

한국 동해 어족생물의 일주기적 유행행동특성에 관한 연구

이 대 재 · 김 성 기 *

부경대학교, * 해양수산연수원

(2001년 4월 15일 접수)

A Study on the Diel Distribution and Activity Patterns of Fishes in the Korean Eastern Sea

Dae-Jae Lee and Seong-Gi Kim *

Pukyong National Univ., * Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology

(Received April 3, 2001)

Abstract

The vertical distribution and activity patterns of fishes during the evening and morning transitions were investigated acoustically and by pelagic trawling on October 2 - 10, 1997 in the Korean Eastern Sea.

The acoustic data were collected from four stations with a scientific echo sounder operating at a frequency of 38 kHz, and the echogram was used to analyze the diel vertical migration of fish.

Biological sampling was accomplished by pelagic trawling to identify fish species recorded on the echograms, and the species and length compositions were investigated.

Vertical profiles of water temperature, salinity at the trawl station were taken with a CTD system and were related to the diel movement and the depth distribution of fish.

During the day, one group of fish mainly distributed above the depth layer of 50 m, the other group was at deeper water, approximately 250 m, but began to migrate toward the surface before sunset with a time difference. During the night, they were dispersed between the surface and the depth of 125 m.

Just prior to sunrise, the scattering layer was divided with 2 groups and began to migrate downwards, respectively.

Several trials of pelagic trawling for scattering layers suggest that the most dominant scatterer in the survey area of this study was Japanese flying squid, *Todarodes pacificus*.

서 론

지구상의 많은 생물중에는 일정한 시간에 일정

한 행동을 반복하는 종류가 많은데, 이는 그 생물의 소위 생물時計(bio-clock)라 부르는 생체기능에 의해 일어난다.

해양에 서식하는 어족생물의 많은 종류에서도 이러한 주기적 행동을 찾아볼 수 있는데, 그 중에서도 하루 24시간을 주기로 하는 일주기적 유영행동은 과거부터 많은 관심과 주목을 받아 왔다¹¹⁻³⁾. 현재까지 밝혀진 바에 의하면, 어족생물이 이러한 일주기적 유영행동을 일으키는 자극원으로서는 그것이 서식하는 곳의 해양환경요인⁴⁻⁷⁾, 즉 조도, 수온, 염분, 먹이, 일사량, 조석 등을 들 수 있다. 또한, 어족생물이 나타내는 일주기적 유영행동은 어떤 정해진 패턴이 있는 것이 아니라 생물의 종류, 서식처, 시기 등에 따라 그 양상을 달리한다⁸⁻¹¹⁾.

특히, 우리 나라 동해는 서해나 남해에 비해 대륙붕이 거의 없는 심해이며, 조류보다 해류의 영향을 크게 받는 해역이고, 또한 수온약층의 생성이 적어 약층대에 수직적으로 밀집·분포하는 어군은 드물지만, 해류에 의한 수평적 회유는 활발한 편이어서 다양한 어족생물이 서식하는 해역이라고 할 수 있다. 이러한 측면에서 동해에 서식하는 어족생물에 대한 행동특성을 규명하고, 그 정보를 토대로 어업의 생산성을 향상시키기 위한 연구가 요구되고 있다.

본 연구에서는 1997년 10월 2일부터 10일 사이에 동해에서 계량어군탐지기를 이용하여 수집한 주야에 걸친 어탐기록과 CTD를 이용한 해양관측 결과 및 중층트물에 의한 어획물의 생물학적 조성 등을 비교, 분석하여 어족생물의 일주기적인 유영행동특성을 검토, 고찰하였다.

실험장치 및 조사방법

1. 계측 시스템의 구성

조사해역에서 어족생물에 의한 초음파 산란 신호를 수록 및 해석하기 위한 계량어군탐시스템은 Fig. 1과 같이 계량어군탐지기(SIMRAD, EK500), 컬러 디스플레이(SIMRAD, CF140), 컬러 프린터(HP, deskjet 850C), 퍼스널 컴퓨터(HP, Vectra VL) 등에 의해 구성하였다.

본 조사에서 사용한 계량어군탐지기의 작동주파수는 38 kHz이고, 현장에서는 조사선이 항주중인 상태에서 어족생물에 의한 초음파 산란신호를

연속적으로 수록하면서 각각의 수심층에 대한 어군의 체적산란강도와 개체의 반사강도에 관한 정보를 하드 디스크에 수록함과 동시에 컬러 프린터에 출력하였다.

후일 실험실에서는 echo 해석 소프트웨어(SIMRAD, EP500)를 이용하여 현장에서 수록한 각종의 자료를 분석, 고찰하고, 이로부터 조사해역에서 탐지한 어군의 체적산란강도와 연직이동속도와 분포패턴 및 탐지 어체에 대한 반사강도의 분포 등에 대한 분석을 행하였다.

본 조사에서 사용한 EK500 계량어군탐지기에서는 어군에 대한 초음파 산란강도를 면적후방산란계수(area backscattering coefficient, S_A)로서 나타내고 있는데, 이 값은 사방 1마일의 단위면적($mile^2$)에 대한 어군의 후방산란단면적(m^2)으로 정의된다. 한편, 이 값과 음향에 의한 어업자원조사에서 세계적으로 널리 통용되고 있는 체적후방산란계수(SV)와의 사이에는 다음의 관계가 성립하고,

$$S_A = 4\pi \cdot \int_{r_1}^{r_2} S_V dr \cdot (1852)^2$$

여기서, r_1 , r_2 는 음향적분의 수심구간이다.

본 연구에서는 현장에서 EK500 계량어군탐지기로부터 출력되는 적분수심의 각 구간별에 대한 면적 후방산란계수의 값(S_A)을 다음 식에 대입하여 해층의 단위체적공간에 대한 체적산란계수를 산출하고, 이 값에 대수의 10배를 취하여 어군의 체적

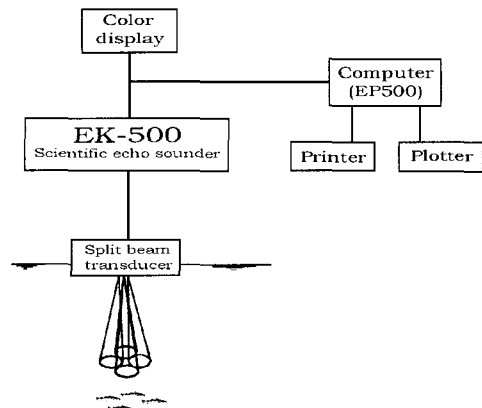


Fig. 1. Block diagram of data acquisition and processing system by scientific echo sounder.

산란강도(SV, dB)를 다음과 같이 구하였다.

$$SV = 10 \log \left[\frac{S_A}{4\pi(r_2 - r_1) \cdot (1852)^2} \right]$$

2. 조사해역 및 어획시험

음향학적 조사를 비롯한 트롤 및 CTD 조사의 정점은 Fig. 2와 같다.

본 연구에서는 음향학적 조사와 병행하여 어군의 생물학적 조성을 검토하기 위하여 중층트롤조업을 실시하였는데, 트롤조사는 1997년 10월 2일과 3일에 부경대학교 실습선 가야호(G/T 2,136, stern trawler)를 이용하여 실시하였다. 조사에 사용한 그물은 4 매식의 중층 트롤망¹²⁾으로 그 끝자루의 망목은 90 mm이었고, 끝자루의 내부에는 망목 20 mm의 cover net을 설치하여 사용하였는데, 중층트롤에 의한 시험조업의 현황은 Table 1과 같다.

또한, 어족생물의 연직적인 유행행동특성과 해양의 환경특성과의 관계를 고찰하기 위하여

CTD(Sea Bird, SBE-19)에 의한 해양관측을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 조사해역의 해양환경특성

조사해역에 대한 해양환경특성을 파악하기 위해 1997년 10월 3일, 23시 40분에 위도 36° 03' . 52N 및 경도 130° 52' . 64E의 조사정점에서 CTD에 의한 해양관측을 실시하였는데, 수온과 염분의 연직구조는 Fig. 3과 같고, 수중음속의 연직구조는 Fig. 4와 같다.

Fig. 3에서 수온은 해면에서 수심 약 50 m까지의 혼합층에서 22.4°C 정도로 일정하게 유지되고, 혼합층 하부에는 수온의 하강 폭이 비교적 큰 수온약층(60~110 m)이 존재한다. 또한, 수온약층의 아래쪽에서는 수온이 250 m까지는 급속히 하강하는 연직분포특성을 나타내었는데, 이 해역에

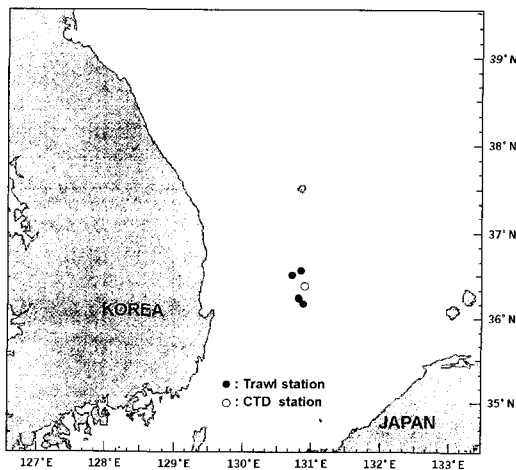


Fig. 2. Location of the observed station.

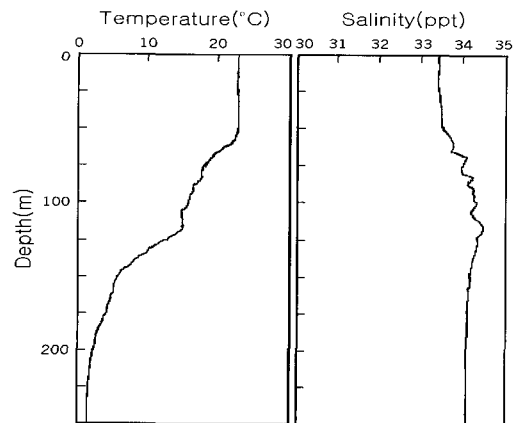


Fig. 3. Vertical profiles of temperature and salinity in the observed station by CTD on October, 1997.

Table 1. Details of pelagic trawl condition in the Korean Eastern Sea on October 1997

Trawl No.	Date	Position		Course	Towing dur.(h/m)	Speed (knot)	Surface temp.(°C)
		Lat.(N)	Long.(E)				
97-1	'97/10/02/09:00-15:30	36° 16'	130° 51'	005°	6/30	4.0	22.4
97-2	'97/10/03/01:00-07:30	36° 36'	130° 51'	185°	6/30	4.2	22.4
97-3	'97/10/03/09:30-15:30	36° 12'	130° 51'	345°	6/00	4.0	22.4
97-4	'97/10/03/17:00-21:30	36° 35'	130° 46'	165°	4/30	4.2	22.3

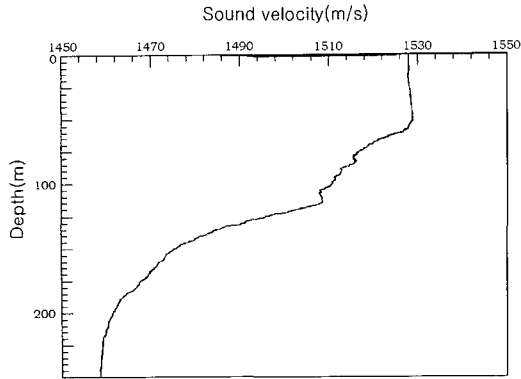


Fig. 4. Vertical profile of sound velocity in the observed station on October 3, 1997.

있어서의 표층과 저층 수괴간의 온도 차는 약 21°C 이었다.

한편, 염분은 수심 50 m 이내의 혼합층에서는 33.4 ‰이었으나 그 이하에서 수심에서는 120 m 까지 염분이 점차 증가하는 경향을 보이다가 34.0 ‰에 수렴하는 연직분포패턴을 나타내었는데, 표층 및 저층 수괴의 염분 차는 약 0.6 ‰이었다.

Fig. 4에서 수중 음속은 수심 50 m 이내의 혼합층에서는 1,528 m/s로서 비교적 안정된 연직 패턴을 나타내었으나, 그 아래쪽의 수심 120 m까지의 수온약층에서는 수심 1 m 당 0.28 m/s의 음속 감소율을 나타내었다. 또한 120 m부터 음속은 매우 급속히 감소하는 특성을 나타내었고, 표층과 수심 250 m사이의 수중음속의 차는 약 70 m/s였다.

따라서, 본 연구에서는 음속의 변환에 따른 탐지 수심의 오차를 줄이기 위해 표층과 조사대상 산란층의 하부 수심 한계인 250 m층에 대한 음속의 평균치인 1,493 m/s를 계량어군탐지기의 음속 값으로 설정하여 echogram을 수록하였다.

Fig. 3 및 Fig. 4에서 수심 50 m 이내의 혼합층에서는 수온, 염분, 수중음속이 모두 큰 변동없이 안정된 연직패턴을 나타내었으나, 그 이하의 수층에서는 수심에 따른 변동이 크고, 또한 음파의 산란강도가 불규칙하게 변동하는 불연속 경계층이 발생하였다.

2. 유영 행동의 일주기성

동해의 조사정점에서 1997년 10월 2일의 12 :

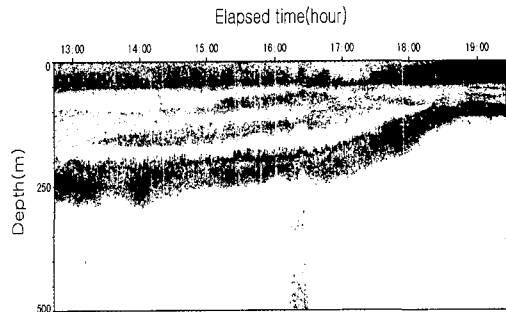


Fig. 5. Echogram at 38 kHz during evening twilight in the Korean Eastern Sea on October 2, 1997 showing the upward migration of scattering layer.

40~19 : 20에 수록한 echogram은 Fig. 5와 같으며, 당일의 일몰시는 17 : 55이었다.

Fig. 5에서 주간에는 표층, 중층, 저층에 크게 3개의 산란층이 각각 분리되어 분포하고 있는데, 이들 산란층 가운데 표층의 생물군은 수심 50 m 부근에 농밀하게 분포하고 있다가 일몰과 더불어 수면 부근까지 확산 분포하고, 중층의 저밀도 생물군 및 저층의 고밀도 생물군은 14 : 00를 경과하면서 부터 상향이동을 시작하여 18 : 40 경에 저층의 생물군은 수온약층의 경계인 수심 50 m까지 부상하여 농밀 분포하는 특성을 나타내었다. 이들 생물군의 상향이동속도는 어군의 군밀도가 높고, 소재 수심이 명료한 저층 생물군에 대해서만 분석하였는데, 시간대에 따라 약간의 차이는 있으나 평균상향이동속도는 0.51 m/min이었다.

1997년 10월 3일의 05 : 30~10 : 50의 시간대에 대한 조사 정점에서의 echogram은 Fig. 6과 같으며, 당일의 일출시는 06 : 13이었다.

Fig. 6에서 야간에는 수심 50 m까지의 혼합층과 수심 100~125 m의 수심층에 분포하던 생물군은 05 : 30부터 하향이동을 시작하는데, 혼합층의 생물군은 수온약층의 상부한계인 수심 50 m까지 하강하여 밀집 분포하고, 수심 100~125 m층의 생물군은 농밀군을 형성하여 하향이동을 시작하였다. 이 때, 이 농밀군은 연직하향이동과 더불어 분포층이 점차 넓어지는 경향을 나타내었는데, 07 : 20경부터는 군밀도가 떨어지면서 하강속도가 점차 둔화되어 그 평균하향이동속도는 0.41

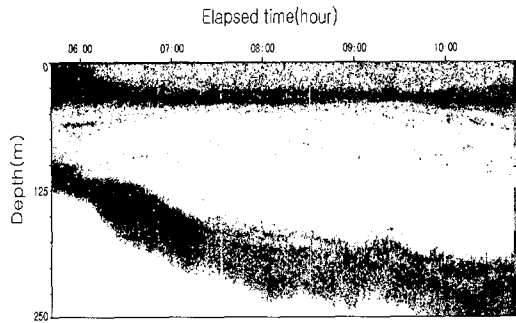


Fig. 6. Echogram at 38 kHz during morning twilight in the Korean Eastern Sea on October 3, 1997 showing the downward migration of scattering layer.

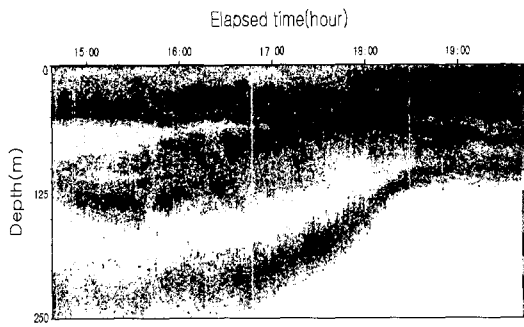


Fig. 7. Echogram at 38 kHz during evening twilight in the Korean Eastern Sea on October 2, 1997 showing the upward migration of scattering layer.

*m/min*이었다.

한편, 1997년 10월 3일의 14:30~19:50의 시간대에 있어서의 조사정점에 대한 echogram은 Fig. 7과 같으며, 당일의 일몰시는 17:51이었다.

Fig. 7은 Fig. 5의 조사해역으로부터 약 20마일 떨어진 해역에서 오후의 시간대에 수록한 결과이다. Fig. 7에서는 선명하게 분리되는 3개의 산란층이 수면에서 50m까지의 혼합층, 50~150m의 중층, 200~250m의 저층에 각각 분포하고 있었다. 그림에서 16:00 무렵의 중층에 대한 생물군의 분포밀도는 Fig. 5의 경우보다 높게 나타난 반면, 16:00 이전의 저층의 생물군의 분포밀도는 낮았는데, 이것은 기상의 변화, 조도의 차이 및 식이 환경의 변화에 따른 현상에 기인하는 것이라 판단된다.

특히, 저층의 생물군은 16:00부터 상향이동을 시작하면서 점차 분포밀도가 높아지는 경향을 나타내었고, 18:30에 수온약층의 하부 경계인 수심 125m까지 연직회유이동을 행하는 동안 그 평균적인 상향이동속도는 0.85 *m/min* 이었다.

3. 수층별 반사강도 및 체적산란강도

동해의 조사정점에서 일주기적 연직 회유 이동을 하는 어족 생물군에 대한 군집 밀도 및 군집을 형성하는 개체 생물의 크기 분포를 비교, 분석하기 위해 계량어군탐지기를 이용하여 측정된 각 수층별의 echo 신호를 해석하여 반사강도를 구한 결과는 각각 Fig. 8의 (a)~(c), Fig. 9의 (a)~(b) 및 Fig. 10의 (a)~(d)와 같다.

Fig. 8은 Fig. 5의 조사 정점에 대한 어탐 기록을 대상으로 연직상향회유이동이 종료된 생물군(a), 중층에 형성되어 상향 이동이 계속 진행되고 있는 생물군(b), 주간 수심 200~250m의 수심층에 분포하고 있는 생물군(c)에 대한 반사강도의 측정 결과이다.

그림에서 (a)의 상향이동이 종료된 중층군에 대한 반사강도는 -41~-62 dB로서 대상 생물군을 구성하는 개체어의 반사강도는 -51.5 dB에 강하게 집중되는 경향을 나타내었는데, 이 생물군의 체적산란강도는 -72.9 dB이었다.

한편, Fig. 8(b)의 상향 이동중인 중층 생물군의 반사강도는 -29~-65 dB의 범위로서 개체어의 반사강도는 -51.5 dB 부근에 강하게 집중되는 경향을 나타내었고, 이 생물군의 체적산란강도는 -71.6 dB이었다. Fig. 8(b)는 Fig. 8(a)와 비교하여 반사강도가 전구간에 광범위하게 분포하며, 특히 -38 dB 이상의 높은 반사강도를 갖는 개체가 함께 존재하고 있다.

Fig. 8(c)는 주간 수온약층 하부에 분포하는 생물군이 상향이동을 시작하기 직전의 시간대에 대한 반사강도를 나타낸 결과인데, 이 산란층에 대한 반사강도의 빈도분포에는 -39.5 dB, -48.5 dB, -57.5 dB에 중심를 갖는 3개의 분포패턴이 함께 중첩되어 나타나고 있다. 또한, Fig. 8(b)에서와 같이 반사강도가 -29~-62 dB의 매우 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 있는 사실로부터 이 수심층

에는 소형에서부터 대형의 생물군이 서로 혼재하여 분포하고, 조도의 변화와 더불어 이들의 생물군의 일부는 저층군에서 분리되어 두 개의 중층군을 형성하여 상승하고 있는데, 그 저층군의 체적 산란강도는 -64.1 dB 로서 매우 높은 값을 나타내었다.

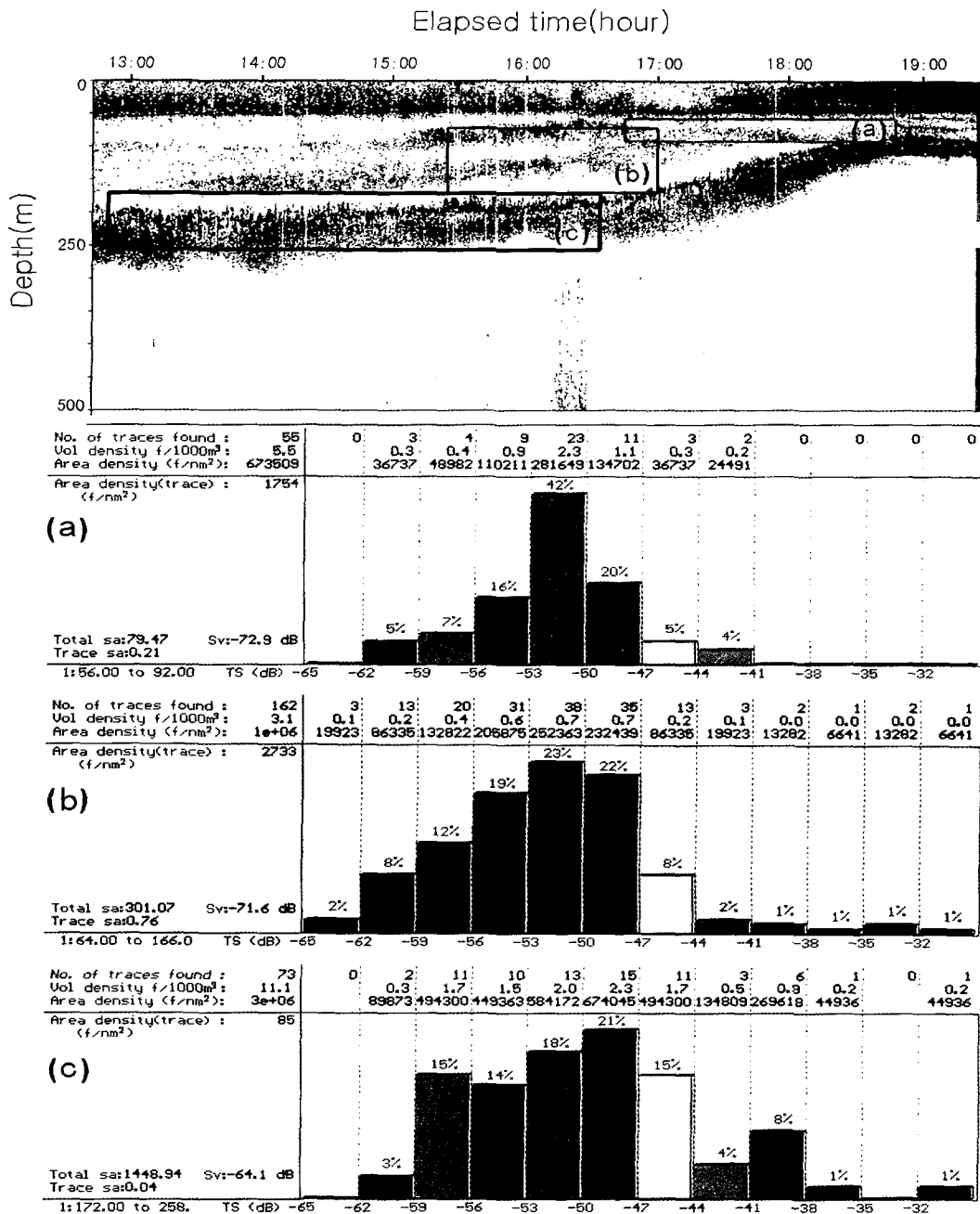


Fig. 8. Histograms of measured target strength for individual scatterers in three depth bands of scattering layer showing the upward migration.

(a) 56 - 92 m layer, (b) 64 - 166m layer, (c) 172 - 258 m layer

Fig. 9는 Fig. 6의 조사 정점에 대한 어탐 기록을 대상으로 조도의 변화에 따라 하향이동은 행하지만 수온약층을 통과하지 않고 수온약층의 상부한 계인 50 m 수층에 농밀하게 군집하고 있는 생물

군(a)과 연직하향 회유이동이 매우 급속하게 진행되고 있는 생물군(b)에 대한 반사강도의 측정 결과이다. 그림에서 (a)의 50 m 수층에 농밀하게 군집하고 있는 생물군에 대한 반사강도는 -47 ~ -65

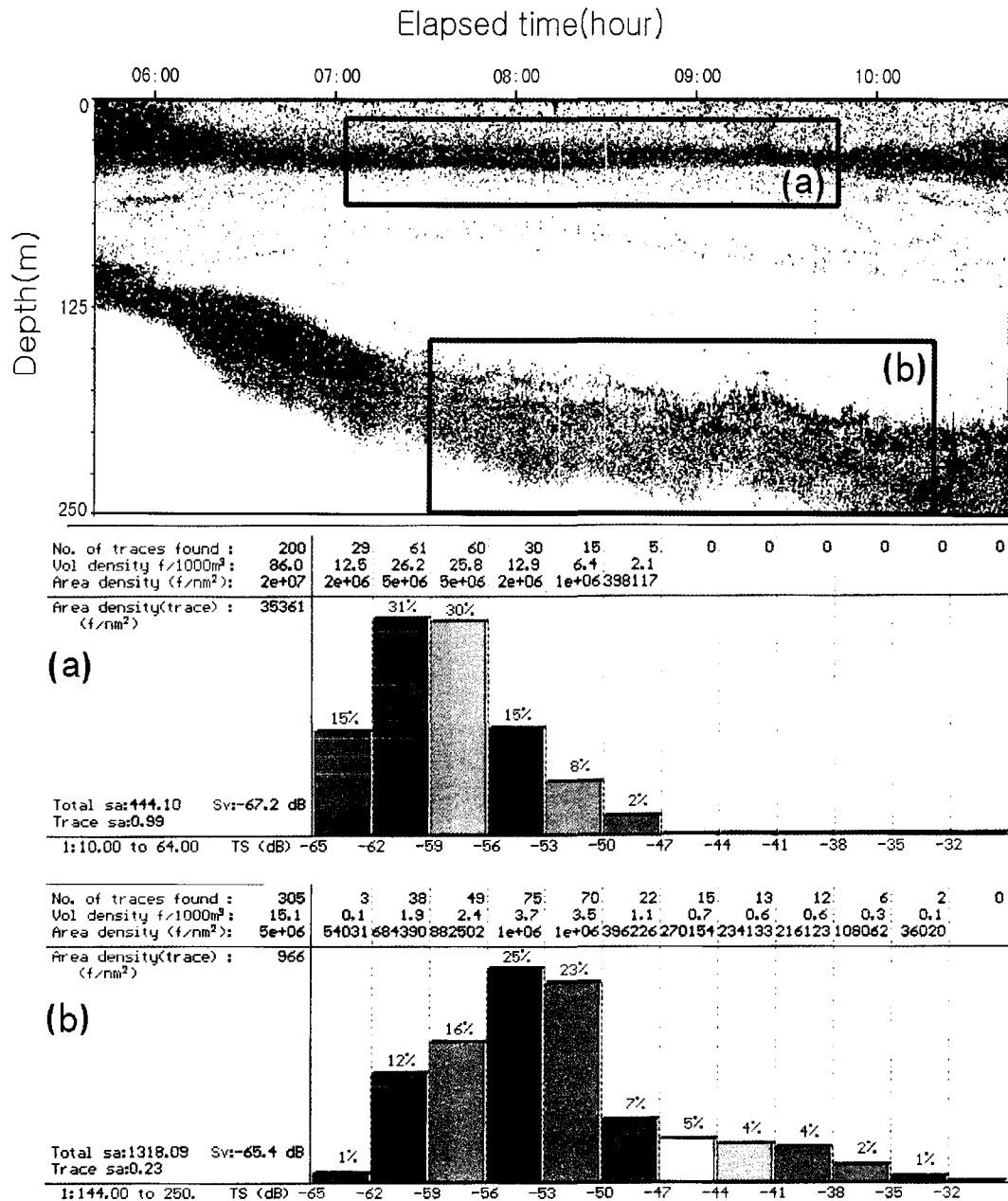


Fig. 9. Histograms of measured target strength for individual scatterers in two depth bands of scattering layer. (a) 10 - 64 m layer, (b) 144 - 250m layer

dB의 범위로서 개체의 반사강도는 -59.0 dB에 강하게 집중되는 경향을 나타내어 혼합층에는 소형의 개체가 집중 분포하는 군집특성을 나타내

었고, 또한 이 생물군의 체적산란강도는 -67.2 dB이었다. 한편, Fig. 9(b)의 빠른 속도로서 하향이동하고

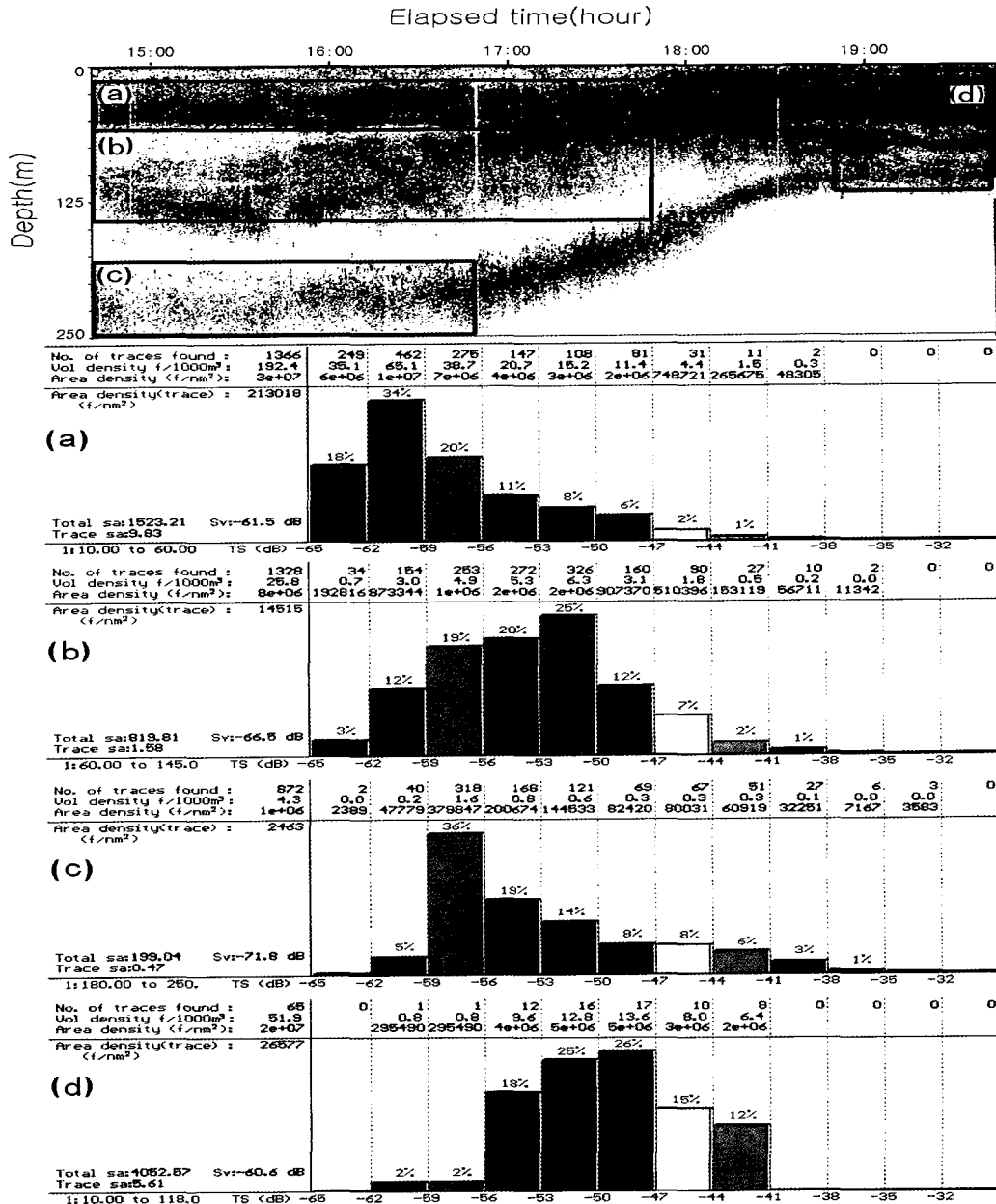


Fig. 10. Histograms of measured target strength for individual scatterers in four depth bands of scattering layer showing the upward migration.

(a) 10 - 250 m layer, (b) 10 - 60 m layer, (c) 60 - 145 m layer, (d) 180 - 250 m layer

있는 생물군의 반사강도는 $-32 \sim -65$ dB의 범위로서 그 반사강도는 -54.5 dB 부근에 강하게 집중되는 경향을 나타내었다. 중층 생물군의 체적산란강도는 -65.4 dB로서 혼합층의 경우보다 높은 값을 나타내었고, -38 dB이상의 대형의 개체가 다량 혼재되어 있음을 알 수 있다.

Fig. 10은 Fig. 7의 조사 정점에 대한 어탐 기록에 있어 조도의 변화에 관계없이 혼합층에 분포하는 생물군(a), 60~145 m의 수층에서 매우 광범위한 수직폭을 형성하여 상향 회유 이동하는 생물군(b), 주간 수심 180~250 m의 수심층에 분포하는 상향이동 직전의 생물군(c), 연직상향이동이 종료된 생물군(d)에 대한 반사강도의 측정 결과이다.

Fig. 10(a)는 수온약층 상부에 대한 결과인데, 생물군의 체적산란강도는 -61.5 dB, 개체 생물의 반사강도는 $-38 \sim -65$ dB의 범위로서 -60.5 dB 부근에 강하게 집중되는 경향을 나타내어 혼합층에 머무는 생물은 매우 작은 소형어가 주류를 이루고 있다고 추정된다.

Fig. 10(b)는 상향이동하는 중층의 생물군에 대한 결과인데, 생물군의 체적산란강도는 -66.5 dB, 개체 생물의 반사강도는 $-38 \sim -65$ dB의 범위로서 $-50 \sim -59$ dB에 강하게 집중되는 경향을 나타내었다.

Fig. 10(c)는 상향이동을 시작하기 직전의 분산된 생물군에 대한 결과인데, 그 체적산란강도는 -71.8 dB로서 매우 낮았지만, 반사강도는 $-32 \sim -65$ dB의 범위에 걸쳐 광범위하게 분포하면서 Fig. 10(a)와 (b)에 비해 반사강도가 높은 대형어의 점유 비율이 높게 나타났다.

Fig. 10(d)는 표층에서 125 m까지 연직 상승이 완료된 모든 생물군에 대한 결과인데, 이 생물군의 체적산란강도는 -60.6 dB로서 (a)~(c)에 비해 매우 높았다. 개체 생물의 반사강도는 $-41 \sim -62$ dB 범위로서 -48.5 dB을 중심으로 매우 강하게 집중되는 현상이 나타나 중·소형의 체장을 갖는 생물체의 점유비율이 매우 높았음을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 어군의 군집도를 나타내는 체적산란강도는 표층(a)→중층(b)→저층(c)의 순으로 높았고, 개체 생물의 크기를 나타내는 반사

강도의 분포는 저층(c)→중층(b)→표층(a)의 순으로 높게 나타났다.

4. 어획물의 조성

본 연구에서는 산란층을 구성하는 생물군의 어종조성을 조사하기 위해 대상해역에 설정한 4개의 트롤 정점에서 수층별에 대한 중층트롤조업을 실시하였다. 그 결과, 4회의 중층트롤조업에 의해 총 196.5 kg의 어획물이 샘플링되었는데, 그 중에서 살오징어(*Todarodes pacificus*)가 95.7%로서 대부분을 차지하였고, 그 외에 흑밀복(*Lagocephalus gloveri*), 새다래(*Brama japonica*), 딱지(*Aptocyclus ventricosus*), 도루묵(*Aretoscopus japonicus*) 등이 소량 혼획되었다. 트롤조사는 끝자루에 망목 22 mm의 커버 네트를 장착하여 실시하였지만, 산란층의 주요 구성생물이라 판단되는 플랑크톤은 모두 망목을 통해 빠져나가고 어느 크기 이상의 어류만이 어획되어 이들에 대한 분석만을 행하였다.

본 트롤조사에서 어획이 가장 많았던 살오징어에 대한 외투장과 체중의 빈도분포는 각각 Fig. 11 및 Fig. 12와 같다. 그림에서 살오징어의 평균 외투장 및 평균체중은 각각 25.3 cm, 390.0 g이었고, 어획된 살오징어의 위내용물을 조사한 결과, 동종의 살오징어, 플랑크톤, 갑각류 및 치어류가 주요 위내용물이었다. 특히, 동종의 살오징어 몸체의 일부가 다량 추출된 사실로부터 살오징어는 서로相食한다는 사실을 알 수 있었다.

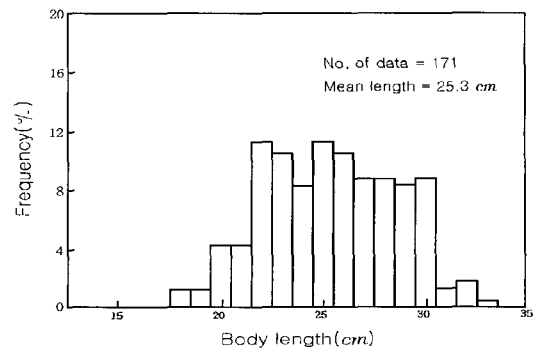


Fig. 11. Histogram of body length of common squid, *Todarodes pacificus*, caught by pelagic trawling.

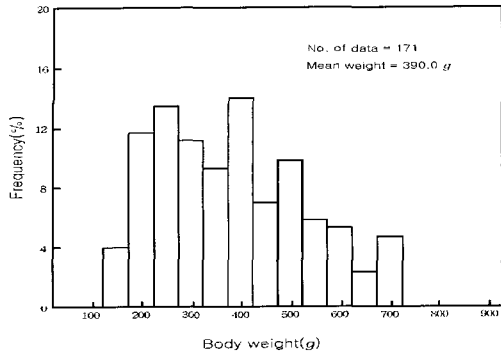


Fig. 12. Histogram of body weight of common squid, *Todarodes pacificus*, caught by pelagic trawling.

요 약

1997년 10월 2일부터 10일 사이에 동해에서 계량어군탐지기를 이용하여 수집한 어탐기록과 CTD를 이용하여 해양관측 결과 및 중층트롤에 의한 어획물의 생물학적 조성 등을 비교, 분석하여 어족생물의 일주기적인 유영행동특성을 검토, 고찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 1997년 10월 3일에 북위 36°04', 동경 130°53'의 조사해역의 경우, 수온약층은 수심 60~110 m의 수층에 형성되었고, 혼합층과 수심 250 m의 저층 수괴 사이의 온도차와 염분차는 각각 21°C, 0.6‰이었다. 또한, 수온약층에서의 수심 1 m 당에 대한 음속 감소율은 0.28 m/s이었다.
2. 조사대상해역에 있어서 1997년 10월 2일~3일에 대한 일주기적 연직회유행동을 고찰할 때, 주간 수온약층 아래쪽 수심 250 m 전후에 분포하는 생물군의 평균상승속도는 시간대에 따라 약간의 차이는 있으나 0.51 m/min이었고, 일출을 전후하여 100~125 m 수층에서 하향이동하는 생물군의 평균하강속도는 0.41 m/min이었다.
3. 조사대상해역에 있어서 어군의 체적산란강도는 표층, 중층, 저층의 순으로 높았고, 개체생물의 반사강도는 저층, 중층, 표층의 순으로 높게 나타났다.
4. 중층트롤에 의한 시험조업의 결과, 초음파 산

란층에 분포하는 어획 생물중에서 살오징어가 점유하는 비율이 가장 높아 95.7%이었고, 그 평균 외투장과 평균체중은 각각 25.3 cm, 390.0 g이었으며, 위내용물은 살오징어, 갑각류, 치어류 등이었다.

참고문헌

- 1) 이대재(1994) : 동중국해에 있어서 어족생물의 일주기적 유영행동특성에 관한 연구 - I - 주간 전이 시간대의 유영행동특성 -, 한국어업기술학회지 30(4), 239~250.
- 2) 이대재(1994) : 동중국해에 있어서 어족생물의 일주기적 유영행동특성에 관한 연구 - II - 연직이동 속도 및 산란강도의 변동 -, 한국어업기술학회지 30(4), 251~262.
- 3) 이대재(1992) : 어군탐지기에 의한 어군의 분포와 생태계측에 관한 연구, 한국어업기술학회지 28(4), 337~346.
- 4) 羽生功·田畑滿生(1988) : 水産動物の日周活動, 恒星社厚生閣, 35-187.
- 5) 井上實(1978) : 魚の行動と漁法, 恒星社厚生閣, 175~187.
- 6) 이대재(1997) : 어업계측공학(이론과 실제), 태화출판사, 180~207.
- 7) 添田秀男(1990) : テレメトリーによる水生動物の行動解析, 恒星社厚生閣, 9~115.
- 8) Percy, W., Nishyama, T., Fussy, T. and Masuda, K.(1984) : Diel Variations in the feeding habits of Pacific salmon caught in gill nets during a 24-hour period in the Gulf of Alaska, Fishery Bulletin 82(2), 391~399.
- 9) Orłowski, A.(1990) : Hydroacoustic characteristics of scattering layers in the Northeastern Atlantic Ocean, J. Acoust. Soc. Am. 88(1), 298~309.
- 10) 이대재, 김진건, 신형호(1998) : 한국 남해안의 잠재어업자원 조사연구, -저층트롤 어획물의 생물학적 조성-, 한국어업기술학회지 34(3), 241~254.
- 11) 이대재, 신형일(1999) : Split beam 어군탐지기에 의한 어류의 유영 행동 조사연구, -유영속도의 측정-, 한국어업기술학회지 35(3), 301~311.
- 12) 김인진, 이춘우(1999) : 중층트롤어구의 망구형상 해석, 한국어업기술학회지 35(2), 118~128.