

魚群探知機에 의한 魚群의 分布와 生態計測에 관한 研究*

李 昊 在

釜山水產大學校

(1992년 11월 14일 접수)

Hydroacoustic Investigations on the Distribution and Migration Behavior of Fish*

Dae-Jae LEE

National Fisheries University of Pusan

(Received November 14, 1992)

Hydroacoustic surveys were conducted in the East China Sea, in the summers of 1990-1991 to investigate the distribution and migration behavior of fish, such as the diel changes in the distributions of fish, the thermoselection behavior of fish, and the fish reactions to a surveying vessel.

The hydroacoustic observations were taken with a scientific echo sounder operating at 50 kHz and a microcomputer-based echo processor.

Fish samples were collected by bottom trawling and temperature was measured with a DBT system.

The patterns of fish distributions were compared with the vertical profiles of water temperature.

The results obtained can be summarized as follows :

1. The time series of hydroacoustic observations on the downward migration at dawn in the central region of East China Sea showed that the migration rate was 0.24 m/min. In this region, most of the fish collected by bottom trawling during the surveys were squid (*Photoligo edulis f. budo*) and horse mackerel (*Trachurus japonicus*).
2. The hydroacoustic observations, which together associated with temperature data, indicated that squid and horse mackerel concentrated nocturnally in a narrow vertical band of thermocline, particularly in summer when the survey region was

* 이 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

strongly stratified. This result suggest that the nocturnal vertical distribution of these species evidently is controlled by temperature.

3. When the survey vessel, that is running at a speed of 11 knots, has suddenly stopped, the fish which concentrated beneath the transducer showed a strong avoidance reaction in the form of rapid downward migration. After a few minutes, the descending reaction disappeared and the fish slowly began the upward migration toward their original swimming positions. Trawl data suggest that the fish, which showed the avoidance reaction, was *Liparis tessellatus*.

緒 言

해양에 서식하는 생물중에는 주야에 걸쳐 日 周期性의 遊泳行動을 반복하는 종류가 많다. 그 중에서도, 특히 回遊性的의 어업 생물이 주간과 야간의 '照度變化'에 반응하여 일주기적으로 수직적인 回遊移動을 반복하는習性이나, 또는 어장의 환경조건에 따라 어류가 매우 농밀하게 群集하거나, 分散되는 어군의 행동학적인 情報는 앞으로 어업 생물을 어획하는데 있어서 뿐만 아니라 그 資源을 효과적으로 評價 및 管理하는데 있어서도 매우 중요한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

최근, 魚探技術이 비약적으로 발전함에 따라, 이와같은 어업생물의 鉛直回遊移動패턴이나 水溫躍層을 경계로 어류가 群集하는 습성, 또한 외부의 물리적인 자극에 대한 어류의 유영 행동의 변화 등과 같은 어군의 分布와 生態에 관한 각종의 정보를 현장에서 직접 수집하여 정량적으로 분석하는 것이 가능하게 되었다^{1)~8)}.

本 研究에서는, 현재 어업자원을 정량적으로 평가하기 위한 수법의 하나로서 주목되고 있는 計量魚探分野에서 필요로 하는 "魚群의 生態學的 習性에 관한 情報"를 현장에서 직접 收集, 分析하는 것을 시도하였다.

따라서, 本 研究은 이와같은 관점에 주목하여 어군의 연직적인 회유이동패턴을 정량적으로 분석함과 동시에 그 연직회유이동 과정에서 초

래되는 超音波散亂強度의 變動特性을 검토하고, 또한 水溫躍層을 경계로 어군이 어떠한 분포패턴을 나타내며, 또 船舶의 항주상태에 따라 어군이 어떠한 행동반응을 보이는가 등을 현장 실험을 통하여 검토하였다.

實驗裝置 및 方法

調査는 1990년과 1991년의 夏季에 Fig. 1과 같이 東中國海에 설정한 6개의 調査 定點을 대상으로 釜山水產大學校 實習船 새바다호(stern

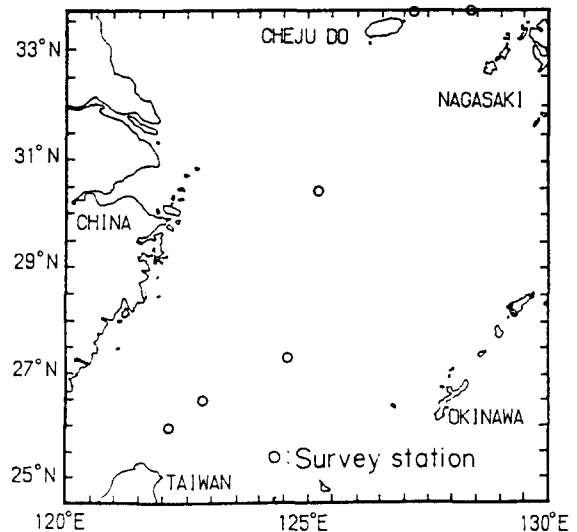


Fig. 1. Stations of hydroacoustic surveys and trawl sampling in the East China Sea in 1990-1991. Open circles denote stations.

trawler, G/T 2, 275)를 이용하여 실시하였다.

魚群의 分布와 群集度는 定量적으로 설계된 50 kHz用 魚群探知機를 이용하여 계측하였고, 조사대상해역에 있어서의 수온은 DBT(Digital memory Bathy-Thermograph) 시스템을 이용하여 측정하였다.

한편, 조사 대상 해역에 분포하는 生物群의 생물학적 정보를 수집하기 위해서 저층트롤에 의한 漁獲試驗을 병행하여 실시하였다.

魚探信號의 收錄, 處理 및 解析시스템은 Fig. 2와 같다.

魚探信號의 收錄은 현장에서 어탐 시스템의 20Log(r) TVG(Time Varied Gain) 增幅器에서 出力되는 魚群 echo 信號의 包絡線 信號를 micro-computer(NEC, PC9801vm2)에 접속되어 있는 12 bit의 A/D 變換기(ELM DATA, EP-98ADCH)를 통하여 24.5 kHz의 샘플링 주파수로서 數值化하고, 이것을 floppy disk에 수

록하였다. 실험실에서는 각 조사 해역에 대한 echo data를 재생시켜 어군의 공간적인 분포 특성을 분석, 검토하였다. 이 때, 특히 夜間에 어군이 표층을 향해 浮上하는 동안에 대해서는 어군의 연직분포 패턴과 DBT(環境計測 SYSTEM, MOX-BT2F)에 의해 측정된 수온의 鉛直構造를 상호 비교, 분석하였다.

魚群의 體積散亂強度(SV, dB)는 다음 식에 의해 구하였다⁸⁾.

$$SV = 10 \log(E) + (SL + VR) - 10 \log(CT/2) - 10 \log(B) + 20 \log(R) + 2\alpha R \dots\dots\dots(1)$$

여기서, E : 魚群 echo 信號의 energy, SL : 音源強度, VR : 受信感度, C : 水中音速, B : 等價 beam 幅, T : 펄스 幅, α : 吸收減衰係數, R : TVG의 上限水深이다.

한편, 各 水層別에 대한 平均體積散亂強度는 대상해역의 水層을 1 m 간격으로 分割하여 다음 식에 의해 구하였다.

$$\langle SV(i) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N SV(i, j) \dots\dots\dots(2)$$

(2)식에서 <SV(i)>는 i번째 수층의 平均體積散亂強度, SV(i, j)는 j번째 송신펄스에 대한 i번째 수층의 體積散亂強度, N는 總送信 펄스의 數이다.

結果 및 考察

1. 魚群의 日周活動과 超音波散亂強度

魚群의 日周活動 패턴을 검토하기 위하여, 觀測 定點에서 어군으로부터의 초음파와 echo 信號를 연속적으로 계측하여 各 水層別 超音波散亂強度를 구하고, 이것을 時間과 水深에 대하여 나타낸 결과는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

Fig. 3은 1991년 8월 4일에 J.at. 30° 25'. 24N, Long. 125° 16'. 10E의 해역에서 漂流中에 05시

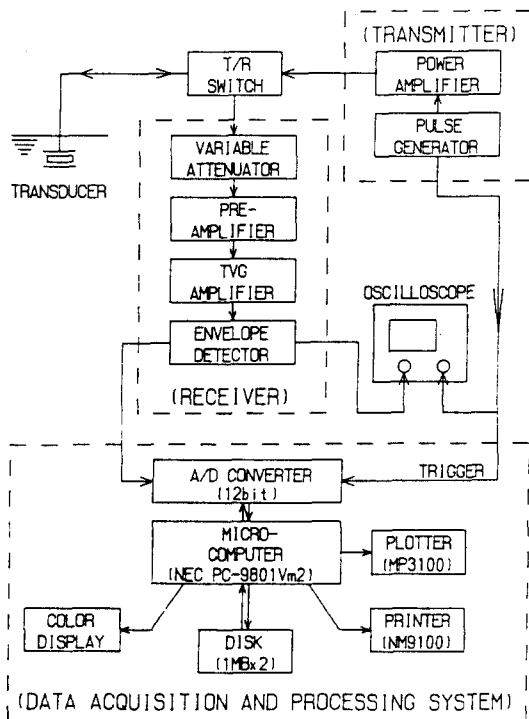


Fig. 2. Block diagram of data acquisition and processing system.

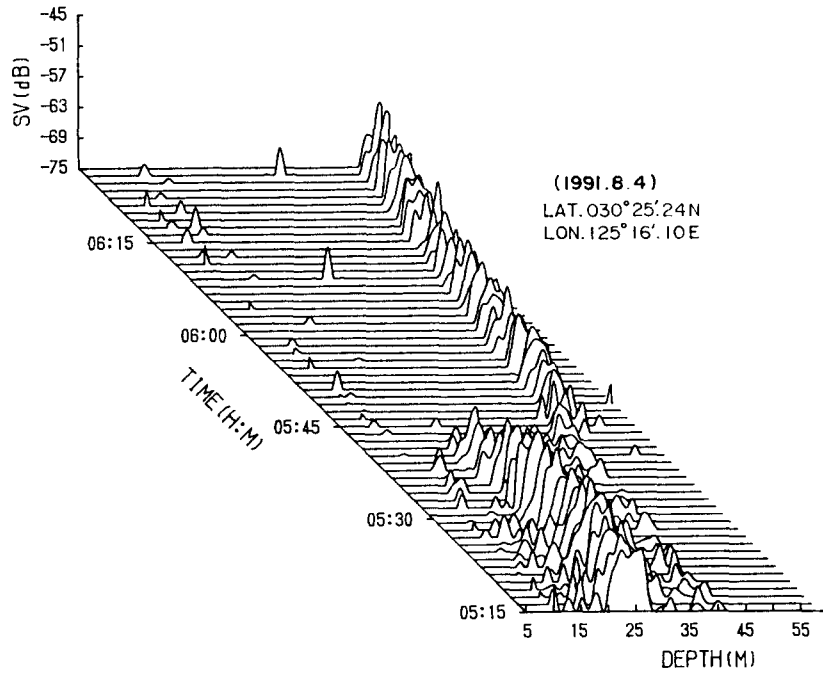


Fig. 3. Three-dimensional plot of scattering strength showing the vertical downward migration at dawn in the East Chia Sea on August 4, 1991.

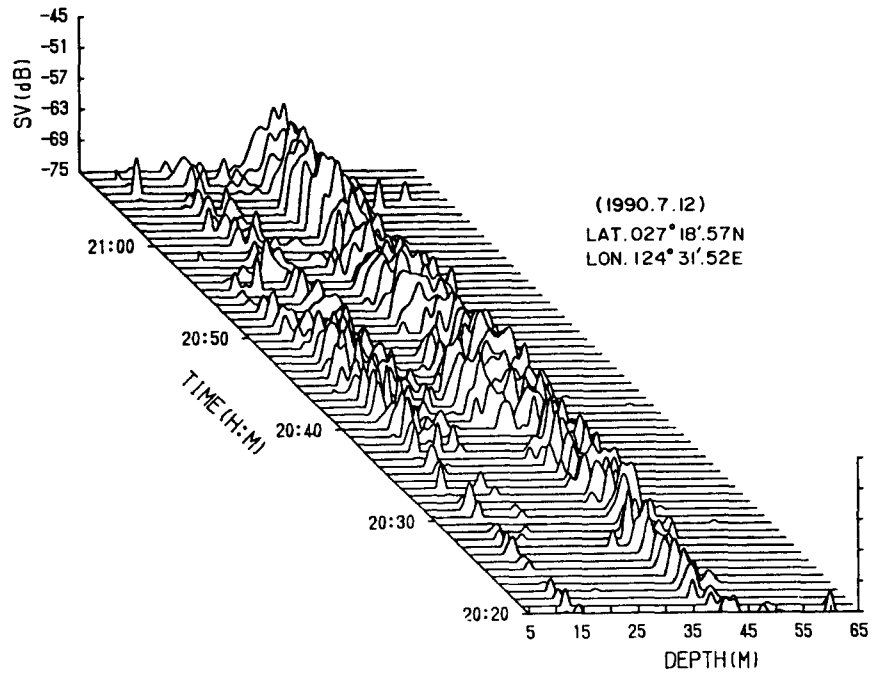


Fig. 4. Three-dimensional plot of scattering strength, just after the vertical upward migration at dusk, showing the fish distribution controlled by the thermocline on July 12, 1990.

15분부터 06시 30분까지 측정한 어군의 體積散亂強度를 시간에 대하여 나타낸 것으로, 당시의 日出은 05시 46분이었고, 水溫躍層은 수심 약 17 m에 존재하였다. 저층트롤에 의해 어획된 漁獲量은 185 kg으로서, 어획물의 組成은 칼오징어(*Photolugio edulis f. budo*)가 약 57%, 전갱이(*Trachurus japonicus*)가 약 13%, 그 밖에도 참돔(*Chrysophrys major*) 및 갈치(*Trichiurus lepturus*) 등이 어획되었다.

Fig. 3에서 어군은 日出直前까지 수온약층 바로 아래쪽에 군을 형성하여 遊泳하는 群習性을 나타내고 있으나, 日出과 더불어 해저를 향해 급속히 下降하는 연직이동패턴을 나타내고 있다. 특히, 日出時에 수심 약 47 m에 위치하고 있던 어군이 06시 27분에는 수심 약 57 m까지 하강한 것을 알 수 있으며, 그 下降速度는 0.24 m/min이었다. 또한 日出前後의 시간대에 대한 어군의 행동패턴을 보면, 이 시간대에 있어서 어군의 下向遊泳行動은 매우 급속히 행해지고 있음을 알 수 있다.

한편, Fig. 4은 1990년 7월 12일에 Lat. 27° 18'. 57N, Long. 124° 31'. 52E의 해역에서, 트롤에 의한 漁獲試驗을 행한 직후에 停船中인 상태에서 20시 20분부터 21시 10분까지 측정한 어군의 體積散亂強度를 시간에 대하여 나타낸 것으로서, 당시의 日沒은 19시 12분이었다. 저층트롤에 의한 漁獲量은 672 kg으로서, 어획물의 組成은 전갱이가 약 90%, 칼오징어가 약 5%, 그 밖에도 약간의 쾨치(*Thamnaconus modestus*)와 꼬치고기(*Sphyrna pinguis*)가 어획되었다.

Fig. 4에서 超音波 echo 信號의 生成에 기여하고 있는 生物群은 트롤조업에 의한 어획물 조성으로부터 주로 전갱이 어군인 것으로 판단되고, 또 수심 약 30 m를 경계로 하여 어군의 분포가 서로 분리되어 있음을 알 수 있다. 특히, 日沒後 시간이 경과함에 따라서는 下層部에서의 어군의 群集度가 점차 높아지는 경향이 있다. 이와같은 어군의 空間分布特性은 海洋環境

條件, 그중에서도 특히 수온의 연직구조와 어떤 관련성을 갖고 있으리라는 판단하에 어군의 體積散亂強度의 鉛直分布와 水溫의 鉛直構造를 상호 비교, 검토한 결과는 Fig. 5와 같다.

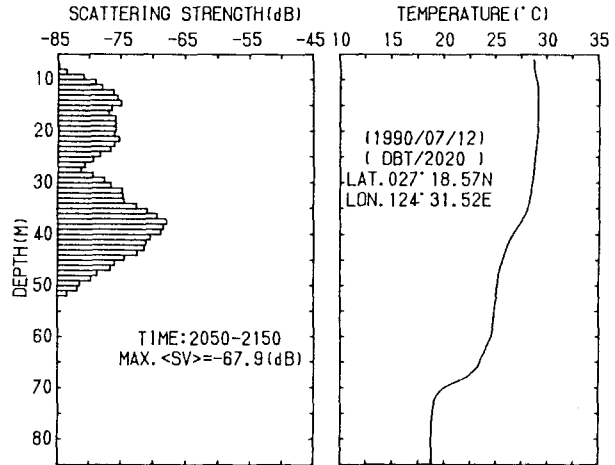


Fig. 5. Nighttime vertical distribution of scattering strength on July 12, 1990, shown in relation to the temperature-depth profile.

Fig. 5는 Fig. 4와 동일한 관측 정점에서 20시 50분부터 21시 50분까지 1시간에 걸쳐 측정한 어군의 體積散亂強度를 각 수층별로 평균하여 平均體積散亂強度의 연직분포를 구하고, 이것을 DBT에 의해 측정된 수온의 연직구조와 비교, 검토한 것이다.

Fig. 5의 수온의 연직구조에서 水溫躍層이 수심 약 35 m와 약 67 m에 각각 존재하고 있으며, 수심 약 35 m에 존재하는 수온약층을 경계로, 그 바로 直下의 수층에 분포하는 어군의 平均體積散亂強度는 -67.9 dB이었고, 그 上層部인 表層에 분포하는 어군의 平均體積散亂強度는 -74.8 dB로서, 수온약층을 경계로 어군의 분포가 서로 분리되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 주간에서 저층에서 유명하던 個體生物이 日沒과 더불어 表層을 향해 연직적인 回遊移動을 하는 과정에서, 수온약층이 이들 생물의 유명행동을 制約하는 障壁 役割을 함으로서, 수

온약층을 완전히 통과하지 못하고 수온약층의 아래쪽에 群集하여 濃密한 군을 형성한 것으로 판단된다.

2. 水溫躍層과 魚群의 鉛直分布特性

水溫躍層이 잘 발달된 해역에서 수온약층에 대한 어군의 空間分布特性을 검토하기 위하여, 수온의 鉛直構造와 어군의 鉛直分布特性을 상호 비교, 고찰한 결과는 Fig. 6~Fig. 9와 같다.

Fig. 6의 (A)는 1990년 6월 11일에 Lat. 25° 59'. 76N, Long. 122° 04'. 14E의 해역에서, 또

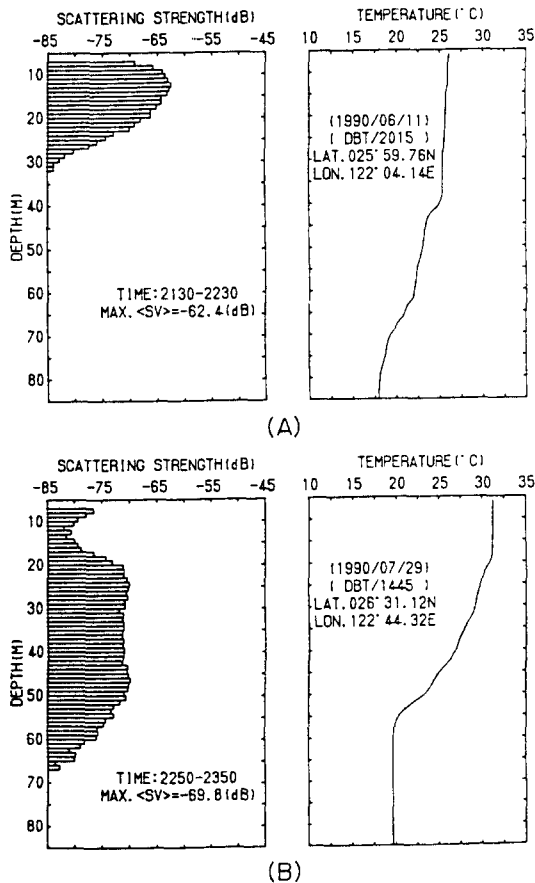


Fig. 6. Comparisons of the relationship between nighttime vertical distribution of scattering strength and vertical distribution of temperature on June 11 (A) and July 29 (B), 1990.

한, (B)는 1990년 7월 29일에 Lat. 26° 31'. 12N, Long. 122° 44'. 32E의 해역에서 각각 측정된 어군의 體積散亂强度和 수온의 鉛直構造와의 관계를 나타낸 것이다.

Fig. 6의 (A)와 (B)는 각각 대만 북동부의 서로 근접한 해역에서 49일간의 時間 遲延을 갖고 측정된 것으로서, 6월과 7월의 수온의 연직구조에 현저한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 6월에 있어서는 수심 약 40 m에 수온약층이 형성되어 표층부와 저층부의 水溫差가 7.1°C 에 불과하였지만, 쿠로시오의 勢力이 강한 7월에 있어서는 수심 약 20 m와 약 55 m에 각각 제 1 및 제 2의 수온약층이 형성되어 표층부와 저층부의 수온차가 11.4°C로서 6월에 비해 그 차이가 4.3°C나 컸다. 이와같은 月別 水溫의 연직적인 構造變化에 기인하여 어군의 空間分布特性에도 큰 차이를 보이고 있는데, 6월에 있어서는 수온약층 상부의 混合層에 魚族生物이 濃密하게 군을 형성하는 경향을 나타내고 있으나, 7월에 있어서는 제 1 약층과 제 2 약층 사이의 水層에 비교적 규모가 큰 어군이 형성되고 있음을 알 수 있다. 한편, 이들 해역에서 트롤에 의해 어획된 주요 魚種은 갈오징어였으며, 또, 6월에 混合層에 群集한 어군의 平均體積散亂强度은 -62.4 dB이었고, 7월에 제 1 약층과 제 2 약층 사이에 群集한 어군의 그 값은 -69.8 dB이었다.

한편, Fig. 6의 (A)에서 각 수층에 대한 어군의 平均體積散亂强度은 수심 11~15 m 區間에서 가장 높은 값을 나타내고 있다. 이 수심 구간에서 탐지한 147개의 어군의 群集度를 검토하기 위하여, 이들 어군으로부터 散亂된 超音波 echo 信號의 振幅을 고찰한 결과는 Fig. 7과 같다. Fig. 7의 縱軸은 頻度分布(%)이고, 橫軸은 수심 11~15 m 구간의 수층에서 탐지한 魚群 echo 信號의 平均 振幅(V)을 나타낸 것이다. 이 그림에서 魚群 echo 信號의 振幅이 0~2 V 區間에 집중되어 있음을 알 수 있다. 즉, 이것은 탐지한 어군의 대부분이 群集도가 낮은 어군들이었다는 것을 의미하고, 또 群集도가 높은 어

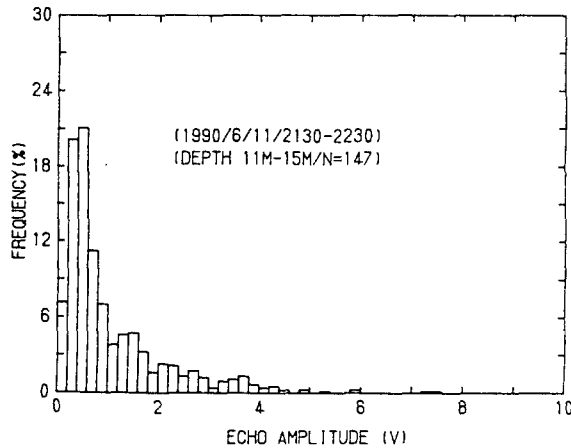


Fig. 7. Frequency distribution of fish-school echoes for the depth layer of 11-15 m in Fig. 6(A).

군의 比率이 상대적으로 매우 낮아 그 분포패턴은 指數分布型에 유사한 樣相을 나타내고 있다.

Fig. 8은 1990년 8월 7일에 거문도 남서부 Lat. 33° 48'.01N, Long. 127° 09'.75E의 해역에서 漂流中에 22시 20분부터 23시 40분까지 계속한 어군의 체적산란강도와 수온의 연직구조와를 서로 비교한 것으로서, 수온약층은 수심 약 13 m에 형성되어, 表層部와 底層部의 수온차가 14.3°C였다. 또한, 트롤 조업에 의해 어획된 어획량은 205 kg으로서, 어획물의 組成은 칼치가 약 89%, 전갱이가 약 9%, 그 밖에도 약간의 참돔 및 오징어 치어 등이 어획되었다. Fig. 7에서 수온의 연직구조와 어군의 空間分布特性을 비교해 볼 때, 수온 17~18°C의 저층에 군집한 어군과 수온약층의 바로 아래쪽에 군집한 어군으로서 상하로 분리되어 분포하는 특성을 나타내고 있다. 어획물의 組成으로부터 저층의 어군은 칼치 어군으로, 또 표층의 어군은 전갱이와 오징어의 치어군으로 판단되며, 각각의 平均體積散亂強度는 -70.8 dB, -71.2 dB이었다.

Fig. 9는 Fig. 8의 조사해역과 인접한 거문도 남서부 Lat. 33° 47'.12N, Long. 128° 23'.24E의 해역에서 1991년 6월 5일에 표류하면서 22시 50분부터 23시 50분까지 계속한 어군의 體積散

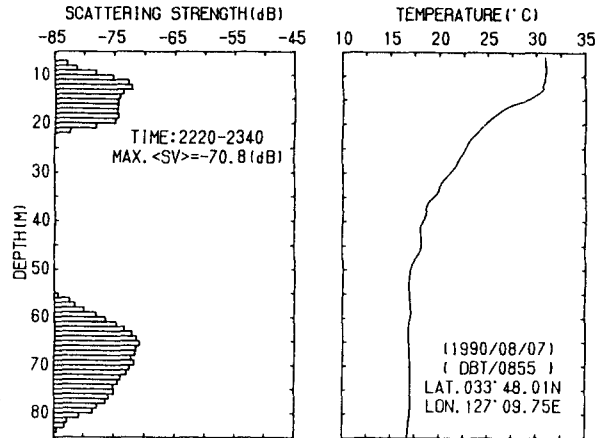


Fig. 8. Nighttime vertical distribution of scattering strength on August 7, 1990, shown in relation to the temperature-depth profile.

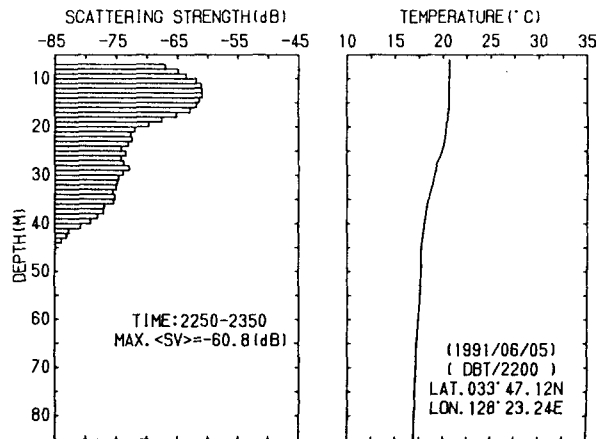


Fig. 9. Nighttime vertical distribution of scattering strength on June 5, 1991, shown in relation to the temperature-depth profile.

亂強度와 수온의 鉛直構造와를 비교한 것이다. 이 때에는 수온약층이 잘 발달되지 않아 표층부와 저층부의 수온차가 3.8°C로서 매우 작았던 관계로, 어군이 표층부까지 완전히 浮上하여 농밀한 군을 형성했던 것으로 판단되며, 그 體積散亂強度는 -60.8 dB이었다. 트롤에 의한 어획물은 주로 전갱이와 칼오징어였다.

Fig. 6~Fig. 9에 대한 어군의 空間分布特性을 종합적으로 고찰해 볼 때, 表層과 底層의 수온차가 크고, 또 中層에 뚜렷한 水溫躍層이 형성되어 있는 경우, 야간에 전갱이나 칼오징어와 같은 魚族生物은 수온약층의 바로 아래쪽에 농밀하게 군집하는 특성을 나타내고, 또 표층과 저층의 수온차가 적은 경우에 있어서는 표층까지 완전히 부상하여 분포하는 경향을 나타내었다. 즉 수온의 연직구조에 따라 어군의 遊泳層과 그 群集度가 변화하고 있음을 알 수 있었다.

3. 船舶의 航走狀態와 魚群의 行動패턴의 變化

船舶의 航走狀態가 어군의 행동패턴에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 1990년 11월 12일에 Lat. 34° 06'.80N, Long. 123° 33'.47E의 해역(소흑산도 동방 해역)에서 선박의 速力을 減速, 또는 增速하면서 魚群 echo 信號를 연속적으로 수록한 결과는 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 (A)는 船速의 변화에 따른 어군의 行動反應을 計量魚群探知機로서 연속적으로 기록한 魚探記錄이며, (B)는 그때의 船速의 변

화 상황을 나타낸 것이다. 또, Fig. 11은 조사해역에 대한 水溫, 鹽分, 溶存酸素의 연직구조를 각각 나타낸 것이다. 이 해역에 있어서는 수심 42 m 부근에서 온도 경도가 매우 급한 수온약층이 형성되어, 그 상층과 하층의 수온차가 5.2°C였고, 또, 이 약층을 경계로 하여 鹽分 및 溶存酸素의 不連續層이 함께 나타나고 있다. 이와같은 海洋環境條件하에서 그 不連續層의 상층과

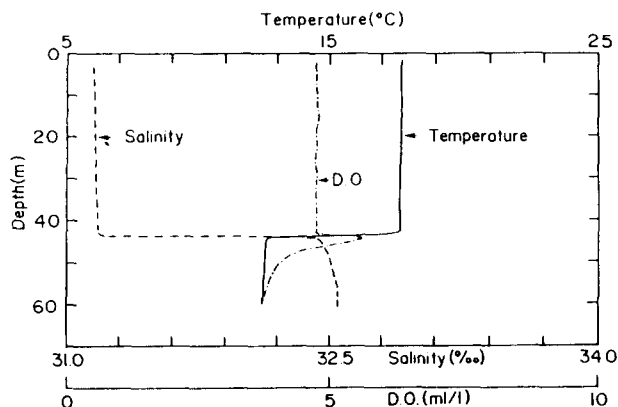


Fig. 11. Vertical profiles of temperature, salinity and dissolved oxygen measured in the survey area of Fig. 10.

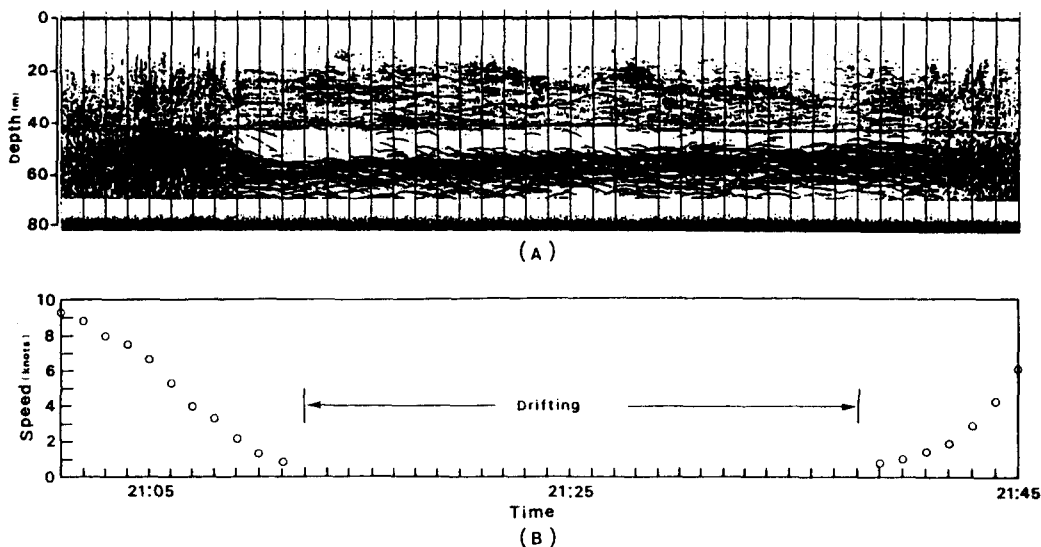


Fig. 10. A echogram showing the fish reaction to a survey vessel (A) and the change in the speed of a survey vessel with time (B).

하층에는 각각 서로 다른 魚族生物이 군집하여 분포하고 있음이 魚探記錄으로 부터 알 수 있다.

Fig. 10의 (B)에서 선속을 21시 1분에 9.2 knots, 21시 5분에 6.7 knots, 21시 9분에 2.2 knots로 점차 낮추면서, 21시 11분에 船舶을 완전히 停船시켜 漂流 狀態를 유지하였다. 그 때, 魚探記錄에는 수온약층 바로 아래쪽에 분포하고 있던 生物群이 21시 6분 부터 해저쪽으로 서서히 沈降하는 行動反應을 나타내기 시작하여, 그 후, 3~4분 동안에 급속히 연직적으로 下向移動하는 행동패턴을 나타내었다. 즉 선박의 정선과 동시에 어군은 해저쪽으로 逃避하는 行動習性を 나타내고 있다. 이와같은 현상은 船舶騷音에 기인하는 어군의 逃避行動으로 판단되나^{3,4)}, 시간이 경과함에 따라 어군은 다시 수온약층 부근으로 서서히 上向移動하는 행동패턴을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와같은 上向回遊移動은 시간의 경과와 더불어 魚族生物이 선박 소음에 적응한 결과에 기인하는 행동 습성이라고 생각된다. 한편, 수온약층을 경계로 하여 상층과 하층에 대한 어군의 행동패턴에도 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 하층에 있어서는 어군의 逃避行動이 현저하였으나, 상층에 있어서는 완만한 행동반응을 보이고 있는 데, 이것은 下層 魚群이 遊泳성이 강한 魚種인 데 반해, 上層 魚群은 遊泳성이 약한 魚種이었기 때문이 아닌가 생각되고, 이와같은 고찰은 주간에 이 해역에서 실시한 저층 트롤의 어획물 組成이 뒷받침해 주고 있다. 즉, 총어획량 157.5 kg 중에서 물메기(*Liparis tessellatus*)가 67.7%, 살오징어(*Todarodes pacificus*)가 21.2%, 삼치(*Scomberomorus nipponius*)가 6.5%, 그 밖에도 약간의 쥐치와 참조기(*Pseudosciaena manchurica*)가 어획되어, 삼치나 물메기와 같이 유영성이 강한 어종과 살오징어와 같이 유영성이 약한 어종이 혼획된 것이 바로 그것을 입증하고 있다.

要 約

魚群探知機를 이용하여 魚群의 分布와 그 行動生態를 계측하기 위한 연구의 일환으로 魚群의 연직적인 日周回遊移動 및 超音波散亂強度의 변동특성을 검토하고, 또한 수온의 鉛直構造와 어군의 鉛直分布特性과의 관계, 선박의 航走狀態에 따른 어군의 行動反應 등을 현장실험을 통하여 검토, 고찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 어군의 空間分布特性은 수온의 鉛直構造와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

(2) 東中國海 중앙부에서 日出 直前까지 수온약층 바로 아래쪽에 군집하고 있던 칼오징어와 전갱이 어군이 日出과 더불어 해저를 향해 급속히 下降하는 日周回遊移動이 관찰되었고, 그 下降速度는 0.24 m/min이었다.

(3) 水溫躍層이 탁월했던 제주도 서방해역과 대만 북부해역을 대상으로 어군의 鉛直分布特性과 수온의 鉛直構造와를 상호 비교 분석한 결과, 표층과 저층의 수온차가 크고, 또 중층에 뚜렷한 수온약층이 형성되어 있는 경우, 전갱이와 칼오징어군은 야간에 수온약층의 바로 아랫쪽에 농밀하게 군집하는 특성을 나타내고, 또 표층과 저층의 수온차가 적은 경우에 있어서는 표층까지 완전히 浮上하여 군집하는 경향을 나타내었다.

(4) 선박을 停船시킬 때, 선저 직하에 분포하는 魚族生物이 급히 연직적으로 하향 이동하는 逃避行動을 나타내었다. 그러나, 그 후 시간이 경과함에 따라서 다시 원래의 遊泳層으로 上向移動하는 행동패턴을 나타내었다. 한편, 수온약층을 경계로 하여 상층과 하층에 분포하는 어족생물의 행동패턴에도 차이가 있었는데, 수온약층 아래쪽에 있어서는 어군이 현저한 逃避行動을 나타내었지만, 그 위쪽에 있어서는 그러한 징후가 관찰되지 않았다. 이와같은 현상은 수온

약층 아래쪽에는 유영성이 강한 魚族生物이, 그 위쪽에는 遊泳性이 약한 魚族生物이 군집하고 있었기 때문이라고 판단된다. 당시 이 해역에서 행한 저층 트롤의 주요 어획물은 물메기, 살오징어, 삼치 등이었다.

參考文獻

- 1) Levy D.A.(1990) : Reciprocal diel vertical migration behavior in planktivores and zooplankton in British Columbia Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47, 1775-1764.
- 2) Williams R.(1985) : Vertical distribution of *Calanus finmarchius* and *C. helgolandicus* in relation to the development to the seasonal thermocline in the Celtic Sea. Marine Biology 86, 145-149.
- 3) Olson K.(1981) : The significance of fish behavior in the evaluation of hydroacoustic survey data. Fish Capture Committee 1-25.
- 4) Angell J.(1982) : Observed fish reactions to a surveying vessel with special reference to herring, cod, capelin and polar cod. Symp. on Fish Acoust. Bergen Norway, 21-24 June 1982, 1-16.
- 5) Orłowski A.(1990) : Hydroacoustic characteristics of scattering layers in the Northeastern Atlantic Ocean. J. Acoust. Soc. Am. 88, 298-309.
- 6) Thorne R.E. and G.L.Thomas(1990) : Acoustic observations of gas bubble release by Pacific herring(*Clupea harengus pallas*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47, 1920-1928.
- 7) Rose G.A. and W.C. Legget(1988) : Hydroacoustic signal classification of fish schools by species. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 597-604.
- 8) MacLennan D.W.(1990) : Acoustical measurement of fish abundance. J. Acoust. Soc. Am. 87, 1-15.