

1997년 춘계의 동중국해 및 황해에 대한 어군의 분포특성

이 대 재

부경대학교

(2002년 7월 20일 접수)

Distribution Characteristics of Fish Schools in the Yellow Sea and the East China Sea in the Spring of 1997

Dae-Jae LEE

Pukyong National University

(Received July 20, 2002)

Abstract

The combined hydroacoustic and demersal trawl surveys to investigate the distribution characteristics of fish schools in the Yellow Sea and the East China Sea were carried out during the spring of 1997 by the training ship "Nagasaki Maru" of Nagasaki University.

Fish samples were collected by bottom trawling from 9 trawl stations randomly selected in the survey area, and the species and length compositions of trawl catches are examined.

Hydroacoustic data were collected by using a Furuno FQ-50 scientific echo sounder operating at 50 kHz and the data stored in field were later processed in the laboratory.

The results obtained can be summarized as follows :

1. In the 9 trawl surveys conducted in the Yellow Sea and the East China Sea, 78 species including 80 species of fishes, 4 species of Cephalopoda and 6 species of Crustacea, were identified. The most abundant species in these stations were swimming crab(*Portunus trituberculatus*), Japanese horse mackerel(*Trachurus japonicus*), redlip croaker(*Larimichthys polyactis*) and the catch per one hour in each station ranged 7.7 to 182.5 kg/hour.
2. The mean volume backscattering strength for the entire water column and the bottom layer of the 0-10 m from bottom friction were -74.6 dB and -68.2 dB, respectively. That is, the mean volume backscattering strength for the bottom layer was 6.4 dB higher than that for the entire water column.
3. In the surveys during the spring of 1997, the geographical distribution characteristics of fish schools suggests a trend of decreasing fish abundance toward the coast area of Korea and the highest demersal concentrations appeared in waters between the Cheju Island and the Tsushima Island.
4. The distribution density of fish school in the East China Sea and Yellow Sea during the 1997 acoustic survey were estimated to be $6.65 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ in the entire water column and $2.86 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ in the bottom layer, respectively.

서론

자원의 관리 및 효율적인 이용에 대한 문제는 이 해역을 둘러싸고 있는 한국, 중국, 일본의 복잡한 어업생산학적, 경제적 및 지형학적인 상호 관계 동중국해, 동해 및 황해 어장에 대한 어업생물

때문에 매우 어려운 상황에 직면하고 있는 실정이다.

최근에는 이들 어장에 있어 한국·일본·중국 상호간에 유엔해양법에 의거한 배타적 경제수역이 설정됨으로써 이들 연안국은 타국 어선에 대한 배타적 관할권을 행사할 수 있게 되었다. 이로 인해 한반도 주변 수역에 있어서는 한·일, 한·중 및 일·중 어업협정이 각각 발효됨에 따라 이들 3국 어선이 조업하는 동해, 동중국해 및 황해 어장에 있어서는 새로운 국제해양법에 바탕을 둔 어로질서가 확립 및 정착되어가고 있는 실정이다.

특히 이들 해역에서는 각국 어선간의 경쟁적인 조업으로 어족생물의 남획이 해를 거듭할수록 심화되어 자원 고갈의 징후가 나타나고 있는데 각 주변국은 이들 해역의 어업자원을 공동으로 평가해서 합리적으로 관리하기 위한 대책의 수립에 부심하고 있는 실정이다^{1)~7)}.

본 연구자들은 동중국해 및 황해 어장에 대한 어업환경의 악화에 능동적으로 대처하기 위해 長崎大學 실습선 長崎丸을 이용하여 1994년도부터 4년에 걸쳐 동중국해 및 황해의 어업자원 및 어업환경의 조사를 실시하였다.

본 연구에서는 이 공동조사중에서 1997년도에 계량어군탐지시스템 및 트롤조업에 의해 수집된 어족생물의 음향학적 조사자료와 어획자료 및 해양관측자료 등을 종합적으로 분석하여 조사 대상 해역에 대한 어업생물의 분포 특성에 대하여 검토, 고찰하였다.

재료 및 방법

본 조사는 1997년 5월 10일부터 동년 5월 18일 까지 日本 長崎大學 實習船 長崎丸(Nagasaki Maru)를 이용하여 Fig. 1과 같이 설정한 9개의 트롤 조사점과 20개의 해양관측정점을 대상으로 실시하였다.

조사선의 주요제원은 Table 1과 같고, 어획시험 조사에서 사용한 트롤 어구는 저층 트롤로서 뜰줄과 발줄의 길이는 각각 36.8m, 48.2m이고, 그 물 전체길이는 48.5m, 또한 끝자루의 망목 크기는 80mm이었다.

본 조사에서 사용한 계량어군탐지시스템(FQ-50, 古野電氣)의 작동주파수는 50kHz이고, 이 계량어군탐지시스템은 송수신부, 음향적분장치(FQ570A, 古

野電氣), 신호 감쇠기, data-recorder(DTR-100P, Dennon), micro-computer(PC9801VX, NEC), 프린터 등으로 구성하였다.

현장에서 계량어군 탐지기에 연결되어 있는 echo integrator에서 어군의 초음파 산란신호가 적분처리되어 각각의 수층별 체적산란강도가 산출되면 이것을 RS-232C interface를 통하여 floppy disk에 수록함과 동시에 연속적으로 프린터를 통해 출력하였다. 이때 GPS(JLR4200, JRC)의 위치, 선속, 예망침로와 같은 항해정보와 풍향, 풍속 및 유향, 유속과 같은 해양정보도 동시에 수록하였다.

어획시험은 Fig. 1에서 survey line(1,614 mile) 상에 설정된 9개의 조사정점을 대상으로 Table 2에서 나타난 바와 같이 선속 2.8~3.8 knot, 예망

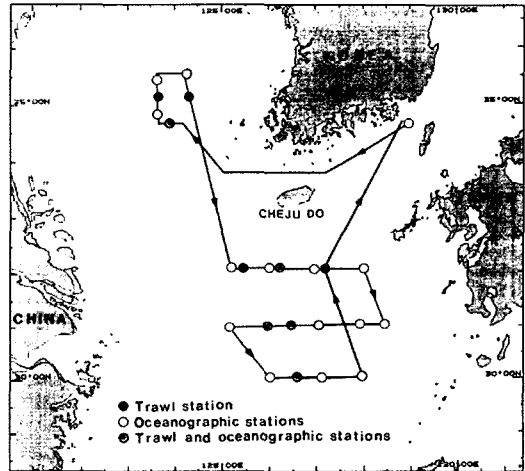


Fig. 1. The transect, trawl and oceanographic stations in the East China Sea and the Yellow Sea on May, 1997.

Table 1. Principal particulars of the research vessel(Nagasaki Maru)

Items	Specifications
Kind of ship	Stern trawler
Length over all	62.87 m
Breadth moulded	11.40 m
Depth moulded	7.10 m
Int. gross tonnage	1,174 ton
Main engine	2,800 PS, 232 rpm
Sea speed	13.50 knot

Table 2. Details of operating condition in demersal trawl surveys

Trawl No.	Date	Position		course	Towing Durat. (h/m)	Speed (knot)	Depth (m)	Surface temp.(°C)
		Lat.(N)	Long.(E)					
97-1	'97/05/11/13:02-14:02	34° 45'	123° 50'	285°	1/00	2.8	81.0	12.6
97-2	'97/05/11/17:55-18:55	35° 11'	123° 40'	295°	1/00	2.9	80.0	12.6
97-3	'97/05/12/12:55-13:55	35° 03'	124° 15'	135°	1/00	2.9	86.0	12.4
97-4	'97/05/13/09:54-10:54	32° 00'	125° 18'	090°	1/00	3.4	56.0	14.1
97-5	'97/05/13/15:25-16:25	31° 58'	126° 01'	180°	1/00	2.5	85.0	15.1
97-6	'97/05/15/09:45-10:45	31° 08'	126° 32'	255°	1/00	3.2	86.0	17.2
97-7	'97/05/15/14:32-15:32	31° 00'	125° 53'	271°	1/00	3.7	70.0	17.7
97-8	'97/05/16/09:32-10:32	30° 01'	126° 33'	045°	1/00	3.2	94.0	19.5
97-9	'97/05/17/08:33-09:33	32° 05'	127° 09'	000°	1/00	3.8	125.0	19.1

시간은 1시간으로 하여 주간에만 실시하였으며, 예망중의 망고는 네트 레코더(C-44N, 海上電機) 로써 전개판의 간격, 수심 등은 전개판에 부착된 센서(PRC-16N, 海上電機)를 이용하여 계측하였다.

Fig. 2는 조업광경을 나타낸 사진이다. 트롤조업에 의해 어획된 어획물은 어종별로 전체 중량을 측정하고 개체별의 체장, 중량은 매 양망시 마다 어종별로 30마리씩 무작위 추출하여 표본측정하였다.

해양관측은 Fig. 1에서 설정된 20개의 조사정점을 대상으로 CTD 시스템(Mark-III, Neil Brown) 및 XBT를 이용하여 계측하였다.

조사해역에 대한 어군의 분포량을 추정할 때, 수심에 대해서는 해당 해역의 수심을 1m 간격으로 분할하여 각 수층별 어군의 체적산란강도를 구하였다.

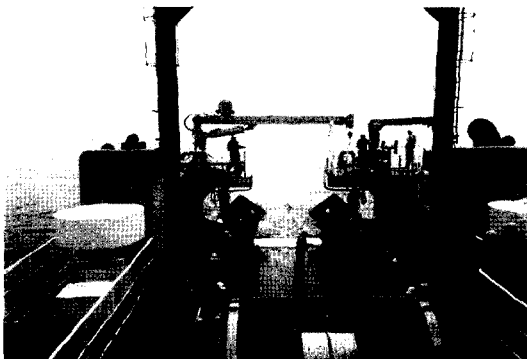


Fig. 2. Photograph of experimental fishing operation by Nagasaki Maru in the East China Sea.

최종적으로는 이들 수심에 대한 평균값과 survey line에 대한 평균값을 집합 평균하여, 10 mile 단위로 각 해역에 대한 어군의 공간적인 평균체적산란강도를 구하고, 그것을 어군의 분포량으로 하였다^{8)~10)}.

결과 및 고찰

1. 어획물의 생물학적 조성

1997년 5월에 황해 및 동중국해역의 Lat. 30° 00' N~35° 30' N, Long. 123° 30' E~129° 00' E 해역 설정한 9개의 조사정점에서 실시한 저층트롤 조업에 의해 어획된 주요 어종은 어류가 70종, 연체류가 4종, 갑각류가 6종으로서 총 어획 어종은 78종이었다.

이 해역에서 실시한 저층트롤조업의 각 정점에 대한 어종별 어획물의 중량은 Table 3과 같다.

Table 3에서 각 트롤 정점에 대한 단위 시간당의 어획량은 7.71~182.48 kg/hour이었고, 어획어종은 7~34종이었다.

또한 Lat. 32° 05' N, Long. 127° 09' E 정점(97-9)에서는 총어획 어종과 그 어획량은 각각 34종, 182.48 kg/hour 이었는데, 그 중에서 전갱이 *Trachurus japonicus*가 가장 많이 어획되어 총어획량의 43.7%를 점하였고, 그외 꽃게류가 31%이었다.

1997년도의 조사대상해역에 있어서 이들의 어종에 대한 어획량을 볼 때, 상업성이 있는 어종은 아귀 *Lophiomus setigerus*, 참조기 *Larimichirus japonicus*, 살오징어 *Todarodes pacificus*, 갈치

Table 3. The composition of dominant species collected by bottom trawls on May, 1997

Scientific name	Trawl station								
	97-1	97-2	97-3	97-4	97-5	97-6	97-7	97-8	97-9
<i>Pampus argenteus</i>	0.12		0.09	2.18	0.54			0.50	
<i>Argyrosomus argentatus</i>	0.88	0.31	1.03	1.15		0.37		0.16	
<i>Zoarces gilli</i>	0.80	0.87							
<i>Sebastes schlegeli</i>	2.10	1.90							
<i>Liparis tanakai</i>	1.06	1.31		0.05	0.05				
<i>Portunus trituberculatus</i>	0.10	0.21							
<i>Lophiomus setigerus</i>	0.71	1.20	1.00		1.83	2.20	4.00		0.90
<i>Loligo edulis</i>	0.06			0.10		0.70	2.10	6.13	0.70
<i>Larimichthys polyactis</i>	1.40	0.26	0.22	5.50	9.90	4.10	2.40		0.16
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	1.40	5.80	2.60						0.11
<i>Apogon lineatus</i>		0.02					0.15		0.98
<i>Todarodes pacificus</i>		0.63		1.45		1.97	2.80	7.90	8.00
<i>Collichthys lucidus</i>			2.28						
<i>Cynoglossus robustus</i>				0.72	0.20				
<i>Harpadon nehereus</i>				2.40	0.07		1.70		
<i>Engraulis japonicus</i>				2.60			0.03		
<i>Trichiurus lepturus</i>				0.03	0.31		0.73	13.80	2.90
<i>Doederleinia berycoides</i>					0.07			0.46	0.41
<i>Miichthys miiuy</i>					0.60		0.55		
<i>Branchiostegus japonicus</i>					0.30			0.69	0.55
<i>Saurida undosquamis</i>					0.30		0.82		0.47
<i>Conger myriaster</i>					0.20	1.24			
<i>Pampus echinogaste</i>					1.74		7.80	0.73	
<i>Pleuronichthys sp.</i>					0.48			0.05	
<i>Kaiwarinus equula</i>						0.31	0.17	0.14	2.26
<i>Dentex tumifrons</i>						0.08		4.80	6.90
<i>Tranchurus japonicus</i>						0.10		0.21	79.80
<i>Pleuronichthys cornutus</i>						0.93	1.25	1.88	
<i>Scomber japonicus</i>							0.47	0.16	
<i>Neobythites sivicolus</i>								0.11	0.70
<i>Hemitriakis japonica</i>								0.98	0.31
<i>Thamnaconus modesutus</i>									
<i>Ibacus ciliatus ciliatus</i>								0.04	2.10
<i>Thamnaconus hypargyreus</i>								0.22	3.30
<i>Narke japonica</i>									
<i>Psenopsis anomala</i>									0.91
<i>Heterodontus japonicus</i>									1.16
<i>Raja boesemani</i>									1.31
<i>Raja kenoei</i>									4.12
<i>Lepidotrigla microptera</i>									5.90
<i>Others</i>	0.02	0.16	0.48	0.05	1.16	1.47	4.77	34.10	58.53
Total catch(kg/hour)	8.65	12.67	7.70	16.23	17.75	13.47	29.74	73.06	182.48

Trichurus lepturus, 전갱이 *Tranchurus japonicus*, 용가자미 *Hippoglossoides pinetorum*, 꽃게류 등이 라고 판단된다.

2. 어군의 분포와 어장환경

조사해역에 설정한 survey line을 따라 조사선을 항주시키면서 계량어군탐지시스템을 이용하여 단위 체적공간에 분포하는 어군의 체적산란강도를 측정하고, 조사대상해역의 전수층부와 저층부에 대한 평균 체적산란강도의 수평분포도를 작성하여 그것을 수온, 염분의 수평, 수직 분포도와 비교, 고찰하였다.

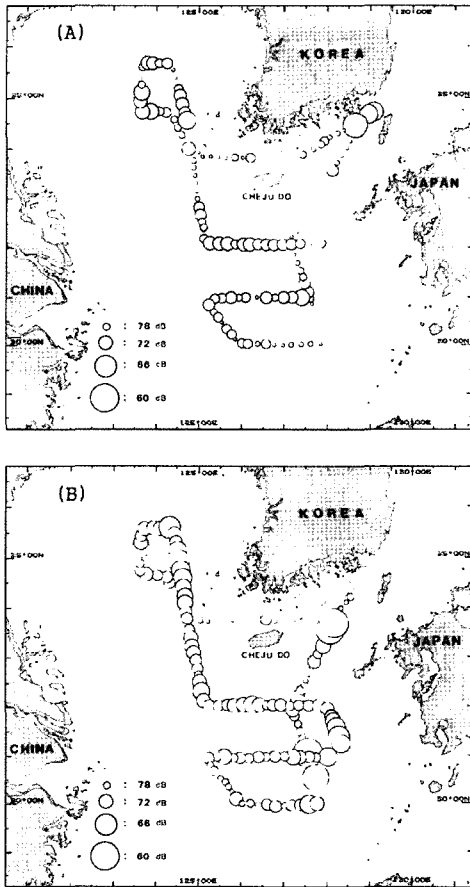


Fig. 3. Geographical distributions of fish density (dB) in the entire water column(A) and the 10m depth strata above seabed(B) along the cruise tracks during the 1997 acoustic survey.

Fig. 3(A)는 선저의 송·수파기면에서 해저까지의 전수층부에 대한 체적산란강도를 구한 후, 이 값을 수심과 조사선의 항주거리에 대하여 각각 평균하여 산출한 결과를 조사 라인상의 각 해역에 원으로써 나타낸 것이다. 한편 Fig. 3(B)는 해저로부터 10 m의 수직 폭을 갖는 저층부에 대한 체적산란강도를 측정하고, 해당 수심과 조사선의 항주거리에 대하여 각각 평균한 평균체적산란강도를 조사 라인상의 각 해역에 원으로써 나타낸 것인데, 이들 그림에서 평균 체적산란강도의 값은 조사선의 항정을 10 마일 단위로 분할하여 산출하였고, 원의 직경이 클수록 어군의 군집밀도, 즉 체적산란강도가 크다는 것을 의미한다.

먼저 Fig. 3(A)의 전수층에 대한 어군의 지리적인 분포특성을 볼 때, 어군의 군집밀도는 우리나라 거제도 남부해역에서 가장 높았고, 황해 중앙부와 제주도 남동부의 대륙사면 경계역에서 비교적 높은 군집특성을 나타내었다. 그러나, 해저상부 10 m의 저층부에 대한 어군의 지리적인 군집특성은 전수층에 대한 경우와 비교하여 전해역에서 비교적 높은 경향을 나타내었는데, 그 중에서도 특히 제주도 동부와 쓰시마 서부 사이의 우리나라 남부해역과 제주도 남동부의 대륙사면 경계역에서 매우 높은 군집도를 나타내었다.

Fig. 4는 1997년도 조사기간 동안에 조사대상해역에 설정한 해양관측정점에서 측정된 표층의 수온과 염분의 수평분포도를 나타낸 것이고, Fig. 5는 저층의 수온과 염분의 수평분포도를 나타낸 것이다.

Fig. 4(A)에서 표층수온은 Lat. 34°N, Long. 125°E의 지점으로부터 황해 북동부쪽으로 가장 낮은 12℃를 나타내었고, Lat. 30°N, Long. 129°E의 동중국해 제주 남동해역에서는 표면수온이 가장 높은 24℃를 나타내었다. 제주도 남부해역에서는 북동방향을 가로질러 조밀하게 형성된 전선역이 존재하고, 그 전선역의 북동방향에 대한 수온의 수평경도차는 0.05℃/mile 이었다.

Fig. 4(B)에서 표층염분은 수온분포와 달리 동중국해의 동서방향으로 다른 양상을 나타내어 중국 대륙쪽에서는 31.5%이하의 저염분이고, 이로부터 동쪽으로 갈수록 점차 높아져 34.5%까지 높아지는 분포양상을 나타내었다. 또한 제주도 남부에 있어서는 32.5~34.0% 사이에 조밀한 염분의 전선대가 형성되어 있음을 알 수 있다.

Fig. 5(A)의 저층 수온 수평분포도에서는 Lat. 35°N, Long. 124°30'E의 해역을 중심으로 하는

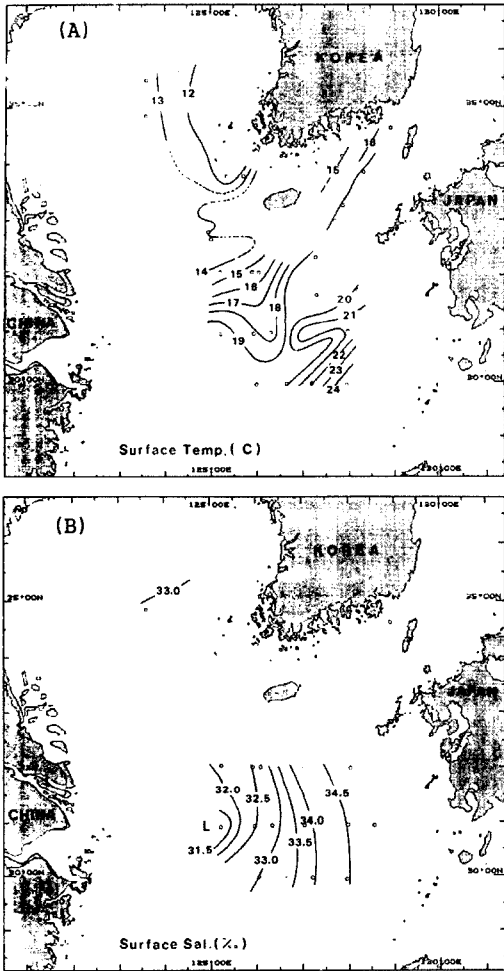


Fig. 4. Horizontal distributions of surface temperature(A) and surface salinity(B) in the East China Sea and Yellow Sea on May, 1997.

황해 중앙역에서 수온 9°C이하의 냉수가, 또한 Lat. 30°N, Long. 128° E의 대륙사면 부근에서는 수온 10°C의 등온선이, 그리고 동중국해 중앙부에서는 고온수가 각각 존재하였는데, 특히 제주도 남서부 해역에 있어서는 약 1°의 경도차에 대한 온도경도는 0.05°C/mile 이었다.

Fig. 5(B)에서 저층염분은 Lat. 32°N, Long. 125°30' E 부근에 33.5‰의 저염분이 그리고 동서 방향으로 34.5‰의 고염분의 분포양상을 보이고 있다.

Fig. 6은 Lat. 31°00'N의 위도선에 대한 수온과 염분의 연직 분포도를 나타낸 것이다. Fig. 6

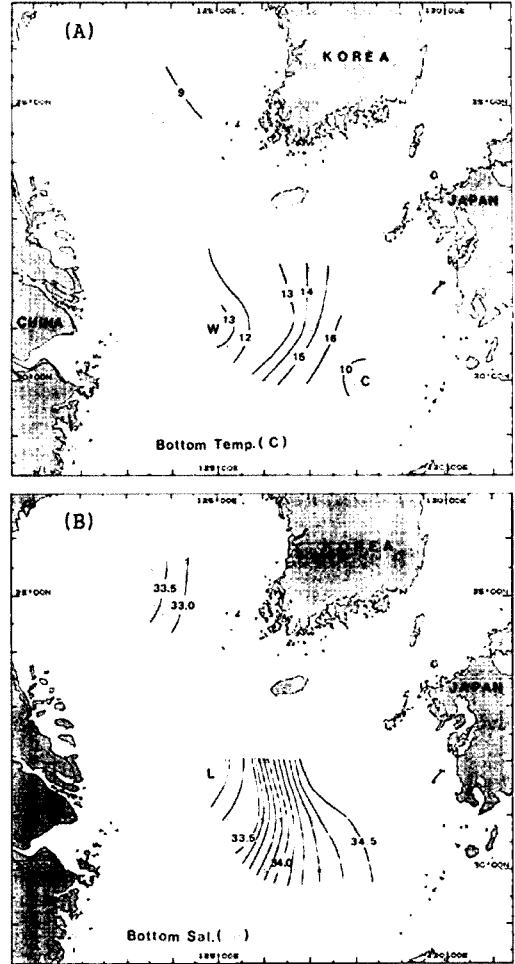


Fig. 5. Horizontal distributions of bottom temperature(A) and bottom salinity(B) in the East China Sea and Yellow Sea on May, 1997.

에서 Lat. 126°00' E를 기준으로 표면에서 30m까지의 수층에서는 수온이 급변하여 온도경도가 0.16°C/m인 수온약층이 형성되었고, 그 하층에는 13°C의 수괴가 존재하였는데, 그 중심부에 대한 염분은 33.5‰이었다.

Fig. 3~Fig. 6을 상호 연결시켜 어군의 분포와 해양과의 관계를 고찰해 볼 때, 어군의 분포는 동중국해 중앙해역의 저층 고온수역, 또한 쿠로시오계의 난류와 황해 냉수 및 대륙연안수의 사이에 형성된 수온 13~16°C, 염분 33.5~34.5‰의 제주도 남부 전선역에서 그 어군도가 매우 높은 것을 알 수 있었다.

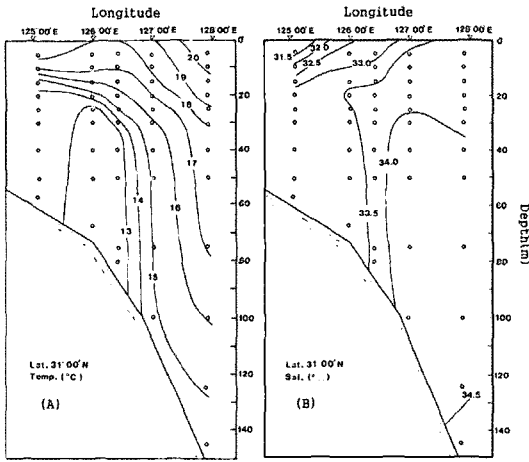


Fig. 6. Vertical profiles of temperature(A) and salinity(B) for the line of Lat. 31° N in the East China Sea during the survey.

3. 어군의 체적산란강도

계량어군탐지 시스템을 이용하여 황해, 동중국해의 조사대상해역에 대한 평균 체적산란강도의 빈도 분포도는 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 (A)와 (B)는 50 kHz 주파수에 대하여 각각 조사대상해역의 저층부와 전수층부에 대한 결과이다. 조사대상해역의 저층부에 대한 어군의 체적산란강도는 -90 ~ -50 dB의 범위로서 그 평균치는 -68.24 dB이었다. 한편 전수층부에 대한 어군의 체적산란강도는 -90 ~ -62 dB의 범위로서, 그 평균치는 -74.57 dB이었다. 즉 1997년도의 경우, 동중국해 및 황해에 대한 어군의 분포특성을 살펴볼 때, 저층부에 대한 어군의 평균체적산란강도가 전수층부에 대한 그 값보다 5.67 dB 더 높았다.

한편 前報⁵⁾에서 저자들은 동일 주파수에 대하여 인근해역에서 트롤조업에 의해 어획된 어획량과 그 때의 트롤 예망층에 대한 체적산란강도로부터 어군 1 kg당에 대한 반사강도의 추정치를 -32.8 dB로써 유도한 바 있다. 여기서 이 값을 이용하여 조사대상해역에 대한 어군의 분포밀도를 추정한 결과, 전수층에 대해서는 $6.65 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ 이었고, 저층부에 있어서는 $2.86 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ 이었다.

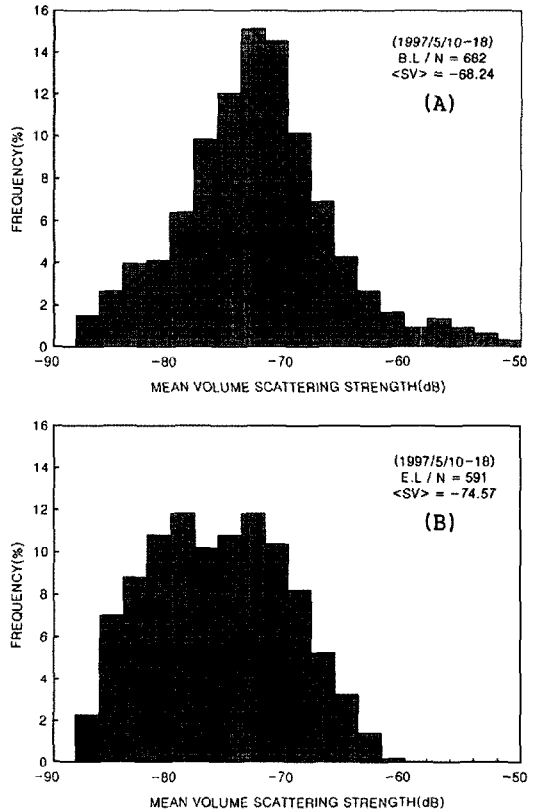


Fig. 7. Histograms of volume backscattering strength for the 10 m depth strata above seabed(A) and the entire water column(B) at 50 kHz in the East China Sea and Yellow Sea on May, 1997.

요 약

황해, 동중국해역에서 서식하는 어업생물 자원의 평가 및 그 관리에 필요한 기초 자료를 수집하기 위한 시도로서, 1997년도에 釜慶大學校와 日本 長崎大學이 공동으로 실시한 어업자원조사중에서 주로 계량어군탐지기를 이용하여 수집한 자료를 분석, 고찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 황해, 동중국해에 설정한 9개의 조사정점에서 저층트롤에 의한 어획량은 7.7~182.48 kg/hour이었고, 그때 어획된 어종수는 7~34종이었다.
2. 1997년 5월에 동중국해에 있어서의 어군의 분포는 황해 중부의 저층 냉수역과 동중국해

중앙해역의 저층 고온수역, 또 쿠로시오계의 난류와 황해 냉수 및 대륙 연안수의 사이에 형성된 제주도 남부의 전선역에서 그 어군도가 매우 높았다.

3. 황해, 동중국해의 조사대상해역의 전수층부와 저층부에 대한 어군의 평균 체적산란강도는 각각 -74.57 dB , -68.24 dB 로서 저층부가 전수층부에 비해 5.67 dB 더 높았다.
4. 본 연구의 조사대상해역에 대한 어군의 분포 밀도를 추정한 결과, 전수층에 대해서는 $6.65 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ 이었고, 저층부에 있어서는 $2.86 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ 이었다.

参 考 文 献

1. 李炘在(1991) : 東支那海 底棲魚類의 資源調查研究-I, 底棲魚類資源의 音響學的 調查, 漁業技術 26(2), 143~150.
2. 李炘在(1993) : 計量魚探とトロール實測値との關係, 底魚類資源調査に關する國際シンポジウム論文集, 北海道大學, 42~45.
3. 李炘在·辛亨鎰·申炯浩(1995) : 音響에 의한 魚族生物의 資源調查 研究-I, 魚群反射強度의 推定, 漁業技術 31(2), 142~152.
4. 이대재·이원우(1996) : 濟州道 東南海域의 底棲漁業資源 調查研究-I, 트롤 어획물의 조성과 어구효율이 어군반사강도에 미치는 영향, 韓國漁業技術學會術 32(3), 257~265.
5. 이대재·이원우(1996) : 濟州道 東南海域의 底棲漁業資源 調查研究-I, 음향에 의한 어업생물자원의 분포밀도 추정, 韓國漁業技術學會術 32(3), 266~272.
6. 李炘在·金鎮乾·申炯浩(1998) : 韓國 南海岸의 潛在漁業資源 調查研究-I, 底層트롤漁獲物의 生物學的 組成, 韓國漁業技術學會術 34(3), 241~258.
7. 李炘在·金鎮乾·申炯浩(1998) : 韓國 南海岸의 潛在漁業資源 調查研究-II, 漁業生物資源의 音響學적 調查, 韓國漁業技術學會術 34(3), 259~273.
8. Sasaki T.(1992) : Report of cooperative Japan-U.S. pelagic pollock investigation in the Aleutian basin during August-October in 1988, Special Publication of the Research Institute of Far East Fisheries No.21. Fisheries Agency of Japan.
9. MacLennan, D.N. and Simmonds, E.J. (1992): Fisheries Acoustics, Chapman & Hall, 325.
10. Ali, R.b., Hassan, R.B.b.R., Gambang, A.C., Rajali, H.b., Shiomi, K. and Fujiwara, S. (1997) : Application of the acoustic method in multispecies fish biomass estimation in the South Chia Sea, Int. workshop Acoust. Sur. Nor. Pac. Resouces Oct. 25, Pusan, Korea, 26.