東中國海에 있어서 魚族生物의 日周期的 遊泳行動特性에 관한 硏究 - I *

- 晝夜 轉移時間帶의 遊泳行動特性 -

李 昊 在
釜山水産大學校
(1994년 8월 8일 접수)

Hydroacoustic Observations on the Diel Distribution and Activity Patterns of Fishes in the East China Sea - I

- Activity Patterns during the Evening and Morning Transition Periods -

Dae - Jae LEE
National Fisheries University of Pusan
(Received August 8, 1994)

The vertical distribution and activity patterns of fishes during the evening and morning transitions between day and night were studied acoustically and by bottom trawling in November 1990 - 1992 in thermally stratified waters of the East China Sea.

The acoustic data were collected from six stations with a scientific echo-sounder operating at two frequencies of 25 and 100 *kHz*, and the echograms were used to determine the vertical distributions of fish.

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

At each staion, vertical profiles of water temperature, salinity and dissolved oxygen were taken with a CTD system and were related to the diel movements and the depth distributions of fish.

During the day most fish were within several meters above bottom, but began to migrate upwards just before sunset, and during the night they were dispersed in midwater.

Prior to sunrise with a thermocline present, one group of the fish aggregation occurred in dense schools slightly above the thermocline, while the other group occurred with the numerous single fish-traces bellow it. These groups of aggregations rapidly began to migrate toward the bottom across the thermocline from about 40 *min* before sunrise.

* 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

Trawl hauls in the bottom strata below the thermocline with the characteristic single-fish traces yieled invariably catches dominated by snailfish and fishing frog with minor quantities of other species in all stations. Hence, the results indicate that snailfish and fishing frog were the doninant scatterers in the depth strata below the thermocline, and the single-fish recordings were mainly snailfish.

The fish species such as anchovy and juvenile mackerel in bottom trawl catches is poorly represented in relation to the mesh selectivity of the trawl net, but their occurrence suggest that the fish-school recording above the thermocline were due to these species which migrated vertically across the thermocline, with a temperature gradient of about 8℃, from the water layers near the bottom at night.

Accordingly, we conclude that the vertical distribution and activity patterns of snailfish were strongly temperature dependent and in the termally stratified waters, the upper limit to diel activity was closely linked to the position of the thermocline.

緖 論

海洋에 서식하는 生物中에는 晝夜에 걸쳐 日周期的인 遊泳行動을 반복하는 種類가 많은 데, 그 중에서도, 특히 魚族生物의 空間的인 分布特性이나 日周期的인 遊泳行動習性 등은 對象生物의 漁獲機構를 파악하는 데 있어 매우 重要하다[1)~3)].

最近에는 魚探技術의 비약적인 發展에 힘입어 海中의 魚族生物에 대한 空間分布나 行動生態, 또한 漁業資源의 分布狀態 등과 같은 各種의 漁業情報를 現場에서 직접 定量的으로 把握 및 評價하는 것이 가능하게 되었다.

일반적으로 魚族生物의 鉛直的인 分布特性은 照度, 水溫, 鹽分, 먹이, 日射量, 朝夕과 같은 環境要因에 의해 변하지만[4)~8)], 그 중에서도, 특히 晝夜間의 照度變化에 따른 遊泳層의 變動은 漁獲의 日周變化를 초래하는 要因이 되기 때문에 대부분의 漁船에서는 이들의 情報를 파악하기 위한 各種의 音響裝備를 갖추고 있다. 또한 漁場의 海洋環境特性은 魚族生物의 遊泳行動 및 群習性과 밀접한 관계가 있기 때문에 그 環境條件의 變化에 따른 魚族生物의 行動反應을 파악하여 漁業效率의 向上을 꾀하려는 노력도 행해지고 있다.

이와같이 魚族生物의 日周期的인 遊泳行動과 그에 따른 遊泳層의 變動은 이들 魚種을 漁獲對象으로 하는 각종 漁業의 漁獲成果에 큰 影響을 미칠 뿐만아니라 漁業資源의 動態를 파악하는 데 있어서도 매우 중요한 要素가 되지만, 아직까지 東中國海에 있어서의 이 分野에 대한 硏究는 매우 미흡한 실정이다.

本 硏究에서는 東中國海에서 計量魚群探知機를 이용하여 收集한 晝夜의 轉移時間帶에 대한 魚探記錄과 底層트롤에 의한 漁獲物의 生物學的 組成을 分析하여 魚族生物의 日周期的인 遊泳行動特性을 檢討, 考察하였다.

實驗裝置 및 調査方法

1. 實驗裝置의 構成

東中國海에서 魚族生物의 晝夜에 대한 行動生態를 調査하기 위한 實驗裝置는 Fig. 1과 같이 計量魚群探知機(海上電機, KFC-200型), 音響積分器(echo integrator, 海上電機 PRC-17型), 記錄器(海上電機, R-42型), color display(海上電機, I-62型), digital data recorder(DENON, DTR-100P), micro-computer(EPSON, PC-286C), 프린터 및 플롯터 等으로 구성하였다.

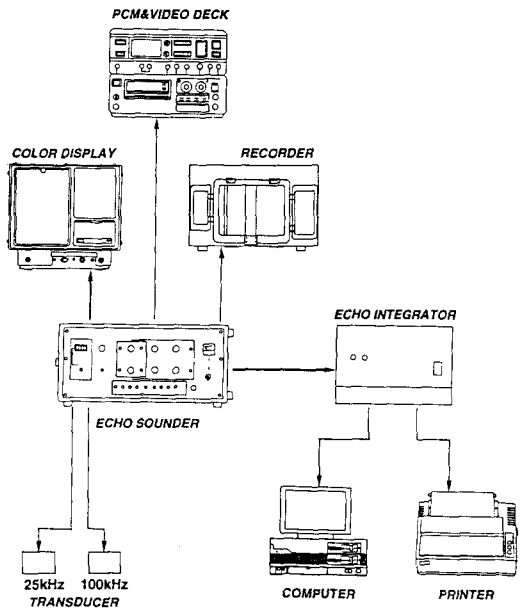

Fig. 1. Block diagram of hydroacoustic data acquisition and processing system.

本 調査에 사용한 計量魚群探知機의 周波數는 25 *kHz* 및 100 *kHz*이고, 이 計量魚群에는 20Log(R)과 40Log(R)의 TVG 增幅器가 內裝되어 있다. 本 實驗에서는 40Log(R) TVG 增幅器의 出力信號를 이용하여 魚群의 反應을 記錄하였다.

2. 調査方法

調査는 1990年~1992年의 11月 및 1994年 4月에 각각 실시하였다. 1990年~1992年에는 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 실시하였고, 1994年度에는 長崎大學 實習船 Nagasaki 丸(G/T 1,174, stern trawler)를 이용하여 濟州道 西南方 海域에서 실시하였는 데, 1994年度의 調査海域에서는 魚群의 日周期的인 遊泳行動을 관찰할 수 없었으므로 本 報告에서는 1990年~1992年에 수집된 調査資料를 分析하였다.

計量魚探에 의한 魚群의 行動調査는 1990年~1992年에 每年 2 個씩 總 6 個의 調査定点을 정하여 실시하였는 데, 그 調査定点의 位置는 Fig. 2와 같다.

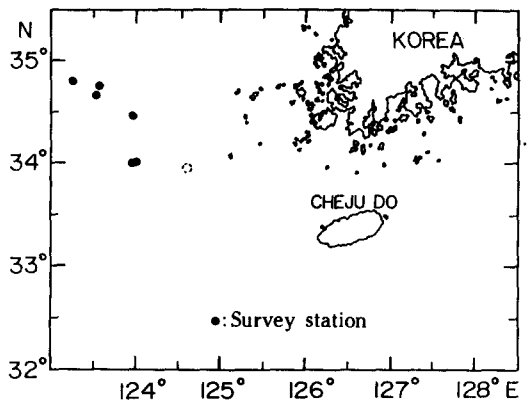

Fig. 2. Stations of hydroacoustic survey and trawl sampling in the East China Sea during 1990 - 1992.

魚探信號의 收錄 및 魚群反應의 記錄은 晝夜에 걸쳐 調査船을 停船시킨 상태에서 24 時間 연속적으로 행하였는 데, 本 硏究에서는 그 중에서도 특히 日出 및 日沒 前後, 즉 晝夜의 轉移 時間帶의 魚群行動에 주목하여 分析을 행하였다. 한편, 晝夜에 연직적으로 回遊移動하는 魚族生物의 生物學的 特性을 調査하기 위하여 日出의 前後와 日沒前의 時間帶에 底層 트롤操業을 실시하였다.

本 調査에 사용한 트롤그물은 4 枚式의 底層 트롤網으로서 그 끝자루의 그물코 크기는 約 65 *mm* 였다. 트롤操業時 曳網時間은 2 時間, 曳網速力은 4 *knot*로 하였고, 魚群의 入網狀態 및 網高는 트롤그물의 천정망에 net recorder(海上電機, G-10型)를 장치하여 측정하였다. 展開板의 展開間隔은 otter graph(海上電機, KOG-10L型)에 의해 측정하였다. 또한 停船하여 魚探신호를 收錄하는 경우에는 潮流計(海上電機, DCG-100型)를 이용하여 각 수층별 潮流의 流向 및 流速을 측정하였고, 調査船의 漂流速度는 GPS 受信器에 의해 추정하였다.

트롤操業에 의해 漁獲된 魚族生物에 대해서는 魚種別로 분류하여 體長, 體重 및 胃內容物 등의 調査를 행하였다.

한편, 本 調査에서는 魚族生物의 연직적인 遊泳

行動特性과 海洋의 環境特性과의 관계를 고찰하기 위하여 각 調査定点에서 魚探信號의 收錄과 병행하여 CTD 시스템(Neil Brown, Mark Ⅲ-B)에 의한 海洋觀測을 실시하였다.

結果 및 考察

1) 1990年度의 調査

(1) 遊泳行動의 日週期性과 海洋環境特性

1990年 11月 12日에 濟州道 西北方 緯度 34° 40.2′N, 經度 123° 30.24′E의 海域에서 收錄한 25 *kHz*와 100 *kHz*의 周波數에 대한 魚群 echo 信號의 魚探記錄은 Fig. 3과 같다. Fig. 3의 魚探記錄은 調査船을 停船시킨 상태에서 06 : 35~07 : 05 사이에 記錄한 것인 데, 당시 調査船의 漂流速度는 約 0.4 *knot*였고, 表層과 中層에서의 潮流狀態는 거의 類似하여 그 流向과 流速은 *SW*, 0.4 *knot*였으며, 觀測當日의 日出時間은 07 : 17이었다.

한편, 그 調査定点에서 計量魚探에 의한 魚群의 遊泳行動調査와 병행하여 CTD 시스템에 의한 海洋觀測을 실시한 結果는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 水溫 및 鹽分의 不連續層이 水深 약 40 *m* 附近에 존재하였고, 그 不連續層의 上部와 下部의 水

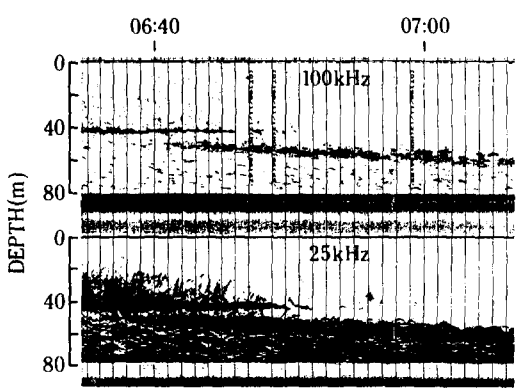

Fig. 3. Echograms at 25 *kHz* and 100 *kHz* during morning twilight in the East China Sea on 12 November 1990 showing the downward migration of the scattering layer.

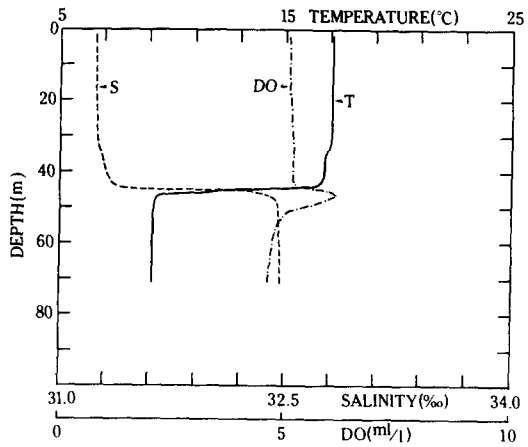

Fig. 4. Vertical profiles of temperature(T), salinity(S) and dissolved oxygen(DO) in the survey area at dawn on 12 November 1990.

層에 대한 水溫 및 鹽分의 差는 각각 7.9℃, 1.2‰이었다.

Fig. 3은 夜間에 表·中層을 향해 浮上한 魚族生物이 日出과 더불어 底層을 향해 鉛直的으로 下向移動하는 行動패턴을 수록한 結果이다. Fig. 3의 魚探記錄과 Fig. 4의 海洋觀測結果를 서로 연관시켜 볼 때, 06 : 35에 水溫躍層을 통과한 魚群과 그 躍層下에 분포하던 魚群은 서로 뒤섞여 새로운 魚群層을 형성하였는 데, 이 魚群層의 下降으로 인해 海底附近의 魚群密度가 점차 높아지는 傾向을 나타내었다.

그림에서 水溫 및 鹽分의 不連續層 直下의 좁은 水深區間에서는 魚群의 記錄이 거의 나타나지 않고 있는 데, 이것은 魚族生物이 水溫躍層의 上·下層에 대한 水溫傾度에 反應하여 그 境界層을 빠른 速度로 통과했기 때문에 魚群의 反應이 미약했던 것으로 판단된다.

한편, 25 *kHz*와 100 *kHz*의 周波數에 대한 魚探記錄을 서로 比較해 볼 때, 100 *kHz*보다는 25 *kHz*의 魚探記錄에 더 많은 魚群反應이 나타나고 있는 데, 이것은 25 *kHz*에 대한 送·受波器의 指向角이 100 *kHz*의 그것보다 더 컸기 때문이고, 또한 100 *kHz*의 魚探記錄에는 水溫躍

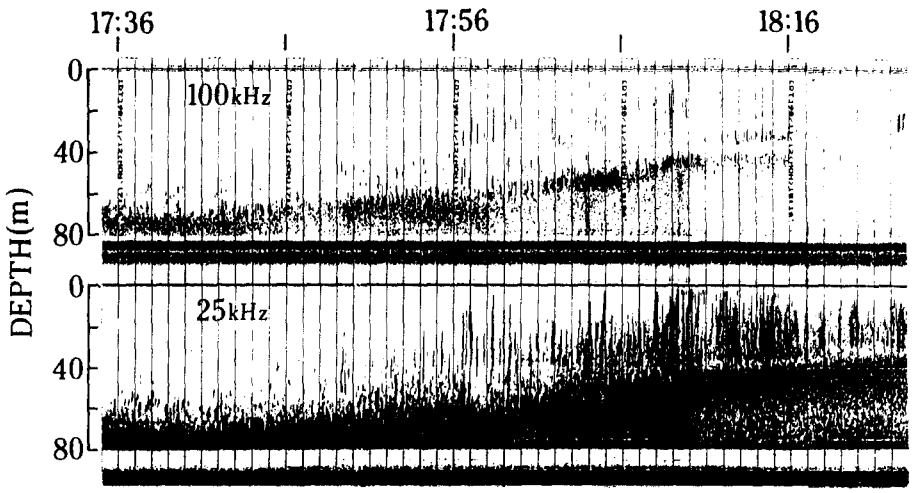

Fig. 5. Echograms at 25 *kHz* and 100 *kHz* during evening twilight in the East China Sea on 12 November 1990 showing the upward migration of the scattering layer.

層에 군집하여 있는 魚群과 그 躍層을 통과하여 海底를 향하는 魚群의 記錄이 매우 明瞭하게 나타났다.

1990年 11月 12日에 濟州道 西北方 緯度 34° 28.7′N, 經度 123° 28.3′E의 海域에서 收錄한 25 *kHz*와 100 *kHz*의 周波數에 대한 魚群 echo 信號의 魚探記錄은 Fig. 5와 같다. Fig. 5의 魚探記錄은 航海中 17 : 35~18 : 22 사이에 記錄한 것인 데, 당시 調査船의 速力은 約 12 *knot*였다. 潮流는 10 *m*와 40 *m*의 水層에서 流向과 流速이 각각 SW, 0.5 *knot* 및 SSW, 1.0 *knot*였고, 觀測當日의 日沒時間은 17 : 44이었다.

이 海域에서 CTD 시스템에 의한 海洋觀測結果는 Fig. 6와 같다. Fig. 6에서도 Fig. 4와 유사하게 水溫 및 鹽分의 不連續層이 水深 約 40 *m*의 水層에 존재하였는 데, 그 不連續層의 上部와 下部의 水層에 대한 水溫 및 鹽分의 差는 각각 6.2℃, 1.9‰이었다.

Fig. 5는 晝間에 海底附近에 群集하여 있다가 日沒과 더불어 表·中層을 향해 연직적으로 上向回遊移動하는 魚族生物의 行動패턴을 나타낸 것인 데, 그림에서 海底에 밀착하여 分布하던 魚族生物은 日沒 直後부터 점차 海底를 떠나 연직적인 移動을 시작하였다. 이 때, 海底에서 上昇한 대부분

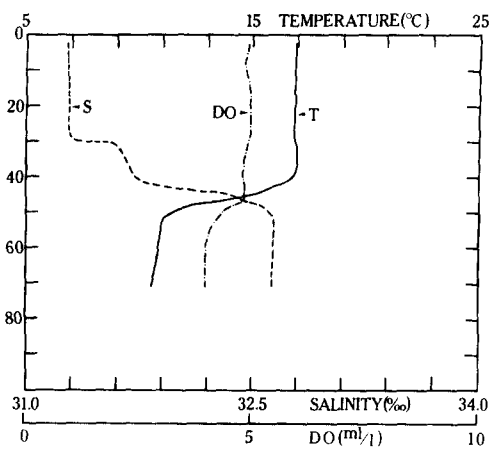

Fig. 6. Vertical profiles of temperature(T), salinity(S) and dissolved oxygen(DO) in the survey area at dusk on 12 November 1990.

의 魚族生物은 濃密群을 형성하여 서서히 上昇하였으나 그 일부의 魚族生物은 濃密群을 이탈하여 더 빠른 速度로 上昇하였는 데, 이들 魚群은 濃密群이 水溫躍層에 도달한 즈음에 벌써 水溫躍層을 완전히 통과하여 表層까지 回遊移動하였다. 한편, 濃密群은 水溫躍層에 도달하여 그것을 통과하지 않고 그 直下의 水層에 분산되는 空間分布特性을 나타내었는 데, 이 現象은 魚族生物의 鉛直回遊가

水溫躍層에 의해 제약을 받고 있음을 의미한다.

Fig. 5에서 水溫躍層을 통과한 魚群은 Fig. 3에서와 같이 日出이 가까워짐에 따라 일시적으로 水溫躍層의 上部에 群集하였다가 어느 정도의 時間이 경과한 後에 그 躍層을 통과하는 行動패턴을 나타내었다.

(2) 漁獲物의 組成

Fig. 3 및 Fig. 5의 魚探記錄에서 日周遊泳行動을 행하는 魚族生物의 魚種組成을 검토하기 위하여 音響에 의한 魚群의 分布調査와 병행하여 底層트롤에 의한 생물학적 샘플링을 실시하였다.

日出 直後(07 : 25 - 09 : 25)와 正午를 前後(11 : 25 - 13 : 25)하여 實施한 트롤操業에서 漁獲된 漁獲量은 각각 157.7 *kg*, 87.5 *kg*이었는 데, 日出 直後의 操業에서는 總漁獲量中에서 꼼치(*Liparis tanakai*)가 66.7%, 황아귀(*Liphius litulon*)가 10.2%를 점하였고, 그 다음이 참조기(*Pseudosciaena polyactis*), 멸치(*Engraulis japonicus*) 等의 順이었다. 한편 正午의 時間帶에 대한 操業에서는 꼼치가 77.7%, 황아귀가 10.3%를 점하였고, 그 다음이 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 참조기, 멸치 等의 順이었다. 여기서, 日出 直後의 時間帶에 대한 트롤 曳網層의 平均體積散亂强度(mean volume backscattering strength)의 測定値는 -57.9 *dB*이었고, 이 값에 상당하는 魚群量의 推定値는 실제의 漁獲量보다 컷는 데, 이것은 트롤그물의 끝자루(codend)의 망목이 커서 많은 小型의 魚族生物이 그물을 빠져나갔기 때문이고, 트롤그물에 약간의 멸치 및 참조기의 稚魚가 漁獲된 점이 이를 뒷받침해 주고 있다.

本 調査의 트롤操業에서는 약간의 멸치가 漁獲되었을 뿐이나, 中國의 黃海水產硏究所가 隣近의 調査海域에서 音響調査 및 中·底層 트롤操業을 병행하여 멸치 資源의 分布를 調査한 바에 의하면[9], 11月에 멸치群은 調査海域의 水深 60~80 *m*의 水層에 농밀하게 분포하면서 晝間에는 水溫 12~16℃의 中·上層으로 浮上하여 分布한다. 또 水溫躍層이 존재하는 海域에 있어서는 水溫躍層의 上層部에 群集하는 習性이 있다. 또한, 日本의 西海區水產硏究所가 本 調査海域과 거의 인접한 海域에서 끝자루에 cover net(網目 20 *mm*)를 부착하고 晝夜에 걸쳐 底層트롤을 실시한 試驗操業結果를 볼 때[10], 그 漁獲組成은 本 硏究의 그것과 매우 類似하면서도 특히 멸치가 總漁獲量의 36.9%를 점하였고, 또 그것의 대부분은 cover net에 漁獲되었다.

따라서, 이들의 報告內容과 本 硏究의 調査海域에 대한 海況特性, 魚探記錄, 漁獲物組成 等을 종합적으로 고찰할 때, 夜間에 水溫躍層 上層에서 탐지된 魚探反應의 상당 부분은 멸치에 의한 것이었으나 트롤그물의 網目選擇性에 기인하여 그 漁獲이 부진하였던 것으로 판단된다.

꼼치는 小型의 새우類(*Macrura*)와 게類(*Brachyura*)의 幼生과 같은 浮游性 甲殼類 및 魚類의 稚仔 等을 捕食하는 것으로 알려져 있는 데[11-12], 本 調査에서 漁獲된 꼼치의 胃內容物을 조사한 結果, 그 대부분은 小型의 새우類 및 게類였다.

底層트롤에 꼼치가 많이 漁獲된 사실로 미루어 볼 때, 그 基盤이 되는 棲息層은 底層이라고 이해되나, 그 주된 먹이 生物이 小型의 浮游性 甲殼類인 점을 고려하면, 꼼치의 鉛直回遊移動은 그 攝餌活動과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

한편, 꼼치와 황아귀가 많이 漁獲된 海域의 底層水溫이 9℃ 前後였던 점에 미루어 볼 때, 이들 魚種은 調査海域의 表層과 底層에 대한 水溫差가 6℃ 以上되는 水溫躍層을 통과하지 않고 그 躍層下에서 晝夜에 걸쳐 鉛直移動을 행하고 있는 것으로 판단된다.

2) 1991年度의 調査

(1) 遊泳行動의 日周期性과 海洋環境特性

1991年 11月 2日에 濟州道 西北方 緯度 33° 59.5′N, 經度 123° 59.7′E의 海域과 同年 11月 3日에 그 隣近海域인 緯度 34° 48.4′N, 經度 123° 14.6′E의 觀測點에서 收錄한 25 *kHz*의 周波數에 대한 魚探記錄은 각각 Fig. 7의 (A) 및

(B)와 같다. Fig. 7(A)의 魚探記錄은 調査船을 停船시킨 상태에서 17 : 59~18 : 39 사이에 記錄한 것인 데, 당시 調査船의 漂流速度는 約 0.2 *knot*였고, 表層과 中層에 대한 潮流의 流向과 流速은 SSW, 0.2 *knot*였다. 또한 Fig. 7(B)는 停船中 06 : 33~07 : 12 사이에 記錄한 것인 데, 당시 調査船의 漂流速度는 約 0.4 *knot*였고, 表層과 中層에 대한 潮流의 流向과 流速은 S/W, 0.6 *knot*였다. 調査當日의 日出 및 日沒時間은 각각 07 : 10, 17 : 52이었다.

이들 調査海域에서 魚群의 遊泳行動調査와 병행하여 CTD 시스템에 의한 海洋觀測을 실시한 結果는 Fig. 8과 같다. Fig. 8에서 水溫 및 鹽分의 不連續層이 水深 約 35 *m* 附近에 존재하는 데, 그 不連續層의 上部와 下部의 水層에 대한 水溫 및 鹽分의 差는 각각 7.7℃, 1.1‰이었다.

Fig. 7(A)는 晝間에 海底附近에 群集하여 있던 魚群이 日沒과 더불어 表·中層을 향해 上向回遊移動하는 行動패턴을 나타낸 것이고, Fig. 7(B)은 夜間에 表·中層에 분포하던 魚族生物이 日出과 더불어 底層을 향해 下向回遊移動을 하는 行動패턴을 나타낸 結果이다.

Fig. 7(A)에서 晝間에 海底에 분포하던 魚群은 日沒과 더불어 上昇을 시작하여 日沒 直後인 18 : 03에는 水深 約 62 *m* 附近까지 이동하였고, 그 後에는 密集된 群을 형성하여 水溫躍層을 향해 상승하는 樣相을 나타내었다. 18 : 18 以後에는 水溫躍層을 통과하여 表層을 향하는 魚族生物이 점차 增加하였고, 또 18 : 31 以後에는 대부분의 魚群이 躍層 上部로 回遊移動하여 그 躍層 下部의 水層에는 魚群이 거의 존재하지 않았다. 그림에서 水溫躍層을 향하는 魚群層의 깊이 변화에 주목할 때, 18 : 03부터 18 : 31까지 魚群은 約 12 *m*를 상승하였고, 또한 魚族生物은 18 : 18부터 18 : 31까지 約 13 分 동안에 水溫躍層을 완전히 통과하였다. 魚探記錄에서 水深 約 36 *m*에서 約 49 *m*까지의 水層

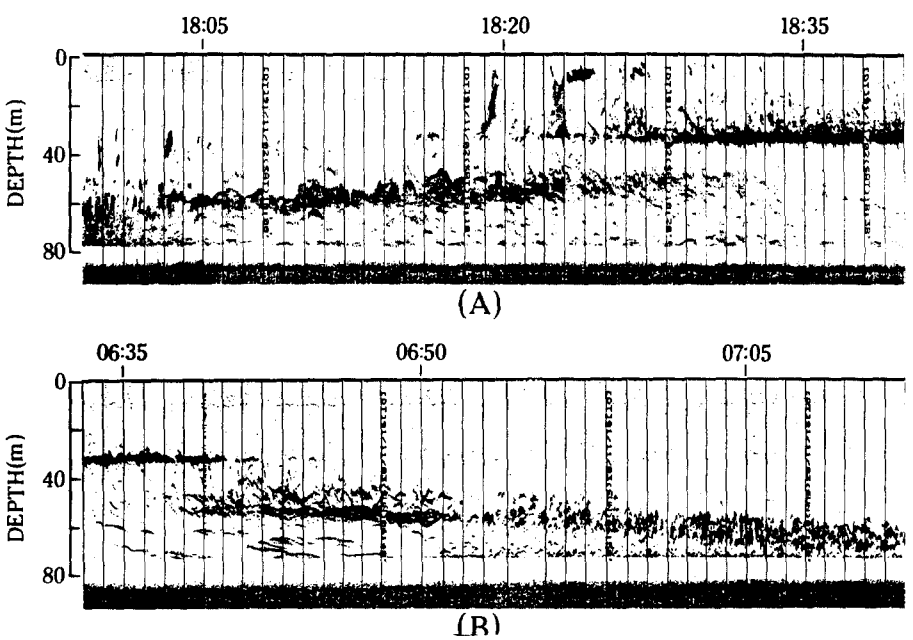

Fig. 7. Echograms at 25 *kHz* showing the upward migration (A) and the downward migration (B) of the scattering layer in the East China Sea.
A : during evening twilight on 2 November 1991
B : during morning twilight on 3 November 1991

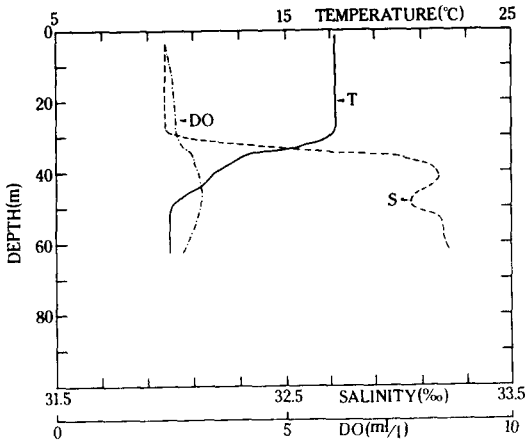

Fig. 8. Vertical profiles of temperature(T), salinity(S) and dissolved oxygen(DO) in the survey area on 2 November 1991.

에 있어서는 魚群의 記錄이 거의 나타나지 않는 盲目區域이 존재하였는 데, 이 現象과 Fig. 8의 水溫 및 鹽分의 鉛直分布圖를 상호 관련시켜 보면, 그 盲目區域은 水溫과 鹽分이 급격히 변하는 不連續層의 水深區間에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 즉, 日沒과 더불어 海底로 부터 不連續層까지 상승하는 동안에는 平均 0.43 m/min의 移動速度를 유지하였지만, 그 不連續層에 도달해서는 그 速度보다 훨씬 빠른 約 1 m/min의 速度로서 不連續層을 통과하였다.

한편, Fig. 7(B)의 魚探記錄은 夜間에 不連續層 上部에 분포하던 魚群이 日出과 더불어 下向移動을 행하는 行動패턴인 데, 그 行動樣相은 Fig. 7(A)에서의 그것과 正反對이다. 그림에서 夜間에 水溫躍層 上部에 분포하던 魚群은 日出 33 分前인 06 : 36에 躍層을 통과하기 시작하였는 데, 이 때, 水深 約 51 m 附近에는 躍層을 통과한 魚群에 의한 散亂層이 새롭게 형성되었고, 그 後 06 : 44까지 모든 魚群은 水溫躍層을 완전히 통과하였다. 水溫躍層을 통과한 魚族生物은 농밀한 群을 형성하여 海底를 향해 서서히 下降移動을 행하였고, 日出 直後인 07 : 14에는 水深 約 67 m의 깊이까지 沈降하였다.

Fig. 7(B)에서 水溫躍層을 통과한 魚群의 鉛直移動패턴을 볼 때, 06 : 37부터 07 : 14까지 魚群은 約 16 m를 下降하였고, 또 이들 魚族生物은 06 : 36부터 06 : 44까지 約 8 分 동안에 水溫躍層을 완전히 통과했다. 즉, 日出과 더불어 魚群이 水溫躍層을 통과하는 速度는 1.25 m/min였고, 이 速度는 水溫躍層을 통과한 魚群의 下降速度 0.43 m/min보다 빨랐다. 또한 Fig. 7의 (A)와 (B)에서 日出時 水溫躍層을 통과하는 速度는 日沒時의 그 速度보다 더 빨랐고, 日出 및 日沒時에 대한 下向 및 上向回遊移動速度는 거의 같았다.

(2) 漁獲物의 組成

Fig. 7의 調査海域에 대한 트롤操業은 11月 2日의 日沒前(14 : 35 16 : 35)과 11月 3日의 日出直後(07 : 08 09 : 10)에 실시하였는 데, 그 漁獲量은 각각 52.0 kg, 71.4 kg이었다. 11月 2日의 操業에서는 總漁獲量中에서 황아귀가 56.2%, 꼼치가 26.6%, 소형의 갈치가 8.8%를 점하였고, 그 밖에도 약간의 민태와 소형의 고등어가 어획되었다. 한편, 11月 3日의 경우에는 꼼치가 85.4%, 황아귀가 5.5%, 소형의 고등어(平均體長 22.1 cm, 平均體重 96.8 g)가 3.8%, 살오징어가 3.6%를 점하였다.

11月 2日의 트롤操業時에는 天氣가 不良하여 日沒前에 대부분의 魚族生物이 海底上 約 20 m의 水層까지 浮上하여 分布하였기 때문에 당시 꼼치의 漁獲이 매우 부진하였다.

11月 3日의 주된 漁獲魚種은 꼼치였고, 당시의 魚探記錄과 漁獲物組成을 서로 연관시켜 볼 때, 06 : 40頃 以後에 水溫躍層을 통과하여 鉛直下向하는 魚族生物은 소형의 고등어와 살오징어 魚群이었던 것으로 推定되나, 이들 魚群은 下降하여 海底上 約 10 m의 水層에 分布하였기 때문에 漁獲이 매우 적었다.

3) 1992年度의 調査

(1) 遊泳行動의 日周期性과 海洋環境特性

1992年 11月 13日에 濟州道 西北方 緯度 34° 48.9′N, 經度 123° 30.7′E의 海域과 그 隣近海域

인 緯度 34° 0.7′N, 經度 124° 1.1′E의 觀測點에서 收錄한 25 *kHz*와 100 *kHz*의 周波數에 대한 魚探記錄은 각각 Fig. 9의 (A) 및 (B)와 같다. Fig. 9(A)는 트롤操業中 06 : 34~07 : 43 사이에 收錄한 것인 데, 당시 調査船의 曳網速力은 約 3.5 *knot*였고, 日出時間은 07 : 20이었다. 또한, Fig. 9(B)는 停船中 17 : 49~18 : 58 사이에 收錄한 것인 데, 당시 調査船의 漂流速度는 約 1.2 *knot*였고, 表層과 中層에서의 流向과 流速은 각각 E/N, 0.5 *knot* 및 NNE, 0.5 *knot*였으며, 日沒時間은 17 : 44이었다. 한편, 調査海域에서 魚探調査와 병행하여 CTD시스템에 의해 海洋觀測을 실시한 結果는 Fig. 10과 같다. Fig. 10에서 水溫 및 鹽分의 不連續層이 水深 約 40 *m* 附近에 존재하였고, 또한 그 不連續層의 上部와 下部의 水層에 대한 水溫 및 鹽分의 差는 각각 6.2℃, 1.1‰이었다.

Fig. 9(A)는 夜間에 表·中層에 분포하던 魚族生物이 日出과 더불어 水溫躍層을 통과하여 底層을 향해 鉛直回遊移動을 하는 行動패턴을 나타낸 것이고, Fig. 9(B)은 晝間에 海底附近에 群集하여 있던 魚群이 日沒 以後에 表·中層을 향해 上向回遊하는 行動패턴을 나타낸 결과이다.

Fig. 9(A)에서 日出前 水溫躍層의 上部 및 下部에 分散되어 分布하던 魚族生物은 日出과 더불어 급속히 底層을 향해 하강하는 遊泳行動特性을 나타내고 있다. 특히, 06 : 42 以前의 魚探記錄에서 水深 約 40 *m* 附近의 水層에 대한 魚探反應이 微弱한 데, 이것은 그 水層에 水溫 및 鹽分의 不連續層이 존재하고 있기 때문이다. 水溫躍層 上部에 群集해 있던 魚群은 06 : 37부터 그 躍層을 통과하여 下降을 시작하였는 데, 이 때문에 水溫躍層 上部의 魚群密度가 급격히 減少하고 있다. 한편,

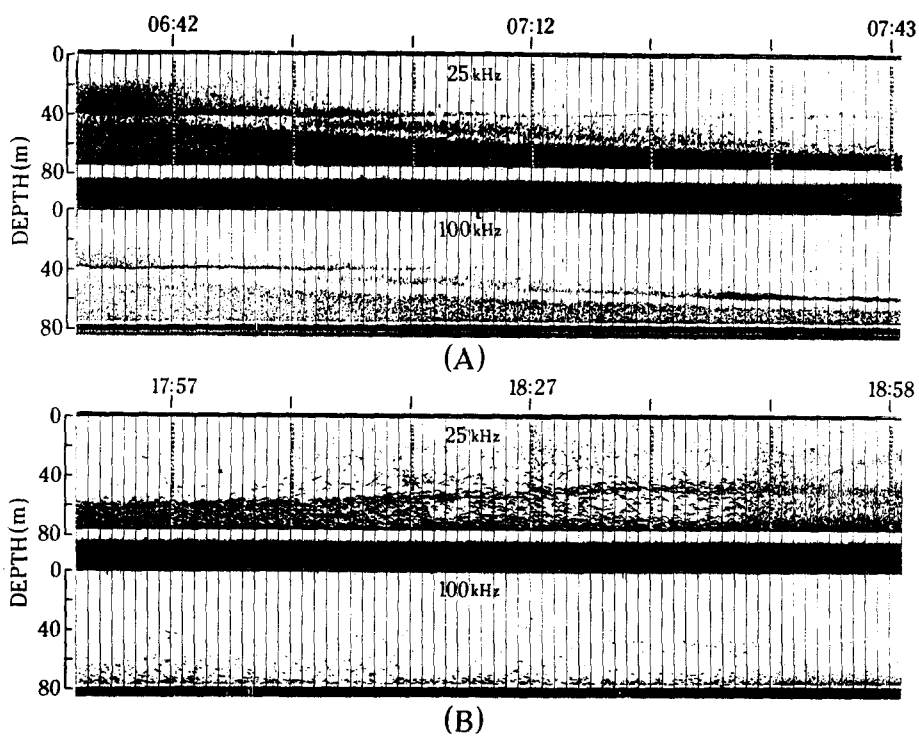

Fig. 9. Echograms at 25 *kHz* and 100 *kHz* showing the downward migration (A) and the upward migration (B) of the scattering layer in the East China Sea.
A : during morning twilight on 13 November 1992
B : during evening twilight on 13 November 1992

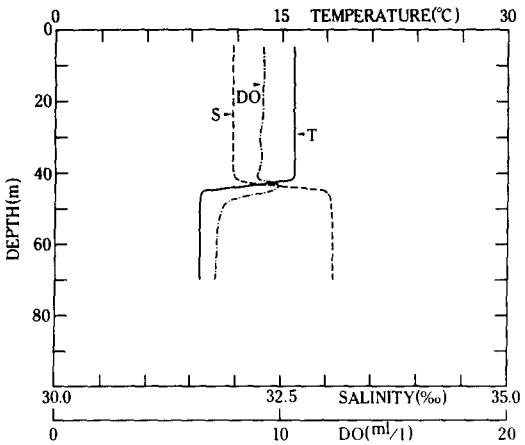

Fig. 10. Vertical profiles of temperature(T), salinity(S) and dissolved oxygen(DO) in the survey area on 13 November 1992.

水溫躍層下에서는 06 : 37부터 형성되기 시작하는 魚群層과 06 : 53부터 형성되기 시작한 魚群層이 約 10 *m*의 垂直間隔을 유지하면서 海底를 향해 下降하고 있다.

한편, Fig. 9(B)의 魚探記錄에서 魚群은 日沒과 더불어 서서히 表層을 향해 上向回遊하는 행동패턴을 나타내고 있는 데, 日沒後 約 1 時間이 경과하면서 부터는 魚族生物이 全水層에 분산되어 분포하는 경향을 나타내었다.

(2) 漁獲物의 組成

Fig. 9의 調査海域에 대한 트롤操業은 日出時(06 : 50 - 08 : 50)와 正午(11 : 05 - 13 : 05)에 실시하였는 데, 그 漁獲量은 각각 126.6 *kg*, 190.3 *kg*이었다. 日出時의 操業에서는 總漁獲量中에서 꼼치가 93.9%, 황아귀가 5.1%를 점하여 그 主漁獲魚種은 꼼치였다. 한편 正午의 操業에서는 꽃게(*Portnus trituberculatus*)가 45.2%, 꼼치가 16.8%, 황아귀가 5.5%를 점하였고, 그 밖에도 약간의 민태가 漁獲되었다.

꼼치와 황아귀는 日出前까지 水溫躍層下에 분포하다가 日出과 더불어 海底를 향해 下降하였는 데, 이들 魚種은 다른 魚族生物이 水溫躍層에서 일시적으로 停滯한 後에 下降하였던 관계로 다른

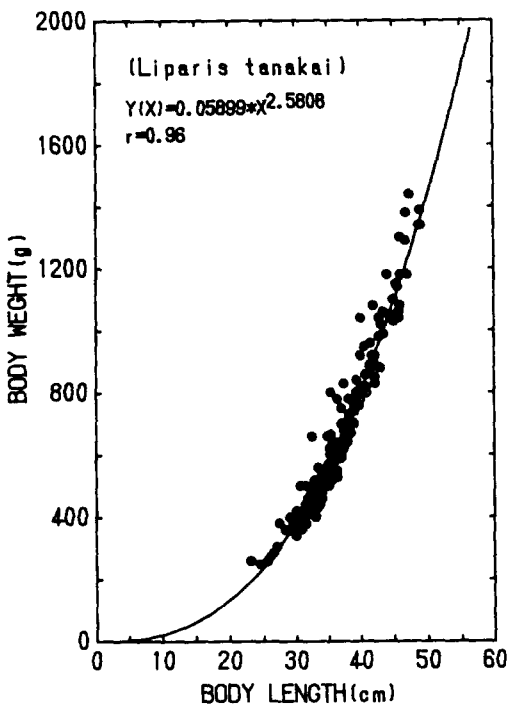

Fig. 11. The length-weight relationship of snailfish, *Liparis tanakai*, caught by bottom trawling during 1990 - 1992.

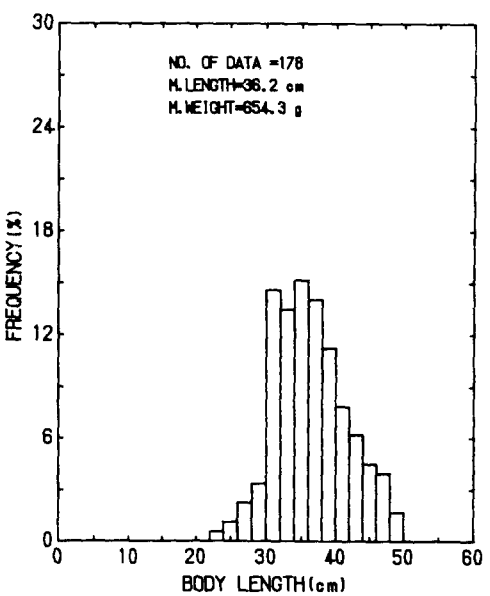

Fig. 12. Length-frequency distribution of snailfish, *Liparis tanakai*, caught by bottom trawling during 1990 - 1992.

魚群보다 빨리 해저에 도달하여 日出時에 꼼치와 황아귀가 多量으로 漁獲되었다.

1990~1992年의 3個年에 걸쳐 底層트롤에 의해 어획된 漁獲物中에서 꼼치가 점유하는 比率이 가장 높았는 데, 그 꼼치에 대한 體長과 體重의 관계는 Fig. 11과 같고, 또 그 體長의 頻度分布는 Fig. 12와 같다. Fig. 11에서 總 178 個體의 꼼치에 대한 體長(X, cm)과 體重(Y, g) 사이에는 $Y=0.05899\ X^{2.5808}$의 관계식이 성립하였다. 또한 Fig. 12에서 이들 꼼치의 平均體長 및 平均體重은 각각 36.2 cm, 654.2 g이었다. Fig. 13는 調査期間 동안에 漁獲된 아귀의 體長과 體重의 관계를 나타낸 결과인 데, 그 平均體長 및 平均體重은 각각 39.5 cm, 1271.4 g이었다.

한편, 日出前에 水溫躍層을 통과하여 海底를 향해 下降하는 濃密群은 漁獲物의 魚種組成으로 미루어 볼 때, 꽃게가 그 主要 構成生物이라 推定되

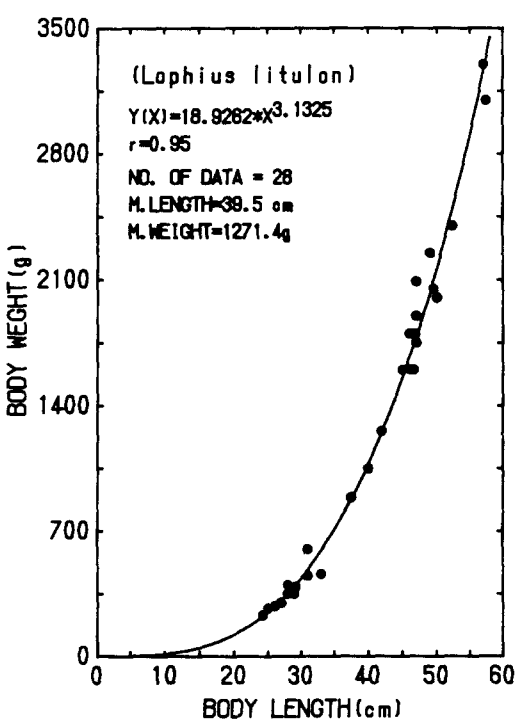

Fig. 13. The length-weight relationship of fishing frog, *Liphius litulon*, caught by bottom trawling during 1990-1992.

나, 트롤操業이 終了될 때까지 이 魚群層은 트롤網高에 상당하는 海底上의 높이까지 沈降하고 않았던 관계로 이 時間帶에 있어서는 꽃게가 漁獲되지 않았다. 그러나, 이 魚群이 海底까지 완전히 沈降한 正午의 時間帶에 있어서는 꽃게가 多量으로 漁獲되었다.

要　　約

東中國海에 있어서 魚族生物의 日周期的인 遊泳行動特性을 檢討하기 위해 計量魚群探知機를 이용한 魚群의 遊泳行動調査와 底層트롤에 의한 試驗操業 및 魚群의 日周活動과 海洋環境特性과의 關係 等에 대하여 分析, 考察한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 1990年度의 濟州道 西北方海域에 형성된 不連續層의 上層과 下層에 대한 水溫 및 鹽分差는 각각 7.9℃, 1.2‰였다. 夜間에 混合層에 分布하던 魚族生物은 日出 約 40 分前부터 水溫躍層을 향해 下降을 시작하였고, 日出과 더불어 대부분의 魚群은 水溫躍層을 通過하여 연직적으로 下向移動하였다. 한편, 晝間에 海底附近에 群集하여 있던 魚群中의 一部는 水溫躍層을 通過하지 않고 그 直下의 水層에 分散되는 空間分布特性을 나타내었다. 日出直後의 時間帶에 대한 트롤操業의 主漁獲魚種은 꼼치와 황아귀였는 데, 總漁獲量중에서 꼼치와 황아귀가 占有하는 比率은 각각 66.7%, 10.2%였고, 그 밖에도 약간의 참조기와 멸치 等이 漁獲되었다. 꼼치의 胃內容物의 대부분은 小型의 새우類 및 게類였다.

2. 1991年度의 調査海域에 형성된 不連續層의 上層과 下層에 대한 水溫差 및 鹽分差는 각각 7.7℃, 1.1‰였다. 夜間에 混合層에 分布하던 魚族生物은 日出 約 33 分前부터 水溫躍層을 通過하여 下向回遊移動을 행하였다. 한편, 晝間에 海底附近에 群集하여 있던 魚群은 日沒 約 39 分後에 水溫躍層을 완전히 通過하여 混合層에 分布하였는 데, 이 때, 水溫躍層의 水深區間에서는 魚探反應이 거의 없었다. 日出直後의 時間帶에 대한 트롤操業의

主漁獲魚種은 꼼치였는 데, 總漁獲量중에서 꼼치가 占有하는 比率은 85.4%였다.

3. 1992年度의 調査海域에 형성된 不連續層의 上層과 下層에 대한 水溫 및 鹽分濃는 각각 6.2℃, 1.1‰였다. 夜間에 混合層에 分布하던 魚族生物은 각각 日出 約 43 前과 約 27 分前부터 수온약층을 통과하여 이들 어군은 일정한 간격을 유지하면서 下向回遊移動하였다. 한편, 晝間에 海底附近에 群集하여 있던 魚群은 日沒 約 1 時間이 경과한 후에 全水層으로 분산되어 분포하는 경향을 나타내었다. 日出 前後에 時間帶에 대한 트롤操業의 主漁獲魚種은 꼼치였는 데, 總漁獲量중에서 꼼치가 占有하는 比率은 93.9%였고, 또한 1990~1992年의 3個年에 걸쳐 漁獲된 꼼치의 平均體長과 平均體重은 각각 36.2*cm*, 654.2*g*이었다.

參考文獻

1) 羽生 功·田畑滿生(1988) : 水產動物의 日周活動, 恒星社厚生閣, 35 - 138.
2) 井上 實(1978) : 魚의 行動과 漁法, 恒星社厚生閣, 175 - 187.
3) 添田秀男(1990) : テレメトリ による水生動物の行動解析, 恒星社厚生閣, 9 115.
4) 李昊在(1992) : 魚群探知機에 의한 魚群의 分布와 生態計測에 관한 硏究, 漁業技術 28(4), 337 - 346.
5) 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.
6) 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.
7) Orlowski, A.(1990) : Hydroacoustic characteristics of scattering layers in the Northeastern Atlantic Ocean. J. Acoust. Soc. Am. 88(1), 298 309.
8) Levy, D. A., Johnson, R. L. and J. M. Hume(1991) : Shifts in fish vertical distribution in response to an internal seiche in a straticfied lake. Limnol. Oceanogr. 36(1), 187 192.
9) 大滝英夫 譯(1991) : 東海, 黃海のカタクチイワシ及びその他重要魚類資源の音響學的評價硏究, 北斗號 1984年 11月~1989年 1月の調査硏究報告 , 海洋水產硏究センタ , 1 147.
10) 西海區水產硏所(1988) : 陽光丸調査硏究報告第12號, 44 125.
11) 三尾眞 · 田川勝 · 條原富美子 · 山田梅芳(1984) : 東シナ海 · 黃海における底魚類の食物關係に基づく群集生態學的硏究, 西海硏究報(61), 1 221.
12) 山田梅芳 · 田川勝 · 星田周三 · 本城康至(1986) : 東シナ海 · 黃海のさかな, 水產廳西海區水產硏所, 1 501.