korea.

1) In the survey site A of Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E, the anchovy shoal of small to middle size with the horizontal range of 10~25m and large size with the horizontal range of 40~50m were distributed together. However in the survey site B of Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E, the anchovy shoal was observed to be mainly small size which about 78% of the detected shoal. Another was that the anchovy shoal with the vertical range of 2~8m occupied about 68.6% in the survey site A and that of 6~12m occupied about 42.5% in the survey site B. The mainly concentrated cross sectional area and its anchovy shoal proportion to the total distribution in the site A and B were found to be 10~50m², 64.5% and 20~80m², 66%, respectively.

2) The volume backscattering strength in the site A and B were observed to be -44.0~ -28.0dB, respectively. In the site A, the backscattering strength of -40.0~ -30.0dB was analyzed about 41.4%.

3) Most of total anchovy shoal was concentrated in the water layer of 50~100 m in depth with 15.3~18.5°C, 34.0~34.3‰ in the survey site A and 14.2~16.4°C, 34.1~34.2‰ in the survey site B.

4) Mean total length(TL) and body weight(BW) of anchovy in the survey site A were 9.9cm and 4.4g respectively, with TL - BW relationship of $BW=0.0007TL^{3.65}$. In site B, mean total length(TL) and body weight(BW) were 11.2cm and 8.7g, with TL - BW relationship of $BW=0.0023TL^{3.35}$.

I. 서론

최근 어탐기술의 비약적인 발전에 힘입어 어업생물의 공간적인 분포나 행동생태 또한 어업자원의 분포상태 등과 같은 각종의 어업정보를 현장에서 직접 정량적으로 파악 및 평가하는 것이 가능하게 되었다.

어업생물의 공간분포특성은 대상어종의 생태학적 습성과 해양환경특성 등에 따라 현저한 변화를 나타내는 데, 특히, 멸치와 같이 연안해역에서 많이 어획되는 어종은 연안역의 수온변화에 의해 그 군집패턴이 크게 변화한다. 멸치(*Engraulis Japonica*)는 연안성, 난류성, 표층성 부어로서 우리나라 연안에서는 권현망, 자망, 정치망 등에 의해 어획되고 있으며, 그 중에서 기선권현망에 의해 약 60~70%가 어획되고 있다.

멸치의 분포특성에 관해서는 Masse & Patty (1993), Masse & Rouxel(1991), Weill, Scalabrin & Diner (1993), Scalabrin & Masse (1993)가 계절별·년도별의 분포특성을 조사한 바 있고, 李(1975), 孫(1984) 등은 멸치자망, 권현망에 의한 어획통계자료, 해양관측자료를 이용하여 어획물의 계절변동을 조사하였다. 또한 中國水産研究員(1991)은 계량어군탐지기를 이용하여 동중국해에서 멸치어군의 분포특성에 대한 조사를 행한 바 있으나, 우리나라 동해안의 멸치어군의 분포특성에 대한 연구는 거의 없다.

본 논문은 계량어군탐지기를 이용하여 동해안 남부해역의 멸치어군을 대상으로 어군의 분포특성 및 어군의 규모를 조사, 분석하고, 또한 해양환경특성과 멸치어군의 연직분포패턴과의 관계를 비교, 고찰하였다.

II. 자료 및 방법

1. 실험장치 및 조사해역

본 조사는 1994년 7월 22일부터 28일까지 국립수산진흥원 동해연구소 시험조사선 경북 885호(G/T, 262)를 이용하여 동해안 남부해역을 대상으로 멸치의 분포조사를 실시하였다.

본 조사에서는 계량어탐에 의한 어군의 분포조사와 병행하여 중층트롤을 실시하였으며, 트롤그물은 4매식의 중층트롤로써 끝자루의 그물코 크기는 약 10mm이다. 어군의 공간분포특성을 측정하기 위한 계측시스템의 계통도는 Fig. 1과 같다.

조사해역은 Fig. 2와 같고, 조사정점 A(35° 55'N, 129° 45'E) 및 B(35° 38'N, 129° 40'E)에서 계량어탐에 의한 어군의 분포조사와 대상어종 및 그 분포를 조사하기 위한 트롤 어획시험을 동시에 실시하였다. 조사정점 A와 B에서의 트롤조업은 예망속력 3~4knot, 예망침로 NW의 방향으로, 약 1시간 30분 동안 각각 실시하였다.

또한, 어류의 연직적인 분포특성과 해양환경특성과의 관계를 고찰하기 위하여 각 조사정점에서

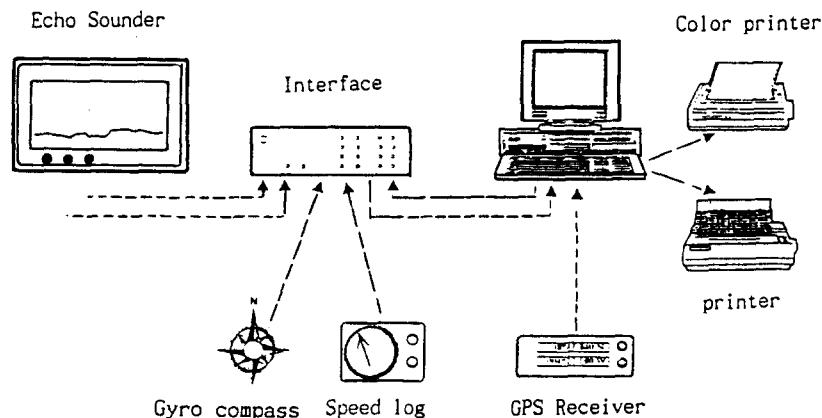


Fig. 1. Block diagram of hydroacoustic data acquisition and processing system.

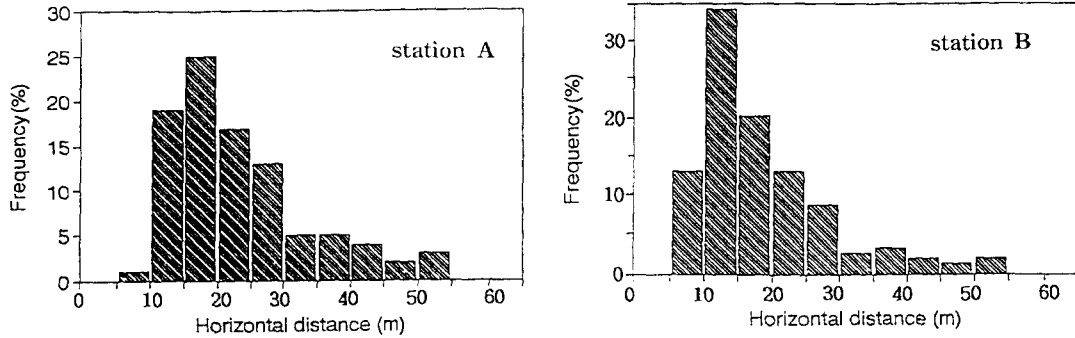


Fig. 2. Frequency distribution of horizontal distance derived from the echograms of fish shoal detected at Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E and Lat.35° 38'N, Long. 129° 40'E of the East Sea.

CTD시스템(Seabird, SBE13)에 의한 해양관측을 실시하였다. 트롤조업에 의해 어획된 어족생물에 대해서는 어종별로 분류하여 체장, 체중을 조사하였다.

2. 어군의 분포조사

본 연구에서는 어군의 공간적인 분포규모를 고찰하기 위해서 어군의 수직 및 수평분포의 길이와 어군의 분포단면적을 조사하였는데, 이들의 값은 계량어군탐지기의 어탐기록지에 표시되는 어군의 기록상으로부터 구하였다.

한편, 어군의 체적산란강도(Sv)는 해중의 단위 체적 공간에 분포하는 어군으로부터 산란되는 echo 신호를 정량화하여 다음 식에 의해 구하였다.

$$Sv = 10\text{Log}\left[\frac{1}{1852D \cdot H} \left(\frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^N d_i \sum_{j=1}^M V_{ij}^2 \right) + 20\text{Log}R + 2\alpha R - (SL + VR) - 10\text{Log}\phi - 10\text{Log}\left(\frac{C}{2}\right)\right]$$

여기서, D 는 적분거리(mile), R 는 TVG의 최대 수심(m), H 는 적분구간(m), τ 는 펄스폭(s), α 는 흡수감쇠계수(dB/m), V_{ij} 는 i 번째 ping의 j 번째 echo 신호의 진폭(V), C 는 수중음속(m/s), d_i 는 항주거리(m), SL 는 송파감도, VR 는 수파감도, η 는 적분구간 표본수, ϕ 는 등가지향각, N 는 송신펄스의 발사횟수이다.

III. 결과 및 고찰

1. 멸치어군의 분포특성

1) 어군의 수평적인 길이분포

동해안 남부해역 Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E(조사정점 A)와 Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E(조사정점 B)에서 계량어군탐지기에 의해 측정된 멸치어군의 수평적인 길이 분포는 Fig. 2와 같다. 조사정점 A에서 멸치어군의 수평적인 길이는 10~55m 범위였고, 그 평균 수평길이는 32.4m였다. 또한 이 해역에서는 10~25m의 소·중형군과 40~50m의 대형군이 함께 분포하고 있다.

조사정점 B에서 어군의 평균적인 수평길이는 10~75m 범위로서, 그 중에서 10~25m의 멸치어군의 약 78%를 점하였고, 65~75m의 대형멸치어군도 탐지되었다. 이들 멸치어군의 평균적인 수평길이는 23.3m였다.

두 조사정점에서의 멸치어군의 수평분포 길이를 비교해 볼 때, A의 해역에는 소·중형 어군과 대형 어군이 혼재하고 있는 반면에, B해역에서는 소형의 멸치어군의 분포가 우세함을 알 수 있었다.

2) 어군의 수직분포특

동해안 남부해역의 조사정점 A와 B에서 탐지된 멸치어군의 수직적인 분포폭은 Fig. 3과 같다. 조사정점 A에서 멸치어군의 수직분포폭은 1.5~16m 범위였고, 그 평균적인 수직분포폭은 평균 6.1m였다. 그 중에서 2~8m의 수직분포폭을 갖는 멸치어군이 약 68.6%를 점하였다.

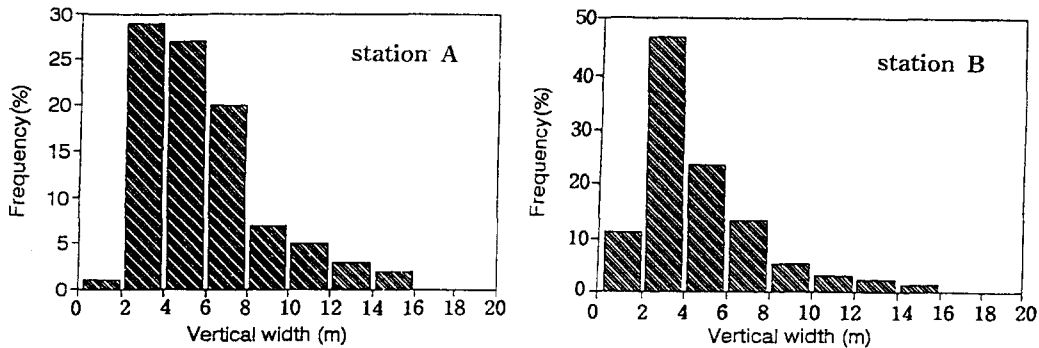


Fig. 3. Frequency distribution vertical width derived from the echograms of fish shoal detected at Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E and Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E of the East Sea.

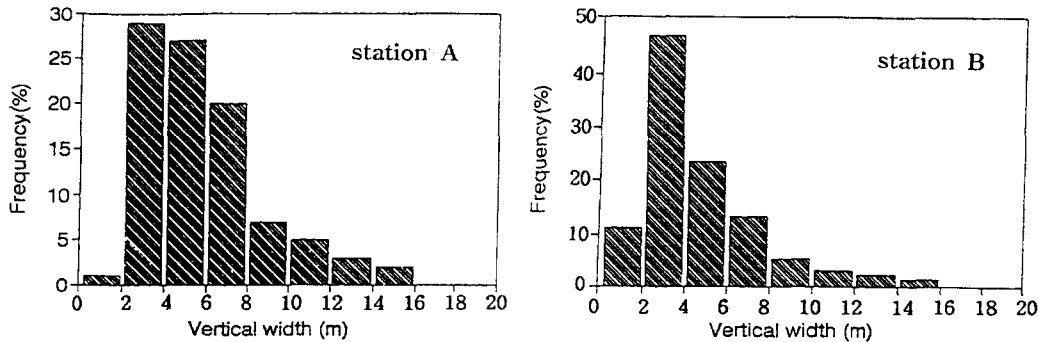


Fig. 4. Frequency distribution of cross sectional area derived from the echograms of the fish shoal detected at Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E and Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E of the East Sea.

한편, 조사정점 B에서 멸치어군의 수직폭은 3~21m 범위로서, 그 중에서 6~12m의 폭을 갖는 멸치어군이 약 42.5%를 점하였고, 이들 어군의 평균적인 수직분포폭은 10.1m였다. 조사정점 A와 B에 대한 멸치어군의 수직분포폭을 비교해 볼 때, 연안가까이에 있는 조사정점 B에 대한 멸치어군의 수직폭이 약 4m 더 컸다.

3) 어군의 분포단면적

조사정점 A와 B에서 계량어군탐지기에 의해 측정된 멸치어군의 분포단면적은 Fig. 4와 같다. 조사정점 A에서 멸치어군의 단면적은 10~120m²의 범위로서, 그 평균적인 분포단면적은 53.7m²였고, 그 중에서 단면적이 50m²이하인 어군이 64.5%를 점하였다. 조사정점 B에서 탐지된 멸치어군의 단면적은 20~140m²의 범위로서, 그 속에서 단면적이 20~80m²인 어군이 약 66%를 점하였다. 그 평

균단면적은 50.1m²이었다. 이들 두 조사정점에서 멸치어군의 분포단면적을 고찰해 볼 때, A해역에서는 30~50m²이하의 분포단면적을 갖는 어군이, 또 B해역에서는 40~60m²이하의 분포단면적을 갖는 어군의 분포가 우세함을 알 수 있다.

2. 어군의 체적산란강도

동해안의 조사해역에 대한 체적산란강도의 분포는 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 체적산란강도의 분포는 동해남부 연안과 외해측에서 가장 컸고, 그 이외의 해역에서는 -40.0~-60.0dB의 값이 나타났다. 조사정점 A와 B에서 계량어군탐지기에 의해 측정된 멸치어군의 체적산란강도는 Fig. 6과 같다. 조사정점 A에서 멸치어군의 체적산란강도는 -44.0~-28.0dB인 어군이 약 62%를 점하였고, -32.0dB이상인 대형어군도 함께 탐지되었는

데, 이들 어군의 평균체적산란강도는 $-38.0dB$ 이었다.

한편, 조사정점 B에서 멸치어군의 체적산란강도는 $-42.0 \sim -30.0dB$ 의 범위로서, 그 중에서 체적산란강도가 $-42.0 \sim -38.0dB$ 에 멸치어군이 약 41.4%를 점하였고, 이들 어군의 평균체적산란강도는 $-36.6dB$ 이었다. 두 조사정점에서의 멸치어군의 체적산란강도를 비교해 볼 때, B해역의 멸치어군의 평균체적산란강도는 A해역에 대한 그 값보다 약 $2dB$ 더 컸다.

3. 어군의 연직분포와 해양환경특성

조사정점 A와 B에서 CTD(Seabird SBE13)시스템에 의한 수온 및 염분의 연직분포와 어군의 실수심과의 관계는 Fig. 7과 같다. 멸치어군은 수온이 $15.3 \sim 18.5^{\circ}C$, 염분이 $34.1 \sim 34.3\%$ 의 $50 \sim 100m$ 수층에 집중 분포하고 있음을 알 수 있다.

한편, 조사정점 B에서 수온 및 염분의 연직분포와 어군의 분포수심과의 관계는 조사정점 A와 유사하게 $14.2 \sim 16.4^{\circ}C$, $34.1 \sim 34.2\%$, $50 \sim 100m$ 수층에 멸치어군이 집중 분포하였다.

4. 트롤조업의 어획물 조성

조사정점 A와 조사정점 B에서 중층트롤조업에 의한 어획량과 어획물의 조성비는 Table 1과 같다. 조사정점 A와 B에서 멸치의 어획조성비는 약 92%이었고, 그 외에도 오징어(*Todarodes Pacificus*), 엘퉁이(*Maurolicus muelleri*), 말쥐치(*Navodon modestus*), 갈치(*Trichiurus lepturus*) 등이 어획되었으며, 어획조성비는 4%미만이었다. 조사정점 A와 B에서 어획된 멸치의 체장 조성은 Fig. 8, 또한 체장과 체중의 관계는 Fig. 9와 같다. 평균체장은 $9.2cm$, 평균체중은 $4.4g$ 으로서 전장과 체중사이에는 $BW=0.0007TL^{3.85}$ 의 관계를 얻었다. 한편, 조사정점 B에서의 평균체장은 $11.2cm$, 평균체중은 $8.7g$ 으로서 체중과 체장사이에는 $BW=0.0023TL^{3.38}$ 의 관계를 얻었다.

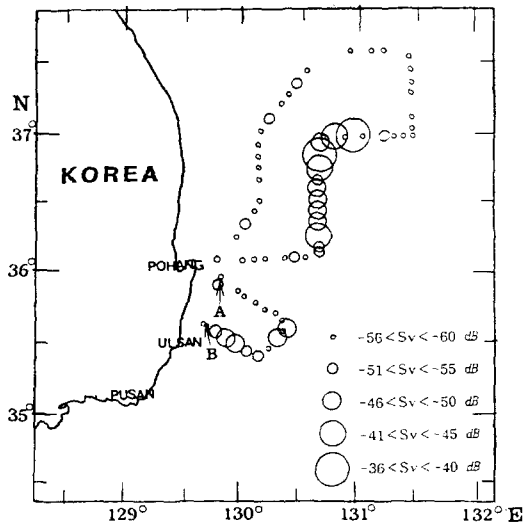


Fig. 5. Stations of hydroacoustic survey and trawl sampling in the East Sea.

— : Acoustic survey line

A, B : Trawl and acoustic survey stations.

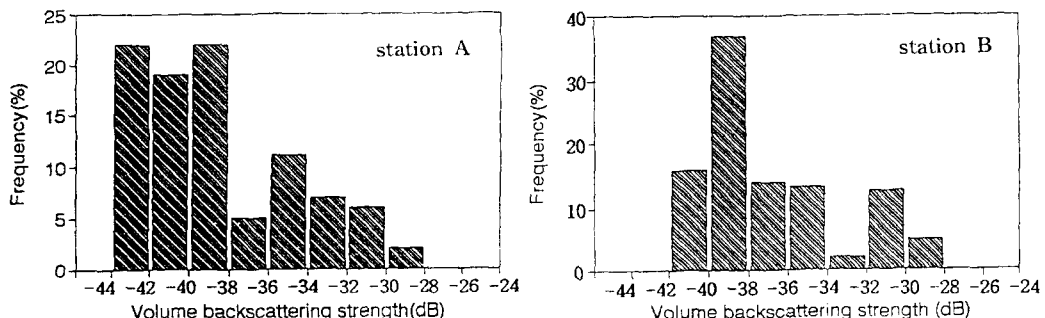


Fig. 6. Frequency distribution of volume backscattering strength derived from the echograms of the fish shoal detected at Lat. $35^{\circ} 55' N$, Long. $129^{\circ} 45' E$ and Lat. $35^{\circ} 38' N$, Long. $129^{\circ} 40' E$ of the East Sea.

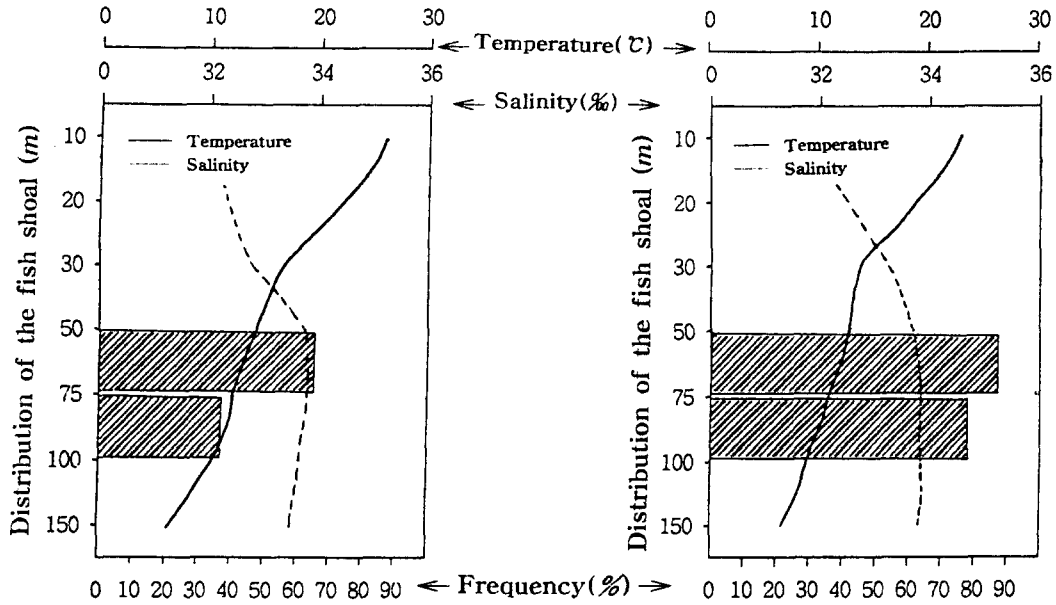


Fig. 7. The relationship of temperature, salinity to distribution of the fish shoal at Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E and Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E.

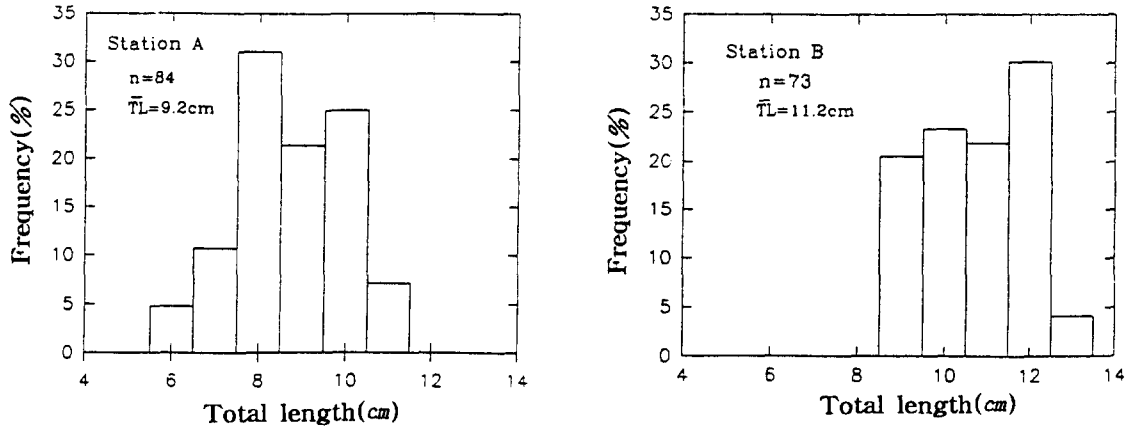


Fig. 8. Total length distribution of anchovy(*Engraulis japonicus*) caught by midwater trawl in station A and B.

요 약

계량어군탐지기를 이용하여 동해안 남부해역의 멸치어군을 대상으로 어군의 공간분포특성, 어군의 체적산란강도, 어군의 연직분포패턴, 트롤조업에 의한 어획물의 조성 등에 관하여 검토, 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E(조사정점 A)에

서 멸치어군은 그 수평길이가 10~25m인 소·중형군과 40~50m의 대형군이 함께 분포하였고, Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E(조사정점 B)에서는 10~25m의 소형군이 78%를 점하였다. 또한 조사정점 A에서 2~8m의 수직분포폭을 갖는 멸치어군이 약 68.6%를 점하였고, 조사정점 B에서는 6~12m의 폭을 갖는 어군이 약 42.5%를 점하였다. 어군의 단면적은 A해역의 경우, 10~50m²의 어군이

Table 1. Biological characteristics of fishes collected by midwater trawl

Species	Total length range(cm)		mean length(cm)		Catch(kg)		Catch ratio(%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>)	6.4 - 11.5 (TL)	9.4 - 13.2 (TL)	9.2	11.8	152.8	190.2	92.2	93.7
Light fish (<i>Maurolicus muelleri</i>)	4.2 - 5.6 (TL)	.	4.9	.	3.5	.	2.1	.
Cutlass fish (<i>Trichiurus lepturus</i>)	9.6 - 14.6 (TL)	10.0 - 14.2 (TL)	11.4	12.4	0.7	1.6	0.4	0.8
Scraper (<i>Navodon modestus</i>)	11.5 - 13.6 (FL)	11.0 - 12.2 (FL)	12.0	11.9	2.3	1.7	1.4	0.8
Mackerel (<i>Scomber japonicus</i>)	15.7 - 20.7 (FL)	11.5 - 15.8 (FL)	18.6	12.7	1.7	2.2	1.0	1.1
Squid (<i>Todarodes pacificus</i>)	5.3 - 24.7 (M.L)	5.4 - 24.9 (M.L)	17.6	18.9	4.6	7.3	2.3	3.6
Total					165.8	203	100	100

FL : Fork Length T.L : Total Length M.L : Mantle Length
 A : Lat.35° 55'N, Long.129° 45'E
 B : Lat.35° 38'N, Long.129° 40'E

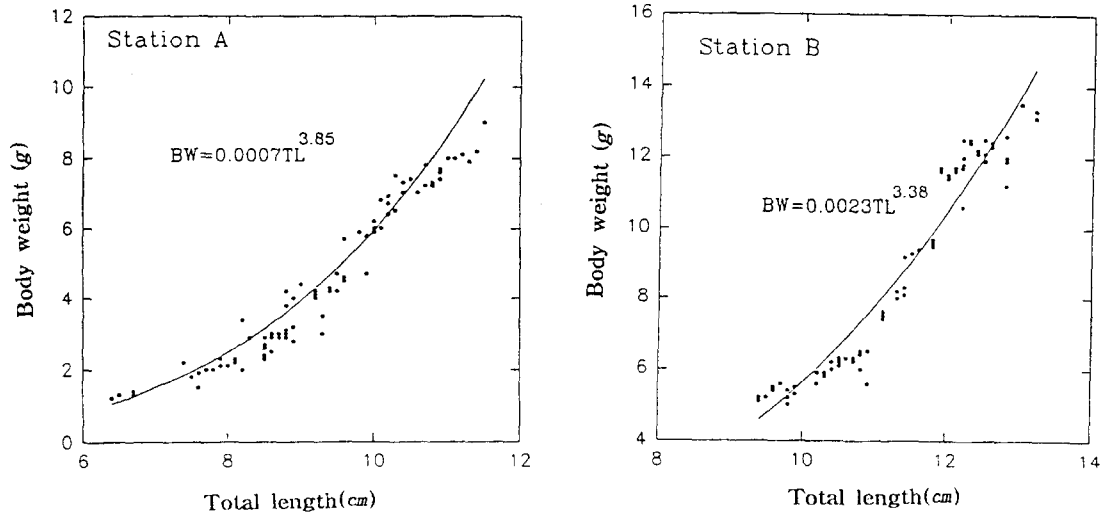


Fig. 9. Relationship between total length(TL) and body weight(BW) of anchovy (*Engraulis japonicus*) caught by midwater trawl in station A and B.

64.5%를 접하였고, B해역에서는 20~80m²인 어군이 약 66%를 접하였다.

2) A해역에서 탐지된 멸치어군은 체적산란강도는 -44.0~-28.0dB로서, -40.0~-38.0dB의 어군은 약 63%를 접하고, B해역에 대한 체적산란강도가 -42.0~-30.0dB로서, -42.0~-38.0dB의 어군은 약 41.4%를 접하였다.

3) A해역에서의 멸치어군은 수온 15.3~18.5℃,

염분이 34.0~34.3‰의 50~100m 수층에 집중분포함을 알 수 있었고, B해역에 있어서는 수온 14.2~16.4℃, 염분 34.1~34.2‰의 50~100m 수층에 분포하고 있음을 알 수 있었다.

4) 조사정점 A, B에서 어획된 어획물중에서 멸치의 점유비율은 약 92%이상이었으며, 조사정점 A에서 어획된 멸치의 평균체장과 평균체중은 각각 9.2cm, 4.4g으로서 이들사이에는 $BW = 0.0007TL^{3.85}$ 의

관계가 성립되었다. 한편 조사정점 B에 대한 평균 체장과 평균체중은 각각 11.2cm, 8.7g으로서 이들 사이에는 $BW=0.0023TL^{3.38}$ 의 관계가 성립되었다.

참고문헌

- 1) Alain, W., Carla, S. and Noel, B.(1992) : Movies - B - An acoustic detection description software, Application to shoal species' classification, Aquat. Living Resour., 255 - 267.
- 2) Jacques, M. and Catherine, R.(1991) : Improvement on acoustic assessments by discrimination of pelagic schools with INES/MOVIES system. Fish Capture Committe C.M 1991/B : 26, 1 - 8.
- 3) Jacques, M. and W. Patty.(1991) : Shoaling behavior of pelagic fish observed by acoustic in the Bay of Biscay, IFREMER, Lab. ECHAL., 1 - 10.
- 4) Scalabrin, C. and Jacques, M.(1993) : Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay, Aquat. Living Resour., 1993.6, 269 - 283.
- 5) 손태준 · 이병기(1984) : 멸치자망 어획량의 분포와 해황. 한국어업기술학회지 16(4), 341 - 348.
- 6) 손태준 · 김진건(1983) : 멸치자망 어획량의 분포와 해황. 한국수산학회지 16(4), 314 - 348.
- 7) 신형호 · 윤갑동 · 박해훈(1989) : 이스라엘 잉어 Cyprinus Carpid의 체장, 체중별 초음파 표적강도에 관한 연구, 한국어업기술학회지 25(4), 191 - 200
- 8) 이대재 · 신형일 · 박중희 · 김삼곤 · 장지원(1990) : 동지나해의 초음파산란층에 관한 연구 - II, 한국어업기술학회지 26(1), 20 - 25
- 9) 이병기(1975) : 충무근해에 있어서의 멸치의 수직 분포에 관하여, 한국어업기술학회지 14(1), 20 - 27.
- 10) 大瀧英夫 譯(1991) : 東海, 黃海의 카タクチイワン及びその他重要魚類資源の音響學的評價研究, 北斗號 1984年 11月~1989年 1月の調査研究報告, 海洋水産研究センター, 1 - 147.