

東中國海에 있어서 魚族生物의 日周期的
遊泳行動特性에 관한 研究 - II *
- 鉛直移動速度 및 散亂強도의 變動 -

李 昊 在

釜山水產大學校

(1994년 8월 20일 접수)

**Hydroacoustic Observations on the Diel Distribution and
Activity Patterns of Fishes in the East China Sea - II
- Vertical Speed of Migration and Variation in Scattering Strength -
Dae - Jae LEE**

National Fisheries University of Pusan

(Received August 20, 1994)

The speed of vertical migration and the volume backscattering strength of the scattering layers during the evening and morning transitions between day and night were measured in November 1990 - 1992 in thermally stratified waters of the East China Sea.

Acoustical measurements were carried out using a scientific echo-sounder operating at two frequencies of 25 and 100 *kHz*, and using an echo-integration system connected with a micro-computer.

Biological sampling was accomplished by bottom trawling to identify fish species recorded on the echo sounder, and the species and length compositions were determined.

The values of scattering strength were allocated to group of fishes according to the fish traces on the echo recording paper and the species composition of trawl catches.

The vertical velocities of migration derived from the changes in the depths and the values of peak scattering strength of the dense layer vertically migrating toward the bottom or toward the surface.

The trawl data suggest that snailfish and fishing frog were the most abundant fishes in all research stations.

As sunrise approached, the fish formed a strong concentration just above the thermocline. Then the highest values of scattering strength in the entire water column appeared

* 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

in the depth strata above the thermocline just before the beginning of downward migration.

As soon as the fish began to migrate downwards across the thermocline, the values of the scattering strength in the depth strata above the thermocline rapidly decreased, while the values for the scattering layer moving slowly toward the bottom gradually increased.

During the 1992 surveys, the speed of the vertical migration was estimated to be 0.38 m/min in the upward migration and 0.32 m/min in the downward migration, respectively. That is, the rate of vertical migration was slightly higher at dusk than at dawn.

Similar migration patterns were observed on different stations and under different weather conditions during the surveys in 1990.

緒 論

海洋에서 魚族生物의 遊泳行動特性은 天候狀態 및 太陽의 高度變化 等과 밀접한 關係가 있는 데, 특히 日周期性의 遊泳行動는 晝間과 夜間의 轉移 時間帶에 뚜렷하게 나타난다¹⁾.

底引網 漁業이나 트롤 漁業에 있어서는 魚族生物의 晝夜에 따른 鉛直回遊移動에 기인하여 晝夜別의 漁獲量에 현저한 차가 발생하는 데, 이 때문에 많은 漁船에서는 魚族生物이 활발하게 索餌活動을 행하는 아침이나 저녁의 薄明時에 操業을 행하는 경우가 많다²⁻⁵⁾.

魚族生物의 遊泳速度는 水溫에 따라 크게 變化하고⁶⁾, 水溫躍層이 뚜렷하게 형성되어 있는 海域에서는 그 水溫躍層에 反應하여 魚族生物의 遊泳行動이 變化한다⁷⁻¹²⁾.

한편, 부레를 갖는 魚族生物이 鉛直船인 遊泳行動을 행할 때에는 그 부레의 體積이 變化하여 魚體로 부터 산란되는 超音波信號가 불규칙하게 變動한다. 특히, 晝間과 夜間의 轉移 時間帶에 魚群이 上向移動 또는 下向移動을 행하는 경우에 있어서는 그 魚群에 대한 體積散亂強度가 變動하기 때문에 計量魚群探知機에 의한 資源量 推定值에 誤差가 발생한다.

本 研究에서는 晝間과 夜間의 轉移 時間帶에 鉛直的인 回遊移動을 행하는 魚群에 의한 超音波散亂信號를 分析하여 體積散亂強度의 變動特性을 檢

討, 考察하고, 또 그 超音波散亂層의 鉛直移動特性으로 부터 魚群의 回遊移動速度를 推定하였다.

調査方法

本 調査는 1990年~1992年の 3個年에 걸쳐 北海道大學 實習船 Oshoro 丸(G/T 1,383, stern trawler)를 이용하여 濟州道 西北方 海域에서 실시하였는 데, 이 海域에는 年中 쿠로시오系の 暖水塊와 黃海 底層 冷水塊에 의한 水溫躍層이 존재한다.

計量魚探에 의한 魚群의 行動調査는 Fig. 1의 調査海域에 설정한 總 6 個의 調査定點에서 晝夜에 걸쳐 24 時間 연속적으로 실시하였다.

日出과 日沒 前後의 時間帶에 대한 魚族生物의 回遊移動速度와 그때의 魚群層에 대한 體積散亂強度는 前報¹⁾에서 報告한 實驗裝置를 이용하여 측정하였는 데, 그 實驗裝置는 計量魚群探知機, 音響積分器(echo integrator), 記錄器, color display, digital data recorder, micro-computer, 프린터 및 플롯터 등으로 구성하였다.

本 調査에서 사용한 計量魚群探知機의 作動周波數는 25 kHz 및 100 kHz 이고, 이 計量魚探에는 $20\text{Log}(R)$ 및 $40\text{Log}(R)$ 의 TVG 增幅器가 內裝되어 있다. 本 實驗에서 魚群의 體積散亂強度는 $20\text{Log}(R)$ 의 TVG 出力信號를 定量化하여 구하였고, 또 魚群 echo 信號의 記錄에는 $40\text{Log}(R)$

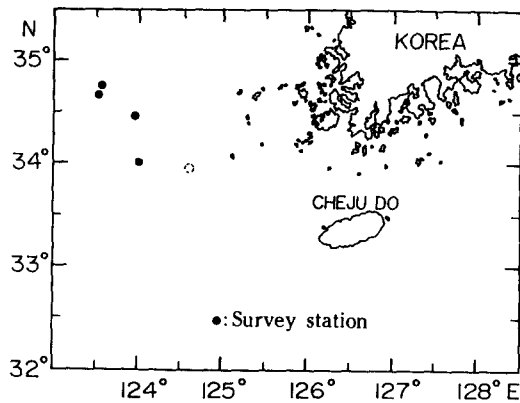


Fig. 1. Stations of hydroacoustic survey and trawl sampling in the East China Sea in 1990 and 1992.

의 TVG 出力信號를 이용하였다.

魚群의 體積散亂強度는 먼저 兩 周波數에서 측정 한 魚群 echo信號의 $20\text{Log}(R)$ TVG 出力信號를 12bit A/D 變換機를 통해 數值化한 後, 그 信號를 音響積分器에 入力시켜 各 水探區間別에 대한 魚群 echo信號를 二乘平均하여 平均 echo energy를 算出하고, 이 積分電壓值로 부터 單位 體積當에 분포하는 魚群의 超音波散亂強度(SV, dB)를 다음 式에 의해 구하였다.

$$SV = 10\text{Log}(E^2) - (PMG_R) - 10\text{Log}\left(\frac{c\tau}{2}\right) - 10\text{Log}(\psi_D) - GT_M + 40 + SS$$

여기서, E^2 는 $20\text{Log}(R)$ 의 TVG 增幅器에서 出力되는 echo信號를 二乘處理하여 그것을 積分 水探區間과 送信信號의 發射回數(N)에 대하여 平均한 값이다. 즉,

$$E^2 = \frac{1}{d} \int_r^{r+d} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_n^2 \right) dr$$

또한 PMG_R 는 送受信係數로서, 이 값은 反射強度(target strength, TS)를 알고 있는 校正球를 이용하여 計量魚探시스템을 總合的으로 校正하는 방법에 의해 구하였고, GT_M 은 $20\text{Log}(R)$ 의 TVG係數, SS 는 減衰器의 感度設定值, τ 는 펄스

幅, ψ_D 는 送·受波器의 等價指向角이다.

현장에서는 計量魚探의 SV값을 RS-232C의 interface를 통하여 micro-computer로서 수신하여 floppy disk에 수록하였다.

後日 實驗실에서는 計量魚探에 의한 SV값과 魚探記錄을 토대로 魚群의 日周期的인 遊泳行動特性을 分析 및 考察하였는데, 특히, 日出 및 日沒 前後의 時間帶에 있어서는 表層이나 底層을 향해 回遊移動하는 魚群層의 體積散亂強度를 測定하고, 그 값이 가장 높게 나타나는 水層을 연속적으로 探知하여 魚群의 연직적인 回遊移動速度를 推定하였다.

한편, 鉛直的인 遊泳行動을 행하는 魚族生物의 魚種組成 및 그 生物學의 特性을 調査하기 위하여 日出 前後 및 日沒前의 時間帶에 底層트롤에 의한 트롤 操業을 실시하였다. 또한 本 調査에서는 魚族生物의 日周期的인 遊泳行動特性과 海洋의 環境特性과의 關係를 검토하기 위하여 魚探調査와 병행하여 CTD(Neil Brown, Mark III - B) 시스템에 의한 海洋觀測을 실시하였다.

結果 및 考察

1990年 11月 12日에 濟州道 西北方 緯度 $34^\circ 40.2'N$, 經度 $123^\circ 30.24'E$ 의 海域에서 06:30~08:45 사이에 25 kHz의 周波數에 대한 魚群의 體積散亂強度를 연속적으로 測定한 結果는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2은 調査船을 停船시킨 상태에서 調査點의 全水層을 1m 間隔으로 分割하여 各 水層에 대한 體積散亂強度를 구하고, 每 送信時에 대한 各 水深別 體積散亂強度를 平滑化하여 그것을 水深과 觀測時間에 대하여 나타낸 것이다.

調査當日 日出 時刻은 07:17이었고, 調査海域에는 濟州道 南方을 거쳐 黃海로 北上하는 表層의 쿠로시오系의 暖流와 底層의 黃海 冷水塊에 의한 水溫 및 鹽分의 不連續層이 水深 約 45m에 존재하였다. 그 海域에서 調査當日 06:05에 관측한 不連續層에 대한 表層과 底層 水塊間의 水溫差 및

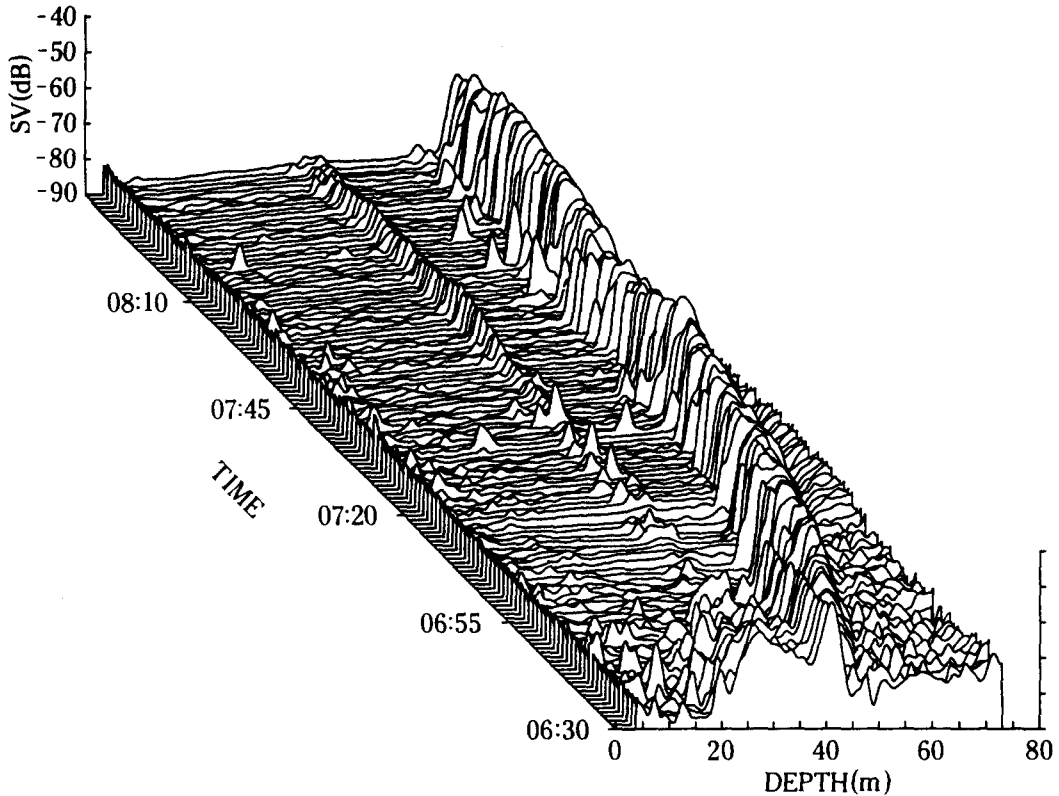


Fig. 2. Three-dimensional plot of volume backscattering strength at 25 kHz as a function of depth and time during morning twilight on 12 November 1990 showing the descent of the scattering layer. The thermocline exist at approximately 45 m in depth.

鹽分差는 각각 8.0℃, 1.23%이었다¹⁾.

이 海域에서 夜間에 수록한 40Log(R)의 魚探記錄을 볼 때, 水溫躍層의 上層部에는 小型魚의 群集에 의한 濃密魚群이 존재하고, 또한 水溫躍層下에는 수많은 個體魚가 廣範하게 分散되어 분포하고 있다. Fig. 3에서 水深約 45 m의 水層에 연속하여 出現하고 있는 魚探反應이 바로 水溫躍層에 의한 散亂信號이다. 그림에서 日出이 점차 가까워짐에 따라 全水深層에 대한 魚群의 體積散亂強度가 급격하게 變動하고 있다. 즉, 日出前인 06:30에 대한 體積散亂強度의 鉛直分布를 볼 때, 水深約 35 m의 水層에 있어서는 魚群의 群集度가 매우 높아 그 體積散亂強度가 約 -56 dB이었고, 또한 이 魚群 上部의 混合層에는 體積散亂強度가 約 -62 dB인 비교적 規模가 큰 魚群이 분

布하고 있다. 이들 魚群의 時間經過에 따른 回遊移動樣相을 살펴보면, 우선 上部 混合層에 分布하던 魚群은 日出이 가까워짐에 따라 下向移動하여 水溫躍層의 바로 위쪽으로 群集하고 있는 데, 그동안 水溫躍層 위쪽에 群集하여 있던 魚群은 水溫躍層을 通過하여 躍層下의 水層으로 移動한다. 이와같은 鉛直移動에 기인하여 水溫躍層下에서는 水溫躍層을 통과한 魚群과 그곳에 分布하던 魚群이 서로 混合되어 새로운 濃密 魚群層이 형성되었는데, 이 魚群層은 시간과 더불어 점차 海底를 향해 연속적인 下向移動하였다.

Fig. 2의 體積散亂強度의 三次元分布에서 時間이 經過함에 따라 점차 海底를 향해 鉛直의 下向回遊移動하는 魚群層의 體積散亂強度와 그때의 魚群層의 水深을 각각 觀測時間에 대하여 나

타낸 結果는 Fig. 3와 같다.

Fig. 3의 (A)에서 ●은 水溫躍層의 上層부에 대한 體積散亂強度이고, ○은 水溫躍層을 통과하여 海底方向으로 下向移動하는 魚群層의 體積散亂強度이다. 또한 (B)는 魚群이 水溫躍層을 통과하여 下向移動할 때, 그 魚群層의 時間에 따른 水深의 變化를 나타낸 結果이다.

Fig. 3의 (A)에서 06:37의 水溫躍層 上部에 대한 魚群의 體積散亂強度는 -55.7 dB 로서 매우 높았는데, 이것은 日出이 가까워짐에 따라 混合層에 분산되어 있던 魚群이 水溫躍層을 향해 농밀하게 群集하였기 때문이다. 한편, 그 時間에 일부의 魚群은 이미 水溫躍層을 통과하여 그 躍層 하부에 새로운 散亂層을 형성하기 시작하는데, 그 魚群層의 體積散亂強度는 -72.3 dB 이었고, 또 Fig. 3(B)에서 그 魚群層의 所在水深은 약 48 m

였다. 06:37以後에는 水溫躍層 上部에 群集한 대부분의 魚族生物이 躍層을 통과함에 따라 躍層 上部의 體積散亂強度가 급격히 減少한 반면, 水溫躍層 下部에 있어서는 躍層을 통과해 下向移動하는 魚群의 群集도가 점차 높아져 그 魚群層의 體積散亂強度가 급격히 增加하는 경향을 나타내었다. 06:51에 대한 水溫躍層 上部와 下部의 魚群層에 대한 體積散亂強度는 각각 -67.8 dB , -59.9 dB 로서, 水溫躍層 下部에 대한 體積散亂強度가 그 上部에 대한 값보다 -7.7 dB 더 컸고, 그 때의 魚群層의 所在水深은 약 53 m 였다. 이 回遊移動의 過程에서 魚群이 水溫躍層의 上部에 群集하였다가 躍層을 완전히 통과하는 데에는 약 15分 程度의 時間이 소요되었다. 한편, 水溫躍層 下部에 형성된 魚群層이 下降移動을 계속하는 동안에 그 魚群層의 體積散亂強度는 時間의 경과와 더불어 점차 增

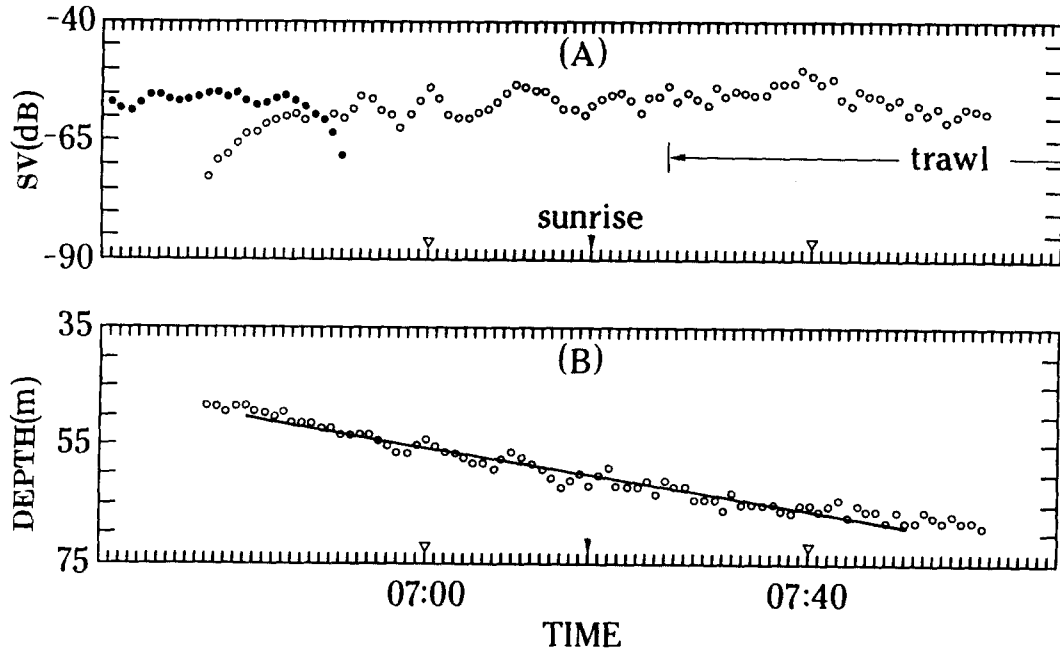


Fig. 3. Variations in the scattering strength(A) and the distribution depth(B) with time of the fish aggregation migrating vertically toward the bottom between 06:27 and 07:58 hours on 12 November 1990.

In the upper pannel(A), the black circles indicate the scattering strengths for the layer just above the thermocline and the open circles the peak scattering strengths in the dense layer migrating downwards in Fig. 2.

加하는 경향을 나타내었고, 또 그 값의變動幅은 $-55 \sim -60$ dB 범위였다.

Fig. 3의 (A)와 (B)에서 鉛直下向移動하는 魚群層에 대한 體積散亂強度의 變動特性을 주목할 때, 그變動에는 어떤 週期성이 있음을 알 수 있고, 또 그 魚群層 깊이 역시 體積散亂強度의變動 패턴과 매우 유사한 樣相으로 변화하고 있는 데, 06:53, 07:00, 07:09에 대한 魚群層의 體積散亂強度는 각각 -55.9 , -54.1 , -53.6 dB이었고, 또 06:57, 07:04, 07:17에 대한 그 값은 각각 -62.1 , -60.4 , -59.4 dB이었다. 여기서, 體積散亂強度는 約 5 分의 時間間隔으로 增減되는 變動特性을 나타내고 있는 데, 散亂強度의 값이 낮았던 06:53에 있어서 는 그 값이 높았던 06:53과 07:00의 경우보다 魚群層이 더 깊은 곳에 위치

하고 있음을 알 수 있다. 즉, 魚群層이 下向移動을 행하기 直前에는 體積散亂強度가 높았던 반면, 下降移動을 행하는 동안에는 일시적으로 그 값이 낮아지는 경향을 보였다.

이와같은 魚群의 遊泳特性은 水深에 따른 壓力變化에 적응하기 위한 行動生態와 밀접한 관계가 있다고 생각되고, 또한 體積散亂強度의 週期적인變動은 魚族生物이 어떤 水層에서 다른 水層으로 이동해 갈 때의 群習성과 관계가 있는 것으로 생각된다.

Fig. 3에서 海底를 향해 鉛直移動하는 魚群層의 所在水深 및 그 體積散亂強度는 水深 約 60 m 附近에 이르기까지 어떤 週期性的의變動樣相을 나타냈으나, 그 以下の 水深에서는 그 變化패턴이 不分明하였다. 이들 魚族生物의 魚種組成을 파악

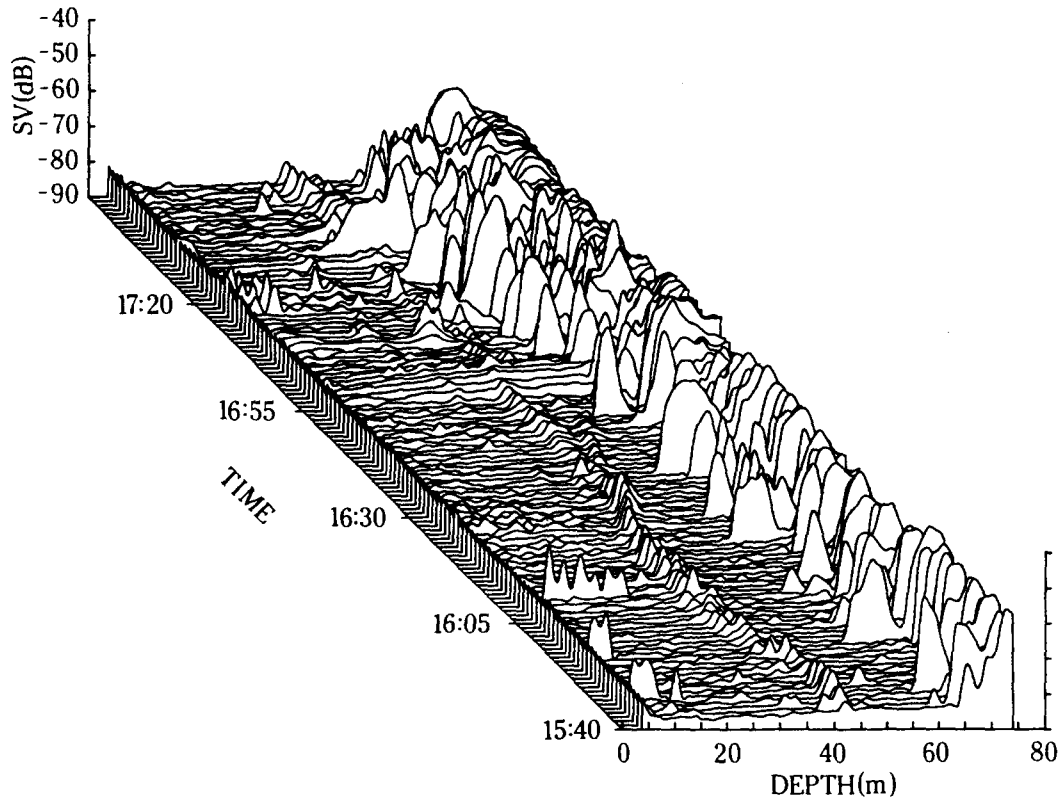


Fig. 4. Three-dimensional plot of volume backscattering strength at 25 kHz as a function of depth and time during evening twilight on 12 November 1990 showing the ascent of the scattering layer. The thermocline exist at approximately 40 m in depth.

하기 위해 07:25~09:25에 底層트롤操業을 실시한 결과, 꼼치와 황아귀가 全漁獲量의 76.8%를 점하였다.

Fig. 3의 (B)에서 06:37에 水深 約 48m에 위치하던 魚群層은 時間이 경과함에 따라 연직적인 下向移動을 행하여 07:50에는 水深 約 67m의 底層에까지 下降하였다. 이 魚群層에 대한 鉛直下向速度는 各 時間帶에 있어서 약간의 差異는 있었으나, 그 平均的인 下向速度는 0.27 m/min 이었다.

한편, 1990年 11月 12日에 緯度 34° 28.7'N, 經度 123° 58.3'E의 海域에서 15:40~17:45 사이에 25 kHz의 周波數에 대한 魚群의 體積散亂強度를 연속적으로 測定한 結果는 Fig. 4와 같다.

調査當日 日沒時刻은 17:43이었고, 調査海域에는 表層과 底層 水塊사이에서 水温差 및 鹽分差가 각각 6.2°C, 1.88‰인 不連續層이 水深 約 40m에 존재하였다.

Fig. 4에서 水深 約 40m 附近의 水層에 연속하

여 나타나고 있는 魚探反應은 水温躍層에 의한 散亂信號이고, 그 下部의 底層에 나타나는 것이 魚群에 의한 散亂信號이다. 그림에서 日沒前에 海底附近에 群集하여 있던 魚群은 日沒時刻이 점차 가까워짐에 따라 水温躍層을 향해 서서히 移動하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 4의 體積散亂強度의 三次元分布에서 時間이 經過함에 따라 점차 水温躍層을 향해 鉛直的으로 上向回遊移動하는 魚群層의 體積散亂強度와 그 때의 魚群層의 所在水深을 時間에 대하여 나타낸 結果는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5의 (A)는 海底附近에서 水温躍層을 향해 上向移動하는 魚群層의 體積散亂強度이고, (B)는 上向移動하는 魚群層의 時間經過에 따른 水深의 變化를 나타낸 結果이다.

Fig. 5의 (A)와 (B)에서 晝間에 海底附近에 位置하다가 日沒과 더불어 上向回遊移動하는 魚群層에 대한 體積散亂強度의 變動特性은 當日의 日出時에 대한 그 變動樣相과 매우 類似하게 어떤

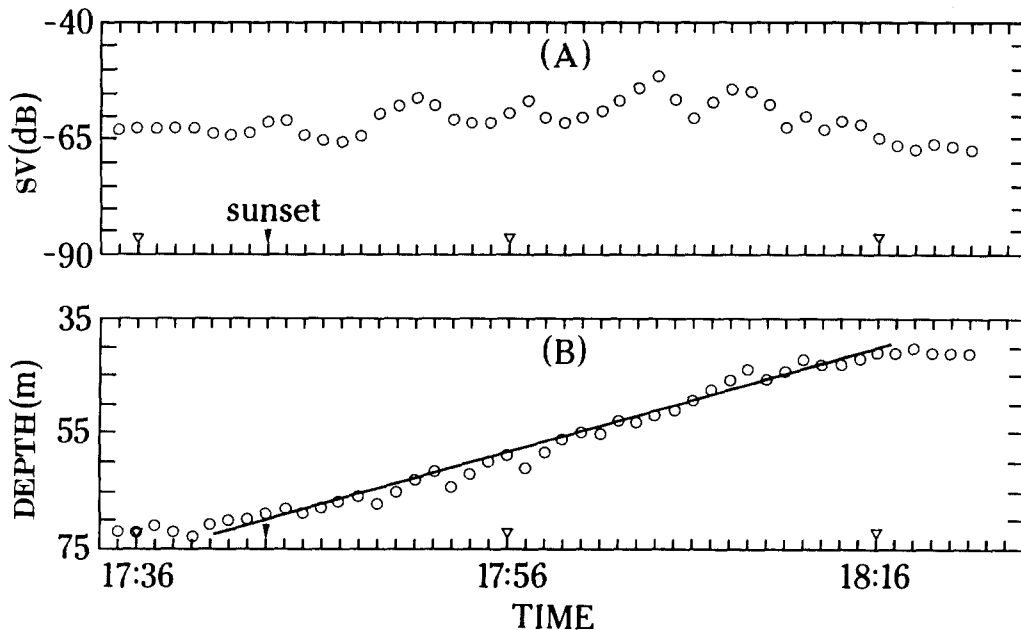


Fig. 5. Variations in the scattering strength(A) and the distribution depth(B) with time of the fish aggregation migrating vertically toward the surface between 17:35 and 18:21 hours on 12 November 1990.

規則性を 갖고 있음을 알 수 있다. 즉, 17:40에 海底 附近에 위치한 魚群의 깊이는 約 71 m 이었고, 그 體積散亂強度는 -63.8 dB 이었다. 그러나, 時間의 經過와 더불어 上層으로 鉛直移動하여 17:44, 17:51, 17:57, 18:04에는 각각 68, 63, 61, 52m의 水層에까지 上昇하였고, 또한 上向移動을 행하는 동안에 體積散亂強度는 점차 증가하여 그 값은 각각 -60.4, -55.8, -56.7, -51.0 dB 이었다. 이와같이 魚群이 鉛直移動하는 동안 그 體積散亂強度가 증가하고 있는 것은 日沒과 더불어 海底에 밀착되어 있던 魚群이 점차 海底를 이탈하여 上昇함으로써 魚群의 群密度가 시간이 경과할수록 점차 높아졌기 때문이라고 생각된다.

한편, 18:04 以後에 있어서는 魚群層의 體積散亂強度가 점차 減少하는 경향을 나타내고 있는

데, 이것은 水溫躍層에 도달한 魚群의 일부가 그 躍層을 통과하여 混合層으로 移動해 감에 따라 躍層下의 魚群密度가 그만큼 낮아졌기 때문이다.

Fig. 5에서 海底 附近으로 부터 水溫躍層을 향해 상승하는 魚群層의 平均的인 上向 回遊移動速度는 0.89 m/min 이었고, 또 18:16 以後에는 水溫躍層에 의한 制限을 받아 魚群이 그것을 通過하지 못하고 水溫躍層의 直下에 分布하였다.

1992年 11月 13日에 緯度 34°48.9'N, 經度 123°30.7'E의 海域에서 06:40~08:45 사이에 25 kHz의 周波數에 대한 魚群의 體積散亂強度를 연속적으로 測定한 結果는 Fig. 6과 같다.

調査當日 日出時刻은 07:20이었고, 調査海域의 水深 約 40 m 水層에는 水溫 및 鹽分의 不連續層이 형성되었고, 그 表層과 底層 水塊 사이에 水

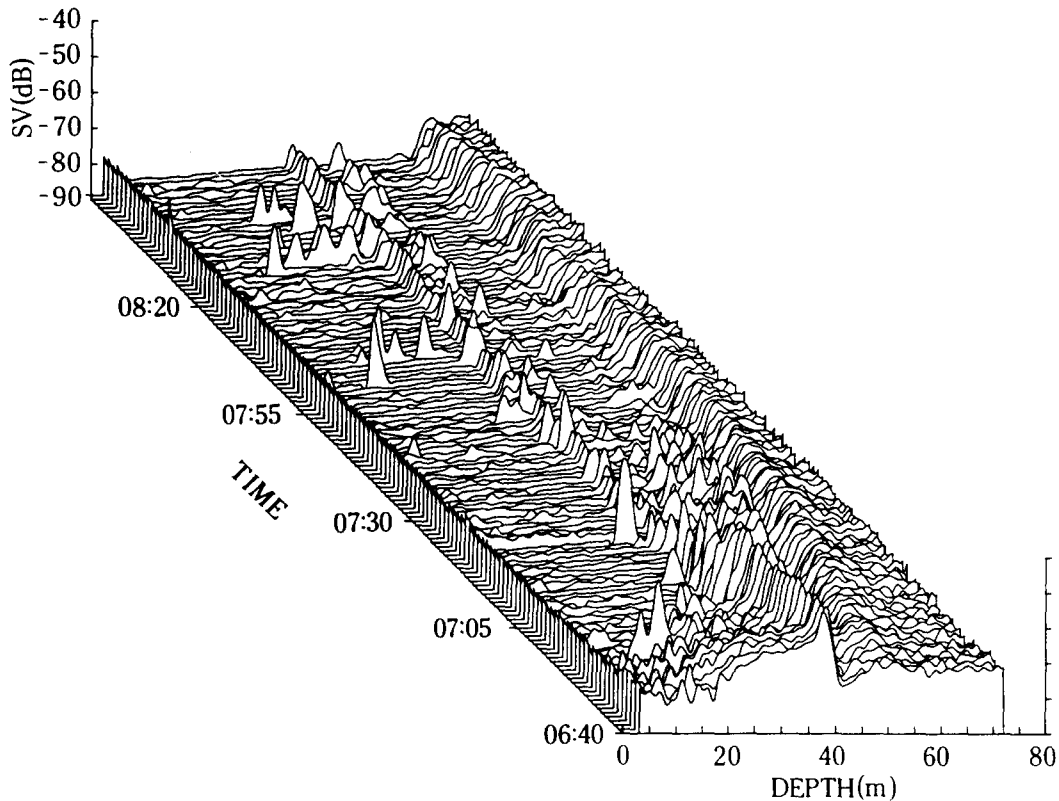


Fig. 6. Three-dimensional plot of volume backscattering strength at 25 kHz as a function of depth and time during morning twilight on 13 November 1992 showing the descent of the scattering layer. The thermocline exist at approximately 40 m in depth.

溫 및 鹽分이 差는 각각 6.2°C, 1.12%이었다.

Fig. 6의 時間 및 水深에 따른 體積散亂強度의 鉛直分布特性은 Fig. 2의 그것과 매우 類似하여 日出이 가까워짐에 따라 混合層에 分布하던 魚族生物은 水溫躍層을 향해 濃密하게 群集하였고, 躍層下의 水層에는 수많은 個體魚가 分散되어 분포하였다.

그림에서 水深 約 40 m의 水層에 연속하여 나타나고 있는 魚探反應이 水溫躍層에 의한 散亂信號인 데, 日出이 점차 가까워짐에 따라 그 水溫躍層 아래쪽에 형성된 魚群層은 海底를 향해 서서히 連속적인 下向移動을 행하고 있다. 즉, 日出 數時間前부터 收錄한 魚探信號를 분석한 結果, 魚群이 水溫躍層을 통과하는 遊泳行動은 06:37 以後부터 뚜렷하게 탐지되었고, 06:37부터 06:53 사이에 躍層을 통과한 魚族生物에 의해 형성된 첫번

째의 散亂層이 下降하는 동안에 이 散亂層과는 魚群密度와 魚群層의 깊이가 뚜렷하게 구분되는 두 번째의 散亂層이 06:53 以後에 형성되어 下向移動하고 있는 데, 兩 散亂層이 水溫躍層을 통과하는 時刻에는 約 16 分の 差가 있었다.

Fig. 6의 體積散亂強度의 三次元分布에서 06:37부터 06:53 사이에 水溫躍層을 통과하여 下降하는 魚群層의 體積散亂強度와 그 魚群層의 所在水深를 나타낸 結果는 Fig. 7와 같다.

Fig. 7의 (A)에서 ●은 水溫躍層 上層部에 대한 體積散亂強度이고, ○은 水溫躍層을 통과하여 海底方向으로 下向移動하는 魚群層의 體積散亂強度이다. 또한 (B)는 魚群層의 時間 經過에 따른 所在水深의 變化를 나타낸 結果인 데, 위쪽은 06:53 以後에 水溫躍層을 통과하는 첫번째 魚群層의 깊이 變化이다.

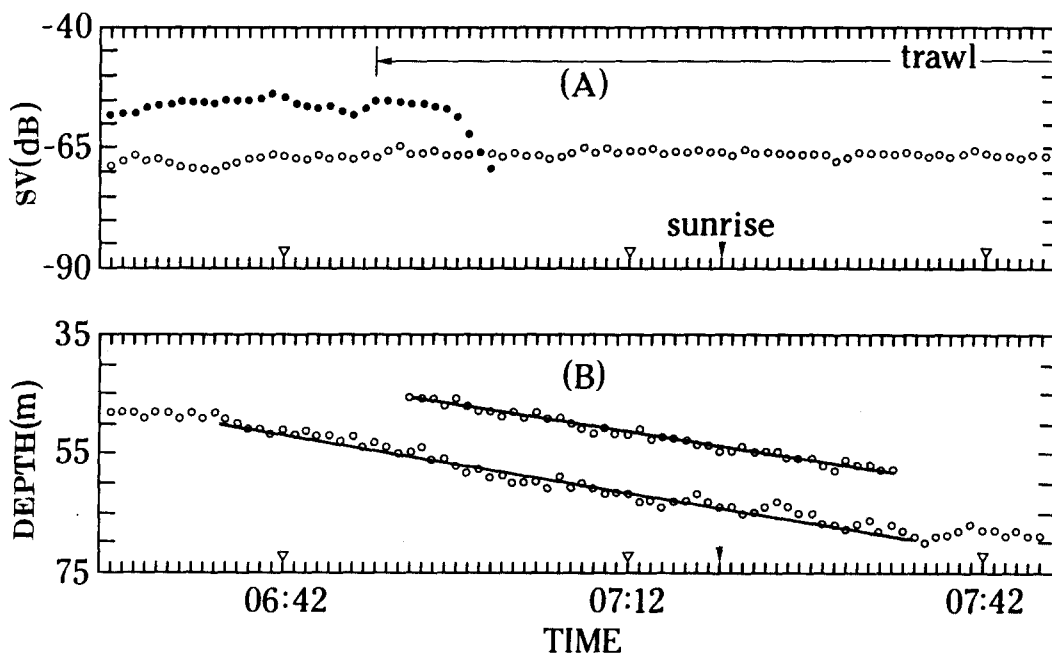


Fig. 7. Variations in the scattering strength(A) and the distribution depth(B) with time of the fish aggregation migrating vertically toward the bottom between 06:27 and 07:47 hours on 13 November 1992.

In the upper pannel(A), the black circles indicate the scattering strengths for the layer just above the thermocline and the open circles the peak scattering strengths in the dense layer migrating downwards in Fig. 6.

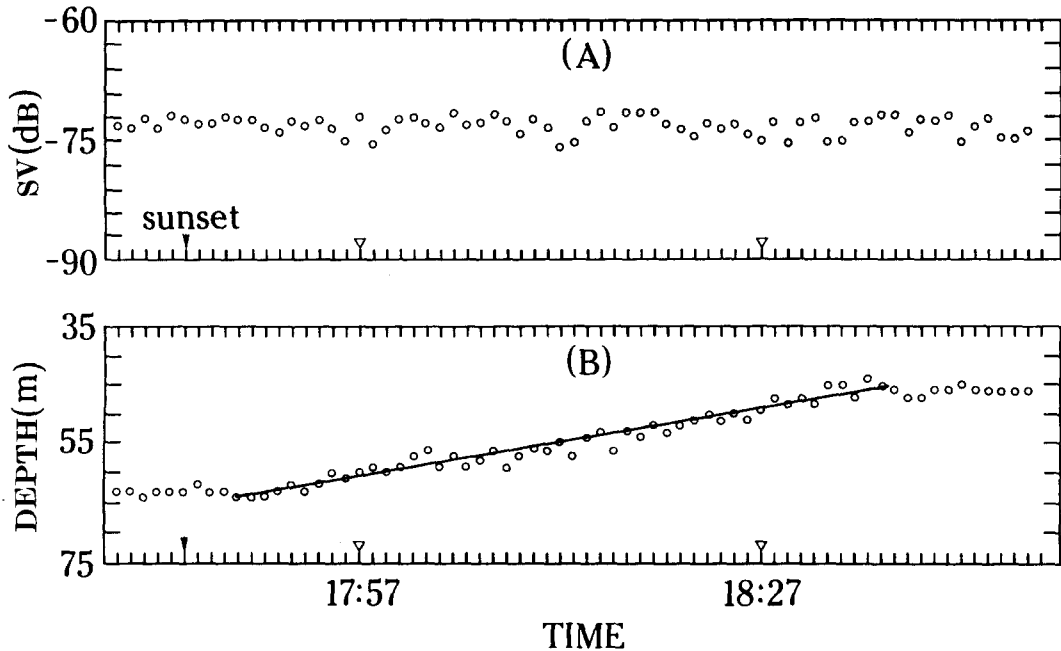


Fig. 8. Variations in the scattering strength(A) and the distribution depth(B) with time of the fish aggregation migrating vertically toward the surface between 17 : 39 and 18 : 47 hours on 13 November 1992.

그림에서 06 : 37에 대한 수온躍層의 上部 및 下部 魚群層에 대한 體積散亂強度는 각각 -55.6 dB , -69.6 dB 이었고, 또한 그 躍層의 下部에 형성된 魚群層의 깊이는 약 49 m 였다.

그러나, 두번째의 散亂層이 형성되기 시작하면서 부터 수온躍層 上層부에 分布하던 魚群의 대부분이 그 躍層을 통과함에 따라 수온躍層 上層부의 體積散亂強度는 급격히 減少하여 07 : 00에 그 값은 -69.7 dB 이었다. 한편, 첫번째 散亂層의 體積散亂強度는 下向移動을 행하는 동안 뚜렷한 변화 없이 $-65\sim-70\text{ dB}$ 의 범위내에서 變動하였다.

Fig. 7에서 06 : 37 이후 수온躍層下에서 海底를 향해 回遊移動하는 첫번째 魚群層의 鉛直下向移動速度는 0.32 m/min 이었고, 또한 06 : 53 이후 下向移動을 행하는 두번째 魚群層의 鉛直移動速度는 0.30 m/min 로서, 兩 魚群層의 그 값은 거의 같았다.

이들 魚群層을 구성하는 魚族生物의 魚種組成을 파악하기 위해 底層 트롤操業을 실시하였는

데, 그 結果, 꼼치 및 황아귀가 總漁獲量의 99%를 점하였다.

한편, 1992年 11月 13日에 緯度 $34^{\circ} 0.7'N$, 經度 $124^{\circ} 1.1'E$ 의 海域에서 17 : 39~18 : 47 사이에 測定한 25 kHz 의 周波數에 대한 魚群層의 體積散亂強度와 그 魚群層의 所在水深은 Fig. 8과 같다.

Fig. 8의 (A)는 魚群層의 體積散亂強度(dB)이고, (B)는 魚群層의 所在水深의 變化를 나타낸 結果이다.

調査當日 日沒時刻은 17 : 44이었고, 調査海域에 형성된 不連續層에 대한 表層과 底層 水塊間의 水溫差 및 鹽分差는 각각 5.3°C , 1.15% 이었다.

Fig. 8에서 日沒時 魚群層의 中心은 水深 약 62 m 에 위치하였고, 그 體積散亂強度는 -72.5 dB 이었다. 그러나, 日沒 直後인 17 : 48부터 上向回遊移動을 시작하여 18 : 37에는 水深 약 45 m 의 水層까지 상승하였는 데, 이 때, 鉛直上昇하는 魚群層의 體積散亂強度는 $-70\sim-76\text{ dB}$ 의 범위내에서

變動하였다. 18:37以後 水溫躍層에 도달한 魚群의 일부는 躍層 直後에 군집하는 경향을 보였고, 또한 日沒 直後부터 表層을 향해 上昇하는 魚群層의 上向回遊移動速度는 0.38 m/min 이었다.

요 약

東中國海에서 晝間과 夜間의 轉移 時間帶에 鉛直的인 回遊移動을 행하는 魚群에 의한 超音波散亂信號를 分析하여 體積散亂強度의 變動特性을 檢討, 考察하고, 또 그 超音波散亂層의 鉛直移動特性으로 부터 魚群의 回遊移動速度를 推定한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 1990年度의 濟州道 西北方海域에서 日出前에 水溫躍層의 上層에 群集한 魚群의 體積散亂強度는 -55.7 dB 이었는데, 日出과 더불어 魚群이 水溫躍層을 통과함에 따라 水溫躍層 上部의 體積散亂強度는 급격히 減少한 반면, 水溫躍層下에 있어서 是것을 통과해 下向移動하는 魚群의 群集度가 점차 높아져 體積散亂強度가 급격히 增加하였다. 海底를 향해 下降하는 魚群層의 體積散亂強度는 시간이 경과함에 따라 $-55\sim-60\text{ dB}$ 의 범위 내에서 점차 增加하는 경향을 나타내었고, 또 平均的인 鉛直下向速度는 0.27 m/min 이었다. 한편, 日沒時 海底附近에서 水溫躍層을 향해 上昇하는 魚群層의 回遊速度는 시간에 따라 약간의 차이는 있었으나, 그 平均的인 鉛直移動速度는 0.89 m/min 이었다.

2. 1992年度의 경우, 日出前에 混合層에 群集해 있던 魚群은 두개의 魚群으로 分離되어 約 16 分의 時間間隔으로 각각 水溫躍層을 통과하였는데, 兩 魚群層이 水溫躍層을 통과하기 直前에 그 躍層의 上·下層에 대한 體積散亂強度는 각각 -55.6 dB , -69.6 dB 이었다. 兩 魚群層中에서 먼저 水溫躍層을 통과한 魚群層의 體積散亂強度는 $-65\sim-70\text{ dB}$ 의 범위 내에서 變動하였고, 이들 兩 魚群層의 平均的인 下向回遊移動速度는 0.31 m/min 이었다.

한편, 日沒以後 表層을 향해 鉛直上昇하는 魚

群에 대한 體積散亂強度는 $-70\sim-76\text{ dB}$ 의 범위 내에서 變動하였는데, 그 魚群層의 上向回遊移動速度는 0.38 m/min 이었다.

參考文獻

- 1) 李昊在(1994) : 東中國海에 있어서 魚族生物의 日周期的 遊泳行動特性에 관한 研究 - I. - 晝間 轉移時間帶의 遊泳行動特性 -. 韓國漁業技術學會誌 30(4), 239-250.
- 2) 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.
- 3) 井上 實(1978) : 魚の行動と漁法, 恒星社厚生閣, 175-187.
- 4) 松岡正信·時村宗春·藤田 直·北島忠弘(1992) : 東シナにおけるトロール漁獲物組成の晝夜差に關する一考察, 西水研研報 70; 1-9.
- 5) 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.
- 6) He, P.(1993) : Swimming speeds of marine fish in relation to fishing gesrs. ICES Mar. Sci. Symp. 196, 183-189.
- 7) 李昊在(1992) : 魚群探知機에 의한 魚群의 分布와 生態計測에 관한 研究, 漁業技術 28(4), 337-346.
- 8) 李昊在(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, 42-45.
- 9) Pearcy, W., Nishiyama, T., Fuji, T. and K. Masuda(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.
- 10) Burczynski, J. J.(1987) : Hydroacoustic assessment of the abundance and distribution of rainbow trout in Lake Oahe, North American Journal of Fisheries Management 7, 106-116.

- 11) Orłowski, A.(1990) : Hydroacoustic characteristics of scattering layers in the Northeastern Atlantic Ocean. *J. Acoust. Soc. Am.* 88(1), 298-309.
- 12) Levy, D. A., Johnson, R. L. and J. M.

Hume(1991) : Shifts in fish vertical distribution in response to an internal seiche in a stratified lake. *Limnol. Oceanogr.* 36(1), 187-192.